



UNIVERSITE FRERES MENTOURI CONSTANTINE 1
INSTITUT DE LA NUTRITION, DE L'ALIMENTATION
ET DES TECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES
I.N.A.T.A.A.



N° d'ordre : 19/DS/2021

N° de série : 03/IN/2021

Thèse de Doctorat en Sciences
Spécialité : Sciences Alimentaires

Présentée par :
M. Ali Bouguerra

Savoirs traditionnels sur les plantes aromatiques des parcours de caprins dans les Aurès (Batna, Algérie) et étude expérimentale de l'influence d'*Artemisia herba alba* sur le profil en composés phénoliques du lait de chèvre

Soutenue le : 25/02/2021

Devant le Jury composé de :

Président :	M. Tahar Hazmoune	Professeur	Univ. 20 août 1955 Skikda (Algérie)
Rapporteur :	M ^{me} . Malika Barkat	Professeur	INATAA, Univ. Frères Mentouri Constantine 1 (Algérie)
Co-encadrant :	M ^{me} . Agnès Cornu	Docteur	INRAE, Vet-Agro-Sup, Auvergne-Rhône-Alpes (France)
Examineurs :	M. Fouad Menaceur	M.C.A.	Univ. Larbi Tébessi, Tebessa (Algérie)
	M ^{me} . Louiza Himed	M.C.A.	INATAA, Univ. Frères Mentouri Constantine 1 (Algérie)
Invité :	M. Theofilos Massouras	Docteur	Université Agricole d'Athènes (UAA), Athènes (Grèce)

Année universitaire 2020-2021

Je remercie tout d'abord **Allah** le tout puissant de m'avoir donné la santé la patience, la puissance et la volonté pour réaliser cette thèse.

Je tiens particulièrement à remercier mon encadrant, **Madame Malika Barkat**, Professeur à l'INATAA, Université des Frères Mentouri Constantine 1, pour avoir acceptée la charge d'être encadrant de cette thèse, je la remercie pour sa disponibilité, ses pertinents conseils et de m'avoir guidé durant la préparation de ma thèse. Ce travail témoigne de sa confiance et de son soutien dans les moments les plus difficiles. Aucun mot ne pourrait exprimer mes remerciements et ma vive gratitude, et que le présent travail soit un faible témoignage de ma très haute reconnaissance et mon profond respect. Qu'elle trouve ici l'expression de ma reconnaissance et de mon respect.

Je tiens à exprimer toutes mes reconnaissances à **Madame Agnès Cornu**, Docteur à l'INRAE, UMRH, Auvergne-Rhône-Alpes (France), pour avoir co-encadré cette thèse. Je vous dois le meilleur accueil que vous m'avez réservé dans votre laboratoire durant mes séjours en France, et la mise à ma disposition de tous les moyens pour me permettre de réaliser mes recherches dans les meilleures conditions. Vous m'avez fait bénéficier de vos conseils et suggestions pertinentes qui m'ont aidé à avancer dans ce travail, vous m'avez tant aidé et supporté au moment où j'en avais le plus besoin. Soyez assurée de mon profond respect et de ma vive reconnaissance pour m'avoir fait bénéficier de vos expériences et de vos rigueurs scientifiques et professionnelles.

J'exprime mes respectueux dévouements à **Madame Farida Bekhouche.**, Professeur à l'INATAA, Université des Frères Mentouri Constantine 1, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider la commission d'examen de cette thèse. Je voudrais également exprimer toute ma reconnaissance à **Madame Louiza Himed**, Maitre de Conférencence à l'INATAA, Université des Frères Mentouri Constantine 1, à **Monsieur Tahar Hazmoune**, Professeur à l'Université de Skikda, et à **Monsieur Fouad Menaceur**, Maitre de Conférence à l'Université de Larbi Tébessi, Tebessa, pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de ce travail et qui ont accepté de se déplacer de si loin pour nous honorer à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1 et faire partie du jury d'évaluation de cette thèse. Je tiens à exprimer toutes mes reconnaissances à **Monsieur Massouras Theofilos**, Professeur à l'Université d'Agriculture d'Athènes, pour m'avoir accueilli au sein de son laboratoire. Je le remercie pour sa générosité, sa gentillesse, son soutien et de m'avoir fait confiance durant mes séjours à Athènes, qu'il trouve ici toute ma gratitude et ma sympathie. Je suis par ailleurs honoré de l'intérêt qu'il a manifesté pour ce travail et pour avoir accepté de juger cette thèse en tant que examinateur.

Je remercie également **Madame Stevania Carpino**, Directrice du Laboratoire CORFILAC, Ragoza, Italie, de m'avoir accueilli chaleureusement et permis la réalisation d'une partie de ce travail dans son laboratoire. Je tiens à remercier également **Madame Teresa Rapisarda**, Docteur au laboratoire CORFILAC pour ses contributions et ses conseils avisés et pour l'intérêt porté à mes travaux.

Je ne saurais oublier l'ensemble du personnel de l'équipe Digestion Microbienne et Absorption, du Centre INRAE Auvergne-Rhône-Alpes (France), en particulier **M. Bruno Martin** et **Mme. Josiane Portelli** et pour leur aide précieuse dans la réalisation des manipes et pour l'atmosphère qu'ils ont su créer et pour leurs soutiens moraux. Je remercie également le personnel administratif toujours prêt à rendre service et particulièrement **Annie** la secrétaire du laboratoire. Je tiens à leur présenter à toutes et à tous mes sincères remerciements.

Je voudrais adresser un grand merci à **M. Abdelghani Boudjellal**, Directeur de l'INATAA, qui m'a encouragé, aidé et accompagné pendant toute la période de constitution de mon dossier de bourse, je lui dois ma reconnaissance la plus sincère.

Mes remerciements s'adressent également au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Algérien (**MESRS**) et au Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche et de l'innovation Français (**MESRIF**) pour m'avoir accordé une bourse d'étude Profas b+ 2016/2017.

Je remercie chaleureusement **Madame Kherroub Karima**, Directrice de BIOQUAL, INATAA, Université Frères Mentouri Constantine 1. Je n'oublie pas votre soutien moral qui m'a souvent aidé à remonter la pente dans les moments difficiles. Je tiens aussi à remercier toutes les membres de BIOQAUL pour leur encouragement, leur bonne humeur et leur gentillesse.

Je tiens aussi à remercier **M. Mohemmad Elhadef El Ouki**, Maître de conférences à l'INATAA, pour son aide concernant l'analyse statistique. Recevez ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour vos qualités scientifiques et humaines.

Je tiens aussi à remercier mes collègues **M^{me}. Aissaoui O.** et **M^{me}. Aggoun M.**, qui m'ont souvent soutenu moralement dans la réalisation de ce travail, qu'elles trouvent ici l'expression de mon profond remerciement.

Je suis très reconnaissant envers toute personne, qui ma aider à réaliser ce travail et je témoigne toute mon amitié à **Zouaoui N.**, **Saoudi Z.**, **Gomri A.**, **Bouasla A.**, **Chemache L.** et **Bensalem A.** pour leur aide morale pendant toute la durée de ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à la Directrice de la l'ITELV (Institut Technique des Elevages), Ain M'lila, Oum El Bouagui, ainsi que tout le personnel de la ferme, qui, sans leur collaboration et leur aide, je n'aurais pu surmonter bon nombre de difficultés dans mon travail.

Je tiens à remercier tous les gens de la wilaya de **Batna**, **Biskra** et **Tebessa** qui ont participé à l'enquête, Qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

Je remercie tous les enseignants, les étudiants et les travailleurs de l'INATAA et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, je suis très reconnaissante pour **ma mère**, t'étiez toujours là pour m'écouter, me soutenir, me réconforter et m'encourager dans les moments de doute. Tous les mots ne suffiraient pas. Sans toi, rien n'aurait été possible, merci pour votre soutien et votre amour. Je remercie du fond de mon cœur mon épouse **Samah** qui m'a soutenu, encouragé et motivé pour le bon aboutissement de cette thèse. Je tiens à remercier aussi ma sœur **Loubna** et son **époux**, et mon ami **Ismail Benabdalkader**, qui ont toujours cru en moi et qui ont su me redonner confiance. Merci pour votre soutien incontestable, pour votre soutien moral, je vous en suis reconnaissant.

Merci à tous...

Ali

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

Volet 1. Revue bibliographique 5

1. Elevage des caprins dans les régions semi-arides.....	5
1.1 Elevages mondial et national des caprins.....	5
1.2 Principales caractéristiques des caprins.....	6
1.2.1 <i>Caractéristiques digestives des caprins</i>	6
1.2.2 <i>Alimentation des chèvres</i>	6
1.2.3 <i>Composition de lait de chèvres</i>	7
1.2.4 <i>Facteurs influençant la composition de lait de chèvres</i>	8
1.3 Caractéristiques de l'élevage des caprins dans les régions semi-arides.....	9
1.3.1 <i>Caractéristiques des pâturages dans les régions semi-arides</i>	9
1.3.2 <i>Comportement alimentaire des chèvres au pâturage dans les régions semi-arides</i>	9
1.4 Utilisation des plantes aromatiques et médicinales dans l'alimentation des ruminants.....	10
2. Alimentation des ruminants et apport en composés phénoliques.....	11
2.1 Composés phénoliques.....	11
2.1.1 <i>Définition et structure</i>	11
2.1.2 <i>Propriétés et rôles</i>	12
2.2 Alimentation des ruminants et apport en composés phénoliques.....	13
2.2.1 <i>Richesse du pâturage en composés phénoliques</i>	13
2.2.2 <i>Passage des composés phénoliques dans le lait des ruminants</i>	14
2.3 Effets des composés phénoliques sur les ruminants.....	14
2.3.1 <i>Effets sur l'écosystème du rumen</i>	14
2.3.2 <i>Effets sur la santé des ruminants</i>	15
2.4 Effets sur les produits laitiers.....	16

2.4.1	<i>Effets sur la production laitière.....</i>	17
2.4.2	<i>Effets sur la qualité nutritionnelle de lait et des produits laitiers.....</i>	18
2.4.3	<i>Effet sur les propriétés sensorielles.....</i>	18
2.4.4	<i>Effet sur la conservation et la stabilité des produits laitiers.....</i>	19
2.5	Qualités du lait et des produits laitiers riches en composés phénoliques.....	20
2.5.1	<i>Effets bénéfiques sur la santé humaine.....</i>	20
2.5.2	<i>Composés phénoliques comme ingrédients fonctionnels dans les produits laitiers.....</i>	20
3.	Alimentation des ruminants et apport en terpènes.....	22
3.1	Composés terpéniques.....	22
3.1.1	<i>Définition.....</i>	22
3.1.2	<i>Structure.....</i>	22
3.1.3	<i>Propriétés et rôles.....</i>	23
3.2	Élevage des ruminants et apport en composés terpéniques.....	24
3.2.1	<i>Richesse de pâturage en composés terpéniques.....</i>	24
3.2.2	<i>Rôle des terpènes dans l'ingestion et le comportement alimentaire des ruminants.....</i>	24
3.2.3	<i>Passage des composés terpéniques dans le lait des ruminants.....</i>	25
3.3	Effets des composés terpéniques sur l'écosystème du rumen.....	26
3.3.1	<i>Effets sur les bactéries du rumen.....</i>	26
3.3.2	<i>Effets sur les archées méthanogènes.....</i>	26
3.3.3	<i>Effets sur les protozoaires du rumen.....</i>	27
3.4	Effets des composés terpéniques sur le lait et les produits laitiers.....	27
3.4.1	<i>Effet sur la production laitière.....</i>	27
3.4.2	<i>Effet sur la qualité nutritionnelle.....</i>	28
3.5	Composés terpéniques comme additifs dans les aliments des ruminants.....	28

**Volet 2. Enquête sur les plantes aromatiques et médicinales pâturées
par les chèvres dans les montagnes Aurès 29**

1. Méthodologie.....	29
1.1 Objectifs de l'enquête.....	29
1.2 Description de la région d'étude.....	29
1.3 Pré-enquête et élaboration du questionnaire.....	30
1.4 Déroulement de l'enquête.....	31
1.5 Traitement des données collectées.....	32
2. Résultats.....	33
2.1 Profils des éleveurs interrogés.....	33
2.2 Plantes aromatiques et médicinales et leur effet sur le lait de chèvres.....	34
2.2.1 <i>Plantes aromatiques et médicinales citées par les éleveurs.....</i>	<i>34</i>
2.2.2 <i>Abondance des plantes aromatiques et médicinales dans la région d'étude.....</i>	<i>36</i>
2.2.3 <i>Fréquence de consommation des plantes aromatiques et médicinales par les chèvres.....</i>	<i>36</i>
2.2.4 <i>Parties des plantes aromatiques et médicinales consommées par les chèvres.....</i>	<i>37</i>
2.2.5 <i>Effet des plantes aromatiques et médicinales pâturées sur le lait de chèvres.....</i>	<i>38</i>
2.3 Elevage de chèvres dans les Aurès.....	39
2.3.1 <i>Informations sur l'élevage des chèvres.....</i>	<i>39</i>
2.3.2 <i>Informations sur les races élevées et leurs caractéristiques.....</i>	<i>39</i>
2.4 Renseignements sur le lait de chèvres.....	43
2.4.1 <i>Connaissance de la qualité de lait et de son origine.....</i>	<i>43</i>
2.4.2 <i>Facteurs influençant la production de lait de chèvres.....</i>	<i>44</i>
2.4.3 <i>Consommation et transformation de lait de chèvres.....</i>	<i>45</i>
2.4.4 <i>Lait de chèvres pâturant les plantes aromatiques et médicinales.....</i>	<i>46</i>
2.4.5 <i>Attributs de lait de chèvres pâturant des plantes aromatiques et médicinales.....</i>	<i>46</i>
3. Discussion.....	48
3.1 Profils des éleveurs interrogés.....	48
3.2 Plantes aromatiques et médicinales et leur effet sur le lait de chèvres.....	48

3.3	Elevage de chèvres dans les Aurès.....	52
3.4	Perception des éleveurs des Aurès vis-à-vis de lait de chèvres.....	53
	Conclusion.....	57

Volet 3. Analyse des profils phénolique et terpénique des plantes aromatiques et médicinales sélectionnées **58**

1.	Matériel et méthodes.....	59
1.1	Matériel végétal.....	59
1.2	Composition chimique des plantes sélectionnées.....	61
1.3	Dosages colorimétriques des composés phénoliques.....	61
	<i>1.3.1 Extraction des composés phénoliques totaux.....</i>	<i>61</i>
	<i>1.3.2 Dosage colorimétrique des composés phénoliques totaux.....</i>	<i>61</i>
	<i>1.3.3 Dosage colorimétrique des flavonoïdes totaux.....</i>	<i>62</i>
1.4	Evaluation des activités antioxydante et antiradicalaire.....	63
	<i>1.4.1 Test antiradicalaire au DPPH.....</i>	<i>63</i>
	<i>1.4.2 Test de blanchiment du β-carotène.....</i>	<i>64</i>
1.5	Analyse des composés phénoliques.....	65
	<i>1.5.1 Extraction des composés phénoliques.....</i>	<i>65</i>
	<i>1.5.2 Analyse chromatographique des composés phénoliques.....</i>	<i>65</i>
1.6	Analyse des composés terpéniques.....	66
	<i>1.6.1 Extraction des composés terpéniques.....</i>	<i>66</i>
	<i>1.6.2 Analyse chromatographique des composés terpéniques.....</i>	<i>67</i>
1.7	Traitement des données.....	68
2.	Résultats.....	69
2.1	Composition chimique.....	69
2.2	Teneurs en composés phénoliques totaux et activités antioxydantes.....	69
2.3	Composés phénoliques identifiés par HPLC-DAD.....	71
2.4	Composés terpéniques.....	73
3.	Discussions.....	75
	Conclusion.....	81

Volet 4. Composés phénoliques de lait de chèvres soumises à un régime supplémenté avec *Artemisia herba alba* 82

1. Matériel et méthode.....	82
1.1 Site d'expérimentation.....	82
1.2 Matériel végétal.....	82
1.3 Chèvres et stratégie expérimentale.....	83
1.4 Analyse chimique d' <i>Artemisia herba alba</i>	83
1.4.1 Analyse chimique.....	83
1.4.2 Analyse chromatographique des composés phénoliques.....	83
1.5 Analyse de lait.....	84
1.5.1 Analyse biochimique.....	84
1.5.2 Analyse chromatographique des composés phénoliques.....	84
1.6 Traitement statistique.....	86
2. Résultats.....	87
2.1 Composition chimique d' <i>Artemisia herba alba</i>	87
2.2 Composés phénoliques d' <i>Artemisia herba alba</i>	87
2.3 Composition chimique de lait.....	89
2.4 Composés phénoliques identifiées de lait.....	89
2.5 Limites de détection, limites de quantification et taux de récupération.....	92
3. Discussions.....	93
Conclusion générale.....	97
Références bibliographiques.....	100
Annexes	

AA :	Activité Antioxydante
AFC :	Analyse Factorielle de la Correspondance
BHT :	Butyl hydroxytoluène
BIOQUAL :	Laboratoire de Biotechnologie et Qualité des Aliments
CE ₅₀ :	Concentration Efficace (nécessaire pour réduire 50 %)
CP :	Crude Proteins
CPT :	Composés phénoliques totaux
DAD :	Diode Array Detector
DMAPP :	Dimethylallyl diphosphate
DPPH :	2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyl
EAG :	Equivalent d'acide gallique
EQ :	Equivalent de quercétine
ERO :	Espèces Réactives de l'Oxygène
FC :	Fréquence de Citation
FDA :	Acid Detergent Fiber
GC-MS :	Gas chromatography-mass spectrometry
HE :	Huile essentielle
HPLC :	High Performance Liquid Chromatography
HP-SPME :	HeadSpace-Solid Phase MicroExtraction
INRAE :	Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement
IPP :	Isopentenylpyrophosphate
ITELV :	Institut Technique des de l'Elevages
LOD :	Limit Of Detection
LOQ :	Limit Of Quantification
LPL :	Lipoprotéine Lipase
MM :	Matières Minérales
MO :	Matières Organiques
MS :	Matière Sèche
MSU :	Matières Sèches Utiles
NDF :	Neutral Detergent Fiber
NIST :	National Institute of Standards and Technology
NO :	Oxyde Nitrique
PAM :	Plantes Aromatiques et Médicinales

PB :	Protéines Brutes
PDMS-DVB :	Polydiméthylsiloxane-divinylbenzène
PROFAS :	Le Programme Algéro-Français de Bourses
TB :	Taux Butyreux
TP :	Taux Protéique
TR :	Temps de rétention
UAA :	Université Agricole d'Athènes
UAC :	Ultraviolet Absorbing Compounds
UF :	Unité Fourragère
UHT :	Ultra Haute Température
UMRH :	Unité Mixte de Recherche sur les Herbivore

Figure 1.	Anatomie du tube digestif d'une chèvre (Lucbert, 2012).....	7
Figure 2.	Facteurs influençant la composition de lait de chèvres (Pradal, 2012).....	9
Figure 3.	Classification des composés phénoliques selon Dzialo <i>et al.</i> (2016).....	12
Figure 4.	Schéma de l'IPP et du DMAPP avec la numérotation des carbones (Guitton, 2010).....	22
Figure 5.	Localisation géographique de la région d'étude.....	30
Figure 6.	Répartition des PAM pâturées par les chèvres selon leurs familles botaniques.....	34
Figure 7.	Abondance relative des principales PAM selon les éleveurs.....	36
Figure 8.	Fréquence de consommation des plantes aromatiques et médicinales par les chèvres selon les éleveurs.....	37
Figure 9.	Répartition des PAM selon les organes consommés par les chèvres.....	37
Figure 10.	Répartition des sujets interviewés selon leurs avis concernant l'effet des plantes aromatiques et médicinales sur la qualité de lait de chèvres.....	38
Figure 11.	Répartition des sujets interrogés selon leurs avis concernant l'effet des plantes aromatiques et médicinales sur l'odeur et la saveur de lait de chèvres.....	38
Figure 12.	Nombre de chèvres élevées par les personnes interrogées.....	39
Figure 13.	Différentes races élevées dans la région d'étude.....	40
Figure 14.	Caractéristiques des différentes races élevées dans la région d'étude selon l'adaptation au climat et type d'alimentation.....	41
Figure 15.	Caractéristiques des différentes races élevées dans la région d'étude selon la qualité et la quantité de lait produit.....	42
Figure 16.	Critères de qualité de lait de chèvres cités par les éleveurs.....	43
Figure 17.	Principales caractéristiques distinctives de lait de chèvres.....	44

Figure 18.	Facteurs influençant la qualité et le rendement de lait de chèvres.....	44
Figure 19.	Différentes formes de consommation de lait de chèvres dans la région d'étude.....	45
Figure 20.	Différents dérivés de lait de chèvres produits dans la région d'étude.....	45
Figure 21.	Raisons évoquées par les personnes enquêtées pour la préférence de lait de chèvres pâturant des PAM.....	46
Figure 22.	Attributs de lait de chèvres pâturant les PAM évoquées par les personnes enquêtées.....	47
Figure 23.	Carte de l'AFC de l'Abondance/Fréquence de consommation des PAM selon les éleveurs.....	51
Figure 24.	Diagramme récapitulatif des analyses réalisées.....	58
Figure 25.	Dispositif de SPME (Zhang <i>et al.</i> , 1994).....	67
Figure 26.	Schéma de dégradation de la coumarine en acide <i>o</i> -coumarique.....	95

Tableau 1.	Composition comparée du lait de chèvre, de brebis et de vache (g.kg ⁻¹) de lait) (Pradal, 2012).....	8
Tableau 2.	Données sociodémographiques des personnes enquêtées.....	33
Tableau 3.	Principales PAM pâturées par les chèvres dans la région d'étude et leurs fréquences de citation (FC en %)......	35
Tableau 4.	Plantes aromatiques et médicinales sélectionnées.....	60
Tableau 5.	Conditions d'analyse des composés phénoliques par HPLC.....	66
Tableau 6.	Composition chimique des PAM étudiées (g/100g MS).....	69
Tableau 7.	Détermination colorimétrique des phénols totaux, flavonoïdes totaux, de l'activité antioxydante et de l'activité anti-radicalaire des extraits méthanoliques des PAM.....	70
Tableau 08.	Teneurs en composés phénoliques (mg.g ⁻¹ MS) évaluées par HPLC-DAD des PAM étudiées.....	72
Tableau 09.	Composition en pourcentage des composés terpéniques de PAM sélectionnées à l'aide de HS-SPME-GC-MS.....	74
Tableau 10.	Composition chimique de l'armoise blanche incorporée dans la ration des chèvres en expérimentation (g/100g MS) dans des travaux ultérieurs.....	87
Tableau 11.	Analyse HPLC-DAD des composés phénoliques d' <i>Artemisia herba alba</i> ...	88
Tableau 12.	Paramètres biochimiques de lait de chèvres suivant un régime complété et de ceux des témoins.....	89
Tableau 13.	Teneurs en composés phénoliques (µg.l ⁻¹) évaluées par HPLC-DAD des laits des chèvres suivants un régime complété et ceux des témoins.....	90
Tableau 14.	Valeurs de LOD, LOQ et taux de récupération de la méthode HPLC-DAD pour les standards phénoliques utilisés.....	92

Bilan scientifique

Publication internationale

1. **Bouguerra, A.**, Djebili, S., Zouaoui, N., & Barkat, M. (2020). « Evaluation of phenolic contents and antioxidant activities of some medicinal plants growing in Algerian Aurès Mountains ». *Acta Scientifica Naturalis*, Vol. 7, No 2, 15-30. <https://doi.org/10.2478/asn-2020-0017>

Communications orales

1. **Bouguerra, A.**, Djebili, S., Benmakhlouf, H., Zouaoui, N., Aggoun, M., Zerrougui, S., Diab, N., Massouras, Th., Bruno, M., Cornu, A., et Barkat, M. « Survey about the use of Medicinal Plants in the Algerian Semi-arid Zones in the Goat's Feeding and Evaluation of their Phenolic Compounds, Volatile Compounds and Antioxidant Activities ». Premier Colloque International sur la "Sécurité Alimentaire et Développement Durable en milieu semi-aride" (CISADD), 08-10 Décembre **2018**, Algérie.

Communications affichées

1. **Bouguerra, A.**, Djebili, S., Zouaoui, N., Cornu, A., Massouras, Th. et Barkat, M. « Analyse des composés phénoliques d'*Artemisia campestris* et évaluation de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques ». Siminaire International sur les Sciences Alimentaires (SISA), Constantine 14-15 octobre **2018**, Algérie.
2. **Bouguerra, A.**, Djebili, S., Massouras, Th. Barkat, M. « Analysis of volatile compounds of *Rosmarinus officinalis* by SPME/MS and study of the antioxidant activity of its essential oil and phenolic extracts ». 3èmes Journées Scientifiques-LOST 2018, 500 Places Tidjani Haddam, 23-24 Janvier **2018**.
3. **Bouguerra, Ali**, Djebili, S., Zouaoui, N., Massouras, TH., Barkat, M. « Activité antioxydante des huiles essentielles et extraits phénoliques de *Thymus algeriensis* et *Juniperus phoenicea* et analyse de leurs composés volatiles » 3^e CI-SAN Constantine du 28-30 Novembre **2017**.
4. **Bouguerra, Ali**, Nassime Zouaoui, Ahlam Belgat, Khalissa Benkhadra et Malika Barkat. « Evaluation du pouvoir antioxydant des huiles essentielles et des extraits polyphénoliques de deux plantes aromatiques (*Artemisia herba alba* Asso et *Rosmarinus officinalis* L.) des régions semi-arides de l'est algérien ». Séminaire International sur les Sciences Alimentaires, Constantine 14-16 octobre **2014**, Algérie.

Introduction générale

Un peu plus du tiers de la surface de la Terre est aride ou semi-aride (21 millions de km² sont semi-arides), ces zones abritent plus de 20 % de la population mondiale, soit 1,2 milliard d'êtres humains. Dans ces zones, la principale ressource économique est le bétail, principalement les caprins, en raison de leurs habitudes de consommation, de leur adaptabilité aux régions à faible pluviométrie et à faible disponibilité en fourrages. Dans ces régions, la solution potentielle à la production fourragère des parcours est le développement de systèmes de production basés sur des espèces endémiques avec des besoins en eau relativement faibles (Nedjraoui, 2003; Andrade-Montemayore *et al.*, 2011).

En Algérie, l'élevage caprins dans les parcours représente une contribution importante aux productions animales, et se répartit dans différentes zones et dans diverses conditions environnementales et climatiques (Bourabah *et al.*, 2013) ; c'est l'une des activités agricoles les plus traditionnelles. Les élevages extensif et semi-intensif sont les plus pratiqués. Le système extensif domine les autres systèmes et est présent dans les steppes, les régions sahariennes, les régions montagneuses et les piémonts du nord, alors que le système semi-intensif est pratiqué au niveau des plaines céréalières (MADR, 2003). Bien que la population caprine nationale représente seulement 14 % (5 007 894 têtes) du troupeau national (FAOSTAT, 2019), la quasi-totalité est élevée dans les zones arides et semi-arides qui s'étendent sur 80 % du territoire (Bourabah *et al.*, 2013). Les chèvres sont plus adaptées à la survie dans des environnements difficiles que les autres ruminants (Silanikove, 2000). Elles peuvent parcourir une variété de plantes non pâturées par les bovins et les ovins grâce à leur efficacité digestive plus élevée pour la cellulose (Laouadi *et al.*, 2018).

Après plusieurs crises alimentaires récentes, les consommateurs cherchent de plus en plus des produits alimentaires aux conditions de production plus respectueuses de l'environnement, garantissant la qualité des produits d'un point de vue sensoriel, nutritionnel et sanitaire (Engel *et al.*, 2007; Alonso-Díaz *et al.*, 2010). En outre, les prix plus élevés des aliments pour animaux et pour des activités agricoles augmentent en général la difficulté de la production animale. En conséquence, les défis actuels pour les élevages de ruminants sont de concilier l'efficacité de la production avec ces fortes attentes sociétales. Dans ce contexte, l'utilisation des ressources locales dans l'alimentation animale et la valorisation de l'herbe pâturée constitue une piste privilégiée (Ginane *et al.*, 2008; Aufrere *et al.*, 2012). Ainsi, les chercheurs recommandent l'augmentation de l'utilisation des plantes et arbustes endémiques, comme aliments pour les ruminants, dont la disponibilité pourrait être exploitée pour améliorer la productivité des ruminants et la qualité de leurs produits. Les plantes et arbustes endémiques sont une source

d'alimentation importante pour les ruminants dans ces régions, car ils sont bien adaptés aux conditions de croissance et ont une valeur nutritionnelle intéressante (Estell, 2010; Mlambo & Mapiye, 2015).

Les pâturages sont la principale composante de l'alimentation des ruminants et représentent 70 % de la superficie fourragère totale. Par leur diversité, les plantes de pâturages jouent un rôle central en raison de leurs effets bénéfiques sur les propriétés nutritionnelles et sensorielles des produits laitiers à côté de l'image positive de l'herbe perçue par les consommateurs. Ces caractéristiques spécifiques sont fournies principalement par des micronutriments végétaux (Fraisie *et al.*, 2007; Coppa *et al.*, 2012). Les deux micronutriments jouant un rôle reconnu dans la valeur nutritionnelle des produits animaux pour la santé humaine sont les caroténoïdes et les composés phénoliques (Farruggia *et al.*, 2008). Ces derniers ont été considérés, par le passé, comme des facteurs antinutritionnels, car ils réduisent la biodisponibilité des protéines et des minéraux (Chung *et al.*, 1998). Cependant, ils ont reçu beaucoup d'attention ces dernières années en raison de leur capacité antioxydante et de leur répercussion bénéfique potentielle sur la santé humaine, en particulier pour la prévention du cancer, des maladies cardiovasculaires et d'autres pathologies (Reynaud *et al.*, 2010; Harbourne *et al.*, 2011). Ces composés présenteraient également un double intérêt pour la santé des ruminants et pour la valeur sanitaire de leurs produits (lait et viande) (Mlambo & Mapiye, 2015; Kalantar, 2018). Selon la littérature scientifique, le profil et la composition retrouvés dans les produits laitiers reflètent ceux de la ration, principalement dans le cas du pâturage (Priolo *et al.*, 2004; Tornambé *et al.*, 2006). Des études ont montré que certains composés phénoliques peuvent traverser les différentes barrières physiques et métaboliques après ingestion et se retrouver dans les produits animaux (Besle *et al.*, 2010; Di Trana *et al.*, 2014). Étant donné que les ruminants ne peuvent pas synthétiser de composés phénoliques, ces composés ne peuvent provenir que de la consommation d'aliments à base de plantes (Sarkar & Shetty, 2014). De ce fait, l'addition dans la ration des chèvres de plantes aromatiques et médicinales (PAM), qui sont riches en composés phénoliques, pourrait modifier le profil phénolique de leur lait et par conséquent sa qualité nutritionnelle.

L'Algérie est considérée parmi les pays hébergeant une grande diversité botanique. La flore algérienne est riche en herbes, arbustes et en espèces endémiques, parmi lesquelles figurent des plantes aromatiques et médicinales (Zouaoui *et al.*, 2020). La plupart des travaux concernant les PAM ont associé l'analyse des composés phénoliques de ces plantes et l'estimation de leurs effets biologiques *in vitro*. Si les composés phénoliques et les activités biologiques des PAM sont bien décrits, il n'en est pas de même pour les composés phénoliques transférés dans le lait des ruminants. La consommation de PAM par les chèvres pourrait permettre d'observer des

conséquences sur la composition de lait. De ce fait, la caractérisation des composés phénoliques de lait issu des chèvres qui pâturent les PAM paraît donc envisageable, d'autant plus que le passage des aliments dans le rumen entraîne un profond remaniement moléculaire qui concernerait également ces composés. Le pâturage de PAM pourrait améliorer les caractéristiques des produits des ruminants par transmission au lait des propriétés biologiques de ces plantes. D'après la recherche bibliographique réalisée, peu de travaux de supplémentation par des PAM au régime de chez les ruminants afin d'enrichir le lait par les composés phénoliques ont été publiés. Parmi eux, certains chercheurs ont étudié l'effet de la supplémentation du romarin (Jordán *et al.*, 2010; Boutoial *et al.*, 2012), de l'origan (Paraskevakis, 2015) et du thym (Boutoial *et al.*, 2013) chez la chèvre ; ils ont conclu que ces composés améliorent partiellement les propriétés physicochimiques de lait et ont un effet sur son profil en composés phénoliques. Récemment, Boutoial *et al.* (2016) ont montré que la supplémentation par du romarin et du thym chez la chèvre a changé le goût et la flaveur du lait produit. A cet effet, et dans le cadre de la valorisation de certaines PAM pâturées par les chèvres dans les zones semi-arides, nous avons fixé comme objectifs de cette thèse les axes suivants : (i) inventorier les PAM pâturées par les chèvres et répertorier leurs effets sur la qualité de lait et sélectionner les PAM les plus pâturées au moyen d'une enquête réalisée auprès des éleveurs dans la zone des montagnes des Aurès, En effet l'utilisation de ces plantes fait partie du patrimoine socio- culturel de la région. Il s'agit d'un savoir-faire immémorial et transmis d'une génération à une autre. Ces plantes pourraient constituer à la fois un bien culturel et une ressource économique, d'où l'intérêt de l'étude et la caractérisation de leurs composantes d'intérêt afin de préserver leur typicité et leur diversité; (ii) analyser les profils en composés volatils et phénoliques de ces PAM; (iii) étudier les composés phénoliques du lait de chèvres supplémentées avec l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*), PAM abondante dans la zone étudiée.

D'après nos connaissances, cette étude est la première réalisée en Algérie afin de recenser les PAM pâturées par les chèvres et d'étudier la supplémentation de l'armoise à des chèvres en conditions expérimentales, afin d'enrichir le lait en composés phénoliques. Ce manuscrit comporte quatre volets :

Le premier volet est consacré à une recherche bibliographique sur les composés phénoliques et terpéniques en élevage caprin et leurs effets sur les produits. Ce volet est structuré en trois parties : un rappel des principales caractéristiques de l'élevage caprin dans les régions semi-arides, une présentation des composés phénoliques et de leurs effets sur les ruminants et les produits laitiers et une présentation des composés terpéniques et de leurs effets sur les ruminants et les produits laitiers ;

Le deuxième volet décrit l'enquête réalisée auprès des éleveurs. Dans un premier temps, la méthodologie utilisée, ainsi que le choix de la région d'étude et les objectifs ciblés sont décrits. Dans un deuxième temps, les principaux résultats de cette enquête seront présentés et discutés ;

Le troisième volet est consacré aux analyses chimiques et à une activité biologique des PAM sélectionnées ;

Le quatrième volet est consacré à l'analyse des composés phénoliques de lait de chèvres supplémentées avec *Artemisia herba alba* ;

Enfin, une conclusion générale où nous avons tenté de mettre en avant les points importants apportés par notre travail, ainsi que nos perspectives.

Volet 1.

Revue bibliographique

1. Elevage des caprins dans les régions semi-arides

1.1 Elevages mondial et national des caprins

Les chèvres sont considérées comme « *la vache du pauvre* » en raison de l'investissement en capital et des coûts de production plus faibles, de leur renouvellement générationnel et des périodes de gestation courtes et de la production de lait en quantités adaptées pour être immédiatement consommées par les ménages (Barbin, 2012; FAO, 2016).

La plupart des caprins dans le monde sont élevés dans des systèmes d'élevage traditionnels extensifs ou semi-extensifs avec un faible niveau d'intrants. Ils contribuent fortement à l'économie familiale et à la culture régionale (Alexandre *et al.*, 2012). Dans de nombreux pays peu développés, les chèvres sont souvent gardées dans des environnements marginaux caractérisés par la rareté des pâturages et des conditions climatiques défavorables. La rusticité et la capacité à valoriser des ressources végétales pauvres font de la chèvre un animal de subsistance avec un objectif dominant de production de viande. En revanche, dans certains pays développés la production est organisée commercialement avec un objectif quasi exclusif de production de lait à finalité fromagère (Barbin, 2012; FAO, 2016).

Environ 95 % de la population caprine dans le monde se trouve en Asie, en Afrique et en Amérique latine. La plupart des caprins laitiers sont élevés dans la région méditerranéenne, en Asie du Sud et dans certaines parties d'Amérique latine et d'Afrique. Le lait de chèvres contribue à une part importante de la production totale de lait en Afrique sub-saharienne et certaines parties d'Asie du Sud, de l'Est et du Sud-Est (hors Chine) (FAO, 2016).

En Algérie, l'élevage caprin associé à l'élevage ovin compte parmi les activités agricoles les plus traditionnelles (FAO, 2019). Le système extensif domine les autres systèmes et est présent dans les steppes, les régions sahariennes, les régions montagneuses et les piémonts du nord, alors que le système semi-intensif est pratiqué au niveau des plaines céréalières (MADR, 2003). Le système d'élevage extensif est considéré souvent comme activité secondaire qui assure une liquidité financière en cas de besoins. Plusieurs tentatives de son développement ont été lancées auparavant, mais avec peu de succès. Avec une alimentation basée sur le pâturage, la productivité laitière des chèvres est toujours faible. Cela représente l'une des contraintes au développement d'une filière caprine laitière (Belaid, 2016). Le lait de chèvres représente une part négligeable dans la production nationale de lait. La quantité de lait produite est passée de 138 800 tonnes en 1992 à 248 400 tonnes en 2011 (Mouhous *et al.*, 2013). Le lait de chèvres, pourrait être d'un grand appui à la filière laitière, avec le lait de chamelles et de brebis. La capacité potentielle de lait produit par ces trois espèces est estimée à près de 25

% de la totalité de lait cru actuellement collecté au niveau national, représenté quasi-exclusivement par le lait de vaches (Kebbab, 2016).

1.2 Principales caractéristiques des caprins

1.2.1 Caractéristiques digestives des caprins

Les caprins sont des ruminants herbivores particulièrement adaptés pour valoriser les fourrages (herbes, tiges et feuilles des plantes céréalières, etc.). L'aptitude à la digestion des fourrages est due à la présence dans le système digestif des ruminants d'un organe spécifique, une grande poche appelée panse ou rumen dans laquelle une grande partie des constituants des fourrages est fermentée par les milliards de bactéries qui y sont présentes (Lucbert, 2012).

Lors de l'ingestion, une première mastication lacère les fourrages. Le réflexe de salivation qui se produit à ce moment-là humidifie les aliments. L'ensemble forme le bol alimentaire qui, une fois dégluti, gagne la panse où il est immergé dans le liquide ruminal et brassé par les mouvements ondulatoires du rumen. La partie la plus grossière (fibreuse) est ensuite régurgitée, de nouveau mastiquée et imprégnée de salive, puis déglutie. Ce mécanisme est la rumination. Sa durée chez la chèvre, de cinq à dix heures par jour, est aussi longue que le temps consacré à la prise d'aliments (Figure 1) (Lucbert, 2012).

1.2.2 Alimentation des chèvres

Le comportement alimentaire des caprins au pâturage détermine les quantités d'herbes qu'ils ingèrent et la nature du régime qu'ils sélectionnent. Il influence donc directement la nutrition de l'animal, ses performances zootechniques et sa santé (Ginane *et al.*, 2008). Le repas d'une chèvre se décompose en trois temps : un temps d'exploration de 5 à 15 minutes durant lequel la chèvre fait un inventaire de ce qui lui est distribué ou offert, un temps de prise alimentaire et un temps de sélection qui augmente en fin de repas (Lucbert, 2012).

Quel que soit le système d'élevage et au cours de la journée, la chèvre effectue deux grands repas et de nombreux repas secondaires. La chèvre est curieuse, elle débute généralement un repas (genre de dégustation) à chaque distribution d'aliments. En réalité, seules les principales distributions de fourrages déclenchent les « grands repas » des chèvres. Quand la traite est faite deux fois par jour (matin et soir), des « grands repas » sont distribuées après chaque traite. Entre les « grands repas », il y a généralement plusieurs repas secondaires, quantitativement moins importants mais essentiels pour les chèvres les plus productives, car ces dernières font les repas secondaires les plus longs (Lucbert, 2012).

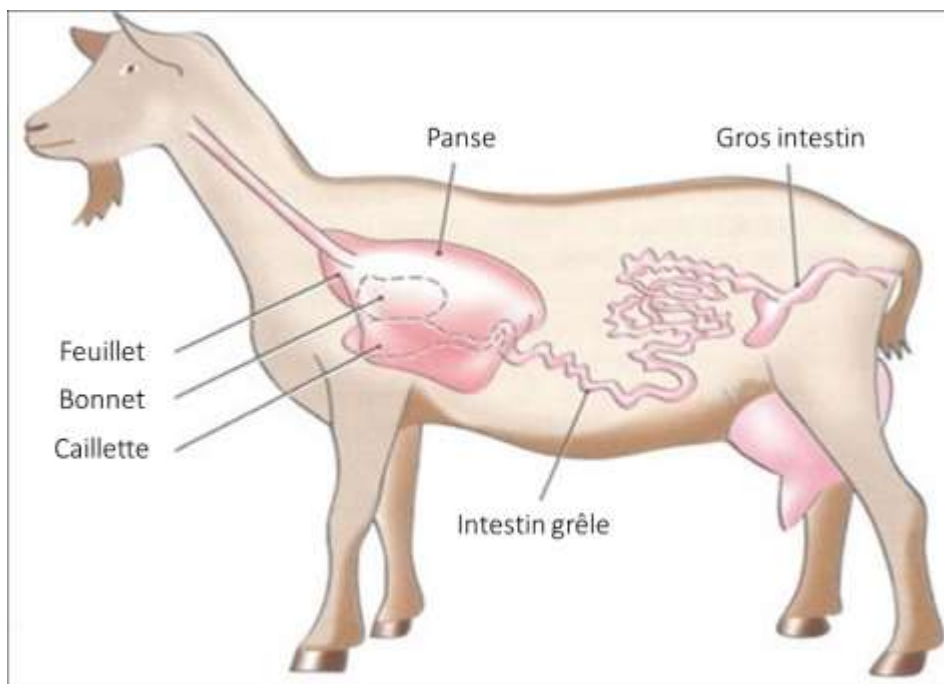


Figure 1. Anatomie du tube digestif d'une chèvre (Lucbert, 2012).

La chèvre présente un comportement alimentaire différent des autres espèces laitières. En effet, celle-ci passe plus de temps à choisir ses aliments ce qui lui permet, lorsque la qualité des fourrages est médiocre, d'ingérer les aliments de meilleure qualité en sélectionnant ceux-ci parmi la gamme d'aliments à sa disposition (Morand-Fehr, 2005). Elle possède ainsi une meilleure capacité d'adaptation aux conditions arides et semi-arides et aux rations pauvres en fourrage de qualité (Ramirez *et al.*, 2000; Morand-Fehr, 2005; Hilario *et al.*, 2010).

1.2.3 Composition de lait de chèvres

Par rapport à son poids vif, la chèvre produit près de 30 % de matières azotées et matières grasses de plus que la vache et plus de 50 % de plus que la brebis. Le lait est un liquide constitué principalement d'eau (90 %), de protéines, de matière grasse (lipides), de sucres et de minéraux. Sa couleur blanche et opaque est due à la réfraction de la lumière sur les particules de protéines regroupées sous forme de sphères ou « micelles ». Mais contrairement au lait de vaches, même s'il est de composition très voisine, le lait de chèvre a une couleur blanche, très caractéristique, en raison de l'absence de pigments caroténoïdes (Pradal, 2012).

Tableau 1. Composition comparée du lait de chèvre, de brebis et de vache (Pradal, 2012).

Constituants	Lait de chèvre	Lait de brebis	Lait de vache
Poids du litre (g)	1030	1038	1032
Eau (g)	900 - 920	830 -850	890-910
Matière sèche (g)	115 -117	185 - 190	120 -130
Matières grasses (g)	33-38	70-75	36- 40
Matières azotées (g)	28-30	55-65	32-34
Lactose (g)	47-48	47-48	48-50
Matières minérales (g)	7 - 8	11 - 12	7-8
-----	-----	-----	-----
pH	6,4 - 6,8	6,6-6,65	6,65 - 6,85
Acidité (°D)	12 à 14	18 à 22	16 à 18

Le tableau 1 donne la composition de lait de chèvre et des principales espèces exprimée en g/kg de lait. Ces données proviennent d'une synthèse, réalisée par Pradal (2012), de nombreuses sources bibliographiques existant à ce sujet. Selon les données représentées dans ce tableau, une moindre teneur en matières sèches utiles (MSU) du lait de chèvre, par rapport au lait de vache avec moins de matières grasses (35 g contre 38 g) et moins de matières protéiques (29 g contre 33 g), a été constatée. Selon le même auteur, la matière grasse du lait de chèvre, essentiellement constituée de triglycérides, contient 17 % des acides caprique, caproïque et caprylique, acides gras saturés à courte chaîne, contre seulement 5 % dans le lait de vache.

1.2.4 Facteurs influençant la composition de lait de chèvres

Selon Pradal (2012), de nombreux facteurs liés à l'animal, à son environnement et aux conditions d'élevage influencent la composition du lait (figure 2). Ces facteurs peuvent en outre avoir des interactions et des effets antagonistes ou conjugués.

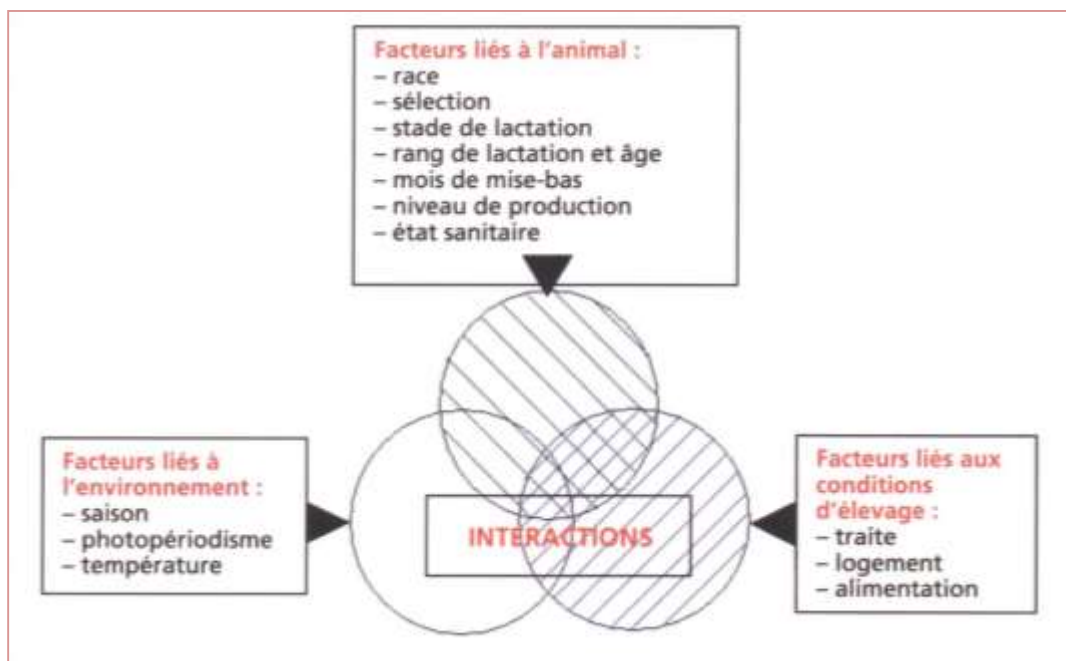


Figure 2. Facteurs influençant la composition de lait de chèvres (Pradal, 2012).

1.3 Caractéristiques de l'élevage des caprins dans les régions semi-arides

1.3.1 Caractéristiques des pâturages dans les régions semi-arides

Les régions semi-arides sont considérées comme étant celles qui bordent les régions désertiques et présentent des précipitations saisonnières et irrégulières, pouvant varier de 250 à 500 mm par an (Mainguet, 1999). Dans ces régions, les fourrages se composent d'arbustes et d'herbes (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011). Les chèvres sont généralement élevées en petits troupeaux de deux à dix animaux (Barbin, 2012). Dans ces régions, la solution potentielle à la production de fourrage à partir de parcours est le développement de systèmes de production basés sur des espèces indigènes de plantes, ayant des besoins en eau relativement faibles (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

1.3.2 Comportement alimentaire des chèvres au pâturage dans les régions semi-arides

Dans les régions semi-arides, les chèvres ne peuvent pas satisfaire leurs besoins nutritifs, en particulier pour la croissance, la gestation ou l'allaitement. Cependant, les chèvres de parcours ont certains aspects d'adaptation qui leur permettent de survivre même dans des conditions extrêmes. Silanikove (2000) a mentionné que les chèvres indigènes des régions arides et semi-arides sont plus efficaces dans l'utilisation des ressources. Ces animaux sont capables de maintenir leur poids même avec une réduction de 50 % de la consommation d'aliments en s'adaptant grâce à un métabolisme à faible énergie. De plus, les chèvres sont capables de consommer beaucoup plus de ressources de parcours riches en tanins et de les digérer plus efficacement que les autres ruminants. Ceci est lié à leur plus grande capacité à

neutraliser les effets négatifs des tanins sur la digestibilité (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011). Les chèvres font appel à une variété de mécanismes pour faire face à la consommation d'herbes et arbustes, physiologiques (les protéines salivaires, les voies de détoxification, etc.) et comportementaux : évitement, régulation de l'ingestion en dessous du seuil critique, échantillonnage prudent, commutation, consommation de régimes divers et/ou complémentaires, etc. (Estell, 2010; Pfister *et al.*, 2010).

Le comportement sélectif des chèvres gérées dans un système de pâturage extensif dans les régions semi-arides présente des variations saisonnières dans la sélection des aliments. Cela a également été rapporté dans plusieurs études à travers le monde (Ramírez-Orduña *et al.*, 2008). Pendant la saison des pluies, les graminées peuvent être le régime principal consommé, tandis que la consommation des arbustes et des herbes est augmentée pendant la saison sèche (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

1.4 Utilisation des plantes aromatiques et médicinales dans l'alimentation des ruminants

Les herbes et les arbustes endémiques constituent une source d'alimentation alternative importante pour les ruminants dans les régions semi-arides, parce qu'ils sont bien adaptés aux conditions de croissance semi-arides et fournissent des produits nutritifs pendant la saison sèche où la qualité nutritionnelle et la quantité de graminées diminuent. De même, dans ces régions, les agriculteurs sont incités à récolter et à stocker des produits de parcours pour une utilisation ultérieure comme suppléments pendant la saison sèche. Cette consommation est avantageuse dans la mesure où le fourrage provenant de ces herbes et arbustes contient des niveaux élevés de métabolites secondaires (Estell, 2010; Mlambo et Mapiye, 2015).

Parmi les travaux réalisés ces dernières années, il y a peu d'études sur l'utilisation des plantes aromatiques (PAM) et médicinales comme aliments pour les ruminants. Cependant, ces études ont confirmé que les PAM influencent sur la qualité de la viande (Nieto *et al.*, 2010) et le lait, tout en améliorant leur qualité (Chiofalo *et al.*, 2011). Silanikove *et al.* (2010) ont indiqué que la stabilité à l'oxydation des produits laitiers provenant des chèvres recevant un régime riche en composés phénoliques a été améliorée. Certaines PAM répandues dans la région méditerranéenne ont été étudiées pour leur richesse en composés phénoliques (la sauge, le romarin et le thym). A titre d'exemple, le romarin a été administré dans le régime des ruminants en tant que source de composés phénoliques naturels (Boutoial *et al.*, 2013). Dans la même optique, Jordán *et al.* (2010) ont observé que l'introduction dans l'alimentation des chèvres de résidus de feuilles de romarin après extraction des huiles essentielles, a entraîné une augmentation des taux d'hespéridine, de naringine, de genkwanine, de carnosol, d'acide gallique, d'acide coumarique et d'acide carnosique dans le lait.

2. Alimentation des ruminants et apport en composés phénoliques

2.1 Composés phénoliques

2.1.1 Définition et structure

Le terme « phénolique » qualifie les composés qui possèdent un cycle aromatique portant au moins un substituant hydroxyle, y compris des dérivés fonctionnels (esters, méthyléthers, glycosides, etc.), allant de molécules simples, telles que les acides phénoliques, à des structures complexes comme les tanins (Santos-Buelga *et al.*, 2012; Martins *et al.*, 2015). Les composés phénoliques sont communément appelés polyphénols, terme qui signifie à l'origine « plusieurs phénols » et ne devrait concerner que des composés ayant plusieurs noyaux aromatiques (Mónica-Giusti & Wrolstad, 2005; Vacca *et al.*, 2016). Donc, nous utiliserons plutôt le terme général « composés phénoliques » qui désigne à la fois les mono-, les di- et les polyphénols dont les molécules comportent respectivement une, deux ou plusieurs fonctions phénoliques.

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires végétaux. Alors que le métabolisme primaire désigne les grandes voies de biosynthèse et de biodégradation indispensables à la nutrition, la croissance et la reproduction (glucides, lipides protéines et acides nucléiques), les métabolites secondaires proviennent de voies plus spécifiques souvent liées à la protection contre divers stress ou à la communication avec les organismes environnants. La nature et la concentration de ces composés est très différentes selon les espèces et ce sont généralement des métabolites terminaux qui s'accumulent dans les plantes ou sont libérés dans le milieu (Macheix *et al.*, 2005; Działo *et al.*, 2016). Les composés phénoliques varient de simples molécules de faible poids moléculaire (les acides phénoliques) à des molécules polymérisées complexes (lignines et tanins) (Ignat *et al.*, 2011; Sarkar et Shetty, 2014). En raison de cette grande variété, plus de 10 000 composés phénoliques ont été identifiés, et la liste continue à augmenter (Dahmoune *et al.*, 2015; Vázquez *et al.*, 2015). Les composés phénoliques ont tous en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (Sarkar et Shetty, 2014; Martins *et al.*, 2015).

Les composés phénoliques peuvent être regroupés en différentes classes qui se différencient d'abord par la complexité du squelette de base, ensuite par le degré de modification de ce squelette, et enfin par les liaisons possibles de ces molécules de base avec d'autres molécules (Molino *et al.*, 2016). Structuellement, malgré leur extrême variété, les composés phénoliques possèdent un squelette de carbone commun : l'unité phénylpropanoïde en C₆-C₃. A partir cette dernière, il existe une large gamme de composés phénoliques : les acides cinnamiques (C₆-C₃), les acides benzoïques (C₆-C₁), les flavonoïdes (C₆-C₃-C₆), les

proanthocyanidines $[(C_6-C_3-C_6)_n]$, les lignanes $(C_6-C_3-C_3-C_6)$ et les lignines $[(C_6-C_3)_n]$ (Dahmoune *et al.*, 2015; Talhaoui *et al.*, 2016). Działo *et al.* (2016) classent les composés phénoliques en flavonoïdes et non-flavonoïdes (figure 3).

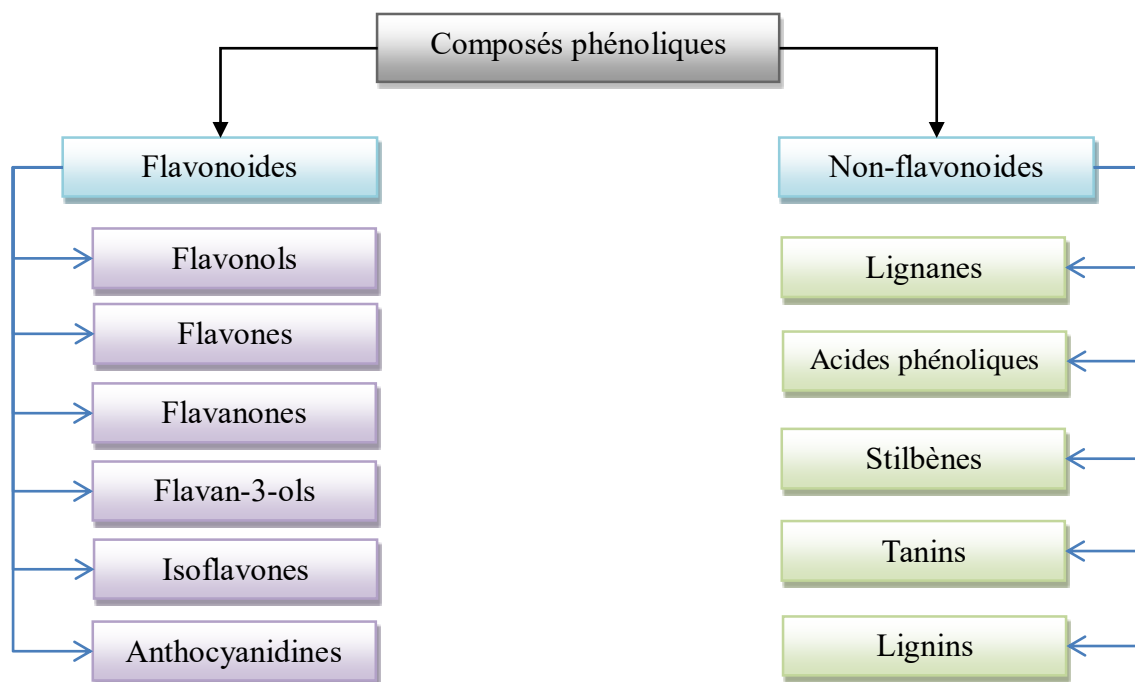


Figure 3. Classification des composés phénoliques selon Działo *et al.* (2016)

2.1.2 Propriétés et rôles

L'activité antioxydante est, sans nul doute, celle qui caractérise le mieux les composés phénoliques. En effet, de nombreuses revues leur confèrent le rôle d'excellents piègeurs d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) (Shahidi et Ambigaipalan, 2015). Cette faculté, tant étudiée et si reconnue, est fréquemment citée comme une clé pour la prévention et/ou la réduction du stress oxydatif en lien direct avec des maladies chroniques comme les maladies cardiovasculaires et le cancer. Les radicaux libres seraient aussi impliqués dans le processus de vieillissement (Quideau *et al.*, 2011; Działo *et al.*, 2016).

Les composés phénoliques présentent également d'autres activités physiologiques largement étudiées dans le domaine médical où on leur reconnaît des activités anti-hypertenseurs, anti-arthritiques, anti-septiques, anti-fongiques (Działo *et al.*, 2016; Molino *et al.*, 2016), anti-virales, antimicrobiennes, anti-inflammatoires (Costa *et al.*, 2015), anti-allergiques et anti-cancer (Chen *et al.*, 2015; Vacca *et al.*, 2016). Ils ont également des actions positives sur l'obésité, le diabète, les maladies d'Alzheimer et de Parkinson (Kala, 2015; Molino *et al.*, 2016).

Les propriétés biologiques des composés phénoliques rendent ces molécules très intéressantes en vue d'une valorisation en tant qu'ingrédient et additif pour différents produits thérapeutiques et alimentaires. Ils trouvent des applications diverses et variées dans différents domaines. De nombreux composés phénoliques sont utilisés comme principe actif, isolés de plusieurs plantes (eucalyptus, sarrasin, sophora, etc.) et utilisés dans le traitement destiné aux troubles veineux et capillaires, notamment l'acide salicylique (extrait du saule et ingrédient basique de l'aspirine) et le rutoside ou rutine (quercétine -3-O-rutinoside) (Royer *et al.*, 2010). On retrouve également sur le marché médical l'extrait d'écorces et de feuilles de peuplier et d'écorces de frêne qui sert à traiter l'arthrite et le rhumatisme (Celhay *et al.*, 2014).

2.2 Alimentation des ruminants et apport en composés phénoliques

2.2.1 Richesse du pâturage en composés phénoliques

Différents groupes de composés sont présents dans les plantes de pâturage à des concentrations variables : terpènes, caroténoïdes, composés phénoliques, etc. Plusieurs études soulignent une plus forte concentration en composés phénoliques des dicotylédones comparativement aux graminées (monocotylédones). Subséquemment, l'augmentation de la part de dicotylédones dans les prairies induit leur enrichissement en composés phénoliques (Graulet *et al.*, 2012). Fraisse *et al.* (2007) ont mis en évidence une très grande richesse en composés phénoliques d'un pâturage de montagne en France dans lequel 170 composés phénoliques différents ont été identifiés, 30 seulement étant communs à l'ensemble des espèces végétales en présence. Les résultats obtenus par Reynaud *et al.* (2010) ont confirmé ces observations et ont permis d'identifier une trentaine de composés phénoliques.

Les fourrages sont riches en polyphénols. Parmi ceux-ci, les flavonoïdes, représentent une fraction qualitativement importante pour leurs actions bénéfiques sur la santé de l'homme. Des expérimentations où les flavonoïdes et d'autres composés phénoliques simples ont été dosés dans des fourrages et des laits correspondants. Six régimes différents ont été distribués à 6 lots de vaches laitières : concentré (65 %) et foin grossier, ensilage de maïs ou de ray-grass, foin de ray-grass, foin de prairie naturelle, ou prairie naturelle pâturée. Les teneurs en composés phénoliques simples, analysés par HPLC, variaient de 0,8 à 8 g kg⁻¹ MS, la prairie naturelle étant de loin la plus riche. Dans une autre expérimentation, le fourrage distribué aux vaches était du trèfle violet fraîchement fauché contenant 9,2 g kg⁻¹ MS d'isoflavones (Besle *et al.*, 2004). Berger *et al.* (2012) indiquent que les flavonoïdes sont largement distribués dans les aliments des animaux et les plantes fourragères. Par conséquent, ils sont ingérés par les animaux en diverses quantités dans le cadre de leur alimentation régulière, mais les concentrations dans les plantes fourragères sont faibles.

2.2.2 Passage des composés phénoliques dans le lait des ruminants

Les animaux ne peuvent pas synthétiser les composés phénoliques. Les composés retrouvés dans leur lait ne peuvent provenir que des plantes consommées (Sarkar et Shetty, 2014). La plupart des composés phénoliques sont issus de la dégradation ruminale des polyphénols solubles et des composés aromatiques. Plusieurs réactions de réduction, de déméthylation, de déshydroxylation et de décarboxylation aboutissent à des composés aromatiques capables d'être absorbés par la paroi du tube digestif (Besle *et al.*, 1995).

Selon Besle *et al.* (2010) et Graulet *et al.* (2012), la teneur et la composition des laits en composés phénoliques variaient selon le type d'alimentation des ruminants, les laits produits au pâturage étant nettement plus riches que ceux produits avec une alimentation à base de fourrages conservés ou des rations riches en concentré. Dans le même contexte, il a été démontré par ces mêmes auteurs que le profil des composés absorbant l'UV « Ultraviolet-Absorbing Compounds » (UAC) dans le lait est lié à la composition de l'alimentation des ruminants et aux composés phénoliques spécifiques des plantes ingérées : acides cinnamiques et chlorogéniques, lignanes, stilbènes, flavonoïdes, tanins et lignines (Besle *et al.*, 1995). Les composés absorbant l'UV peuvent ainsi être utilisés comme un outil de traçabilité de l'alimentation des ruminants.

2.3 Effets des composés phénoliques sur les ruminants

2.3.1 Effets sur l'écosystème du rumen

Les composés phénoliques des plantes sont bien reconnus comme agents antimicrobiens qui agissent contre les bactéries et les champignons (Burt, 2004). Leurs effets sur l'activité des micro-organismes ruminants dépendent des espèces végétales consommées et de leur composition chimique (Bodas *et al.*, 2012). L'activité antibactérienne des tanins pourrait s'expliquer par la formation de complexes entre les tanins et la paroi cellulaire des bactéries (Bodas *et al.*, 2012). Chez certains ruminants, en particulier les chèvres, des populations microbiennes ruminales résistantes aux tanins ou dégradant les tanins ont été isolées (Acamovic et Brooker, 2005). La capacité des chèvres à digérer les fourrages contenant des tanins est attribuée à l'action de ces microorganismes. Selon la littérature, les tanins ont également une activité anti-protazoaires marquée (Hristov *et al.*, 2003). Bhatta *et al.* (2009) ont montré que la combinaison de tanins hydrolysables et condensés présente une activité anti-protazoaires plus élevée que les tanins hydrolysables seuls. Bien que le mode d'action des tanins sur les protazoaires ne soit pas clair, il pourrait être similaire à celui observé sur les bactéries.

2.3.2 Effets sur la santé des ruminants

Les composés phénoliques, sans doute, sont importants pour la santé humaine et la qualité des aliments. Ils sont également intéressants pour la santé des ruminants (O'Connell et Fox, 2001). Ces dernières décennies, un intérêt a été manifesté pour les propriétés antiparasitaires des tanins contre les strongles digestifs (Hoste *et al.*, 2006). Ces nématodes parasites, très largement répandus chez les ruminants élevés à l'herbe, sont responsables de pertes économiques majeures. Leur maîtrise usuelle, fondée sur l'emploi quasi exclusif d'anthelminthiques de synthèse, est désormais remise en cause par le développement croissant de résistances à ces molécules dans les populations de vers. Tout moyen de lutte innovant offrant une alternative aux anthelminthiques chimiques est par conséquent digne d'intérêt (Farruggia *et al.*, 2008).

La consommation de composés phénoliques par les caprins laitiers réduit l'incidence de la météorisation au pâturage. Ce problème lié à l'ingestion de plantes riches en protéines, est dû à la formation d'une quantité abondante de mousse dans le réticulorumen, qui exerce une pression sur les poumons, provoquant souvent une insuffisance respiratoire et la mort de l'animal (Harborne et Baxter, 1999; O'Connell et Fox, 2001). Les composés phénoliques, en interagissant avec les protéines, inhibent la formation de mousse. Il a été suggéré que l'incidence du ballonnement peut être réduite en sélectionnant à partir de certaines cultures des cultivars qui contiennent un niveau élevé de composés phénoliques (Aerts *et al.*, 1999).

Le stress oxydant résulte d'un déséquilibre entre les substances antioxydantes et la production d'espèces radicalaires oxygénées qui sont particulièrement agressives vis-à-vis de l'organisme. Différentes conditions d'élevage peuvent conduire à une surproduction d'espèces radicalaires oxygénées qui dépasse largement la capacité antioxydante de l'organisme (Aurousseau, 2002). Ce n'est qu'à partir des années 1985-1990 que les relations entre les processus de peroxydation et la santé animale ont été réellement étudiées. Ensuite, des études ont montré que de nombreux problèmes sanitaires étaient associés à une augmentation des phénomènes radicalaires (Farruggia *et al.*, 2008).

La demande croissante de systèmes d'élevage biologiques a suscité l'intérêt pour certaines substances naturelles, appelées nutraceutiques, capables de stimuler les défenses organiques des animaux (Ferrie, 2007). Compte tenu de cela, les propriétés fonctionnelles de plusieurs extraits de plantes ont été étudiées pour leur utilisation potentielle comme nouveaux nutraceutiques. La recherche sur l'utilisation d'antioxydants naturels et de composés favorisant la santé à partir de sources végétales a donné lieu à des essais expérimentaux d'extraits végétaux nutraceutiques dans l'alimentation des animaux laitiers et des animaux producteurs de viande,

en raison de leur capacité à améliorer la santé animale ainsi que la qualité et la valeur nutritive des produits (Chiofalo *et al.*, 2011).

L'apport d'antioxydants exogènes naturels par le biais de l'alimentation est devenu un enjeu essentiel pour les nouvelles stratégies de conduites des animaux et pour la recherche relative à la santé animale. Dans ce cadre, la prairie permanente diversifiée riche en composés secondaires constitue une source de composés antioxydants de nature très diverse qui pourrait augmenter la capacité antioxydante globale des animaux *via* des complémentarités d'actions (Farruggia *et al.*, 2008). En outre, de nombreux extraits de plantes, qui contiennent des quantités considérables de divers flavonoïdes, sont commercialement proposés pour la nutrition animale avec la prétention d'améliorer ou de stabiliser les performances animales et la santé (Berger *et al.*, 2012). De nombreux flavonoïdes sont connus pour leurs capacités antioxydantes *in vitro* (Morand *et al.*, 1998).

Les herbes et leurs extraits sont de plus en plus utilisés en alimentation animale pour stimuler l'appétit, la digestion et les fonctions physiologiques, comme colorants et antioxydants, ainsi que pour la prévention et le traitement de certaines pathologies (Dalle Zott *et al.*, 2016).

Des recherches durant la dernière décennie ont démontré que les acides gras, les acides hydroxycinnamiques et les flavonoïdes jouent un rôle antioxydant synergique dans la protection des cellules contre les dommages causés par les radicaux libres. Il a été constaté une relation entre les apports de fourrage et les composés antioxydants dans le lait de chèvres, en particulier la rutine et la quercétine (Hilario *et al.*, 2010). Middleton *et al.* (2000) ont rapporté que parmi les flavonoïdes, la quercétine est le meilleur antioxydant, cinq fois plus puissant que la vitamine A et la vitamine C. La quercétine qui présente diverses propriétés favorables à la santé est l'un des composés phénoliques les plus étudiés (Berger *et al.*, 2015). Bien que ces études soient plutôt conduites *in vitro* ou sur des espèces monogastriques, certains effets semblent transposables chez les ruminants. Ainsi, la quercétine pourrait avoir un effet positif sur la santé, surtout pendant la phase stressante de la lactation précoce, qui est souvent accompagnée de troubles métaboliques comme la cirrhose et l'acidocétose (Stoldt *et al.*, 2015).

2.4 Effets sur les produits laitiers

Les composés phénoliques sont un exemple intéressant de molécules bioactives dérivées de plantes avec des possibilités prometteuses d'applications en alimentation animale (Vasta et Luciano, 2011). En effet, ces composés agissent sur la digestion, sur les performances animales et sur les qualités nutritionnelles et organoleptiques de lait et des produits laitiers.

2.4.1 Effets sur la production laitière

Les métabolites secondaires des plantes et en particulier les polyphénols ont été, dans le passé, généralement considérés comme facteurs antinutritionnels, en raison de leur implication dans la réduction de la biodisponibilité des protéines et des minéraux (Chung *et al.*, 1998). Cependant, récemment, plusieurs chercheurs ont signalé des améliorations sur le plan de la production des ruminants recevant des rations riches en tanins. L'efficacité de l'utilisation des nutriments chez les ruminants a été améliorée et a conduit à des augmentations de taux de croissance, de rendements et à des améliorations de composition du lait et des performances reproductives (Mlambo et Mapiye, 2015).

L'effet des aliments riches en tanins sur la teneur du lait en matières grasses et en protéines, varie fortement en fonction de la concentration des tanins. Les tanins condensés, à concentrations élevées, ont généralement des effets néfastes sur les performances des animaux. Cependant, des concentrations modérées peuvent avoir des effets positifs (Vasta *et al.*, 2008). En effet, Wang *et al.* (1996) ont observé une augmentation de la production laitière et des teneurs en protéines et en lactose et une diminution de la teneur en matières grasses chez des brebis consommant *Lotus corniculatus*, avec des quantités modérées de tanins (44,5 g/kg MS). Ces résultats ont été confirmés par Ramirez-Restrepo et Barry (2005). Dans les parcours, les effets positifs des plantes riches en tanins sur la production laitière et les performances de croissance ont également été rapportés par plusieurs auteurs (Mlambo et Mapiye, 2015). Smith *et al.* (2005) ont indiqué que le fait d'alimenter les chèvres avec un complément d'*Acacia nilotica*, qui est riche en tanins, augmentait les rendements en lait. Il a aussi été démontré que les tanins condensés améliorent la production laitière et réduisent l'impact du parasitisme gastro-intestinal chez les petits ruminants (Waghorn, 2008). Ces effets bénéfiques des tanins sont particulièrement importants pour la production animale des ruminants dans les régions semi-arides.

De même, Molle *et al.* (2003) ont également démontré une augmentation de la production laitière lors de l'utilisation de la sulla (*Hedysarum coronarium* L.) contenant des tanins comme source d'alimentation. De même, chez la vache laitière de pâturage, Woodward *et al.* (1999) ont également démontré les effets positifs de la sulla contenant des tanins sur le rendement laitier et la teneur en protéines de lait.

Les proanthocyanidines se rencontrent dans les feuilles et les tiges d'un certain nombre de plantes fourragères. Plusieurs études ont montré que des concentrations modérées de proanthocyanidines (2-4 % de MS) produisent une augmentation significative du rendement en lait (21 %) (Aerts *et al.*, 1999).

D'autres avantages des tanins, peut-être à long terme pour les habitants des régions semi-arides, sont liés à leur capacité à réduire les émissions de méthane entérique et la pollution par l'azote provenant d'animaux paissant des pâturages luxuriants ou complétés par des protéines (Mlambo et Mapiye, 2015).

2.4.2 Effets sur la qualité nutritionnelle de lait et des produits laitiers

L'alimentation est un moyen efficace pour améliorer la qualité des produits laitiers. Les laiteries pourraient commercialiser des laits et des produits laitiers différents, qui auraient des compositions spécifiques (Kalac, 2011). Les ruminants consomment de 20 à 100 fois plus de composés phénoliques que l'homme (Besle *et al.*, 2004). L'inclusion de tanins dans les régimes des ruminants semble être une stratégie prometteuse pour améliorer la qualité des produits car les consommateurs exigent des aliments de haute qualité, des produits plus sains et durables à partir de systèmes agricoles sans additifs de synthèse. En fait, plusieurs auteurs ont signalé l'efficacité des tanins pour modifier la qualité des produits (viande et lait), y compris l'amélioration de la composition des acides gras et la réduction de la décoloration, du rancissement et de la détérioration microbienne de la viande (Falowo *et al.*, 2014). Il a été aussi signalé que la supplémentation des aliments des animaux laitiers avec jusqu'à 20 % de déchets de thé décaféiné, qui contient un pourcentage élevé de composés phénoliques, a peu de répercussions sur la qualité du lait (O'Connell et Fox, 2001).

2.4.3 Effet sur les propriétés sensorielles

Les composés phénoliques présents dans le lait et les produits laitiers sont susceptibles de jouer un rôle dans les propriétés sensorielles. Ces composés phénoliques peuvent être ajoutés (composés phénoliques exogènes), ou naturellement présents dans le lait et les produits laitiers, dérivés du pâturage ou du métabolisme animal (composés phénoliques endogènes) :

a. Effets des composés phénoliques endogènes

Quelques composés phénoliques endogènes pourraient conférer au lait et aux produits laitiers des saveurs souhaitables comme : aromatiques, caramélisées, etc. L'impact de ces composés sur les caractéristiques sensorielles des produits laitiers est très subtil : bien que présents à des concentrations inférieures au seuil de perception, ils contribuent à un équilibre agréable des composants aromatiques. Il a été rapporté que le goût distinct de quelques fromages est dû aux composés phénoliques. Il a également été démontré que les composés phénoliques endogènes, en particulier le phénol, l'*o*-crésol, le *p*-crésol et le guaiacol, contribuent au goût désirable du beurre (O'Connell et Fox, 2001).

b. Effets des composés phénoliques exogènes

L'addition de composés phénoliques comme agents aromatisants au lait avant fabrication fromagère de fromage, a été déjà réalisée, à 0,1 mg.kg⁻¹ pour le Cheddar, et entre 1 et 10 mg.kg⁻¹ pour le Camembert, le Roquefort et les fromages bleus. L'utilisation de composés phénoliques, en particulier d'anthocyanes, en tant que colorants dans des produits laitiers tels que le yaourt et la crème glacée, a été déjà proposée (O'Connell et Fox, 2001).

2.4.4 Effet sur la conservation et la stabilité des produits laitiers

L'alimentation des animaux avec des fourrages riches en tanins permet d'obtenir des produits plus favorables à la santé humaine, de meilleure qualité et ayant une plus longue durée de conservation (Mlambo et Mapiye, 2015). L'utilisation de composés phénoliques en tant qu'agents antimicrobiens a été proposée à la fin du 20^e siècle, dans un éventail de denrées alimentaires (O'Connell et Fox, 2001). En revanche, peu d'études ont été menées pour déterminer les effets des composés phénoliques sur la croissance des agents pathogènes et sur la stabilité au stockage de la viande et du lait des ruminants (Mlambo et Mapiye, 2015).

La capacité de certains composés phénoliques notamment l'acide férulique, les catéchines du thé, l'acide éllagique et l'acide *p*-coumarique, à inhiber la croissance des bactéries et champignons dans le lait a déjà été rapportée. Cependant, d'autres composés phénoliques, comme l'oleuropéine, augmentent la croissance des champignons, mais inhibent fortement la production d'aflotoxines. De telles propriétés seraient avantageuses dans les fromages affinés où la croissance des moisissures est souhaitable tandis que la production de mycotoxines peut présenter un risque pour la santé (O'Connell et Fox, 2001).

Dans l'ensemble, les suppléments riches en tanins peuvent contribuer à l'alimentation et à la nutrition, en minimisant ou en empêchant le rancissement et la détérioration microbienne, en maintenant ou en améliorant les qualités nutritionnelle et sensorielle et en prolongeant la durée de conservation des aliments d'origine animale. La supplémentation en composés phénoliques peut également réduire les pertes économiques et éviter les maladies d'origine alimentaire, associées à la contamination microbienne ou chimique (Falowo *et al.*, 2014). De plus, l'utilisation des composés phénoliques pourrait réduire les coûts des additifs alimentaires, de la transformation spécialisée et de l'emballage, souvent utilisés dans l'industrie alimentaire pour améliorer l'apparence et la qualité de la viande et du lait après de longues périodes de stockage et de distribution (Mlambo et Mapiye, 2015).

2.5 Qualités du lait et des produits laitiers riches en composés phénoliques

2.5.1 Effets bénéfiques sur la santé humaine

Les composés phénoliques dérivés des plantes sont connus comme étant l'un des principaux antioxydants de l'alimentation humaine. Des centaines de molécules ont été identifiées dans les herbes culinaires et les plantes médicinales. En raison de leurs effets bénéfiques sur la santé (Chung *et al.*, 1998), les composés phénoliques ont été proposés comme composés bioactifs ou nutraceutiques dans les aliments (O'Connell et Fox, 2001; Han *et al.*, 2011). Ces aliments sont fréquemment appelés « aliments fonctionnels », lorsqu'ils comprennent des composants nutritionnels nécessaires à la survie saine de l'homme, ou appelés « aliments nutraceutiques », lorsque l'objectif est de traiter et/ou prévenir une maladie ou un trouble, avec diverses fonctions bioactives (antioxydants, antimicrobiens, immunomodulateurs, hypocholestérolémiants, etc.) (Bonilla *et al.*, 2015).

L'Homme, comme les animaux d'élevage, dispose de différentes sources d'antioxydants endogènes ou exogènes pour prévenir et/ou limiter les phénomènes oxydatifs. Les composés phénoliques contenus dans les produits animaux et provenant des fourrages ingérés peuvent contribuer à ces apports bénéfiques pour la santé humaine. Les structures phénoliques sont souvent spécifiques de l'espèce végétale, de la famille botanique ou des conditions environnementales, ce qui explique l'existence d'une très grande diversité de molécules (Farruggia *et al.*, 2008).

2.5.2 Composés phénoliques comme ingrédients fonctionnels dans les produits laitiers

Au cours des deux dernières décennies, l'industrie alimentaire a consacré beaucoup d'efforts à la recherche et au développement d'aliments plus sains et plus nutritifs (Woodward *et al.*, 1999). La capacité des composés phénoliques à améliorer les diverses propriétés fonctionnelles de lait et des produits laitiers a été déjà établie. La fonctionnalité spécifique des composés phénoliques dans le lait et les produits laitiers est basée sur leur capacité à interagir avec les protéines de lait. En conséquence, le mécanisme interactif spécifique par lequel les composés phénoliques interagissent avec les protéines, sous diverses conditions, joue un rôle majeur dans la détermination de leur effet sur les propriétés fonctionnelles des protéines de lait (O'Connell et Fox, 2001). De plus, actuellement, la législation internationale ne permet plus l'ajout d'antioxydants synthétiques dans le lait frais ou ses dérivés, leur stabilité doit être conférée par des composants naturellement présents dans ces derniers. Compte tenu de toutes ces considérations, l'inclusion de composés antioxydants naturels dans l'alimentation des chèvres, comme alternative aux additifs antioxydants synthétiques et comme moyen d'améliorer la qualité du lait de chèvres, mérite d'être étudiée (Jordán *et al.*, 2010).

En raison des nombreux effets bénéfiques attribués aux composés phénoliques sur la santé (Berger *et al.*, 2015; Stoldt *et al.*, 2015; Dalle Zotte *et al.*, 2016), leur ajout aux systèmes alimentaires a été préconisé. Des extraits riches en composés phénoliques provenant du thé vert (catéchines) ont été déjà incorporés à des aliments à base de lait aromatisé aux fruits (O'Connell et Fox, 2001). L'addition d'un extrait de vin riche en polyphénols aux produits laitiers, en tant qu'additif de nutrition, a également été proposé par Howard *et al.* (2000). La fabrication d'un yaourt enrichi en isoflavone ($2,5 \text{ mg.g}^{-1}$) a été déjà réalisée et le yaourt produit a révélé des propriétés organoleptiques améliorées (O'Connell et Fox, 2001).

Des extraits riches en composés phénoliques d'une variété de sources végétales, par exemple le thé, le café, le cacao, le vin, le chêne et l'écorce de pin et des composés phénoliques purifiés, par exemple l'acide caféique, le 1,2-dihydroxynaphtalène, l'épigallocatechine gallate et le 3,4-dihydroxybenzaldéhyde augmentent nettement la stabilité thermique du lait et du lait concentré. De même, la catéchine, le catéchol, le résorcinol, la quercétine et le kaempferol inhibent l'oxydation de la margarine et du lait en poudre (O'Connell et Fox, 2001). O'Connell et Fox (1999) supposent que l'effet stabilisant des composés phénoliques est lié à leur capacité à s'oxyder thermiquement en quinones, qui sont extrêmement électrophiles et interagissent avec des résidus d'acides aminés nucléophiles (lysine et cystéine) pour maintenir l'intégrité micellaire.

3. Alimentation des ruminants et apport en terpènes

3.1 Composés terpéniques

3.1.1 Définition

Le nom terpène dérive de térébenthine. En effet, après distillation de l'oléorésine de pin on obtient de l'essence de térébenthine, une huile essentielle (HE) dont les composés majeurs ont été nommés terpènes (Manfredi, 2007). Le mot terpène désigne *sensu stricto* des hydrocarbures insaturés dérivant de l'isoprène, tandis que terpénoïde est un terme plus générique utilisé pour indiquer qu'une substance possède le squelette carboné des terpènes, mais pas nécessairement leur degré d'insaturation, tout en ayant éventuellement un ou plusieurs groupes fonctionnels contenant de l'oxygène (Lamarti *et al.*, 1994; Benabdelkader, 2012).

Les composés terpéniques volatils sont des composés spécifiques aux plantes et proviennent de leur métabolisme secondaire. Ils sont les composants principaux des HE et, une fois concentrés, ils possèdent de nombreuses propriétés aromatiques reconnues (Tornambé *et al.*, 2006).

3.1.2 Structure

Il existe deux voies de synthèse au sein des cellules sécrétrices de la plante qui donnent naissance à deux grands groupes chimiques dans lesquels on peut classer les molécules volatiles : la voie des terpénoïdes (composés dits « terpéniques ») et la voie des phénylpropanoïdes (composés dits « aromatiques »). Les terpénoïdes sont synthétisés par condensation de l'isopenténylpyrophosphate (IPP) et de son isomère le diméthylallyl diphosphate (DMAPP) (figure 4).

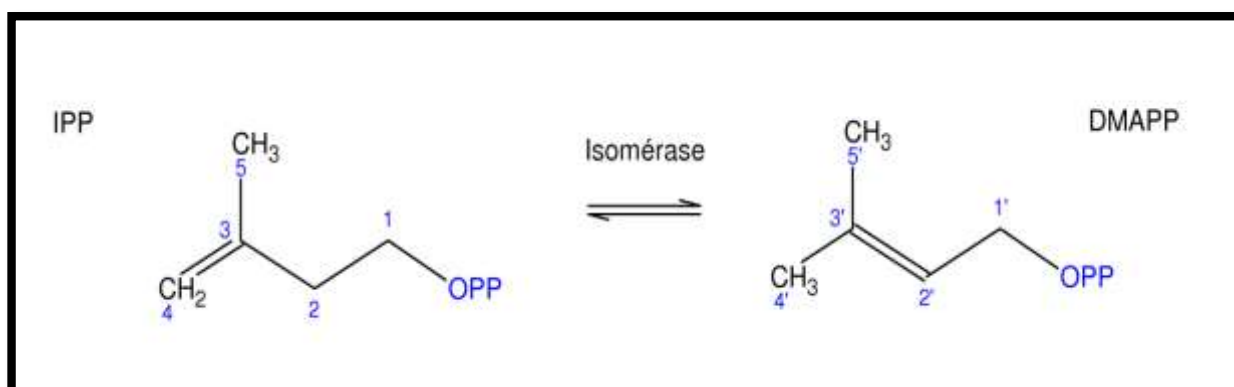


Figure 4. Schéma de l'IPP et du DMAPP avec la numérotation des carbones (Guitton, 2010).

Les composés terpéniques volatils peuvent être classés en fonction du nombre d'unités isoprènes de 5 atomes de carbone (C_5) présentes dans leur squelette : les hémiterpènes (C_5), les monoterpènes (C_{10}), sesquiterpènes (C_{15}) les diterpènes (C_{20}), les triterpènes (C_{30}), les tétraterpènes (C_{40}), etc. (Harkati, 2011; Cobellis *et al.*, 2016). Les monoterpènes sont les molécules les plus représentatives, constituant 90% des terpènes (limonène, thymol, carvacrol, linalol, carvone, acétate de géranyl). Les diterpènes sont des acides qui contiennent des résines de gymnospermes (par exemple, l'acide abiétique) et d'autres composés tels que le phytol, le tocophérol et le rétinol. Les triterpènes ont une large distribution dans le règne végétal et sont souvent utilisés à des fins pharmacologiques. Les sesquiterpènes, formés à partir de l'assemblage de trois unités isoprène, ont une structure et une fonction similaires à celles des monoterpènes et s'accumulent généralement en même temps que les monoterpènes (Bodas *et al.*, 2012). Les phénylpropanoïdes (cinnamaldéhyde, eugénol, anéthole, myristicine et safrole) sont des composés aromatiques, dérivés de la phénylalanine, et ont un cycle benzénique en C_6 avec une chaîne latérale propionique en C_3 .

3.1.3 Propriétés et rôles

Les composés volatils émis par la fleur, le fruit et la graine, jouent un rôle d'attraction d'insectes pollinisateurs et d'animaux disséminateurs de semences (Gavira, 2013). Certains mono- et sesquiterpènes induits par les herbivores sont également susceptibles d'avoir des actions physiologiques internes à la plante comme, par exemple, la protection contre le stress oxydatif en se combinant avec des radicaux d'oxygène libres (Loreto *et al.*, 2004).

Les composés terpéniques, principaux composants des huiles essentielles, constituent des ressources renouvelables importantes. Ils fournissent une gamme de produits commercialement utiles pour l'homme comme, par exemple, des arômes ou saveurs (McConkey *et al.*, 2000), parfums, matières industrielles, compléments alimentaires vitaminés (Benabdelkader, 2012) édulcorants ou pesticides (Bohlmann et Keeling, 2008).

La grande diversité des structures et des fonctions des terpénoïdes a révélé un intérêt pour leur utilisation en médecine traditionnelle et moderne. L'utilité des terpénoïdes comme le taxol et l'artémisinine a été démontrée pour la chimioprévention et la chimiothérapie de plusieurs maladies (Rodríguez-Concepción, 2004). D'autres terpénoïdes ont des propriétés antimicrobienne, antifongique, antiparasitaire, antivirale, antioxydante, antiallergène, antispasmodique, antihyperglycémique, antiinflammatoire, antinéoplasique et immunomodulatrice (Paduch *et al.*, 2007; Guitton, 2010).

Le groupe des terpénoïdes inclue également des polymères utiles pour l'industrie et l'agronomie (Benabdelkader, 2012). Ils agissent aussi comme des insecticides naturels et

peuvent être utilisés en tant que substances de protection dans le stockage de produits agricoles (Paduch *et al.*, 2007). En plus, les terpénoïdes sont des facteurs caractéristiques de la qualité des produits agricoles et horticoles car ils contribuent grandement à la saveur des fruits et au parfum des fleurs commerciales (Benabdelkader, 2012).

3.2 Élevage des ruminants et apport en composés terpéniques volatils

3.2.1 Richesse de pâturage en composés terpéniques volatils

Dans les pâturages, les composés terpéniques sont abondants chez plusieurs espèces et la teneur globale dépend de la composition botanique: les pâturages à base de *Poaceae* sont pauvres en terpènes, tandis que les pâturages de montagnes, qui comprennent de nombreuses dicotylédones, notamment les familles *Apiaceae*, *Lamiaceae* ou *Asteraceae*, sont riches en terpènes (Cornu *et al.*, 2001; Tornambé *et al.*, 2006, 2008). La production de terpènes est régulée par des facteurs physiologiques et métaboliques très sensibles aux conditions environnementales. La teneur et la composition en terpènes varient également avec le stade de maturité des plantes (Cornu *et al.*, 2001).

3.2.2 Rôle des terpènes dans l'ingestion et le comportement alimentaire des ruminants

Le comportement alimentaire des ruminants, face aux plantes riches en terpènes, ne semble pas être simple. La plupart des essais *in vivo* qui étudient l'effet des terpènes sous différentes formes sur l'ingestion montrent une grande variabilité dans les résultats obtenus. Benchaar *et al.* (2006; 2007) ont observé qu'un mélange de terpènes (750 mg à 2 g/kg MS) composé de thymol, d'eugénol, de limonène et de vanilline n'a aucun effet sur l'ingestion de la matière sèche (MS) chez les vaches laitières. Un effet similaire a été observé avec des monoterpènes (*p*-cymène, α -humulène, 1,8-cinéole, 3-carène) ou avec le γ -terpinène, le terpinolène, l' α -copaène et l' α -terpinène apportés individuellement chez l'agneau ingérant de la luzerne (Estell *et al.*, 2000). Selon Malecky (2007), Les facteurs ayant un impact sur l'ingestion des plantes riches en composés terpéniques volatils peuvent être hiérarchisés en deux groupes : les facteurs liés aux herbivores et les facteurs liés aux plantes.

a. Facteurs liés aux animaux

Les herbivores en général et les ruminants spécialement disposent de plusieurs stratégies face aux plantes toxiques afin de réduire leurs effets négatifs (Mlambo et Mapiye, 2015). Certaines stratégies sont de nature comportementale et d'autres sont de nature physiologique. L'efficacité de ces stratégies peut donc expliquer le niveau d'ingestion de ces plantes (Malecky, 2007).

Les herbivores distinguent les plantes toxiques directement par le goût et l'odeur ou indirectement par apprentissage. La sélection de mélanges de plantes permet de diluer le taux des toxines dans la ration (Ginane *et al.*, 2008). La formation de complexes avec des toxines est une façon de les détoxifier. Les ruminants présentent un grand avantage par rapport aux autres herbivores, lors de l'ingestion des plantes toxiques : l'écosystème microbien du rumen leur donne la possibilité de digérer une large variété de plantes toxiques (Smith, 1992).

b. Facteurs liés aux plantes

La relation entre l'animal et les plantes toxiques pâturées est une interaction complexe. En ce qui concerne les plantes pâturées, deux facteurs, la valeur nutritive et la teneur en métabolites secondaires, en interaction mutuelle, jouent un rôle déterminant qui influence leur ingestion par les herbivores. En général, les métabolites secondaires peuvent réduire l'ingestion et cela dépend de leur degré d'activité antimicrobienne. Contrairement aux métabolites secondaires, la teneur en matières nutritives peut augmenter l'ingestion de ces plantes et la teneur en ces deux types de composés détermine le niveau d'ingestion global. En effet, la détoxification des métabolites secondaires par les herbivores épuise l'organisme en protéines et en glucose et la valeur nutritive riche peut compenser cette carence (Malecky, 2007).

3.2.3 Passage des composés terpéniques dans le lait des ruminants

La composition botanique du pâturage est un facteur important qui influe sur les caractéristiques du lait et des produits laitiers. Plusieurs études ont mis en évidence une relation entre la composition botanique du pâturage et la fraction volatile du lait. La plupart des composés volatils présents dans le lait sont dus à la dégradation des composants de l'aliment au cours de la digestion et du métabolisme intermédiaire par des processus microbiens et enzymatiques, ainsi que par synthèse mammaire (Addis *et al.*, 2006).

Les composés terpéniques volatils s'incorporent très rapidement au lait par rapport à d'autres métabolites secondaires et avec très peu de modifications (Carpino *et al.*, 2004; Tornambé *et al.*, 2008). De nombreux auteurs ont montré que ces composés sont présents en plus grande quantité dans les produits laitiers provenant de vaches nourries dans des prairies diversifiées de montagnes que dans ceux provenant de vaches nourries dans des prairies monospécifiques (Cornu *et al.*, 2002). De plus, la teneur en terpènes du lait de tank varie au cours de la saison de pâturage, en réponse aux changements saisonniers de composition botanique des prairies pâturées et au stade de maturité des plantes. La gestion du pâturage exerce également une influence, en agissant sur le stade de développement des plantes (Tornambé *et al.*, 2006).

3.3 Effets des composés terpéniques sur l'écosystème du rumen

Le rumen est un écosystème qui abrite plusieurs types de micro-organismes anaérobies ou anaérobies facultatifs. Différents mécanismes d'action des terpènes sur l'écosystème du rumen peuvent être évoqués, mais une explication principale peut être leur activité antimicrobienne (Bodas *et al.*, 2012).

Les monoterpènes oxygénés, en particulier les alcools monoterpéniques et les aldéhydes, inhibent fortement la croissance et le métabolisme des microbes du rumen, tandis que les hydrocarbures monoterpéniques inhibent légèrement, et parfois stimulent, l'activité microbienne du rumen (Benchaar *et al.*, 2008; Bodas *et al.*, 2012).

3.3.1 Effets sur les bactéries du rumen

Les effets des composés terpéniques volatils varient en fonction de leur composition chimique et un "même" extrait peut avoir des effets stimulants ou inhibiteurs lorsqu'il est obtenu à partir de différentes plantes du même genre (Patra et Saxena, 2009). Plusieurs mécanismes chimiques peuvent expliquer l'inhibition de la croissance bactérienne par les HE (Bodas *et al.*, 2012). Les effets stimulants de certains extraits de plantes sur certaines populations bactériennes semblent être une conséquence de l'inhibition des protozoaires, qui limite la prédation de bactéries par les protozoaires. Cependant, toutes les espèces de bactéries ne sont pas affectées de la même manière (Bodas *et al.*, 2012).

L'effet des terpènes de différents types de plantes aromatiques et médicinales sur l'activité des bactéries du rumen, a été testé à la dose de 3 000 ppm d'huiles essentielles (HE) en culture batch. L'effet inhibiteur de ces sur les bactéries a été évalué *via* la mesure de la concentration en acides gras volatils totaux dans le milieu. En fonction de la diminution de la production observée, les HE se classent comme suit de la plus à la moins inhibitrice : origan > clou de girofle > écorce de cannellier > anis > arbre à thé > cade > aneth (Bayourthe et Ali-Haimoud-Lekhal, 2014).

3.3.2 Effets sur les archées méthanogènes

Les données sur les archées méthanogènes sont très limitées. Ohene-Adjei *et al.* (2008) ont observé que l'HE d'ail ingérée par des agneaux à la dose de 200 mg/kg de poids vif n'affectait pas significativement le nombre total d'archées méthanogènes, mais augmentait leur diversité et notamment l'occurrence de deux clusters : *Methanosphaera stadtmanae* et *Methanobrevibacter smithii*. L'augmentation de la diversité des méthanogènes pourrait être le reflet de la capacité de ces microorganismes à s'adapter aux composés terpéniques volatils (Bayourthe et Ali-Haimoud-Lekhal, 2014).

3.3.3 Effets sur les protozoaires du rumen

Les effets des huiles essentielles sur la population de protozoaires varient. Certaines études ont mis en évidence un effet stimulant des huiles essentielles sur les protozoaires (Patra et Saxena, 2009). Par la suite, des études conduites *in vivo* ont montré qu'il n'y a pas d'effet marqué de mélanges terpéniques (Cardozo *et al.*, 2005; Benchaar *et al.*, 2006; Benchaar *et al.*, 2007) sur le nombre ou sur l'activité bactériolytique des protozoaires. Benchaar *et al.*, (2008) ont aussi montré que le cinnamaldehyde n'avait pas d'effet sur le nombre de *Dasytricha*, *Diplodinium*, *Entodinium* et *Polyplastron* ni sur le nombre total de protozoaires. Cardozo *et al.* (2006) ont tout de même observé qu'un mélange de cinnamaldéhyde et d'eugénol (2:1) augmentait le nombre de protozoaires holotriches sans influence sur les protozoaires entodiniomorphes alors que l'extrait d'anis diminue ces deux populations.

Ando *et al.* (2003) ont montré que la supplémentation de bouillons canulés avec 200 g/j de menthe poivrée séchée réduisait le nombre de protozoaires d'environ 50 %. (Hart *et al.*, (2008) ont testé 19 huiles essentielles issues d'épices culinaires courantes et trouvé que HE de romarin avait l'effet le plus notable sur les protozoaires. À une concentration de 100 mg/l, l'huile de romarin n'avait aucun effet sur la viabilité des protozoaires, mais une réduction de 50 et 90 % de leur population a été observée à des concentrations relativement élevées de 1 000 et 10 000 mg/l, respectivement. Bien que le mécanisme d'action soit mal compris, il peut être lié à la nature lipophile de composés tels que l'anéthole, qui facilite la pénétration de l'HE à travers la membrane du protozoaire (Cardozo *et al.*, 2006).

3.4 Effets des composés terpéniques sur le lait et les produits laitiers

3.4.1 Effet sur la production laitière

Les composés terpéniques volatils ne semblent pas affecter le rendement et la production laitière. Benchaar *et al.* (2006; 2007) n'ont pas observé de variation de production ou de composition du lait lorsque les vaches laitières ont reçu 750 mg ou 2 g d'un mélange d'huiles essentielles par jour. De même, la supplémentation de vaches laitières avec 20 g/kg poids vif de menthe poivrée à n'a eu aucun effet sur le rendement et la composition de lait (Hosoda *et al.*, 2005). Yang *et al.* (2006) ont observé aussi que l'ajout d'huiles d'ail (*Allium sativa*, 5 g/jour) et de genièvre (*Juniperus communis*, 2 g/jour) à l'alimentation des vaches laitières n'avait aucun effet sur l'apport en MS, la production ou la composition de lait (Benchaar *et al.*, 2008).

3.4.2 Effet sur la qualité nutritionnelle

Ces dernières décennies, les terpènes ont suscité un intérêt tant pour leur impact potentiel que sur les propriétés nutritionnelles des produits laitiers (Carpino *et al.*, 2004; Coulon *et al.*, 2004; Hallier *et al.*, 2013; Vasta *et al.*, 2013; Bayourthe et Ali-Haimoud-Lekhal, 2014), ainsi que comme marqueurs potentiels du terroir dans le lait et les produits laitiers.

Les plantes riches en composés terpéniques volatils sont utilisées chez la vache laitière, aussi bien pour leur activité antimicrobienne qu'en tant qu'agent de régulation de la flore digestive. L'ingestion de ces plantes par les ruminants peut engendrer des conséquences directes et indirectes sur leurs produits, comme l'apparition de goût et d'odeur dans le lait ou le beurre, ou encore des défauts de caillage. Il semble donc que les composés terpéniques volatils du lait puissent influencer quantitativement et qualitativement le lait et les produits laitiers (Hallier *et al.*, 2013).

Certains composés terpéniques volatils ont des effets sur le métabolisme des protéines dans le rumen et sur la production des acides gras volatils, ainsi que sur la productivité et la composition du lait (Cardozo *et al.*, 2005; Benchaar *et al.*, 2008). Des études ont montré que les constituants des HE ont diminué significativement le taux de matière grasse et augmenté la matière protéique. Cette constatation suggérant que les constituants des HE ont affecté les populations microbiennes présentes dans le rumen de la vache (Busquet *et al.*, 2006; Cardozo *et al.*, 2005). De même, d'autres travaux ont montré que cette variation qualitative de lait a engendré des modifications de la qualité sensorielle des yaourts. Cette dernière a été favorablement accueillie par les dégustateurs, qui ont apprécié dans les yaourts expérimentaux leur allègement en matière grasse, ainsi que leur odeur et goût agréables (Fitouhi *et al.*, 2013).

3.5 Composés terpéniques volatils comme additifs dans les aliments des ruminants

Le développement du marché des extraits de plantes (terpènes, tanins condensés, saponines) dans le secteur de l'alimentation animale est en forte progression et pourrait atteindre 150 millions d'euros en 2023. Ce développement s'explique d'une part, par le fait que ces extraits constituent une alternative naturelle aux antibiotiques synthétiques et, d'autre part, en raison de leurs effets sur les performances de production, la qualité des produits, la santé et le bien-être des animaux (Vasta *et al.*, 2013; Bayourthe et Ali-Haimoud-Lekhal, 2014).

The Food and Drug Administration des États-Unis a reconnu plus de 150 plantes contenant des huiles essentielles et des extraits naturels (y compris les distillats) sans danger et sans limitation de consommation. L'origan, le romarin, la sauge et le thym figurent dans cette liste. La plupart de ces plantes aromatiques appartiennent à la famille des *Lamiaceae*, qui comprend environ 200 à 250 genres et entre 3 200 et 6 500 espèces (Costa *et al.*, 2015).

Volet 2.

*Enquête sur les plantes
aromatiques et médicinales
pâturées par les chèvres dans
les montagnes Aurès*

1. Méthodologie

1.1 Objectifs de l'enquête

Les principaux objectifs visés par l'enquête sont de :

- ✓ Recenser les plantes aromatiques et médicinales (PAM) pâturées par les chèvres dans la région semi-aride des montagnes Aurès ;
- ✓ Inventorier les effets supposés des PAM sur la qualité du lait de chèvres dans la culture traditionnelle ;
- ✓ Sélectionner les PAM les plus abondantes et les plus consommées par les chèvres pour les proposer comme compléments alimentaires aux ruminants élevés dans des régions pauvres en PAM.

1.2 Description de la région d'étude

L'enquête a été réalisée dans les montagnes Aurès (Batna, Algérie) (figure 5). Ces derniers sont localisés au nord-est de l'Algérie à quelques 250 km de la Méditerranée sur l'Atlas saharien. La chaîne des Aurès est orientée nord-est sud-ouest. Elle mesure 80 km de large du nord au sud et environ 150 km d'ouest en est. Elle comprend un ensemble de hauts massifs séparés par des vallées profondes. Elle est composée d'un certain nombre de compartiments distincts, juxtaposés, mais très différents. La zone d'étude se situe entre les latitudes 35°10' et 35°30' nord et les longitudes 6°20' et 7°10' est. Le sol des Aurès, généré à partir de matériaux de grès, est discontinu et peu profond, montrant une faible capacité de rétention d'eau. Le climat est méditerranéen semi-aride, avec deux saisons distinctes : froide et humide, sèche et chaude. Les précipitations annuelles totales moyennes sont faibles, allant de 400 à 500 mm. La période de sécheresse annuelle s'étend de la mi-mai à la mi-octobre à 1 040 m d'altitude. La température annuelle moyenne varie de 13 à 15 °C. Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 4 à 10 °C. Juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 23,5 à 25,5 °C.

Les montagnes Aurès ont été choisies en raison de sa richesse en plantes aromatiques et médicinales et de la dominance de l'élevage caprin par rapport aux autres ruminants. Selon la DSA (2015), le cheptel caprin à Batna a été évalué à près de 222 100 de têtes.

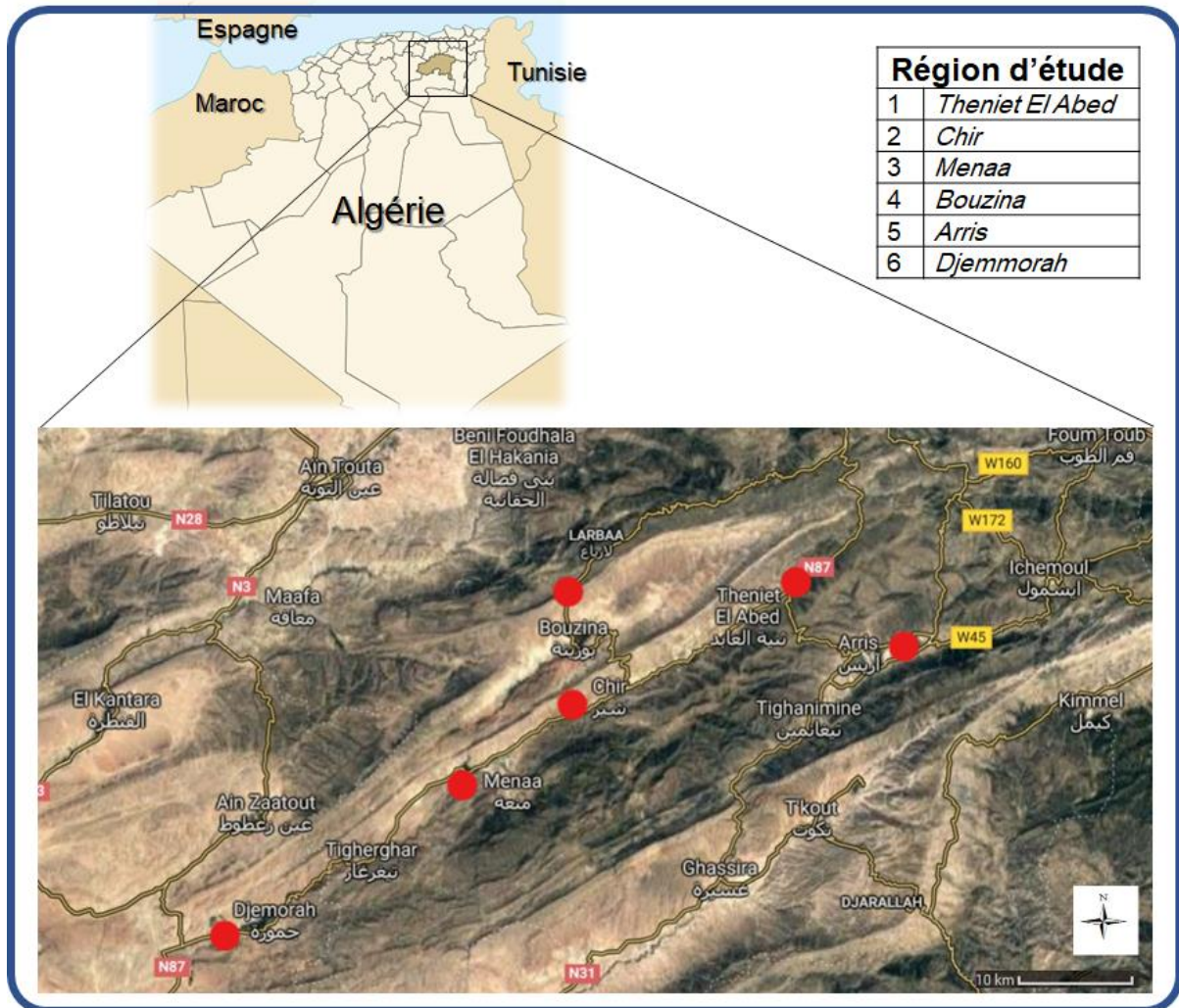


Figure 5. Localisation géographique de la région d'étude

1.3 Pré-enquête et élaboration du questionnaire

Une première version du questionnaire de l'enquête a été élaborée. En vue de tester sa fiabilité et de choisir la région exacte de l'étude, une pré-enquête a été réalisée auprès de huit éleveurs-clés âgés entre 40 et 70 ans dans trois wilayas différentes (Tébessa, Biskra et Batna). Les éleveurs-clés sont reconnus localement comme les mieux informés sur la région, l'élevage des chèvres et les PAM de la région. La pré-enquête nous a permis de :

- Nous familiariser avec le travail d'enquête ;
- Observer la réaction des éleveurs face à une telle sollicitation ;
- Evaluer la pertinence des questions et apporter des modifications au questionnaire ;
- Estimer le temps nécessaire pour répondre ;
- Evaluer la compréhension des questions ;
- Choisir la zone d'étude (les montagnes Aurès, wilaya de Batna).

Grâce à la pré-enquête, plusieurs questions ont été reformulées ; certains termes souvent mal compris ont été modifiés, des ajustements ont donc été apportés. Le questionnaire,

initialement rédigé en français, a été traduit en arabe pour faciliter la compréhension des questions. De plus, une liste des noms vernaculaires en arabe, en français et en *Tamazight* des PAM de la région a été réalisée.

Le questionnaire final, dont la majorité des items est basée sur du déclaratif, renferme des questions fermées et ouvertes qui nous renseignent sur le comportement alimentaire des chèvres (voir l'intégralité du questionnaire dans l'annexe 1). Il comprend quatre parties :

Partie 1. Identification et renseignements personnels des interviewés (sexe, âge, résidence, etc.) ;

Partie 2. Renseignements sur les PAM (plantes pâturées par les chèvres, partie de la plante consommée, etc.).

Partie 3. Renseignements sur les chèvres et leur élevage (races, etc.) ;

Partie 4. Informations traditionnelles sur la qualité du lait (critère de qualité, production, etc.).

Dans le questionnaire, une attention particulière a été portée au recensement des PAM, la fréquence de leur consommation par les chèvres et l'influence de ces plantes sur la qualité du lait. L'identification taxonomique des PAM et la détermination de leurs noms botaniques et de leurs noms en français et en anglais ont été effectuées en se référant à Baba-Aïssa, (2000) et Quezel et Sant (1962, 1963). Dans certains cas, quelques PAM ont été identifiées par le Dr. DIAB N., botaniste à l'Institut Technique de Développement d'Agricole Saharienne (ITDAS), Wilaya de Biskra, Algérie.

1.4 Déroulement de l'enquête

L'enquête a été réalisée auprès des éleveurs des Aurès (Batna). Elle s'est déroulée sur deux mois (Avril et Mai 2014). La durée de l'entretien était de 15 à 40 minutes, voire plus en fonction de la facilité de compréhension des questions et des informations données par les éleveurs. Nous avons visité des éleveurs enquêtés à leur domicile, dans des lieux publics (cafés, squares, etc.) et sur les lieux de pâturage. Selon le souhait de la personne enquêtée, les questions ont été posées en français ou en arabe, et parfois en langue locale (*tamazight*) avec l'aide d'un interprète. Selon la nature des données à collecter, certaines informations ont été recueillies par simple observation (nombre d'animaux, races de chèvres, etc.); d'autres ont été directement fournies par l'éleveur. Nous avons été confrontés à certaines difficultés durant la réalisation de cette enquête. A titre d'exemple, l'existence de deux groupes ethniques, *Tamazight* et arabe, a exigé qu'un volontaire interprète dans le cas des personnes interrogées qui ne parlent que le *Tamazight*. Une autre difficulté qui a influencé sur le déroulement de l'enquête, la géographie

et la culture de la région. Vu la nature rurale de la région et l'absence totale des hôtels ou des lieux d'hébergement, le déroulement de l'enquête et le déplacement a été très difficile.

1.5 Traitement des données collectées

Les données enregistrées sur les fiches d'enquêtes ont été traitées et saisies sur le logiciel Excel 2016. L'analyse des données a fait appel aux méthodes simples des statistiques descriptives. Ainsi, les variables quantitatives sont décrites en utilisant la moyenne. Les variables qualitatives sont décrites en utilisant les effectifs et les pourcentages.

L'analyse statistique des résultats de l'enquête a été réalisée à l'aide d'une analyse factorielle de la correspondance (AFC) à l'aide du logiciel R version 3.6.1 (2019), fonctionnant sous Windows pour montrer les variations spatiales entre les différents paramètres de l'enquête.

Pour les PAM consommées par les chèvres, la fréquence de citation (FC) a été déterminée par la formule suivante: $FC (\%) = (\text{Nombre de citations} / \text{Nombre total de toutes les plantes citées}) \times 100$. La valeur de FC obtenue est directement corrélée à l'abondance de l'utilisation de l'espèce par les chèvres (Eddouks *et al.*, 2017).

2 Résultats

2.1 Profils des éleveurs interrogés

Au total, 70 éleveurs de six régions ont accepté de participer à cette enquête. Le profil des éleveurs est présenté dans le tableau 2. L'âge des personnes enquêtées varie entre 20 et 75 ans. La majorité des informants (40 %) sont âgés de plus de 60 ans. L'entretien a montré que les personnes âgées possèdent une meilleure connaissance de l'élevage des chèvres (PAM consommées par les chèvres, qualité du lait de chèvres, etc.) et des plantes indigènes (connaissances sur les PAM qui poussent dans la région, informations sur les PAM, etc.) que les autres groupes d'âge. La majorité des participants interrogés sont des hommes (73 %). En ce qui concerne le niveau d'instruction, plus du tiers des informants avaient un niveau primaire (42 %), 23 % avaient un niveau universitaire, 21 % étaient analphabètes et seulement 8 et 6 % avaient un niveau collège et lycée, respectivement.

Tableau 2. Données sociodémographiques des personnes enquêtées

Variables	Classes	Pourcentage (%)
Âge	[20-30]	14
	[31-40]	10
	[41-50]	12
	[51-60]	24
	>60	40
Genre	Homme	73
	Femme	27
Région	<i>Theniet El Abed</i>	17
	<i>Chir</i>	18
	<i>Menaa</i>	19
	<i>Bouzina</i>	23
	<i>Arris</i>	3
	<i>Djemorah</i>	20
Niveau d'instruction	Aucun niveau	21
	Primaire	42
	Collège	8
	Lycée	6
	Universitaire	23

2.2 Plantes aromatiques et médicinales et leur effet sur le lait de chèvres

2.2.1 Plantes aromatiques et médicinales citées par les éleveurs

Les données collectées ont permis d'identifier vingt-neuf (29) espèces de PAM (annexe 2) appartenant à dix-huit familles botaniques. Les plus représentées sont les *Lamiaceae* (24 %) et les *Asteraceae* (14 %), suivies des *Apiaceae* (7 %) et des *Liliaceae* (7 %) (figure 6). Comme l'indique le tableau 3, les PAM les plus consommées par les chèvres (ayant la fréquence de citation (FC) la plus élevée) sont : *Thymus algeriensis* > *Artemisia herba alba* Asso > *Rosmarinus officinalis* L. > *Juniperus phoenica* L. > *Artemisia campestris* L > *Marrubium vulgare* L.

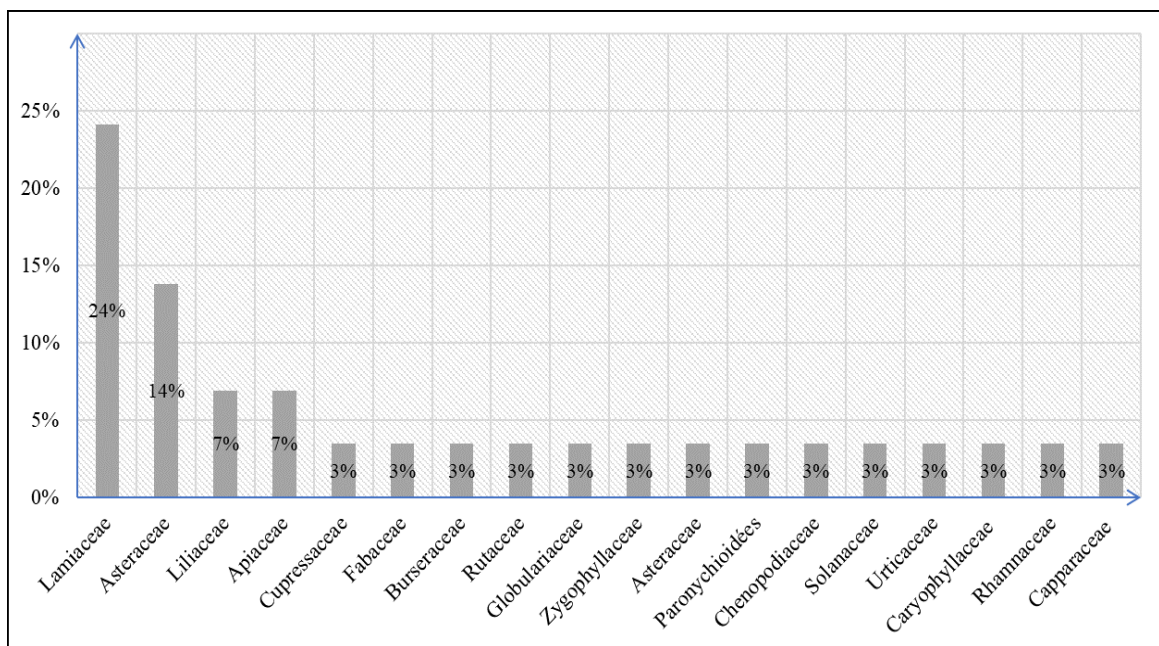


Figure 6. Répartition des PAM pâturées par les chèvres selon leurs familles botaniques

Tableau 3. Principales PAM pâturées par les chèvres dans la région d'étude et leurs fréquences de citation (FC en %)

Nom scientifique	Famille	Nom en anglais	Nom en français	Nom local (Tamazight et Arabe)	Fréquence de citation (FC) en %
<i>Thymus algeriensis</i>	<i>Lamiaceae</i>	Thyme	Thym	<i>jertil, mezzouchen, z'aitra, elhamria, eljemzsocha, azenki, jochen</i>	96
<i>Artemisia herba alba</i> <i>Asso</i>	<i>Asteraceae</i>	White wormwood	Armoise blanche	<i>elchih, elchiha, izry, afri, azer</i>	92
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	Rosmary	Romarin	<i>iklil eldjebel, klik, azri, touzala, raouzair, iyazir</i>	83
<i>Juniperus phoenica</i> L.	<i>Cupressaceae</i>	Phoenician juniper	Genévrier de phoenicie	<i>elaraar, zinba, ifezi, ramba</i>	80
<i>Artemisia campestris</i> L.	<i>Asteraceae</i>	Wormwood	Armoise rouge, Aurône	<i>tegouft, dkoufeth, elkaissoum, tagoufed, tirjlit, allala</i>	80
<i>Marrubium vulgare</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	Common white horehound	Marrube Commun	<i>frassyoun, elmerrouyth, temerrouyth, timeresttabakennit, ifezi, aferkizoud</i>	70
<i>Astragalus armatus</i> <i>Willd</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Retam</i>	Retam	<i>elretam, aouajmith</i>	70
<i>Commiphora myrrha</i>	<i>Burseraceae</i>	Myrrhe	Balsamier, arbre à myrrhe	<i>elmoura, mirezaketh</i>	60
<i>Teucrium polium</i>	<i>Lamiaceae</i>	Cat tyme, Hulwort	Germandrée tomenteuse	<i>jaida, imezrith, timezourin, jaada</i>	50
<i>Ruta montana</i>	<i>Rutaceae</i>	Commun rue	Rue de montagne	<i>elfijel, fijel eljabel, ourmi, issen, elfijen</i>	29

2.2.2 Abondance des plantes aromatiques et médicinales dans la région d'étude

L'enquête réalisée a permis d'identifier les PAM les plus abondantes dans les Aurès selon les dires des éleveurs. Parmi ces plantes figurent *Artemisia herba alba* Asso (91 %), *Thymus algeriensis* (79 %), suivies de *Marrubium vulgare* L. (57 %) et *Juniperus phoenica* L. (55 %) (figure 7).

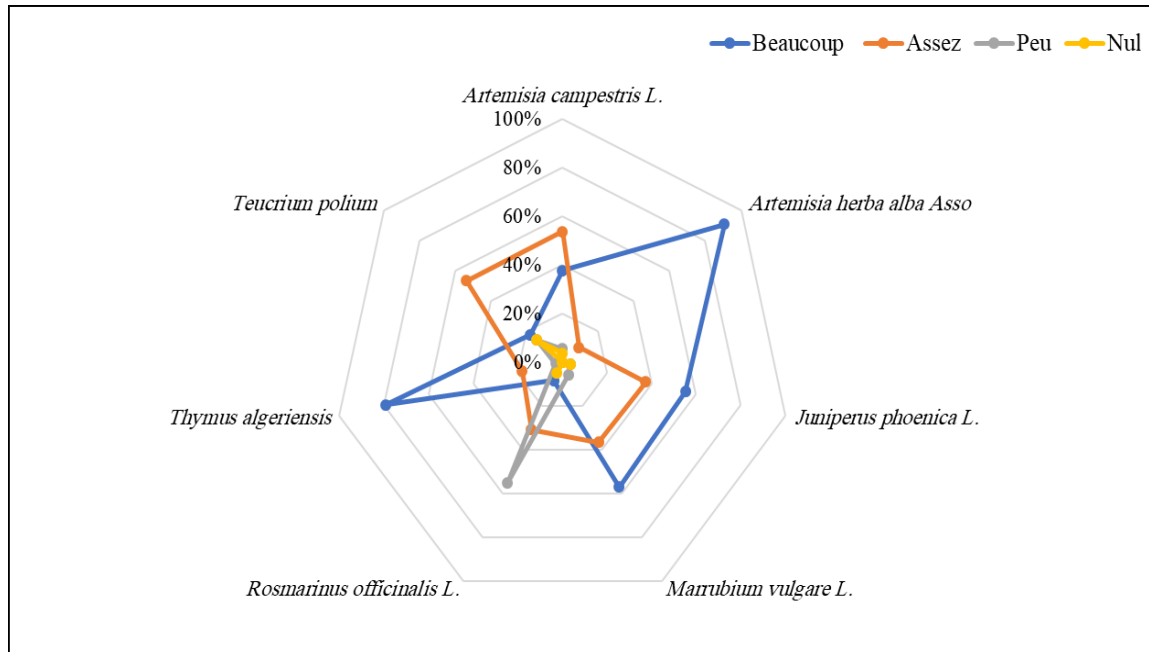


Figure 7. Abondance relative des principales PAM selon les éleveurs

2.2.3 Fréquence de consommation des plantes aromatiques et médicinales par les chèvres

Selon les éleveurs interrogés, les chèvres sont sélectives de certaines PAM parmi les espèces disponibles. Les PAM les plus appréciées par les chèvres sont : *Thymus algeriensis* (75 %), *Teucrium polium* (64 %) et *Artemisia herba alba* Asso (55 %). D'autres plantes sont consommées rarement, telles que *Artemisia campestris* (11 %), *Juniperus phoenica* L. (9 %), *Rosmarinus officinalis* L. (7 %) et *Marrubium vulgare* L. (6 %) (figure 8).

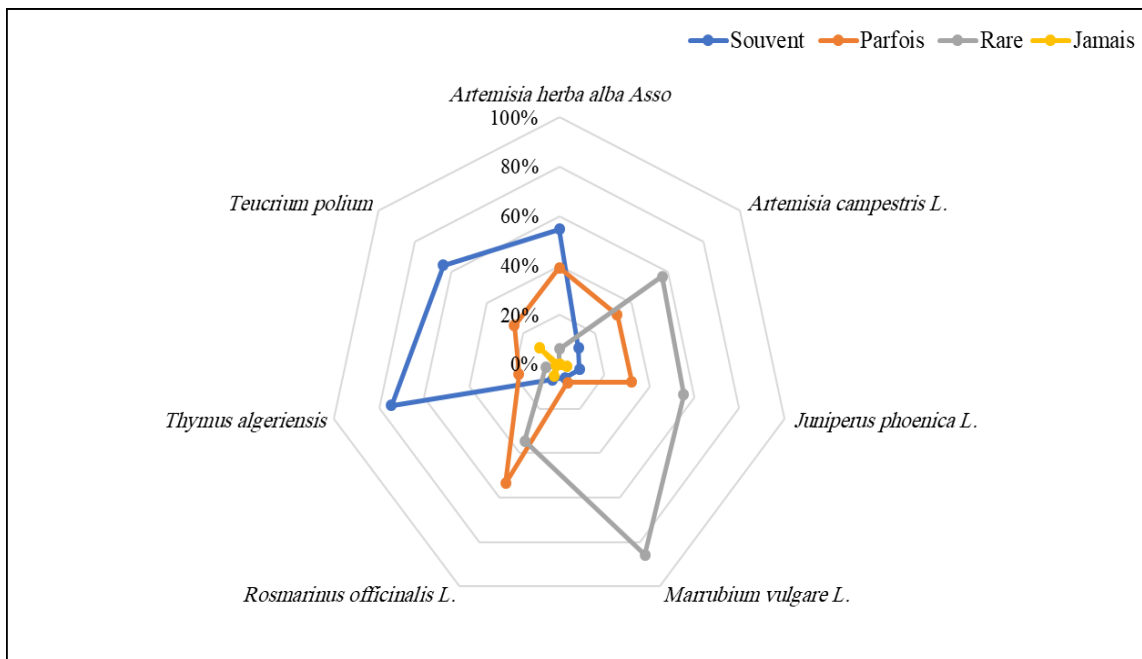


Figure 8. Fréquence de consommation des plantes aromatiques et médicinales par les chèvres selon les éleveurs

2.2.4 Parties des plantes aromatiques et médicinales consommées par les chèvres

Les feuilles et les fleurs (100 % et 89 % respectivement) sont les parties les plus consommées par les chèvres, suivies des tiges (65 %) et des graines (26 %) (figure 9).

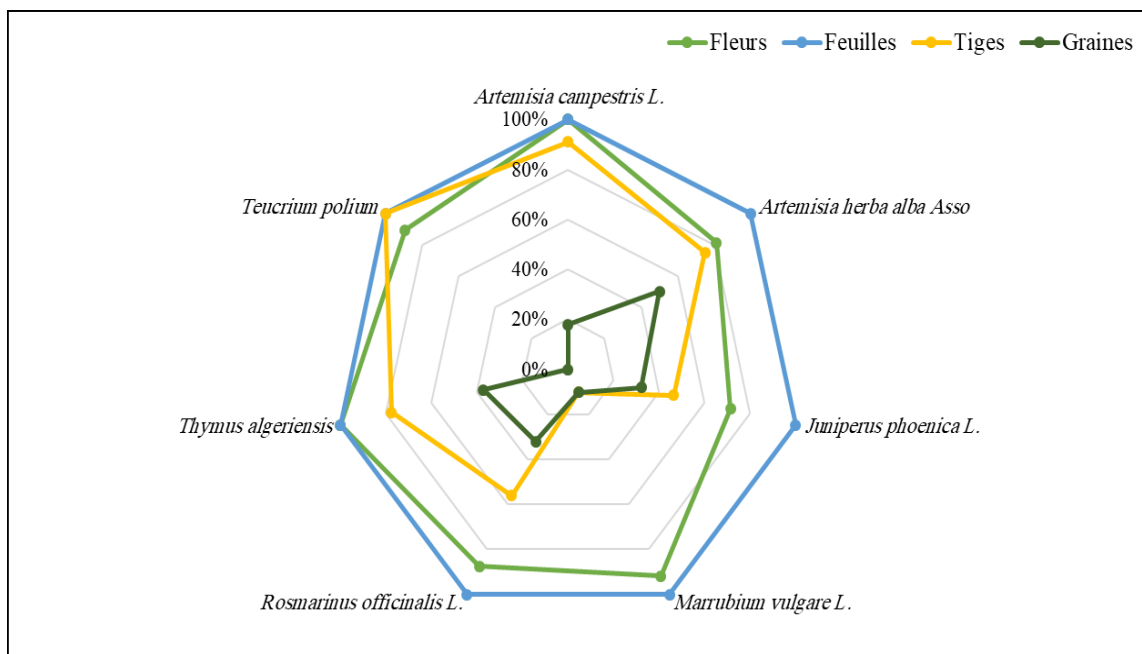


Figure 9. Répartition des PAM selon les organes consommés par les chèvres

2.2.5 Effet des plantes aromatiques et médicinales pâturées sur le lait de chèvres

Selon les résultats de l'enquête, les plantes aromatiques et médicinales ont un effet remarquable sur la qualité du lait de chèvres (figure 10). *Artemisia herba alba* Asso (98 %), *Thymus algeriensis* (96 %), *Juniperus phoenica* L. (93 %) et *Rosmarinus officinalis* L. (90 %) sont les plantes les plus citées pour influencer la qualité du lait de chèvres, suivies de *Marrubium vulgare* L. (82 %).

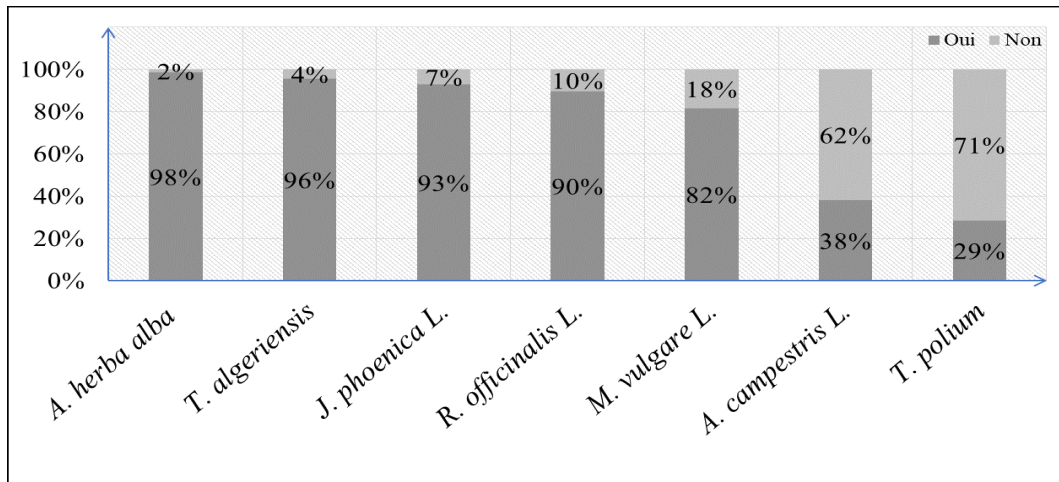


Figure 10. Répartition des sujets interviewés selon leurs avis concernant l'effet des plantes aromatiques et médicinales sur la qualité de lait de chèvres

Selon les éleveurs interrogés, *Artemisia herba alba* Asso (97 %), *Thymus algeriensis* (89 %), *Rosmarinus officinalis* L. (87 %) confèrent au lait de chèvres une saveur et une odeur agréables, tandis que *Marrubium vulgare* L. (85 %) et *Juniperus phoenica* L. (79 %) lui confèrent un goût et/ou une odeur désagréables (figure 11).

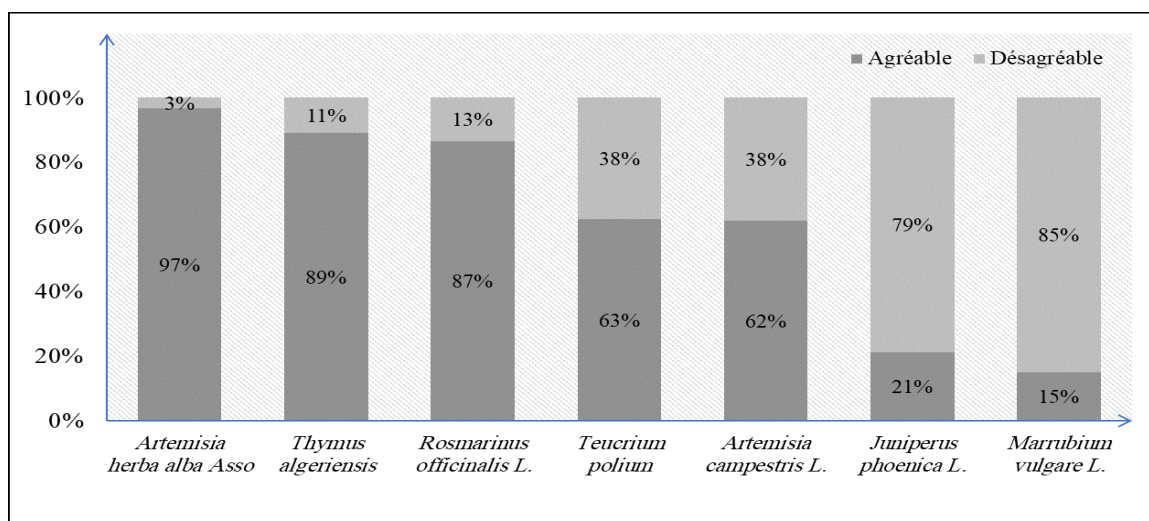


Figure 11. Répartition des sujets interrogés selon leurs avis concernant l'effet des plantes aromatiques et médicinales sur l'odeur et la saveur du lait de chèvres

2.3 Elevage de chèvres dans les Aurès

2.3.1 Informations sur l'élevage des chèvres

Selon les résultats de l'enquête, la majorité des personnes enquêtées (91 %) déclarent élever exclusivement des chèvres. La majorité élèvent entre 10 et 20 chèvres dans la région d'étude (figure 12).

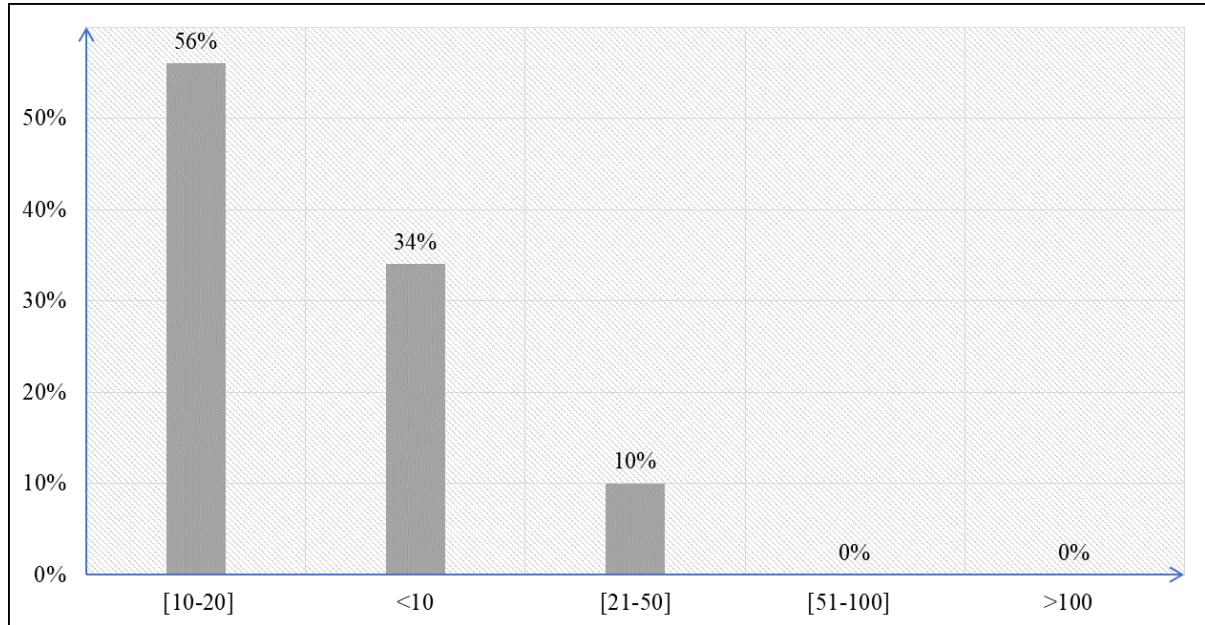


Figure 12. Nombre de chèvres élevées par les personnes interrogées

2.3.2 Informations sur les races élevées et leurs caractéristiques

a. Races élevées

D'après les résultats de l'enquête, la plupart des éleveurs de la région d'étude élèvent plus d'une race. La majorité (97 %) reconnaissent les différentes races et leurs principales caractéristiques. Les deux races les plus représentées sont : *Echernon* (76 %) et *Elarbya* (69 %) (figure 13).

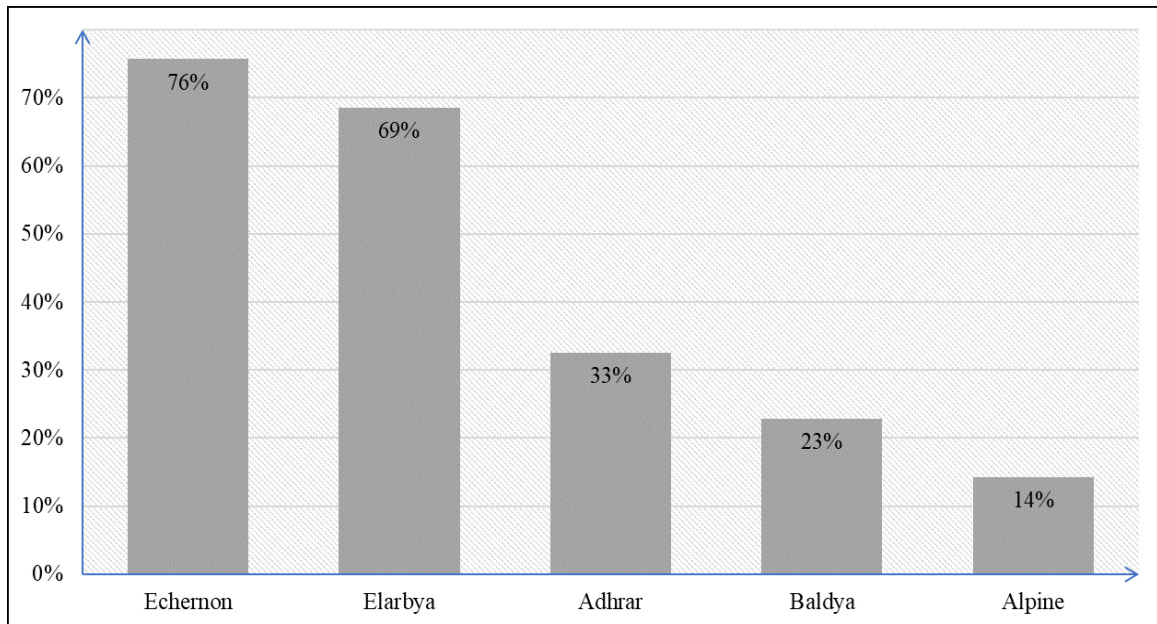


Figure 13. Différentes races élevées dans la région d'étude

b. Caractéristiques des races

Les raisons évoquées par les éleveurs pour le choix de la race *Echernon* sont la qualité du lait (83 %), la facilité d'adaptation au climat (83 %) et la facilité d'adaptation aux modifications de l'alimentation (85 %), (figures 14 et 15). Quant à la deuxième race, *Elarbya*, les deux réponses les plus courantes sont : la production de lait (57 %) et la qualité du lait (79 %). D'autres races subsistent mais fortement minoritaires, comme par exemple les races *Alpine* et *Baldya*.

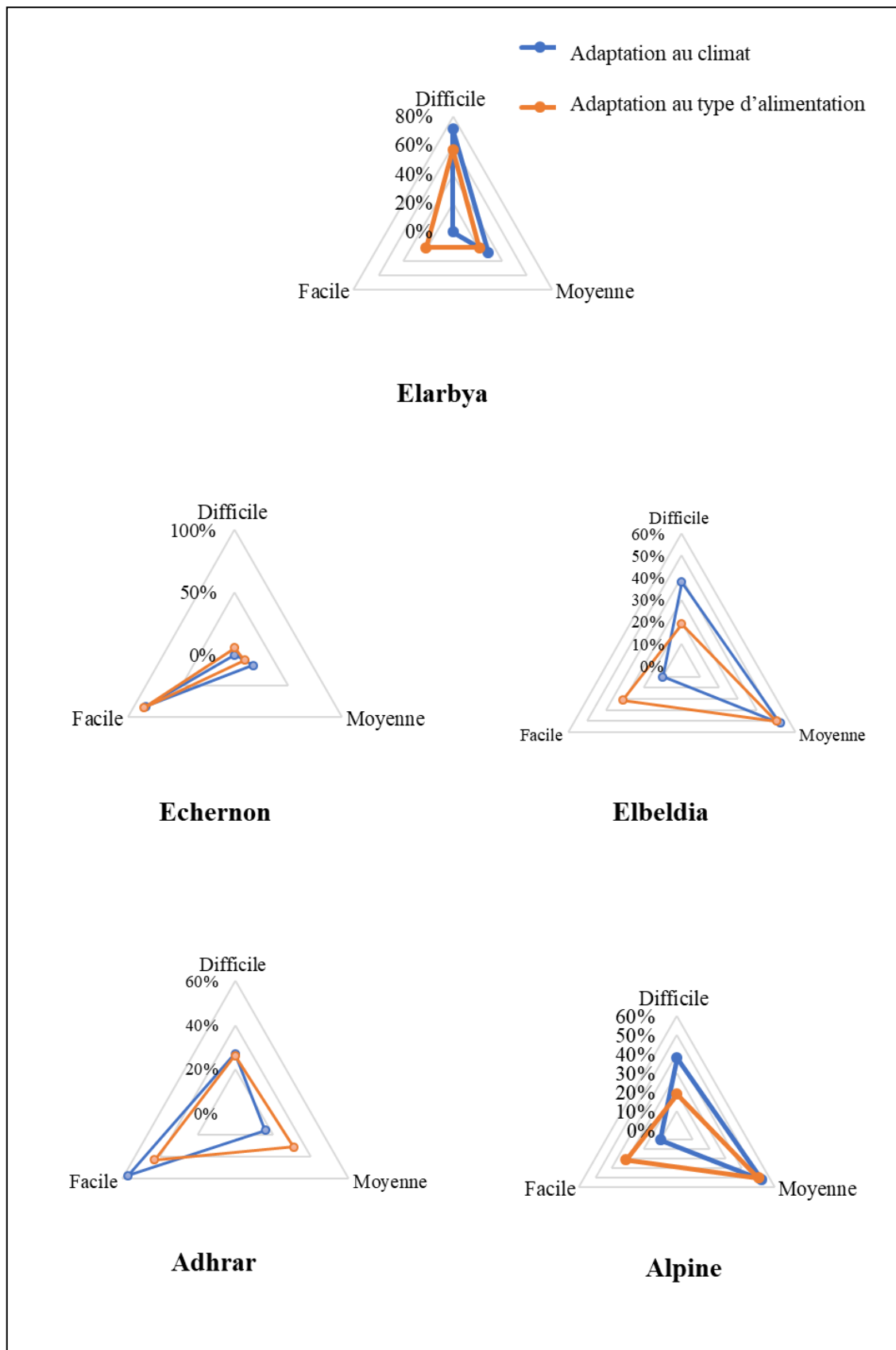


Figure 14. Caractéristiques des différentes races élevées dans la région d'étude selon l'adaptation au climat et type d'alimentation

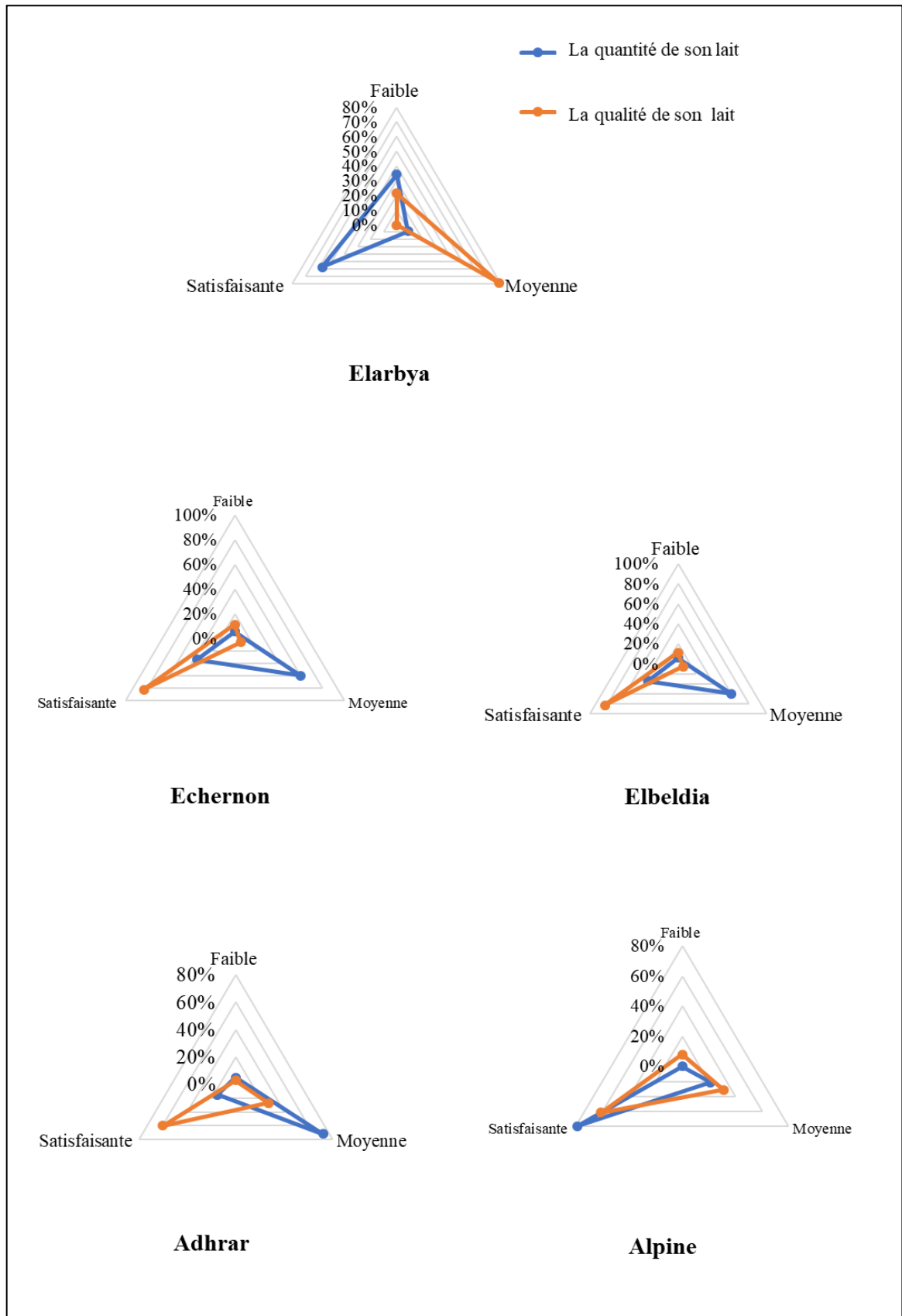


Figure 15. Caractéristiques des différentes races élevées dans la région d'étude selon la qualité et la quantité de lait produit

2.4 Renseignements sur le lait de chèvres

L'objectif de cette partie est de présenter les principales informations recueillies sur les connaissances traditionnelles concernant la qualité du lait de chèvre de la région étudiée, sa consommation et sa transformation, les caractéristiques du lait de chèvres pâturant les PAM et les propriétés qui lui sont attribuées.

2.4.1 Connaissance de la qualité de lait et de son origine

Tous les éleveurs interrogés ont une opinion précise sur ce qu'est un lait de chèvres de bonne qualité. De plus, la majorité des personnes enquêtées (89 %) connaissent l'origine du lait (vaches, chèvres, etc.).

Concernant les principales caractéristiques de lait de chèvre de bonne ou de mauvaise qualité, la majorité des personnes interrogées ont déclaré que l'odeur, la couleur et le goût (30%) sont les trois critères essentiels combinés (figure 16).

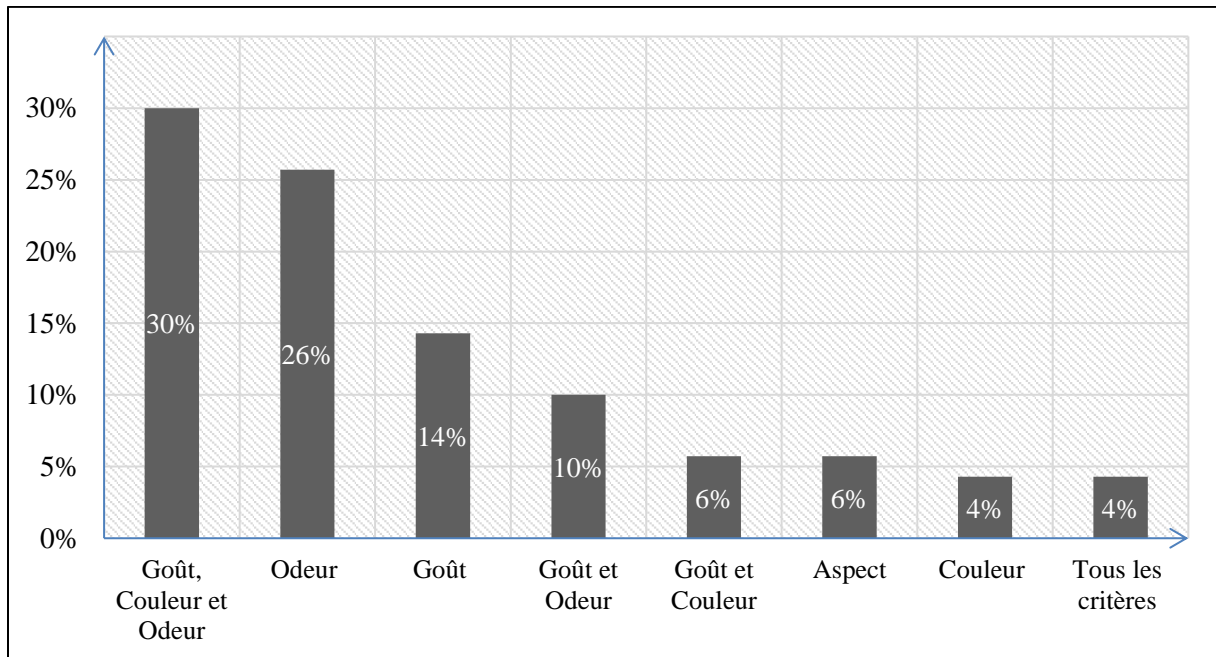


Figure 16. Critères de qualité de lait de chèvres cités par les éleveurs

La majorité des personnes interrogées (30 %) ont déclaré que la couleur, la coagulation, le goût et l'odeur sont les quatre critères essentiels qui distinguent le lait de chèvres du lait des autres ruminants (figure 17).

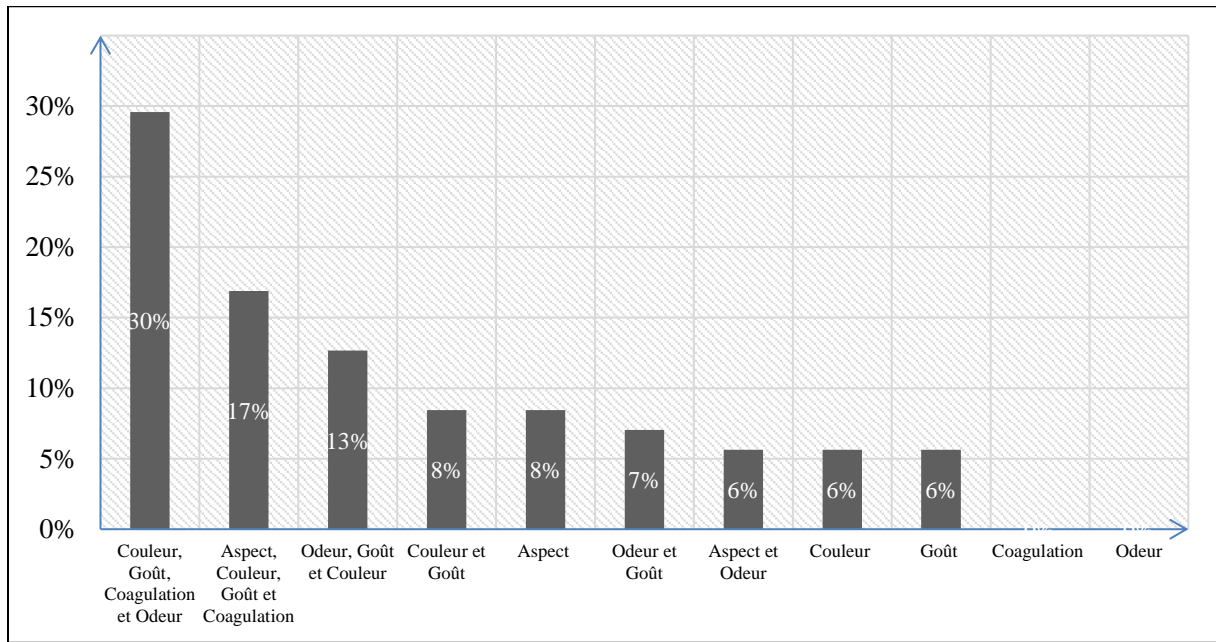


Figure 17. Principales caractéristiques distinctives du lait de chèvres

2.4.2 Facteurs influençant la production de lait de chèvres

Selon les résultats de l'enquête, le rendement et la qualité du lait de chèvres dépendent de nombreux facteurs. Parmi eux, trois sont prépondérants : la nature de l'aliment consommé, la saison et l'état de santé des chèvres. Ils ont été cités par 100 % des éleveurs. L'âge, le système d'alimentation et la région ont également un rôle important qui influence le rendement et la qualité (figure 18).

Les autres facteurs cités pour influencer le rendement sont : l'âge (73 %), le système d'alimentation (73 %) et la région (76 %). Parmi les autres facteurs influençant la qualité de lait de chèvres, figurent l'âge (89 %), le système d'alimentation (87 %) et la région (64 %).

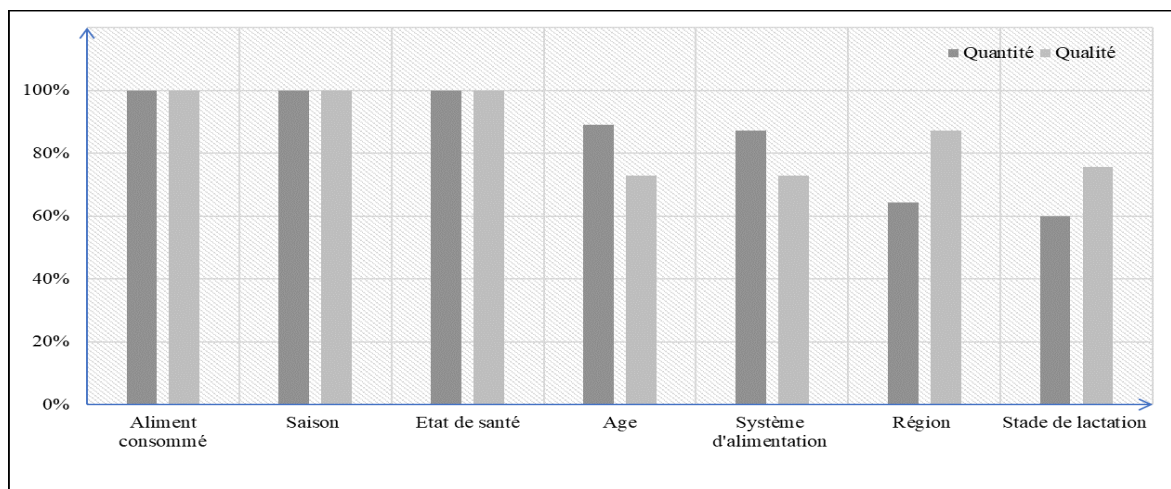


Figure 18. Facteurs influençant la qualité et le rendement du lait de chèvres

2.4.3 Consommation et transformation de lait de chèvres

Les habitants des Aurès ont déclaré plusieurs formes de consommation de lait de chèvres. Les éleveurs ont déclaré que le lait bouilli et le lait fermenté *l'ben* sont les formes les plus consommées (97 et 87 %, respectivement) (figure 19).

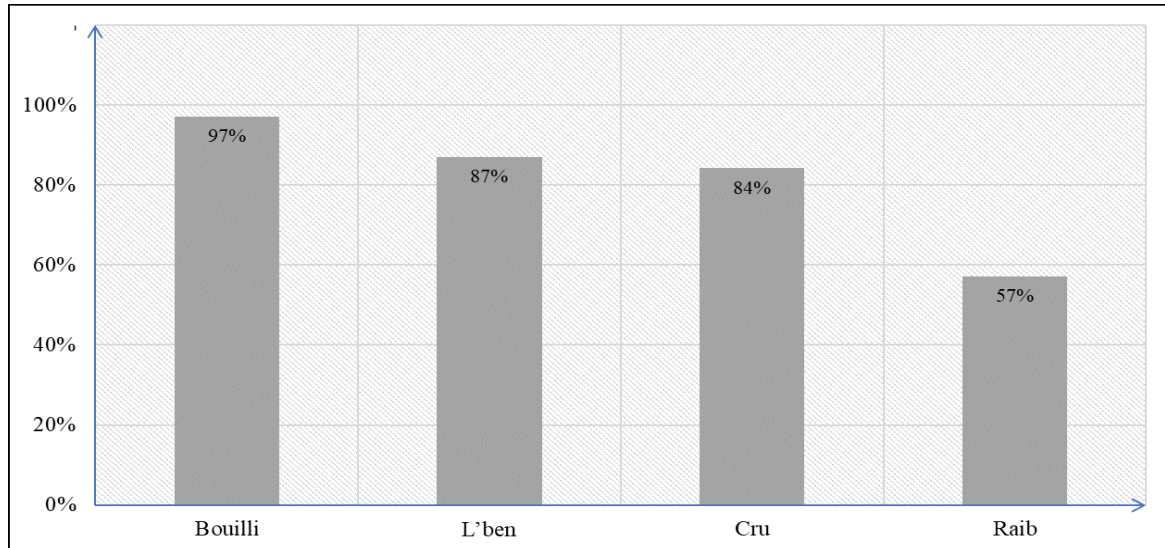


Figure 19. Différentes formes de consommation de lait de chèvres dans la région d'étude

Les éleveurs produisent plusieurs dérivés du lait de chèvres, principalement des dérivés riches en matières grasses comme le beurre (100 %) et le *d'han* (89 %), ainsi que des fromages frais comme le *k'lila* (57 %) et le *dj'ben* (33 %) (figure 20).

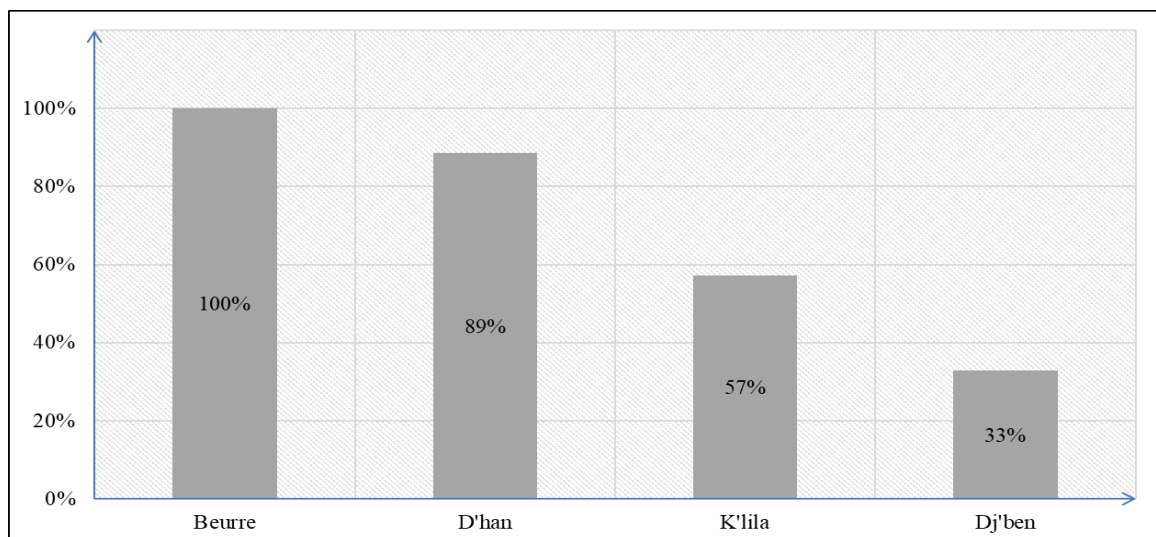


Figure 20. Différents dérivés de lait de chèvres produits dans la région d'étude

2.4.4 Lait de chèvres pâturant les plantes aromatiques et médicinales

Tous les éleveurs ont déclaré qu'il existait une grande différence entre le lait de chèvres consommant des PAM et celui de chèvres élevées de manière intensive. En outre, tous (100 %) préfèrent le lait de chèvres des Aurès pâturant les PAM.

Les raisons les plus évoquées sont la qualité nutritionnelle (100 %), le fait que le lait de chèvre pâturant des PAM a des effets bénéfiques semblables à celles de ces plantes (83 %), le fait que le lait de chèvre pâturant des PAM a la même saveur de ces plantes (73 %) et le fait que le lait de chèvre pâturant des PAM a des effets bénéfiques sur la santé humaine transmis ou conférés par ces plantes (73 %) (figure 21).

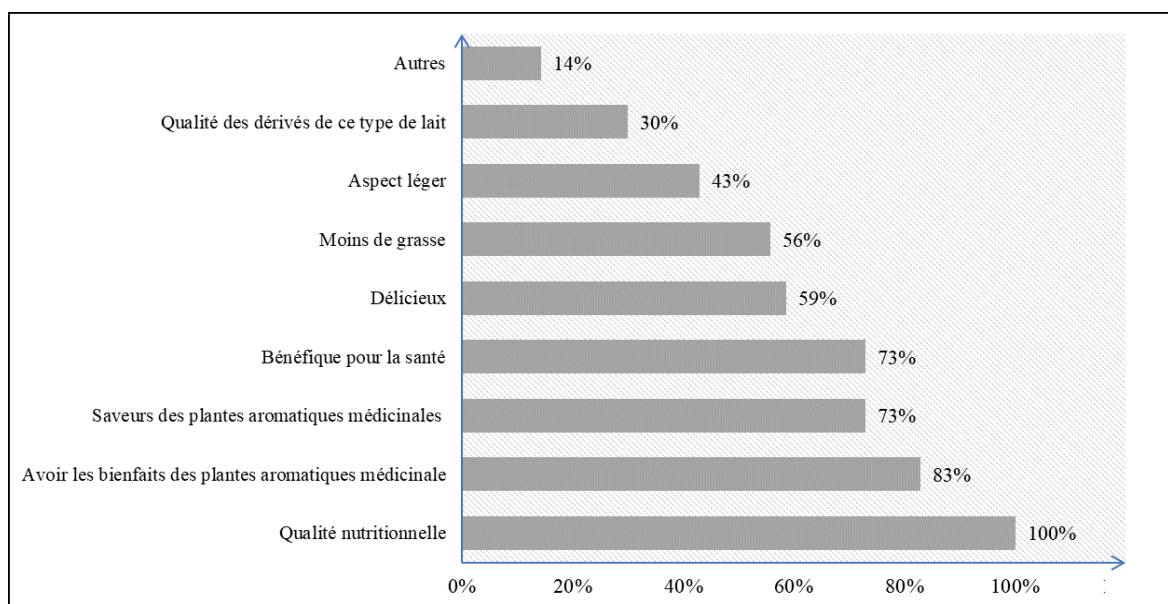


Figure 21. Raisons évoquées par les personnes enquêtées pour la préférence du lait de chèvres pâturant des PAM

2.4.5 Attributs de lait de chèvres pâturant des plantes aromatiques et médicinales

Plus de 87 % des personnes interrogées déclarent que le lait de chèvres élevées dans les Aurès sur des parcours riches en PAM serait bénéfique pour la santé et pourrait guérir de certaines maladies.

La majorité des éleveurs ont aussi déclaré que le lait de chèvres conférait une meilleure immunité aux enfants (96 %). Il aurait également une action contre l'asthme et certains troubles intestinaux (76 % et 74 %, respectivement) (figure 22).

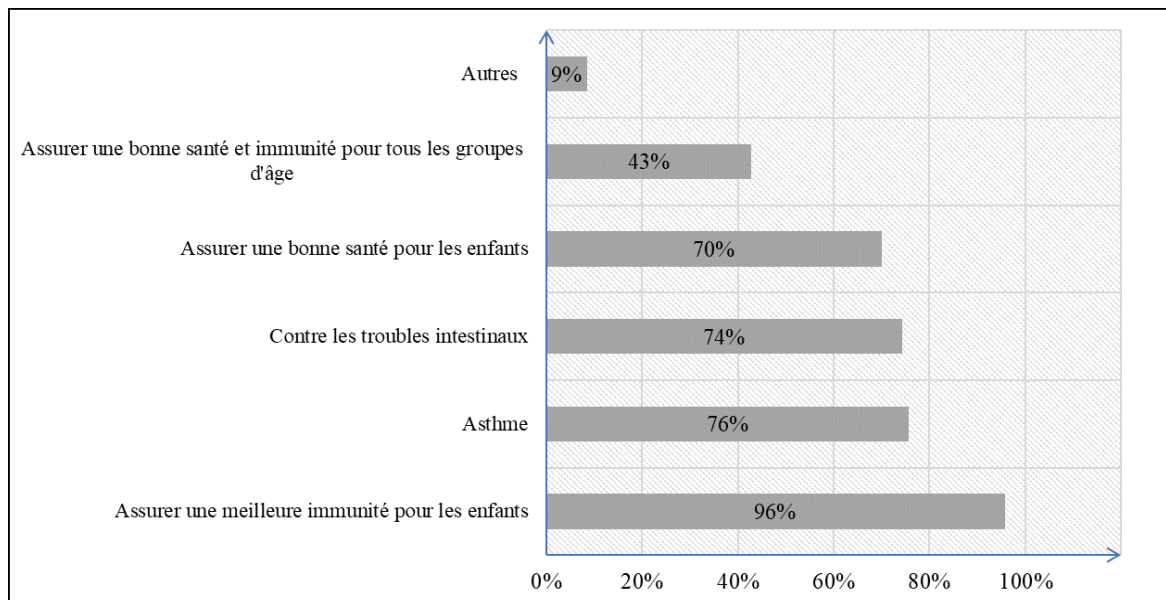


Figure 22. Attributs de lait de chèvres pâturant les PAM évoquées par les personnes enquêtées

3. Discussion

3.1 Profils des éleveurs interrogés

La composition du panel constitue un élément crucial dans toutes les enquêtes et une bonne compréhension des personnes garantit la fiabilité de l'étude. De ce fait, la collecte d'informations sociodémographiques (âge, sexe, niveau d'étude, profession...) sur les participants joue un rôle important dans l'analyse et l'interprétation des réponses obtenues. Nous avons essayé d'intégrer toutes les tranches d'âges dans notre panel mais, il s'est avéré que plus de 40 % des personnes interrogées appartiennent au groupe des > 60 ans. En fait, dans la région étudiée, l'entretien a montré que les personnes âgées connaissent l'élevage de chèvres et les plantes endémiques mieux que les autres groupes d'âge. Les personnes âgées jouent un rôle particulier dans les enquêtes, car elles possèdent une grande expérience accumulée au fil du temps. Néanmoins, cette constatation n'exclut pas les autres groupes d'âge qui peuvent posséder des connaissances précieuses sur les plantes aromatiques et médicinales.

La majorité des participants interrogés sont des hommes (73 %). Selon Eddouks *et al.* (2017), plusieurs causes peuvent expliquer ce fait, mais la cause la plus probable est liée aux traditions culturelles de la région qui ne permettent pas aux femmes de travailler hors de leur famille. En ce qui concerne le niveau d'instruction, plus de la moitié des personnes enquêtées sont analphabètes ou ont un niveau primaire. On pourrait supposer que le niveau d'instruction reflète le niveau culturel et que par conséquent les personnes ayant un niveau d'étude élevé possèdent plus d'informations. Or, durant l'enquête, nous avons constaté que certaines personnes analphabètes ou ayant un niveau primaire possédaient des informations très pertinentes, en l'occurrence les sujets qui ont été choisis comme informants clés. En outre, plusieurs études antérieures ont montré que des personnes ayant un bas niveau d'instruction pouvaient détenir des connaissances approfondies dans le domaine des plantes aromatiques et médicinales et leurs utilisations traditionnelles (Fajardo-Rodríguez *et al.*, 2008; Eddouks *et al.*, 2017).

3.2 Plantes aromatiques et médicinales et leur effet sur le lait de chèvres

Les renseignements traditionnels peuvent être à l'origine de découvertes scientifiques précieuses. Plusieurs études ont porté sur les connaissances des éleveurs concernant l'utilisation des plantes, mais peu d'entre elles se sont focalisées sur les connaissances locales concernant la sélection et la caractérisation des plantes fourragères endémiques (Nunes *et al.*, 2016). De même, peu d'études ont été publiées sur les plantes aromatiques et médicinales destinées à l'alimentation des ruminants. Des recherches menées dans des pays en développement, tels que

le Népal, le Mexique et l'Inde, ainsi que dans des pays d'Afrique, ont montré que les préférences locales pour certaines plantes fourragères pouvaient être associées à la qualité et à la disponibilité des plantes. Les chercheurs ont aussi constaté que les populations locales sont capables de reconnaître, classer et caractériser les espèces constituant le régime alimentaire des ruminants (Chiofalo *et al.*, 2011; Boufennara *et al.*, 2012; Boutoial *et al.*, 2013; Liotta *et al.*, 2014; Cobellis *et al.*, 2015; Nunes *et al.*, 2016).

La présente enquête a permis d'identifier vingt-neuf espèces de PAM appartenant à dix-huit familles botaniques, les plus représentées étant les *Lamiaceae* et les *Asteraceae*, suivies des *Apiaceae* et des *Liliaceae*. De nombreuses *Lamiaceae* et *Asteraceae* sont utilisées en médecine traditionnelle depuis de nombreuses années (Sytar *et al.*, 2016). De plus, plusieurs enquêtes récentes menées dans différentes régions du Maroc (Eddouks *et al.*, 2017), de l'Algérie (Boudjelal *et al.*, 2013) et de la Turquie (Güzel *et al.*, 2015) ont montré que les *Lamiaceae* occupent un rang élevé dans la liste des familles botaniques utilisées à des fins médicinales. En outre, les genres *Lamiaceae*, *Asteraceae* et *Apiaceae*, regroupent la plupart des plantes aromatiques et médicinales, sources de terpénoïdes (Erdogan *et al.*, 2010), de flavonoïdes et d'autres composés phénoliques (Cai *et al.*, 2005; Sytar *et al.*, 2016; Skendi *et al.*, 2017).

Selon les résultats de l'enquête, les PAM les plus abondantes dans la région étudiée sont *Artemisia herba alba* Asso (armoïse blanche) et *Thymus algeriensis*. Selon Nedjraoui (2003), l'armoïse blanche est une plante aromatique et médicinale couvrant 3 millions d'hectares des régions arides et semi-arides algériennes. La production primaire varie entre 500 et 4500 kg de MS/ha, avec une production annuelle totale de 1000 kg de MS/ha. La production annuelle consommée est de 500 kg de MS/ha, soit une productivité pastorale moyenne de 150 à 200 UF/ha. Les régions riches en armoïse blanche sont souvent considérées comme les meilleurs parcours utilisés tout au long de l'année, en particulier lors des mauvaises saisons, comme l'été et l'hiver, où elles constituent des réserves importantes de fourrages. L'armoïse blanche se caractérise par une bonne valeur fourragère et une composition en huiles essentielles aux propriétés antiseptiques, anthelminthiques et antispasmodiques (Baba-Aïssa, 2000; Houmani *et al.*, 2004; Vasta *et al.*, 2013; Aloui *et al.*, 2016).

D'après Al-Masri (2013) et Vasta *et al.* (2013), *Artemisia herba alba* peut supporter la sécheresse et une pression de pâturage modérée ; par conséquent, elle peut constituer une source alternative de nourriture dans les régions semi-arides. C'est donc une ressource fourragère importante. En dehors de son activité anthelminthique chez les ruminants, il existe peu d'informations sur les effets de cette plante sur la nutrition des ruminants ou sur la qualité de leurs produits.

L'étude du comportement alimentaire des chèvres au pâturage permet d'observer leurs stratégies face à des plantes aromatiques dotées de diverses propriétés. L'apprentissage permet aux animaux de moduler leurs choix et, par exemple, de se protéger des plantes toxiques. L'étude du comportement alimentaire des ruminants souligne également l'intérêt d'offrir aux animaux une certaine diversité alimentaire, qui leur permet de sélectionner un régime alimentaire équilibré en fonction de leurs besoins nutritionnels et de stimuler leurs ingestion. Cette diversité alimentaire pourrait également améliorer la qualité des produits d'origine animale (Ginane *et al.*, 2008). Selon les éleveurs enquêtés, les chèvres sont sélectives pour certaines PAM en fonction des espèces disponibles. Les PAM les plus appréciées par les chèvres sont : *Thymus algeriensis*, *Teucrium polium* et *Artemisia herba alba* Asso. En revanche, *Artemisia campestris*, *Juniperus phoenica* L., *Rosmarinus officinalis* L. et *Marrubium vulgare* L. sont peu consommées. Bien que *Rosmarinus officinalis* L. et *Juniperus phoenica* L. ressortent comme les plantes les plus abondantes dans la région, elles sont peu consommées (figure 23). Ce résultat est en accord avec celui d'Elias et Tischew (2016) qui n'ont pas trouvé de lien étroit entre l'abondance des espèces et leur degré de consommation par les chèvres. Les chèvres ont donc sélectionné certaines espèces. En outre, selon Manousidis *et al.* (2016), les chèvres évitent *Juniperus phoenica* L. lorsque d'autres espèces au goût agréable sont disponibles, alors qu'elles avaient tendance à augmenter leur consommation lorsqu'elles sont exposées à cette plante pendant une longue période. *Juniperus phoenicea* contient des terpènes qui réduisent l'appétit, inhibent les micro-organismes du rumen et réduisent la digestibilité *in vitro*. De plus, les métabolites secondaires de *Juniperus phoenicea* peuvent avoir des effets post-ingestion négatifs. L'amertume est le principal goût aversif qui influence la sélection alimentaire chez les ruminants. De nombreux sesquiterpènes, alcaloïdes, flavonoïdes et saponines sont amers tandis que les tanins ont un goût astringent qui contribue également à une faible palatabilité. Les herbivores peuvent aussi éviter les aliments à saveur forte (Rogosic *et al.*, 2007).

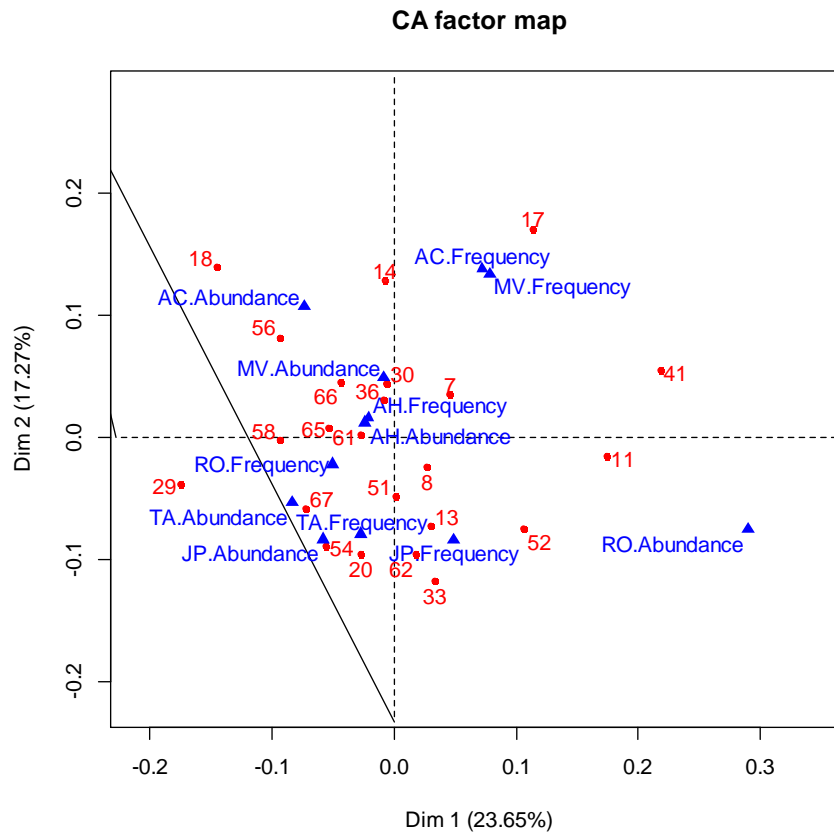


Figure 23. Carte de l'AFC de l'Abondance/Fréquence de consommation des PAM selon les éleveurs. Nombres, 1-67 = éleveurs; Abondance = Abondance des PAM dans les montagnes Aurès ; Fréquence = Fréquence de consommation des PAM par les chèvres; AC, AH, JP, MV, RO, TA, TP = PAM pâturées; ex. AC.Abundance = l'abondance de l'AC dans la région d'étude

La connaissance locale de l'utilisation des ressources fourragères est liée à la valeur nutritionnelle de l'espèce. Nunes *et al.* (2016) suggèrent que de telles connaissances pourraient être utilisées dans le développement rural conjointement avec des connaissances techniques et scientifiques. Il est bien documenté que les animaux au pâturage sélectionnent diverses espèces de plantes afin de couvrir leurs besoins nutritionnels. Le comportement alimentaire et la sélection du régime alimentaire chez les herbivores est assez complexe et n'est pas complètement compris. Il est affecté par de nombreux facteurs associés aux caractéristiques environnementales et aux parcours des animaux (Parissi *et al.*, 2016). Les chèvres ont une variété de mécanismes étroitement liés pour faire face à la consommation d'herbes et d'arbustes, allant du comportement au physiologique (évitement, régulation de l'absorption en dessous d'un seuil critique, échantillonnage prudent, commutation, consommation de divers régimes et protéines salivaires protectrices, voies de détoxification...) (Estell, 2010).

Les feuilles et les fleurs sont les parties les plus consommées par les chèvres. Il est bien connu que la concentration des molécules bioactives varie en fonction des organes de la plante. Selon Ginane *et al.* (2008), les plantes à fleurs consommées par les ruminants ont des conséquences sur la qualité nutritionnelle et sensorielle de leurs produits (lait et viande), en raison de leurs concentrations en micronutriments (vitamines, composés phénoliques, etc.) et en composés aromatiques (terpènes, etc.).

Selon les résultats de l'enquête, les PAM ont une grande influence sur la saveur et l'odeur de lait de chèvres dans les régions semi-arides. *Artemisia herba alba* Asso, *Thymus algeriensis*, *Rosmarinus officinalis* L. et *Juniperus phoenica* L. étaient les plantes les plus citées pour influencer la qualité du lait de chèvres. *Artemisia herba alba* Asso, *Thymus algeriensis* et *Rosmarinus officinalis* L. confèrent au lait de chèvres une saveur et une odeur agréables, tandis que *Marrubium vulgare* L. et *Juniperus phoenica* L. lui confèrent un goût et/ou une odeur désagréable.

Les métabolismes primaires (protéines, lipides, ...) des plantes ont un rôle primordial sur la qualité du lait et des produits laitiers. Cependant, les métabolites secondaires, notamment les composés phénoliques et terpéniques des PAM pourraient également jouer un rôle. Ces dernières décennies, plusieurs travaux ont confirmé le passage des composés phénoliques (Besle *et al.*, 2010; O'Connell et Fox, 2001; Graulet *et al.*, 2012) et des composés terpéniques (Tornambé *et al.*, 2006; Hallier *et al.*, 2013; Lejonklev *et al.*, 2013) des aliments aux produits (lait et viande) des ruminants (volet 1). Boutoial *et al.* (2016), ont observé que la supplémentation de chèvres avec du romarin et du thym affectait le goût et l'odeur du lait, conséquence probable du transfert de composés phénoliques et terpéniques au lait.

3.3 Elevage de chèvres dans les Aurès

La majorité des personnes interrogées élèvent des chèvres, en troupeaux de faible effectif (entre 10 et 20 chèvres par troupeau). En Algérie, le lait de chèvres est principalement consommé par les éleveurs et sa valorisation industrielle est encore très restreinte, voire inexistante (Boumendjel *et al.*, 2017).

La plupart des éleveurs de la région étudiée élèvent plus d'une race. Les deux races les plus représentées sont : *Echernon* et *Elarbya*. Les raisons évoquées sont la qualité du lait et la facilité d'adaptation au climat et aux variations de l'alimentation pour *Echernon*, la production et la qualité du lait pour *Elarbya*. Dans les Aures, l'élevage des chèvres est traditionnel et constitue une part importante de l'élevage des ruminants. Selon Laouadi *et al.* (2018); Ouchene-Khelifi *et al.* (2018), la population caprine en Algérie comprend quatre races principales : *Elarbya*, *Makatia (Elbeldia)*, *Kabyle* et *M'zab*. La race *Elarbya*, largement dominante, est

également connue sous le nom *Arabia* (c'est-à-dire "chèvre arabe"). Elle est principalement rencontrée, d'est en ouest, entre l'Atlas du Tell et l'Atlas saharien. Sa production est en moyenne de 1,5 litre de lait par jour. La race *Elbeldia*, résultat probable d'un croisement entre *Elarbya* et *Cherkia*, se rencontre dans les hauts plateaux et le nord de l'Algérie. Par ailleurs, les races *Alpines* (Alpes françaises) et *Saanen* (Alpes suisses) ont été introduites au début du XX^e siècle pour améliorer la productivité du cheptel caprin algérien.

3.4 Perception des éleveurs des Aurès vis-à-vis de lait de chèvres

Selon García *et al.* (2014), la qualité du lait de chèvres peut être définie comme sa capacité à tolérer différents traitements technologiques afin d'obtenir un produit capable de satisfaire la demande des consommateurs en termes de santé, valeur nutritionnelle, sécurité et plaisir. Les critères d'odeur et de goût n'ont pas été mentionnés dans cette définition. Cependant, selon Raynal-Ljutovac *et al.* (2005), d'autres critères devaient être pris en compte, tels que la couleur et l'odeur. De plus, les critères de qualité de lait de chèvres peuvent évoluer avec l'évolution des connaissances et des attentes des consommateurs.

Les personnes enquêtées ont déclaré qu'elles pouvaient facilement distinguer le lait de chèvres de celui des autres espèces. Les principales caractéristiques du lait de chèvres sont la couleur, l'aspect, la coagulation, le goût et l'odeur. Selon les éleveurs, le lait de chèvres a une couleur blanche particulière. Cette constatation est étayée par fait que le lait de chèvres ne contient pas de carotènes (Kuzdzal-Savoie et Kuzdzal, 1960). De ce fait, il présente une couleur blanche caractéristique que l'on retrouve dans tous les produits laitiers à base de lait de chèvres comme les fromages, les yaourts ou bien le beurre (Jouhannet, 1992).

Selon les personnes enquêtées le lait de chèvres a également un aspect différent de celui de vaches, facilement reconnaissable par un simple mouvement de lait. Cette observation pourrait être expliquée par la composition et la structure des molécules de lait de chèvres. Selon Chilliard (1997), sa richesse en triglycérides à chaînes courtes et moyennes, un pourcentage plus élevé de petits globules gras (65 % des globules gras ont un diamètre à 3 μ contre 43 % pour ceux de lait de vaches), et l'absence d'agglutinine le différencient très nettement des autres types de lait. L'agglutinine favorise la formation de la crème dans le lait de vaches. Par rapport au lait de vaches, le lait de chèvres présente une émulsion lipidique plus stable et incolore.

Parmi les critères distinctifs du lait de chèvres figure le pouvoir coagulant. Selon les éleveurs, le lait de chèvres a un meilleur pouvoir coagulant que le lait de vaches. Cette différence serait due au profil protéique du lait de chèvres, qui diffère de ceux des autres espèces (FAO, 1995).

Le goût et l'odeur du lait de chèvres sont aussi des caractéristiques, liées à la composition moléculaire du lait de chèvres. Selon Chilliard (1997), comparativement au lait de vaches, le lait de chèvres est plus riche en acides gras courts, estérifiés préférentiellement sur le carbone 3 du glycérol. L'action de la lipoprotéine lipase (LPL) liée aux globules gras sur ces structures contribue probablement au développement du goût et de l'odeur « chèvre » caractéristiques de ce lait. Selon les éleveurs, l'odeur du lait de chèvres est influencée par celle des plantes consommées. Selon Pien et Herschdoerfer (1935), l'alimentation joue un rôle primordial dans l'odeur et la saveur du lait (Jouhannet, 1992).

Les éleveurs étaient conscients des facteurs influençant le rendement et la qualité de lait. Parmi les nombreux facteurs influents, l'aliment consommé, la saison et l'état de santé ont été cités par tous les éleveurs. L'âge, le système d'alimentation et la région ont également un rôle important. Les facteurs influençant la production de lait sont bien documentés dans la littérature. Pacheco (2016) distingue les facteurs liés à l'animal (génétique, stade de lactation, état de santé, etc.), les facteurs liés à la gestion et à l'environnement (traite, système d'alimentation et saison) et les facteurs alimentaires (aliments énergétiques, rapport fourrages : concentrés, etc.).

En Algérie, la production de fromage de chèvre est marginale. Récemment, la part du lait de chèvres dans la fabrication de produits laitiers a augmenté en raison de ses propriétés fonctionnelles connues et de ses avantages pour la santé. Outre les différents types de fromages traditionnels, la filière valorise désormais du fromage, du yaourt et d'autres produits fabriqués à partir de lait de chèvres comme le lait UHT, le lait évaporé, les boissons pasteurisées, les glaces, la crème glacée et le lait en poudre (Lad *et al.*, 2017). Les éleveurs produisent plusieurs dérivés de lait de chèvres, principalement des dérivés riches en matières grasses comme le beurre et le *D'han*, ainsi que des fromages comme le *K'lila* et le *Dj'ben*. Le *k'lila* est un fromage frais ou sec obtenu en séchant à la chaleur le lait caillé ou le lait cru de chèvres, en le coupant et en l'exposant au soleil. Le *Dj'ben* est obtenu après coagulation du lait cru à l'aide de graines d'artichaut local. Il est également consommé frais ou sous forme de fromage affiné, obtenu en séchant le caillé à la chaleur, en le coupant et en l'exposant au soleil. Les morceaux de caillé déshydratés ont un aspect granuleux irrégulier.

Tous les éleveurs ont indiqué qu'il existait une grande différence entre le lait de chèvres consommant des plantes aromatiques et médicinales et le lait de chèvres soumises à un régime ordinaire. La quasi-totalité d'entre eux préfèrent le lait de chèvres des Aurès pâturant les plantes aromatiques et médicinales. Les raisons évoquées sont en premier lieu les effets bénéfiques pour la santé du lait lui-même, mais aussi les effets bénéfiques des plantes qui seraient transmis au lait, la saveur des plantes et la qualité nutritionnelle de ce lait.

La quasi-totalité des personnes interrogées ont déclaré que le lait de chèvres élevées dans les Aurès sur des parcours riches en plantes aromatiques et médicinales serait bénéfique pour la santé et pourrait guérir de certaines maladies. La majorité des éleveurs ont aussi déclaré que le lait de chèvre pourrait assurer une meilleure immunité et une bonne santé pour les enfants. Le lait de chèvre de la région aurait également une action contre l'asthme et certains troubles intestinaux. D'après certaines personnes enquêtées, des habitants d'autres wilayas en dehors de la région étudiée viennent régulièrement acheter le lait des chèvres de la région pour leurs enfants et pour les personnes âgées, en raison des bienfaits supposés de ce lait. La bibliographie tend à conforter les déclarations des éleveurs.

Si la plupart des auteurs s'accordent à dire que le lait de chèvres ne doit pas être donné sans précaution aux nourrissons car il s'agit d'un soluté très concentré, Grzesiak (1989) précise qu'il peut l'être à partir du sixième mois. Aux Etats-Unis, le lait de chèvre est distribué aux nourrissons lorsque ceux-ci présentent des troubles digestifs ou des signes d'allergie pour d'autres types de lait. Son avantage par rapport au lait de vaches est la petite taille des globules gras (Jouhannet, 1992). En effet, selon Mens (1978), un lait dont les micelles gras auraient un diamètre inférieur à 5 μm , serait rapidement digestible dans l'estomac. Cette meilleure digestibilité du lait de chèvres par rapport au lait de vaches expliquerait les recommandations faites pour son utilisation dans l'alimentation des enfants et des personnes âgées. Finalement, il semble que le lait de chèvres puisse être utile comme aliment pour les enfants de plus de six mois et les personnes âgées puisqu'il fournit un bon apport protéique des vitamines, des sels minéraux, ainsi que des lipides de bonne qualité et facilement assimilables riches en triglycérides à chaînes courtes et moyennes (Mietton, 1979).

Selon une autre étude réalisée par Zenebe *et al.* (2014), le lait de chèvres permet de diminuer l'incidence des coliques, des troubles digestifs, de l'asthme et de l'eczéma par rapport au lait de vaches chez les nourrissons et les enfants allergiques au lait de vaches. Dans le même contexte, Lad *et al.* (2017) ont indiqué que la consommation de lait de chèvres entraîne la guérison de 30 à 40 % des cas d'enfants ayant des allergies au lait de vaches.

Par comparaison au lait de certaines espèces, le lait de chèvres contient une quantité importante de sélénium, un composant clé de la fonctionnalité du système immunitaire grâce auquel le lait de chèvres agissent comme un stimulant de l'immunité et peuvent protéger les consommateurs contre les maladies (Lad *et al.*, 2017). Des études *in vitro* et *in vivo* ont montré des effets immunomodulateurs du lait de chèvres. Un effet cardioprotecteur est attribué au lait de chèvres, lié à sa capacité à activer la libération de monoxyde d'azote (NO) par les cellules sanguines ainsi que de déclencher la production de cytokines (IL-10, TNF- α et IL-6). Cette

libération de NO pourrait également augmenter l'activité antibactérienne et prévenir contre les infections (Yadav *et al.*, 2016).

Le lait de chèvres de la région d'étude est réputé avoir une action contre l'asthme et certains troubles intestinaux. Effectivement, plusieurs études ont montré que le lait de chèvres pourrait traiter la colite ulcéreuse et la maladie de Crohn, deux maladies inflammatoires de l'intestin apparentées (Daddaoua *et al.*, 2006). Lara-villoslada *et al.* (2006) ont isolé du lait de chèvres des oligosaccharides ayant un effet anti-inflammatoire lors de colites induites chez le rat.

L'effet thérapeutique de lait de chèvres de la région étudiée pourrait être attribué aux composés bioactifs des plantes de la région. Actuellement, les plantes aromatiques et médicinales sont connues pour leurs activités antimicrobienne (Harlev *et al.*, 2013), antioxydante (Ghasemzadeh *et al.*, 2016; Hassani *et al.*, 2016), anti-venin, antispasmodique, anti-inflammatoire (Aloui *et al.*, 2016; Ghilissi *et al.*, 2016) anti-rhumatismale (Fakchich et Elachouri, 2014) anti-malarique (Bourgou *et al.*, 2014) et fébrifuge (Dib *et al.*, 2017). D'autres activités biologiques ont été aussi rapportées dans la littérature, comme l'activité antiproliférative (Akrouit *et al.*, 2011), antidépresseur, hypoglycémique, hypolipidémique, hypotensive, anti-athérosclérose et hépatoprotectrice (Harlev *et al.*, 2013; Ghasemzadeh *et al.*, 2016; Hassani *et al.*, 2016). Mais à notre connaissance, aucune étude n'a montré que ces activités pouvaient être transmises au lait des chèvres consommant ces plantes.

Les chèvres pâturant régulièrement les PAM pourraient être les premières bénéficiaires de leur activité. Quelques éleveurs ont effectivement rapporté que ces chèvres avaient un meilleur état sanitaire que les chèvres suivant un régime ordinaire (pailles, concentré, etc.). Là encore, nous n'avons trouvé aucune publication pour étayer scientifiquement cette hypothèse.

Enfin, certains éleveurs ont également déclaré que l'odeur des déjections des chèvres pâturant les PAM régulièrement était moins désagréable que celle des chèvres soumises à un régime ordinaire. Cette constatation résulte probablement de l'excrétion d'au moins une partie des composés aromatiques des plantes.

Conclusion

Les informations recueillies dans le cadre de cette étude dans les Aurès confirment l'importance de l'utilisation des plantes médicinales comme aliment pour les chèvres, une pratique qui pourrait influencer positivement la qualité du lait de chèvre. Certaines des plantes médicinales identifiées dans l'enquête n'ont jamais été mentionnées dans la littérature comme aliments pour ruminants. Les plantes médicinales les plus citées comme aliments pour chèvres sont *Thymus algeriensis*, *Artemisia herba alba* Asso, *Rosmarinus officinalis* L., *Juniperus phoenica* L., *Artemisia campestris* et *Marrubium vulgare* L.

Thymus algeriensis et *Artemisia herba alba* Asso sont à la fois les plantes les plus abondantes et les plus pâturées par les chèvres et confèreraient au lait une saveur et une odeur agréables. En revanche, *Juniperus phoenica* L. et *Marrubium vulgare* L. seraient à l'origine de goûts ou d'odeurs désagréables.

Cette enquête a permis de récolter des savoirs traditionnels pertinents sur l'élevage des chèvres et sur les PAM dans la région étudiée, par conséquent, il serait intéressant de confronter l'expérimentation scientifique aux connaissances traditionnelles.

Volet 3.

*Analyse des profils phénolique
et terpénique des plantes
aromatiques et médicinales
sélectionnées*

Après la réalisation de l'enquête, sept plantes aromatiques et médicinales (PAM) ont été sélectionnées. Il s'agit des PAM les plus pâturées par les chèvres dans la région étudiée. Afin de caractériser ces plantes, une analyse des profils phénolique et terpénique et une étude des activités antioxydante et antiradicalaire de ces plantes ont été jugées utiles. Le diagramme récapitulatif des analyses réalisées est présenté dans la figure 24.

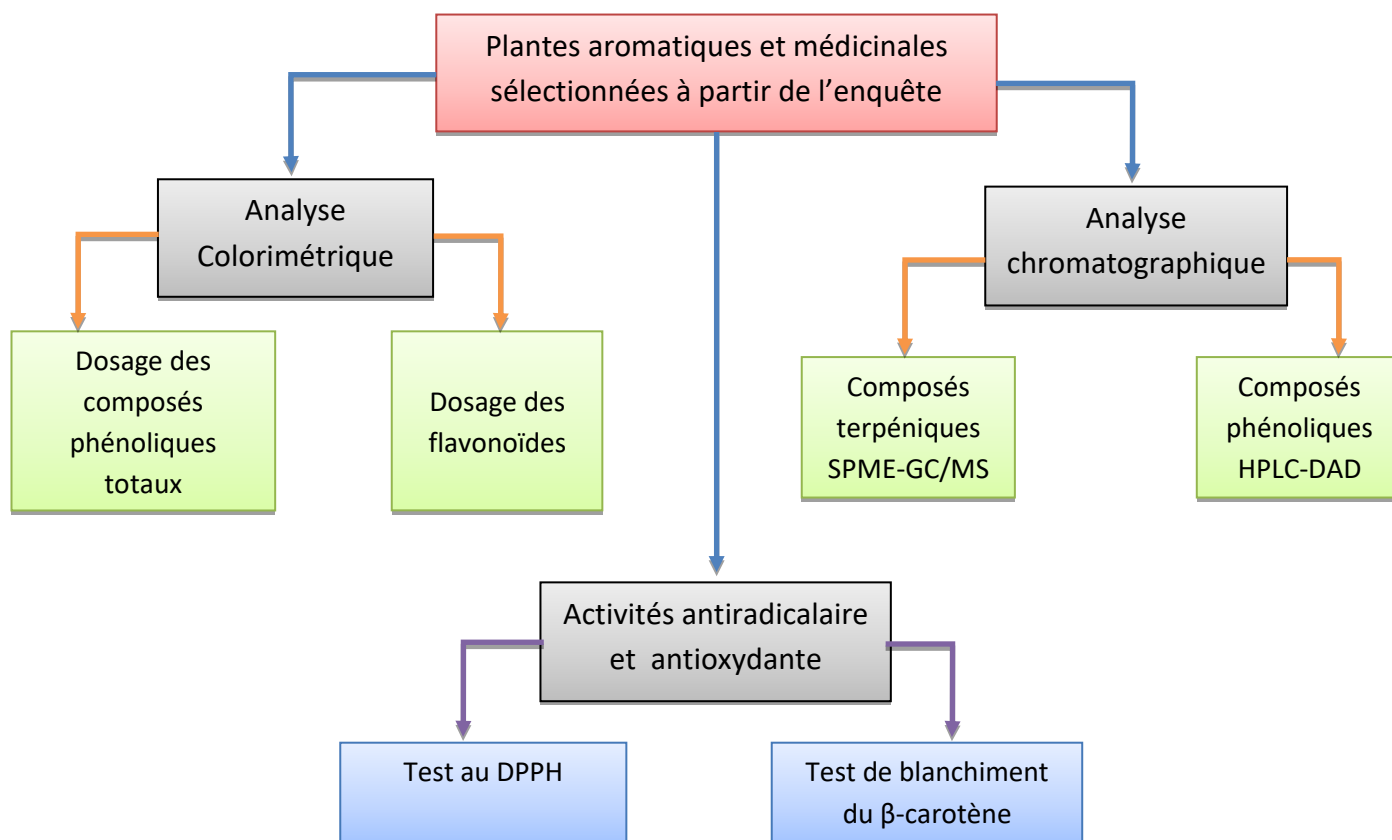


Figure 24. Diagramme récapitulatif des analyses réalisées

Une partie de ce travail a été réalisée dans le cadre d'un stage de courte durée, au Laboratoire de Recherche sur les Produits Laitiers, Université Agricole d'Athènes (UAA), Athènes (Grèce). Une autre partie de ce travail a été réalisée en collaboration scientifique, dans le cadre d'une bourse de longue durée (PROFAS), entre le laboratoire de recherche Biotechnologie et Qualité des Aliments (BIOQUAL) de l'Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (I.N.A.T.A.A), Université Frères Mentouri Constantine 1 (U.F.M.C.1) et l'Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores (UMRH), INRAE, Université Clermont- Auvergne, VetAgroSup, Saint-Genès-Champanelle, France.

1 Matériel et méthodes

1.1 Matériel végétal

Sept plantes aromatiques et médicinales, *Thymus algeriensis*, *Juniperus phoenica* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Artemisia herba alba* Asso, *Artemisia campestris* L., *Teucrium polium*, et *Marrubium vulgare* L., choisies selon les résultats de l'enquête (Volet 2), ont été collectées entre mars et avril 2015, dans les montagnes Aurès (Bouzina, Batna) (Tableau 04). Un seul lot pour chaque plante a été récolté. Les PAM ont été transportées au laboratoire dans des sacs en plastique aérées. Les PAM ont été séchées dans le même jour de la récolte. Les plantes débarrassées des insectes, du sable et de toute autre contamination, ont été étalées d'une manière homogène et séchées à l'air libre, 10 jours en moyenne selon les plantes, dans un endroit sec, aéré et à l'abri de la lumière. Les feuilles ont ensuite été séparées des tiges et stockées sous forme de petits fragments dans des boîtes en plastique jusqu'aux analyses.

Tableau 4. Plantes aromatiques et médicinales sélectionnées

Nom scientifique	Nom en français	Nom vulgaire	Indication médicales	Références
<i>Artemisia campestris</i> L.	Armoise rouge	<i>tegouft, dkoufeth, elkaissoum, tagoufed,</i>	Douleurs, spasmes musculaires, cancer, carminatif, diabète, diarrhée, eczéma, infections, maladies du système respiratoire, troubles d'estomac, maladies parasitaires, ulcère	(Ouelbani <i>et al.</i> , 2016) (Boudjelal <i>et al.</i> , 2013) (Bouasla et Bouasla, 2017) (Benarba, 2016) (Chermat et Gharzouli, 2015)
<i>Artemisia herba alba</i> Asso	Armoise blanche	<i>elchih, elchiha, izry</i>	Spasmes musculaires, diabète, obésité, plaie, reins, hypertension, goitre, toux, bronchite, ballonnements intestinaux, parasites intestinaux, troubles digestives, fièvre	(Ouelbani <i>et al.</i> , 2016) (Boudjelal <i>et al.</i> , 2013) (Benarba, 2016) (Chermat et Gharzouli, 2015) (Ramdane <i>et al.</i> , 2015)
<i>Juniperus phoenica</i> L.	Genévrier	<i>elaraar, zinba, ifezi</i>	Maladies du système urinaire, maladies du système respiratoire, hypoglycémie, migraine, rhumatismes, maladies du système articulaire, maladies dermatologiques, infections, ulcère gastrique, vertiges, troubles d'estomac, ballonnements intestinaux, troubles gastro-intestinaux, thyroïde	(Ouelbani <i>et al.</i> , 2016) (Boudjelal <i>et al.</i> , 2013) (Chermat et Gharzouli, 2015)
<i>Marrubium vulgare</i> L.	Germandrée tomenteuse	<i>jaida, imezrith, timezourin</i>	Douleurs, antispasmodique, cardiovasculaire, fièvre, migraine, maladies du système respiratoire, maladies du système, tonique, plaie, troubles digestifs, arthrite, diabète, fièvre	(Ouelbani <i>et al.</i> , 2016) (Boudjelal <i>et al.</i> , 2013) (Benarba, 2016) (Chermat et Gharzouli, 2015) (Rachidet <i>et al.</i> , 2012)
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Romarin	<i>iklileldjebel, klil, azri, touzala</i>	Anémie, dépression, asthme, cholestérol, maux de dents, hypertension, cancer, diabète, eczéma, hypotension, hypercholestérolémie, maladies hépatiques, troubles d'estomac, verrue	(Ouelbani <i>et al.</i> , 2016) (Boudjelal <i>et al.</i> , 2013) (Bouasla et Bouasla, 2017) (Benarba, 2016) (Rachidet <i>et al.</i> , 2012)
<i>Thymus algeriensis</i>	Thym	<i>jertil, mezzouchen, z'aitra, elhamria,</i>	Maux de dents, gingivite, muguet buccal, ulcères buccaux	(Chermat et Gharzouli, 2015)
<i>Teucrium polium</i>	Marrube Commun	<i>elmerrouyth, ifezi, temerrouyth, aferkizoud</i>	Troubles d'estomac, diabète, maladies digestives, fièvre, ballonnements intestinaux, artériel, hypertension, stérilité féminine, plaies	(Ouelbani <i>et al.</i> , 2016) (Bouasla et Bouasla, 2017) (Benarba, 2016) (Ramdane <i>et al.</i> , 2015)

1.2 Composition chimique des plantes sélectionnées

Les échantillons des plantes ont été broyés en particules d'une taille d'environ 1 mm (Broyeur : Bangoumill, France). Les poudres résultantes ont été utilisées pour déterminer la Matière Sèche des plantes (MS), les Protéines Brutes (PB), les Fibres de Détergent Neutres (NDF), les Fibres de Détergent Acide (ADF), les Matières Minérales (MM) et la Matière Organique (MO) en utilisant des procédures standards (AOAC, 1997). Ces dosages ont été effectués à l'Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores (UMRH), INRAE, France.

1.3 Dosages colorimétriques des composés phénoliques

Les dosages colorimétriques des composés phénoliques des PAM ont été effectués au Laboratoire BIOQUAL.

1.3.1. Extraction des composés phénoliques totaux

L'extraction vise à séparer, avec un bon rendement, les composés cibles de l'échantillon et à éliminer les interférences. La méthode d'extraction par solvants, malgré le temps long d'extraction et l'utilisation d'une quantité considérable de solvants, est relativement peu coûteuse. De plus, elle se déroule à température ambiante ce qui permet de conserver l'intégrité des molécules phénoliques qui sont sensibles aux changements de température (Araújo *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2015).

Les composés phénoliques bruts ont été extraits selon la méthode de Falleh *et al.* (2008) avec quelques modifications. Les échantillons ont été réduits en poudre ultrafine au moyen d'un broyeur, (Grinder, China). Une prise d'essai de 3 g a été mélangée avec 30 ml de méthanol absolu (Sigma-Aldrich, Allemagne) sous agitation magnétique (Snijders, Holland) pendant 30 min. Les extraits ont été stockés 24 h à 4 °C filtrés sur une double épaisseur de papier filtre et conservés à 4 °C jusqu'à utilisation.

1.3.2. Dosage colorimétrique des composés phénoliques totaux

La méthode est basée sur la réduction du réactif de Folin dans une solution alcaline (Vuorela, 2005). Le réactif est formé de l'acide phosphotungstique $H_3PW_{12}O_{40}$ et de l'acide phosphomolybdique $H_3PMO_{12}O_4$, qui sont réduits lors de l'oxydation des phénols en oxydes de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_3), dont la couleur bleue est mesurée à 765 nm (Naczki et Shahidi, 2004).

Nous avons utilisé la procédure décrite par Singleton *et al.* (1999). Un volume de 400 µl d'extrait méthanolique a été ajouté à 2 ml de réactif de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, USA) dilué 10 fois. Le mélange a été incubé 4 minutes, puis 1,6 ml d'une solution à 75 g/l de carbonate de sodium Na_2CO_3 (Panreac, PM = 105,99) a été ajouté. Le mélange a été agité puis

incubé 30 minutes dans un bain marie à 30 °C. L'absorbance des extraits a été mesurée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (Shimadzu, Japon). Une courbe d'étalonnage ($y=ax+b$) a été réalisée avec de l'acide gallique (Biochem, PM=188,14) (Annexe 3).

Les résultats ont été exprimés en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme de la masse sèche de plante en poudre (mg EAG g⁻¹ MS) en appliquant la formule suivante :

$$C = \frac{c \times V}{m}$$

C : Teneur en phénols totaux (mg EAG g⁻¹ MS) ;

c : Concentration en acide gallique lue sur la courbe d'étalonnage (mg/ml) ;

V : Volume de l'extrait méthanolique ;

m : Matière sèche de la prise d'essai (g).

1.3.3. Dosage colorimétrique des flavonoïdes totaux

La quantification des flavonoïdes a été effectuée par la méthode basée sur la formation de complexe entre les composés phénoliques et le trichlorure d'aluminium (AlCl₃). Le complexe produit est de couleur jaune et absorbe dans le visible à 415 nm (Woisky et Salatino, 1998). Des volumes égaux (1 ml) de l'extrait et de la solution AlCl₃ (2 %) sont mélangés. L'absorbance est mesurée après incubation à température ambiante pendant 40 min. Une gamme étalon de quercétine a été réalisée à partir de plusieurs dilutions d'une solution mère à 0,1 mg/l (annexe 3). Les résultats ont été exprimés en milligrammes équivalent de quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ g⁻¹ MS) en appliquant la formule suivante :

$$X = \frac{Ae \times Me}{Aq \times Mq} \quad (\text{Djeridane } et \text{ al., 2006})$$

X : Quantité des flavonoïdes en mg EQ g⁻¹ (mg équivalent quercétine /g de matière sèche) ;

Ae : Absorbance de l'extrait ;

Aq : Absorbance de la solution de quercétine ;

Me : Masse de l'extrait de plante (mg) ;

Mq : Masse de la quercétine dans la solution (mg).

1.4 Evaluation des activités antioxydante et antiradicalaire

L'évaluation des activités antioxydante et antiradicalaire des PAM a été effectuée au Laboratoire BIOQUAL, Constantine, Algérie.

1.4.1 Test antiradicalaire au DPPH

Le 2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) est un radical organique stable de couleur violette foncée. En présence de composés antioxydants, le radical DPPH est réduit et vire au jaune (Gachkar *et al.*, 2007). L'activité anti-radicalaire des extraits phénoliques a été mesurée par la méthode décrite par Banerjee *et al.* (2005). Cent microlitres (100 µl) de différentes dilutions des extraits méthanoliques (cf. paragraphe 1.3.1) ont été mélangés avec 1ml d'une solution de DPPH de 0,004% (p/v) dans le méthanol. Après 30 min d'incubation à une température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance a été mesurée à 518nm. Le contrôle négatif est composé de 100 µl méthanol et de 1ml de la solution de DPPH. Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard : le Trolox (C₁₄H₁₈O₄) dont l'absorbance est mesurée dans les mêmes conditions que l'échantillon test. L'activité antiradicalaire est exprimée par le pouvoir de réduction de la solution de DPPH (Rashid *et al.*, 2010). Le pouvoir de réduction est déterminé en appliquant la formule suivante (Dung *et al.*, 2008):

$$PR(\%) = \frac{Ac - Ae}{Ac} \times 100$$

PR (%) : Pouvoir de réduction en % ;

Ae : Absorbance de la solution de DPPH en présence de l'extrait phénolique et de Trolox ;

Ac : Absorbance de la solution de DPPH en absence de l'extrait phénolique et de Trolox.

La variation du pouvoir de réduction en fonction de la concentration de l'extrait phénolique et de Trolox, nous a permis de calculer la « Concentration Efficace » (CE₅₀). La CE₅₀ est définie comme la concentration de l'extrait phénolique (ou de Trolox) nécessaire pour réduire de 50 % les radicaux libres dans le milieu réactionnel. Plus la valeur de CE₅₀ est basse, plus l'activité antiradicalaire est élevée (Gramza *et al.*, 2005). La valeur CE₅₀ a été déterminée pour chaque extrait comme étant la concentration du substrat qui diminue de 50 % l'absorbance de la solution contrôle MeOH DPPH. Les valeurs EC₅₀ moyennes ont été calculées par régression linéaire de trois essais séparés, avec en abscisse la concentration des composés testés et en ordonnée l'activité anti-radicalaire en pourcentage (He et Venant, 2004).

1.4.2 Test de blanchiment du β -carotène

La capacité antioxydante des extraits phénoliques des différentes plantes a été déterminée en mesurant l'inhibition de la dégradation oxydative du β -carotène (décoloration) par les produits d'oxydation de l'acide linoléique. Le β -carotène est un antioxydant lipophile qui protège les acides gras de l'oxydation ; l'ajout d'un deuxième antioxydant va permettre sa préservation. Plus l'efficacité d'un antioxydant est grande, moins la décoloration du β -carotène sera prononcée (Hussain, 2009; Moon et Shibamoto, 2009).

Nous avons utilisé la méthode décrite par Kulisic *et al.* (2004). Dix milligrammes de β -carotène ont été dissous dans 100 ml de chloroforme. Un millilitre de cette solution a été introduite dans un ballon contenant 20 mg d'acide linoléique et 100 mg de Tween 20. Le chloroforme a été évaporé à 50 °C pendant 5min dans un rotavapor, puis 50ml d'eau oxygénée ont été ajoutés lentement pour former une émulsion (A). Deux cent microlitres d'extrait méthanolique (cf. paragraphe 1.3.1) de chaque plante, à une concentration de 4000 μ g/ml de méthanol, ont été mélangés avec 5 ml de l'émulsion (A). Un contrôle négatif, sans extrait phénolique, se composant de 200 μ l de méthanol et de 5 ml d'émulsion (A) a été préparé.

Une deuxième émulsion (B) se composant de 20 mg de l'acide linoléique, 100 mg de Tween 20 et 50 ml de l'eau oxygénée a été également préparée. Une solution constituée de 200 μ l de méthanol et 5ml de l'émulsion (B) a été employée pour étalonner le spectrophotomètre. La vitamine C a été employée comme contrôle positif. Les tubes ont été placés dans au bain Marie à 50 °C et l'oxydation de l'émulsion a été suivie par spectrophotométrie. L'activité antioxydante a été exprimée en pourcentage et calculée selon l'équation décrite par Ismail *et al.* (2004) :

$$AA = \left(1 - \frac{AE' - AEx}{AC' - ACx} \right) \times 100$$

AA (%) : Activité antioxydante ;

AE' : Absorbance de l'émulsion en présence de l'extrait phénolique ou de la vitamine C mesurée à t = 0 et à 470 nm ;

AC' : Absorbance de l'émulsion contrôle négatif mesurée à t = 0 et à 470 nm;

AEx : Absorbance de l'émulsion en présence de l'extrait phénolique ou de la vitamine C mesurée à t = 120 min et à 470 nm;

ACx: Absorbance de l'émulsion contrôle négatif mesurée à t = 120 min et à 470 nm.

1.5. Analyse des composés phénoliques

Les analyses chromatographiques des composés phénoliques des PAM ont été effectuées au Laboratoire de Micronutriments de l'Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores (UMRH), France.

1.5.1 Extraction des composés phénoliques

Cette extraction a été réalisée selon méthode proposée par Fraisse *et al.* (2007). Elle est conçue pour extraire une large gamme de composés phénoliques de manière à pouvoir comparer les plantes entre elles. Huit millilitres (8 ml) d'éthanol : eau (80 : 20 v : v) ont été ajoutés dans un tube à essai (SVL en Pyrex) de 15 ml contenant 200 mg d'échantillon sec broyé au broyeur à bille. Le mélange a été placé au bain sec (Grant, UK) à 90 °C pendant 20 minutes (en vortexant toutes les 5 minutes pendant 10 secondes), centrifugé 10 minutes à température ambiante à 635 g (centrifugeuse Jouan MR23i rotor SWM180S) et le surnageant a été récupéré.

L'opération a été renouvelée deux fois avec 8 ml de mélange éthanol:eau (80:20 v:v) . Les surnageants ont été rassemblés et leur volume ajusté à 25 ml avec le même mélange éthanol:eau. Cinq millilitres (5 ml) d'extrait hydro-alcoolique ont été évaporés à sec sous flux d'azote dans un bain sec réglé à 40 °C, puis repris dans 1,5 ml d'eau milliQ. Les extraits obtenus ont été transférés dans des flacons de 2 ml puis centrifugés 10 min à 2400 rpm à 20 °C (914 g).

1.5.2 Analyse chromatographique des composés phénoliques

Le système d'analyse est composé d'une chaîne Agilent LC1200 HPLC, équipée d'un détecteur à barrette de diodes (DAD, *Diode Array Detector*) programmé pour enregistrer les spectres d'absorption entre 190 et 400 nm. Le logiciel *Openlab* (Agilent) est utilisé pour le pilotage de la chaîne, l'acquisition et l'analyse des données. La séparation a été réalisée dans les conditions indiquées au tableau 5. Les solvants d'éluion étaient préparés avec de l'eau ultra-pure (Millipore Simplicity, Merck, Fontenay sous-Bois, France).

Les pics ont été identifiés en comparant leur spectres d'absorptions et leurs temps de rétention à ceux des standards du commerce. Les pics non identifiés ont été classés en familles d'après leur spectres d'absorptions et quantifiés en équivalents d'une molécule standard appartenant à la même famille: catéchol ou phénol pour les phénols simples, acide gallique, protocatéchuique, 3- ou 4- hydroxybenzoïque pour les dérivés de l'acide benzoïque ; acide *p*-coumarique, caféique ou rosmarinique pour les dérivés de l'acide cinnamique ; butéine pour les chalcones ; génistéine, glyciteine ou formononétine pour les isoflavones ; myricétine,

rutine ou kaempferol-3-O- β -rutoside pour les flavonols ; catéchine ou épicatechine, pour les flavanols ; taxifoline pour les flavanones.

Les concentrations ont été exprimées en $\mu\text{g Eq Std}$ (équivalent standard d'intégration) par g de MS.

Tableau 05. Conditions d'analyse des composés phénoliques par HPLC-DAD.

Appareil :	Agilent LC1200 HPLC Détecteur à barrette de diodes (DAD)																								
Colonne : <i>ALichroCARTSuperSpher</i> 60 RP 8 ^e	125 x 4 mm, 4 μm ; Merck, Saint-Quentin Fallavier, France																								
Phases mobiles :	(A) acide formique à 0,05 % dans l'eau ultra pure, (B) acide formique à 0,05 % dans le mélange acétonitrile: eau ultra pur 7: 3 (v: v)																								
Débit :	0,3 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$																								
Gradient :	<table> <thead> <tr> <th>t_0</th> <th>100 % A</th> <th>0 % B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$t_{0,5\text{min}}$</td> <td>98 %</td> <td>2 %</td> </tr> <tr> <td>$t_{4\text{min}}$</td> <td>88 %</td> <td>12 %</td> </tr> <tr> <td>$t_{29\text{min}}$</td> <td>80 %</td> <td>20 %</td> </tr> <tr> <td>$t_{34\text{min}}$</td> <td>74 %</td> <td>26 %</td> </tr> <tr> <td>$t_{49\text{min}}$</td> <td>30 %</td> <td>70 %</td> </tr> <tr> <td>$t_{60\text{min}}$</td> <td>0 %</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>$t_{70\text{min}}$</td> <td>0 %</td> <td>100 %</td> </tr> </tbody> </table>	t_0	100 % A	0 % B	$t_{0,5\text{min}}$	98 %	2 %	$t_{4\text{min}}$	88 %	12 %	$t_{29\text{min}}$	80 %	20 %	$t_{34\text{min}}$	74 %	26 %	$t_{49\text{min}}$	30 %	70 %	$t_{60\text{min}}$	0 %	100 %	$t_{70\text{min}}$	0 %	100 %
t_0	100 % A	0 % B																							
$t_{0,5\text{min}}$	98 %	2 %																							
$t_{4\text{min}}$	88 %	12 %																							
$t_{29\text{min}}$	80 %	20 %																							
$t_{34\text{min}}$	74 %	26 %																							
$t_{49\text{min}}$	30 %	70 %																							
$t_{60\text{min}}$	0 %	100 %																							
$t_{70\text{min}}$	0 %	100 %																							
Longueur d'ondes :	254, 275 et 320 nm																								
Volume d'injection :	5 μl																								

1.6. Analyse des composés terpéniques

L'analyse chromatographique des composés terpéniques des PAM a été effectuée au Laboratoire de Recherche sur les Produits Laitiers de l'Université Agricole d'Athènes, Grèce.

1.6.1 Extraction des composés terpéniques

La méthode d'analyse HS-SPME (HeadSpace-Solid Phase MicroExtraction) couplée à la GC-MS (Gas chromatography-mass spectrometry) employée est celle décrite par Benyelles *et al.* (2014) avec quelques modifications. Une fibre imprégnée d'une phase mixte

carboxen/polydimethylsiloxane (CAB/PDMS), d'épaisseur 75 μm , a été utilisée. Un échantillon de 1 g de plante broyée en poudre fine à l'aide d'un broyeur à couteaux FOSS a été placé dans un tube de 22 ml équipé d'un septum en silicone. Ce dernier a été ensuite immergé dans un bain-marie à 70 °C sous agitation. Après 30 minutes d'équilibration, la fibre a été exposée 30 minutes dans l'espace de tête (figure 25).

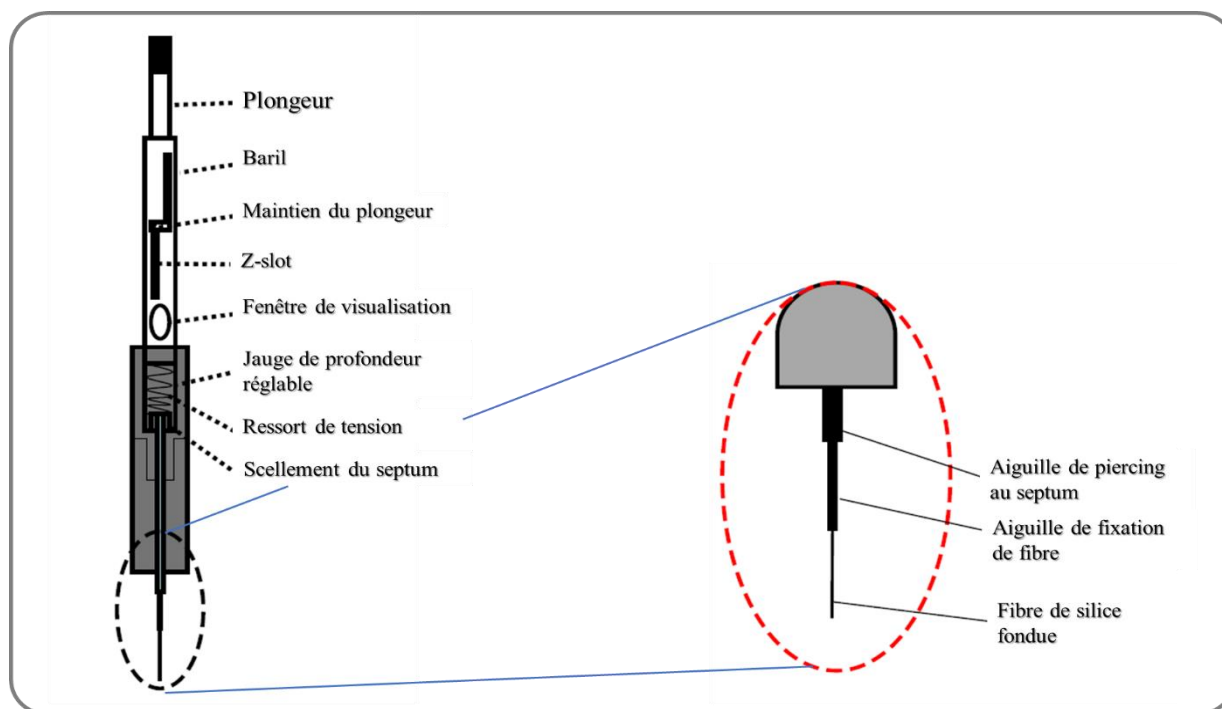


Figure 25. Dispositif de SPME (Zhang *et al.*, 1994)

1.6.2 Analyse chromatographique des composés terpéniques

L'analyse des composés terpéniques a été réalisée par la méthode GC-MS décrite par (Poulopoulou *et al.*, 2012), avec une modification mineure. Après l'extraction, la fibre SPME a été immédiatement insérée dans le port d'injection du GC (Shimadzu série A17 couplé à un détecteur MS (Shimadzu Q5050, Kyoto, Japon). La colonne utilisée a été une colonne capillaire HP-INNOWAX (60 m x 0,25 mm x 0,25 μm), avec 0,9 ml.min⁻¹ d'hélium comme gaz vecteur. La température de l'injecteur a été de 250 °C, la température de l'interface de 230 °C ; température de la colonne a été maintenue à 40 °C pendant 5 min, puis augmentée à 250 °C à 3 °C.min⁻¹. Les spectres de masse ont été obtenus dans des conditions d'énergie d'ionisation à 70 eV dans la gamme de masse de 35 à 400 amu. L'identification des pics a été réalisée en comparant les spectres de masse avec les bibliothèques NIST (National Institute of Standards and Technology, USA).

1.7 Traitement des données

Les données ont été traitées avec le logiciel Excel 2016. L'analyse des données a fait appel aux méthodes simples des statistiques descriptives. Les résultats concernant les composés phénoliques, les flavonoïdes et les antioxydants ont été exprimés en moyennes \pm écart-type (ET). L'analyse statistique de toutes les analyses a été effectuée à l'aide du test ANOVA suivi du test *post-hoc* de *Tukey's Honest Significant Differences*. Le logiciel Statistica version 10 (*StatSoft. Inc., Tulsa, OK, États-Unis*) a été utilisé pour effectuer l'analyse statistique au seuil de signification de 5 %. L'analyse factorielle de la correspondance (AFC) à l'aide du logiciel R version 3.6.1 (2019), fonctionnant sous Windows a été aussi employé pour montrer les corrélations entre les différents paramètres chimiques mesurés.

2. Résultats

2.1 Composition chimique

La composition chimique des PAM étudiées est récapitulée dans le tableau 6. *Juniperus phoenica* L. a les teneurs les plus élevées en ADF et NDF, et la plus faible en MM. *Artemisia herba alba asso* a des teneurs modérées en PB, MM, ADF et NDF.

Tableau 6. Composition chimique des PAM étudiées (g/100g MS)

	PB	ADF	NDF	MO	MM	MS
<i>Artemisia campestris</i> L.	4,3±0,48 ^a	17,7±0,52 ^a	25±1,20 ^a	88,1±0,10 ^b	11,9±0,10 ^b	90,9±0,09 ^a
<i>Artemisia herba alba asso</i>	17,1±1,20 ^d	25,8±2,36 ^{bc}	30,3±0,40 ^b	88,4±0,04 ^b	11,5±0,14 ^b	90,9±0,04 ^a
<i>Juniperus phoenica</i> L.	16,2±0,21 ^d	29,4±0,14 ^c	44±0,98 ^e	93±0,06 ^c	7±0,04 ^a	91,4±0,055 ^a
<i>Marrubium vulgare</i> L.	4±0,26 ^a	18,8±0,30 ^a	32,5±0,74 ^{bc}	82,4±0,06 ^a	17,6±0,06 ^c	91,9±0,04 ^a
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	16,1±0,02 ^d	25,1±1,06 ^b	34,6±0,25 ^c	88,5±0,21 ^b	11,5±0,21 ^b	91,5±0,16 ^a
<i>Thymus algeriensis</i>	7,9±0,35 ^b	25,7±0,84 ^b	34,8±0,21 ^c	88,3±0,60 ^b	12,1±0,20 ^b	91,9±0,05 ^a
<i>Teucrium polium</i>	12,4±0,20 ^c	26,9±0,43 ^{bc}	38,9±0,20 ^d	82,6±0,34 ^a	17,4±0,34 ^c	94,6±1,89 ^a

PB, les protéines brutes ; NDF, les fibres de détergent neutres ; ADF, les fibres de détergent acides; MO, les matières organiques; MM, les matières minérales; MS, matière sèche; Les valeurs sont données en tant que moyenne ± écart-type (SD) (n = 3). Les valeurs dans la même colonne suivies de lettres différentes (a-e) sont significativement différentes (P <0,05).

2.2 Teneurs en composés phénoliques et activités antioxydantes

Les teneurs en composés phénoliques totaux et les valeurs de l'activité antioxydante des PAM sont présentées dans le tableau 7. La plupart des plantes testées ont présenté des teneurs en composés phénoliques totaux importantes. Ces teneurs varient de 8,3 à 53,6 mg EAGg⁻¹ MS. *Juniperus phoenica* L. a révélé la teneur en composés phénoliques totaux la plus élevée, suivie de *Rosmarinus officinalis* L., *Artemisia campestris* L. et *Teucrium polium*.

Les teneurs en flavonoïdes totaux ont été évaluées à l'aide de la méthode au trichlorure d'aluminium. Dans notre cas, la plupart des plantes testées ont révélé des teneurs importantes de flavonoïdes. Ces teneurs varient de 2,95 à 11,11 mg EQ mg g⁻¹ MS. *Artemisia campestris* L. a enregistré une teneur en flavonoïdes significativement plus élevée que celles des autres plantes étudiées (p <0,05).

Tableau 7. Détermination colorimétrique des phénols totaux, flavonoïdes totaux, de l'activité antioxydante et de l'activité anti-radicalaire des extraits méthanoliques des PAM

	Composés phénoliques totaux (CPT) (mg EAG g ⁻¹ MS)	Flavonoïdes (FT) (mgEQg ⁻¹ MS)	Activité Antiradicalaire (CE ₅₀ µg/ml)	Activité Antioxydante (AA %)
<i>Artemisia campestris</i> L.	20,5±1,99 ^{bc}	11,1±0,56 ^b	2,5 ±0,11 ^a	80,1 ±3,41 ^{cd}
<i>Artemisia herba alba</i> (Asso)	8,6±1,42 ^a	5,5 ±1,06 ^a	33,7±1,15 ^b	67,6±1,75 ^{bc}
<i>Juniperus phoenica</i> L.	53,6±3,86 ^d	5,2 ±1,31 ^a	6,3±0,35 ^a	75,8±2,46 ^{bcd}
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	26,1 ±3,15 ^c	5,2±1,92 ^a	1,4±0,07 ^a	84,5±2,71 ^d
<i>Teucrium polium</i>	15,6±0,43 ^{ab}	3 ±0,09 ^a	5,4 ±0,50 ^a	64,8±3,1 ^{ab}
<i>Thymus algeriensis</i>	8,3±1,15 ^a	3 ±0,25 ^a	1,6±0,13 ^a	64,3±1,9 ^{ab}
Vit. C			-	51,2±2,36 ^a
Trolox			46,6±1,98 ^c	-

EAG : équivalent d'acide gallique ; EQ : équivalent de quercétine ; CE₅₀ : activité antiradicalaire (d'autant plus forte que CE₅₀ est faible) ; AA% : activité antioxydante (% d'inhibition de la décoloration du β-carotène) ; Les valeurs représentent la moyenne ± écart type de trois répétitions. Différentes lettres (a-f), dans la même colonne, indiquent une différence significative (p <0,05) entre plantes. ND: Non déterminé.

L'ANOVA réalisée sur l'activité de piégeage du radical DPPH des composés phénoliques a montré que toutes les plantes testées avaient une concentration efficace significativement inférieure, donc une activité antiradicalaire significativement supérieure à celle du standard de référence trolox (p <0,05). Les valeurs des CE₅₀ se situaient dans la plage de 1,41 à 33,71 µg/ml (tableau 7). La plus forte activité a été observée dans les extraits de *Rosmarinus officinalis* L., *Thymus algeriensis* et *Artemisia campestris* L. En revanche, les extraits d'*Artemisia herba alba* (Asso) avaient des activités faibles.

L'activité antioxydante des PAM a été examinée par la méthode du blanchiment du β-carotène en comparaison avec un antioxydant connu, la vitamine C. Les résultats sont présentés dans le tableau 7. L'activité antioxydante (AA %) des PAM est comprise entre 64,3 % et 84,5 %, alors que celle de la vitamine C est seulement de 51,2 ± 2,36 %. En conséquence, toutes les PAM traitées ont révélé une activité antioxydante supérieure à celle de l'antioxydant standard. Les extraits de *Rosmarinus officinalis* L. et d'*Artemisia campestris* L. ont été légèrement plus actifs que l'extrait de *Juniperus phoenica* L. et plus que les extraits d'*Artemisia herba alba* (Asso), de *Thymus algeriensis* et de *Teucrium polium*.

2.3 Composés phénoliques identifiés par HPLC-DAD

Les principales classes chimiques et les composés phénoliques représentatifs détectés dans les PAM sont présentés dans le tableau 8, exprimés en mg.g^{-1} de matière sèche (MS). La teneur totale en composés phénoliques a diminué dans l'ordre suivant : *Artemisia campestris* L.> *Thymus algeriensis*> *Artemisia herba alba* (Asso)> *Rosmarinus officinalis* L.> *Teucrium polium*> *Marrubium vulgare* L.> *Juniperus phoenicea* L. Les classes de composés phénoliques les plus abondantes détectées sont les flavonoïdes ($3\text{-}51 \text{ mg.g}^{-1}$ MS), les dérivés de l'acide cinnamique ($0,5\text{-}36 \text{ mg.g}^{-1}$ MS) et les dérivés de l'acide benzoïque ($0,1\text{-}5,5 \text{ mg.g}^{-1}$ MS).

Au total, 17 composés ont été identifiés, parmi lesquels sept dérivés de l'acide cinnamique (acide néochlorogénique, acide chlorogénique, acide caféique, acide 1,5-dicaffeoyl quinique, verbascoside, acide férulique et acide rosmarinique) et sept flavonoïdes (apigénine, hespéridine, rutine, isoquercitrine, kaempférol-3-O-rutinoside, quercitrine et gallocatéchine). Les pics restants, soit environ 99 composés non identifiés, appartenaient aux familles spectrales des dérivés de l'acide cinnamique (51 pics), des flavonoïdes (31 pics) et des dérivés de l'acide benzoïque (17 pics). Certains composés spécifiques ont été trouvés en quantités différentes dans plus d'une espèce. En particulier, des dérivés de l'acide cinnamique, l'acide néochlorogénique et l'acide caféique ont été trouvés dans cinq des sept espèces étudiées, et l'acide chlorogénique dans quatre d'entre elles. En ce qui concerne les flavonoïdes, la lutéoline-7-O-glucoside a été trouvée dans *Rosmarinus officinalis* L. et *Thymus algeriensis*.

Tableau 08. Teneurs en composés phénoliques (mg.g⁻¹ MS) évaluées par HPLC-DAD des PAM étudiées

<i>TR (min)</i>	<i>Composés phénoliques</i>	<i>AC</i>	<i>AH</i>	<i>JP</i>	<i>MV</i>	<i>RO</i>	<i>TA</i>	<i>TP</i>
<u>Phénol simple</u>								
13,14	Alcool vanillylique	-	-	-	-	1,1	1,3	-
42,17	Catéchol like NI* ¹	-	-	-	-	0,4	-	-
Total de phénol simples		-	-	-	-	1,5	1,3	-
<u>Dérivés d'acide benzoïque</u>								
11.19	Acide gallique-like NI ²	-	-	5,2	-	-	-	-
30.47	Acide syringique	-	-	-	-	-	-	0,3
Autres dérivés d'acide benzoïque* ² (15 peaks)		1,3	0,2	0,4	1,6	0,8	0,1	0,4
Total de dérivés d'acide benzoïque		1,3	0,2	5,6	1,6	0,8	0,1	0,8
<u>Dérivés d'acide cinnamique</u>								
15.38	Acide néochlorogénique	0,2	0,4	-	0,4	0,1	-	0,1
17.17	Acide caféique-like NI ³	-	-	-	1,8	0,4	-	0,1
23.29	Acide chlorogénique	13,5	11,2	-	0,1	-	0,4	-
27.87	Acide caféique	-	0,2	-	0,4	0,2	0,1	0,2
35.90	Acide 1,5-dicaffeoyl quinique	-	-	-	2,8	-	-	-
42.31	Acide rosmarinique-like NI ³	-	-	-	4,5	-	-	7
42.71	Acide rosmarinique-like NI ³	-	-	-	-	-	-	5,4
43.08	Verbascoside	-	-	-	0,5	-	-	1,9
44.45	Acide Féruilique	-	0,02	-	-	-	-	-
46.22	Acide caféique-like NI ³	14,1	11,8	-	-	-	0,5	-
46.85	Acide caféique-like NI ³	1,9	5,4	-	-	-	-	-
46.86	Acide <i>p</i> -coumarique-like NI ³	-	-	-	-	-	1,7	-
47.12	Acide rosmarinique	-	-	-	-	12,2	14,2	0,3
48.45	Acide caféique-like NI ³	-	0,8	-	-	-	3,1	-
Autres dérivés d'acide cinnamique * ³ (42 peaks)		5	6,1	0,5	1,21	2,5	5,9	4,3
Total des dérivés d'acide cinnamique		34,8	35,7	0,5	11,7	15,4	25,8	19,4
<u>Coumarine</u>								
54.37	4-méthyl umbelliférone-like	0,9	-	-	-	-	-	-
<u>Flavonoïdes</u>								
53.73	Apigénine	-	-	0,2	-	-	-	-
44.48	Lutéoline-7-O-Glucoside	-	-	-	-	7,6	2,7	-
46.87	Apigénine-like NI ⁴	-	-	-	-	1,6	5,7	-
Autres flavones* ⁴ (15 pics)		-	1,9	0,8	0,5	7,7	5,6	1,8
Total de flavones		-	1,9	1	0,5	16,9	14	1,8
33.02	Taxifoline-like NI ⁵	-	-	-	-	-	4,1	-
45.23	Hespéridine	-	-	-	-	3,6	-	-
Autres flavanones* ⁵ (6 peaks)		-	-	-	-	-	2,7	-
Total de flavanones		-	-	-	-	3,6	6,9	-
41.34	Myricétine-like NI ⁶	19,4	-	-	-	-	-	-
42.51	Rutine	14,5	-	-	-	-	-	-
43.47	Isoquercitrine	-	-	-	-	-	-	0,9

Tableau 08. (Suite)

TR (min)	Composés phénoliques	AC	AH	JP	MV	RO	TA	TP
44.49	Kaempférol-3-O-rutinoside	0,4	-	-	-	-	-	-
44.62	Rutine-like NI	1,5	1,1	-	-	-	-	-
44.80	Myricétine-like NI	15,6	-	-	-	-	-	-
45.23	Quercitine	-	-	-	-	-	-	0,2
45.66	Autresflavonol* ⁶ (1 pic)	-	0,6	-	-	-	-	-
	Total de flavonols	51,5	1,8	-	-	-	-	1,2
	Flavanols							
13.85	Gallocatéchine	-	-	0,6	-	-	-	-
	Autres flavanols* ⁷ (4 pics)	-	-	2,8	-	-	0,4	-
	Total de flavanols	-	-	3,4	-	-	0,4	-
	Total de flavonoïdes	51,5	3,6	4,3	0,5	20,5	21,3	3
48.05	NI	-	-	-	-	-	11,1	-
	Composés phénoliques non classés	11,5	7,1	1	4,2	4,3	15,6	9,5
	Composés phénoliques totaux	99,9	46,7	11,4	17,5	42,5	64,1	32,6

AC, *Artemisia campestris* L.; AH, *Artemisia herba alba* Asso; MV, *Marrubium vulgare* L.; JP, *Juniperus phoenicea* L.; RO, *Rosmarinus officinalis* L.; TA, *Thymus algeriensis*; TP, *Teucrium polium*

NI: composés phénoliques non identifiés

* Les pics non identifiés ont été classés en familles selon leur spectre d'absorbance et quantifiés en équivalents d'une molécule standard appartenant à la même famille : 1, équivalent de catéchol ; 2, équivalent d'acide gallique ou de protocatéchine; 3, équivalent d'acide p-coumarique, de caféique ou de rosmarinique; 4, équivalent apigénine ou de lutéoline; 5, équivalent de taxifoline; 6, équivalent de rutine ou de myricétine; 7, équivalent de catéchine.

2.4 Composés terpéniques

Les résultats des analyses HS-SPME-GC-MS des PAM sont présentés dans le tableau 9. Les principaux composés volatils identifiés sont l' α -pinène (40 %), la β -thujone (38 %), le trans-caryophyllène (31 %), le β -myrcène (29 %), le camphre (27 %) et l' α -thujone (18 %).

Le pourcentage de monoterpènes de toutes les PAM analysées, à l'exception de *Teucrium polium*, sont supérieurs à ceux sesquiterpène, mais sans différence significative ($p < 0,05$). Les PAM étudiées ont manifesté de faibles pourcentage en sesquiterpènes. Selon l'analyse de la variance (ANOVA), ces PAM ont présenté une différence significative ($p < 0,05$) dans leurs pourcentage en sesquiterpènes. Ce même test nous permis de les classer en trois groupes, *Teucrium polium* révélant le pourcentage en sesquiterpènes le plus élevé, *Juniperus phoenicea* L., *Marrubium vulgare* L. et *Rosmarinus officinalis* L. étant intermédiaires, tandis qu'*Artemisia herba alba* (Asso) et *Thymus algeriensis* ont enregistré les pourcentages en sesquiterpènes les plus faibles.

Tableau 9. Composition en pourcentage des composés terpéniques de PAM sélectionnées à l'aide de HS-SPME-GC-MS

Composés	TR (min)	AH	JP	MV	RO	TA	TP
Monoterpènes							
α -pinène	9,43 \pm 0,11	-	39,6	10,6	11,6	6,2	1,7
Camphène	10,61 \pm 0,06	0,2	-	-	10,1	6	-
β -pinène	12,10 \pm 0,83	0,5	0,3	-	-	3,6	0,2
β -Mycènes	13,13 \pm 0,64	1,7	6,9	6,9	5,7	29	8
Limonène	14,76 \pm 0,10	-	0,7	1,8	-	0,5	10
1,8-cinèole	15,09 \pm 0,04	2	-	13,3	3,9	10,3	-
<i>trans</i> -ocimène	16,40 \pm 0,04	-	2,3	-	-	4,1	-
α -thujone	23,29 \pm 0,00	18,2	-	-	-	-	-
β -thujone	24,26 \pm 0,00	37,8	-	-	-	-	-
Camphre	28,56 \pm 0,13	18,8	-	25,3	27,1	12,7	-
Acétate de linalyl	29,64 \pm 0,15	-	3,5	0,9	-	2,3	-
Linalol	29,79 \pm 0,80	-	2,6	3,6	-	2	1,3
Junipène	34,76 \pm 0,00	-	-	-	-	-	3,8
Acétate de géranyle	36,46 \pm 0,00	-	-	-	-	3,4	-
Bornéol	39,15 \pm 0,00	3,3	-	-	4,3	-	-
Monoterpènes totaux		82,6	55,9	62,3	62,7	80,1	25
Sesquiterpènes							
α -copaène	26,19 \pm 0,86	1,6	2,8	14,2	4	3,3	7,3
α -bourbonène	28,18 \pm 0,00	-	-	-	-	-	5,8
β -élemène	31,33 \pm 0,00	-	1,7	-	-	-	-
<i>trans</i> -caryophyllène	32,45 \pm 0,58	0,7	6,7	0,3	15,7	1,9	31,1
α -cubébène	33,18 \pm 0,06	-	0,2	1,1	-	0,6	8,3
α -humulène	34,32 \pm 0,01	-	4,6	-	6,7	-	-
Germacrene D	35,13 \pm 0,77	6,1	2	3,6	-	1	7,5
γ -cadinène	35,34 \pm 0,92	0,7	0,2	5,4	4,7	1,4	1,1
α -farnésène	34,20 \pm 0,77	-	-	-	-	-	6,7
Aromadendrène	35,36 \pm 0,70	0,5	-	3,1	-	0,2	4,1
Farnesol	35,75 \pm 0,24	-	4,9	3,3	0,1	1	-
δ -cadinène	36,21 \pm 0,93	-	5	4,4	1,3	2	-
α -muurolène	36,92 \pm 0,86	0,4	2,4	1,7	0,5	1,3	1,4
Sesquiterpènes totaux		11,1	30,4	37	33,1	12,7	73,3
Autres composés volatils		2,9	1,7	0,4	3,1	6,4	1

TR, Temps de rétention (exprimé en moyenne \pm écart type).AH, *Artemisia herba alba* Asso; MV, *Marrubium vulgare* L.; JP, *Juniperus phoenicea* L.; RO, *Rosmarinus officinalis* L.; TA, *Thymus algeriensis*; TP, *Teucrium polium*

3. Discussion

Le dosage des composés phénoliques totaux a été réalisé par la méthode de réactif Folin-Ciocalteu. Cette dernière est actuellement employée pour comparer le profil phénolique de différents échantillons (Oliveira-alves *et al.*, 2017). Nos résultats ne sont pas en accord avec ceux de la bibliographie. A titre d'exemple, la teneur en composés phénoliques totaux d'*Artemisia herba alba* est de $8,6 \pm 1,42$ mg EAG g^{-1} MS. Cependant, les résultats de Laouini *et al.* (2016) montrent que l'extrait d'acétate d'éthyle d'*Artemisia herba alba* présente une teneur totale en composés phénoliques de $92,29 \pm 3,25$ mg EAG g^{-1} MS.

Les teneurs en flavonoïdes des PAM ont été évaluées à l'aide de la méthode au trichlorure d'aluminium. Selon Djeridane *et al.* (2006), les flavonoïdes constituent le groupe phénolique principal dans la plupart des familles botaniques. Les teneurs en flavonoïdes enregistrées varient de 2,95 à 11,11 mg EqQ mg g^{-1} MS. *Artemisia campestris* L. a une teneur en flavonoïdes ($11,11 \pm 0,56$ mg EqQ mg g^{-1} MS) significativement plus élevée que celle des autres plantes étudiées ($p < 0,05$). Cependant, Megdiche-Ksouri (2015) a déterminé le contenu en flavonoïdes d'une infusion d'*Artemisia campestris* L. et a trouvé $175,23 \pm 7,26$ mg EqQ mg g^{-1} MS. Laouini *et al.* (2016) montrent que l'extrait d'acétate d'éthyle d'*Artemisia herba alba* présente une teneur totale en flavonoïdes de $61,24 \pm 2,04$ mg ERT g^{-1} MS (ERT : équivalent à la rutine). Les différences de concentrations seraient dues à plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques : l'origine géographique, les facteurs écologiques notamment climatiques (la température et l'humidité), l'espèce végétal elle-même, le stade de croissance, l'organe végétal, la période de cueillette ainsi que la conservation du matériel végétal.

Diverses techniques sont disponibles pour évaluer l'activité antiradicalaire de composés spécifiques ou de mélanges complexes, cependant, une procédure unique ne peut pas rendre compte de tous les mécanismes possibles (Nikolić *et al.*, 2014). Par conséquent, dans la présente étude, deux méthodes ont été utilisées afin d'évaluer les propriétés antiradicalaire et antioxydante *in vitro* des PAM sélectionnées : le test de piégeage des radicaux DPPH et le test de blanchiment du β -carotène.

L'analyse de la variance réalisée sur l'activité de piégeage DPPH des composés phénoliques a montré des valeurs d'activité antiradicalaire significativement ($p < 0,05$) supérieures à celles du trolox, antioxydant synthétique de référence. Selon Cai *et al.*, (2004, 2005), la grande variation de l'activité antioxydante des plantes médicinales est due à la diversité des composés phénoliques, à leurs concentrations et aux différentes caractéristiques structurales et moléculaires de ces composés.

La méthode blanchiment au β -carotène est basée sur la perte de la couleur jaune du β -carotène sous l'action des radicaux formés par l'oxydation de l'acide linoléique. La vitesse de blanchiment du β -carotène est ralentie en présence d'antioxydants. L'activité antioxydante des plantes a été examinée par comparaison avec celle d'un antioxydant connu, la vitamine C. L'inhibition du blanchiment du β -carotène (AA %) par les extraits des PAM étudiées était de 64 à 85 %, alors que pour la vitamine C, elle était de 51 %. En conséquence, toutes les PAM étudiées ont une activité antioxydante supérieure à celle de l'antioxydant standard. Nos résultats sur *Artemisia campestris* L. concordent avec ceux de plusieurs études. Djidel et Khennouf (2014) ont signalé que l'extrait acétate d'éthyle a produit 82 % d'inhibition du blanchiment et a dépassé celui du BHT (hydroxytoluène butylé), et l'extrait chloroforme 79 %.

Li *et al.* (2008) ont trouvé une corrélation entre la capacité antioxydante et le contenu phénolique total de 45 plantes médicinales. Par conséquent, une teneur élevée en composés phénoliques est un facteur important dans la détermination de la capacité antioxydante des plantes médicinales. Dans la présente étude, l'AFC a été employé pour chercher des relations entre les valeurs des composés phénoliques totaux, flavonoïdes, activité antioxydante et activité antiradicalaire. Cependant, le test statistique n'a révélé aucune relations statistiques entre les différentes valeurs. Cette contestation pourrait être due au nombre de plantes utilisé dans la présente étude (sept plantes).

L'analyse des PAM collectées dans les Aurès montre leur richesse en composés phénoliques, particulièrement dans le cas d'*Artemisia campestris* L., *Thymus algeriensis*, *Artemisia herba alba* (Asso) et *Romarinus officinalis* L. Tous les pics n'ont pas été identifiés, mais ils ont pu être classés par familles, car la présence d'un substituant sur un composé phénolique ne modifie généralement pas son spectre d'absorption. Or, dans les plantes, les composés phénoliques sont présents sous diverses formes, substituées par un ou plusieurs groupements, notamment osidique, diosidique ou un acide uronique.

Artemisia campestris L. est l'espèce la plus riche en composés phénoliques, les flavonols étant la principale famille, suivis des dérivés de l'acide cinnamique. Les principaux composés phénoliques détectés sont la rutine, un composé non identifié dérivé de l'acide caféique et l'acide chlorogénique. D'autres composés phénoliques ont été identifiés à des concentrations plus faibles, à savoir l'acide néochlorogénique et le kaempférol-3-O-rutinoside. Ce profil en composés phénoliques est en accord avec ceux observés par Megdiche-Ksouri *et al.* (2014) et Sebai *et al.* (2014), où les flavonols étaient la principale classe de composés phénoliques chez *Artemisia campestris* L. Les principaux flavonols identifiés par ces auteurs étaient le kaempférol, la quercétine et la myricétine. L'acide chlorogénique a été identifié

comme un composé phénolique majeur dans *Artemisia campestris* L. d'Algérie (Djeridane *et al.*, 2006), de Tunisie (Sebai *et al.*, 2014) et d'Espagne (Megdiche-Ksouri *et al.*, 2014). Contrairement à Dib *et al.* (2017) qui ont rapporté un niveau élevé de flavones dans *Artemisia campestris* L., nous n'avons détecté aucune flavone.

Les dérivés d'acide cinnamique ont également été détectés comme la principale famille chimique chez *Artemisia herba alba* (Asso), le premier étant le même dérivé non identifié de l'acide caféique que dans *Artemisia campestris* L., suivi de l'acide chlorogénique et d'un autre dérivé non identifié. *Artemisia herba alba* (Asso) s'est avérée pauvre en flavonoïdes (moins de 4 mg.g⁻¹ MS). En accord avec nos résultats, l'acide chlorogénique a également été rapporté comme le principal composé phénolique de *Artemisia herba alba* (Asso) du Maroc (Mouhajiret *et al.*, 2001), de l'Algérie (Seddik *et al.*, 2010) et de la Roumanie (Ivanescu *et al.*, 2010). De plus, ces derniers auteurs ont indiqué la présence de l'acide chlorogénique chez plusieurs espèces d'*Artemisia* (*A. absinthium* L., *A. annua* L. et *A. vulgaris* L.).

Thymus algeriensis a présenté le deuxième plus haut niveau de composés phénoliques, avec principalement des dérivés de l'acide cinnamique et des flavones. L'acide rosmarinique était le principal composé phénolique, suivi d'un composé non classé, c'est-à-dire dont le spectre n'était celui d'aucun standard disponible au laboratoire. D'autres composés phénoliques étaient présents en plus faibles quantités. À notre connaissance, aucune donnée sur les composés phénoliques de *Thymus algeriensis* n'a été rapportée dans la littérature, cependant, d'autres espèces de *Thymus* ont été étudiées. Invariablement, l'acide rosmarinique est le composé dominant, comme l'ont observé Gavaric *et al.* (2015), Achour *et al.* (2017) et Pereira *et al.* (2016) chez *Thymus vulgaris*. Roby *et al.* (2013) ont constaté que les dérivés d'acide cinnamique sont les composés phénoliques dominants chez *Thymus vulgaris* L. (28 %) suivis par les flavonoïdes, notamment l'apigénine (8 %) et la lutéoline-7-O-rutinoside (7 %).

Les flavones et les dérivés de l'acide cinnamique constituent les principaux composés phénoliques de *Rosmarinus officinalis* L. tandis que les phénols simples sont très peu présents. Les principaux composés phénoliques identifiés sont l'acide rosmarinique, la lutéoline-7-O-glucoside et l'hespéridine. Achour *et al.* (2017) et Amaral *et al.* (2013) ont également trouvé que l'acide rosmarinique est le principal composé phénolique du romarin (12,2 mg.g⁻¹ MS et 38,5 mg.g⁻¹MS, respectivement). Contrairement à Wojdylo *et al.* (2007) ; Proestos et Komaitis (2008) et Amaral *et al.* (2013) nous n'avons pas trouvé d'acide chlorogénique, de lutéoline ou d'acide férulique parmi les principaux composés phénoliques de *Rosmarinus officinalis* L. D'après Mishra *et al.* (2018), la composition phénolique dépend des génotypes, de l'environnement, de la saison de récolte, du traitement à sec et des conditions de stockage.

Marrubium vulgare L. est parmi les espèces révélant les plus faibles concentrations de composés phénoliques (17,5 mg.g⁻¹ MS). Parmi ces derniers, le plus abondant est l'acide rosmarinique-like non identifié, le même composé détecté dans *Teucrium* (4,5 mg.g⁻¹ MS). De l'acide dicaféoyl quinique et de l'acide caféique-like non identifié ont également été détecté (2,7 et 1,8 mg.g⁻¹ MS). Plusieurs autres dérivés d'acide cinnamique comme l'acide néochlorogénique, l'acide chlorogénique, l'acide caféique, le verbascoside et quatre dérivés d'acide cinnamique non identifiés sont présents à des concentrations plus faibles. Boulila *et al.* (2015) ont détecté l'acide caféique, l'acide férulique, l'acide 2-hydroxy cinnamique, l'acide rosmarinique et l'acide trans-cinnamique comme principaux dérivés de l'acide cinnamique chez *Marrubium vulgare* L. poussant en Tunisie. Contrairement au *Marrubium vulgare* L. de la Tunisie qui contient, certains dérivés de flavone comme l'apigénine, la lutéoline, le kaempférol et la quercétine (Boulila *et al.*, 2015), le *Marrubium vulgare* L. des montagnes d'Aurès a enregistré très peu de flavonoïdes. De plus, Boudjelal *et al.* (2012) ont identifié l'acide chlorogénique, la lutéolin-O-glucoside, la lutéolin-O-glucuronide, l'apigénine-O-glucuronide, l'apigénine-O-glucoside et le chrysoeriol-O-glucuronide dans *Marrubium vulgare* L. poussant en Algérie (M'sila).

La majorité des composés phénoliques identifiés de *Teucrium polium* sont des dérivés d'acide cinnamique présentant des spectres de type acide rosmarinique pour une quantité totale de 19,4 mg.g⁻¹ MS: trois pics non identifiés (7, 5 et 2 mg.g⁻¹ MS), verbascoside (2 mg.g⁻¹ MS), et douze autres dérivés de l'acide cinnamique présents à de faibles concentrations. De faibles niveaux de flavonoïdes sont également présents (3 mg.g⁻¹ MS, 4 pics).

Juniperus phoenica L. est aussi l'espèce qui a présenté des faibles concentrations de composés phénoliques (11,4 mg.g⁻¹ MS). *Juniperus phoenica* L. a révélé un composé majeur avec un spectre de dérivés d'acide benzoïque (5,4 mg.g⁻¹ MS) et de petites quantités de flavanols, de flavones et d'acide cinnamique (3,4, 1 et 0,5 mg.g⁻¹ MS respectivement). Des composés phénoliques de certaines espèces de *Juniperus* ont été rapportés dans certaines publications. Taviano *et al.* (2013) ont identifié l'apigénine, la rutine dans *Juniperus phoenica* L. poussant en Italie et Sahin *et al.* (2017) ont identifié la rutine (147 mg.g⁻¹MS) dans le *Juniperus phoenica* L. provenant de la Turquie.

Toutes les PAM étudiées, excepté *Teucrium polium*, ont révélé des pourcentages de composés monoterpéniques similaires (P <0,05). *Teucrium polium* pour laquelle ils constituent les principaux composés volatils. Le test ANOVA a permis de classer les plantes en trois classes (P <0,05): *Teucrium polium* a montré le pourcentage le plus élevé de sesquiterpènes, *Juniperus phoenica* L., *Marrubium vulgare* L. et *Rosmarinus officinalis* L. ont révélé des

pourcentages moyens, tandis que *Artemisia herba alba* (Asso) et *Thymus algeriensis* ont enregistré les niveaux les plus bas. Cette constatation est en accord avec celle de Zouaoui *et al.* (2020) qui ont comparé les mêmes espèces végétales collectées dans les zones semi-arides d'Algérie (Biskra et ses environs) et ont constaté que *Artemisia campestris* L., *Teucrium polium* et *Rosmarinus officinalis* L. contenaient les pourcentages de sesquiterpènes les plus élevés et *Artemisia herba alba* (Asso) et *Thymus algeriensis* les plus faibles.

Les principaux composés volatils de *Artemisia herba alba* (Asso) sont la β -thujone (38 %), le camphre (19 %) et l' α -thujone (18 %). *Artemisia herba alba* (Asso) a enregistré également du germacrène D (6 %) et du 1,8-cinéole (2 %), mais contrairement aux autres PAM analysées, elle est dépourvue d' α -pinène. Il convient de noter que l' α -thujone et la β -thujone ont été trouvées uniquement dans *Artemisia herba alba* (Asso). Belhattab *et al.* (2012) ont identifié cinquante composés volatils dans *Artemisia herba alba* (Asso) récoltée en Algérie, avec le camphre (17-33 %), l' α -thujone (7-28 %) et la chrysanthénone (4-19 %) en tant que composés volatils majeurs. De même, l'analyse par GC/MS d'*Artemisia herba alba* (Asso) de Tunisie par Mighri *et al.* (2010) a révélé la β -thujone et l' α -thujone comme principaux composés volatils. Récemment, les principaux composés volatils d'*Artemisia herba alba* (Asso) qui poussent dans la région de Biskra (zone sèche d'Algérie) sont l' α -thujone (24,6 %) et la β -thujone (13,7 %) (Zouaoui *et al.*, 2020).

Les principaux composés volatils de *Juniperus phoenica* L. sont l' α -pinène (40 %), le β -myrcène (7 %) et le trans-caryophyllène (7 %). De plus, le δ -cadinène (5 %), le farnésol (5 %) et l' α -humulène (5%) ont également été identifiés. L'acétate d' α -terpinyle et le β -élémane ont été identifiés uniquement dans *Juniperus phoenica* L. Cependant, Zouaoui *et al.* (2020) ont constaté que *Juniperus phoenica* L. poussant dans les zones arides d'Algérie (Biskra) a une composition différente. L' α -pinène (27,2%), le β -citronellol (6,1%) et le δ -3-carène (4.78%) ont été les principaux composés détectés.

Le profil aromatique de *Rosmarinus officinalis* L. s'est caractérisé par la présence du camphre (27 %), du trans-caryophyllène (16 %), de l' α -pinène (12 %), du camphène (10 %), de l' α -humulène (7 %), du β -myrcène (6 %) et du δ -cadinène (5 %). Ribeiro-Santos *et al.* (2015) ont cité le 1,8-cinéole, l' α -pinène, le camphre, le myrcène, la verbénone, l'acétate de bornyle et le cymène comme des composés majoritaires de *Rosmarinus officinalis* L. Parallèlement, dans la présente étude et dans des études antérieures (Bendif *et al.*, 2016; Gurbuz *et al.*, 2016), le camphre s'est révélé le principal composé volatil de *Rosmarinus officinalis* L.

Les principaux composés volatils de *Thymus algeriensis* sont le β -myrcène (29 %), le camphre (13 %), le 1,8-cinéole (10 %), l' α -pinène (6 %), le camphène (6 %) et l'acétate de géranyle (3 %). Ces résultats sont conformes avec ceux rapportés par Zouaoui *et al.* (2020) pour *Thymus algeriensis* qui pousse à l'état sauvage dans l'une des zones arides d'Afrique du Nord (Biskra), le β -myrcène (13,8 %), le camphre (12,3 %) et l'acétate de linalyle (9,1 %) étant les principaux constituants, suivis par le 1,8-cinéole (6,3 %), l' α -pinène (4,6 %) et le camphène (4,6 %). De plus, les principaux composés volatils de *Thymus algeriensis* qui pousse en Tunisie sont le 1,8-cinéole (18 %), l' α -pinène (13,9 %), le camphre (8,1 %) et le thymol (7,2 %) (Ben El Hadj Ali *et al.*, 2012). Selon Naghdi Badi *et al.* (2004), les composés volatils de *Thymus algeriensis* présentent un polymorphisme chimique élevé, même dans des échantillons prélevés dans la même localité. Cette caractéristique semble être commune à toutes les espèces de *Thymus*.

Les principaux constituants identifiés de *Teucrium polium* sont le *trans*-caryophyllène (31 %), le limonène (10 %), le germacrène D (8 %), le farnésol (8 %), le β -myrcène (8 %) et le γ -cubebène (8 %). Dans l'étude de Zouaoui *et al.* (2020), l' α -guaiène (11,3 %) était le principal composé volatil de *Teucrium polium*, suivi du *trans*-caryophyllène (9,5 %) et de l' γ -élémyène (9,2 %). Cette variabilité qualitative et quantitative des composés volatils peut être liée à plusieurs facteurs comme le stade de croissance, la génétique, l'état du matériel végétal (sec, frais,...), les conditions géographiques et environnementales dont la composition du sol, les conditions climatiques en mettant l'accent sur le stress, les conditions environnementales telles que la sécheresse des zones semi-arides et arides, les variations saisonnières et les caractéristiques des sols.

Conclusion

Toutes les plantes aromatiques et médicinales sélectionnées se sont avérées riches en composés phénoliques. Les principaux composés volatils détectés sont : l' α -pinène, le 1,8-cinéole, le camphre, l' α -copaène, le β -myrcène et le trans-caryophyllène. Les extraits phénoliques ont montré des activités antiradicalaire et antioxydante intéressantes, parfois ces activités supérieures à celles des standards. Le dépistage du profil phénolique par HPLC-DAD, la teneur élevée en composés phénoliques des plantes médicinales des montagnes d'Aurès ont montré que *Artemisia campestris* L., *Thymus algeriensis*, *Artemisia herba alba* (Asso) et *Romarinus officinalis* L. sont les plantes aromatiques et médicinales qui contiennent les niveaux les plus élevés de ces composés.

En se référant à la bibliographie, plusieurs études ont confirmé que les composés phénoliques (Boutoial *et al.*, 2013) et terpéniques (Tornambé *et al.*, 2006) peuvent être transférés dans le lait. Comme les ruminants ne peuvent pas synthétiser des composés phénoliques ou terpéniques dans leurs tissus, ces composés, lorsqu'ils se trouvent dans le lait, ne peuvent provenir que de la consommation d'un régime alimentaire à base de plantes riches en ces composés (Sarkar et Shetty, 2014). De plus, les ruminants consomment jusqu'à 100 fois plus de composés phénoliques que l'homme. Après biotransformation par l'animal, la fraction sécrétée dans le lait peut refléter le régime alimentaire ou même avoir un intérêt nutritionnel pour l'homme (Besle *et al.*, 2010). Par conséquent, l'utilisation de PAM comme suppléments d'aliments pour les ruminants pourrait améliorer la qualité de lait grâce à son enrichissement en molécules bioactives telles que les composés phénoliques et les composés terpéniques. Dans cette perspective, une étude proposée sur les effets de ces métabolites secondaires sur les ruminants des zones semi-arides, en particulier dans les montagnes d'Aurès, et leurs produits laitiers et carnés sera souhaitable.

Volet 4.

*Composés phénoliques de lait
de chèvres soumises à un
régime supplémenté avec
Artemisia herba alba*

D'après les résultats de l'enquête (volet 2) et des analyses biochimiques des plantes aromatiques et médicinales (volet 3), des perspectives ont été proposées parmi lesquelles figurent l'incorporation de ces plantes dans la ration des ruminants afin d'enrichir leurs produits (viande et lait) en composés bioactifs notamment les composés phénoliques. Dans ce contexte, le quatrième volet (volet 4) a pour objectif d'étudier les effets de la distribution d'*Artemisia herba alba* en complément de la ration chez la chèvre laitière en production, sur la composition en certains composés bioactifs de lait (composés phénoliques). Ces effets ont été déterminés par comparaison de lait de chèvres recevant la même ration fourragère mais sans le supplément (chèvres témoins).

L'Armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso) a été sélectionnée pour être distribuée aux chèvres en expérimentation suite aux résultats collectés de l'enquête réalisée auprès des éleveurs. D'après les résultats de cette enquête, cette plante est très abondante dans les pâturages de la région, appréciée par les chèvres et ses caractéristiques sensorielles (goût et odeur) peuvent être détectées facilement dans leur lait.

1 Matériel et méthode

1.1 Site d'expérimentation

L'expérimentation a été effectuée au niveau de la ferme expérimentale de l'Institut Technique des de l'Elevages (ITELV), située sur la route de Batna à 9 km de Ain M'lila (wilaya d'Oum El-Bouaghi), à 49 km au Sud de Constantine et à 63 km à l'Ouest de la wilaya d'Oum El-Bouaghi, à l'étage climatique semi-aride et à une altitude de 678 m (latitude 35° 52' Nord et longitude 7° 6' Est). Cette région est caractérisée par des hivers froids avec une moyenne des minimas comprise entre 1 et 5 °C, au mois le plus froid (janvier) et des étés chauds et secs avec une moyenne des maximas comprise entre 33 et 40 °C, pour le mois le plus chaud (août). Les précipitations de la région sont irrégulières avec une moyenne de 350 mm /an (Boussena *et al.*, 2013; Belkadi *et al.*, 2017).

1.2 Matériel végétal

La plante (armoïse blanche) a été collectée entre avril et mai 2016, dans la même région (montagnes Aurès, Batna). Elle a été étalée d'une manière homogène et séchée à l'air libre (10 jours en moyenne) dans un endroit sec, aéré et à l'abri de la lumière au sein de la station ITELV d'Ain M'lila. Une fois séchée, elle a été broyée avec un broyeur à couteaux à une taille de particules entre 2 et 10 mm et stockée dans des sachets en polypropylène à une température ambiante.

1.3 Chèvres et stratégie expérimentale

L'expérimentation s'est déroulée pendant la période allant de mai à juillet 2016. Elle a porté sur 12 chèvres de la race Alpine à un stade de lactation entre 3 et 4 mois, élevées en système intensif. Les chèvres étaient en bonne santé, et suivies par des vétérinaires et des techniciens spécialistes en production animale. Elles ont été réparties en deux lots équitables de 6 animaux. Les chèvres témoins ont reçu une ration à base de concentrés : 25 % (mélange orge et son) et 75 % de paille, à raison de 2 kg MS/animal/jour. Les chèvres du lot expérimental ont reçu la même ration mais supplémenté par l'armoise blanche à raison de 200 g/animal/jour (soit 10 % armoise blanche, 25 % mélange orge et son, et 65 % de paille) (Boutoial *et al.*, 2012). Les refus de l'armoise blanche ont été collectés et pesés quotidiennement pour calculer la consommation nette. Les six chèvres du lot expérimental ont subi une période d'adaptation à l'armoise blanche de 14 jours avant les prélèvements. Après cette période, le lait de chaque chèvre, est collecté séparément le matin une fois chaque semaine. Pour chaque échantillon, 50 ml environ ont été prélevés dans des flacons stériles (60 ml) et conservés à une température négative (-18 °C).

1.4 Analyse chimique d'*Artemisia herba alba*

1.4.1 Analyse chimique

La matière sèche, les protéines brutes, les teneurs en fibres aux détergents neutres (NDF) et fibres aux détergents acides (ADF), les matières minérales et les matières organiques ont été déterminées en utilisant des procédures standard (AOAC, 1997).

1.4.2 Analyse chromatographique des composés phénoliques

a. Extraction des composés phénoliques

L'extraction des composés phénoliques de l'armoise blanche a été réalisée selon la méthode proposée par Reynaud *et al.* (2010) (volet 3, §1.5.1).

b. Analyse chromatographique

L'analyse chromatographique de l'extrait de l'armoise blanche a été réalisée à l'aide d'une chaîne Agilent LC1200 HPLC équipée d'un détecteur à barrette de diodes (DAD) (volet 3, §1.5.2). Les pics ont été identifiés en comparant leurs spectres d'absorbance entre 200 et 400 nm et leurs temps de rétention à ceux de standards du commerce. Les pics non identifiés ont été classés en familles en fonction de leurs spectres d'absorbance et quantifiés en équivalents d'une molécule standard appartenant à la même famille: catéchol ou phénol pour les phénols simples,

acide gallique, protocatéchique, 3- ou 4- hydroxybenzoïque pour les dérivés de l'acide benzoïque; acide *p*-coumarique, caféïque ou rosmarinique pour les dérivés de l'acide cinnamique; buteine pour les chalcones; génistéine, glyciteine ou formononétine pour les isoflavones; myricetine, rutine ou kaempferol-3-O- β -rutinoside pour les flavonols; catéchine ou épicatechine, pour les flavanols; taxifoline pour les flavanones. Les concentrations ont été exprimées en microgramme équivalent au standard d'intégration par gramme de la matière sèche de la plante ($\mu\text{g Eq g}^{-1}\text{ MS}$).

1.5 Analyse de lait

1.5.1 Analyse biochimique

Le taux butyreux (TB), le taux protéique (TP), le lactose et l'urée de lait de chèvres ont été mesurés selon des procédures standard (ISO, 2013).

1.5.2 Analyse chromatographique des composés phénoliques

a. Extraction des composés phénoliques

Les composés phénoliques de lait ont été extraits selon la méthode de King *et al.* (1998). Après déprotéinisation de lait par traitement à l'acétonitrile, les composés phénoliques sont déconjugués sous l'action de la glucuronidase. Ils sont ensuite purifiés en présence de méthanol et concentrés par évaporation. L'extrait est finalement repris dans du méthanol pur en vue d'une injection en HPLC-DAD. L'extraction des composés phénoliques de lait s'est déroulée en deux temps :

Étape 1. Extraction et purification à l'acétonitrile

L'échantillon de lait est décongelé à température ambiante la veille de l'extraction. Le jour de l'extraction, il est homogénéisé sur un agitateur balancier par retournements successifs. Huit tubes (8 tubes) de 80 ml contenant 24 ml d'acétonitrile et un barreau aimanté sont placés sur une plaque d'agitation multiposte. Huit millilitres (8 ml) de lait sont ajoutés goutte à goutte tout en agitant au niveau maximum. L'agitation est maintenue pendant 30 min. Après une centrifugation de 10 minutes à 17 °C et à 1000 g (centrifugeuse *Jouan CR3i*), 13 ml (2 x 6,5 ml), les surnageants sont introduits dans un tube à essai de 15 ml. Cette étape est doublée pour chaque échantillon. Les tubes sont mis à évaporer sous pression réduite dans un évaporateur centrifuge réglé à 38 °C jusqu'à un volume d'environ 0,5 ml. Dans chaque tube sont ajoutés 200 μl de tampon formiate 0,4 M, pH 5,0 et 25 μl de glucuronidase (Sigma-Aldrich, Lyon, France). Les tubes sont mis dans un bain-marie thermostaté à 37 °C sous agitation mécanique toute une nuit.

Étape 2 : Délipidation, déprotéinisation et purification au méthanol

Dans chaque tube, sont ajoutés 1,5 ml d'éthanol pur. Ceux-ci sont agités quelques secondes au vortex. Après 1 h dans un bain de glace, les tubes sont centrifugés 10 minutes à 4 °C et à 1000 g. Les deux surnageants issus du même échantillon de lait sont regroupés dans un tube préalablement taré et évaporés sous flux d'azote dans le bloc chauffant réglé à 30 °C jusqu'à 0,4 ml de phase aqueuse (le volume est ajusté si besoin avec de l'eau MilliQ). A l'extrait concentré, sont ajoutés 0,4 ml d'éthanol pur. Après 4-5 secondes d'agitation et 10 minutes de centrifugation à 7 °C et à 1000 g (centrifugeuse *Jouan CR3i*), le surnageant est prélevé et transféré dans un flacon à sertir de 2 ml. Les flacons sont centrifugés 10 minutes à 20 °C et à 1000 g. Les extraits de lait sont analysés par HPLC.

b. Analyse chromatographique

L'analyse chromatographique de l'armoise blanche a été réalisée à l'aide d'une chaîne Agilent LC1200 HPLC équipée d'un détecteur à barrette de diodes (DAD) (volet 3, §1.5.2). Le flavone a été utilisé comme étalon. Les pics ont été identifiés en comparant leurs spectres d'absorbance et leurs temps de rétention à ceux des standards du commerce. Les pics non identifiés ont été classés en familles en fonction de leurs spectres d'absorbance et quantifiés en équivalents d'une molécule standard appartenant à la même famille: catéchol ou phénol pour les phénols simples; acide gallique, protocatéchuïque, 3- ou 4-hydroxybenzoïque pour les dérivés de l'acide benzoïque; acide *p*-coumarique, caféïque, ou 1,5-dicafféoylquinique pour les dérivés de l'acide cinnamique; hespéridine pour les flavanones ; apigénine ou lutéoline pour les flavones; kaempférol-3-O-rutinoside ou rutine pour les flavonols ; catéchine ou épicatechine pour les flavanols ; ombelliférone pour les coumarines. Les concentrations ont été exprimées en microgramme équivalent de standard d'intégration par litre de lait ($\mu\text{g Eq.Std l}^{-1}$).

c. Estimation de la limite de détection et de quantification

La limite de détection (*Limit Of Detection*, LOD) a été déterminée expérimentalement comme la concentration produisant un signal de détecteur égal à trois fois le bruit de fond, et la limite de quantification (*Limit Of Quantification*, LOQ) comme la concentration qui a produit un signal de détecteur égal à 10 fois le bruit de fond (Boros *et al.*, 2010). Les LOD et les LOQ ont été estimées par régression linéaire.

Dix standards (10) ont été sélectionnés pour calculer leurs LOD et LOQ sur la base de leur présence dans le lait ou dans l'armoise blanche selon la bibliographie. Les différentes concentrations de ces standards ont été ajoutées au lait avant le processus d'extraction. Les courbes d'étalonnage ont été préparées pour chaque composé phénolique en mesurant quatre concentrations.

Le Taux de récupération a été aussi calculé, il est le rapport entre la surface du pic obtenu pour un ajout dans le lait sur la surface théorique.

1.6 Traitement statistique

Les données ont été traitées et saisies sur le logiciel Excel 2013. L'analyse des données a fait appel aux méthodes simples des statistiques descriptives. Les résultats concernant les analyses biochimiques et chromatographique de lait de chèvres ont été exprimés en moyennes \pm écarts-types (ET). L'effet de la supplémentation d'*Artemisia herba alba* sur les paramètres biochimiques et sur le profil en composés phénoliques du lait a été testé par ANOVA suivie du test *post-hoc* de *Tukey's Honest Significant Differences* à l'aide du logiciel Statistica version 10 (*StatSoft. Inc., Tulsa, OK, États-Unis*). Le seuil de signification a été fixé à 5 %.

2. Résultats

2.1 Composition chimique d'*Artemisia herba alba*

La composition chimique d'*Artemisia herba alba* est rapportée dans le tableau 10. L'évaluation des teneurs en protéines brutes, en fibres aux détergents acides (ADF) et en fibres aux détergents neutres (NDF) de la plante incorporée dans la ration des chèvres montre qu'elles sont modérées par rapport aux plantes des pâturages ($11,2 \pm 0,08$, $30,6 \pm 0,52$ et $42,8 \pm 0,50$ g/100g MS, respectivement).

Tableau 10. Composition chimique de l'armoise blanche incorporée dans la ration des chèvres en expérimentation (g/100g MS) dans des travaux antérieurs

Paramètre chimique (g/100g MS)	Présente étude	Boufennara <i>et al.</i> (2012)	Bouazza <i>et al.</i> (2012)	Moujahed <i>et al.</i> (2013)	BenSalem <i>et al.</i> (2000)	Aouadi <i>et al.</i> (2015)	Al-Masri (2013)
	Algérie	Algérie	Algérie	Tunisie	Tunisie	Tunisie	Syrie
CP	$11,2 \pm 0,08$	12,4	12,3	9,9	7,7	11,6	10,3
ADF	$30,6 \pm 0,52$	25,8	27,3	50,2	44,8	29,4	47,5
NDF	$42,8 \pm 0,50$	37,8	35,9	63,7	59,4	44,3	57,2
MO	$87,7 \pm 0,04$	92	92	/	94,7	/	/
MM	$12,3 \pm 0,06$	/	/	/	/	/	/
MS	$91,0 \pm 0,01$	/	/	/	/	/	/

CP, Crude Proteins (Protéines brutes) ; NDF, Neutral Detergent Fiber; ADF, Acid Detergent Fiber; MO, Matières Organiques; MM, Matières Minérales; MS, Matière Mèche; Les valeurs sont données en tant que moyenne \pm écart-type (SD) (n = 3).

2.2 Composés phénoliques d'*Artemisia herba alba*

Les principaux composés phénoliques détectés dans la plante incorporée et leurs classes représentatives sont résumés dans le tableau 11. Les résultats sont exprimés en mg.g^{-1} d'échantillon de matière sèche (MS). La teneur en composés phénoliques d'*Artemisia herba alba*, en comparaison avec les autres plantes analysées (volet 3), est modérée ($23,5 \text{ mg.g}^{-1}$ MS). Les classes de composés phénoliques les plus abondantes détectées sont : les dérivés de l'acide cinnamique ($15,4 \text{ mg.g}^{-1}$ MS), les flavonoïdes (5 mg.g^{-1} MS), les coumarines ($1,4 \text{ mg.g}^{-1}$ MS) et les dérivés de l'acide benzoïque ($0,3 \text{ mg.g}^{-1}$ MS). Au total, 6 composés ont été identifiés, parmi lesquels figurent trois dérivés de l'acide cinnamique (acide néochlorogénique, acide chlorogénique et acide caféique), deux dérivés de l'acide benzoïque (acide protocatéchique et acide 4-hydroxybenzoïque) et un flavonoïde (apigénine 7-O-rutinoside). Les pics restants, soit environ 49 composés non identifiés, appartenaient aux familles spectrales des dérivés de l'acide cinnamique (24 pics), des flavonoïdes (12 pics), des dérivés de l'acide benzoïque (7 pics) et les coumarines (6 pics).

Tableau 11. Analyse HPLC-DAD des composés phénoliques d'*Artemisia herba alba*

TR	Composés phénoliques	Concentration (mg.g ⁻¹ MS)
Dérivés de l'acide benzoïque :		
15,62	Acide protocatéchuique	0,05
23,89	Acide 4-hydroxybenzoïque	0,05
	Acide gallique-équivalent (3 pics)	0,03
	Acide 4-hydroxybenzoïque-équivalent (3 pics)	0,11
	Acide 2,3-dihydroxybenzoïque équivalent (1 pic)	0,06
	Dérivés totaux de l'acide benzoïque ^{*1}	0,30
Dérivés de l'acide cinnamique :		
15,55	Acide néochlorogénique	0,2
23,29	Acide chlorogénique	2,7
27,94	Acide caféique	0,1
	Acide <i>p</i> -coumarique-équivalent (2 pics)	0,1
	Acide caféique-équivalent (20 pics)	12,2
	Acide rosmarinique-équivalent (2 pics)	0,1
	Dérivés totaux de l'acide cinnamique ^{*2}	15,4
Coumarines :		
	Ombelliférone-équivalent (6 pics)	1,4
	Coumarines totales ^{*3}	1,4
Flavonoïdes :		
<u>Flavanones</u>		
	Taxifoline-équivalent (2 pics)	0,2
	Flavanones totales ^{*4}	0,2
<u>Flavones</u>		
59,71	Apigénine 7-O-rutinoside	0,1
	Apigénine-équivalents (6 pics)	2
	Flavones totales ^{*5}	2,1
<u>Flavonols</u>		
	Rutine-équivalents (4 pics)	2,6
	Flavonols totaux ^{*6}	2,6
	Flavonoïdes totaux	5
	Non classés totaux (5 pics)	1,4
	Composés phénoliques totaux	23,4

TR : Temps de rétention moyens ; Ni : Composés phénolique non identifiés.

* Les pics non identifiés ont été classés en familles selon leur spectre d'absorbance et quantifiés en équivalents d'une molécule standard appartenant à la même famille : 1 : équivalent acide gallique, protocatechuique, acide 4-hydroxybenzoïque ou acide 2,3-dihydroxybenzoïque ; 2 : équivalent acide *p*-coumarique, caféique ou rosmarinique, 3 : équivalent ombelliférone ; 4 : équivalent taxifoline, 5 : équivalent apigénine 6 : équivalent rutine.

2.3 Composition chimique de lait

Les paramètres biochimiques de lait de chèvres en expérimentation et des chèvres témoins sont résumés dans le tableau 12. Selon le test ANOVA, l'ajout d'*Artemisia herba alba* à 10 % dans la ration des chèvres en expérimentation n'a aucun effet significatif ($p < 0,05$) sur les teneurs en matière grasse, matière protéique, urée et lactose.

Tableau 12. Paramètres biochimiques de lait de chèvres suivant un régime complété et de ceux des témoins.

Paramètres	Lait de chèvres en expérimentation				Lait de chèvres témoins			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Matières grasses (g.100 l ⁻¹)	3,03±0,67	2,95±0,91	3,75±0,60	3,47±0,59	nd	3,43±0,89	3,23±0,37	3,42±0,71
Matière protéique (g.100 l ⁻¹)	2,50±0,46	2,71±0,64	3,12±0,44	2,73±0,10	nd	2,92±0,51	3,06±0,21	3,07±0,22
Urée (g.100 l ⁻¹)	46±12	42±6,4	50±8,8	47±10,1	nd	48±14,7	46 ±6,8	51 ±8,5
Lactose (g.100 l ⁻¹)	4,70 ±0,13	4,70 ±0,25	4,76 ±0,27	4,86 ±0,22	nd	4,83±0,26	4,84±0,30	4,87±0,14

S = semaine ; nd : non déterminés ; les valeurs sont données en tant que moyenne ± écart-type (SD) (n = 3).

2.4 Composés phénoliques identifiées de lait

Afin de déterminer le passage de composés phénoliques d'*Artemisia herba alba* au lait de chèvre, des échantillons provenant des deux groupes d'animaux en expérimentation ont été étudiés. Les résultats obtenus (tableau 13) montrent qu'il y a eu un transfert positif de certains polyphénols dans le lait. Selon l'analyse de la variance (ANOVA), les teneurs en composés phénoliques (catéchol, acide 3-hydroxycinnamique, 2-hydroxyquinoline et Urolithin B) détectés dans le lait de chèvres soumises à un régime supplémenté de 10 % de d'*Artemisia herba alba*, comparativement au groupe témoin, sont significativement différentes ($p < 0,05$). En effet, le lait de chèvres suivant un régime complété par *Artemisia herba alba* à la quatrième semaine a une teneur en acide 3-hydroxycinnamique-like ($0,06 \pm 0,05 \mu\text{g.l}^{-1}$) significativement supérieure à celle de chèvres témoins ($p < 0,05$). De plus, le lait de chèvres suivant un régime avec *Artemisia herba alba* a une teneur en acide t-o-coumarique-like ($0,02-0,01 \mu\text{g.l}^{-1}$) supérieure à celle de chèvres témoin avec une différence hautement significative ($p < 0,001$). Cependant, les composés urolithin A et urolithin B étaient présents dans le lait de chèvres témoins et absents dans le lait de chèvres suivants le régime supplémenté par *Artemisia herba alba*.

Tableau 13. Teneurs en composés phénoliques ($\mu\text{g.l}^{-1}$) évaluées par HPLC-DAD de lait des chèvres suivants un régime complété et ceux des témoins

TR	Lait de chèvres suivant un régime supplémenté				Lait de chèvres témoins				
	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	
15,5	NI	0,10±0,02	0,10±0,05	0,10±0,02	0,06±0,02	ND	0,16±0,03	0,08±0,02	0,07±0,01
16,38	NI	0,01±0,01	0,06±0,08	0,06±0,02	0,25±0,20	ND	0,07±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01
19,04	Catéchol	0,01±0,01	0,01±0,01 ^{ab}	0,00±0,01 ^{ab}	0,00±0,01 ^{ab}	ND	0,01±0,01 ^{ab}	0,02±0,01 ^b	0,00±0,00 ^a
35,74	Phénol	0,16±0,14	0,20±0,21	0,15±0,14	0,06±0,04	ND	0,12±0,08	0,10±0,05	0,09±0,04
38,59	NI	0,01±0,01	0,02±0,00 ^{ab}	0,03±0,00 ^c	0,02±0,00 ^b	ND	0,00±0,00 ^{ab}	0,03±0,00 ^c	0,01±0,01 ^b
50,6	NI	0,03±0	0,04±0,01	0,23±0,19	0,06±0,06	ND	0,04±0,02	0,03±0,02	0,04±0,02
54,4	NI	0,01±0	0,01±0,01 ^{ab}	0,02±0,01 ^{bc}	0,02±0,01 ^{abc}	ND	0,02±0,00 ^c	0,01±0,01 ^{ab}	0,01±0,00 ^a
61,36	NI	0,12±0,01	0,12±0,02	0,12±0,02	0,12±0,02	ND	0,12±0,02	0,12±0,02	0,12±0,02
23,09	Acide 4-hydroxybenzoïque	0,03±0,03	0,01±0,01	0,01±0,01	0,03±0,01	ND	0,02±0,01	0,02±0,02	0,02±0,02
27,52	Acide vératrique-like	0,02±0,01	0,02±0,01	0,02±0	0,02±0,01	ND	0,02±0,01	0,02±0,01	0,03±0,01
51,87	NI	0,01±0	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	ND	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00
30,68	Acide 3-hydroxycinnamique-like	0,01±0,01	0,01±0,01 ^a	0,01±0,00 ^a	0,06±0,05 ^b	ND	0,02±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a
35,11	t-o-coumarique-like	0,02±0,01	0,02±0,01	0,01±0,00	0,01±0,01	ND	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
46,18	N-cinnamoyl-glycine	0,7±0,29	0,95±0,32	1,00±0,29	0,60±0,21	ND	1,09±0,23	0,96±0,22	0,64±0,08
22,52	NI	0,17±0,07	0,16±0,09	0,11±0,04	0,09±0,03	ND	0,38±0,16	0,13±0,09	0,19±0,10
26	Riboflavine	0,92±0,23	0,56±0,36	0,68±0,06	0,50±0,11	ND	0,90±0,43	0,51±0,16	0,70±0,36
29,48	NI	0,13±0,03	0,08±0,03	0,11±0,04	0,06±0,03	ND	0,09±0,03	0,05±0,02	0,09±0,06
46,18	Lumichrome	0,15±0,02	0,15±0,04	0,12±0,02	0,09±0,02	ND	0,14±0,04	0,09±0,01	0,11±0,05

23,78	Acide hippurique	12,7±2,05	9,64±3,97	16,29±3,92	7,71±3,61	ND	11,94±3,04	11,69±3,15	10,93±2,1
46,81	Acide benzoïque	0,09±0,02	0,1±0,03	0,13±0,04	0,1±0,04	ND	0,11±0,02	0,11±0,02	0,11±0,03
19,48	Acide 2-hydroxyquinoline-like	0,06±0,03	0,02±0,01 ^a	0,01±0,01 ^a	0,02±0,01 ^a	ND	0,03±0,01 ^a	0,02±0 ^a	0,08±0,02 ^c
21,19	Tryptophane	3,28±0,71	2,42±0,25	2,55±0,38	2,56±0,72	ND	3,34±0,47	2,74±0,55	3,51±0,65
31,44	NI	0,23±0,06	0,26±0,08	0,23±0,06	0,26±0,10	ND	0,27±0,13	0,22±0,09	0,26±0,07
32,64	NI	0,26±0,24	0,07±0,02	0,15±0,04	0,15±0,06	ND	0,23±0,13	0,10±0,03	0,31±0,23
37,7	NI	0,07±0,05	0,09±0,04	0,10±0,03	0,10±0,04	ND	0,07±0,02	0,06±0,02	0,01±0,01
39,22	NI	0,25±0,24	0,05±0,02	0,13±0,05	0,11±0,05	ND	0,26±0,18	0,07±0,02	0,28±0,23
41,12	NI	0,07±0,08	0,01±0,01	0,04±0,01	0,02±0,01	ND	0,10±0,08	0,03±0,01	0,07±0,08
43,65	N-acétyle-tryptophane	0,02±0,02	0,04±0,02	0,05±0,01	0,02±0,02	ND	0,03±0,01	0,01±0,01	0,01±0,01
47,44	NI	0,01±0,01	0,03±0,01	0,02±0,01	0,03±0,01	ND	0,03±0,01	0,02±0,00	0,02±0,01
50,6	Urolithine A	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	ND	0,00±0,00	0,02±0,02	0,03±0,03
55,03	Urolithine B	0,00±0,00	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	ND	0,00±0,00 ^a	0,01±0,01 ^b	0,00±0,00 ^a
53,77	Apigénine	0,03±0,00	0,03±0,00	0,02±0,00	0,03±0,00	ND	0,03±0,01	0,02±0,00	0,02±0,00

NI, Non identifié ; S, Semaine ; TR, Temps de rétention ; like = composés non identifiés

2.5 Limites de détection, limites de quantification et taux de récupération

Les valeurs de limites de détection (LOD), de limites de quantification (LOQ) et taux de récupération sont présentées dans le tableau 14. Les LOD et les LOQ variaient de 1,057 à 94,309 µg/ml et de 3,202 à 285,784 µg/ml, respectivement.

Tableau 14. Valeurs de LOD, LOQ et taux de récupération de la méthode HPLC-DAD pour les standards phénoliques utilisés.

Standards	Taux de récupération (%)	LOD (µg/ml)	LOQ (µg/ml)	Gamme linéaire (µg/mL)	R ²
Lumichrome	-	1,057	3,202	0,1-200	0,9996
2-éthylphénol	14	1,184	3,589	0,5-10	0,9973
2-méthoxy-4-méthylphénol	20	2,209	6,694	0,5-10	0,9897
Acide caféique	10	3,114	9,435	0,1-50	0,9994
Taxifoline	-	5,940	17,999	1-100	0,9991
Cinnamoylglycine	16	8,771	26,578	0,1-100	0,9986
4-ethylcatechol	66	13,115	39,742	1-200	0,9980
Benzaldéhyde	-	20,988	63,601	0,1-50	0,9263
Catéchol	66	39,731	120,397	1-100	0,9848
Acide hippurique	-	94,309	285,784	10-800	0,9987

LOD, limit of detection; LOQ, limit of quantitation; R, coefficients de corrélation.

3. Discussions

La teneur en protéines brutes (CP) d'*Artemisia herba alba* est supérieure au niveau minimum (7-8 % MS) requis pour la fonction optimale du rumen et l'apport alimentaire chez les ruminants (Bouazza *et al.*, 2012; Boufennara *et al.*, 2012). Ainsi, *Artemisia herba alba* semble être une source de protéines intéressante pour les chèvres et elle ne nécessite aucune supplémentation en azote pour améliorer leur ingestion et leur digestion par les chèvres. La teneur moyenne en protéines brutes d'*Artemisia herba alba* est similaire à celles rapportées par certains auteurs notamment Bouazza *et al.* (2012) et Boufennara *et al.*, (2012) ayant analysé *Artemisia herba alba* qui pousse en Algérie, Aouadi *et al.* (2015) en Tunisie, El-Aich (1991) au Maroc et Al-Masri (2013) en Syrie. Cependant, elles sont supérieures à celles rapportées par BenSalem *et al.* (2000) et Moujahed *et al.* (2013) ayant étudié *Artemisia herba alba* qui pousse en Tunisie.

Sur la base de la composition chimique révélée, *Artemisia herba alba* peut être classée comme une plante riche en fibres, car elle présente une teneur élevée en fibres ADF et NDF ($30,6 \pm 0,52$ et $42,8 \pm 0,50$, respectivement). La teneur élevée en fibres de cette plante pourrait être expliquée par les conditions environnementales régnant dans la région, car les températures élevées et les faibles précipitations ont tendance à augmenter la fraction de la paroi cellulaire et à diminuer le contenu soluble des plantes (Bousseboua *et al.*, 2012).

Selon Vasta *et al.* (2013), *Artemisia herba alba* peut résister à la sécheresse et que, par conséquent, elle pourrait représenter une source d'alimentation alternative dans les régions semi-arides. Comme d'autres espèces d'*Artemisia*, *Artemisia herba alba* possède une activité anti-helminthique chez les ruminants. Selon Baba-Aissa (2000), cette espèce est souvent préconisée par les éleveurs dans l'alimentation des ruminants comme vermifuge. De même, cette plante représente une importante ressource fourragère et se caractérise par une bonne valeur fourragère et par des propriétés antiseptique, vermifuge et antispasmodique. Ces résultats expliquent son utilisation dans la médecine traditionnelle et dans l'alimentation animale (Baba-Aissa, 2000; Houmaniet *et al.*, 2004; Vasta *et al.*, 2013).

Dans la présente étude, l'HPLC-DAD a révélé qu'*Artemisia herba alba* possède une teneur modérée en composés phénoliques. Les dérivés de l'acide cinnamique se sont avérés comme la principale classe familiale de composés phénoliques d'*Artemisia herba alba* (Asso), le premier étant l'acide caféique-équivalents et le second étant l'acide chlorogénique. D'autres composés phénoliques sont présents mais en faibles quantités, parmi lesquels figurent l'acide néochlorogénique, l'acide protocatéchique, l'acide 4-hydroxybenzoïque et l'apigénine 7-O-

rutinoside. Dans cette plante, les flavonoïdes sont présents comme les flavonols, les flavones et les flavanones. Six pics ombelliférone-équivalents ont été aussi détectés chez cette plante. En effet, les composés phénoliques jouent divers rôles tels que les activités antioxydante, antimicrobienne (Bouzidi *et al.*, 2016), antiallergique, anti-inflammatoire (Abushwereb et Tolba, 2016; Laouini *et al.*, 2016), anticancéreuse (Fornari *et al.*, 2011; Eddine *et al.*, 2016), antifongique, antiprotozoaire, neuroprotectrice et antihelminthique (Bouzidi *et al.*, 2016) et d'autres activités biologiques (Mohamed *et al.*, 2010; Bouzidi *et al.*, 2016; Haoues *et al.*, 2016). Par conséquent, la recherche sur l'utilisation des composés phénoliques, comme antioxydants naturels et comme composés favorisant la santé à partir de sources végétales, a donné lieu à des essais expérimentaux examinant les effets des plantes dans l'alimentation des animaux laitiers, en raison de leur capacité à améliorer la santé animale, la qualité et la valeur nutritive de leurs produits. Dans un tel contexte, la défense antioxydante de l'animal joue un rôle essentiel et l'apport d'antioxydants exogènes dits « naturels » par le biais de l'alimentation est devenu un enjeu essentiel pour les nouvelles stratégies de conduites des animaux et pour la recherche en santé animale. Dans ce cadre, nous ne pouvons aujourd'hui que poser l'hypothèse selon laquelle les parcours des chèvres dans les régions semi-arides riches en composés secondaires constitueraient une source de composés antioxydants de nature très diverse qui pourrait augmenter la capacité antioxydante globale des animaux via les complémentarités d'actions mis en jeu. En outre, de nombreux extraits dérivés de plantes, qui contiennent des quantités considérables de divers flavonoïdes, sont commercialement proposés pour la nutrition animale avec la prétention d'améliorer ou de stabiliser les performances animales et la santé (Ginane *et al.*, 2008; Berger *et al.*, 2012).

Un autre paramètre important à analyser est la variation possible de la composition chimique du lait résultant de l'introduction d'un nouvel aliment dans l'alimentation animale. Par conséquent, les paramètres les plus communs définissant la qualité du lait (matières grasses, la matière protéique, l'urée et le lactose) ont été mesurés au cours de la période de l'expérimentation. Dans la présente étude, aucune différence statistiquement significative n'a été décelée entre les valeurs obtenues des deux lots (ajout de l'armoise à 10 % au régime des chèvres expérimentales et le témoin). Il semble probablement que la proportion d'*Artemisia herba alba* utilisée (10 %) dans cette étude n'était pas suffisamment élevée pour modifier la composition biochimique de lait qui en résulte. Les composés phénoliques n'ont pas modifié probablement la fermentation du rumen (dégradation des protéines, de l'amidon et des acides aminés) (Chiofalo *et al.*, 2012). Ces résultats sont partiellement en accord avec ceux de Boutoial *et al.* (2012) ayant déclaré que l'administration de feuilles de romarin à 10 % et à 20 % dans le

régime alimentaire de la chèvre entraîne une augmentation de la teneur en protéines du lait, tandis que l'apport alimentaire de suppléments de thym à 20 % augmente la teneur en lactose. Les auteurs ont confirmé que la supplémentation de thym a amélioré les attributs sensoriels du lait, confirmant son grand potentiel de supplémentation en régime alimentaire pour la chèvre.

Selon l'analyse de la variance (ANOVA), les teneurs en quelques composés phénoliques détectés dans le lait de chèvres soumises à un régime supplémenté de 10 % de d'*Artemisia herba alba*, comparativement au groupe témoin, sont significativement différentes ($p < 0,05$). Cette différence pourrait être liée au transfert de composés phénoliques dans le lait, et ces composés sont également présents dans l'*Artemisia herba alba*. Le lait de chèvres suivant un régime avec *Artemisia herba alba* à la quatrième semaine a une teneur en acide 3-hydroxycinnamique-like (non identifié) significativement supérieure à celle de chèvres témoins ($p < 0,05$). De plus, le lait de chèvres en expérimentation suivant un régime avec *Artemisia herba alba* a une teneur en acide t-o-coumarique-like (non identifié) supérieure à celle de chèvres témoin avec une différence hautement significative ($p < 0,001$). La présence de l'acide coumarique à des concentrations plus élevées pourrait être reliée au métabolisme des coumarines d'*Artemisia herba alba* ajoutée. Il a été démontré par Levy (1964) que l'acide o-coumarique est une dégradation des coumarines (figure 26). Par conséquent, l'introduction d'*Artemisia herba alba* dans le régime alimentaire d'une chèvre augmente la présence de l'acide coumarique dans son lait, ce qui montre des différences statistiquement significatives dans les groupes de chèvres suivant un régime avec l'*Artemisia herba alba* par rapport au groupe témoin. Ainsi, il semble que la supplémentation de 10 % d'*Artemisia herba alba* pourrait représenter une stratégie nutritionnelle efficace pour enrichir le lait de chèvres en certaines composés phénoliques.

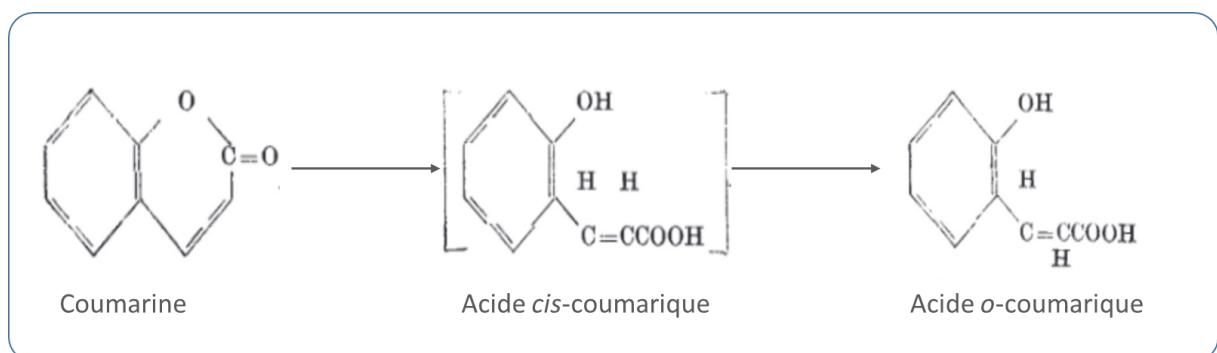


Figure 26. Schéma de dégradation de la coumarine en acide t-o-coumarique (Levy, 1964)

Selon Reynolds (1998), les composés phénoliques hydrophobes ayant un poids moléculaire inférieur à 500 g.mol^{-1} (coumarine, $\text{PM} = 146 \text{ g.mol}^{-1}$) traversent facilement les membranes lipidiques. Au-dessus de ce poids moléculaire, la perméabilité est inversement dépendante du poids moléculaire des composants. C'est le cas de la rutine-like (non identifié) qui a un poids moléculaire de 610 g.mol^{-1} (composants hydrophobes ayant un poids moléculaire supérieur à 500 g.mol^{-1}). Malgré la présence de la rutine-like (non identifié) dans l'*Artemisia herba alba* à une concentration de $2,6 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MS}$, nous n'avons pas détecté de la rutine dans le lait de chèvre.

À notre connaissance actuelle, il s'agit de la première étude à comparer les effets d'*Artemisia herba alba* sur le profil en composés phénoliques de lait de chèvres. Les résultats rapportés dans le présent travail confirment ceux publiés par Jordán *et al.* (2010), qui ont introduit des feuilles de plantes aromatiques à un taux de 10 et 20 % du régime basal des chèvres et ont observé une augmentation des flavonoïdes (hespéridine, naringine et genkwanine), de l'acide gallique et des diterpènes (carnosol et acide carnosique) dans le lait qui en a résulté.

Dans la présente étude, l'introduction de la partie aérienne d'*Artemisia herba alba* dans l'alimentation animale dans la proportion de 10 % n'a pas modifié la totalité du profil en composés phénoliques (lumichrome, N-cinnamoyl-glycine, acide 4-hydroxybenzoïque, etc.) ou leurs métabolites (acide hippurique, acide benzoïque, etc.) par rapport au groupe témoin, car aucune différence statistiquement significative n'a été détectée entre les teneurs en composés phénoliques des différents groupes de chèvres pendant toute la durée de l'essai expérimental.

En effet, la demande croissante de la production animale dans les systèmes d'élevage biologiques a suscité l'intérêt pour certaines substances naturelles, appelées nutraceutiques, capables de stimuler les défenses organiques des animaux. En plus de la mise en évidence des composés phénoliques dans le lait de chèvres pâturant ces PAM, il serait intéressant de compléter cette étude par des essais expérimentaux qui examinent d'autres effets de ces plantes sur leur capacité à améliorer la santé animale et la qualité de ses produits (lait et produits laitiers).

Conclusion générale

Les plantes aromatiques et médicinales constituent une source intéressante de biomolécules d'intérêt. Dans le cadre de la valorisation de plantes endémiques des zones arides et semi-arides Algériennes, nous nous sommes intéressés aux PAM comme suppléments d'aliments pour les chèvres dans les montagnes Aurès. A l'issue de cette étude, les principaux constats soulevés sont les suivants :

Vingt-neuf (29) espèces de PAM appartenant à dix-huit familles botaniques ont été identifiées. Les plus représentées sont les *Lamiaceae*, les *Asteraceae*, les *Apiaceae* et les *Liliaceae*. Les plantes aromatiques et médicinales les plus consommées par les chèvres sont : *Thymus algeriensis* > *Artemisia herba alba* Asso > *Rosmarinus officinalis* L. > *Juniperus phoenica* L. > *Artemisia campestris* L > *Marrubium vulgare* L.

Thymus algeriensis et *Artemisia herba alba* Asso sont à la fois les plantes les plus abondantes des montagnes des Aurès et les plus pâturées par les chèvres. De plus, ces plantes sont considérées comme tributaires de la saveur et de l'arôme agréables de lait de chèvres. Les sesquiterpènes pourraient être responsables de la mauvaise appétence des PAM dans la région montagneuse d'Aures et de la modification de l'arôme et de la saveur du lait de chèvre consommant ces plantes. En revanche, les composés phénoliques ne semblent pas affecter la palatabilité des PAM par les chèvres, alors qu'ils pourraient améliorer la qualité de ses produits.

Les extraits de *Juniperus phoenica* L. ont la teneur en composés phénoliques totaux la plus élevée ($p < 0,05$), suivie de ceux de *Rosmarinus officinalis* L.

Artemisia campestris L. a enregistré la teneur en flavonoïdes la plus élevée que celles des autres espèces étudiées ($p < 0,05$).

La composition en pourcentage des composés terpéniques de PAM a été estimée. Les principaux composés volatils identifiés à l'aide de HS-SPME-GC-MS sont l' α -pinène, le β -thujone, le trans-caryophyllène, le β -myrcène, le camphre et l' α -thujone.

Le criblage phytochimique par HPLC-DAD des PAM, montre la richesse des espèces étudiées en composés phénoliques. Les classes de composés phénoliques les plus abondantes détectées sont les flavonoïdes, les dérivés de l'acide cinnamique, les dérivés de l'acide benzoïque et les coumarines. *Artemisia campestris* L. est l'espèce qui a manifesté la plus forte concentration en ces composés phénoliques, suivie par *Thymus algeriensis* puis *Artemisia herba alba* Asso.

L'activité de balayage DPPH des composés phénoliques a montré des valeurs de l'activité antiradicalaire significativement ($p < 0,05$) supérieures à celle de trolox (antioxydant synthétique), en tant que produit de référence standard. Les différents extraits ont des activités

de réduction importante. La meilleure activité a été observée dans les extraits de *Romarinus officinalis* L., *Thymus algeriensis* et *Artemisia campestris* L. L'activité antioxydante des composés phénoliques des PAM traitées a été examinée en la comparant à l'activité d'un antioxydant connu (vitamine C), en suivant le test de blanchiment au β -carotène. Les PAM traitées ont révélé une activité antioxydante supérieure à celle de l'antioxydant standard.

La teneur en protéines brutes d'*Artemisia herba alba* supplémentée aux chèvres en expérimentation est supérieure au niveau minimum requis pour la fonction optimale du rumen et l'apport alimentaire chez les ruminants. Ainsi, *Artemisia herba alba* semble être une source de protéines acceptable pour les chèvres et elle ne nécessite aucune supplémentation en azote pour améliorer leur ingestion et leur digestion par les chèvres.

Les classes de composés phénoliques les plus abondantes détectées dans *Artemisia herba alba* supplémentée aux chèvres en expérimentation sont les dérivés de l'acide cinnamique, les flavonoïdes, les coumarines et les dérivés de l'acide benzoïque. Au total, six composés ont été identifiés, parmi lesquels figurent trois dérivés de l'acide cinnamique (acide néochlorogénique, acide chlorogénique et acide caféique), deux dérivés de l'acide benzoïque (acide protocatéchique et acide 4-hydroxybenzoïque) et un flavonoïde (apigénine 7-O-rutinoside).

L'ajout de l'armoise blanche à 10 % dans la ration des chèvres en expérimentation n'a pas d'effet significatif ($p < 0,05$) sur les teneurs en matière grasse, matière protéique, urée et lactose de lait de chèvres en expérimentation et de chèvres témoins.

Dans la présente étude, le criblage des composés phénolique de lait de chèvres en expérimentation par HPLC-DAD, montre que les classes de composés chimiques les plus abondantes détectées sont : les phénols simples, les dérivés de l'acide benzoïque, les dérivés de l'acide cinnamique et les flavonoïdes. Quelques composés phénoliques ont présenté des différences significatives ($p < 0,05$) en concentration dans le lait provenant de chèvres nourris avec un régime alimentaire contenant 10 % de d'*Artemisia herba alba*. Cette différence pourrait être liée au transfert de composés phénoliques dans le lait. Le lait de chèvres suivant un régime avec *Artemisia herba alba* à la quatrième semaine a une teneur en acide 3-hydroxycinnamique significativement supérieure à celle de chèvres témoin ($p < 0,05$). De plus, la teneur en acide t-o-coumarique-like de lait de chèvres en expérimentation suivant un régime avec *Artemisia herba alba* est supérieure à celle de chèvres témoin avec une différence hautement significative ($p < 0,001$).

En fin, à la lumière de ces résultats, nous pouvons conclure que *Artemisia herba alba* (Asso) peut être considérée comme un bon supplément d'aliments pour les chèvres. Il est recommandé de préserver l'élevage traditionnel basé sur des plantes endémiques d'intérêt et de les exploiter sur les plans économique et santé ; et de préserver et valoriser ces savoirs traditionnels.

L'ensemble de ces résultats obtenus ne constitue qu'une première étape dans la recherche des substances de source naturelle biologiquement actives dans le lait de chèvres. Il serait intéressant de compléter ce travail par des études approfondies pour :

- Préserver l'élevage traditionnel basé sur des plantes endémiques d'intérêt et de les exploiter sur les plans économique et santé ; et de préserver et valoriser ces savoirs traditionnels ;
- Etudier la bioaccessibilité *in vivo* et *in vitro* de ces composés phénoliques ;
- Déterminer les effets des composés phénoliques sur la production de lait de chèvres ;
- Connaitre les effets des composés phénoliques sur la croissance de la flore bactérienne et les agents pathogènes de lait des ruminants ;
- Analyser la qualité technologique et organoleptique des dérivés laitiers et de lait de chèvres issue du pâturage.
- Elargir l'étude à d'autres zones non encore exploitées pour valoriser leurs bioressources.

*Références
bibliographiques*

- Abushwereb, H., and Tolba, M. (2016). Gastroprotective Activity of *Artemisia herba alba* Aqueous Extract On Aspirin-induced Gastric Lesions in Albino Rats. *Journal of Pharmaceutical and Applied Chemistry*, 2(3), 141–145. <https://doi.org/10.18576/jpac/020303>
- Acamovic, T., and Brooker, J. D. (2005). Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. *Proceedings of the Nutrition Society*, 64(03), 403–412. <https://doi.org/10.1079/pns2005449>
- Achour, M., Mateos, R., Fredj, B., and Mtiraoui, A. (2017). A Comprehensive characterisation of Rosemary tea obtained from *Rosmarinus officinalis* L. collected in a sub-humid area of Tunisia. *Phytochemical Analysis*, John Wiley and Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/pca.2717>
- Addis, M., Piredda, G., Pirisi, A., Decandia, M., Scintu, M. F., Spada, S., Molle, G., Pinna, G., and Fiori, M. (2006). The inclusion of a daisy plant (*Chrysanthemum coronarium*) in dairy sheep diet: 2. Effect on the volatile fraction of milk and cheese. *Livestock Science*, 101(1–3), 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.09.009>
- Aerts, R. J., Barry, T. N., and McNabb, W. C. (1999). Polyphenols and agriculture: Beneficial effects of proanthocyanidins in forages. In *Agriculture, Ecosystems and Environment*: Vol. 75, Issues 1–2, pp. 1–12. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00062-6)
- Akrout, A., Alarcon, L., El, H., and Campra, P. (2011). Antioxidant and antitumor activities of *Artemisia campestris* and *Thymelaea hirsuta* from southern Tunisia. *Food and Chemical Toxicology*, 49(2), 342–347. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.11.003>
- Alexandre, G., Arquet, R., Fleury, J., Troupé, W., Boval, M., Archimède, H., Mahieu, M., et Mandonnet, N. (2012). Systèmes d'élevage caprins en zone tropicale Analyse des fonctions et des performances. *Productions Animales*, 25(3), 305–316.
- Al-Masri, M. R. (2013). Nutritive evaluation of some native range plants and their nutritional and anti-nutritional components. *Journal of Applied Animal Research*, 41(4), 427–431. <https://doi.org/10.1080/09712119.2013.792733>
- Alonso-Díaz, M. A., Torres-Acosta, J. F. J., Sandoval-Castro, C. A., and Hoste, H. (2010). Tannins in tropical tree fodders fed to small ruminants: A friendly foe. *Small Ruminant Research*, 89(2–3), 164–173. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.040>
- Alu'datt, M. H., Rababah, T., Alhamad, M. N., Al-Mahasneh, M. A., Almajwal, A., Gammoh, S., Ereifej, K., Johargy, A., and Alli, I. (2017). A review of phenolic compounds in oil-bearing plants: Distribution, identification and occurrence of phenolic compounds. In *Food Chemistry* (Vol. 218, pp. 99–106). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.057>
- Alzhri, A. G. (2007). Determination of chemical composition of Prangos and the possibility to use in the applied field. *Doctorat thesis*, Damascus University. 54 p.
- Amaral, G., de Carvalho, N., Barcelos, R., Dobrachinski, F., Portella Rde, L., da Silva, M., Lugokenski, T., Dias, G., da Luz, S., Boligon, A., Athayde, M., Villetti, M., Antunes Soares, F., and Fachinnetto, R. (2013). Protective action of ethanolic extract of *Rosmarinus officinalis* L. in gastric ulcer prevention induced by ethanol in rats. *Food Chem Toxicol.*, May; 55, 48–55.
- Ando, S., Nishida, T., Ishida, M., Hosoda, K., and Bayaru, E. (2003). Effect of peppermint feeding on the digestibility, ruminal fermentation and protozoa. *Livestock Production Science*, 82(2–3), 245–248. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00012-5](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00012-5)
- Andrade-Montemayor, H. M., Cordova-Torres, A. V., García-Gasca, T., and Kawas, J. R. (2011). Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). *Small Ruminant Research*, 98(1–3), 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.023>
- AOAC. (1997). Association of Official Analytical Chemists International Official Methods of Analysis. *Arlington* (Ed.); 16th Edition. AOAC.

- Aouadi, D., Zorghi, L., Neffati, M., and Ben Salem, H. (2015). The evaluation of the nutritional potential of five Mediterranean woody plants rich in phytochemicals. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 24(2), 160–165. <https://doi.org/10.22358/jafs/65643/2015>
- Araújo, M., Pimentel, F. B., Alves, R. C., and Oliveira, M. B. P. P. (2015). Phenolic compounds from olive mill wastes: Health effects, analytical approach and application as food antioxidants. In *Trends in Food Science and Technology*: Vol. 45, Issue 2, pp. 200–211. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.010>
- Aufrere, J., Theodoridou, K., et Baumont, R. (2012). Valeur alimentaire pour les ruminants des légumineuses contenant des tannins condensés en milieux tempérés. In *Productions Animales*: Vol. 25, Issue 1, pp. 29–44.
- Aurousseau, B. (2002). Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'élevage: conséquences sur la reproduction, la physiologie et la qualité de leurs produits. *INRA Prod. Anim.*, 15(1), 67–82.
- Baba Aissa, F. (2000). Encyclopedie des Plantes Utiles: flore d'algerie et du maghreb. Librairie Moderne Rouiba, EDAS, Alger. 368 p.
- Banerjee, A., Dasgupta, N., and De, B. (2005). *In vitro* study of antioxidant activity of fruit. *Food Chemistry*, 90(4), 727–733. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.033>
- Barbin G. (2012). Chapitre 01 « L'économie de la filière caprine » cité par Lucbert J., L'élevage des chèvres. E. F. Agricole (ed.). *Institut de l'élevage*. 330 p.
- Barroso, J. G., Cristina Figueiredo, A., Belhattab, R., Pedro, L. G., and Amor, L. (2012). Essential oil from *Artemisia herba-alba* Asso grown wild in Algeria: Variability assessment and comparison with an updated literature survey. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(2), 243–251. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.04.042>
- Bayourthe, C., et Ali-Haimoud-Lekhal, D. (2014). Les extraits de plantes chez le ruminant: effets sur les fermentations dans le rumen et la qualité lipidique des produits animaux. *INRA Productions Animales*, 27(4), 317–327.
- Beghami, Y., Kalla, M., Thinson, M., and Benmessaoud, H. (2012). Spatiotemporal Dynamics of Forest and Mountain Formations in Aurès Area, Algeria. *Journal of Life Sciences*, 6, 663–669.
- Belaid, D. (2016). Elevage caprin en Algérie. *Collection Dossiers Agronomiques*, 37 p.
- Belkadi, S., Safsaf, B., Heleili, N., Tlidjane, M., Belkacem, L., and Oucheria, Y. (2017). Seasonal influence on sperm parameters, scrotal measurements, and serum testosterone in Ouled Djellal breed rams in Algeria. *Veterinary World*, 10(12), 1486–1492. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1486-1492>
- Ben El Hadj Ali, I., Guetat, A., and Boussaid, M. (2012). Chemical and genetic variability of *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. (Lamiaceae), a North African endemic species. *Industrial Crops and Products*, 40 (1), 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.03.021>
- Benabdelkader, T. (2012). Biodiversité, Bioactivité et Biosynthèse des Composés Terpéniques Volatils des Lavandes Ailées, *Lavandula stoechas* Sensu Lato, un Complexe d'Espèces Méditerranéennes d'Intérêt Pharmacologique. *Ecole Normale Supérieure de Kouba*, Algérie. 281 p
- Benarba, B. (2016). Medicinal plants used by traditional healers from South-West Algeria: An ethnobotanical study. *Journal of Intercultural Ethnopharmacology*, 5(4), 320–330. <https://doi.org/10.5455/jice.20160814115725>
- Benchaar, C., Chouinard, P. Y., Ouellet, D. R., Petit, H. V., Berthiaume, R., and Chiquette, J. (2007). Effects of Essential Oils on Digestion, Ruminal Fermentation, Rumen Microbial Populations, Milk Production, and Milk Composition in Dairy Cows Fed Alfalfa Silage or Corn Silage. *Journal of Dairy Science*, 90(2), 886–897. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(07\)71572-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(07)71572-2)

- Benchaar, C., Duynisveld, J. L., and Charmley, E. (2006). Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. *Canadian Journal Animal Science*, 96, 86–91.
- Benchaar, C., Fraser, G. R., Chaves, A. V., Colombatto, D., Calsamiglia, S., McAllister, T. A., and Beauchemin, K. A. (2008). A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1–4), 209–228. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.014>
- BenSalem, H., Nefzaoui, A., Salem, L. Ben, Ben Salem, H., Ben Salem, L., and Nefzaoui, A. (2000). Sheep and goat preferences for Mediterranean fodder shrubs. Relationship with the nutritive characteristics. *CIHEAM Options Méditerranéennes*, 159(52), 155–159.
- Beretta, G., Artali, R., Facino, R. M., and Gelmini, F. (2011). An analytical and theoretical approach for the profiling of the antioxidant activity of essential oils: the case of *Rosmarinus officinalis* L. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 55(5), 1255–1264. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.03.026>
- Berger, L. M., Blank, R., Zorn, F., Wein, S., Metges, C. C., and Wolfram, S. (2015). Ruminal degradation of quercetin and its influence on fermentation in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 98(8), 5688–5698. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9633>
- Berger, L. M., Wolfram, S., Blank, R., Wein, S., and Metges, C. C. (2012). Bioavailability of the flavonol quercetin in cows after intraruminal application of quercetin aglycone and rutin. *Journal of Dairy Science*, 95(9), 5047–5055. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5439>
- Bernasconi, M. L., Turlings, T. C. J., Bassetti, P., Ambrosetti, L., and Dorn, S. (2003). Herbivore-induced emissions of maize volatiles repel the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 87(2), 133–142. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1998.00315.x>
- Besle, J. -M, Jouany, J. -P, and Cornu, A. (1995). Transformations of structural phenylpropanoids during cell wall digestion. *FEMS Microbiology Reviews*, 16(1), 33–52. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1995.tb00154.x>
- Besle, J. M., Lamaison, J. L., Pradel, P., Fraisse, D., Viala, D., and Martin, B. (2004). Flavonoids, from forages to milk. *Renc. Rech. Ruminants*, 11(1), 67–70.
- Besle, J. M., Viala, D., Martin, B., Pradel, P., Meunier, B., Berdagué, J. L., Fraisse, D., Lamaison, J. L., and Coulon, J. B. (2010). Ultraviolet-absorbing compounds in milk are related to forage polyphenols. *Journal of Dairy Science*, 93(7), 2846–2856. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2939>
- Bhatta, R., Uyeno, Y., Tajima, K., Takenaka, A., Yabumoto, Y., Nonaka, I., Enishi, O., and Kurihara, M. (2009). Difference in the nature of tannins on *in vitro* ruminal methane and volatile fatty acid production and on methanogenic archaea and protozoal populations. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5512–5522. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1441>
- Bielicki, G., Agabriel, C., Chilliard, Y., Martin, B., Cornu, A., Engel, E., and Ferlay, A. (2007). Relevance of Isotopic and Molecular Biomarkers for the Authentication of Milk According to Production Zone and Type of Feeding of the Cow. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(22), 9099–9108. <https://doi.org/10.1021/jf0714620>
- Bodas, R., Prieto, N., García-González, R., Andrés, S., Giráldez, F. J., and López, S. (2012). Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1–4), 78–93. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.010>
- Bohlmann, J., and Keeling, C. I. (2008). Terpenoid biomaterials. *The Plant Journal: For Cell and Molecular Biology*, 54(4), 656–669. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03449.x>

- Bonilla, J., Vargas, F. C., de Oliveira, T. G., da Aparecida Makishi, G. L., and do Amaral Sobral, P. J. (2015). Recent patents on the application of bioactive compounds in food: A short review. *Current Opinion in Food Science*, 5, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.05.012>
- Boros, B., Jakabová, S., Dörnyei, Á., Horváth, G., Pluhár, Z., Kilár, F., and Felinger, A. (2010). Determination of polyphenolic compounds by liquid chromatography-mass spectrometry in *Thymus* species. *Journal of Chromatography A*, 1217(51), 7972–7980. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.07.042>
- Bouasla, A., and Bouasla, I. (2017). Ethnobotanical survey of medicinal plants in northeastern of Algeria. *Phytomedicine*, 36, 68–81. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.09.007>
- Bouazza, L., Bodas, R., Boufennara, S., Bousseboua, H., and López, S. (2012). Nutritive evaluation of foliage from fodder trees and shrubs characteristic of Algerian arid and semi-arid areas. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 21(3), 521–536. <https://doi.org/10.22358/jafs/66126/2012>
- Boudjelal, A., Henchiri, C., Sari, M., Sarri, D., Hendel, N., Benkhaled, A., and Ruberto, G. (2013). Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (North Algeria): An ethnopharmacology survey. *Journal of Ethnopharmacology*, 148(2), 395–402. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.03.082>
- Boudjelal, A., Henchiri, C., Siracusa, L., Sari, M., and Ruberto, G. (2012). Compositional analysis and *in vivo* anti-diabetic activity of wild Algerian *Marrubium vulgare* L. infusion. *Fitoterapia*, 83(2), 286–292. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.11.005>
- Boulila, A., Sanaa, A., Salem, I. Ben, Rokbeni, N., M'rabet, Y., Hosni, K., and Fernandez, X. (2015). Antioxidant properties and phenolic variation in wild populations of *Marrubium vulgare* L. (Lamiaceae). *Industrial Crops and Products*, 76(2015), 616–622. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.069>
- Boumendjel, M., Feknous, N., Mekideche, F., Dalichaouche, N., Feknous, I., Touafchia, L., Metlaoui, N., et Zenki, R. (2017). Caractérisation du lait de chèvre produit dans la région du Nord-Est Algérien. Essai de fabrication du fromage frais. *Algerian Journal of Natural Products*, 5(2), 492–506.
- Bourabah, A., Ayad, A., Boukraa, L., Hammoudi, S. M., and Benbarek, H. (2013). Prevalence and etiology of subclinical mastitis in goats of the Tiaret Region, Algeria. *Global Veterinaria*, 11(5), 604–608. <https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2013.11.5.8112>
- Bourgou, S., Snoussi, M., Mkadmini, K., Tebourbi, O., Ksouri, R., Noumi, A., Trabelsi, N., Megdiche-Ksouri, W., and Barbria, R. (2014). *Artemisia campestris* phenolic compounds have antioxidant and antimicrobial activity. *Industrial Crops and Products*, 63, 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.029>
- Bousseboua, H., Bouazza, L., Lopez, S., Bodas, R., and Boufennara, S. (2012). Chemical composition and digestibility of some browse plant species collected from Algerian arid rangelands. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(1), 88. <https://doi.org/10.5424/sjar/2012101-134-11>
- Boussena, S., Bouaziz, O., Zerrougui, S., Derqaoui, L., and Tainturier, D. (2013). Performances de croissance corporelle et testiculaire avant le sevrage chez les agneaux de race Ouled Djellal. *Revue de Medecine Veterinaire*, 164(4), 191–199.
- Boutoial, K., Ferrandini, E., Rovira, S., García, V., and López, M. B. (2012). Effect of feeding goats with rosemary (*Rosmarinus officinalis* spp.) by-product on milk and cheese properties. *Small Ruminant Research*, 112(1–3), 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.12.002>
- Boutoial, K., García, V., Rovira, S., Ferrandini, E., Abdelkhalek, O., and López, M. B. (2013). Effect of feeding goats with distilled and non-distilled thyme leaves (*Thymus zygis* subsp. *gracilis*) on milk and cheese properties. *Journal of Dairy Research*, 80(4), 448–456. <https://doi.org/10.1017/S0022029913000459>
- Bouzidi, N., Mederbal, K., and Raho, G., B. (2016). Antioxidant Activity of Essential Oil of *Artemisia herba alba*. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 6(5), 59–65.

- Bramucci, M., Biqiku, L., Lupidi, G., Djamel Miara, M., Vittori, S., Vitali, L. A., Quassinti, L., Boudjeniba, M., Maggi, F., Sagratini, G., Bendif, H., and Caprioli, G. (2016). *Rosmarinus eriocalyx*: An alternative to *Rosmarinus officinalis* as a source of antioxidant compounds. *Food Chemistry*, 218, 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.063>
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., and Kamel, C. (2006). Plant Extracts Affect *In Vitro* Rumen Microbial Fermentation. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 761–771. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72137-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72137-3)
- Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., and Corke, H. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences*, 74(17), 2157–2184. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2003.09.047>
- Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret, A., and Kamel, C. (2005). Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on *in vitro* rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle. *Journal of Animal Science*, 83(11), 2572–2579. <https://doi.org/10.2527/2005.83112572x>
- Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret, A., and Kamel, C. (2006). Effects of alfalfa extract, anise, capsicum, and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet. *Journal of Animal Science*, 84(10), 2801–2808. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-593>
- Caroprese, M., Ciliberti, M. G., and Albenzio, M. (2020). Chapter 15 :Application of aromatic plants and their extracts in dairy animals. In *Feed Additives, Aromatic Plants and Herbs in Animal Nutrition and Health*. pp. 261-277. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814700-9.00015-7>
- Carpino, S., Horne, J., Melilli, C., Licitra, G., Barbano, D. M., and Van Soest, P. J. (2004). Contribution of Native Pasture to the Sensory Properties of Ragusano Cheese. *Journal of Dairy Science*, 87(2), 308–315. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73169-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73169-0)
- Celhay, C., Mathieu, C. E., Candy, L., Vilarem, G., and Rigal, L. (2014). Aqueous extraction of polyphenols and antiradicals from wood by-products by a twin-screw extractor: Feasibility study. *Comptes Rendus Chimie*, 17(3), 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2014.01.008>
- Cermak, R., Landgraf, S., and Wolfram, S. (2003). The bioavailability of quercetin in pigs depends on the glycoside moiety and on dietary factors. *The Journal of Nutrition*, 133(9), 2802–2807. <https://doi.org/10.1093/jn/133.9.2802>
- Chen, L. Y., Cheng, C. W., and Liang, J. Y. (2015). Effect of esterification condensation on the Folin-Ciocalteu method for the quantitative measurement of total phenols. *Food Chemistry*, 170, 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.038>
- Chermat, S., and Gharzouli, R. (2015). Ethnobotanical Study of Medicinal Flora in the North East of Algeria - An Empirical Knowledge in Djebel Zdim (Setif). *Journal of Materials Science and Engineering A*, 5(2), 50–59. <https://doi.org/10.17265/2161-6213/2015.1-2.007>
- Chilliard, Y. (1997). Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre. *Intérêts Nutritionnel et Diététique Du Lait de Chèvre*. Ed. INRA, Paris, 51–64.
- Chiofalo, V., Liotta, L., Fiumanò, R., Riolo, E. B., and Chiofalo, B. (2011). Influence of dietary supplementation of *Rosmarinus officinalis* L. on performances of dairy ewes organically managed. *Small Ruminant Research*, 104(1–3), 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.051>
- Chung, K. T., Wei, C. I., and Johnson, M. G. (1998). Are tannins a double-edged sword in biology and health? *Trends in Food Science and Technology*, 9(4), 168–175. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00028-4](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00028-4)

- Cobellis, G., Acuti, G., Forte, C., Menghini, L., De Vincenzi, S., Orrù, M., Valiani, A., Pacetti, D., and Trabalza-Marinucci, M. (2015). Use of *Rosmarinus officinalis* in sheep diet formulations: Effects on ruminal fermentation, microbial numbers and in situ degradability. *Small Ruminant Research*, 126(S1), 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.01.018>
- Cobellis, G., Trabalza-Marinucci, M., and Yu, Z. (2016). Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review. *Science of the Total Environment*, 545–546, 556–568. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.103>
- Coppa, M., Ferlay, A., Monsallier, F., Verdier-Metz, I., Pradel, P., Didienne, R., Montel, M. C., Pomiès, D., Martin, B., et Farruggia, A. (2012). Le système de pâturage influence-t-il les caractéristiques nutritionnelles et sensorielles des fromages. *Fourrages*, 209, 33–41.
- Cornu, A., Carnat, A. P., Martin, B., Coulon, J. B., Lamaison, J. L., and Berdagué, J. L. (2001). Solid-phase microextraction of volatile components from natural grassland plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(1), 203–209. <https://doi.org/10.1021/jf0008341>
- Cornu, A., Kondjoyan, N., Martin, B., Ferlay, A., Pradel, P., Coulon, J. B., et Berdagué, J. L. (2002). Vers une reconnaissance des principaux régimes alimentaires des vaches à l'aide des profils terpéniques du lait. Toward the recognition of the main diets distributed to cows by means of terpene profiles in milk. *Renc. Rech. Ruminants*, 9(1), 370 p.
- Costa, D. C., Costa, H. S., Albuquerque, T. G., Ramos, F., Castilho, M. C., and Sanches-Silva, A. (2015). Advances in phenolic compounds analysis of aromatic plants and their potential applications. *Trends in Food Science and Technology*, 45(2), 336–354. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.009>
- Costa, R., Franchina, F. A., Certo, G., Mondello, L., Grasso, E., Ragusa, S., Zanotto, A., Russo, M., and Germanò, M. P. (2015). Phytochemical screening of *Artemisia arborescens* L. by means of advanced chromatographic techniques for identification of health-promoting compounds. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 117, 499–509. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2015.10.006>
- Coulon, J.-B., Delacroix-Buchet, A., Martin, B., and Pirisi, A. (2004). Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: a review. *Le Lait*, 84(3), 221–241. <https://doi.org/10.1051/lait:2004008>
- Daddaoua, A., Puerta, V., Requena, P., Martínez-Férez, A., Guadix, E., de Medina, F., Zarzuelo, A., Suárez, M., Boza, J., and Martínez-Augustin, O. (2006). Goat milk oligosaccharides are anti-inflammatory in rats with hapten induced colitis. *Journal of Nutrition*, 136, 672–676. <https://doi.org/10.1093/jn/136.3.672>
- Dahmoune, F., Remini, H., Dairi, S., Aoun, O., Moussi, K., Bouaoudia-Madi, N., Adjeroud, N., Kadri, N., Lefsih, K., Boughani, L., Mouni, L., Nayak, B., and Madani, K. (2015). Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from *P. lentiscus* L. leaves: Comparative study of artificial neural network (ANN) versus degree of experiment for prediction ability of phenolic compounds recovery. *Industrial Crops and Products*, 77, 251–261. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.08.062>
- Dalle Zotte, A., Celia, C., and Szendro, Z. (2016). Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *Livestock Science*, 189, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.024>
- Di Trana, A., Bonanno, A., Cecchini, S., Giorgio, D., Di Grigoli, A., and Claps, S. (2015). Effects of Sulla forage (*Sulla coronarium* L.) on the oxidative status and milk polyphenol content in goats. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8414>
- Dib, I., Angenot, L., Mihamou, A., Ziyat, A., and Tits, M. (2017). *Artemisia campestris* L.: Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological review. *Journal of Herbal Medicine*, 7, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2016.10.005>

- Djenane, D., Yangüela, J., Montañés, L., Djerbal, M., and Roncalés, P. (2011). Antimicrobial activity of *Pistacia lentiscus* and *Satureja montana* essential oils against *Listeria monocytogenes* CECT 935 using laboratory media: Efficacy and synergistic potential in minced beef. *Food Control*, 22(7), 1046–1053. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.12.015>
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., and Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97(4), 654–660. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.028>
- Djidjel, S., and Khennouf, S. (2014). Radical Scavenging, Reducing Power, Lipid Peroxidation Inhibition and Chelating Properties of Extracts from *Artemisia campestris* L. Aerial Parts. *Annual Research and Review in Biology*, 4(10), 1691–1702. <https://doi.org/10.9734/arrb/2014/7908>
- Dung, N. T., Kim, J. M., and Kang, S. C. (2008). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merr and Perry buds. *Food and Chemical Toxicology : An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 46(12), 3632–3639. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.09.013>
- Działo, M., Mierziak, J., Korzun, U., Preisner, M., Szopa, J., and Kulma, A. (2016). The potential of plant phenolics in prevention and therapy of skin disorders. In *International Journal of Molecular Sciences* ; Vol. 17, Issue 2. <https://doi.org/10.3390/ijms17020160>
- Eddine, L. S., Redha, O. M., and Ladjel, S. (2016). Influence of solvent extraction on phenolic content, antioxidant and anti-inflammatory activities of aerial parts extract from Algerian *Artemisia Herba-alba*. *Journal of Pharmacy Research* ; 10(1), 58–64.
- Eddouks, M., Ajebli, M., and Hebi, M. (2017). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in Daraa-Tafilalet region (Province of Errachidia), Morocco. *Journal of Ethnopharmacology*, 198, 516–530. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.12.017>
- El-Aich, A. (1991). Fodder trees and shrubs in range and farming systems in North Africa. In *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock* (pp. 61–73). *FAO Animal Production and Health*, Paper 102. FAO, Rome.
- Elias, D., and Tischew, S. (2016). Goat pasturing - A biological solution to counteract shrub encroachment on abandoned dry grasslands in Central Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 234, 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.023>
- El-Masri M.R. (2016). Nutritive evaluation of some native range plants and their nutritional and anti-nutritional components. *Journal of Applied Animal Research*, 41(4), 427–431. <https://doi.org/10.1080/09712119.2013.792733>
- Erdogan, O. I., Belhattab, R., Şenol, F. S., Gülpinar, A. R., Hoşbaş, S., and Kartal, M. (2010). Profiling of cholinesterase inhibitory and antioxidant activities of *Artemisia absinthium*, *A. herba-alba*, *A. fragrans*, *Marrubium vulgare*, *M. astranicum*, *Origanum vulgare* subsp. *glandulosum* and essential oil analysis of two *Artemisia* species. *Ind Crops Prod*, 32, 566–571.
- Estell, R. E. (2010). Coping with shrub secondary metabolites by ruminants. *Small Ruminant Research*, 94(1–3), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.09.012>
- Estell, R. E., Fredrickson, E. L., Anderson, D. M., Havstad, K. M., and Remmenga, M. D. (2000). Effect of individual terpenes on consumption of alfalfa pellets by sheep. *Journal of Animal Science*, 78(6), 1636. <https://doi.org/10.2527/2000.7861636x>
- Fadli, M., Pagès, J. M., Mezrioui, N. E., Abbad, A., and Hassani, L. (2016). *Artemisia herba-alba* Asso and *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf essential oils and their capability to restore antibiotics efficacy. *Industrial Crops and Products*, 89, 399–404. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.039>

- Fajardo Rodríguez, J., Verde López, A., Rivera Núñez, D., Valdés Franzi, A., and Obón De Castro, C. (2008). Investigación y divulgación del conocimiento etnobiológico en Castilla-La Mancha. *Sabuco*, 6, 137–156.
- Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bourouai, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., and Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331(5), 372–379. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.02.008>
- Falowo, A. B., Fayemi, P. O., and Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.022>
- FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine (FAO (ed.); Colection). Rome, 273 p. <http://www.fao.org/3/t4280f/T4280F07.htm>
- FAO. (2016). FAO. <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algerie.htm>, Consulté le 2016/12/12
- FAO. (2019). FAO. <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QA>, Consulté le 2019/03/01
- Farruggia, A., Martin, B., Baumont, R., Prache, S., Doreau, M., Hoste, H., and Durand, D. (2008). Is floristic diversity of permanent pastures important for ruminants and animal products. *Productions Animales*, 21(2), 181–199.
- Farruggia, A., Meisser, M., and Mosimann, E. (2008). La pâture, un argument pour la valorisation des produits de montagne sur les marchés de consommation. *Fourrages*, 6, 461–472.
- Ferrie, A. M. R. (2007). Doubled haploid production in nutraceutical species: a review. *Euphytica*, 158(3), 347–357. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9242-0>
- Fitouhi, N., Debbabi, H., Mathlouthi, N., Gliguem, H., Choaybi, M., et C., D. (2013). Influence d'une supplémentation en huiles essentielles et graines de fenugrec sur la qualité du yaourt étuvé nature. *Renc. Rech. Ruminants*, 182 p.
- Fornari, E., Quassinti, L., Gali-Muhtasib, H. U., Avenali, L., Lupidi, G., Bramucci, M., and Khalife, H. (2011). Antiproliferative activities of *Artemisia herba-alba* ethanolic extract in human colon cancer cell line (HCT116). *Alternative Medicine Studies*, 1(1), 14. <https://doi.org/10.4081/ams.2011.e14>
- Fraisse, D., Carnat, A., Viala, D., Pradel, P., Besle, J.-M., Coulon, J.-B., Felgines, C., and Lamaison, J.-L. (2007). Polyphenolic composition of a permanent pasture: variations related to the period of harvesting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(13), 2427–2435. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2918>
- Gaborit, P., and Lauret, A. (2005). The relationship between quality criteria of goat milk, its technological properties and the quality of the final products. 60, 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.010>
- Gachkar, L., Yadegari, D., Rezaei, M., Taghizadeh, M., Astaneh, S., and Rasooli, I. (2007). Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. *Food Chemistry*, 102(3), 898–904. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.035>
- García, V., Rovira, S., Boutoial, K., and López, M. (2014). Improvements in goat milk quality: A review. *Small Ruminant Research*. Volume 121, Issue 1, 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.034>
- García, Víctor, López, M. B., Rovira, S., Boutoial, K., and Ferrandini, E. (2016). Consumer acceptance of milk from goats fed a diet supplemented with aromatic plants. *International Journal of Dairy Technology*, 70(1), 146–150. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12324>
- Gavaric, N., Kladar, N., Misan, A., Nikolic, A., Samojlik, I., Mimica-Dukic, N., and Bozin, B. (2015). Post-distillation waste material of thyme (*Thymus vulgaris* L., Lamiaceae) as a potential source of biologically active compounds. *Industrial Crops and Products*, 74, 457–464. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.070>

- Gavira, C. (2013). Production de terpènes fonctionnalisés par les cytochromes P450 de plantes recombinants. *Thèse de Doctorat*, Biochimie, Biologie Moléculaire. Université de Strasbourg, 2013. 285 p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01124093>
- Ghasemzadeh, M. R., Amin, B., Mehri, S., Mirnajafi-Zadeh, S. J., and Hosseinzadeh, H. (2016). Effect of alcoholic extract of aerial parts of *Rosmarinus officinalis* L. on pain, inflammation and apoptosis induced by chronic constriction injury (CCI) model of neuropathic pain in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 194, 117–130. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.08.043>
- Ghlissi, Z., Sayari, N., Kallel, R., Bougatef, A., and Sahnoun, Z. (2016). Antioxidant, antibacterial, anti-inflammatory and wound healing effects of *Artemisia campestris* aqueous extract in rat. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 84, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.09.018>
- Ginane, C., Dumont, B., Baumont, R., Prache, S., Fleurance, G., et Farruggia, A. (2008). Comprendre le comportement alimentaire des herbivores au pâturage : Intérêts pour l'élevage et l'environnement. *Renc. Rech. Ruminants*, 1, 315–322.
- Gramza, A., Pawlak-Lemańska, K., Korczak, J., Wąsowicz, E., and Rudzinska, M. (2005). Tea Extracts as Free Radical Scavengers. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(6). 1230–1285.
- Graulet, B., Piquet, M., Duriot, B., Pradel, P., Hulin, S., Cornu, A., Portelli, J., Martin, B. et Farruggia, A. (2012). Variations des teneurs en micronutriments de l'herbe de prairies de moyenne montagne et transfert au lait. *Fourrages*, 59–68.
- Grzesiak, T. (1989). Prescrire du lait de chèvre en pédiatrie: Révolutionnaire. *Le concours Médical*, 111(35), 3059–3064.
- Guillon, Y. (2010). Diversité des composés terpéniques volatils au sein du genre *Lavandula* : aspects évolutifs et physiologiques. *Thèse de Doctorat*. Université Jean Monnet - Saint-Etienne, 225 p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00675866>
- Gurbuz, B., Bagdat, R. B., Uyanik, M., and Rezaeieh, K. A. P. (2016). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) cultivation studies under Ankara ecological conditions. *Industrial Crops and Products*, 88, 12–16. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.028>
- Güzel, Y., Güzelşemme, M., and Miski, M. (2015). Ethnobotany of medicinal plants used in Antakya: a multicultural district in Hatay Province of Turkey. *Ethnopharmacology*, 174, 118–152.
- Hallier, A., Noirot, V., Medina, B., Leboeuf, L., et Cavret, S. (2013). Dosage dans le lait de vache de composés actifs d'huiles essentielles administrées par voie orale. *Rencontre Recherche Ruminant*, 20(1), 113.
- Han, J., Britten, M., St-Gelais, D., Champagne, C. P., Fustier, P., Salmieri, S., and Lacroix, M. (2011). Effect of polyphenolic ingredients on physical characteristics of cheese. *Food Research International*, 44(1), 494–497. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.026>
- Haoues, M., Neffati, N., Messaoud, C., Essafi-Benkhadir, K., Bassoumi Jamoussi, I., Guizani, I., Aloui, Z., Karoui, H., and Boussaid, M. (2016). Asteraceae *Artemisia campestris* and *Artemisia herba-alba* Essential Oils Trigger Apoptosis and Cell Cycle Arrest in *Leishmania infantum* Promastigotes. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2016/9147096>
- Harborne, J. B., and Baxter, H. (1999). The Handbook of Natural Flavonoids. *John Wiley*, New York, 1800 p.
- Harbourne, N., Jacquier, J. C., and O'Riordan, D. (2011). Effects of addition of phenolic compounds on the acid gelation of milk. *International Dairy Journal*, 21(3), 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.10.003>
- Harkati, B. (2011). Valorisation et identification structurale des principes actifs de la plante de la famille Asteraceae: *Scorzonera Undulata*. *Thèse de Doctorat*, Université Mentouri-Constantine. 145 p.

- Harlev, E., Nevo, E., Mirsky, N., and Ofir, R. (2013). Antidiabetic attributes of desert and steppic plants: A review. *Planta Medica*, 79(6), 425–436. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1328331>
- Hart, K. J., Yáñez-Ruiz, D. R., Duval, S. M., McEwan, N. R., and Newbold, C. J. (2008). Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1–3), 8–35. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.007>
- Hatanaka, A. (1993). The biogenesis of green odour by green leaves. *Phytochemistry*, 34(5), 1201–1218. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(91\)80003-J](https://doi.org/10.1016/0031-9422(91)80003-J)
- He, Q., and Venant, N. (2004). Antioxidant power of phytochemicals from *Psidium guajava* leaf. *Journal of Zhejiang University-Science A*, 5(6), 676–683. <https://doi.org/10.1007/bf02840979>
- Hilario, M. C., Puga, C. D., Ocaña, A. N., and Romo, F. P. G. (2010). Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing. *Journal of Dairy Research*, 77(1), 20–26. <https://doi.org/10.1017/S0022029909990161>
- Hoffmann, L. (2003). Etude du métabolisme des phénylpropanoïdes; analyse de l'interaction de la caféoyl-coenzyme A 3-O-méthyltransférase (CCoAOMT) avec son substrat et caractérisation fonctionnelle d'une nouvelle acyltransférase, l'HydroxyCinnamoyl-CoA : shikimate/quinate hyd. *Thèse de doctorat*. Université Louis Pasteur - Strasbourg I, France. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00003598>
- Hosoda, K., Nishida, T., Park, W.-Y., and Eruden, B. (2005). Influence of *Mentha piperita* L. (Peppermint) Supplementation on Nutrient Digestibility and Energy Metabolism in Lactating Dairy Cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(12), 1721–1726. <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.1721>
- Hoste, H., Jackson, F., Athanasiadou, S., Thamsborg, S. M., and Hoskin, S. O. (2006). The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitology*, 22(6), 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2006.04.004>
- Houmani, M., Houmani, Z., and Skoula, M. (2004). Intérêt d'*Artemisia herba alba* Asso dans l'alimentation du bétail des steppes algériennes. *Acta Botanica Gallica*, 151(2), 165–172. <https://doi.org/10.1080/12538078.2004.10516031>
- Howard, A., Nigdikar, S., Rajput-Williams, J., and Williams, N. (2000). Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. *International Dairy Journal*. 11 ; 103–120.
- Hristov, A., Ivan, M., Neill, L., and McAllister, T. (2003). Evaluation of several potential bioactive agents for reducing protozoal activity *in vitro*. *Animal Feed Science and Technology*, 105(1–4), 163–184. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00060-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00060-9)
- Hussain, A. I. (2009). Characterization and biological activities of essential oils of some species of lamiaceae. *Doctorat Thesis*, University of agriculture, Faisalabad, Pakistan. 257 p.
- Ignat, I., Volf, I., and Popa, V. I. (2011). A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 126(4), 1821–1835. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.026>
- Ismail, A., Marjan, Z., and Foong, C. (2004). Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chemistry*, 87(4), 581–586. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.010>
- ISO. (2013). Milk and liquid milk products - Guidelines for the application of mid-infrared spectrometry. Second Edition. ISO 9622, IDF 141, 2013, 22.
- Ivanescu, B., Vlase, L., Corciova, A., and Lazar, M. I. (2010). HPLC-DAD-MS study of polyphenols. *Chemistry of Natural Compounds*, 46(3), 394–396.
- Jamila, F., and Mostafa, E. (2014). Ethnobotanical survey of medicinal plants used by people in Oriental Morocco to manage various ailments. *Journal of Ethnopharmacology*, 154(1), 76–87. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.03.016>

- Jia, Z., Dumont, M. J., and Orsat, V. (2016). Encapsulation of phenolic compounds present in plants using protein matrices. *Food Bioscience*, 15, 87–104. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.05.007>
- Jordán, M. J., Moñino, M. I., Martínez, C., Lafuente, A., and Sotomayor, J. A. (2010). Introduction of distillate rosemary leaves into the diet of the Murciano-Granadina goat: Transfer of polyphenolic compounds to goats milk and the plasma of suckling goat kids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(14), 8265–8270. <https://doi.org/10.1021/jf100921z>
- Jouhannet, P. (1992). Le lait de chèvre : un produit d'avenir ? *Thèse de Doctorat*, Université de Limoges. 120 p.
- Kala, C. P. (2015). Medicinal and aromatic plants: Boon for enterprise development. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(4), 134–139. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.05.002>
- Kalac, P. (2011). The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. In *Food Chemistry*, Vol. 125, Issue 2, pp. 307–317. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.077>
- Kalantar, M. (2018). The Importance of Flavonoids in Ruminant Nutrition. *Archives of Animal Husbandry and Dairy Science*, 1(1), 1–4. <https://doi.org/10.33552/aahds.2018.01.000504>
- Kebbab S. (2016). Un appui potentiel à la filière lait Outre la vache, la chèvre laitière. El Watan.
- Kherchouche, D., Kalla, M., Gutiérrez, E. M., Attalah, S., and Bouzghaia, M. (2012). Impact of Droughts on Cedrus atlantica Forests Dieback in the Aurès (Algeria). *Journal of Life Sciences*, 6, 1262–1269.
- Khlifi, D., Sghaier, R. M., Amouri, S., Laouini, D., Hamdi, M., and Bouajila, J. (2013). Composition and anti-oxidant, anti-cancer and anti-inflammatory activities of *Artemisia herba-alba*, *Ruta chalpensis* L. and *Peganum harmala* L. *Food and Chemical Toxicology*, 55, 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.01.004>
- King, R. A., Mano, M. M., and Head, R. J. (1998). Assessment of isoflavonoid concentrations in Australian bovine milk samples. *Journal of Dairy Research*, 65(3), 479–489. <https://doi.org/10.1017/S0022029998002891>
- Kulisic, T., Radonic, A., Katalinic, V., and Milos, M. (2004). Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. *Food Chemistry*, 85(4), 633–640. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.07.024>
- Kuzdzal-Savoie, S., et Kuzdzal, W. (1960). La recherche du lait de vache ajouté au lait de chèvre. Application au cas du fromage. *Le Lait, INRA Editions*, 40(397), 393–407.
- Lad, S. S., Aparnathi, K. D., Mehta, B., and Velpula, S. (2017). Goat milk in human nutrition and health – a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 1781–1792. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2017.605.194>
- Lamarti, A., Badoc, A., Deffieux, G., and Carde, J.-P. (1994). Biogénèse des Monoterpènes II-La chaîne isoprénique. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 133, 79–99.
- Laouadi, M., Tennah, S., Kafidi, N., Antoine-Moussiaux, N., and Moula, N. (2018). A basic characterization of small-holders' goat production systems in Laghouat area, Algeria. *Pastoralism*, 8(24), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s13570-018-0131-7>
- Laouini, S. E., Ouahrani, R. M., and Segni, L. E. (2016). Influence of solvent extraction on phenolic content, antioxidant and anti-inflammatory activities of aerial parts extract from Algerian *Artemisia Herba-alba*. *Journal of Pharmacy Research*, 10(1), 58–64.
- Lara-villoslada, F., Debras, E., Nieto, A., Lo, E., Boza, J., Concha, A., Ga, J., Obled, C., and Xaus, J. (2006). Oligosaccharides isolated from goat milk reduce intestinal inflammation in a rat model of dextran sodium sulfate-induced colitis. *Clinical Nutrition*, 25, 477–488. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2005.11.004>

- Lejonklev, J., Løkke, M. M., Petersen, M. A., Mortensen, G., Larsen, M. K., and Weisbjerg, M. R. (2013). Transfer of terpenes from essential oils into cow milk. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4235–4241. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6502>
- Levy, C. C. (1964). Metabolism of coumarin by a micro-organism : o-coumaric acid an intermediate between coumarin and melilotic acid. *Nature*, 12, 1059–1061.
- Li, H. Bin, Wong, C. C., Cheng, K. W., and Chen, F. (2008). Antioxidant properties *in vitro* and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. *LWT - Food Science and Technology*, 41(3), 385–390. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.03.011>
- Liotta, L., Chiofalo, V., D'Alessandro, E., Lo Presti, V., and Chiofalo, B. (2014). Supplementation of Rosemary extract in the diet of Nero Siciliano pigs: Evaluation of the antioxidant properties on meat quality. *Animal*, 9(6), 1065–1072. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000348>
- Lopez, V., and Lindsay, R. C. (1993). Metabolic Conjugates as Precursors for Characterizing Flavor Compounds in Ruminant Milks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(3), 446–454. <https://doi.org/10.1021/jf00027a019>
- Loreto, F., Pinelli, P., Manes, F., and Kollist, H. (2004). Impact of ozone on monoterpene emissions and evidence for an isoprene-like antioxidant action of monoterpenes emitted by *Quercus ilex* leaves. *Tree Physiology*, 24(4), 361–367. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14757575>
- Lucbert, J. (2012). L'élevage des chèvres. Institut de l'élevage. Éd. France agricole. 330 p.
- Macheix, J.-J., Fleuriet, A., and Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux. 1^{ère} édition, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR). 216 p.
- MADR. (2003). Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales : Algérie. Ministère de L'Agriculture et du Développement Rural, INRAA. Alger.
- Mainguet, M. (1999). The Spatial Framework, the Concepts of Aridity and Drought: the Soils and the Vegetation. In *Aridity*, Springer Berlin Heidelberg. pp. 5–78. https://doi.org/10.1007/978-3-662-03906-9_2
- Malecky, M., and Broudiscou, L. P. (2009). Disappearance of nine monoterpenes exposed *in vitro* to the rumen microflora of dairy goats: Effects of inoculum source, redox potential, and vancomycin. *Journal of Animal Science*, 87(4), 1366–1373. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1419>
- Malecky, Mostafa, Fedele, V., and Broudiscou, L. P. (2009). *In vitro* degradation by mixed rumen bacteria of 17 mono- And sesquiterpenes typical of winter and spring diets of goats on Basilicata rangelands (southern Italy). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(3), 531–536. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3486>
- Manfredi, K. P. (2007). Terpenes. Flavors, Fragrances, Pharmaca, Pheromones. *Journal of Natural Products*, 70(4), 711–711. <https://doi.org/10.1021/np078143n>
- Martins, A. P. L., Francisco, A., Portugal, A. P., Dentinho, M. T., Alves, S. P., Belo, A. T., Santos-Silva, J., and Bessa, R. J. B. (2015). Replacing cereals with dehydrated citrus pulp in a soybean oil supplemented diet increases vaccenic and rumenic acids in ewe milk. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 1173–1182. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9966>
- Martins, N., Barros, L., Henriques, M., Silva, S., and Ferreira, I. C. F. R. (2015). Activity of phenolic compounds from plant origin against *Candida* species. *Industrial Crops and Products*, 74, 648–670. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.067>
- McConkey, M. E., Gershenzon, J., and Croteau, R. B. (2000). Developmental regulation of monoterpene biosynthesis in the glandular trichomes of peppermint. *Plant Physiology*, 122(1), 215–224. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10631265>
- McSweeney, C. ., Palmer, B., McNeill, D. ., and Krause, D. (2001). Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 91(1–2), 83–93. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00232-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00232-2)

- Mei Sun, Cai, Y.-Z., Corke, H., Jie Xing, and Luo, Q. (2005). Structure–radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Sciences*, 78(25), 2872–2888. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.11.004>
- Mens, L. (1978). Composition du lait : la situation actuelle. *La Chèvre*, 153, 14–21.
- Middleton, E., Kandaswami, C., and Theoharides, T. C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews*, 52(4), 673–751. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11121513>
- Mietton, B. (1979). Composition du lait de chèvres et aptitude fromagère : incidences sur l'alimentation. *Revue Des ENIL*, 109, 29–35.
- Mighri, H., Akrouit, A., El-Jeni, H., Zaidi, S., Tomi, F., Casanova, J., and Neffati, M. (2010). Composition and intraspecific chemical variability of the essential oil of *Artemisia herba-alba* growing wild in Tunisian arid zone. *Chem. Biodivers*, 7, 2709–2717.
- Mishra, R., Gupta, A. K., Kumar, A., Lal, R. K., Saikia, D., and Chanotiya, C. S. (2018). Genetic diversity, essential oil composition, and *in vitro* antioxidant and antimicrobial activity of *Curcuma longa* L. germplasm collections. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 10, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2018.06.003>
- Mlambo, V., and Mapiye, C. (2015). Towards household food and nutrition security in semi-arid areas: What role for condensed tannin-rich ruminant feedstuffs? *Food Research International*, 76(P4), 953–961. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.011>
- Mlamboa, V., Smitha, T., Owena, E., Moulda, F. L., Sikosanab, J. L. N., and Mueller-Harveya, I. (2004). Tanniniferous *Dichrostachys cinerea* fruits do not require detoxification for goat nutrition: *in sacco* and *in vivo* evaluations. *Livestock Production Science*, 90(2–3), 135–144.
- Mohamed, A. E. El-Sayed, M. A., Hegazy, M. E., Helaly, S. E., Esmail, A. M., and Mohamed, N. S. (2010). Chemical constituents and biological activities of *Artemisia herba-alba*. *Records of Natural Products*, 1, 1–25.
- Molan, A. L., Waghorn, G. C., Min, B. R., and McNabb, W. C. (2000). The effect of condensed tannins from seven herbage on *Trichostrongylus colubriformis* larval migration *in vitro*. *Folia Parasitologica*, 47(1), 39–44. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10833014>
- Molino, S., Dossena, M., Buonocore, D., Ferrari, F., Venturini, L., Ricevuti, G., and Verri, M. (2016). Polyphenols in dementia: From molecular basis to clinical trials. *Life Sciences*, 161, 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2016.07.021>
- Molle, G., Decandia, M., Fois, N., Ligios, S., Cabiddu, A., and Sitzia, M. (2003). The performance of Mediterranean dairy sheep given access to sulla (*Hedysarum coronarium* L.) and annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin) pastures in different time proportions. *Small Ruminant Research*, 49(3), 319–328. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00147-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00147-0)
- Mónica Giusti, M., and Wrolstad, R. (2005). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-visible Spectroscopy. In Handbook of Food Analytical Chemistry (pp. 5–69). *John Wiley and Sons, Inc.* <https://doi.org/10.1002/0471709085.ch18>
- Moon, J.-K., and Shibamoto, T. (2009). Antioxidant assays for plant and food components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1655–1666. <https://doi.org/10.1021/jf803537k>
- Morand, C., Crespy, V., Manach, C., Besson, C., Demigné, C., and Rémésy, C. (1998). Plasma metabolites of quercetin and their antioxidant properties. *The American Journal of Physiology*, 275(1), R212-9. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1998.275.1.R212>
- Morand-Fehr, P. (2005). Recent developments in goat nutrition and application: A review. *Small Ruminant Research*, 60(1-2 spec. iss.), 25–43. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.004>
- Mouhajir, F., Pedersen, J. A., Rejdali, M., and Towers, G. H. N. (2001). Phenolics in Moroccan medicinal plant species as studied by electron spin resonance spectroscopy phenolics in

- Moroccan medicinal plant species as studied by. *Pharmaceutical Biology*, 39(5), 391–398. <https://doi.org/10.1076/phbi.39.5.391.5893>
- Mouhous, A., Bouraine, N., and Bouaraba, F. (2013). Dairy goat breeding in mountain areas . The Tizi-Ouzou region (Algeria). *Renc. Rech. Ruminants*, 20(1), 248.
- Moujahed, N., Darej, C., Taghouti, M., Bouaziz, Y., Ben Mustapha, C., and Kayouli, C. (2013). Chemical composition and *in vitro* fermentation characteristics of range species growing in Central Tunisia. *CIHEAM, Options Méditerranéennes*, September 2016, 121–125.
- Naczek, M., and Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography. A*, 1054(1–2), 95–111. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15553136>
- Naghdi Badi, H., Yazdani, D., Ali, S. M., and Nazari, F. (2004). Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. *Industrial Crops and Products*, 19(3), 231–236. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.10.005>
- Nedjraoui, D. (2003). Profil fourrager Algérie. *FAO*, Rome, Italie. 30 p.
- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., and Garrido, M. D. (2010). Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *Meat Science*, 84(1), 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.001>
- Nikolić, M., Glamočlija, J., Ferreira, I. C. F. R., Calhelha, R. C., Fernandes, Â., Marković, T., Marković, D., Giweli, A., and Soković, M. (2014). Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut and *Thymus vulgaris* L. essential oils. *Industrial Crops and Products*, 52, 183–190. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.006>
- Nunes, A. T., Cabral, D. L. V., Amorim, E. L. C., Santos, M. V. F. dos, and Albuquerque, U. P. (2016). Plants used to feed ruminants in semi-arid Brazil: A study of nutritional composition guided by local ecological knowledge. *Journal of Arid Environments*, 135, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.08.015>
- O'Connell, J E, and Fox, P. F. (2001). Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products : a review. *International Dairy Journal*, 11, 103–120.
- O'Connell, John E., and Fox, P. F. (1999). Effects of phenolic compounds on the heat stability of milk and concentrated milk. *Journal of Dairy Research*, 66(3), 399–407. <https://doi.org/10.1017/S0022029999003593>
- Ohene-Adjei, S., Chaves, A. V., McAllister, T. A., Benchaar, C., Teather, R. M., and Forster, R. J. (2008). Evidence of Increased Diversity of Methanogenic Archaea with Plant Extract Supplementation. *Microbial Ecology*, 56(2), 234–242. <https://doi.org/10.1007/s00248-007-9340-0>
- Oliveira-alves, S. C., Vendramini-costa, D. B., Cazarin, B. B., Roberto, M., Júnior, M., Borges, J. P., Silva, A. B., Prado, M. A., and Bronze, M. R. (2017). Characterization of phenolic compounds in chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, fiber flour and oil. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.002>
- Ouchene-Khelifi, N. A., Ouchene, N., Da Silva, A. B., and Lafri, M. (2018). Multivariate characterization of phenotypic traits of Arabia, the main Algerian goat breed. *Livestock Research for Rural Development*, 30(7). <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0869-5>
- Ouelbani, R., Bensari, S., Mouas, T. N., and Kheli, D. (2016). Ethnobotanical investigations on plants used in folk medicine in the regions of Constantine and Mila (North-East of Algeria). *Journal of Ethnopharmacology*, 194, 196–218. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.08.016>
- Pacheco, L. F. (2016). Relations entre la composition du lait et les facteurs alimentaires dans les troupeaux laitiers québécois. *Thèse de Doctorat*, Université LAVAL, Québec, Canada. 177 p.

- Paduch, R., Kandefer-Szerszeń, M., Trytek, M., and Fiedurek, J. (2007). Terpenes: substances useful in human healthcare. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 55(5), 315–327. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18219762>
- Paraskevakis, N. (2015). Effects of dietary dried Greek Oregano (*Origanum vulgare* ssp. hirtum) supplementation on blood and milk enzymatic antioxidant indices, on milk total antioxidant capacity and on productivity in goats. *Animal Feed Science and Technology*, 209, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2015.09.001>
- Parissi, Z. M., Abraham, E. M., Kyriazopoulos, A. P., Korakis, G., Manousidis, T., and Abas, Z. (2016). Grazing behavior, forage selection and diet composition of goats in a Mediterranean woody rangeland. *Small Ruminant Research*, 145, 142–153. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.11.007>
- Patra, A. K., and Saxena, J. (2009). Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Antonie van Leeuwenhoek*, 96(4), 363–375. <https://doi.org/10.1007/s10482-009-9364-1>
- Patra, A. K., and Saxena, J. (2010). Phytochemistry A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*, 71(11–12), 1198–1222. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.05.010>
- Pereira, E., Barros, L., Antonio, A. L., Cabo, S., Santos-buelga, C., and Ferreira, I. C. F. R. (2016). LWT - Food Science and Technology Infusions from *Thymus vulgaris* L. treated at different gamma radiation doses : Effects on antioxidant activity and phenolic composition. *LWT - Food Science and Technology*, 74, 34–39. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.027>
- Pfister, J. A., Gardner, D. R., Cheney, C. C., Panter, K. E., and Hall, J. O. (2010). The capability of several toxic plants to condition taste aversions in sheep. *Small Ruminant Research*, 90(1–3), 114–119. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.02.009>
- Poulopoulou I., Zoidis E., Massouras T. and Hadjigeorgiou I. (2012). Terpenes transfer to milk and cheese after oral administration to sheep fed indoors. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 25:1411-1418 <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01128.x>
- Pien, J., and Herschdoerfer, S. (1935). Les saveurs et odeurs anormales du lait. *Le Lait*, INRA Editions, 15(141), 1–15.
- Pradal, M. (2012). La transformation fromagère caprine fermière. (*TEC and DOC*). Lavoisier, Paris ; 295 p.
- Priolo, A., Cornu, A., Prache, S., Krogmann, M., Kondjoyan, N., Micol, D., and Berdagué, J.-L. (2004). Fat volatiles tracers of grass feeding in sheep. *Meat Science*, 66(2), 475–481. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00136-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00136-0)
- Proestos, C., and Komaitis, M. (2008). Application of microwave-assisted extraction to the fast extraction of plant phenolic compounds. *LWT*, 41, 652–659. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.04.013>
- Pukalskas, A., Rimantas, P., Salido, S., Waard, P. De, and Beek, T. A. Van. (2012). Isolation, identification and activity of natural antioxidants from horehound (*Marrubium vulgare* L.) cultivated in Lithuania. *Food Chemistry*, 130(3), 695–701. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.112>
- Quezel, P., et Sant, S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Editions du centre national de la recherche scientifique. 636 p.
- Quezel, P., et Sant, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Editions du centre national de la recherche scientifique. 700 p.
- Quideau, S., Deffieux, D., Douat-Casassus, C., and Pouységou, L. (2011). Plant Polyphenols: Chemical Properties, Biological Activities, and Synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(3), 586–621. <https://doi.org/10.1002/anie.201000044>

- Rachid, A., Rabah, D., Farid, L., Zohra, S. F., and Houcine, B. (2012). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in the traditional treatment of diabetes mellitus in the North Western and South Western Algeria. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(10), 2041–2050. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1796>
- Ramdane, F., Mahfoud, H. M., Mohamed, D. O. H., Amoura, Roukia, H., Naima, H., Houria, M., Imane, B., and Chaima, B. (2015). Ethnobotanical study of some medicinal plants from Hoggar, Algeria. *Journal of Medicinal Plants Research*, 9(30), 820–827. <https://doi.org/10.5897/jmpr2015.5805>
- Ramirez, R. G., Neira-Morales, R. R., Ledezma-Torres, R. A., and Garibaldi-González, C. A. (2000). Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Ruminant Research*, 36(1), 49–55. [https://doi.org/10.1016/s0921-4488\(99\)00113-3](https://doi.org/10.1016/s0921-4488(99)00113-3)
- Ramírez-Orduña, R., Ramírez, R. G., Romero-Vadillo, E., González-Rodríguez, H., Armenta-Quintana, J. A., and Avalos-Castro, R. (2008). Diet and nutrition of range goats on a sarcocaulous shrubland from Baja California Sur, Mexico. *Small Ruminant Research*, 76(3), 166–176. <https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2007.12.020>
- Ramirez-Restrepo, C. A., and Barry, T. N. (2005). Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 120, 179–201.
- Rashid, A., Qureshi, M. Z., Raza, S. A., William, J., and Arshad, M. (2010). Quantitative determination of antioxidant potential of *Artemisia persica*. *Analele Universităţii din Bucureşti – Chimie (serie nouă)*, vol 19 no. 1, pag. 23 – 30. <http://gw-chimie.math.unibuc.ro/anunivch/2010-1/AUBCh1912330.pdf>
- Reynaud, A., Fraisse, D., Cornu, A., Farruggia, A., Pujos-Guillot, E., Besle, J.-M., Martin, B., Lamaison, J.-L., Paquet, D., Doreau, M., and Graulet, B. (2010). Variation in Content and Composition of Phenolic Compounds in Permanent Pastures According to Botanical Variation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(9), 5485–5494. <https://doi.org/10.1021/jf1000293>
- Reynolds, F. (1998). Drug transfer across the term placenta: A review. *Placenta*, 19, 239–255. [https://doi.org/10.1016/S0143-4004\(98\)80046-5](https://doi.org/10.1016/S0143-4004(98)80046-5)
- Ribeiro-santos, R., Carvalho-costa, D., Cavaleiro, C., Costa, H. S., Melo, R., Sanches-silva, A., and Ramos, F. (2015). A novel insight on an ancient aromatic plant : The rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Trends in Food Science & Technology*, 45(2) ; 355-368. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.015>
- Roby, M. H. H., Sarhan, M. A., Selim, K. A. H., and Khalel, K. I. (2013). Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. *Industrial Crops and Products*, 43(1), 827–831. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.08.029>
- Rodríguez-Concepción, M. (2004). The MEP pathway: a new target for the development of herbicides, antibiotics and antimalarial drugs. *Current Pharmaceutical Design*, 10(19), 2391–2400. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15279616>
- Rogosic, J., Estell, R. E., and Skobic, D. (2007). Influence of secondary compound complementarity and species diversity on consumption of Mediterranean shrubs by sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 107 107, 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.09.013>
- Rouge, P., Cornu, A., Biesse-martin, A., Lyan, B., Rochut, N., and Graulet, B. (2013). Identification of quinoline, carboline and glycinamide compounds in cow milk using HRMS and NMR. *Food Chemistry*, 141(3), 1888–1894. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.072>

- Royer, M., Houde, R., and Stevanovic, T. (2010). Potentiel de développement lié aux extractibles forestiers : état des connaissances et revue des marchés, Volet 1: les extractibles forestiers québécois. Département des sciences du bois et de la forêt, CRB, Université Laval. https://www6.inra.fr/extraforest/content/download/3572/34539/version/1/file/ExtractiblesQuébec_VOLET+1-15+juillet+2010.pdf
- Sahin Yaglioglu, A., and Eser, F. (2017). South african journal of botany screening of some Juniperus extracts for the phenolic compounds and their antiproliferative activities. *South African Journal of Botany*, 113, 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.07.005>
- Santos-Buelga, C., Gonzalez-Manzano, S., Dueñas, M., and Gonzalez-Paramas, A. M. (2012). Extraction and Isolation of Phenolic Compounds; pp. 427–464. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-624-1_17
- Sarkar, D., and Shetty, K. (2014). Metabolic Stimulation of Plant Phenolics for Food Preservation and Health. *Annual Review of Food Science and Technology*, Vol. 5 ; 395–415. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030713-092418>
- Sarni-Manchado, P., and Cheynier, V. (2006). Les polyphénols en agroalimentaire. In *Sciences et Techniques Agroalimentaires*. Paris, 398 p.
- Sbayou, H., Boumaza, A., Hilali, A., and Amghar, S. (2016). Antioxidant properties of *Artemisia herba-alba* Asso., *Mentha pulegium* L. and *Origanum compactum* Benth. essential oils. *J. Mater. Environ. Sci.* 7(8), 2908–2912.
- Sebai, H., Jabri, M., Souli, A., Hosni, K., Tounsi, H., Tebourbi, O., Boubaker, S., El-benna, J., Sebai, H., Jabri, M., Souli, A., Hosni, K., and Selmi, S. (2014). Protective effect of *Artemisia campestris* extract against aspirin-induced gastric lesions and oxidative stress in rat. *RSC Advances*, 4, 49831–49841. <https://doi.org/10.1039/C4RA08564G>
- Seddik, K., Nadjat, I., Abderrahmane, B., Daoud, H., and Lekhmici, A. (2010). Antioxidant and antibacterial activities of extracts from *Artemisia herba alba* Asso. leaves and some phenolic compounds. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(13), 1273–1280. <https://doi.org/10.5897/JMPR09.379>
- Shahidi, F., and Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- Silanikove, N. (2000). The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Ruminant Research*, 35(3), 181–193. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00096-6](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00096-6)
- Silanikove, N. (2000). The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Ruminant Research*, 35(3), 181–193. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00096-6](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00096-6)
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., and Prosser, C. G. (2010). Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*, 89(2–3), 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.033>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in Enzymology*; pp. 152–178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Skendi, A., Irakli, M., and Chatzopoulou, P. (2017). Analysis of phenolic compounds in Greek plants of Lamiaceae family by HPLC. *Journal of Dermatological Science*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jarmp.2017.02.001>
- Smith, G. S. (1992). Toxicification and Detoxification of Plant Compounds by Ruminants: An Overview. *Journal of Range Management*, 45(1), 25. <https://doi.org/10.2307/4002521>
- Smith, T., Mlambo, V., Sikosana, J. L. N., Maphosa, V., Mueller-Harvey, I., and Owen, E. (2005). *Dichrostachys cinerea* and *Acacia nilotica* fruits as dry season feed supplements for goats in a semi-arid environment: Summary of a DFID funded project in Zimbabwe. *Animal Feed Science and Technology*, 122(1–2), 149–157. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.004>

- Stoldt, A.-K., Derno, M., Nürnberg, G., Weitzel, J. M., Otten, W., Starke, A., Wolfram, S., and Metges, C. C. (2015). Effects of a 6-wk intraduodenal supplementation with quercetin on energy metabolism and indicators of liver damage in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(7), 4509–4520. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9053>
- Sytar, O., Hemmerich, I., Zivcak, M., Rauh, C., and Brestic, M. (2016). Comparative analysis of bioactive phenolic compounds composition from 26 medicinal plants. *Saudi journal of biological sciences*. 25(4) ; 631-641. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.01.036>
- Talhaoui, N., Vezza, T., Gómez-Caravaca, A. M., Fernández-Gutiérrez, A., Gálvez, J., and Segura-Carretero, A. (2016). Phenolic compounds and *in vitro* immunomodulatory properties of three Andalusian olive leaf extracts. *Journal of Functional Foods*, 22, 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.01.037>
- Taviano, M. F., Trovato, A., Marino, A., Fernanda, M., Marino, A., Bellinghieri, V., Melchini, A., Dugo, P., Cacciola, F., Donato, P., Mondello, L., Pasquale, R. De, and Miceli, N. (2013). *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* and *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *macrocarpa* (Sibth. and Sm.) Ball. “berries” from Turkey : Comparative evaluation of phenolic profile, antioxidant , cytotoxic and antimicrobial activities. *Food and Chemical Toxicology*, 58, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.03.049>
- Tornambé, G., Cornu, A., Kondjoyan, N., Pradel, P., Carnat, A. P., Petit, M., and Martin, B. (2006). Changes in Terpene Content in Milk from Pasture-Fed Cows. *Journal of Dairy Science*, 89(6), 2309–2319. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72302-5](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72302-5)
- Tornambé, G., Cornu, A., Verdier-Metz, I., Pradel, P., Kondjoyan, N., Figueredo, G., Hulin, S., and Martin, B. (2008). Addition of Pasture Plant Essential Oil in Milk: Influence on Chemical and Sensory Properties of Milk and Cheese. *Journal of Dairy Science*, 91(1), 58–69. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0154>
- Vacca, R. A., Valenti, D., Caccamese, S., Daglia, M., Braidy, N., and Nabavi, S. M. (2016). Plant polyphenols as natural drugs for the management of Down syndrome and related disorders. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.10.023>
- Vasta, V., Nudda, A., Cannas, A., Lanza, M., and Priolo, A. (2008). Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 147, 223–246. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.020>
- Vasta, V., Aouadi, D., Brogna, D. M. R., Scerra, M., Luciano, G., Priolo, A., and Ben Salem, H. (2013). Effect of the dietary supplementation of essential oils from rosemary and artemisia on muscle fatty acids and volatile compound profiles in Barbarine lambs. *Meat Science*, 95(2), 235–241. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.12.021>
- Vasta, Valentina, and Luciano, G. (2011). The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants’ products quality. *Small Ruminant Research*, 101(1–3), 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.035>
- Vasta, Valentina, Aouadi, D., Brogna, D. M. R., Scerra, M., Luciano, G., Priolo, A., and Ben Salem, H. (2013). Effect of the dietary supplementation of essential oils from rosemary and artemisia on muscle fatty acids and volatile compound profiles in Barbarine lambs. *Meat Science*, 95(2), 235–241. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.12.021>
- Vázquez, C. V., Rojas, M. G. V., Ramírez, C. A., Chávez-Servín, J. L., García-Gasca, T., Ferriz Martínez, R. A., García, O. P., Rosado, J. L., López-Sabater, C. M., Castellote, A. I., Montemayor, H. M. A., and De La Torre Carbot, K. (2015). Total phenolic compounds in milk from different species. Design of an extraction technique for quantification using the Folin-Ciocalteu method. *Food Chemistry*, 176, 480–486. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.050>
- Vuorela, S. (2005). Analysis, isolation, and bioactivities of rapeseed phenolics. *Doctorat thesis*, Department of Applied Chemistry and Microbiology, University of Helsinki. 75 p.

- Waghorn, G. (2008). Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production - *Progress and challenges*, 147, 116–139. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.013>
- Walton, N. J., Mayer, M. J., and Narbad, A. (2003). Vanillin. *Phytochemistry*, 63(5), 505–515. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12809710>
- Wang, Y., Douglas, G. B., Waghorn, G. C., Barry, T. N., and Foote, A. G. (1996). . Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon lactation performance in ewes. *J. Agric. Sci. Camb.*, 126, 353–362.
- Wojdylo, A., Oszmiański, J., and Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, 105(3), 940–994.
- Woodward, S. L., Auld, M. J., Laboyrie, P. J., and Jansen, E. B. L. (1999). Effect of *Lotus corniculatus* and condensed tannins on milk yield and milk composition of dairy cows. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 59, 152–155. <https://doi.org/10.1079/BJN19660078>
- Yadav, A. K., Singh, J., and Yadav, S. K. (2016). Composition, nutritional and therapeutic values of goat milk: A review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 35(2). <https://doi.org/10.18805/ajdfr.v35i2.10719>
- Zenebe, T., Nejash, A., Tadele, K., and Girma, K. (2014). Review on medicinal and nutritional values of goat milk. *Academic Journal of Nutrition*, 3(3), 30–39. <https://doi.org/10.5829/idosi.ajn.2014.3.3.93210>
- Zhang, Z., Yang, M. J., and Pawliszyn, J. (1994). Solid-Phase Microextraction. A Solvent-Free Alternative for Sample Preparation. *Analytical Chemistry*, 66(17), 844A-853A. <https://doi.org/10.1021/ac00089a001>
- Zouaoui, N., Chenchouni, H., Bouguerra, A., Massouras, T., and Barkat, M. (2020). Characterization of volatile organic compounds from six aromatic and medicinal plant species growing wild in North African drylands. *NFS Journal*, 18, 19–28. <https://doi.org/10.1016/J.NFS.2019.12.001>

Annexes

Annexe 01. Questionnaire de l'enquête en français

Institut de la Nutrition, de l'alimentation et des Technologies agro-alimentaires (INATAA)

Questionnaire relative à l'enquête sur :

Etude du comportement alimentaire des chèvres dans une région semi-aride de l'est Algérien (Batna) riche en plantes aromatiques et médicinales

N° :

Volet 1. Identification et renseignements personnels

1. Sexe : Masculin Féminin
2. Age : [20-30] [31-40] [41-50] [51-60] >60
3. Résidence : Wilaya : ; Commune :
4. Niveau d'instruction :
Aucun niveau Primaire Collège Lycée Supérieure

Volet 2. Information traditionnelles sur la qualité du lait de chèvres

1. Vous connaissez un lait de bonne qualité ? Oui Non
2. Si oui, par quels critères ?
Aspect Couleur Gout Odeur
Autres :
3. Vous pourriez facilement connaître l'origine du lait (chèvre, brebis, vache) ? Oui Non
4. Si oui, Quelles sont les principales caractéristiques du lait de chèvre par rapport d'autres types de lait ?
Aspect Couleur Gout Odeur Coagulation
Autres :
5. La production du lait de chèvres change :
Alimentation Système de l'alimentation Saison Age
Etat de santé de l'animal Stade de lactation Région
Autres :
6. La Qualité du lait change en fonction :
Alimentation Système de l'alimentation Saison Age
Etat de santé de l'animal Stade de lactation Région
Autres :
7. Consommez-vous le lait de chèvre ? Oui Non

8. Si oui, vous le buvez sous quelles formes ?

Cru

Bouilli

Raib

L'ben

Autres :

9. Est-ce que vous transformez le lait de chèvre ? Oui Non

10. Si oui, quel est le produit obtenu ?

.....
.....

11. Poncez-vous que le lait de chèvre aurait des bien fait sur la santé et pourrait guérir de certaines maladies ? Oui Non

12. Si oui, les quels :

.....
.....

13. y a-t-il une différence entre le lait de chèvres de pâturage et celui d'élevage intensif ?

Oui Non

14. Si oui, les quelles ?

.....
.....

Volet 3. Renseignements sur les chèvres et leur élevage

1. Est-ce que vous élevez des chèvres ? Oui Non

2. Quel est le nombre de tête caprine ?

<10

[10-20]

[21-50]

[50-100]

>100

3. Connaissez-vous les races des chèvres ? Oui Non

4. si oui, citez les races que vous élevez ?

.....
.....

5. Donner les principales caractéristiques des trois principales races ?

Race 1 :

Adaptation au climat : Difficile Moyenne Facile

Adaptation au type d'alimentation : Difficile Moyenne Facile

Production du lait est : Faible Moyenne Satisfaisante

Qualité de son lait : Faible Moyenne Satisfaisante

Pourquoi avez-vous choisi cette race ?

.....
.....
Race 2 :

Adaptation au climat :	Difficile <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	Facile <input type="checkbox"/>
Adaptation au type d'alimentation :	Difficile <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	Facile <input type="checkbox"/>
Production du lait est :	Faible <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	Satisfaisante <input type="checkbox"/>
Qualité de son lait :	Faible <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	Satisfaisante <input type="checkbox"/>

Pourquoi avez-vous choisi cette race ?
.....
.....

Race 3 :

Adaptation au climat :	Difficile <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	Facile <input type="checkbox"/>
Adaptation au type d'alimentation :	Difficile <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	Facile <input type="checkbox"/>
Production du lait est :	Faible <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	Satisfaisante <input type="checkbox"/>
Qualité de son lait :	Faible <input type="checkbox"/>	Moyenne <input type="checkbox"/>	Satisfaisante <input type="checkbox"/>

Pourquoi avez-vous choisi cette race ?
.....
.....

Volet 4. Renseignements sur les plantes médicinales consommées par les chèvres

1. Les chèvres consomment-ils les plantes aromatiques et médicinales qui se trouvent dans le pâturage ? Oui Non

2. Quelles sont les plantes aromatiques et médicinales qui se trouvent dans le pâturage ?

..... ; ; ;
..... ; ; ;
..... ; ; ;
..... ; ; ;
..... ; ; ;
..... ; ; ;

3. Citez les plantes aromatiques les plus consommées par ordre d'importance (compétez le tableau au verso)

Nom vulgaire	La partie consommée			Abondance de la plante dans la région			La fréquentée à la plante par la chèvre				Trace de la plante dans le lait de chèvres		Remarque
	Fleur	Feuille	Tige	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	racine	Entière								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	

Nom vulgaire	La partie consommée			Abondance de la plante dans la région			La fréquentée à la plante par la chèvre				Trace de la plante dans le lait de chèvres		Remarque
	Fleur	Feuille	Tige	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	racine	Entière								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	

Nom vulgaire	La partie consommée			Abondance de la plante dans la région			La fréquentée à la plante par la chèvre				Trace de la plante dans le lait de chèvres		Remarque
	Fleur	Feuille	Tige	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	racine	Entière								OUI	Agréable	
	Grain	racine	Entière	Peu	Assez	Beaucoup	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent	NON	Désagréable	
	Fleur	Feuille	Tige								OUI	Agréable	

Annexe 02. Résultats détaillés de l'enquête sur les plantes médicinales consommées par les chèvres

Tableau 01. Résultats détaillés de l'enquête sur les plantes médicinales consommées par les chèvres

N°	Plantes médicinales consommées par les chèvres	Citations de la plante par les éleveurs	Abondance dans la région	Fréquence des chèvres par la plante	La partie consommée par les chèvres	La trace de la plante dans le lait	La trace de la plante : Agréable/désagréable
01	La. <i>Thymus algeriensis</i> Fr. Thym En. Thyme Fa. Labiées العربية : جرتيل التسميات الجزائرية : مزوشن، زعيترة، الحمريّة، الجمزوشة، أزركي، جوشن	67 fois 95,71%	Beaucoup (+++) : (53) 79,10% Assez (++) : (12) 17,91% Peu (+) : (2) 2,98% Nul (-) : (0) 00%	Souvent (+++) : (50) 74,63% Parfois (++) : (12) 17,91% Rare (+) : (4) 5,97% Nul (-) : (1) 1,49%	Fleurs : (67) 100% Feuilles : (67) 100% Tige : (52) 77,61% Graine : (25) 37,31%	OUI : (64) 95,52% NON : (3) 4,48%	Agréable : (57) 89,06% Désagréable : (07) 10,94%
02	La. <i>Artemisia herba alba</i> Asso Fr. Armoise Blanche En. White wormwood Fa. Composées العربية : شايح أبيض التسميات الجزائرية : الشايح، الشيحة، إزري، أفري، آزر	64 fois 91,43%	Beaucoup (+++) : (58) 90,62% Assez (++) : (6) 9,38% Peu (+) : (0) 00% Nul (-) : (0) 00%	Souvent (+++) : (35) 54,69% Parfois (++) : (25) 39,06% Rare (+) : (4) 6,25% Nul (-) : (0) 00%	Fleurs : (52) 81,25% Feuilles : (64) 100% Tige : (48) 75% Graine : (32) 50%	OUI : (63) 98,44% NON : (01) 1,56%	Agréable : (61) 96,82% Désagréable : (02) 3,18%
03	La. <i>Rosmarinus officinalis</i> L. Fr. Romarin En. Rosemary Fa. Labiées العربية : إكليل الجبل التسميات الجزائرية : كليل، اللوبان، أزر، توزالة، راوزبير، آزر، إيازير،	58 fois 82,86%	Beaucoup (+++) : (05) 8,62% Assez (++) : (18) 31,03% Peu (+) : (32) 55,17% Nul (-) : (3) 5,17%	Souvent (+++) : (4) 6,90% Parfois (++) : (31) 53,45% Rare (+) : (20) 34,48% Nul (-) : (3) 5,17%	Fleurs : (51) 87,93% Feuilles : (58) 100% Tige : (33) 56,9% Graine : (19) 32,76%	OUI : (52) 89,66% NON : (06) 10,34%	Agréable : (45) 86,54% Désagréable : (07) 13,46%

Tableau 01. (suite)

N°	Plantes médicinales consommées par les chèvres	Citations de la plante par les éleveurs	Abondance dans la région	Fréquence des chèvres par la plante	La partie consommée par les chèvres	La trace de la plantes dans le lait	La trace de la plante : Agréable/désagréable
04	<p><i>La. Juniperus phoenica</i> Fr. Genévrier de phoenicie En. Phoenician juniper Fa. Cupressacées</p> <p>العربية : عرعار التسميات الجزائرية : العرعار، زينة، إفز، رمبا،</p>	56 fois 80%	<p>Beaucoup (+++) : (31) 55,36%</p> <p>Assez (++) : (21) 37,50%</p> <p>Peu (+) : (02) 3,57%</p> <p>Nul (-) : (2) 3,57%</p>	<p>Souvent (+++) : (5) 8,93%</p> <p>Parfois (++) : (18) 32,14%</p> <p>Rare (+) : (31) 55,36%</p> <p>Nul (-) : (2) 3,57%</p>	<p>Fleurs : (40) 71,43%</p> <p>Feuilles : (56) 100%</p> <p>Tige : (26) 46,43%</p> <p>Graine : (18) 32,14%</p>	<p>OUI : (52) 92,86%</p> <p>NON : (04) 7,14%</p>	<p>Agréable : (11) 21,15%</p> <p>Désagréable : (41) 78,85%</p>
05	<p><i>La. Artemisia campestris</i> L. Fr. Armoise rouge, Aurône En. Wormwood Fa. Composées</p> <p>العربية : تقفد التسميات الجزائرية : الشيح الأخضر، دكوفث، تقفد، القيصوم، تاقوفد، تيرجلبيت، ألالة،</p>	56 fois 80%	<p>Beaucoup (+++) : (21) 37,5%</p> <p>Assez (++) : (30) 53,57%</p> <p>Peu (+) : (03) 5,36%</p> <p>Nul (-) : (2) 3,57%</p>	<p>Souvent (+++) : (06) 10,71%</p> <p>Parfois (++) : (18) 32,14%</p> <p>Rare (+) : (32) 57,14%</p> <p>Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Fleurs : (56) 100%</p> <p>Feuilles : (56) 100%</p> <p>Tige : (51) 91,07%</p> <p>Graine : (10) 17,86%</p>	<p>OUI : (21) 37,5 0%</p> <p>NON : (35) 62,5%</p>	<p>Agréable : (13) 61,9%</p> <p>Désagréable : (08) 38,1%</p>
06	<p><i>La. Marrubium vulgare</i> L. Fr. Marrube Commun En. Common white horehound Fa. Labiées</p> <p>العربية : فراسيون التسميات الجزائرية : المريوة، فراسيون، تيمرويت، تيمرست، تاباكنيت، إفزي، أفركيوزد.</p>	49 fois 70%	<p>Beaucoup (+++) : (28) 57,14%</p> <p>Assez (++) : (18) 36,74%</p> <p>Peu (+) : (03) 6,12%</p> <p>Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Souvent (+++) : (03) 6,12%</p> <p>Parfois (++) : (04) 8,16%</p> <p>Rare (+) : (42) 85,71%</p> <p>Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Fleurs : (45) 91,84%</p> <p>Feuilles : (49) 100%</p> <p>Tige : (05) 10,20%</p> <p>Graine : (05) 10,20%</p>	<p>OUI : (40) 81,63%</p> <p>NON : (09) 18,37%</p>	<p>Agréable : (06) 15%</p> <p>Désagréable : (34) 85%</p>

Tableau 01. (suite)

N°	Plantes médicinales consommées par les chèvres	Citations de la plante par les éleveurs	Abondance dans la région	Fréquence des chèvres par la plante	La partie consommée par les chèvres	La trace de la plante dans le lait	La trace de la plante : Agréable/désagréable
07	La. <i>Astragalus armatus</i> Willd Fr. <i>Retam</i> En. Fa. Fabaceae العربية : الرتم التسميات الجزائرية : أوجميث، الرتم	49 fois 70%	Beaucoup (+++) : (32) 65,30% Assez (++) : (14) 28,57% Peu (+) : (03) 6,12% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (09) 18,37% Parfois (++) : (40) 81,63% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Fleurs : (49) 100% Feuilles : (21) 42,86% Tige : (04) 8,16% Graine : (00) 00% Racine : (23) 46,94%	OUI : (33) 67,34% NON : (16) 32,65%	Agréable : (30) 90,91% Désagréable : (03) 9,09%
08	La. <i>Commiphora myrrha</i> Fr. Balsamier, arbre à myrrhe An. Myrrhe, Fa. Burseraceae العربية : المرّة التسميات الجزائرية : ميرزاكث، المرّة	36 fois 60%	Beaucoup (+++) : (10) 27,78% Assez (++) : (22) 61,11% Peu (+) : (04) 11,11% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (04) 11,11% Parfois (++) : (29) 80,56% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (03) 8,33%	Fleurs: (34) 94,44% Feuilles : (30) 83,33% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (20) 55,56% NON : (16) 44,44%	Agréable : (11) 55% Désagréable : (9) 45%
09	La. <i>Teucrium polium</i> Fr. Germandrée tomenteuse En. Cat tyme, Hulwort Fa. Labiées العربية : جعيذة التسميات الجزائرية : الخياطة، إمزريث، تيمزورين، جعدة، جعيذة	28 fois 50%	Beaucoup (+++) : (5) 17,86% Assez (++) : (15) 53,57% Peu (+) : (04) 14,28% Nul (-) : (04) 14,28%	Souvent (+++) : (18) 64,28% Parfois (++) : (7) 25% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (03) 10,71%	Fleurs: (25) 89,28% Feuilles : (28) 100% Tige : (28) 100% Graine : (00) 00%	OUI : (8) 28,57% NON : (20) 71,43%	Agréable : (5) 62,5% Désagréable : (3) 37,5%

Tableau 01. (suite)

N°	Plantes médicinales consommées par les chèvres	Citations de la plante par les éleveurs	Abondance dans la région	Fréquence des chèvres par la plante	La partie consommée par les chèvres	La trace de la plante dans le lait	La trace de la plante : Agréable/désagréable
10	<p><i>La. Ruta montana</i> Fr. Rue de montagne En. Commun rue Fa. Rutacées العربية : الفيجل التسميات الجزائرية : الفيجل، فجيلة الجبل، أورمي، ايسن، الفيجن،</p>	20 fois 28,57%	<p>Beaucoup (+++) : (7) 35% Assez (++) : (11) 55% Peu (+) : (02) 10% Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Souvent (+++) : (10) 50% Parfois (++) : (7) 35% Rare (+) : (03) 10,71% Nul (-) : (0) 00%</p>	<p>Fleurs: (05) 25% Feuilles : (20) 100% Tige : (15) 75% Graine : (10) 50%</p>	<p>OUI : (15) 75% NON : (05) 25%</p>	<p>Agréable : (03) 20% Désagréable : (12) 80%</p>
11	<p><i>La. Globularia alypum</i> Fr. Globulaire En. Alypo globe daisy Fa. Globulariées. العربية : تاسلغة التسميات الجزائرية : تاسلغة، زريقة، زويطة، شبرة، تاسلا،</p>	13 fois 18,57%	<p>Beaucoup (+++) : (08) 61,53% Assez (++) : (02) 15,38% Peu (+) : (03) 23,08% Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Souvent (+++) : (10) 76,92% Parfois (++) : (0) 00% Rare (+) : (03) 23,08% Nul (-) : (0) 00%</p>	<p>Fleurs: (13) 100% Feuilles : (00) 00% Tige : (00) 00% Graine : (10) 00%</p>	<p>OUI : (13) 100% NON : (00) 00%</p>	<p>Agréable : (13) 100% Désagréable : (00) 00%</p>
12	<p><i>La. Muscari comosum</i> Fr. Muscari (Ail) à toupet En. Tassel hyacinth Fa. Liliacées. العربية : بصل الذئب التسميات الجزائرية : تشرات أن وشن،</p>	9 fois 12,86%	<p>Beaucoup (+++) : (07) 77,78% Assez (++) : (02) 22,22% Peu (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Souvent (+++) : (9) 100% Parfois (++) : (0) 00% Rare (+) : (0) 00% Nul (-) : (0) 00%</p>	<p>Fleurs: (02) 22,22% Feuilles : (07) 77,78% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%</p>	<p>OUI : (13) 100% NON : (00) 00%</p>	<p>Agréable : (13) 00% Désagréable : (00) 100%</p>

Tableau 01. (suite)

N°	Plantes médicinales consommées par les chèvres	Citations de la plante par les éleveurs	Abondance dans la région	Fréquence des chèvres par la plante	La partie consommée par les chèvres	La trace de la plante dans le lait	La trace de la plante : Agréable/désagréable
13	La. <i>Ajuga iva</i> L. Fr. Ivette En. herbiviv Fa. Labiées. العربية : بلوط الارض التسميات الجزائرية : شنتقورة، تافتلبة، العرصف الجعدي	9 fois 12,86%	Beaucoup (+++) : (01) 11,11% Assez (++) : (03) 33,33% Peu (+) : (03) 33,33% Nul (-) : (02) 22,22%	Souvent (+++) : (00) 100% Parfois (++) : (01) 00% Rare (+) : (03) 00% Nul (-) : (05) 00%	Fleurs: (05) 55,56% Feuilles : (04) 44,44% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (01) 11,11% NON : (06) 66,67%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%
14	La. <i>Peganum hrmala</i> Fr. Harmel En. Harmal, wild rue Fa. Zygophillacées العربية : الحرمل التسميات الجزائرية : حرمل،	5 fois 7,14%	Beaucoup (+++) : (4) 80% Assez (++) : (1) 20% Peu (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (03) 60% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (02) 40%	Fleurs: (01) 20% Feuilles : (02) 40% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (00) 00% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%
15	La. <i>Salvia officinalis</i> Fr. Sauge En. Roman laurel Fa. Labiées. العربية : مريمية التسميات الجزائرية : مريمية، القويسة المخزنية، خياط الجراح، ناعمة، سالمة، حبيقة الصدر.	4 fois 5,71%	Beaucoup (+++) : (00) 00% Assez (++) : (1) 25% Peu (+) : (3) 75% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (00) 00% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (02) 00%	Fleurs: (04) 100% Feuilles : (04) 100% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (02) 50% NON : (02) 50%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%

Tableau 01. (suite)

N°	Plantes médicinales consommées par les chèvres	Citations de la plante par les éleveurs	Abondance dans la région	Fréquence des chèvres par la plante	La partie consommée par les chèvres	La trace de la plantes dans le lait	La trace de la plante : Agréable/désagréable
16	La. <i>Anvillea radiata</i> Fr. Anvillea En. Fa. Astéracées. العربية : العرفج التسميات الجزائرية : الحرف، شجرة الضب، النقود، الكرفج، آراموش، تهيت، أكتكال	3 fois 5,71%	Beaucoup (+++) : (00) 00% Assez (++) : (03) 100% Peu (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (01) 33,33% Rare (+) : (02) 66,67% Nul (-) : (00) 00%	Fleurs: (02) 100% Feuilles : (00) 00% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (02) 66,67% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%
17	La. <i>Cotula cinera</i> Fr. Cotula En. Fa. Composées العربية : قارطوفة التسميات الجزائرية : القرطوفة، البابونج	2 fois 5,71%	Beaucoup (+++) : (00) 00% Assez (++) : (02) 100% Peu (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (01) 50% Rare (+) : (01) 50% Nul (-) : (00) 00%	Fleurs: (02) 100% Feuilles : (01) 50% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (02) 100% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%
18	La. <i>Corrigiola Telephiuifolia</i> Fr. Télèphe En. Picktooth, Toothpic Fa. Paronychioidées العربية : سرغين التسميات الجزائرية : سرغين، بخور البربر، تاسرينت	2 fois 2,86%	Beaucoup (+++) : (01) 50% Assez (++) : (01) 50% Peu (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (00) 00% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Fleurs: (01) 100% Feuilles : (01) 100% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (00) 00% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%

Tableau 01. (suite)

N°	Plantes médicinales consommées par les chèvres	Citations de la plante par les éleveurs	Abondance dans la région	Fréquence des chèvres par la plante	La partie consommée par les chèvres	La trace de la plante dans le lait	La trace de la plante : Agréable/désagréable
19	La. <i>Ammi visnaga</i> Fr. Khella, En. Picktooth, Toothpick Fa. Ombellifères العربية : خلا التسميات الجزائرية : تبالوة، الصفقلين ، الخشيزك، النانوخة	2 fois 2,86%	Beaucoup (+++) : (01) 50% Assez (++) : (01) 50% Peu (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (00) 00% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Fleurs: (01) 100% Feuilles : (01) 100% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (00) 00% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%
20	La. <i>Calendula officinalis, algeriensis</i> Fr. Souci officinal En. Heu and chickens Fa. Composées العربية : سوسى التسميات الجزائرية : الجمير، الرأس الأحمر، اللوشة ، توسلات ، توزلة ، قيزقان، تأحسولت، جامرة	2 fois 2,86%	Beaucoup (+++) : (00) 00% Assez (++) : (01) 100% Peu (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (00) 00% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Fleurs: (01) 100% Feuilles : (00) 00% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (00) 00% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%
21	La. <i>Atriplex halimus</i> Fr. Atriplex En. Sea- orache Fa. Chenopodiacées العربية : السرمق التسميات الجزائرية : القطف، الهرمس،	1 fois 1,43%	Beaucoup (+++) : (00) 00% Assez (++) : (01) 100% Peu (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (00) 00% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Fleurs: (00) 00% Feuilles : (01) 100% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (00) 00% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%

Tableau 01. (suite)

N°	Plantes médicinales consommées par les chèvres	Citations de la plante par les éleveurs	Abondance dans la région	Fréquence des chèvres par la plante	La partie consommée par les chèvres	La trace de la plante dans le lait	La trace de la plante : Agréable/désagréable
22	<p><i>La. Thymus vulgaris</i> Fr. Thym commun En. garden Thym Fa. Labiées</p> <p>العربية : الزعتر التسميات الجزائرية : الزعتر، أزوكني، الزعتر الشائع</p>	1 fois 1,43%	<p>Beaucoup (+++) : (00) 00%</p> <p>Assez (++) : (01) 100%</p> <p>Peu (+) : (00) 00%</p> <p>Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Souvent (+++) : (00) 00%</p> <p>Parfois (++) : (01) 100%</p> <p>Rare (+) : (00) 00%</p> <p>Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Fleurs: (01) 100%</p> <p>Feuilles : (01) 100%</p> <p>Tige : (00) 00%</p> <p>Graine : (00) 00%</p>	<p>OUI : (00) 00%</p> <p>NON : (00) 00%</p>	<p>Agréable : (00) 00%</p> <p>Désagréable : (00) 00%</p>
23	<p><i>La. Lycium afrum</i> Fr. Lyciet En. Fa. Solanacées</p> <p>العربية : العوسج التسميات الجزائرية : عردق، عوسج، إنزيرك</p>	1 fois 1,43%	<p>Beaucoup (+++) : (00) 00%</p> <p>Assez (++) : (01) 100%</p> <p>Peu (+) : (00) 00%</p> <p>Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Souvent (+++) : (00) 00%</p> <p>Parfois (++) : (01) 100%</p> <p>Rare (+) : (00) 00%</p> <p>Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Fleurs: (00) 00%</p> <p>Feuilles : (01) 100%</p> <p>Tige : (00) 00%</p> <p>Graine : (00) 00%</p>	<p>OUI : (00) 00%</p> <p>NON : (00) 00%</p>	<p>Agréable : (00) 00%</p> <p>Désagréable : (00) 00%</p>
24	<p><i>La. Urtica dioica</i> Fr. Ortie En. Stinging nettle Fa. Urticacées</p> <p>العربية : قراص التسميات الجزائرية : الحرابيق، بوزقدوف، تيمزريط، أزقتوف</p>	1 fois 1,43%	<p>Beaucoup (+++) : (00) 00%</p> <p>Assez (++) : (01) 100%</p> <p>Peu (+) : (00) 00%</p> <p>Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Souvent (+++) : (00) 00%</p> <p>Parfois (++) : (01) 100%</p> <p>Rare (+) : (00) 00%</p> <p>Nul (-) : (00) 00%</p>	<p>Fleurs: (00) 00%</p> <p>Feuilles : (01) 100%</p> <p>Tige : (00) 00%</p> <p>Graine : (00) 00%</p>	<p>OUI : (00) 00%</p> <p>NON : (00) 00%</p>	<p>Agréable : (00) 00%</p> <p>Désagréable : (00) 00%</p>

Tableau 01. (suite)

N°	Plantes médicinales consommées par les chèvres	Citations de la plante par les éleveurs	Abondance dans la région	Fréquence des chèvres par la plante	La partie consommée par les chèvres	La trace de la plante dans le lait	La trace de la plante : Agréable/désagréable
25	La. <i>Allium ampeloprasum</i> Fr. Poireau sauvage En. Bleu- leek.Vine-leek Fa. Liliacées العربية : كراث التسميات الجزائرية : البراصة، الفيراس، تافراست، تازليمت نواشن، بسن بوشن	1 fois 1,43%	Beaucoup (+++) : (00) 00% Assez (++) : (01) 100% Peu (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (01) 100% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Fleurs: (00) 00% Feuilles : (01) 100% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (00) 00% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%
26	La. <i>Deverra scoparia</i> Fr. En. Fa. Apiaceae العربية : الكوزاح التسميات الجزائرية : كوزاح،	1 fois 1,43%	Beaucoup (+++) : (00) 00% Assez (++) : (01) 100% Peu (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (01) 100% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Fleurs: (00) 00% Feuilles : (01) 100% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (00) 00% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%
27	La. <i>Gymnocarpos decandrus</i> Forssk. Fr. <i>Gymnocarpos decander</i> En. Fa. Caryophyllaceae العربية : الجفنة التسميات الجزائرية : جفنة،	1 fois 1,43%	Beaucoup (+++) : (00) 00% Assez (++) : (01) 100% Peu (+) : (01) 100% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (00) 00% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Fleurs: (01) 100% Feuilles : (01) 100% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (00) 00% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%

Tableau 01. (suite)

N°	Plantes médicinales consommées par les chèvres	Citations de la plante par les éleveurs	Abondance dans la région	Fréquence des chèvres par la plante	La partie consommée par les chèvres	La trace de la plantes dans le lait	La trace de la plante : Agréable/désagréable
28	La. <i>Ziziphus lotus</i> L. Fr. Jujubier sauvage, Lotus des anciens En. Fa. Rhamnaceae العربية : سدرة التسميات الجزائرية : جرجر، أزار، نيق	1 fois 1,43%	Beaucoup (+++) : (00) 00% Assez (++) : (01) 100% Peu (+) : (01) 100% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (00) 00% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (00) 00%	Fleurs: (00) 100% Feuilles : (01) 00% Tige : (00) 00% Graine : (01) 100%	OUI : (00) 00% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%
29	La. <i>Capparis spinosa</i> L. Fr. Câprier En. Fa. Capparaceae العربية : كبار التسميات الجزائرية : كبار، فلفل الجبل، تسايالوت، كرونبيزا، شالم، تايلولوت، بلاشم	1 fois 1,43%	Beaucoup (+++) : (00) 00% Assez (++) : (00) 00% Peu (+) : (01) 100% Nul (-) : (00) 00%	Souvent (+++) : (00) 00% Parfois (++) : (00) 00% Rare (+) : (00) 00% Nul (-) : (01) 100%	Fleurs: (01) 100% Feuilles : (00) 00% Tige : (00) 00% Graine : (00) 00%	OUI : (00) 00% NON : (00) 00%	Agréable : (00) 00% Désagréable : (00) 00%

Annexe 03. Les courbes d'étalonnage

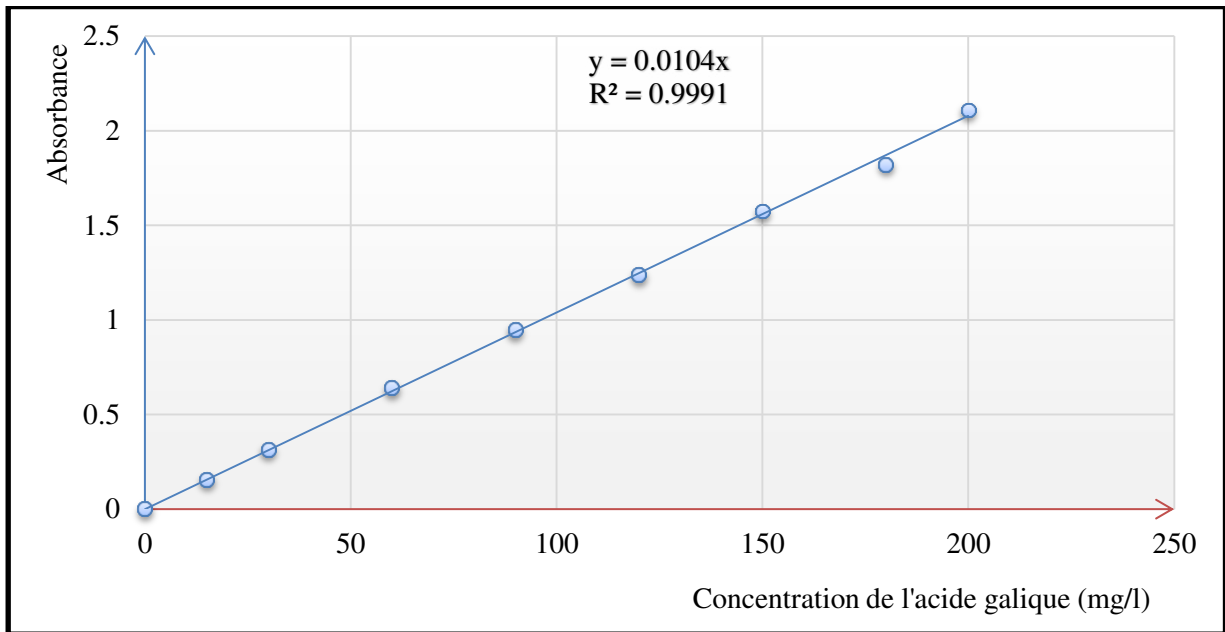


Figure 1. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

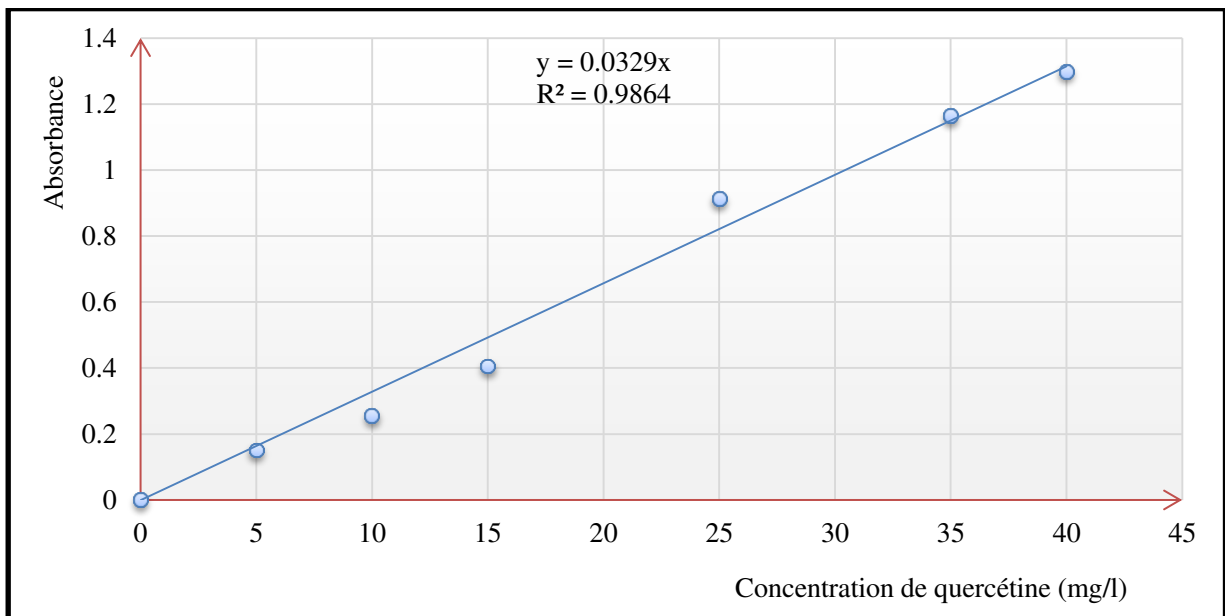


Figure 2. Courbe d'étalonnage de la quercétine

Acta Scientifica Naturalis

Former Annual of Konstantin Preslavsky University of Shumen: Chemistry, Physics, Biology, Geography
 Journal homepage: asn.shu.bg

Evaluation of phenolic contents and antioxidant activities of some medicinal plants growing in Algerian Aurès Mountains

Ali Bouguerra^{1*}, Samah Djebili¹, Nassim Zouaoui^{1,2}, Malika Barkat¹

¹ *Laboratory of BIOQUAL, Institute of the Nutrition, Food, and Agri-Food Technologies (INATAA), University of Mentouri Brothers - Constantine 1, Ain El Bey, 25000 Constantine, Algeria*

² *Department of Applied Biology, Faculty of Exact Sciences and Natural and Life Sciences, University of Tebessa, 12002 Tebessa, Algeria*

Abstract: *The objective of this study is to evaluate the antioxidant activities of six medicinal plants growing in Algerian Aurès Mountains. Total phenolic and flavonoids contents were measured using colorimetric methods, and the antioxidant capacities were evaluated using the DPPH radical scavenging and β -carotene bleaching tests. *Juniperus phoenica* L. had significantly the higher total phenolic compounds (53.6 ± 3.86 mg GAE.g⁻¹ DM) ($p < 0.05$); followed by *Romarinus officinalis* L. (26.1 ± 3.15 mg GAE.g⁻¹ DM) and *Artemisia campestris* L. (20.5 ± 1.99 mg GAE.g⁻¹ DM). *Artemisia campestris* L. had significantly the higher flavonoid contents (11.1 ± 0.56 mg QE.g⁻¹ DM) than other studied plants ($p < 0.05$). The best antiradical activity was observed in *Thymus algeriensis* extracts ($EC_{50} = 11.1 \pm 0.33$ μ g.ml⁻¹) and *Romarinus officinalis* L. ($EC_{50} = 15.3 \pm 0.9$ μ g.ml⁻¹). β -carotene bleaching test showed that the herbs' phenolic compounds Antioxidant Activity (AA%) value was found in the range of 64-84%, whereas that of the standard antioxidant ascorbic acid was $51 \pm 2.4\%$. The present results indicate that medicinal plants from the Algerian Aurès mountains could be explored in food and pharmaceutical industries for development of natural's antioxidant agents.*

Keywords: Medicinal plants, phenolic compounds, oxidative stress, antioxidant activity

Introduction

The living organism produces free radicals in an excessive way, which conducts to the oxidative stress that would cause numerous pathological damages like cancer, cardiovascular, neurodegenerative, and autoimmune diseases. Natural antioxidants are a group of substances able to enhance the organism's defense system. Vitamins, alkaloids, terpenes, and phenolics isolated from medicinal plants were largely investigated to find natural antioxidants [1]. It is well known that antioxidants have significant inhibitory effects on various free radical species and also neutralize nonradical species such as hydrogen peroxide. Additionally, they can prevent the production of many reactive oxygen species in various diseases [2]. Synthetic antioxidants have been used antioxidants. Currently, the possible toxicity of these synthetic antioxidants has been criticized. Many researchers have focused on the search for natural compounds with antioxidant properties because of the harmful effects of synthetic antioxidants in the human body [3].

The use of herbal medicine is on the increase globally. In Africa, over 80% of the population depend directly on plants for their primary healthcare requirements [4]. Commonly known, natural products from medicinal plants represent one of the most important raw materials used for treating various human diseases because of the supreme availability of chemical diversity. With multiple biological activities, many plants contain antioxidant activity which attracts the attention of several research teams for its role in the fight against numerous illness and numerous studies have identified compound within herbal plants that are effective antibiotics [5].

The medicinal plants contain significantly higher levels of phenolic compounds than common vegetables, and fruits and also exhibit stronger antioxidant activity. Phenolics are one of the most groups of phytochemicals studied in recent times due to their various and high biological activities. Phenolic acids, flavonoids, stilbens, coumarins, tanins, lignans and more of other phenolic compounds have been found to exhibit properties as anticarcinogenic, anti-hypertensive, antiproliferative, anti-inflammatory, antimicrobial, and antioxidants [1]. The presence of antioxidants in plants can provide protection against a number of diseases; for example, ingestion of natural antioxidants has been inversely associated with mortality and morbidity from degenerative disorders. Medicinal plants are therefore being investigated for their antioxidant activity, and the demand for natural antioxidants. Flavonoids and other phenolics have been suggested to play a preventive role in the development some diseases [6]. In this context, the aim of this work is to determine phenolic compounds, flavonoid contents, DPPH radical scavenging and β -carotene bleaching test of methanolic extracts of six medicinal plants, widely used in the Algerian Aurès Mountains for their therapeutic properties.

Material and Methods

The medicinal plants choice and sampling

The plants chosen were *Artemisia herba alba* Asso, *Artemisia campestris* L., *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut., *Juniperus phoenica* L., *Marrubium vulgare* L. *Rosmarinus officinalis* L., and *Teucrium polium*. These plants were chosen because they are widely used in the Aurès Mountains in the treatment of several diseases (Table 1). Plant material was collected between March and April 2015, in Aurès Mountains (Department of Batna, Algeria) (Figure 1). The plants were confirmed and authenticated by Dr. Nassima Diab, a botanist at the Technical Institute of Agricultural Development Saharan Africa (ITDAS) province of Biskra, Algeria.

Table 1. Summary of information on the different selected medicinal plants and medicinal use from Algerian region studies

Scientific name	Common name	Local name	Medicinal use from Algerian region studies
<i>Artemisia herba alba</i> Asso	White wormwood	<i>elchih</i> , <i>elchiha</i> , <i>izry</i>	Analgesic, antispasmodic, blood purification, cancer, carminative, diabetes, diarrhea, eczema, genital diseases, menstrual pains, respiratory system diseases, stomachache, vermifuge, ulcer [7-11]
<i>Artemisia campestris</i> L.	Wormwood	<i>tegouft</i> , <i>dkoufeth</i> , <i>tagoufed</i>	antispasmodic, diabetes, weight loss, antidote, wound, kidneys, antihypertensive, goiter, cough, bronchitis, Intestinal bloating, intestinal parasites, digestive diseases, fever [7, 8, 10-12]
<i>Juniperus phoenica</i> L.	Phoenician juniper	<i>elaraar</i> , <i>zinba</i> , <i>ifezi</i>	Urinary system diseases, respiratory system diseases, hypoglycemic, migraine, rheumatism, articular system diseases, dermatological diseases, eye infections, genital infections, gastric ulcer, vertigo, stomach pain, gases, gastrointestinal complaints, thyroid [7, 8, 11]
<i>Marrubium vulgare</i> L.	Common white	<i>jaida</i> , <i>imezrith</i> , <i>timezourin</i>	Analgesic, antispasmodic, cardiovascular, fever, migraine, respiratory system diseases, system diseases, tonic, wound, digestive disorders, leishmanicidal, arthritis, diabetes, fever [7, 8, 10, 11, 13]
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Rosemary	<i>iklil eldjebel</i> , <i>klil</i> , <i>azri</i> , <i>touzala</i>	anemia, antidepressive, asthma, cholesterol, memory, teeth, antihypertensive, antitumoral, hepatic diseases, diabetes, stomachache, Hypotensive, wart, eczema, menstrual problems,

hypercholesterolemia [7-10, 13]

<i>Thymus algeriensis</i> Boiss. and Reut.	Thyme	<i>jertil, mezzouchen, z'aitra</i>	Toothache, gingivitis, mouth ulcers, muguet [11]
<i>Teucrium polium</i> L.	Cat Hulwort	tyme, <i>elmerrouyth, ifezi, temerrouyth</i>	Coagulant, stomachache, diabetes, digestive diseases, fever, gases, arterial, hypertension, women infertility, wounds [7, 9, 10, 12]

Before extracting and analyzing bioactive compounds from plants, samples must be collected, stored and prepared properly. To avoid degradation of the bioactive compounds, the samples are dried. Indeed, the high moisture or water content contributes to enzymatic activities. Before drying, the plants were cleared of insects from the sand and all other kinds of contamination. The plants were spread out in a homogeneous manner and they were dried in the open air (10 days on average for the different plants) in a dry, ventilated place and protected from light at ambient temperature (about 25°C). Since heating and exposure to light and oxygen can affect the phenolic composition in many cases. Having become dry, the leaves were separated from the stems and subdivided into small fragments, they were collected in clean plastic boxes for later use in extraction and different types of analysis.

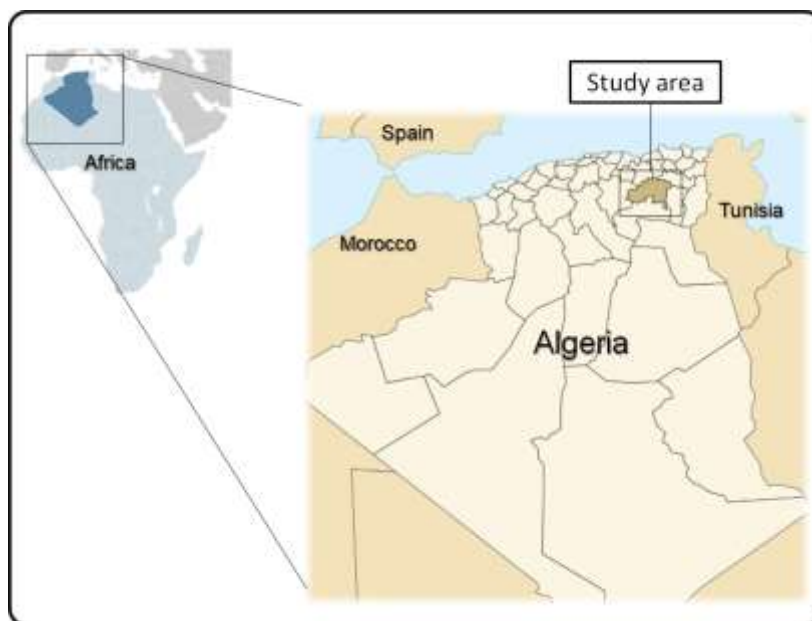


Figure 1. Geographical location of the study area

Extraction of crude phenolic compounds

Total phenolic compounds, were extracted as described by Falleh et al. [14] with some modifications: 3 g of the plant powder (Grinder, China) was mixed with 30 ml absolute MeOH (Sigma-Aldrich, Germany) with magnetic stirring (Snijders, Holland) for 30 min, allowed to rest at 4°C for 24 hours, filtered twice on filter paper and stored at 4°C until use.

Determination of total phenolic compounds

The determination of the total phenolic compounds of the plant extracts was carried out with the Folin-Ciocalteu colorimetric reagent, according to the method of Singleton et al. [15]. Four hundred microliters (400 µl) of each extract (dissolved in methanol) was added to 2 ml of Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich, USA) which was already diluted 10 times. The two elements were mixed and incubated for 4 minutes. After incubation, 1.6 ml sodium carbonate solution Na₂CO₃ (Panreac, MW=106) (0.075 g.ml⁻¹) was added to get the final mixture which was stirred and incubated again in a water bath at 30°C for 30 minutes. The absorbance of the extracts was measured at 765 nm using a spectrophotometer (Shimadzu, Japan). The results were expressed in milligrams gallic acid equivalent per gram of dry matter (mg GAE.g⁻¹ DM).

Determination of total flavonoids

The quantification of total flavonoids was performed by a method based on the formation of complexes between flavonoids and aluminum trichloride (AlCl₃) [16]. Equal volumes (1 ml) of plant extract and AlCl₃ solution (2%) were mixed. Their absorbance was measured at 415 nm, after incubation at ambient temperature for 40 min. The flavonoids contents of the plant extract were expressed in milligrams quercetin equivalent per gram of dry matter (mg QE.g⁻¹ DM).

DPPH radical scavenging assay

The antiradical activity of phenolic extracts of the various plants was measured by the method of Dung et al. [17]. One hundred microliters (100 µl) of different dilutions of phenolic extracts were mixed with 1 ml of a 0.004% (w/v) methanolic solution of DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) in dry cuvettes. After 30 min incubation at ambient temperature, the absorbance was measured at 517 nm. A negative control was composed 100 µl of methanol and 1ml of the DPPH solution. Positive control of Trolox (C₁₄H₁₈O₄) was measured under the same conditions as the test sample. The antiradical activity is expressed as a function of the reducing power of the DPPH methanol solution [18], applying the following formula:

$$RP (\%) = [(AC - AE) / AC] \times 100.$$

Where, RP: reducing power in percentage; AE: absorbance of the DPPH solution in the presence of the phenolic extracts and Trolox; AC: absorbance of the DPPH solution in the absence of phenolic extracts or trolox.

The variations of the reducing power as a function of the concentration of the phenolic extract allow

us to calculate the EC50 parameter. The EC50 "Efficient Concentration" is defined as the concentration of the antioxidant necessary to reduce 50% of free radicals in the reaction medium. More EC50 values are low over the anti-radical activity is high and vice versa [19]. The average EC50 values were calculated by linear regressions of the three separate tests, where the abscissa is represented by the concentration of the compounds tested and the ordinate by the antioxidant activity expressed as a percentage.

β-carotene bleaching test

The antioxidant activity of phenolic extracts of the various plants was carried out by the β-carotene bleaching method [20]. Ten milligrams (10 mg) of β-carotene were dissolved in 100 ml chloroform. One milliliter (1 ml) of this solution was added to a boiling flask containing 20 mg linoleic acid and 100 mg Tween 20. Chloroform was removed by evaporation at 50°C for 5 min by a rotary evaporator. Next, 50 ml of oxygenated distilled water was slowly added to the residue to form the emulsion (A). In open-capped cuvettes, 5 ml of the emulsion (A) was mixed with two hundred microliters (200 μl) of phenolic extract of each plant, at a concentration of 4000 micrograms per milliliter of methanol. A negative control consisting of 200 μl of methanol and 5ml of emulsion (A) was prepared without phenolic extracts. A second emulsion (B) consisting of 20 mg linoleic acid, 100 mg Tween 20 and 50 ml oxygenated distilled water was also prepared. A blanc solution of 200 μl of methanol and 5 ml of the emulsion (B) was prepared to be used as a zero value. The cuvettes were placed in a water bath at 50°C and the oxidation of the emulsion was monitored spectrophotometrically (Shimadzu, Japan) at 470 nm after 120 min. ascorbic acid (Sigma, USA) and was used as a positive control, the same protocol was applied as that phenolic extract. The antioxidant activity was expressed as a percentage and calculated by the following equation described by Ismail et al. [21]:

$$AA (\%) = [1 - (AE' - AEx) / (AC' - ACx)] \times 100.$$

Where, AA (%): antioxidant activity; AE': value of absorbance of the emulsion in the presence of phenolic extract or ascorbic acid measured at t=0 min; AC': value of absorbance of the emulsion of negative control measured at t=0 min; AEx: value of absorbance of the emulsion in the presence of phenolic extract or ascorbic acid measured at t=120 min; ACx: value of absorbance of the emulsion of negative control measured at t=120 min.

Data analysis

Phenolic compounds, flavonoid and antioxidant results were expressed as means±standard deviations (SD). Statistical analysis for all tests was carried out using ANOVA test followed by the Tukey's Honest Significant Differences post hoc test. Statistica software version 10 (StatSoft. Inc., Tulsa, OK, U.S.A.) was used to perform the statistical analysis at the 5% significance level.

Results

Total phenolic contents

The total phenolic contents of medicinal plants measured using the Folin–Ciocalteu method are shown in Table 2. The values ranged from 8.33 to 53.65 mg GAE.g⁻¹ DM. *Juniperus phoenica* L. showed the highest level (53.65±3.86 mg GAE.g⁻¹ DM) (p<0.05); followed by *Rosmarinus officinalis* L. (26.07±3.15 mg GAE.g⁻¹ DM), *Artemisia campestris* L. (20.53±1.99 mg GAE.g⁻¹ DM) and *Teucrium polium* L. (15.61±0.43 mg GAE.g⁻¹ DM).

Table 2. Total phenolic contents of methanolic extracts of the studied plants

Plant species	Total phenolics (mg GAE.g ⁻¹ DM)
<i>Artemisia herba alba</i> Asso	8.64±1.42 ^a
<i>Artemisia campestris</i> L.	20.53±1.99 ^{bc}
<i>Juniperus phoenica</i> L.	53.65±3.86 ^d
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	26.07±3.15 ^c
<i>Thymus algeriensis</i> Boiss. and Reut.	8.33±1.15 ^a
<i>Teucrium polium</i> L.	15.61±0.43 ^{ab}

Values are given as mean±standard deviation (SD) (n=3). Values followed by the different letters are significantly different at the 5% level (P<0.05).

Flavonoid contents

The total flavonoids contents of medicinal plants were measured using the Aluminum Trichloride method. According Djeridane et al. [22] flavonoids are the main phenolic group in most botanical families. In our case most of the plants tested had a high quantity of flavonoids as shown in Table 3. The amount of total flavonoids ranged from 2.95 to 11.11 mg QE.g⁻¹ DM. *Artemisia campestris* L. (11.11±0.56 mg QE.g⁻¹ DM) had significantly higher flavonoid contents than other studied plants (p<0.05).

Table 3. Total flavonoids contents of methanolic extracts of the studied plants

Plant species	Total flavonoids (mg QE.g ⁻¹ DM)
<i>Artemisia herba alba</i> Asso	5.47±1.06 ^a
<i>Artemisia campestris</i> L.	11.11±0.56 ^b

<i>Juniperus phoenica</i> L.	5.18±1.31 ^a
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	5.22±1.92 ^a
<i>Thymus algeriensis</i> Boiss. and Reut.	2.95±0.25 ^a
<i>Teucrium polium</i> L.	2.98±0.09 ^a

Values are given as mean±standard deviation (SD) (n=3). Values followed by the different letters are significantly different at the 5% level (P <0.05).

Antiradical capacity

This part is devoted to evaluation using a chemical method the antioxidant capacity phenolic compounds in selected medicinal plants. Numerous and diverse techniques are available to evaluate the antioxidant activities of specific compounds or complex mixtures such as phenolic compounds. The results of such screening may be used to select the most effective extracts for a more comprehensive examination [23]. Therefore, in the current study, two assays were conducted in order to evaluate in vitro antioxidant properties of our phenolic compound's samples: DPPH (1.1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical scavenging and β-carotene bleaching test.

The values for 50% scavenging activity (EC50) are presented in Table 4. The variance analysis performed on the DPPH scavenging activity of the phenolic compounds showed significant differences among herbs (p<0.05). The different extracts herbs exhibited remarkable reduction activities. The scavenging activity EC50 value was found in the range of 1.41 to 33.71 µg.ml⁻¹. The best activity was observed in *Rosmarinus officinalis* L. (EC50=1.41±0.07 µg.ml⁻¹), *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut. (EC50=1.60±0.13 µg.ml⁻¹), and *Artemisia campestris* L. (EC50=2.47±0.11 µg.ml⁻¹) extracts; the lowest (EC50=33.7±1.15 µg.ml⁻¹) in *Artemisia herba alba* Asso extracts. Also, the activities of all medicinal plants treated are, significantly, higher than that trolox, with EC50=46.6±1.98 µg.ml⁻¹, as standard reference product.

Table 4. Antioxidant activity of different extracts as determined by DPPH radical scavenging activity

Plant species	EC ₅₀ Value of phenolic compounds (µg.ml ⁻¹)
<i>Artemisia herba alba</i> Asso	33.71±1.15 ^b
<i>Artemisia campestris</i> L.	2.47±0.11 ^a
<i>Juniperus phoenica</i> L.	6.30±0.35 ^a
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	1.41±0.07 ^a
<i>Thymus algeriensis</i> Boiss. and Reut.	1.60±0.13 ^a

<i>Teucrium polium</i> L.	5.36±0.50 ^a
<i>Trolox</i>	46.62±1.98 ^c

Values represent mean±standard deviation (SD) of three replicates. Different letters (a-f) indicate a significant difference between the antioxidant activities (p<0.05).

Antioxidant capacity

The β-carotene bleaching test method is based on the loss of the yellow colour of β-carotene due to its reaction with radicals, which are formed by linoleic acid oxidation in an emulsion. The antioxidant activity of the treated herbs' phenolic compounds was examined by comparing it to the activity of known antioxidants such as ascorbic acid. All results are reported in Table 5. These results showed that the herbs' phenolic compounds antioxidant activity (AA%) value was found in the range of 64.3% to 84.5%, whereas that of the standard antioxidant ascorbic acid was 51.2±2.4%. Consequently, all treated herbs had a higher antioxidant activity than standard antioxidant following β-carotene bleaching test. *Rosmarinus officinalis* L. (84.54±2.71%) and *Artemisia campestris* L., (80.08±3.41%) extracts were slightly better than the extracts of *Juniperus phoenica* L. (75.78±2.46%); both being quite better in comparison to the extracts of *Artemisia herba alba* Asso, *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut., and *Teucrium polium* L. (67.56±1.75%, 64.31±1.9%, and 64.84±3.1%, respectively).

Table 5. Antioxidant Activity (AA%) of different extracts as determined by β-carotene bleaching activity

Plant species	AA of Phenolic extract (%)
<i>Artemisia campestris</i> L.	80.08±3.41 ^{cd}
<i>Artemisia herba alba</i> Asso	67.56±1.75 ^{bc}
<i>Juniperus phoenica</i> L.	75.78±2.46 ^{bcd}
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	84.54±2.71 ^d
<i>Thymus algeriensis</i> Boiss. and Reut.	64.31±1.9 ^{ab}
<i>Teucrium polium</i> L.	64.84±3.1 ^{ab}
Ascorbic acid	51.24±2.36 ^a

Values represent mean±standard deviation (SD) of three replicates. Different letters (a-d) indicate a significant difference between the antioxidant activities (p<0.05). AA%: Antioxidant Activity.

Discussion

Total phenolic compounds

The value of total phenolic contents of medicinal plants measured using the Folin–Ciocalteu method ranged from 8.33 to 53.65 mg GAE.g⁻¹ DM. In present study, *Juniperus phoenica* L. have the highest total phenolic compounds; followed by *Rosmarinus officinalis* L., *Artemisia campestris* L., and *Teucrium polium* L. It is well known that plant phenolic compounds are widely distributed in the plant kingdom and that they are sometimes present in surprisingly high concentrations [24]. Thus, the increase of the phenolic compounds in arid and semi-arid area plants may be related to the hard climate conditions (high solar exposure, hot temperatures, short growing season, dryness etc.) [22].

The total phenolic compounds of *Juniperus phoenica* L. was 53.65±3.86 mg GAE.g⁻¹ DM. Our results aren't in agreement with those Hayouni et al. [25], the amount of total phenolic compounds of *Juniperus phoenica* L. growing in Tunisia ranged from 89.6 to 167 mg GAE.g⁻¹ DM (extraction with different solvents).

The total phenolic compounds of *Rosmarinus officinalis* L. were 26.07±3.15 mg GAE.g⁻¹ DM. Our results aren't in agreement also with those cited in literature. The amount of total phenolic compounds of *Rosmarinus officinalis* L. growing in Morocco [26] and in Turkey [27] was 185.71±4 mg GAE.g⁻¹ DM and 119 mg GAE.g⁻¹ DM, respectively.

The total phenolic compounds of *Artemisia campestris* L. and *Artemisia herba alba* Asso were 20.53±1.99 and 8.64±1.42 mg GAE.g⁻¹ DM, respectively. Our results are in agreement with those Djeridane et al. [22], the amount of total phenolic compounds of *Artemisia campestris* L. and *Artemisia herba alba* Asso growing in Algeria were 20.38±0.30 mg GAE.g⁻¹ DM and 13.06±0.40 mg GAE.g⁻¹ DM respectively. However, the amount of total phenolic components in the different extracts of *Artemisia herba alba* Asso growing in Tunisia was 123.95±4.30 g GAE.kg⁻¹ DM [28].

Hayouni et al. [25] have been showed that phenolic compounds content is strongly dependent on the solvents. This investigation has been showed that a higher content of phenolic compounds was obtained with an increase in the polarity of the solvent used. The qualitative and quantitative variability of secondary metabolisms in medicinal plant species screened in the current study can be related to several factors mainly: stage of plant growth, genetic pool, the state of plant material, geographical and environmental conditions including soil composition, climatic conditions with emphasis on stressful environmental conditions such as drought of semi-arid and arid zones, seasonal variations, and soils characteristics [29, 30].

Total flavonoid contents

The total flavonoids contents of medicinal plants were measured using the Aluminum Trichloride method. In our case, all plants tested had a high quantity of flavonoids. The total flavonoids of *Artemisia campestris* L. and *Artemisia herba alba* Asso were 11.11±0.56 and 5.47±1.06 mg QE.g⁻¹ DM, respectively.

Our results are in agreement also with those Djeridane et al. [22], the amount of total flavonoids of *Artemisia campestris* L. and *Artemisia herba alba* Asso growing in Algeria were 7.46 ± 0.20 mg QE.g⁻¹ DM and 11.31 ± 0.51 mg QE.g⁻¹ DM, respectively. Nevertheless, the total flavonoids content of an infusion of *Artemisia campestris* L. growing in Tunisia have been determined by Megdiche-Ksouri et al. [30] 175.23 ± 7.26 mg QE.g⁻¹ DW and Ghilissi et al. [31] 28.30 ± 1.45 mg RE.g⁻¹ of extract (Rutin Equivalent), these amounts are higher than found in our investigation. According to Da Silva Port's et al. [32], comparison of total phenolic content with the literature data is difficult, since just a few studies were previously carried out with the same species and even when the species were the same, they originated from other regions. Another problem is the use of different reference standards and different extraction solvents.

Antiradical activity

This part is devoted to evaluation using a chemical method the antioxidant capacity of phenolic compounds in some Algerian medicinal plants. Numerous and diverse techniques are available to evaluate the antioxidant activities of specific compounds or complex mixtures such as phenolic compounds. The results of such screening may be used to select the most effective extracts for a more comprehensive examination. None of these methods on its own is ideal for evaluating antioxidant activity but together; they nonetheless provide useful information on extracts and individual compounds [23, 33]. Therefore, in the current study, two assays were conducted in order to evaluate *in vitro* antioxidant properties of our phenolic compounds samples: DPPH radical scavenging and β -carotene bleaching test.

The method is based on the reduction of DPPH solutions in the presence of a hydrogen donating antioxidant. DPPH solutions show a strong absorption band at 517 nm appearing in a deep violet colour. In DPPH test the antioxidants react with the stable free radical 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (deep violet colour) and convert it to 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazine with discoloration. The degree of discoloration indicates the free radical scavenging potentials of the sample/antioxidant [20, 34]. The results are highly reproducible and comparable to other free radical scavenging methods [24].

The variance analysis performed on the DPPH scavenging activity of the phenolic compounds showed significant differences among herbs ($p < 0.05$). The activities of all medicinal plants treated were higher than that trolox as standard reference product. According Cai et al. [35] the large variation in the antioxidant activity of medicinal plants is due to the diversity of phenolic compounds, their concentrations and the different molecular structural characteristics of these compounds. Li et al. [36] found a correlation between antioxidant capacities and the total phenolic content of 45 medicinal plants. Therefore, a high content of phenolic compounds is an important factor in determining the antioxidant capacities of medicinal plants. The best activity was observed in *Rosmarinus officinalis* L. ($EC_{50} = 1.41 \pm 0.07$ $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$), *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut. ($EC_{50} = 1.60 \pm 0.13$ $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$), and *Artemisia campestris* L. ($EC_{50} = 2.47 \pm 0.11$ $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$) extracts.

According to the literature, the antioxidants activities of *Rosmarinus officinalis* L. are mainly linked to the phenolic compounds present in the rosemary extract. The most active being phenolic acids. Carnosic acid is the major phenolic constituent present in rosemary leaves, with an antioxidant activity approximately 7 times greater than that of synthetic antioxidants [37].

Antioxidant activity

Phenolic compounds are complex of mixture with different functional groups, polarity and chemical behaviours, and this could lead to scattered results, depending on the test employed. Therefore, the use of multiple methods is necessary in the assessment of antioxidant activity [38]. Consequently, the β -carotene bleaching method was also used. Our results are in concordance with several studies that demonstrated the antioxidant action of *Artemisia campestris* L. extracts following β -carotene bleaching test. Ethyl acetate extract produced 82% of bleaching inhibition and exceeded that of BHT; similarly, chloroform extract also inhibited 79% of β -carotene bleaching [39]. Same results were observed (84% and 88.7%) of β -carotene bleaching [31, 40], respectively. Antioxidant activity of compounds with different structures can be compared using the β -carotene bleaching, because these methods are based on the inhibition of linoleic acid oxidation reactions. The DPPH method measures only a compound's reaction with DPPH which is dependent on its structural conformation; thus, comparisons may not always be appropriate [41].

Conclusions

As a conclusion, the extracts of the six medicinal plants showed free radical (DPPH) scavenging and strong inhibition of linoleic acid activities when compared to standards such as trolox and ascorbic acid, respectively. The results of this study showed that the extract of medicinal plants growing in Aurès mountains can be used as easily accessible source of natural antioxidants and in food and pharmaceutical industry. Finally, the findings of this work are useful to further research such as the identification of specific phenolic compounds responsible for the antioxidant activities of *Artemisia campestris* L., *Juniperus phoenicea* L., *Rosmarinus officinalis* L., and *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut.

Acknowledgements

We would like to thank the organizations that have participated in the realization of this work especially: Technical Institute of Agricultural Development Saharan Africa (ITDAS) province of Biskra, Algeria.

References

- [1] Boutellaa, S.; Zellagui, A.; Öztürk, M.; Bensouici, C.; Ölmez, Ö. T.; Menakh, M.; Duru, M. E. HPLC-DAD profiling and antioxidant activity of the n-butanol extract from aerial parts of Algerian *Crithmum maritimum* L. *Acta Sci. Nat.* **2019**, 6, 8-16.
- [2] Ergül, M.; Ergül, M.; Eruygur, N.; Atas, M.; Uçar, E. *In Vitro* Evaluation of the Chemical Composition and Various Biological Activities of *Ficus carica* Leaf Extracts. *Turk J Pharm Sci.* **2019**, 16, 401-409.
- [3] Boulacel, I.; Harkati, B.; Ayad, R.; Demirtas, I.; Laouer, H.; Akkal, S. Phytochemical Studies Antibacterial and Antioxidant Activities of Aerial Parts of *Ferula lutea* (Poir.) Maire. *Acta Sci. Nat.* **2019**, 6, 17-25.
- [4] Karatoprak, G.Ş.; Ilgün, S.; Koşar, M. Original article Antioxidant Properties and Phenolic Composition of *Salvia*. *Turk J Pharm Sci.* **2016**, 13(2), 201-212.
- [5] Chohra, D.; Ferchichi, L. Ethnobotanical study of Belezma National Park (BNP) plants in Batna: East of Algeria. *Acta Sci. Nat.* **2019**, 6, 40–54.
- [6] Tlili, N.; Elfalleh, W.; Hannachi, H.; Yahia, Y.; Khaldi, A.; Ferchichi, A.; Nasri, N. Screening of Natural Antioxidants from Selected Medicinal Plants. *Int J Food Prop.* **2013**, 16, 1117-1126.
- [7] Ibrahim, M. A.; Ramadan, M.M. Cytotoxic effects on MCF-7 breast cancer cell lines, phenol and flavonoid contents, high performance liquid chromatography (HPLC) analysis and antioxidant activity of *Maerua pseudopetalosa* (Gilg and Bened) De Wolf fractions. *African J Pharm Pharmacol.* **2019**, 13, 314-321.
- [8] Ouelbani, R.; Bensari, S.; Mouas, T. N.; Khelifi, D. Ethnobotanical investigations on plants used in folk medicine in the regions of Constantine and Mila (North-East of Algeria). *J Ethnopharmacol.* **2016**, 194, 196-218.
- [9] Boudjelal, A.; Henchiri, C.; Sari, M.; Sarri, D.; Hendel, N.; Benkhaled, A.; Ruberto, G. Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (North Algeria): An ethnopharmacology survey. *J Ethnopharmacol.* **2013**, 148, 395-402.
- [10] Bouasla, A.; Bouasla, I. Ethnobotanical survey of medicinal plants in northeastern of Algeria. *Phytomedicine.* **2017**, 36, 68-81.
- [11] Benarba, B. Medicinal plants used by traditional healers from South-West Algeria: An ethnobotanical study. *J Intercult Ethnopharmacol.* **2016**, 5, 320-330.
- [12] Chermat, S.; Gharzouli, R. Ethnobotanical Study of Medicinal Flora in the North East of Algeria - An Empirical Knowledge in Djebel Zdim (Setif). *J Mater Sci Eng A.* **2015**, 5, 50-59.

- [13] Ramdane, F.; Mahfoud, H. M.; Mohamed, D. O. H.; Roukia, H.; Naima, H.; Houria, M.; Bouafia, I.; Bahaz, C. Ethnobotanical study of some medicinal plants from Hoggar, Algeria. *J Med Plants Res.* **2015**, *9*, 820-827.
- [14] Falleh, H.; Ksouri, R.; Chaieb, K.; Karray-Bouraoui, N.; Trabelsi, N.; Boulaaba, M.; Abdelly, C. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *C R Biol.* **2008**, *331*, 372-379.
- [15] Singleton, V. L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventós, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In: *Methods in Enzymology*, **1999**, *299*, 152-178.
- [16] Woisky, R. G.; Salatino, A. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *J Apic Res.* **1998**, *37*, 99-105.
- [17] Dung, N. T.; Kim, J. M.; Kang, S. C. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merr and Perry buds. *Food Chem Toxicol.* **2008**, *46*, 3632-3639.
- [18] Rashid, A.; Qureshi, M. Z.; Raza, S. A.; William, J.; Arshad, M. Quantitative determination of antioxidant potential of *Artemisia persica*. *Analele Univ din București.* **2010**, *19*, 23-30.
- [19] Gramza, A.; Pawlak-Lemańska, K.; Korczak, J.; Wąsowicz, E.; Rudzinska, M. Tea Extracts as Free Radical Scavengers. *Polish J Environ Stud.* **2005**, *14*, 861–867.
- [20] Kulisic, T.; Radonic, A.; Katalinic, V.; Milos, M. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. *Food Chem.* **2004**, *85*, 633-640.
- [21] Ismail, A.; Marjan, Z.; Foong, C. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chem.* **2004**, *87*, 581-586.
- [22] Djeridane, A.; Yousfi, M.; Nadjemi, B.; Boutassouna, D.; Stocker, P.; Vidal, N. Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chem.* **2006**, *97*, 654-660.
- [23] Nikolić, M.; Glamočlija, J.; Ferreira, I.C.F.R.; Calhelha, R. C.; Fernandes, Â.; Marković, T.; Marković, D.; Giweli, A.; Soković, M. Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut and *Thymus vulgaris* L. essential oils. *Ind Crops Prod.* **2014**, *52*, 183-190.
- [24] Katalinic, V.; Milos, M.; Kulisic, T.; Jukic, M. Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. *Food Chem.* **2006**, *94*, 550-557.
- [25] Hayouni, E. A.; Abedrabba, M.; Bouix, M.; Hamdi, M. The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities *in vitro* of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. *Food Chem.* **2007**, *105*, 1126-1134.

- [26] Fadili, K.; Amalich, S.; N'dedianhoua, S. K.; Bouachrine, M.; Mahjoubi, M.; El Hilali, F.; Zair, T. Teneurs en polyphénols et évaluation de l'activité antioxydante des extraits de deux espèces du Haut Atlas du Maroc: *Rosmarinus Officinalis* et *Thymus Satureioides*. *Int J Innov Sci Res ISSN*. **2015**, 17, 2351-8014.
- [27] Celiktas, O.Y.; Kocabas, E. E. H.; Sukan, F.V.; Bedir, E.; Ozek, T.; Baser, K. H. C. Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis*, depending on location and seasonal variations. *Food Chem*. **2005**, 100, 553-559.
- [28] Khlifi, D.; Sghaier, R. M.; Amouri, S.; Laouini, D.; Hamdi, M.; Bouajila, J. Composition and anti-oxidant, anti-cancer and anti-inflammatory activities of *Artemisia herba-alba*, *Ruta chalapensis* L. and *Peganum harmala* L. *Food Chem Toxicol*. **2013**, 55, 202-208.
- [29] Zouaoui, N.; Chenchouni, H.; Bouguerra, A.; Massouras, T.; Barkat M. Characterization of volatile organic compounds from six aromatic and medicinal plant species growing wild in North African drylands. *NFS J*. **2020**, 18, 19-28.
- [30] Megdiche-Ksouri, W.; Bourgou, S.; Snoussi, M. *Artemisia campestris* phenolic compounds have antioxidant and antimicrobial activity. *Ind Crops Prod*. **2014**, 63, 104-113.
- [31] Ghल्ली, Z.; Sayari, N.; Kallel, R.; Bougatef, A.; Sahnoun, Z. Antioxidant, antibacterial, anti-inflammatory and wound healing effects of *Artemisia campestris* aqueous extract in rat. *Biomed Pharmacother*. **2016**, 84, 115-122.
- [32] Da Silva Port's, P.; Chisté, R.C.; Godoy, H. T.; Prado, M.A. The phenolic compounds and the antioxidant potential of infusion of herbs from the Brazilian Amazonian region. *Food Res Int*. **2013**, 53, 875-881.
- [33] Pukalskas, A.; Venskutonis, P.R.; Salido, S.; Waard, P. De.; Van Beek, T.A. Isolation, identification and activity of natural antioxidants from horehound (*Marrubium vulgare* L.) cultivated in Lithuania. *Food Chem*. **2012**, 130, 695-701.
- [34] Sbayou, H.; Boumaza, A.; Hilali, A.; Amghar, S. Antioxidant properties of *Artemisia herba-alba* Asso., *Mentha pulegium* L. and *Origanum compactum* Benth. essential oils. *J Mater Environ Sci*. **2016**, 7, 2908-2912.
- [35] Cai, Y. Z.; Luo, Q.; Sun, M.; Corke, H. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sci*. **2004**, 74, 2157-2184.
- [36] Li, N.; Mao, Y.; Deng, C.; Zhang, X. Separation and identification of volatile constituents in *Artemisia argyi* flowers by GC-MS with SPME and steam distillation. *J Chromatogr Sci*. **2008**, 46, 401-405.

- [37] Jordán, M.J.; Moñino, M.I.; Martínez, C.; Lafuente, A.; Sotomayor, J.A. Introduction of distillate rosemary leaves into the diet of the Murciano-Granadina goat: Transfer of polyphenolic compounds to goats milk and the plasma of suckling goat kids. *J Agric Food Chem.* **2010**, 58, 8265-8270.
- [38] Alu'datt, M.H.; Rababah, T.; Alhamad, M. N.; Al-Mahasneh, M. A.; Almajwal, A.; Gammoh, S.; Ereifej, K.; Johargy, A.; Alli, I. A review of phenolic compounds in oil-bearing plants: Distribution, identification and occurrence of phenolic compounds. *Food Chem.* **2017**, 218, 99-106.
- [39] Djidel, S.; Khennouf, S. Radical scavenging, reducing power, lipid peroxidation inhibition and chelating properties of extracts from *Artemisia campestris* L. aerial parts. *Annu Res Rev Biol.* **2014**, 4, 1691-1702.
- [40] Dib, I.; Angenot, L.; Mihamou, A.; Ziyat, A.; Tits, M. *Artemisia campestris* L.: Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological review. *J Herb Med.* **2017**, 7, 1-10.
- [41] Fukumoto, L.R.; Mazza, G. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *J Agric Food Chem.* **2000**, 48, 3597-3604.

في الآونة الأخيرة، لاقى مركبات الأيض الثانوي للنباتات العطرية والطبية إهتماماً كبيراً من طرف الباحثين بسبب خصائصها الحيوية. هذه المركبات لديها فائدة مزدوجة لصحة المجترات ووجوده منتوجاتها (الحليب و اللحم). في هذا الإطار ومن أجل تثمين النباتات الجزائرية كانت أهداف هذه الأطروحة كالتالي: (أ) جرد النباتات العطرية والطبية التي ترعاها الماعز في جبال الأوراس (باتنة) وجرده تأثيرها على جودة الحليب من خلال إستقصاء تم إجراؤه مع الفلاحين ؛ (ب) تحليل مركبات التربينات والفينولات لهذه النباتات العطرية والطبية ؛ (ج) دراسة المركبات الفينولية والفينولات المتحللة في حليب الماعز التي أتبعته نظاماً غذائياً المضاف إليه *Artemisia herba alba*. تم إجراء الاستقصاء على 70 فلاحاً في منطقة الدراسة. تم استعمال طرق القياس اللوني لتحليل المستخلصات الفينولية من النباتات المختارة واستخدمت الطرق الكروماتوجرافية (HP-SPME-GC-MS و HPLC-DAD) لتحليل مركبات التربينات والمركبات الفينولية من النباتات المختارة. تم أيضاً تقييم النشاط المضاد للجذور الحرة والنشاط المضاد للأكسدة بواسطة اختبار DPPH واختبار التبييض β -carotène. أكثر النباتات العطرية والطبية استهلاكاً من طرف الماعز هي: *Thymus algeriensis* > *Artemisia herba alba* Asso > *Rosmarinus officinalis* L. > *Juniperus phoenicea* L. > *Artemisia campestris* L > *Marrubium vulgare* L. *Thymus algeriensis* et *Artemisia herba alba* Asso هي أكثر النباتات وفرة في جبال الأوراس والأكثر ربحاً من قبل الماعز. سمحت طريقة HP-SPME-GC-MS باكتشاف عدد من مركبات طيارة، من بينها: β - (31%)، *trans*-caryophyllène (31%)، β -thujone (38 %)، α -pinene (40 %)، myrcène (29%)، camphre (27%)، α -thujone (18%). الفينولية بواسطة HPLC-DAD للنباتات العطرية والطبية أظهر ثراءها من المركبات الفينولية. أكثر فئات المركبات الفينولية التي تم اكتشافها بوفرة هي: الفلافونويدات (3-51 مجم/غ) ومشتقات حمض سيناميك (0.5-36 مغم/غ) ومشتقات من حمض البنزويك (0.1-5.5 مغم/غ) والكومارين (0.1-2.4 مغم/غ). كما أتاح الفحص الكيميائي النباتي بواسطة HPLC-DAD من اكتشاف حمض الكوماريك وحمض 3_الميدروسيناميك في حليب الماعز التجريبية التي أتبعته نظاماً غذائياً يحتوي على 10% من *Artemisia herba alba*، في الأخير، نستخلص من هذا العمل أن النباتات العطرية والطبية التي تنمو في جبال الأوراس الجزائرية غنية بالمركبات الفينولية ويمكن تقديم هذه النباتات كغذاء للماعز لتحسين نوعية الحليب.

الكلمات المفتاحية: النباتات العطرية والطبية ، المركبات الفينولية ، مركبات التربينات، حليب الماعز ، جبال الأوريس.

The secondary metabolites of aromatic and medicinal plants have received a lot of attention in recent years due to their ability to biological activities. These compounds would be of dual interest for the health of ruminants and for the nutritional value of their products (milk and meat). About that and within the framework of the valorization of the endemic plants, the objectives of this thesis are: (i) to inventory the aromatic and medicinal plants grazed by the goats and to list their effects on the quality of milk by means of a survey carried out among farmers in the Aurès Mountain area; (ii) analyze the profiles of terpene and phenolic compounds of these aromatic and medicinal plants; (iii) and study the phenolic compounds and their metabolites in goat milk supplemented with *Artemisia herba alba*. A survey was carried out among 70 farmers in the Aurès Mountains (Batna). Colorimetric tests were used for the analysis of phenolic extracts from the selected plants and chromatographic tests (HP-SPME-GC-MS and HPLC-DAD) were used for the analysis of terpene compounds and phenolic compounds from the selected plants, respectively. Antiradical activity and antioxidant activity were assessed by the DPPH[•] test and the β -carotene bleach test, respectively. The aromatic and medicinal plants most consumed by goats (with the high citation frequency) are: *Thymus algeriensis* > *Artemisia herba alba* Asso > *Rosmarinus officinalis* L. > *Juniperus phoenicea* L. > *Artemisia campestris* L. > *Marrubium vulgare* L. *Thymus algeriensis* and *Artemisia herba alba* Asso are both the most abundant plants in the Aures Mountains and the most grazed by goats. The main volatile compounds identified by HP-SPME-GC-MS are α -pinene (40%), β -thujone (38%), trans-caryophyllene (31%), β -myrcene (29%), camphor (27%), and α -thujone (18%). The phyto-chemical screening by HPLC-DAD of aromatic and medicinal plants shows their richness in phenolic compounds. The most abundant classes of phenolic compounds detected are flavonoids (3-51 mg.g⁻¹ DM), derivatives of cinnamic acid (0.5-36 mg.g⁻¹ DM), derivatives of benzoic acid (0.1-5.5 mg.g⁻¹ DM) and coumarins (0.1-2.4 mg.g⁻¹ DM). The contents of t-o-coumaric acid and 3-hydroxycinnamic acid (unidentified) in the milk of goats experimenting following a diet with *Artemisia herba alba* were higher than those of control goats with a significant difference (p < 0.001). The present work indicates that the aromatic and medicinal plants that grow in the Aurès Mountains of Algerian are rich in phenolic compounds and could be offered as food for goats to improve the quality goat milk.

Key words : Aromatic and medicinal plants, phenolic compounds, terpene compounds, goat milk, Aurès Mountains.

Les métabolites secondaires des plantes aromatiques et médicinales ont reçu beaucoup d'attention ces dernières années en raison de leurs activités biologiques. Ces composés présenteraient un double intérêt pour la santé des ruminants et pour la valeur nutritionnelle de leurs produits (lait et viande). A ce propos et dans le cadre de la valorisation des plantes endémiques des régions semi-arides algériennes, les objectifs de cette thèse sont : (i) inventorier les plantes aromatiques et médicinales pâturées par les chèvres et répertorier leurs effets sur la qualité de lait au moyen d'une enquête réalisée auprès des éleveurs dans la zone des montagnes des Aurès; (ii) analyser les profils en composés terpéniques et phénoliques de ces plantes (iii) et étudier les composés phénoliques et leurs métabolites du lait de chèvres ayant reçu un régime supplémenté avec *Artemisia herba alba*. Une enquête a été réalisée auprès de 70 éleveurs au niveau des montagnes Aurès (Batna). Des tests colorimétriques ont été utilisés pour l'analyse des extraits phénoliques des plantes sélectionnées et des tests chromatographiques (HP-SPME-GC-MS et HPLC-DAD) ont été employés pour l'analyse des composés terpéniques et des composés phénoliques respectivement. L'activité antiradicalaire et l'activité antioxydante ont été évaluées par le test au DPPH^{*} et le test de blanchiment du β -carotène respectivement. Les plantes aromatiques et médicinales les plus consommées par les chèvres (ayant la fréquence de citation (FC) élevée) sont : *Thymus algeriensis* > *Artemisia herba alba* Asso > *Rosmarinus officinalis* L. > *Juniperus phoenicea* L. > *Artemisia campestris* L. > *Marrubium vulgare* L. En effet, *Thymus algeriensis* et *Artemisia herba alba* Asso sont à la fois les plantes les plus abondantes des montagnes des Aurès et les plus pâturées par les chèvres. Les principaux composés volatils identifiés par HP-SPME-GC-MS sont l' α -pinène (40 %), le β -thujone (38 %), le trans-caryophyllène (31 %), le β -myrcène (29 %), le camphre (27 %) et l' α -thujone (18 %). Les classes de composés phénoliques les plus abondantes détectées par HPLC-DAD sont les flavonoïdes (3-51 mg.g⁻¹ MS), les dérivés de l'acide cinnamique (0,5-36 mg.g⁻¹ MS), les dérivés de l'acide benzoïque (0,1-5,5 mg.g⁻¹ MS) et les coumarines (0,1-2,4 mg.g⁻¹ MS). Les teneurs en acide t-o-coumarique et en acide 3-hydroxycinnamique (non identifié) de lait de chèvres en expérimentation suivant un régime avec *Artemisia herba alba* sont supérieures à celles de chèvres témoins avec une différence significative (p < 0,05). Le présent travail révèle que les plantes aromatiques et médicinales qui poussent dans les montagnes d'Aurès Algérienne sont riches en composés phénoliques et pourraient être proposées comme aliments pour les chèvres afin d'améliorer la qualité du lait.

Mots clés : Plantes aromatiques et médicinales, composés phénoliques, composés terpéniques, lait de chèvres, les montagnes d'Aurès.