

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention :

Du diplôme de Master

ETUDE DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DE *Thymus ALGERIENSIS*

**Spécialité : Biotechnologie de l'alimentation et amélioration
des performances animales**

Présenté par :

MEKADEMI Med WAHID

Devant les jurys composé de :

Mr. BOUKHLIFA.	MAA	USDB	Président de jury
Mr. HOUMANI.M	Pr	USDB	Promoteur
Mr. MEHANNI.R	MAA	USDB	Examineur
Mr.BENCHERCHALI.M	MAA	USDB	Examinatreur

ANNEE UNIVERSITAIRE 2013/2014

Remerciements

Au terme de ce travail.

Tout d'abord, je remercie ﷻ de m'avoir donné la santé, la patience et les moyens, à fin que je puisse accomplir ce travail.

Je saisi cette occasion pour exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble des enseignants du département de Biotechnologie de Blida et en particulier Mr **HOUMANI. Med** m'avoir encadré pour la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements vont aussi à Mr **BOUKHLIFA** pour l'honneur qu'il me fait de présider mon jury, et également à Mr **BEN CHERCHALI** et Mr **MEHANI** pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

MEKADEMI MED WAHID

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À ma grand-mère mes chère parents en témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je leurs porte et ma reconnaissance pour leur soutien et leur encouragements que m'ont prodigués tout au long de ma vie.

À l'âme de mon grand-père **Mekademi.Bouzide**

À mes chers frères et ma sœur pour leurs sacrifices et leurs aides illimitées tout au long de mes études et toute la famille **Mekademi**.

Que dieu vous préserve longue vie et prospérité.

À mes amis spécialement KHEDIM.R, DAHIA.H, BENHADJ.W, MOUHOUBI.A, MEKADEMI.A, Zaki, Wahad, Ilyas, Farid, Sab, Mehdi, Zaid, Rougi, Tim, Lin, K.Dja, Mouh, Kara, Papou, Zakou, Samir, L'amine, Djazil, Younes, Mahdi, Amine.D,

et toute ma promotion de SNV.

Wahid

Sommaire

Introduction

Partie Bibliographique

Chapitre.I Valeur alimentaire des fourrages et facteurs de variation.....	1
Chapitre.II Méthode d'évaluation de la valeur alimentaires des fourrages.....	8
Chapitre.III Les plantes aromatiques et médicinales.....	14
Chapitre.IV Le Thym.....	19
Chapitre.V L'huile essentielle du genre Thymus.....	22
Chapitre.VI L'utilisation des huiles essentielles chez les animaux.....	24

Partie expérimentale

Matériel et méthodes.....	28
Résultats et discussion.....	39
Conclusion.....	54
Annexes.....	57
Référence bibliographique.....	72

Liste des abréviations

CB : Cellulose brute

cm : centimètre

dCB : digestibilité de la Cellulose brute

dMAT : digestibilité des matières azotées totales

dMO : digestibilité de la matière organique

dMS : digestibilité de la matière sèche

dr : digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle

DT : Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen

EB : Energie brute

ED : Energie digestible

EM : Energie métabolisable

EN : Energie nette

ENL : Energie nette pour le lait

ENEV : Energie nette pour l'entretien et la viande

g : gramme

GMQ : Gain Moyen Quotidien

Kcal : kilocalorie

Kf : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de viande

Kg : Kilogramme

Kl : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de lait

Km : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien

Liste des abréviations

Kmf : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien et la production de viande

MADR : Ministère de l'agriculture et du développement rural

MAT : Matières azotées totales

MM : Matières minérales

MO : Matières organiques

MOD : Matières organiques digestibles

MOF : Matières organiques fermentescible

MS : Matière sèche

N : Azote

PANDI : Protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin

UF : Unité fourragère

UFL : Unité fourragère lait

UFV : Unité fourragère viande

PDIA : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire

PDIE : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine énergétique

PDIM : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne

PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine azotée

Rd : Rendement e huile essentielle

HE : Huile essentielle

% : Pourcentage

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1 : Une touffe de Thym sur pied.....	28
Figure 2: Plante de Thym étalée sur de papier à l'ombre pour le séchage.....	29
Figure 3: Thymus algeriensis de montagne.....	30
Figure 4: Hydro-distillateur de type Clevenger.....	37

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition chimique de quelques fourages.....	5
Tableau 2: Evolution de la valeur énergétique et azotée en fonction du stade de développement.....	6
Tableau 3: Fréquence de coupes et production de protéines.....	6
Tableau 4: Effets de la complémentation en huile essentielle de Thym sur l'évolution des performances zootechnique.....	25
Tableau 5: Effets de la complémentation en huile essentielles de Thym sur les activités de la α -amylase et de la trypsine pancréatiques.....	26
Tableau 6: Effets de la complémentation en huile essentielles de Thym sur les activités de la maltase et de la leucine aminopeptidase.....	26
Tableau 7: Effets de la complémentation en huile essentielle de Thym sur la numération de la microflore intestinale iléo-caecale.....	26
Tableau 8 : Les mesures biométrique.....	29
Tableau 9 : Composition chimique, proportions de feuilles et de tiges de Thymus algeriensis.....	43
Tableau 10 : Digestibilité et dégradabilité de Thymus algeriensis en vert.....	46
Tableau 11 : Teneurs en énergie de Thymus algeriensis de plaine.....	48
Tableau 12 : Valeurs énergétiques de Thymus algeriensis.....	49
Tableau 13 : Valeurs azotées de Thymus algeriensis.....	52
Tableau 14 : Rendements en huiles essentielles de Thymus algeriensis.....	52

Liste des tableaux

Résumé

Résumé :

Titre :Etude de la valeur alimentaire de *THYMUS ALGERIENSIS*

Le travail effectué représente une étude sur l'évolution de la composition chimique, la valeur énergétique, la valeur azotée et le rendement en huiles essentielles de *Thymus Algeriensis* récolté dans deux localités dans la wilaya de Blida (Sidi El Kébir et Beni Ali) à différents stades phénologiques.

Les meilleurs résultats sont au stade pleine floraison pour une localisation en plaine. En effet, le *Thymus algeriensis* de plaine et à ce stade est caractérisé par :

- ✓ Des teneurs en MO, MM, MAT et CB respectivement de : 95,08 ; 4,91, 4,41 et 33,02 %.
- ✓ Des valeurs énergétiques : 0,76 UFL et 0,68 UFV et azotées : 16,92 PDIA g ; 31,46 g de PDIN et 68,87 g de PDIE.
- ✓ Rendement en huile essentielle 2,11% par kg de MS.

Mots clés : *Thymus algeriensis*, stade de récolte, localités, composition chimique, valeur énergétique, valeur azotée, rendements en huile essentielle.

الملخص :

العنوان: دراسة القيمة الغذائية للزيترة الجزائرية

العمل هو الأول من نوعه في الجزائر. وتظهر هذه الدراسة تحديد نوعية التغيرات في التركيب الكيميائي للقيمة الغذائية والعائد من الزيت الأساسية من أنواع النباتات التي تنتمي إلى عائلة: العائلة الشفوية أو الفصيلة الشفوية نجد. النوع: الزيترة. الأنواع: الزيترة الجزائرية

دراسة مقارنة بين مراحل ومناطق مختلفة. ويشمل هذا العمل دراسة البيومترية. تحديد التركيب الكيميائي، القيمة الغذائية محتوى الطاقة، هضم، التحلل، وقيم الطاقة والعائد من الزيت الأساسية. في البليدة (سيديالكبير وبنيعلي) في مراحل النمو المختلفة

دراسة خصائص الزيترة مرحلة الإزهار الكامل لمنطقة السهل

قيم المادة الجافة المادة العضوية المادة الأزوتية الإجمالية و السليلوز الخام و هي على التوالي 34.67
95.08 4.91 4.41 و 33.02

القيم الطاقوية و أزوتية UFV و 0,68 UFL و 0,76 PDIA غ 16,92 PDIN 31,46

68,87 غ PDIE

العائد من الزيت الأساسية

الكلمات المفتاحية :

الزيترة الجزائرية مراحل الحصاد، ومنطقة الحصاد، التركيب الكيميائي والقيمة الغذائية، العائد من الزيت الأساسية

Abstract

abstract:

Title: Investigation of the food value of THYMUS algeriensis

This work has been carried out to study the evolution of the chemical composition, energy value, protein value and performance of algeriensis Thymus essential oils harvested from two locations in Blida (Sidi El Kebir and Beni Ali) at different phenological stages.

The best results are in full bloom stage for a location in valley. Indeed, the Thymus algeriensis from plain at this stage is characterized by:

Thymus plain full flowering stage studied, is characterized by:

- ✓ The contents of DS, OM, Ash, Crude Protein and fiber respectively: 34.67; 95.08; 4.91, 4.41 and 33.02%.
- ✓ Energetic values: 0.76 0.68 UFL and UFV and nitrogen: PDIA 16.92 g; 31.46 PDIN g and 68.87 g PDIE.
- ✓ Yieldin essential vut put 2,11% per kg DM.

Keywords: Thymus algeriensis, harvest stage, harvest area, chemical composition, nutritional value, essential oil yield.

Introduction

Introduction

La connaissance des éléments nutritifs et des substances chimiques (autres que nutritives) d'une plante permettent de mieux la faire valoriser par l'animal comme plante fourragère pour satisfaire ses besoins nutritifs mais aussi pour améliorer son bien être.

Le thym a une réputation d'être une plante culinaire pour rehausser et décorer les plats. C'est une petite plante vivace apparemment sans intérêt fourrager. La recherche documentaire n'indique pas de travaux scientifiques sur la valeur alimentaire du thym.

Le thym peut néanmoins être introduit dans les rations alimentaires des animaux comme un additif ou comme un agent biologique pour prévenir ou guérir des maladies.

L'emploi des additifs alimentaires dans l'alimentation animale a été imposé par l'industrialisation de l'élevage et l'amélioration de l'efficacité nutritionnelle des aliments.

Le recours aux additifs alimentaires s'est généralisé en alimentation animale depuis la fin de la deuxième guerre mondiale afin d'augmenter les productions tout en maintenant un bon état général de santé des animaux.

Parmi ces additifs, les antibiotiques ont été largement utilisés jusqu'à menacer le consommateur et, surtout ont conduit à des souches pathogènes résistantes aux antibiotiques sensés les détruire.

L'interdiction des antibiotiques facteurs de croissance dans les aliments du bétail à partir de 2006, a conduit le secteur de l'élevage à trouver des stratégies alternatives comme l'utilisation des phyto-biotiques comme alternative aux antibiotiques de synthèse.

Les principes actifs du thymus semblent répondre à ces préoccupations de l'heure. Le genre *Thymus* a fait l'objet de nombreuses études en Afrique du Nord et semble prouver son efficacité dans l'amélioration de la digestion des aliments et dans la guérison et la prévention de certaines maladies des animaux domestiques.

Le Thym est une lamiacée bien connue du bassin méditerranéen. La majorité des espèces répertoriées poussent en Algérie. Parmi ces espèces, *Thymus*

Introduction générale

algeriensis est commun en Algérie. Il pousse spontanément à la fois en plaine et en montagne.

La présente étude porte sur la composition chimique classique, les valeurs énergétiques et azotées et sur le rendement en huiles essentielles du *Thymus algeriensis* vivant à l'état sauvage en plaine et en montagne dans la wilaya de Blida.

L'ambition de vouloir déterminer les composantes de l'huile essentielle extraite de *Thymus algeriensis* (prévue dans le protocole initial) a été stoppée nette par le manque de matériel spécialisé et l'insuffisance de collaboration des autres institutions de recherche régionales.

Partie

BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre. I Valeur alimentaire des fourrages et facteurs de variation

Chapitre.I Valeur alimentaire des fourrages et facteurs de variation

I.1) Introduction

Pour réaliser une alimentation en fonction des besoins des animaux, il est important de connaître la valeur alimentaire des fourrages. Celle-ci ne dépend pas seulement de leur richesse en différents constituants nutritifs tels que les fibres, les protéines et les minéraux, mais c'est beaucoup plus la disponibilité de ces nutriments à l'organisme animale ou encore appelée digestibilité. Cette dernière dépend selon Jarrige et al. (1995), de l'accessibilité des polymères (parois cellulosiques) du fourrage à la colonisation par les microorganismes du rumen.

D'après Jarrige (1988) et Soltner (1999), l'estimation de la valeur d'un fourrage peut être obtenue à partir d'une analyse au laboratoire, car les mesures de la digestibilité, faites sur animaux, nécessitent des installations complexes et des quantités importantes d'aliments à tester. Elles sont donc très coûteuses. Pour pallier à ces difficultés, de nombreux chercheurs ont mis au point des techniques de laboratoire qui permettent d'obtenir une estimation correcte des coefficients de digestibilité pour autant qu'il y ait une bonne corrélation entre les valeurs "in vivo" et "in vitro". La digestibilité de la matière organique (dMO) peut être déterminée par différentes méthodes de laboratoire (analyses in vitro): incubation des échantillons dans du jus de panse ou dans une solution d'enzymes ou encore estimation à partir de la composition chimique.

I.2) Notion de valeur alimentaire.

La valeur alimentaire est, d'après Baumont et al. (1999), la capacité d'un aliment ou d'une ration à couvrir les besoins nutritionnels d'un animal.

La valeur nutritive selon Soltner (1986), représentée par la valeur énergétique, exprimée en UF et la valeur azotée, exprimée en PDI, ainsi que la teneur en minéraux, dépend surtout de la digestibilité de la matière organique de l'aliment.

Le terme de valeur alimentaire d'un fourrage recouvre deux notions complémentaires :

- La valeur nutritive du fourrage, c'est-à-dire sa concentration en éléments nutritifs (Énergie, azote, minéraux, vitamines) digestible par l'animal (JARRIGE, 1988).

Chapitre. I Valeur alimentaire des fourrages et facteurs de variation

- L'ingestibilité, c'est-à-dire la quantité volontairement ingérée par l'animal (DEMARQUILLY et WEISS, 1970).

I.3) La digestibilité

Daccord (2005) considère la dMO des fourrages comme une base essentielle pour estimer leur valeur nutritive. Elle exprime, Selon Istasse et al. (1981) et Selmi et al. (2011), la proportion d'un constituant chimique disparue entre sa consommation et son excrétion dans les fèces. Elle semble être liée à l'espèce, l'âge et le stade phénologique, mais aussi à la composition chimique de la plante (Daccord et al., 2003; Demarquilly et Jarrige, 1981). Tous ces paramètres influent de façon significative sur l'action des microorganismes symbiotiques du rumen qui contribuent beaucoup dans le bilan final de la digestion chez les ruminants.

La composition chimique de la plante est fonction de sa richesse en éléments nutritifs, de leur disponibilité et de la présence plus ou moins importante d'éléments antinutritionnels. En effet, les essais de digestibilité de Traore (1998) et Michalet-Doreau et Nozière (1999) ont permis de se rendre compte de l'effet dépressif des teneurs élevées en NDF et des tanins sur la digestibilité surtout au niveau des plantes moins riches en MAT. La digestibilité de la matière organique d'un aliment de bonne valeur alimentaire doit être selon Hornick et al. (2003) égale ou supérieure à 50% après 24 heures d'incubation dans le rumen.

I.4) L'ingestibilité

Pour un animal donné, la quantité volontairement ingérée de fourrage dépend des caractéristiques du fourrage et des caractéristiques de l'animal (ANDRIEU et BAUMONT, 2000). L'ingestibilité des plantes fourragères classiques selon JARRIGE et al, (1974) cités par ANDRIEU et BAUMONT (2000), JARRIGE (1984) et DEMARQUILLY et al. (1998), varie dans le même sens que leur digestibilité, mais à même digestibilité, il existe des différences importantes d'ingestibilité, notamment selon :

- La nature botanique des fourrages
- Le rapport feuilles / tiges ;

Chapitre. I Valeur alimentaire des fourrages et facteurs de variation

- La proportion de constituants intracellulaires ;
- La proportion de parois.

Selon JARRIGE (1984), la prévision de l'ingestibilité reste aléatoire. L'ingestibilité d'un fourrage diminue au fur et à mesure que la plante vieillit. Elle diminue également lorsque la teneur en MAT diminue et lorsque la teneur en CB augmente. Pour les fourrages, une augmentation de la digestibilité se traduit par une augmentation de leur ingestibilité.

I.5) La valeur nutritive

La valeur nutritive d'après WHITTEMAN (1980) et CLEMENT (1981), est la capacité d'un aliment ou d'une ration à couvrir les besoins nutritionnels d'un animal. Selon SOLTNER (1986), la valeur nutritive représentée par la valeur énergétique et la valeur azotée, dépend surtout de la digestibilité de la matière organique de l'aliment.

I.5.1) La valeur azotée

Dans la plupart des pays, les apports alimentaires et les besoins des animaux en azote ont longtemps été exprimés en matières azotées digestibles (MAD), qui correspondent au bilan digestif apparent de l'ensemble des matériaux azotés (Gautier et al. 1991). Ce mode d'expression simple est ensuite devenu insuffisamment précis, notamment du fait de l'accroissement des performances animales, de la diversification des sources azotées et des objectifs d'efficacité alimentaire, de la qualité des produits et de moindres rejets azotés. L'INRA a développé un système d'évaluation de la nutrition azotée. Ce nouveau système, appelé système PDI (protéines digestibles dans l'intestin grêle). Il se caractérise par une valeur alimentaire pour chaque aliment et un besoin pour chaque animal à chaque stade physiologique.

Le système PDI est basé sur l'estimation conjointe des protéines alimentaires (PDIA) et microbiennes (PDIM) digérées dans l'intestin grêle dont la somme constitue la valeur PDI. Le calcul de la valeur azotée d'un aliment (PDI) nécessite de connaître sa teneur en MAT et la digestibilité de sa matière organique (dMO).

Chapitre. I Valeur alimentaire des fourrages et facteurs de variation

I.5.2) La valeur énergétique

Compte tenu de la diversité des types de production des animaux, il a été envisagé d'utiliser deux unités fourragères pour exprimer la valeur énergétique des aliments, il s'agit des unités fourragères lait (UFL) et des unités fourragères viande (UFV).

I.6) Facteurs de variation de la valeur alimentaire

La qualité d'un fourrage est déterminée par son ingestibilité et sa digestibilité. Elle est fonction de l'espèce animale, de la qualité du fourrage ainsi que de sa composition chimique.

D'après Tisserand (1991), le sol, le climat et l'altitude exercent aussi un effet important sur la valeur alimentaire de l'herbe qui diminue au cours de la croissance. La température et l'aridité ont une influence directe sur la composition chimique des fourrages et par conséquent sur leur valeur nutritive. La valeur alimentaire est également très variable selon le rapport feuilles/tiges, le stade de végétation, le nombre de coupes ainsi que le mode de conservation.

I.6.1) En fonction du rapport feuilles/tiges

La valeur nutritive des fourrages est déterminée essentiellement par le rapport feuilles/tiges car les feuilles sont plus riches en nutriments facilement utilisables par les animaux. L'évaluation du rapport feuilles/tiges au cours de la repousse est l'un des déterminants de la dynamique d'accumulation d'azote par un peuplement de luzerne. Lemaire et Gastal(1997) ont montré que l'accumulation d'azote dans les parties aériennes était proportionnelle à la proportion de feuilles de la culture, et que les feuilles qui sont ombrées à la base du couvert végétal ont une teneur en azote plus faible que les feuilles bien éclairées au sommet du couvert.

I.6.2) En fonction de la composition chimique

La présence de substances anti-nutritionnelles comme les tanins, la silice et la cutine ont un effet négatif sur la digestibilité des aliments chez les ruminants, en réduisant la pénétration des enzymes microbiennes dans les cellules ou en inhibant chimiquement l'activité enzymatique. En effet, pour une espèce donnée, les périodes de repousses où les feuilles sont beaucoup moins riches en parois totales et en lignine, donnent de meilleures dégradabilités comparées aux périodes où les feuilles

Chapitre. I Valeur alimentaire des fourrages et facteurs de variation

sont âgées et incrustées de lignine. Il existe donc une corrélation négative entre la dégradabilité des fourrages et leur teneur en parois totales, surtout en lignine.

Ainsi, Traore (1998) a constaté que les plantes les moins riches en composants pariétaux (NDF, ADF et lignine) dont la richesse en parois totales est compensée par une teneur élevée en MAT présentent les meilleurs profils de dégradabilité.

D'après Fonty et Chaucheyras (2007), la teneur en polysides structuraux varie fortement avec l'espèce botanique, l'âge, les organes et les tissus de la plante.

I.6.3) En fonction du stade végétatif

Une des principales causes de l'altération de la qualité des fourrages est le stade de végétation de l'herbe au moment où elle est utilisée (Rekik, 2005).

Quand le fourrage vieillit, la proportion de feuilles diminue au bénéfice de la proportion de tiges, la proportion de feuilles passe d'environ 60% au stade végétatif à 35% à la floraison (Waligora, 2010). Cette diminution dans la proportion des feuilles est associée à une diminution de la teneur en eau de 85 à 75%. Elle est aussi associée, à une diminution importante de la valeur nutritive (Demarquilly, 1987).

Jarrige (1988) et Mongeau (2011) notent que la dégradation des glucides pariétaux dans le rumen diminue beaucoup au fur et à mesure que la plante vieillit, elle passe de 80-96% pour un fourrage jeune à 40-50% pour une plante âgée. De même Demarquilly et Andrieu (1988) ajoutent que la teneur en CB de la luzerne passe de 22-25 % de la MS chez une jeune plante à 40-45 % de la MS chez une plante âgée alors que la teneur en MAT passe de 20-23 à 9-10% de la MS.

La composition d'un fourrage diffère selon le stade de la plante, elle s'enrichit en cellulose brute aux dépens des matières azotées. La valeur énergétique et azotée des fourrages varie d'un stade à l'autre de la même plante, elle est plus importante au premier stade.

Tableau 1: Composition chimique de quelques fourrages

Espèce	MO	MM	MAT	CB
---------------	-----------	-----------	------------	-----------

Chapitre. I Valeur alimentaire des fourrages et facteurs de variation

Luzerne (<i>Medicagosativa</i>) 60 cm	87,9	12,1	22,5	24
Luzerne (<i>Medicagosativa</i>) floraison	89,8	10,2	16,8	33,3
Brome (<i>Bromuscatharticus</i>) épi à 10 cm	86,3	13,7	18,6	23,9
Brome (<i>Bromuscatharticus</i>) floraison	91,8	08,2	07,6	33,4
Sorgho fourrager (<i>Sorghum</i>) montaison	88,4	11,6	19	26,4
Sorgho fourrager (<i>Sorghum</i>) floraison	92,7	07,3	08,7	21,1
Paille de blé	92	08	03,5	42
Paille d'orge	92	08	03,8	42

Source : Jarrige(1988)

Tableau 2: Evolution de la valeur énergétique et azotée en fonction du stade de développement.

Espèces	Valeurs énergétiques et azotées					
	UF/kg de MS		g / kg de MS			
	UFL	UFV	MAD	PDIA	PDIN	PDIE
Luzerne (<i>Medicagosativa</i>) 60 cm	088	0,82	176	51	141	101
Luzerne (<i>Medicagosativa</i>) floraison	0,69	0,59	122	38	106	81
Brome (<i>Bromuscatharticus</i>) épi à 10 cm	0,98	0,95	146	42	117	99
Brome (<i>Bromuscatharticus</i>) floraison	0,77	0,70	45	17	48	71
Sorgho fourrager (<i>Sorghum</i>) montaison	0,81	0,74	146	43	119	93
Sorgho fourrager (<i>Sorghum</i>) floraison	0,68	0,59	53	20	55	66
Paille de blé	0,42	0,31	00	11	22	44
Paille d'orge	0,44	0,33	03	12	24	46

Source : Jarrige (1988).

I.6.4) En fonction du nombre de coupes

Ce sont surtout les dates des premières et dernières exploitations des plantes fourragères qui ont de l'importance en vue de l'accumulation des réserves (Duthil, 1967). En effet, Une coupe trop précoce intervenant au moment où les réserves ne sont pas complètement reconstituées, pénalise le rendement des coupes suivantes et la pérennité de la luzerne. L'expérience montre que l'exploitation de la luzerne en

Chapitre. I Valeur alimentaire des fourrages et facteurs de variation

1^{ère} coupe avant le stade bourgeonnement entraîne une chute de rendement annuel de 25%. Selon Bourgeois Bach (2005), l'augmentation de la fréquence de coupes réduit le tonnage produit en matière sèche mais ne pénalise pas la production de protéines à l'hectare, comme le montre le tableau 3.

Tableau 3: Fréquence de coupes et production de protéines

Fréquence des coupes	4 coupes (45jours)	5 coupes (35 jours)
Total MS (T/ha)	16,41	14,94
% MAT	19,88	21,76
Total protéines (T/ha)	3,26	3,25

Source : Mauriès (1998).

I.6.5) En fonction du mode de conservation

Le mode de conservation des fourrages peut influencer la composition chimique, vues les pertes qu'il peut occasionner (Aufrère, 1982 ; Journet, 1992 et Renault, 2003) :

L'ensilage peut entraîner une diminution importante de la valeur nutritive, ceci pourrait s'expliquer par les pertes d'éléments solubles dues à ce mode de conservation.

Le fanage entraîne, également, une diminution très variable de la digestibilité de la matière organique des fourrages (Demarquilly et Andrieu, 1988). Lebas et Goby (2005) montrent qu'un séchage à basse température permet une amélioration de l'efficacité alimentaire de 14%.

La conservation du fourrage par déshydratation lui conserve, selon Peyraud et Delaby (1994), une bonne valeur nutritive.

D'autres facteurs influent sur la valeur alimentaire des fourrages tels que le traitement physico-chimique de l'aliment comme la forme physique du fourrage (brins longs, courts ou broyés). L'effet du broyage sur la dégradabilité des aliments a été prouvé par plusieurs auteurs ; En effet selon Poncet et al. (2003), la réduction de la taille des particules alimentaires accroît leur dégradabilité dans le rumen en accélérant la vitesse d'hydratation, la solubilisation et la dégradation par les microorganismes.

Chapitre. I Valeur alimentaire des fourrages et facteurs de variation

I.6.6) En fonction de l'humidité du sol et de l'air

La sécheresse quand elle est suffisamment prolongée peut diminuer de façon importante la valeur nutritive. Un déficit hydrique léger affecte l'allongement des tiges : la plante sera plus feuillue, plus riche en azote (MAT) et plus digestible (VOUGH et MARTEN, 1971 ; WILSON, 1981).

I.6.7) En fonction de la famille botanique

Il existe selon LAPEYRONIE (1982) entre les deux groupes de plantes graminées et légumineuses des différences importantes de composition.

Chapitre.II Méthode d'évaluation de la valeur alimentaires desfourrages

Plusieurs méthodes sont employées pour déterminer la valeur alimentaire des fourrages.

II.1) Prévision à partir des caractéristiques morphologiques

La valeur alimentaire des fourrages dépend de leur morphologie et en particulier du rapport feuilles/tiges. Les feuilles contiennent plus de protéines et moins de fibres que les tiges et sont, de ce fait, plus digestibles.

Leussen (1991) considère le stade phénologique au moment de la récolte du fourrage comme un facteur fondamental dans la détermination de la proportion de la digestibilité et de la concentration en protéines.

II.2) Méthodes chimiques

La détermination de la digestibilité de la matière organique à l'aide des équations de régression, basée sur les teneurs en constituants pariétaux et/ou en constituants cytoplasmiques, constitue une bonne alternative.

Ces méthodes renseignent sur la composition chimique des aliments grâce à des analyses qui permettent de déterminer les éléments nutritifs contenus dans la plante : fibres (CB, NDF, ADF) pour les hydrates de carbone, l'azote total pour les protéines, le phosphore, le calcium et le magnésium pour les minéraux ainsi que les vitamines.

Par la méthode chimique, Schubiger et al. (2002), ont noté des valeurs proches de celles qui sont obtenues avec les animaux (méthode in vivo).

II.3) Méthodes physiques

L'énergie nécessaire au broyage, appelée indice de fibrosité peut donner une bonne prévision sur la digestibilité de la cellulose brute ou d'NDF. Elle dépend surtout de la lignification du fourrage.

Chenost (1966) et Chenost et Grenet (1971), ont mesuré l'énergie nécessaire au broyage du fourrage et ont montré qu'elle varie en sens inverse de la digestibilité et de l'ingestibilité de ce fourrage.

Chapitre.II Méthode d'évaluation de la valeur alimentaire des fourrages

Selon Demarquilly et Jarrige (1981), l'inconvénient de cette méthode est son manque de reproductibilité due à la nécessité de plusieurs répétitions à cause des différents modes d'introduction de l'aliment qui donne beaucoup de variations.

II.4) Méthodes enzymatiques

Ces méthodes ont pour principe de simuler le processus digestif chez l'animal en utilisant des enzymes. Elles présentent l'avantage d'être rapides, reproductibles et économiques car elles ne font pas appel aux animaux.

Miraglia et Tisserand (1985) concluent, suite à des essais sur des équidés, que c'est une méthode particulièrement intéressante. Selon ces auteurs, la méthode a été proposée en 1975 par Jones et Hayward ; elle a été l'une des plus utilisées pour prévoir la digestibilité des fourrages et elle comprend deux étapes : un prétraitement par la pepsine dans de l'acide chlorhydrique dilué (0,1 N) pendant 24 heures suivi d'un traitement par la cellulase pendant 48 heures.

Cependant, en comparant quatre méthodes de prévision de la digestibilité des fourrages, Schubiger et al. (2002) trouvent que la méthode enzymatique, utilisant des enzymes à la place du jus de panse, est celle qui a donné les moins bons résultats.

II.5) Prévision par spectrophotométrie (SPIR)

La spectrophotométrie dans le proche infrarouge (SPIR) constitue une méthode qui permet d'analyser très rapidement un grand nombre d'échantillons de façon fiable et peu coûteuse (Schubiger et al. 2002).

Cette méthode offre en outre un avantage de taille : il est possible de déterminer plusieurs paramètres analytiques à partir du même cycle de mesures. Néanmoins, elle demande de disposer d'échantillons comparables à ceux qu'on se propose d'étudier, de composition chimique et de digestibilité connus (Demarquilly et Andrieu, 1987).

L'application de la spectrométrie paraît capable d'apporter à l'analyse des aliments des progrès décisifs que les méthodes chimiques ne semblent pas atteindre (Demarquilly 1987).

II.6) Méthodes microbiologiques

II.6.1) Méthodes directes (in vivo)

Ce sont des méthodes réalisées sur des animaux vivants, maintenus en cage à métabolisme. Elles constituent des méthodes de référence et sont utilisées pour la mesure de la digestibilité des aliments déjà analysés en se basant sur la mesure des quantités ingérées et des fèces excrétées.

La mesure de la digestibilité se fait sur 4 à 6 béliers, de préférence castrés, âgé de 2 à 5 ans, en bonne santé et qui représentent une résistance à la cage de métabolisme.

Selon Hornick et al. (2003) et Schubiger et al. (2002), la méthode de la cage à métabolisme est longue, laborieuse, lourde et nécessite de gros moyens et un aliment de composition constante. En outre, elle n'est pas utilisable pour de nombreux échantillons. Les fourrages distribués ne correspondent pas tout à fait à ce que l'animal ingère au pâturage et de fortes variations individuelles ou raciales sont constatées.

II.6.2) Méthodes indirectes

II.6.2.1) Méthodes in sacco

La méthode in sacco consiste à introduire des petits sachets de nylon qui ont une grandeur de 10 - 20 centimètres et un diamètre de pore de 50 µm dans le rumen. Ces sachets contiennent un échantillon d'aliment d'environ 5 g. L'incubation se fait à 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 et 72 heures. Après chaque période d'incubation, les sacs de nylon sont retirés du rumen et lavés avec de l'eau distillée, puis séchés à 65°C pendant 48 heures.

La digestibilité des aliments est estimée à partir de la quantité de matière sèche restante présente dans le sachet après une période d'incubation dans le rumen. Ainsi, selon Giger Reverdin et al. (2000) tout ce qui passe à travers les mailles du sachet est considéré comme dégradé.

Cette technique a été classée par Selmi et al. (2011) parmi les méthodes largement utilisées dans les études de digestion pour caractériser l'aptitude d'un écosystème microbien à dégrader un aliment.

II.6.2.2) Méthodes in vitro

Plusieurs méthodes d'estimation de la digestibilité au laboratoire (in vitro) ont été proposées. Parmi elles, la méthode en deux étapes développée par Tilley et Terry (1963) et la méthode de gaz proposée par Menke et al. (1979), se sont bien imposées.

Ces méthodes ont pour principe de simuler le processus digestif chez l'animal, par incubation de l'aliment avec les microbes du liquide ruminal dans les conditions favorables d'anaérobiose, de température et de pH, aussi voisines que possible de celles du rumen. Cela est réalisé en additionnant une solution tampon (Salive artificielle de Mc dougall 1948).

Une bonne corrélation de la technique in vitro et de la méthode in vivo a été rapportée par la bibliographie ; Selon Daccort (2005), les méthodes microbiologiques permettent de prévoir la DMO des fourrages de manière plus précise parce qu'elles utilisent les micro-organismes du rumen et permettent d'isoler un résidu pariétal indigestible.

En comparant quatre méthodes de digestibilité, Schubiger et al. (2002) ont trouvé que le procédé microbiologique est celui qui a permis d'estimer les valeurs in vivo avec la plus grande précision.

En plus, comparativement aux méthodes in vivo, la méthode microbiologique permet le traitement d'un grand nombre d'échantillons avec un nombre restreint d'animaux. Cette méthode s'avère utile, selon Gofflot et al. (2002), dans des criblages visant à sélectionner au sein d'un grand nombre d'échantillons, des aliments en fonction de leur dégradabilité ruminale. Il faut toutefois que la correspondance avec les valeurs obtenues in vivo soit validée.

Néanmoins selon Istasse et al. (1981), les déterminations "in vitro" ne sont pas des techniques absolues comme pourraient l'être les déterminations " in vivo". Safietou (1988), ajoute que l'hétérogénéité et les multiples facteurs de variation de l'écosystème du rumen expliquent les difficultés de la mise en œuvre des méthodes biologiques in vitro qui utilisent le jus de rumen comme principal milieu d'incubation. C'est pourquoi, selon le même auteur, une description précise et une standardisation des modes opératoires sont nécessaires.

II.6.2.2.1) Méthode in vitro de Tilley et Terry

La méthode en deux étapes de Tilley Terry est une tentative de reproduction des conditions ruminales in vitro par incubation d'un échantillon d'aliment dans un mélange de salive artificielle et de jus de rumen filtré (selon Mc Dowel, 1948), pendant 48 heures, puis dans une solution de pepsine acide à 39°C pendant 48 h, pour simuler la phase intestinale de la digestion. Le pourcentage de matière sèche disparu à l'issue de cette double incubation représente la digestibilité de la matière sèche.

Daccord (2006) et Belbis (2007), classent les techniques in vitro parmi les méthodes les plus exactes et pratiques disponibles.

Cependant, Schubiger et al. (2002) trouvent que l'utilisation de cette méthode est limitée par l'exigence du jus de panse provenant d'animaux fistules et s'affronte, donc, par la difficulté d'entretien de ces animaux.

De même, Istasse et al. (1981) ajoutent que cette technique pose des problèmes de reproductibilité. Mais ces inconvénients peuvent être limités, selon Belbis (2007), par une standardisation du matériel et du mode opératoire permettant une bonne corrélation avec la méthode in vivo.

II.6.2.2.2) Méthode in vitro de Gaz test

Le principe de cette méthode est de simuler le processus digestif chez l'animal en évaluant la production de gaz, qui reflète l'intensité des fermentations des aliments par la microflore de l'inoculum, notamment par les bactéries amylolytiques et cellulolytiques (Nagadi et al., 2000). La quantité de gaz libérée donne selon Menke et al. (1979) et Getachew et al. (2004), une meilleure estimation de la digestibilité et de la valeur nutritive des fourrages pour les ruminants.

Les principaux produits de la digestion microbienne sont : l'ammoniac, les acides gras volatils (AGV), le méthane et le gaz carbonique. Selon Michelland (2009), les proportions en AGV standard sont de 65% d'acide acétique, 25% d'acide propionique et 10% d'acide butyrique. Alors que le mélange des gaz est fait selon Giger-Reverdin et al. (2002), de CO₂ (63%) et de méthane (34%).

Mongeau (2011), considère qu'une concentration d'AGV de 17,5 % après 4 heures, démontre une meilleure utilisation de l'aliment.

Chapitre.II Méthode d'évaluation de la valeur alimentaire des fourrages

Les principaux facteurs de variations qui limitent la précision des méthodes in vitro, selon Safietou (1988), sont étroitement associés à leur écosystème. L'étude de cet écosystème est donc un préalable indispensable à la compréhension des variations méthodologiques.

Le milieu ruminal offre des conditions physicochimiques favorables à la vie des microorganismes du rumen. Il représente les caractéristiques essentielles d'un fermenteur par :

-**une température** favorable maintenue à 39-40°C et qui peut atteindre selon Thivend et al. (1985), 41°C lors des grandes fermentations.

-**des conditions d'anaérobie**: le contenu ruminal est surmonté par une poche gazeuse composé de dioxyde de carbone (60-70%) et de méthane (25-35%), alors que l'O₂ ne représente que moins de 1%, (Belbis, 2007).

- **un pH** réglé et relativement constant, oscille entre 7.2 et 6.5, la régulation de ce pH est assurée grâce à une neutralisation des acides provenant de la digestion par la salive (Blain, 2002).

Ces conditions du rumen favorisent le développement d'une microflore anaérobie extrêmement importante et diversifiée. Elle est composée de bactéries, champignons et protozoaires. L'action de ces micro-organismes revêt une importance particulière puisqu'ils sont les premiers à dégrader les aliments dans le rumen précédant ainsi l'action des enzymes digestives de l'hôte. Robles (2006), montre que la micro-population ruminale dégrade 60 à 90 % des aliments digestibles.

- **Les bactéries** :Au nombre de 10¹⁰ par millilitre de jus de rumen (Robles, 2006 et Michelland, 2009), représentant 50% de la biomasse microbienne et constituent, la flore la plus performante pour digérer la cellulose des fourrages. Le régime alimentaire offert détermine, selon Belbis (2007), la prédominance numérique d'une espèce bactérienne sur une autre. Les bactéries du rumen sont anaérobies en majorité. Parmi elles, un petit nombre est anaérobie facultatif.

Offner (2003), classe les bactéries selon leur aptitude à dégrader et à fermenter les substrats en bactéries cellulolytiques, pectinolytiques, uréolytiques, amylolytiques et les bactéries utilisatrices de glucides simples, créant ainsi des conditions de milieu très acides. (Fonty et Chaucheyras, 2007).

Chapitre.II Méthode d'évaluation de la valeur alimentaire des fourrages

- **Les protozoaires** :d'après Hornick et al. (2003) et Robles (2006), se sont principalement des ciliés au nombre de 10 millions/ml, représentant 40% de la biomasse microbienne ruminale. Ils sont 1000 fois moins nombreux que les bactéries mais ils représentent la même proportion de la biomasse vue leur volume cellulaire beaucoup plus élevé (Fonty, 1999). Les protozoaires ciliés peuvent transformer les constituants alimentaires et bactériens en métabolites utilisés ensuite par l'animal.

- **Les champignons** :au nombre de 10 milles/ml (Michelland, 2009), ce sont des anaérobies stricts et sont liés à la fraction solide du contenu ruminal, ils sont selon Jouany (1981) plus nombreux chez les animaux recevant des aliments succulents ou qui pâturent une herbe jeune. Tous les champignons sont des cellulolytiques et leurs cellulases sont les plus actives (Fonty, 1999).

Chapitre.III Les plantes aromatiques et médicinales**III.1) Définitions****III.1.1) Les plantes médicinales**

On appelle plante médicinale un végétal dont un (ou plusieurs) organe possède des activités pharmacologiques de nature à permettre son emploi en thérapeutique (Boullard, 2001).

Les plantes médicinales ou pharmaceutiques interviennent dans la préparation des médicaments. En médecine, les remèdes tirés des plantes portent le nom de préparation galénique (du nom de Galien, médecin du premier siècle)(Ramawat et Merillon, 2008).

III.1.2) Les plantes aromatiques

Les plantes aromatiques sont constituées par des organes apportant une odeur et une saveur destinées à améliorer un bien-être lors de la dégustation. Il peut s'agir soit d'une plante entière ou d'un organe particulier (feuilles, fleurs, fruits, bourgeons, graines, rhizomes ou bulbes) (Teuscher et al., 2005).

III.1.3) La pharmacognosie

On désigne sous le terme de pharmacognosie (du grec pharmakon, poison ou médicament, et gnose, science), la science qui étudie les substances d'origine naturelle, biologiquement actives servant à préparer des médicaments. Son objectif principal est la recherche de nouvelles substances naturelles à visées thérapeutiques ou de nouvelles sources de substances naturelles déjà connues (à partir des plantes ou d'autres sources biologiques telles que les organes animaux), elle vise également à découvrir de nouvelles plantes médicinales, les récolter et les cultiver (Bruneton et Hatton, 1995).

III.1.4) La phytothérapie

La phytothérapie est le traitement des pathologies par les plantes médicinales ; celles-ci sont consommées en l'état (tisanes) ou après une simple transformation (poudre, extrait, teinture) (Rubin et Messalin, 1990).

III.1.5) L'aromathérapie

Le terme Aroma en grecque signifie parfum (Scimeca et Tétou, 2005). L'aromathérapie constitue les méthodes mettant à profit l'activité des huiles

essentielles en prescrivant l'emploi, à des fins thérapeutiques, de leurs composés volatils pour soigner, atténuer, ou prévenir des maladies (Hess, 1996).

III.2) Les principales substances actives de la plante

De très nombreuses substances végétales exercent une action médicinale.

III.2.1) Les phénols

Ce sont des substances qui possèdent un cycle aromatique portant une fonction hydroxyle (phénol) ou plus (polyphénol) (Daayt et Lattanzio, 2008). Il existe une très grande variété de phénols, de composés simples comme l'acide salicylique, à des substances plus complexes comme les composés phénoliques auxquels sont rattachés les glucosides (Svoboda et Svoboda, 2001). On suppose que les plantes, en les produisant, cherchent à se prémunir contre les infections et les insectes phytophages (Iserin et al., 2001).

III.2.2) Les flavonoïdes

Les flavonoïdes, présents dans la plupart des plantes, sont des pigments poly-phénoliques qui contribuent à colorer les fleurs et les fruits en jaune ou en blanc (Murphy Cowan, 1999 ; Arnal-Schnebelen et al., 2007). Environ 2% de tous les composés carbonés produits par les plantes par photosynthèse sont convertis en flavonoïdes ou des composés apparentés (Daayt et Lattanzio, 2008).

III.2.3) Les tanins

Les tanins sont des composés poly-phénoliques, hydrosolubles, ayant la propriété de contracter les tissus, d'où leur emploi pour tanner les peaux, c'est-à-dire les rendre imputrescible. Cette propriété est liée à leur aptitude à se combiner à des macromolécules (protéines, polysaccharides ...) (Murphy Cowan, 1999 ; Arnal-Schnebelen et al., 2007).

Tous les organes végétaux peuvent en renfermer (racines, écorces, feuilles et fruits), mais on note une accumulation dans les organes âgés (écorces) (Murphy Cowan, 1999). Ils donnent un goût amer à l'écorce ou aux feuilles (Ismalia et al., 2004). Ils se trouvent dans le cytoplasme de la cellule végétale ou concentrés dans des poches spéciales, les vacuoles à tannin (Delille, 2007).

Ils permettent de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections. Les plantes riches en tanins sont utilisées pour rendre les tissus souples et réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure (Gilani et al., 2008).

III.2.4) Les alcaloïdes

Les alcaloïdes forment un groupe chimique contenant de l'azote (N). Ils sont biologiquement actifs (Murphy Cowan, 1999). Ils paraissent jouer un rôle défensif chez la plante contre les herbivores et les pathogènes. En raison de leur activité biologique puissante, beaucoup d'entre eux ont été exploités comme des produits pharmaceutiques, des stimulants, des narcotiques (somnifères) et des poisons (Crozier et al., 2006). (Wichtl et Anton, 2003). Certains sont des médicaments connus ayant des vertus thérapeutiques avérées telle que l'atropine, présente dans la belladone, le datura, la jusquiame. L'atropine a une action directe sur le corps : activité sédatrice (calmante), effets sur les troubles nerveux (maladie de Parkinson) (Iserin et al., 2001).

III.2.5) Les huiles essentielles

Les huiles essentielles comptent parmi les plus importants des principes actifs des plantes. Ce sont des composés oxygénés, par fois d'origine terpénoïde et possédant un noyau aromatique.

Elles sont emmagasinées dans des cellules spéciales. La production de ces substances dans la plante dépend de l'âge de celle-ci, de la saison, du climat, du sol (Iserin et al., 2001).

III.2.6) Les saponosides

Les saponosides constituent un vaste groupe d'hétérosides très fréquents chez les végétaux. Ils se dissolvent dans l'eau en formant des solutions moussantes.

On trouve des saponosides dans les plantes dans le fragon, le mélilot lisse et l'éleuthérocoque.

Les saponosides ont des propriétés anti-inflammatoires, anti-œdémateuses, anti-mycosiques et expectorantes (Arnal-Schnebelen et al., 2007)

III.2.7) Les substances minérales

Les plantes puisent les minéraux du sol et les transforment en composés aisément assimilables par l'organisme. Dans de nombreux cas, les minéraux contenus

dans une plante participent activement à son activité thérapeutique dans l'organisme (Iserin et al., 2001).

III.2.8) Les acides organiques :

Leur rôle est de maintenir une pression osmotique à l'intérieur de la cellule végétale semblable à celle de l'extérieur. Ils règlent la diffusion de l'eau à travers les parois de la cellule. Les plus connus sont les acides maliques, citriques, oxaliques et tartriques (Ivan, 2005).

III.2.9) Les anthocyanes

Les anthocyanes sont des pigments végétaux de couleur rouge, violette ou bleu (Arnal-Schnebel et al., 2007 ; Ghestem et al., 2001). Ils sont issus de l'hydrolyse des anthocyanidines (dérivés poly-phénoliques) (Iserin et al., 2001).

Ils sont responsables des couleurs rouges, bleus et pourpres (violette) des fruits, des légumes, des fleurs et d'autres tissus végétaux. Ils sont particulièrement abondants dans les baies et d'autres fruits (Daayt et Lattanzio, 2008).

III.2.10) Les terpénoïdes

Les terpénoïdes, parfois appelés isoprénoïdes, forment une classe large et diverse de composés organiques que l'on rencontre dans la nature (Sell, 2003 ; Wichtl et Antan, 2003). On les trouve dans les plantes suivantes :

- *Asparagus officinalis*, Asperge rhizome (Liliacées)
- *Orthosiphon aristatus*, Orthosiphon feuille (Lamiacées)
- *Saponaria officinalis*, Saponaire racine (Caryophyllacées)
- *Acanthus mollis*, Acanthe racine (Acanthacées)

III.2.11) Les vitamines

Bien qu'elles soient souvent négligées, de nombreuses plantes médicinales sont particulièrement riches en vitamines. Le citronnier notamment (*Citrus limon*) contient des doses élevées de vitamine C et la carotte (*Daucus carota*) est riche en bêta-carotène (pro vitamine A) (Iserin et al., 2001).

III.2.12) Les glucosides

Un glucoside est constitué de deux parties, une partie aglycone (Un **aglycone**, ou une *génine*, est le groupement non-glucidique d'un hétéroside) et

une partie de sucre. La partie aglycone peut être de différents types de métabolites secondaires tels que les coumarines, flavonoïdes, hydro-xanthracène.

Les glucosides jouent un grand rôle dans le stockage des réserves nutritives et de défense de la plante.

Le cyanure glycosides, (par exemple amygdalin de l'abricot) sort le cyanure hydrogène toxique quand les cellules sont endommagées et agissent comme un système de défense (Barnes et al., 2007). Les glucosides cardiaques comme la digitoxine, ont une action directe et puissante sur le cœur. Ils l'aident à maintenir le rythme cardiaque en cas d'affaiblissement (Iserin et al., 2001).

III.2.13) Les pigments végétaux

Ces substances, particulièrement importantes pour la vie de la plante, sont divisées en deux groupes :

- Les pigments lipochromes : ce sont des substances grasses formées dans les plastes (plastes = organite des végétaux supérieurs capable de fixer diverses substances et dans lequel peuvent s'accumuler des pigments dont le plus important est la chlorophylle ; Un organite est une structure spécialisée ayant une fonction spécifique au sein de la cellule. Par exemple, le noyau, les mitochondries et les ribosomes sont des organites). A ce groupe appartiennent les pigments indispensables à la photosynthèse (chlorophylle, carotène et xanthophylle).

- Les pigments hydro-chromes : ils sont solubles dans l'eau et se trouvent en solution dans le cytoplasme au niveau des vacuoles. Les anthocyanes donnent leur couleur à certaines fleurs (bleuet, pied-d'alouette ...) et feuilles, et à certains fruits (cerise, myrtille..). Les pigments exercent des effets médicaux très variés. La chlorophylle possède, entre autre, des propriétés antibactériennes et le carotène se transforme dans le corps humain en vitamine A (Delille, 2007).

III.2.14) Les graisses et les huiles

Elles servent de matière de construction et de réserve à la plante. Dans le règne animal on trouve surtout des graisses solides par exemple la graisse de beurre. Chez les plantes, au contraire, on rencontre surtout des huiles par exemple l'huile d'olive. On compte encore les cires qui forment une couche mince à l'extérieur des feuilles, fruits, branches et racines pour protéger la plante contre le dessèchement et la pénétration de l'eau (Ghestem et al., 2001).

Chapitre.IV Le Thym**IV.1) Habitat**

La plante est spontanée. Elle pousse abondamment dans les lieux arides, caillouteux et ensoleillés, des bords de la mer à la montagne (Burnie et Forrester, 2005)

IV.2) Les principaux constituants chimiques du thym

La plante séchée contient environ 1 à 2.5 % d'huile essentielle formée en sa majorité de composés terpéniques tels que les mono-terpènes phénoliques (Thymol et Carvacrol) à l'origine de la forte odeur du Thym (Peter, 2004).

D'autres composés peuvent constituer la partie volatile du thym tels que les alcools (linalool et borneol) (Delille, 2007), le camphor, le myrcène, et les sesquiterpènes (β -caryophyllène) (Peter, 2004).

Les composantes non volatiles peuvent être des tannins (Acide caféique, Acide rosmarinique) (Dapkevicius et al., 2002), des polysaccharides et des flavonoïdes (Wang et al., 1998; Miura et Nakatani, 1989 ; Stahl-Biskup et Sáez, 2002).

IV.3) La période de récolte.

Le thym est généralement cueilli en été (Delille, 2007).

IV.4) Description botanique du thym

On distingue deux groupes de Thym, les petites plantes touffues, au-dessous de 50 cm et les formes rampantes parfois avec des brindilles s'enracinant (Stahl-Biskup et Sáez, 2002 ; Quezel et Santa, 1963).

Le Thym est une plante vivace à tige hérissée, dressée, souvent rougeâtre de 20 à 80 cm de haut (Delille, 2007). Elles sont quadrangulaires, caractéristiques des Lamiacées (Wiert, 2006). Les poils peuvent couvrir les quatre faces de la tige (holotriche) ou seulement deux faces s'alternant dans chaque entre-nœud (alelotriche) ou se trouvent seulement sur les quatre côtes des tiges (goniotriche) (Stahl-Biskup et Sáez, 2002).

Les feuilles, plus au moins contractées, (Quezel et Santa, 1963), pétiolées, à bord peu denté, sont opposées et de grandeurs variables, les inférieures étant plus grandes (Delille, 2007; Trabut, 1990).

Elles sont fréquemment ciliées aux marges, soit à la marge entière ou seulement à la base ou sur le pétiole. Les trichomes glandulaires sont très importants contenant l'huile essentielle ; il en existe deux types, les glandes pédicellées avec cellules supérieures pleines d'huiles essentielles, et les grandes glandes globuleuses typiques des lamiacées (Wiert, 2006) avec quelques cellules basales. Les poils sont toujours simples, mais rarement unicellulaires (Stahl-Biskup et Sáez, 2002; Jackson et Snowdon, 1990).

Les fleurs zygomorphes sont petites, bilabiées, souvent tubulaires, déclinant une gamme du blanc au mauve en passant par le rose (Wiert, 2006; Burnie et Forrester, 2005). Elles grandissent en groupes au niveau des nœuds.

Les feuilles du nœud d'inflorescence se différencient du reste des feuilles de la plante en forme et en taille, elles sont appelées bractées (Stahl-Biskup et Sáez, 2002 ; Trabut, 1990).

Les fleurs sont groupées en panicule très denses sur les rameaux ce qui constitue un cas unique chez les labiées (Delille, 2007; Quezel et Santa, 1963).

Le calice tubuleux est à deux lèvres (cinq dents) (Wiert, 2006). Quand il est sec, il joue un rôle important dans la dispersion des petits fruits. Pour cela, sa gorge est formée par une rangée de poils et le vent peut les transporter à une grande distance.

La corolle plus au moins exserte, à deux lèvres, formée par deux lobes supérieurs et trois lobes inférieurs.

L'androcée est formé de quatre étamines saillantes plus au moins divergentes, alors que le gynécée est formé de deux carpelles qui sont lisses et formant quatre loges portant chacune un ovule (Stahl-Biskup et Sáez, 2002 ; Jackson et Snowdon, 1990 ; Quezel et Santa, 1963). L'ovaire est supérieur à placentation axile. Le stigmate est bifide (Wiert, 2006). Les fruits sont des noisettes (quatre noisettes par fleur ou fruit tétrakène), restant longtemps soudés au fond du calice (Burnie, 2005 ; Wiert, 2006).

IV.5) Les différentes espèces de thym

D'après QUEZEL et SANTA (1963), les différentes espèces de thym en Algérie sont *Thymus fantanesi*, *Thymus capitatus*, *Thymus candidissimus*, *Thymus numidicus*, *Thymus lanceofatus*, *Thymus guyonii*, *Thymus dreatensis*, *Thymus ciliatus*, *Thymus hirtus*, *Thymus comutatus*, *Thymus glandulosus*, *Thymus algeriensis*, *Thymus vulgaris*.

IV.6) La distribution du thym dans le monde

Le thym est largement distribué dans le monde. La région de la méditerranée peut être décrite comme le centre du genre, principalement la région ouest de la méditerranée.

IV.7) Usages internes du thym

Le thym est doté d'actions sédative, apéritive, antispasmodique, stomachique, carminative expectorante et antiseptique. Il est recommandé en cas de manque d'appétit, d'aérophagie, de bronchite chronique de toux d'irritation, d'asthme, d'absence de règles, de diarrhée, de digestion difficile, de parasites intestinaux, de rétention d'urine, de rhume, d'angine, de coqueluche. Il est aussi hypotensif, hypocholestérolémiant, antispasmodique, analgésique, antioxydant et anti-inflammatoire (Duke et al., 2002; Khare, 2007; Delille, 2007 ; Gruenwald et al., 2000).

IV.8) Usages externes du thym

Le Thym peut être utilisé dans le traitement des affections de la bouche et des voies respiratoires, chute des cheveux, furoncles et plaies, rhumatismes, arthrite, goutte, action parasiticide, la cellulite (Ernst et al, 2005), cicatrices et dermatoses (Duke et al, 2002).

IV.9) Classification de *Thymus Algeriensis* Boiss. et Reut.

La classification adoptée est celle de GUIGNARD et al. (2004).

Règne	Plante (Végétal)
Embranchement	Spermaphytes (Phanérogames)
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Métachlamydées (Gamopétales)
Ordre	Tubiflorales
Sous-ordre	Verbéninés
Famille	Lamiacées (Libiaccées)
Genre	<i>Thymus</i>
Espèce	<i>Thymus algeriensis</i>

Chapitre.V L'huile essentielle du genre *Thymus*.

V.1) Composition chimique :

Selon STAHL-BISKUP et SAEZ (2002), la composition de l'huile essentielle (HE) du Thym est variable selon l'espèce. En général, les monoterpènes constituent environ 90% du total des composantes, les sesquiterpènes sont toujours présents. La plus part des HE du Thym contiennent des substances de structure aliphatique mais en faible pourcentage. Les dérivés du phényle propane quant à eux et les composantes aromatiques, constituent ensemble environ 7,8 % de l'huile. La composante principale de l'HE de *Thymus vulgaris* de l'iran est le thymol (70,99%), mais le bornyl acétate ne représente que 4,99% du total des composantes (Razzaghi-Abyaned et al., 2009).

V.2) Propriétés thérapeutiques :

L'H. E du Thym est connue par ses propriétés antiseptiques (Panizzi et al., 1993)., antispasmodiques, spasmolytiques, antihelminthiques (Schnitzler et al. 1996; Abdelgawad et al., 1995; diurétiques, expectorantes, sédatives, toniques (Soto Mendivil., 2006)., antivirales (Schnitzler et al., 2007; antioxydantes (Bouhdid et al., 2006) et anti-inflammatoires (Juhas et al., 2008).

V.3) Toxicité

La toxicité de l'HE du Thym est attribuée à la présence des phénolsterpènes, thymol et carvacrol. Elles provoquent des irritations de la peau et des muqueuses observées chez les souris et les lapins après application de l'huile sur leurs peaux (Peter, 2004). Plusieurs types d'HE de Thym contiennent une quantité considérable de camphre et de cétones terpéniques connues par leur pouvoir de provoquer des convulsions et des crises épileptiques neurotoxiques (Sthal-Biskup et Sáez, 2002).

V.4) Rendement en huiles essentielles

On définit les rendements R_s , R_f , respectivement rapport entre la masse d'huile récupérée et la masse de matière végétale fraîche ou sèche traitée. Il est exprimé en pourcentage (Routbi et al. 2007)

$$R_f = m / M_f * 100 \text{ et } R_s = m / M_s * 100$$

m : masse d'huile essentielle récupérée (gramme).

M_s : masse de matière végétale sèche traitée (gramme).

M_f : masse de matière végétale fraîche traitée (gramme).

V.5) Influence du procédé d'extraction :

Une meilleure extraction permet toujours d'obtenir une huile essentielle de haute qualité, sans provoquer des dégradations à certaines composantes volatiles, existantes sous forme de traces.

De très nombreuses méthodes existent ; chacune donne une image différente de la composition de l'huile essentielle (Zekovid et al. 2000 ; Luque-Garcia et Luque de Castro, 2004). Le procédé d'extraction par hydro-distillation simple, le rendement en HE chez le Thym est de 1.7%. Ce rendement peut être triplé lorsqu'on utilise la technique d'extraction par hydro-distillation sous pression (Routbi et al., 2007).

Chapitre.VI L'utilisation des huiles essentielles chez les animaux

Chapitre.VI L'utilisation des huiles essentielles chez les animaux

VI.1) L'utilisation d'huile essentielle de thym pour diminuer la dégradation ruminale des protéines.

L'huile essentielle brute ou ses composés isolés pourraient être utilisés comme additifs dans l'alimentation des ruminants, pour modifier l'orientation des fermentations ruminales et améliorer la nutrition des animaux. Ainsi une diminution de la dégradation des protéines dans le rumen augmente la quantité d'acides aminés disponibles pour les besoins du ruminant (Macheboeuf., 2004). Cependant l'effet des HE sur l'écosystème microbien du rumen peut être très varié :

- avoir un effet progressif (HE de l'Aneth)
- drastique (Thymol, carvacrol) sur l'ensemble des activités microbiennes.

Selon Brossardet et al., (2004), il existe des doses intéressantes qui permettent une réduction de l'activité protéolytique de l'écosystème ruminal sans perturber de façon significative sa production en AGV et donc en ATP.

VI.2) Les phytobiotiques comme alternative aux antibiotiques promoteurs de croissance dans l'aliment des volailles.

Les phytobiotiques représentent une bonne alternative pour remplacer les antibiotiques promoteurs de croissance. Ils peuvent être associés à d'autres composés comme par exemple les prébiotiques ou probiotiques pour promouvoir les performances de production des volailles.

Les phytobiotiques ont été utilisés de tout temps d'une manière empirique. En général leur mécanisme d'action était peu connu l'animal. Aujourd'hui, des progrès sont réalisés pour connaître leurs effets sur l'organisme animal. Aux fabricants d'additifs revient la responsabilité de contrôler ces produits en tenant compte de tous les critères législatifs régissant la fabrication et la commercialisation de ces produits (Alloui.A.,2011).

VI.3) Intérêt de l'huile essentielle de thym dans l'amélioration des performances zootechniques et sanitaires du poulet de chair.

Une amélioration des performances zootechniques et en particulier de l'activité enzymatique digestive (trypsine et l'amylase) serait induite par

Chapitre.VI L'utilisation des huiles essentielles chez les animaux

l'incorporation de l'HE dans la ration alimentaire (Tableau 5 et tableau 6). Cette augmentation de l'activité enzymatique devrait permettre une meilleure valorisation de la ration alimentaire surtout en période de finition durant laquelle la ration est souvent enrichie en maïs BENMEHDI et al., 2010).

Tableau 4: Effets de la complémentation en huile essentielle de Thym sur l'évolution des performances zootechnique.

	Contrôle	ATB	HET 1	HET 2	EM
Poids vif moyen J 3, g	42,0 ± 1	42,10 ± 0,85	42,83 ± 1,26	41,27 ± 0,64	0,42
Poids vif moyen J 21, g	733 ±7,64 ^a	735 ±5,00 ^a	757 ±10,4 ^{ab}	750 ±8,89 ^{ab}	9,58
Poids vif moyen J35, g	1665 ±103 ^a	1815 ±126 ^a	2102 ±47,5 ^{ab}	2050 ±43,6 ^{ab}	168
Gain total poids vif, g	1623 ±102 ^a	1773 ± 125 ^a	2059 ±48,3 ^{ab}	2009 ±43,9 ^{ab}	168
Total ingéré, g	3846 ±155	4135 ±213	3913 ±153	4088 ±67,0	116
ICA	2,38 ±0,25 ^a	2,34 ±0,23 ^a	1,90 ±0,12 ^{ab}	2,04 ±0,03 ^{ab}	0,2
Mortalité, %	5,15 ±0,21 ^a	3,11 ±0,22	3,38 ± 0,22 ^{ab}	3,10 ±0,16 ^{ab}	0,7

Source : (Ben-Mahdi et al., 2010).

Contrôle=un groupe contrôle.

ABT=un groupe antibiotique (110 mg de chlorhydrate d'oxytétracyclines /kg d'aliment).

HET1=le groupe HET1 (30 mg /kg d'aliment).

HET2=le groupe HET2 (40 mg /kg d'aliment).

Chapitre.VI L'utilisation des huiles essentielles chez les animaux

ICA=Indice de conversion alimentaire.

EM=écart moyen.

Tableau 5: Effets de la complémentation en huile essentielles de Thym sur les activités de la α -amylase et de la trypsine pancréatiques.

Traitement	Contrôle	ATB	HET 1	HET 2	ETM
Trypsine	0,115 $\pm 0,010^a$	0,125 $\pm 0,006$	0,155 $\pm 0,006^{ab}$	0,150 $\pm 0,006^{ab}$	0,016
α -amylase	78,00 $\pm 1,00$	82,0 $\pm 2,65$	98,7 $\pm 3,51^{ab}$	104 $\pm 1,00^{ab}$	10,7

Source : (Ben-Mahdi et al., 2010)

Tableau 6: Effets de la complémentation en huile essentielles de Thym sur les activités de la maltase et de la leucine aminopeptidase.

Traitement	Contrôle	ATB	HET 1	HET 2	EM
Maltase	10,6 $\pm 0,51^a$	9,00 $\pm 1,00^a$	11,0 $\pm 1,00^a$	11,3 $\pm 1,53^a$	0,74
LAP	7,27 $\pm 0,32^a$	7,40 $\pm 0,61^a$	7,03 $\pm 0,25^a$	7,20 $\pm 0,20^a$	0,11

Source : (Ben-Mahdi et al., 2010).

L'huile essentielle de thym ne semble pas perturber la population lactobacillaire saprophyte, en revanche elle réduit significativement la charge colibacillaire à la concentration de 30 ou 40 mg/kg d'aliment (Tableau 7).

Chapitre.VI L'utilisation des huiles essentielles chez les animaux

Tableau 7: Effets de la complémentation en huile essentielle de Thym sur la numération de la microflore intestinale iléo-caecale.

CFU, Log/g	Contrôle	ATB	HET 1	HET 2	EM
Lactobacilles	4,89 ±0,11 ^b	4,17 ±0,15	4,70 ±0,26 ^b	4,69 ±0,18 ^b	0,22
Escherichia coli	3,87 ±0,15 ^a	2,44 ±0,11 ^a	2,73 ±0,06 ^a	2,58 ±0,08 ^a	0,48
Salmonelles	ND	ND	ND	ND	-

Source : (Ben-Mahdi et al., 2010).

ND=non détecté.

Selon toujours Ben Mahdi et al., (2010), une complémentation en huile essentielle de thym pourrait constituer une alternative intéressante aux antibiotiques dans l'amélioration de la croissance et de la prophylaxie médicale du poulet chair.

Des études récentes sur les plantes médicinales et aromatiques, leurs extraits et leurs huiles essentielles ont montré leur intérêt chez les animaux grâce à leurs caractéristiques et propriétés anti-oxydantes, antistress, anti-cholestérol et surtout dans la prévention du cancer due à leurs composés phénoliques (Yildirim et Erener, 2011).

Partie.II

Partie
expérimentale

Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes

Les analyses chimiques du thym ont été réalisées dans le laboratoire d'analyses fourragères du département de Biotechnologies alors que l'extraction de l'huile essentielle et la détermination botanique de la plante ont été effectuées au Laboratoire de recherche des plantes médicinales et aromatiques de l'Université de Blida 1.

I.1) Matériel végétal

I.1.1) Lieux et dates de récolte

Les plantes de thym ont été récoltées dans la localité de Sidi EL-Kebir au sud de la ville de Blida aux mois de Mars, Avril et Mai 2014 pour les plantes de plaines et dans la localité de Beni-Ali dans les hauteurs de Chréaux mois de Avril et Mai pour les plantes de montagne. Les deux localités se situent dans la wilaya de BLIDA.



Figure 1 : Une touffe de Thym sur pied

I.1.2) Technique de récolte et partie de la plante récoltée.

La récolte a porté sur les parties aériennes de la plante (tige-feuilles). A l'aide d'un sécateur, on coupe soigneusement la partie aérienne de la plante en évitant d'entraîner de racines ou de la terre. On prend les indications et autres informations jugées nécessaires (hauteur de la plante, l'endroit, localité de récolte, date et des photos).

Matériel et méthodes

Tableau 8 :Les mesures biométrique.

Région	Stade de récolte	Date de récolte	Hauteur de la plante	Teneurs	
				Feuille	tige
Plaine	Avant floraison	12.03.2014	8 à 10 cm	/	/
Plaine	Début floraison	10.04.2014	10 à 15 cm	63,11	36,88
Plaine	Plein floraison	20.05.2014	12 à 18 cm	64,02	35,89
Montagne	Avant floraison	13.04.2014	10 à 15 cm	40,62	59,37
Montagne	Floraison	19.05.2014	20 à 30 cm	52,44	47,65

I.1.3) Conditionnement et conservation des échantillons après récolte

Après la récolte, les plantes sont transférées au laboratoire où elles sont étalées sur du papier propre, à l'ombre, dans un endroit bien aéré et à température ambiante ne dépassant pas les 30 C°.

La durée de séchage à la température ambiante est de 6 à 8 jours. Après séchage, les plantes sont conservées dans des sachets en papier.



Figure 2: Plante de Thym étalée sur de papier à l'ombre pour le séchage

Matériel et méthodes

I.1.4) Identification botanique de la plante.

La plante a été identifiée au Laboratoire de recherche des plantes médicinales et aromatiques de l'Université de Blida 1. Il s'agit de *Thymus algeriensis* Boss. et Reut.



Figure 3: *Thymus algeriensis* de montagne.

I.1.5) Les analyses chimiques.

Les méthodes d'analyses chimiques utilisées, sont celles de l'AOAC (1975). Les échantillons ont été broyés finement (1mm) et conservés hermétiquement. Toutes les analyses ont été faites en triples (03 répétitions), les résultats sont rapportés à la matière sèche (en %). Les analyses chimiques, ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyses fourragères du département de Biotechnologie de Blida.

I.1.5.1) Détermination de la matière sèche (MS).

Dans une capsule séchée et tarée au préalable, introduire 1 à 2 g de l'échantillon à analyser, porter la capsule dans une étuve à circulation d'air réglée à 105°C (), laisser durant 24h, refroidir au dessiccateur, peser, remettre une heure à l'étuve et procéder à une nouvelle pesée, continuer l'opération jusqu'à poids constant. $C^{\circ} \pm 2$

La teneur en MS est donnée par la relation : $MS\% = X / Y * 100$

Y : poids de l'échantillon après dessiccation.

X : poids de l'échantillon humide.

Matériel et méthodes

I.1.5.2) Détermination de la matière minérale (MM).

La teneur en MM d'une substance alimentaire est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique après incinération. Porter au four à moufle la capsule contenant 2g de l'échantillon à analyser. Chauffer progressivement afin d'obtenir une combustion sans inflammation de la masse.

-1 heure 30 mn à 200°C

-2 heures 30 mn à 500°C.

L'incinération doit être poursuivie jusqu'à combustion complète du charbon formé et obtention d'un résidu blanc ou gris clair. Refroidir au dessiccateur la capsule contenant le résidu de l'incinération, puis peser.

La teneur en matière minérale est donnée par la relation : teneur en

$$MM\% = A \cdot 100 / B \cdot MS$$

A : poids des cendres.

B : poids de l'échantillon.

MS : teneur en matière sèche (%).

I.1.5.3) Détermination de la matière organique (MO).

La teneur en matière organique est estimée par différence entre la matière sèche (MS) et les matières minérales (MM) : $MO \% = 100 - MM$

I.1.5.4) Détermination de l'azote total (MAT).

L'azote total est dosé par la méthode de KJELDAHL.

a) Minéralisation.

Opérer sur un échantillon de 0,5 à 2 g (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon). L'introduire dans un matras de 250 ml, ajouter 2 g de catalyseur (composé de 250 g de K_2SO_4 , 250 g de $CuSO_4$ et 5 g de Se) et 20 ml d'acide sulfurique concentré (densité = 1,84). Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration verte stable. Laisser refroidir, puis ajouter

Matériel et méthodes

peu à peu avec précaution 200 ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

b) Distillation.

Transvaser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (Buchi), rincer la burette graduée. Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur composé de :

-20 g d'acide borique.

-200 ml d'éthanol absolu.

-10 ml d'indicateur contenant : $\frac{1}{4}$ de rouge de méthyle à 0,2% dans l'alcool à 95° et $\frac{3}{4}$ de vert de bromocresol à 0,1% dans l'alcool à 95°.

Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 50 ml de lessive de soude ($d = 1,33$), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins, titrer en retour par l'acide sulfurique à N/20 ou N/50 jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initiale de l'indicateur.

ml d' $H_2SO_4(1N)$ —————> 0.014 d'N 1

1 ml d' $H_2SO_4(N/20)$ ———> 0.0007d'N

$$Ng = X \cdot 0,0007,0 \cdot 100 / Y \cdot 200 / A$$

X: descente de burette (ml)

Y : poids de l'échantillon de départ.

A : volume de la prise d'essai.

Teneur en MAT (% MS) = N g x 6,25

I.1.5.5 Détermination de la cellulose brute (CB).

La teneur en cellulose brute est déterminée par la méthode de WEENDE. Par convention, la teneur en cellulose brute est le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

Matériel et méthodes

Peser 2g d'échantillon, l'introduire dans un ballon de 500 ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot, ajouter 100 ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12,5g d'acide sulfurique pour 1 litre. Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30 mn exactement. Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse, séparer le ballon du réfrigérant. Transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon. Centrifuger jusqu'à clarification totale du liquide.

Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube a centrifugé avec 100 ml de solution bouillante contenant 12,5 g de soude pour 1 litre. Faire bouillir durant 30 mn exactement, filtré sur creuset (de porosités 1 ou 2). Passer le creuset plus le résidu à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant.

Après refroidissement au dessiccateur, peser puis incinérer dans le four à moufle à 400°C durant 5 heures. Refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques, une grande partie de cellulose vraie, une partie de la lignine et des résidus d'hémicellulose. Teneur en CB en % MS = $(A-B) \times 100 / C \times MS$

A : poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : poids du creuset + résidu après incinération.

C : poids de l'échantillon de départ.

I.1.6) Calcule de la valeur nutritive des la plantes

I.1.6.1) Mesure de digestibilité et la dégradabilité.

Calcul de la valeur nutritive à partir des équations de l'INRA, 2007. Fourrages verts naturels autres que graminées et légumineuses.

I.1.6.2) Digestibilité de la matière organique (dMO) :

Equation de prévision de la digestibilité de la MO (dMO) :

Matériel et méthodes

$$\text{dMO} = 90,1 - 0,095 \text{ CB} + 0,044 \text{ MAT}$$

dMO en %, MAT et CB en g / Kg de MS.

I.1.6.3) Digestibilité de l'énergie brute (dE)

Equation de prévision de la digestibilité de l'énergie (dE) :

$$\text{dE} = 0,985 \text{ dMO} - 0,02949$$

dE = digestibilité de l'énergie, elle est fonction de la dMO de l'aliment.

dE et dMO en %.

I.1.6.4) Digestibilité réelle des acides aminés dans l'intestin grêle (dr)

Equation de prévision de la digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (dr) :

$$\text{dr} = 100 \times [1,11 \times (1 - \text{DT} / 100) \times \text{MAT} - \text{PANDI}] / [1,11 \times (1 - \text{DT} / 100) \times \text{MAT}]$$

dr en %, MAT en g / Kg de MS.

$$\text{PANDI} = 7,9 + 0,08 \text{ MAT} - 0,00033 \text{ MAT}^2 + \Delta 1 + \Delta 2 + \Delta 3$$

PANDI= protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin

$$\Delta 1 = - 1,9 \quad \Delta 2 = - 2,3 \quad \Delta 3 = - 2,0$$

I.1.6.5) Dégradabilité théorique des matières azotées dans le rumen (DT)

Equation de prévision de la Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (DT) :

$$\text{DT} = 51,2 + 0,14 \text{ MAT} - 0,00017 \text{ MAT}^2 + \Delta$$

$$\Delta = 4,4$$

DT en %, MAT en g / Kg de MS.

I.1.6.6) Mesure des teneurs en énergie.

1 Teneur en énergie brute (EB) :

Equations de prévision de la valeur énergétique(EB) :

$$\text{EB} = 4531 + 1.735 \text{ MAT} + \Delta$$

Matériel et méthodes

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MO.

MAT = matières azotées totales en g/Kg de MO.

Δ = - 11 pour les fourrages verts de montagne.

Δ = + 82 pour les fourrages verts de plaines.

I.1.6.6.1) Teneur en énergie digestible (ED) :

$$ED = EB \cdot dE$$

ED = énergie digestible en Kcal / Kg de MO.

dE = digestibilité de l'énergie en %.

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MO.

I.1.6.6.2) Teneur en énergie métabolisable (EM) :

$$EM = EB \times dE \times (EM / ED)$$

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MS.

I.1.6.7) Mesure des valeurs énergétique et azotées

I.1.6.7.1) Valeurs énergétiques :

- Equation de calculs des valeurs énergétiques (UFL) :

$$UFL / Kg de MS = ENL / 1700$$

UFL = unité fourragère lait.

ENL = EM x KI en Kcal / Kg.

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

$$KI = 0,60 + 0,24 (q - 0,57)$$

KI = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de lait.

- Equation de calculs des valeurs énergétiques (UFV) :

Matériel et méthodes

$$\text{UFV} / \text{Kg de MS} = \text{ENEV} / 1820$$

UFV = unité fourragère viande.

ENEV = EM x Km en Kcal / Kg.

$$\text{Km} = 0,287 q + 0,554$$

Km = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien.

$$\text{Kf} = 0,78 q + 0,006$$

Kf = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de viande.

$$\text{Kmf} = (\text{Km} \times \text{Kf} \times 1,5) / (\text{Kf} + 0,5 \text{ Km})$$

$$q = \text{EM} / \text{EB}$$

q = concentration en EM de l'aliment.

I.1.6.7.2) Valeurs azotées.

Calculs des valeurs azotées (g / Kg) :

$$\text{PDIN} = \text{PDIA} + \text{PDIMN}$$

$$\text{PDIE} = \text{PDIA} + \text{PDIME}$$

$$\text{PDIA} = \text{MAT} \times [1,11 (1 - \text{DT})] \times \text{dr}$$

PDIN = protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible (g/Kg de MS).

PDIE= protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (g/Kg de MS).

PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (g/Kg de MS).

PDIMN = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradable (g/Kg de MS).

$$\text{PDIMN} = \text{MAT} \times [1 - 1,11 (1 - \text{DT})] \times 0,9 \times 0,8 \times 0,8$$

PDIME = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'énergie fermentescible (g/Kg de MS).

$$\text{PDIME} = \text{MOF} \times 0,145 \times 0,8 \times 0,8$$

Matériel et méthodes

MOF = matière organique fermentescible.

$$\text{MOF} = \text{MOD} - [\text{MAT} \times (1 - \text{DT})].$$

$$\text{MOD} = \text{MO} \times \text{Dmo}$$

MAT, MO et MOF en g / Kg de MS.

I.1.7) Extraction des huiles essentielles.

Les extractions d'huile essentielle ont été faites sur les parties aériennes de la plante (tiges, feuilles et fleurs).

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée à l'aide d'un Hydro-distillateur de type Clevenger selon les recommandations de la pharmacopée européenne au Laboratoire de recherche des plantes médicinales et aromatiques de l'Université de Blida 1.

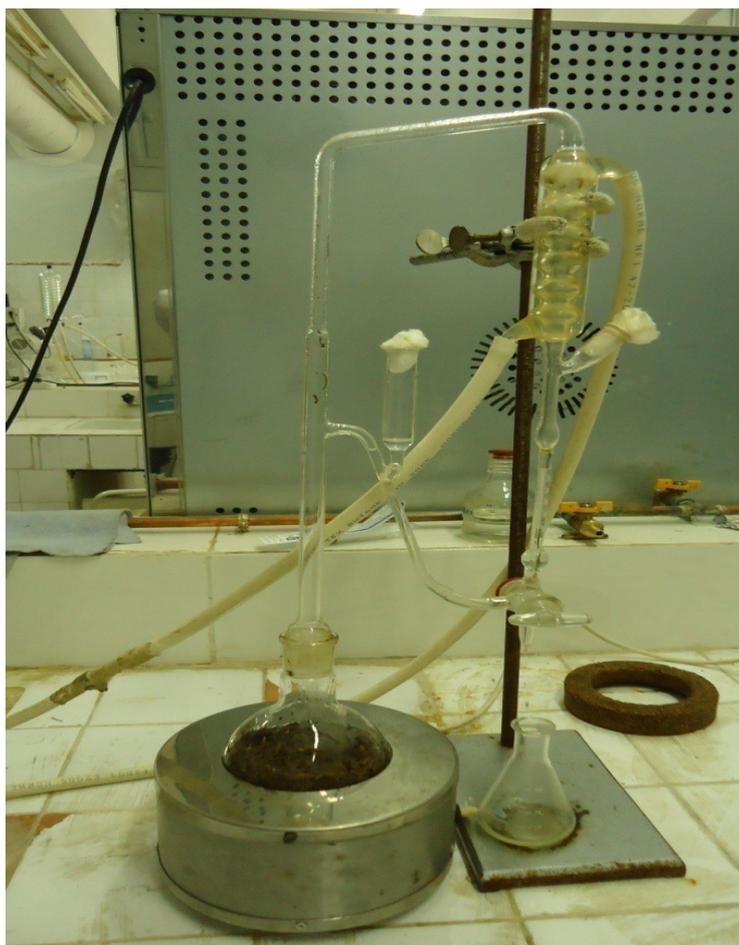


Figure 4: Hydro-distillateur de type Clevenger

Matériel et méthodes

Mode opératoire.

- Dans le ballon, introduire la quantité de matière végétale et procéder à l'hydrodistillation.
- Adapter au ballon l'appareil de condensation.
- Chauffer l'eau du ballon jusqu'au début d'ébullition et distillez à la vitesse appropriée.

Le distillat est recueilli dans le tube gradué qui se termine par une ampoule, cette dernière est munie à la base d'un robinet à partir duquel on pourra récupérer la fraction d'huile essentielle, tandis la fraction aqueuse retourne automatiquement dans le ballon générateur de vapeur.

Dans la séparation des deux phases non miscibles se fait dans l'appareil en même temps que la distillation. Arrêter le chauffage et lire le volume de l'huile essentielle recueillie dans le tube gradué.

I.1.7.1) Calcul du rendement en huiles essentielles

Les extractions ont été effectuées sur une matière végétale séchée à l'ombre dans les conditions suivantes :

- Masse de matière végétale : 80 g.
- Volume d'eau : 250ml.
- La durée d'extraction 2h 30 min.
- La température d'extraction : 175 C°.

Le rendement en huiles essentielles (exprimés en pourcentage) a été calculé par la relation suivante :

$$\text{Rd HE(\%)} = \left(\frac{m \text{ HE}}{m \text{ MV}} \right) \times 100$$

Rd HE(%) : rendement en huiles essentielle exprimé en pourcentage.

m HE : La masse d'huile essentielle récupéré.

m MV : La masse de la matière végétale utilisée

Matériel et méthodes

I.1.8) Analyses statistiques

Tous les résultats ont été soumis à une analyse des données à l'aide du logiciel Statgraphic Centurion XVI, Version 16.2.04 532 - bits (écart- type et comparaison des moyennes).

Chapitre.II RESULTATS ET DISCUSSION

II.1) Composition chimique de *Thymus algeriensis* de plaine et de montagne

II.1.1) Teneur en matière sèche (MS)

Avec *Thymus algeriensis* de plaine, les teneurs en MS ne sont pas significativement différentes entre les trois stades (Tableau 9). La plante au stade avant floraison avec **32,35%** présente la teneur en MS la plus faible autrement dit la plus riche en eau, et la plus importante en MS est celle du stade début floraison avec **35,34%** (Tableau 9).

Avec *Thymus algeriensis* de montagne, il n'y a pas de différence significative entre les stades avant floraison avec **42,88%** et floraison avec **40,35%** (Tableau 9).

Thymus algeriensis de plaine a des teneurs en MS moins élevées que celui de montagne. La différence la plus élevée est observée au stade début floraison avec **10,53** points en faveur de *Thymus de montagne* (Tableaux 9). Mais elle semble faible contre la teneur en MS de *Artemesia herba alba* où sa teneur en MS est de **93.13%** (Fenardji et Al., 1973).

II.1.2) Teneur en matière organique (MO)

Avec *Thymus algeriensis* de plaine, les teneurs en MO sont comparables entre les stades avant floraison et début floraison (**91,82** contre **89,89** %) elles-mêmes moins élevées que celle du stade pleine floraison (**95,08** %) (Tableau 9).

Avec *Thymus algeriensis* de montagne, il n'y a pas de différence significative entre les stades avant floraison et floraison soit **94,53** et **94,31%** respectivement (Tableau 9).

Thymus algeriensis de montagne aux stades avant floraison et floraison présente des teneurs en MO comparables à celle de *Thymus algeriensis* de plaine

Résultats et discussion

au stade pleine floraison et supérieures pour les stades avant floraison et début floraison (Tableau 9).

La teneur en MO de *Thymus algeriensis* de stade floraison semble comme celle de *Artemisia herba alba* où sa teneur en MO elle est de **96,13 %** (Fenardji et Al., 1973) et le *Thymus algeriensis* de plaine stade avant floraison **91,82 %** et comparable à celle trouvait par (Houmani.M et al., 2004) pour *Artemisia herba alba* **92,5%**.

II.1.3) Teneur en matière minérale (MM)

Avec *Thymus algeriensis* de plaine, les teneurs en MM sont comparables entre les stades avant floraison et début floraison (**8,17** contre **10,10 %**) elles-mêmes deux fois plus élevées que celle du stade pleine floraison (**4,91%**) (Tableau 9).

Avec *Thymus algeriensis* de montagne, il n'y a pas de différence significative entre les stades avant floraison et floraison soit **5,46** et **5,55%** respectivement (Tableau 9).

Thymus algeriensis de montagne aux stades avant floraison et floraison présente des teneurs en MM comparables à celle de *Thymus algeriensis* de plaine au stade pleine floraison et supérieures pour les autres stades avant floraison et début floraison (Tableau 9).

De façon générale, *Thymus algeriensis* est plus riche en matière organique en montagne qu'en plaine alors qu'on observe l'inverse pour les teneurs en matières minérales. *Thymus algeriensis* est plus riche en matières minérales en plaine qu'en montagne, à l'exception du stade pleine floraison (Tableau 9).

Les différences dans les teneurs en MM et en MO entre la plaine et la montagne pourraient être expliquées par les niveaux de disponibilité de la MO et des MM dans le sol des deux localités de BENI ALI (montagne) et SIDI EL-KEBIR (Plaine). Le sol de montagne retiendrait davantage la MO provenant des feuilles et du bois mort que les MM lesquelles seraient davantage soumises au phénomène de l'écoulement des eaux (érosion hydrique) du sommet de la montagne vers la plaine. Ceci permet l'enrichissement du sol de la plaine davantage en éléments minéraux qu'en éléments organiques. Aujourd'hui, le pâturage par les herbivores prélève les végétaux, sources de MO, davantage dans les plaines que dans les montagnes pour

Résultats et discussion

des raisons de concentration d'animaux et de sécurité. Egalement du fait de l'érosion des sols (déboisements, incendies), le sol des montagnes deviendrait de plus en plus pauvre en éléments minéraux. Il s'ensuit que les variations dans les teneurs en MO et en MM du sol influent sur les teneurs en MO et en MM des plantes qui y poussent.

Pour la teneur en MM de *Thymus algeriensis* elle semble plus importante **8,17%** en la comparend avec celle de *Artemesia herba alba* où sa teneur en MM elle est de **3,87 %** (Fenardji et Al., 1973). Et **7.5%** pour *Artemesia herba alba* (Houmani.M et al., 2004).

II.1.4) Teneur en matières azotées totales (MAT)

Avec *Thymus algeriensis* de plaine, les teneurs en MAT sont significativement différentes entre les trois stades, avant floraison, début floraison et pleine floraison. Ces teneurs sont faibles et varient entre **4,06 %** de MS au stade avant floraison et **4,76 %** de MS au stade début floraison (Tableau 9).

Avec *Thymus algeriensis* de montagne la différence de MAT est significative entre les stades avant floraison avec **4,06 %** de MS et floraison avec **4,72%** de MS (Tableau 9).

Thymus algeriensis de montagne et *Thymus algeriensis* de plaine présentent des teneurs en MAT identiques au stade avant floraison avec **4,06 %** de MS. Leurs teneurs en MAT sont également comparables entre le stade début floraison pour les plantes de plaine et le stade floraison pour les plantes de montagne, **4,76** contre **4,72 %** respectivement (Tableau 9). Les variations des proportions de feuilles (Tableau 9) ne semblent pas avoir de très grands effets sur les teneurs en matières azotées totales en raison vraisemblablement des teneurs faibles à très faibles observées chez *Thymus algeriensis* de plaine ou de montagne.

Le *Thymus algeriensis* semble faible pour sa teneur en MAT qu'elle est de **4,06%** à **4,72%** contre une teneur de **6,38%** pour *Artemesia herba alba* (Fenardji et Al., 1973) et **12,1%** pour *Artemesia herba alba* (Houmani.M et al., 2004).

II.1.5) Teneur en cellulose brute (CB)

Avec *Thymus algeriensis* de plaine, les teneurs en CB sont significativement différentes entre les trois stades, avant floraison, début floraison et pleine floraison. Ces teneurs sont élevées au stade avant floraison avec **44,49** % de MS et au stade pleine floraison avec **33,02** % de MS (Tableau 9). Au stade début floraison, elle n'est que de **28,59** % de MS. Au stade avant floraison, la plante contient du bois (**57,43** % de tiges contre **42,57**% de feuilles) ce qui expliquerait cette forte teneur en CB. Au stade début floraison, la formation des fleurs et le développement des jeunes pousses ont vraisemblablement contribué à la baisse de la teneur en CB. A la pleine floraison, les rameaux feuillus et fleuris semblent amorcer leur lignification ce qui augmente la CB dans la plante.

Avec *Thymus algeriensis* de montagne, la différence de CB est significative entre les stades avant floraison avec **36,73** % de MS et floraison avec **28,60**% de MS (Tableau 9).

Thymus algeriensis de montagne et *Thymus algeriensis* de plaine présentent des teneurs en CB comparables entre le stade début floraison pour les plantes de plaine et le stade floraison pour les plantes de montagne, **28,59** contre **28,60** % de MS respectivement (Tableau 9).

Pour la teneur en cellulose brute de *Thymus algeriensis* de floraison elle semble comme celle de *Artemisia herba alba* 31,53%(Fenardji et al., 1973).

31,9% pour *Artemisia herba alba*(Houmani.M et al., 2004).

Résultats et discussion

Tableau 9 : Composition chimique, proportions de feuilles et de tiges de *Thymus algeriensis*

Localisation	Stades	MS (%)	Constituants chimiques en % de MS				Proportion de feuilles (%)	Proportion de tiges (%)
			MM	MO	MAT	CB		
Plaine	Avant floraison	32,35 ±0,90 a	8,17 ±1,06 b	91,82±1,09 b	4,06±0,03 c	44,49±0,38 a	42,57	57,43
	Début floraison	35,34±1,62 a	10,10 ±0,41 b	89,89 ±0,41 b	4,76±0,03 a	28,59 ±1,62 c	63,11	36,88
	Pleine floraison	34,67±0,58 a	4,91±0,14 a	95,08 ±0,14 a	4,41±0,03 d	33,02±0,96 b	64,02	35,98
Montagne	Avant floraison	42,88±0,88 b	5,46±0,42 a	94,53±0,15 a	4,06±0,09 c	36,73±2,34 d	40,62	59,37
	Floraison	40,35±0,51 c	5,55±0,50 a	94.31±0,50 a	4,72±0,06 a	28,6±0,8 c	52,44	47,56

MS=Matière sèche ; MM=Matière minérale ; MO= Matière organique ; MAT= Matière azotées totales ; CB=Cellulose brute. Sur la même colonne, les valeurs portant une même lettre sont comparables au seuil de 5%.

II.2) Digestibilités et dégradabilité théorique de *Thymus algeriensis*

II.2.1) Digestibilité de la matière organique (dMO)

Avec *Thymus algeriensis* de plaine, la dMO varie entre **49,65 %** au stade avant floraison et **65,03 %** au stade début floraison. Au stade floraison, la dMO est de **60,67%** (Tableau 10). Les différences de dMO entre les trois stades sont toutes significatives.

Avec *Thymus algeriensis* de montagne, la dMO est de **56,99%** au stade avant floraison et de **65,00%** au stade floraison, valeur comparable à celle obtenue au stade début floraison avec les plantes de plaine (Tableau 10).

Les dMO les plus élevées sont obtenues au stade début floraison avec les plantes de plaines et au stade floraison avec les plantes de montagne (Tableau 10).

II.2.2) Digestibilité de l'énergie (dE)

Les dE pour les plantes de plaine sont significativement différentes entre les trois stades (Tableau 10). La dE la plus élevée est observée au stade début floraison avec **64,03%** et la plus faible au stade avant floraison avec **48,88%** (Tableau 10).

Avec les plantes de montagne, la différence entre les dE aux stades avant floraison et floraison est significative (Tableau 10). La dE est de **64,00%** au stade floraison et de seulement **56,11%** au stade avant floraison.

La comparaison des dE de *Thymus algeriensis* de plaine et de montagne, révèle des différences significatives entre tous les stades sauf entre le stade début floraison avec les plantes de plaine (dE = **64,03%**) et le stade floraison avec les plantes de montagne (dE = **64,00%**).

II.2.3) Digestibilité réelle des acides aminés dans l'intestin grêle (dr)

Les dr des plantes de plaine sont significativement différentes entre les trois stades phénologiques. La dr la plus élevée est obtenue au stade début floraison avec **90,00** et la moins élevée au stade avant floraison avec **89,15%** (Tableau 10).

Avec les plantes de montagne, la différence est significative entre les dr au stade floraison avec **89,95%** et au stade avant floraison avec **89,15%** (Tableau 10).

La comparaison des dr des plantes de *Thymus algeriensis* de plaine et de montagne révèle des différences non significatives entre les stades avant floraison ; elle révèle également des différences non significatives entre le stade début floraison avec les plantes de plaine et le stade floraison avec les plantes de montagne (Tableau 10).

II.2.4) Dégradabilité théorique des matières azotées dans le rumen (DT)

Les DT avec les plantes de plaine sont significativement différentes entre les trois stades ; la DT la plus élevée est obtenue au stade début floraison avec **61,88 %** et la plus faible au stade avant floraison avec **61,00 %** DT (Tableau 10).

Avec les plantes de montagne, la différence est significative entre les stades avant floraison avec **61,00 %** et floraison avec **61,82%** (Tableau 10).

La comparaison des dr des plantes de *Thymus algeriensis* de plaine et de montagne révèle des différences non significatives entre les stades avant floraison ; elle révèle également des différences non significatives entre le stade début floraison avec les plantes de plaine et le stade floraison avec les plantes de montagne (Tableau 10).

Tableau 10 : Digestibilité et dégradabilité de *Thymus algeriensis* vert

Localisation	Stades	dMO %	dE %	dr %	DT %
Plaine	Avant floraison	49,65 ± 0,36 d	48,88 ± 0,36 d	89,15 ± 0,042 c	61,00 ± 0,03 C
	Début floraison	65,03 ± 1,55 a	64,03 ± 1,52 a	90,00 ± 0,033 a	61,88 ± 0,03 B
	Pleine floraison	60,67 ± 0,93 b	59,73 ± 0,91 b	89,60 ± 0,037 b	61,44 ± 0,03 D
Montagne	Avant floraison	56,99 ± 2,26 c	56,11 ± 2,22 c	89,15 ± 0,12 c	61,00 ± 0,11 C
	Floraison	65,00 ± 0,79 a	64,00 ± 0,78 a	89,95 ± 0,06 a	61,82 ± 0,07 B

dMO = digestibilité de la matière organique ; dE=digestibilité de l'énergie brute ; dr=digestibilité réelle des acides aminés dans l'intestin grêle ; DT=dégradabilité théorique des matières azotées dans le rumen. Sur la même colonne, les valeurs portant une même lettre sont comparables au seuil de 5%.

II.3) Teneurs en énergies brute (EB), digestible (ED) et métabolisable (EM)

II.3.1) Teneur en énergie brute (EB)

Les teneurs en EB de *Thymus algeriensis* de plaine sont significativement différentes entre les trois stades (Tableau 11). Elles varient entre **4229,27** kcal/kg de MS au stade début floraison et **4462,76** kcal/kg de MS au stade pleine floraison.

Avec *Thymus algeriensis* de montagnes, les teneurs en EB sont significativement différentes entre les stades floraison avec **4438,57** kcal/kg de MS et avant floraison avec **4417,94** kcal/kg de MS (Tableau 11).

Des teneurs comparables en EB sont observées au stade avant floraison avec les plantes de plaine (**4307,85** kcal/kg de MS) et avec celles de montagne (**4417,94** kcal/kg de MS) (Tableau 11). Les teneurs sont également comparables entre le stade pleine floraison avec les plantes de plaine (**4462,76** kcal/kg de MS) et le stade floraison avec les plantes de montagne (**4438,57** kcal/kg de MS) (Tableau 11).

On note que la teneur en EB de *Thymus algeriensis* elle est plus importante (varie de **4307,85** à **4462,76** kcal/kg de MS) on la compare avec les résultats trouvés par (Houmani.M et al., 2004). **4054** kcal/kg de MS pour *Artemisia herba alba*.

II.3.2) Teneur en énergie digestible (ED)

Les teneurs en ED des plantes de plaine sont significativement différentes entre les trois stades étudiés. Elles varient entre **2105,92** kcal/kg de MS au stade avant floraison et **2708,09** kcal/kg de MS au stade début floraison (Tableau 11). La teneur en ED des plantes au stade pleine floraison est légèrement inférieure à celle des plantes au stade début floraison (**2665,73** contre **2708,09** kcal/kg de MS).

Pour les plantes de montagne, les teneurs en ED sont significativement différentes entre les stades floraison avec **2384,65** kcal/kg de MS et le stade avant floraison avec **2479,13** kcal/kg de MS (Tableau 11).

Des teneurs comparables en ED sont observées au stade début floraison avec les plantes de plaine avec **2708,09** kcal/kg de MS et avec celles de montagne au stade floraison avec **2840,54** kcal/kg de MS (Tableau 11). Les teneurs sont également comparables entre le stade pleine floraison avec les plantes de plaine avec **2665,73** kcal/kg de MS) et le stade avant floraison avec les plantes de montagne avec **2479,13** kcal/kg de MS (Tableau 11).

Cependant la teneur en ED de *Thymus algeriensis* qu'elle varie de **2105,92** à **2840,54** kcal/kg de MS est plus importante que celle de *Artemisia herba alba* **2515** kcal/kg de MS (Houmani.M et al., 2004).

II.3.3) Teneur en énergie métabolisable (EM)

Les teneurs en énergie EM avec les plantes de plaine sont significativement différentes entre les trois stades étudiés. Elles varient entre **1732,53** kcal/kg de MS au stade avant floraison et **2267,89** kcal/kg de MS au stade début floraison (Tableau 11). Au stade pleine floraison, la teneur en EM avec **2228,04** kcal/kg de MS est intermédiaire à celles des stades précédents (Tableau 11).

Pour les plantes de montagnes, les teneurs en EM sont significativement différentes entre le stade floraison avec **4438,57** kcal/kg de MS et le stade avant floraison avec **2063,49** kcal/kg de MS (Tableau 11).

Résultats et discussion

Des teneurs comparables en EM sont observées au stade début floraison avec les plantes de plaine avec **2267,89** kcal/kg de MS et avec celles de montagne au stade floraison avec **2384,65** kcal/kg de MS (Tableau 11). Les teneurs sont également comparables entre le stade pleine floraison avec les plantes de plaine avec **2228,04** kcal/kg de MS) et le stade avant floraison avec les plantes de montagne avec **2063,49** kcal/kg de MS (Tableau 11).

On remarque que la teneur en EM pour le *Thymus algeriensis* est plus importante elle varie de **1732,53** à **2384,65** kcal/kg de MS contre celle de (Houmani.M et *al.*, 2004). **2063** kcal/kg de MS pour *Artemisiaherba alba*.

Tableau 11 : Teneurs en énergie de *Thymus algeriensis* de plaine

Localisation	Stades	Energie en kcal/kg MS		
		EB	ED	EM
Plaine	Avant floraison	4307,85 ±50,33 b	2105,92 ±34,60 c	1732,53 ±30,27 C
	Début floraison	4229,27 ±19,07 c	2708,09 ±71,31 a	2267,89 ±64,70 A
	Pleine floraison	4462,76 ±6,66 a	2665,73 ±40,50 b	2228,04 ±36.35 B
Montagne	Avant floraison	4417,94 ±7,017 b	2479,13 ±103,19 b	2063,49 ±91,53 B
	Floraison	4438,57 ±23,27 a	2840,54 ±23,00 a	2384,65 ±20,87 A

EB = énergie brute ; ED = énergie digestible, EM = énergie métabolisable. Sur la même colonne, les valeurs portant une même lettre sont comparables au seuil de 5%.

I.1) Valeurs énergétiques et azotées de *Thymus algeriensis*.

I.1.1) Valeurs énergétiques de *Thymus algeriensis*

Les valeurs énergétiques, exprimées en UFL et UFV par kg de MS, varient de façon significative d'un stade à l'autre quelque soit la localisation considérée (plaine ou montagne) (Tableau 12).

Pour les plantes de plaine, les valeurs les plus élevées sont observées au stade début floraison avec **0,78** UFL et **0,72** UFV par kg de MS et les plus faibles au stade avant floraison avec **0,57** UFL et **0,46** UFV par kg de MS (Tableau 12).

Résultats et discussion

Pour les plantes de montagne, les valeurs les plus élevées sont obtenues au stade floraison avec **0,83 UFL** et **0,75 UFV** par kg de MS. Les valeurs les plus faibles sont obtenues au stade avant floraison (Tableau 12).

Les valeurs énergétiques de *Thymus algeriensis* en plaine au stade début floraison sont comparables aux valeurs énergétiques de *Thymus algeriensis* de montagne au stade floraison. De même, les valeurs énergétiques de *Thymus algeriensis* de plaine au stade pleine floraison sont comparables aux valeurs énergétiques de *Thymus algeriensis* de montagne au stade avant floraison (Tableau 12).

Les valeurs énergétiques de *Thymus algeriensis* semblent plus importantes (Tableau 12) en les comparant avec les résultats de (Houmani.M et al., 2004). **0,70 UFL** et **0,63 UFV** kcal/kg de MS pour *Artemisia herba alba*.

Tableau 12 : Valeurs énergétiques de *Thymus algeriensis*

Localisation	Stades	UF / kg de MS	
		UFL	UFV
Plaine	Avant floraison	0,57 ±0,01 c	0,46 ±0,009 C
	Début floraison	0,78 ± 0,02 a	0,72 ±0,031 A
	Pleine floraison	0,76 ±0,015 b	0,68 ±0,017 B
Montagne	Avant floraison	0,69 ±0,03 b	0,60 ±0,041 B
	Floraison	0,83 ±0,009 a	0,75 ±0,012 A

UFL = unité fourragère lait ; UFV = unité fourragère viande ; Sur une même colonne, les valeurs marquées d'une même lettre, sont comparables au seuil de 5%.

I.1.2) Valeurs azotées de *Thymus algeriensis*

I.1.2.1) Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA)

Avec *Thymus algeriensis* de plaine, les teneurs en PDIA sont significativement différentes entre les trois stades étudiés. La plus faible teneur est de **15,67 g/kg** de MS au stade avant floraison et la plus élevée avec **18,13 g/kg** de MS au stade début floraison. Au stade pleine floraison, la teneur en PDIA est supérieure à celle du stade avant floraison et inférieure à celle du stade début floraison (Tableau 13).

Avec *Thymus algeriensis* de montagne, les teneurs en PDI sont différentes entre les stades avant floraison avec **15,67 g/kg** de MS et le stade floraison avec **17,98 g/kg** de MS (Tableau 13).

Les teneurs en PDIA sont comparables entre *Thymus algeriensis* de plaine au stade pleine floraison (**16,92 g/kg** de MS) et *Thymus algeriensis* de montagne au stade avant floraison (**15,67 g/kg** de MS) (Tableau 13). De même entre les stades début floraison en plaine et floraison en montagne, les teneurs en PDIA *Thymus algeriensis* sont comparables (Tableau 13).

On note que pour les valeurs de PDIA de *Thymus algeriensis* (varie entre **15,67** et **18,13 g/kg** de MS) semblent faibles contre celle de Houmani.M et *al.*, (2004) avec **21,7 g/kg** de MS pour *Artemisia herba alba*.

I.1.2.2) Protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible (PDIN)

Les teneurs en PDIN avec *Thymus algeriensis* de plaine sont significativement différentes entre les trois stades étudiés. La valeur la plus élevée est celle du stade début floraison avec **33,96 g/kg** de MS et la plus faible est celle du stade avant floraison avec **28,95 g/kg** de MS (Tableau 13). La Teneur en PDIN au stade pleine floraison avec **31,46 g/kg** de MS est supérieure à celle du stade avant floraison et inférieure à celle du stade début floraison (Tableau 13).

Avec *Thymus algeriensis* de montagne, il ya une différence significative entre les PDIN au stade floraison avec **33,65 g/kg** de MS et au stade avant floraison avec **28,95 g/kg** de MS (Tableau 13).

Résultats et discussion

En comparant les teneurs en PDIN entre *Thymus algeriensis* de plaine et de montagne, des différences non significatives sont observées entre les stades avant floraison de plaine et avant floraison de montagne avec respectivement **28,95** et **28,95** g/kg de MS et, entre les stades début floraison de plaine et floraison de montagne avec respectivement **33,96** et **33,65** g/kg de MS (Tableau 13).

Les valeurs de PDIN de *Artemisia herba alba* avec **70,5**g/kg de MS rapportées par Houmani et al.,(2004) sont supérieures à celles obtenues dans cet essai avec *Thymus algeriensis* avec des valeurs entre **28,95** et **33,96**g/kg de MS.

I.1.2.3) Protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (PDIE)

Les teneurs en PDIE avec *Thymus algeriensis* de plaine sont significativement différentes entre le stade avant floraison et les stades début floraison et pleine floraison. Les teneurs aux stades floraison et pleine floraison sont comparables entre elles (Tableau 13). La valeur la plus élevée est celle du stade début floraison avec **70,70** g/kg de MS et la plus faible est celle du stade avant floraison avec **56,54** g/kg de MS (Tableau 13). La Teneur en PDIE au stade pleine floraison avec **68,87** g/kg de MS est supérieure à celle du stade avant floraison et comparable à celle du stade début floraison (Tableau 13).

Avec *Thymus algeriensis* de montagne, il ya une différence significative entre les teneurs en PDIE au stade floraison avec **73,28** g/kg de MS et au stade avant floraison avec **64,05**g/kg de MS (Tableau 13).

En comparant les teneurs en PDIE entre *Thymus algeriensis* de plaine et de montagne, des différences non significatives sont observées entre les stades début floraison de plaine et floraison de montagne avec respectivement **70,70** et **73,28** g/kg de MS (Tableau 13).

La valeur de PDIE avec *Thymus algeriensis* avec **68,87**g/kg de MS pour *Thymus algeriensis* de plaine est proche de celle rapportée par Houmani et al. (2004) avec *Artemisia herba alba*, soit **66,9** g/kg de MS.

Résultats et discussion

Tableau 13 : Valeurs azotées de *Thymus algeriensis*

Localisation	Stades	Valeurs azotées en g / kg de (MS)		
		PDIA	PDIN	PDIE
Plaine	Avant floraison	15,67 ±0,11 c	28,95 ±0,22 c	56,54 ±0,79 C
	Début floraison	18,13 ± 0,106 a	33,96 ±0,22 a	70,7 ±1,52 Ad
	Pleine floraison	16,92 ±0,10 b	31,46 ±0,22 b	68,87 ±0,90 B
Montagne	Avant Floraison	15,67 ±0,32 b	28,95 ±0,65 c	64,05 ±2,34 B
	Floraison	17,98 ±0,20 a	33,65 ±0,42 a	73,28 ±0,63 D

PDIA= protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire ; PDIN= protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible ; PDIE= Protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible. Sur une même colonne, les valeurs marquées au moins d'une même lettre, sont comparables au seuil de 5%.

I.2) Rendements en huiles essentielles de *Thymus algeriensis*

Le rendement en huiles essentielles passe de 0,23% au stade avant floraison à 2,11% au stade plaine floraison avec le thym de plaine (Tableau19).

Avec le thym de montagne, l'extraction de l'huile essentielle n'a porté que sur le stade avant floraison dont le rendement est de 0,47%.

Bien qu'il soit très difficile de se prononcer l'on peut dire qu'au même stade phénologique, le thym de montagne produit davantage d'huile que le thym de plaine.

Tableau 14 : Rendements en huiles essentielles de *Thymus algeriensis*

Localisation	Stades et dates de récoltes	Rendement en huiles essentielles (%)
Plaine	Avant floraison 12/03/2014	0,23
	Début floraison 10/04/2014	0,90
	Pleine floraison 20/05/2014	2,11
Montagne	Avant floraison 13/04/2014	0,47
	Floraison 19/05/2014	/

Résultats et discussion

On note que le rendement en huiles essentielles varie en fonction du stade végétatif de la plante. Le meilleur rendement est obtenu lorsque la plante est cueillie pendant la pleine floraison qui correspond au début du mois de Mai avec 2,11% par kg de MS.

Il y'a une évolution de rendement en huile essentielle de stade avant floraison avec un rendement de 0,23% par kg de MS à un rendement de 0,90% par kg de MS au stade début floraison et le meilleur et pour le stade plein floraison avec un rendement de 2,11% par kg de MS c'est pour le *Thymus algeriensis* de plaine. Et pour le *Thymus algeriensis* de montagne le rendement est de 0,47% par kg de MS stade avant floraison, en remarque que pour le stade avant floraison les rendements sont meilleure pour le *Thymus algeriensis* de montagne (Tableau 14).

La différence de rendement en huile essentielles de nos résultats peut être expliqué par le rapporte feuilles/tiges et la formation des fleurs ou en remarque une corrélation positive entre l'évolution de rendement et la formation des fleurs.

Ces résultats ne concordent pas avec ceux de obtenus par (Jordan et al., 2003) qui n'on pas trouvé de différence significative concernant le rendement en huile essentielle de *Thymus vulgaris* L.

La différence entre nos résultats et ceux de JORDAN et al. (2003). Sont les conditions climatiques de notre pays différentes de celle de l'Europe (Saison d'été très chaude ce qui stimule la forte production d'huiles essentielles par les plantes en vue de se protéger, et celle d'hiver froide donc la production diminue), en considère que la récolte de mois de mars représente la fin le l'hiver

Le rendement en huiles essentielle est le plus élevé au stade pleine floraison en plaine.

Conclusion :

Thymus algeriensis est une plante de petite taille. Il pousse en touffes naturellement en montagne et en plaine dans les localités de BENI ALI et SIDI EL-KEBIR dans la wilaya de Blida.

La partie aérienne de *Thymus algeriensis* est caractérisée par de faibles teneurs en matières azotées totales (4,06 à 4,76 % de MS) et des teneurs plutôt intéressantes en matières minérales (4,91 à 10,10 % de MS).

Thymus algeriensis est intéressant au stade début floraison en plaine. Il présente les meilleures caractéristiques chimiques en matières azotées, minérales et cellulosiques avec respectivement 4,76%, 10,10% et 28,59 % de MS.

A l'exception du stade avant floraison en plaine, la digestibilité de la matière organique de *Thymus algeriensis* varie, en fonction du stade et de la localité, entre 56,99 et 65,03%.

La digestibilité réelle des acides aminés dans l'intestin grêle (dr) de *Thymus algeriensis* avec des valeurs de 89,15 à 90,00 % est élevée; elle est inférieure de 5 à 6 points comparées à celle du manioc avec une dr de 85% (Inra, 2007).

La dégradabilité théorique des matières azotées dans le rumen (DT) de *Thymus algeriensis* avec des valeurs de 61,00 à 61,88% est de même ordre de grandeur que celles des pailles, des cannes et des pulpes de betteraves ensilées avec une DT de 60% (Inra, 2007).

Thymus algeriensis est caractérisé par de bonnes valeurs énergétiques aux stades début floraison et floraison avec 0,78 UFL et 0,72 UFV/kg de MS et 0,83 UFL et 0,75 UFV/kg de MS respectivement.

Thymus algeriensis est pauvre en PDIN ; il ne dépasse guère 33,95 g/kg de MS ce qui confirme sa faible teneur en matières azotées totales. Il est variablement loti en PDIE avec des valeurs de 56,54 à 73,28 g/kg de MS en fonction du stade et de la localité.

Thymus algeriensis ne peut pas être considéré comme une plante d'intérêt fourrager mais comme une plante d'intérêt thérapeutique grâce à sa teneur en huiles essentielles. Il peut donc être un très bon additif alimentaire en entrant dans des

Conclusion

rations pour ruminants ou pour d'autres herbivores à des quantités ou à des doses bien étudiées. Il va falloir pour cela lister les types de rations et surtout produire *Thymus algeriensis* à grande échelle.

Matériel d'étude :

- Sécateur.
- Sac en papier.
- Etuve.
- Capsule.
- Broyeur.
- Balance de précision.
- Four à moufle.
- Minéralisateur buchi.
- Matras.
- Supporte de matras.
- Supporte d'attaque de matras.
- Ballon de de kjeldahl.
- Dessiccateur.
- Pince.
- Distillateur buchi.
- Marqueur.
- Etiquette.
- Papier aluminium.
- Para film.
- HydrodistillateurClevenger.
- Réfrigérateur.
- Burette graduée.
- Epruvette graduée.
- Erlenmeyer.
- Centrifugeuse.
- Agitateur magnétique.

Réactifs :

- Acide sulfurique **H₂SO₄**.
- Sulfate de potassium **K₂SO₄**.
- Eau distillée **H₂O**.
- Sulfate de cuivre **CuSO₄**.
- Acide borique **H₃BO₃**
- Sélénium **Se**.
- Hydroxyde de sodium **NaOH**

Tableau : Composition chimique de *Thymus algeriensis* de plaine et de montagne.

Plantes de plaine

Stades	MS (%)	Constituants chimiques en % de MS				Energie en kcal/kg MS		
		MM	MO	MAT	CB	EB	ED	EM
Avant floraison	32,24	7,31	92,68	4,11	44,69	4351,24	2118,25	1743,11
	31,51	9,77	90,22	4,02	44,80	4231,29	2054,00	1687,11
	33,31	7,43	92,57	4,08	43,87	4340,69	2145,48	1767,35
Moyennes	32,35 ±0,90	8,17 ±1,06	91,82 ±1,09	4,06 ±0,03	44,49 ±0,38	4307,85 ±50,33	2105,92 ±34,60	1732,53 ±30,27
Début floraison	33,20	9,79	90,20	4,81	26,16	4244,37	2815,06	2364,94
	37,78	9,79	90,20	4,72	30,54	4242,81	2638,47	2204,43
	35,05	10,73	89,27	4,73	29,07	4200,61	2670,73	2204,43
Moyennes	35,34 ±1,62	10,10 ±0,41	89,89 ±0,41	4,76 ±0,03	28,59 ±1,62	4229,27 ±19,07	2708,09 ±71,31	2267,89 ±64,70
Pleine floraison	34,75	4,69	95,30	4,37	34,11	4472,00	2624,82	2191,32
	35,45	4,96	95,04	4,46	31,57	4461,57	2726,48	2282,57
	33,83	5,08	94,91	4,43	33,38	4454,71	2645,87	2210,21
Moyennes	34,67 ±0,58	4,91 ±0,14	95,08 ±0,14	4,41 ±0,03	33,02 ±0,96	4462,76 ±6,66	2665,73 ±40,50	2228,04 ±36,35

Plantes de montagne

Stades	MS (%)	Constituants chimiques en % de MS				Energie en kcal/kg MS		
		MM	MO	MAT	CB	EB	ED	EM
Avant floraison	42,10	5,98	94,01	3,93	40,24	4244,37	2324,35	1926,19
	44,17	5,58	94,41	4,20	34,60	4242,81	2575,43	2148,6
	42,37	4,83	95,16	4,32	35,35	4200,61	2537,63	2115,68
Moyennes	42,88 ±0,88	5,46 ±0,42	94,53 ±0,15	4,06 ±0,09	36,73 ±2,34	4417,94 ±7,017	2479,13 ±103,19	2063,49 ±91,53
Floraison	41,12	6,18	93,82	4,81	27,39	4411,37	2875,04	2415,95
	40,01	4,79	95,20	4,63	29,81	4471,90	2809,74	2356,63
	39,91	5,68	94,31	4,76	29,35	4432,41	2836,84	2381,35
Moyennes	40,35 ±0,51	5,55 ±0,50	94,31 ±0,50	4,72 ±0,06	28,6 ±0,8	4438,57 ±23,27	2840,54 ±23,00	2384,65 ±20,87

Tableau : Digestibilité et dégradabilité de *Thymus algeriensis* de plaine et de montagne en (%).

Plante de plaine.

Annexes

Stade	dMO	dE	dr	DT
Avant floraison	49,45	48,68	89,22	61,06
	49,30	48,53	89,09	60,95
	50,20	49,42	89,15	61,00
Moyennes	49,65 ± 0,36	48,88 ± 0,36	89,15 ± 0,042	61,00 ± 0,03
Début floraison	67,36	66,32	90,05	61,94
	63,16	62,18	89,95	61,82
	64,57	63,57	89,99	61,87
Moyennes	65,03 ± 1,55	64,03 ± 1,52	90,00 ± 0,033	61,88 ± 0,03
Pleine floraison	59,61	58,69	89,55	61,39
	62,07	61,11	89,66	61,50
	60,32	59,39	89,60	61,44
Moyennes	60,67 ± 0,93	59,73 ± 0,91	89,60 ± 0,037	61,44 ± 0,03

Plante de montagne.

Stade	dMO	dE	dr	DT
Avant floraison	53,60	52,76	88,97	60,83
	59,07	58,16	89,33	61,18
	58,30	57,39	89,15	61,00
Moyennes	56,99 ± 2,26	56,11 ± 2,22	89,15 ± 0,12	61,00 ± 0,11
Floraison	66,19	65,17	90,05	61,94
	63,81	62,83	89,85	61,71
	65,00	64,00	89,95	61,82
Moyennes	65,00 ± 0,79	64,00 ± 0,78	89,95 ± 0,06	61,82 ± 0,07

Tableau : valeurs énergétiques (UFL) et (UF V) et valeurs azotées par (g / kg de MS) PDIA, PDIN, PDIE. de *Thymus algeriensis*.

Plante de plaine.

	Valeur de (UFL) et (UFV)		Valeur de matières azotées en g/kg de (MS)		
	UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE
Avant floraison	0,57	0,46	15,84	29,28	56,94
	0,55	0,45	15,52	28,64	55,35
	0,58	0,47	15,66	28,93	57,33
Moyennes	0,57 ± 0,01	0,46 ± 0,009	15,67 ± 0,11	28,95 ± 0,22	56,54 ± 0,79
Début	0,83	0,76	18,29	34,30	72,98

Annexes

floraison	0,76 0,77	0,68 0,70	17,98 18,12	33,65 33,94	69,18 69,94
Moyennes	0,78 ± 0,02	0,72 ± 0,031	18,13 ± 0,106	33,96 ± 0,22	70,70 ± 1,52
Pleine floraison	0,74 0,78 0,75	0,66 0,70 0,67	16,77 17,08 16,91	31,15 31,79 31,44	67,93 70,23 68,46
Moyennes	0,76 ± 0,015	0,68 ± 0,017	16,92 ± 0,10	31,46 ± 0,22	68,87 ± 0,90

Plante de montagne

Stade	Valeur de (UFL) et (UFV)		Valeur de matières azotées en g/kg de (MS)		
	UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE
Avant floraison	0,64	0,54	15,19	27,99	60,53
	0,73	0,64	16,16	29,93	66,41
	0,71	0,63	15,66	28,93	65,22
Moyennes	0,69 ± 0,03	0,60 ± 0,041	15,67 ± 0,32	28,95 ± 0,65	64,05 ± 2,34
Floraison	0,84	0,77	18,29	34,30	74,23
	0,81	0,74	17,67	33,01	72,41
	0,82	0,75	17,98	33,65	73,21
Moyennes	0,83 ± 0,009	0,75 ± 0,012	17,98 ± 0,20	33,65 ± 0,42	73,28 ± 0,63

Analyses statistiques

Tous les résultats ont été soumis à une analyse des données à l'aide du logiciel Statgraphic Centurion XVI, Version 16.2.04 532 - bits (écart- type et comparaison des moyennes).

1/ Analyses statistique de la matière sèche (MS)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
PL.01	3	32,3533	X
PL.03	3	34,6767	XX
PL.02	3	35,3433	X
PL.05	3	40,3467	X
PL.04	3	42,88	X

Contraste	Sig.	Différence	+/- limites
PL.01 - PL.02	*	-2,99	2,37284
PL.01 - PL.03		-2,32333	2,37284
PL.01 - PL.04	*	-10,5267	2,37284
PL.01 - PL.05	*	-7,99333	2,37284
PL.02 - PL.03		0,666667	2,37284

PL.02 - PL.04	*	-7,53667	2,37284
PL.02 - PL.05	*	-5,00333	2,37284
PL.03 - PL.04	*	-8,20333	2,37284
PL.03 - PL.05	*	-5,67	2,37284
PL.04 - PL.05	*	2,53333	2,37284

* indique une différence statistiquement significative.

PL.01 Thymus algeriensis de plaine stade : Avant floraison.

PL.02 Thymus algeriensis de plaine stade : Début floraison.

PL.03 Thymus algeriensis de plaine stade : Plein floraison.

PL.04 Thymus algeriensis de montagne stade : Avant floraison.

PL.05 Thymus algeriensis de montagne stade : Floraison.

2/Analyses statistique de la matière organique (MO)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
PL.02	3	89,89	X
PL.01	3	91,8233	X
PL.05	3	94,4433	X
PL.04	3	94,5267	X
PL.03	3	95,0833	X

Contraste	Sig.	Différence	+/- limites
PL.01 - PL.02	*	1,93333	1,42996
PL.01 - PL.03	*	-3,26	1,42996
PL.01 - PL.04	*	-2,70333	1,42996
PL.01 - PL.05	*	-2,62	1,42996
PL.02 - PL.03	*	-5,19333	1,42996
PL.02 - PL.04	*	-4,63667	1,42996
PL.02 - PL.05	*	-4,55333	1,42996
PL.03 - PL.04		0,556667	1,42996
PL.03 - PL.05		0,64	1,42996
PL.04 - PL.05		0,0833333	1,42996

* indique une différence statistiquement significative.

3/Analyses statistique de la matière minérale (MM).

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
PL.03	3	4,91	X
PL.04	3	5,46333	X
PL.05	3	5,55	X
PL.01	3	8,17	X
PL.02	3	10,1033	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Différence</i>	<i>+/- limites</i>
PL.01 - PL.02	*	-1,93333	1,43124
PL.01 - PL.03	*	3,26	1,43124
PL.01 - PL.04	*	2,70667	1,43124
PL.01 - PL.05	*	2,62	1,43124
PL.02 - PL.03	*	5,19333	1,43124
PL.02 - PL.04	*	4,64	1,43124
PL.02 - PL.05	*	4,55333	1,43124
PL.03 - PL.04		-0,553333	1,43124
PL.03 - PL.05		-0,64	1,43124
PL.04 - PL.05		-0,0866667	1,43124

* indique une différence statistiquement significative.

4/Analyses statistique de la matière azotée totale (MAT).

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	<i>Effectif</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Groupe homogène</i>
PL.01	3	4,07	X
PL.04	3	4,15	X
PL.03	3	4,42	X
PL.05	3	4,73333	X
PL.02	3	4,75333	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Différence</i>	<i>+/- limites</i>
PL.01 - PL.02	*	-0,683333	0,191096
PL.01 - PL.03	*	-0,35	0,191096
PL.01 - PL.04		-0,08	0,191096
PL.01 - PL.05	*	-0,663333	0,191096
PL.02 - PL.03	*	0,333333	0,191096
PL.02 - PL.04	*	0,603333	0,191096
PL.02 - PL.05		0,02	0,191096
PL.03 - PL.04	*	0,27	0,191096
PL.03 - PL.05	*	-0,313333	0,191096
PL.04 - PL.05	*	-0,583333	0,191096

* indique une différence statistiquement significative.

5/Analyses statistique de cellulose brute (CB).

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	<i>Effectif</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Groupe homogène</i>
PL.02	3	28,59	X
PL.05	3	28,85	X
PL.03	3	33,02	X
PL.04	3	36,73	X
PL.01	3	44,4533	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Différence</i>	<i>+/- limites</i>
PL.01 - PL.02	*	15,8633	3,4489
PL.01 - PL.03	*	11,4333	3,4489
PL.01 - PL.04	*	7,72333	3,4489
PL.01 - PL.05	*	15,6033	3,4489
PL.02 - PL.03	*	-4,43	3,4489
PL.02 - PL.04	*	-8,14	3,4489
PL.02 - PL.05		-0,26	3,4489
PL.03 - PL.04	*	-3,71	3,4489
PL.03 - PL.05	*	4,17	3,4489
PL.04 - PL.05	*	7,88	3,4489

* indique une différence statistiquement significative.

6/Analyses statistique de l'énergie brute (EB)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	<i>Effectif</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Groupe homogène</i>
PL.02	3	4229,26	X
PL.01	3	4307,74	X
PL.04	3	4314,51	X
PL.05	3	4438,56	X
PL.03	3	4462,76	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Différence</i>	<i>+/- limites</i>
PL.01 - PL.02		78,4767	86,2054
PL.01 - PL.03	*	-155,02	86,2054
PL.01 - PL.04		-6,76667	86,2054
PL.01 - PL.05	*	-130,82	86,2054
PL.02 - PL.03	*	-233,497	86,2054
PL.02 - PL.04		-85,2433	86,2054
PL.02 - PL.05	*	-209,297	86,2054
PL.03 - PL.04	*	148,253	86,2054
PL.03 - PL.05		24,2	86,2054
PL.04 - PL.05	*	-124,053	86,2054

* indique une différence statistiquement significative.

7/Analyses statistique de l'énergie digestible (ED)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	<i>Effectif</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Groupe homogène</i>
PL.01	3	2105,91	X
PL.04	3	2479,14	X
PL.03	3	2665,72	X
PL.02	3	2708,09	XX
PL.05	3	2840,54	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Différence</i>	<i>+/- limites</i>
PL.01 - PL.02	*	-602,177	148,538

PL.01 - PL.03	*	-559,813	148,538
PL.01 - PL.04	*	-373,227	148,538
PL.01 - PL.05	*	-734,63	148,538
PL.02 - PL.03		42,3633	148,538
PL.02 - PL.04	*	228,95	148,538
PL.02 - PL.05		-132,453	148,538
PL.03 - PL.04	*	186,587	148,538
PL.03 - PL.05	*	-174,817	148,538
PL.04 - PL.05	*	-361,403	148,538

* indique une différence statistiquement significative

8/Analyses statistique de l'énergie métabolisable (EM)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
PL.01	3	1732,52	X
PL.04	3	2063,49	X
PL.03	3	2228,03	X
PL.02	3	2257,93	XX
PL.05	3	2384,64	X

Contraste	Sig.	Différence	+/- limites
PL.01 - PL.02	*	-525,41	135,895
PL.01 - PL.03	*	-495,51	135,895
PL.01 - PL.04	*	-330,967	135,895
PL.01 - PL.05	*	-652,12	135,895
PL.02 - PL.03		29,9	135,895
PL.02 - PL.04	*	194,443	135,895
PL.02 - PL.05		-126,71	135,895
PL.03 - PL.04	*	164,543	135,895
PL.03 - PL.05	*	-156,61	135,895
PL.04 - PL.05	*	-321,153	135,895

* indique une différence statistiquement significative.

9/Analyses statistique de la digestibilité de la matière organique (dMO)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
PL.01	3	49,65	X
PL.04	3	56,99	X
PL.03	3	60,6667	X
PL.05	3	65,0	X
PL.02	3	65,03	X

Contraste	Sig.	Différence	+/- limites
PL.01 - PL.02	*	-15,38	3,31364
PL.01 - PL.03	*	-11,0167	3,31364

PL.01 - PL.04	*	-7,34	3,31364
PL.01 - PL.05	*	-15,35	3,31364
PL.02 - PL.03	*	4,36333	3,31364
PL.02 - PL.04	*	8,04	3,31364
PL.02 - PL.05		0,03	3,31364
PL.03 - PL.04	*	3,67667	3,31364
PL.03 - PL.05	*	-4,33333	3,31364
PL.04 - PL.05	*	-8,01	3,31364

* indique une différence statistiquement significative.

10/Analyses statistique de la digestibilité de l'énergie (dE)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	<i>Effectif</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Groupe homogène</i>
PL.01	3	48,8767	X
PL.04	3	56,1033	X
PL.03	3	59,73	X
PL.05	3	64,0	X
PL.02	3	64,0233	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Différence</i>	<i>+/- limites</i>
PL.01 - PL.02	*	-15,1467	3,26633
PL.01 - PL.03	*	-10,8533	3,26633
PL.01 - PL.04	*	-7,22667	3,26633
PL.01 - PL.05	*	-15,1233	3,26633
PL.02 - PL.03	*	4,29333	3,26633
PL.02 - PL.04	*	7,92	3,26633
PL.02 - PL.05		0,0233333	3,26633
PL.03 - PL.04	*	3,62667	3,26633
PL.03 - PL.05	*	-4,27	3,26633
PL.04 - PL.05	*	-7,89667	3,26633

* indique une différence statistiquement significative.

11/Analyses statistique de la digestibilité réelle des acides aminés dans l'intestin grêle (dr)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	<i>Effectif</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Groupe homogène</i>
PL.04	3	89,15	X
PL.01	3	89,1533	X
PL.03	3	89,6033	X
PL.05	3	89,95	X
PL.02	3	89,9967	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Différence</i>	<i>+/- limites</i>
PL.01 - PL.02	*	-0,843333	0,185887
PL.01 - PL.03	*	-0,45	0,185887
PL.01 - PL.04		0,00333333	0,185887
PL.01 - PL.05	*	-0,796667	0,185887
PL.02 - PL.03	*	0,393333	0,185887

PL.02 - PL.04	*	0,846667	0,185887
PL.02 - PL.05		0,0466667	0,185887
PL.03 - PL.04	*	0,453333	0,185887
PL.03 - PL.05	*	-0,346667	0,185887
PL.04 - PL.05	*	-0,8	0,185887

* indique une différence statistiquement significative.

12/Analyses statistique de la dégradabilité théorique des matières azotées dans le rumen (DT)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
PL.01	3	61,0033	X
PL.04	3	61,0033	X
PL.03	3	61,4433	X
PL.05	3	61,8233	X
PL.02	3	61,8767	X

Contraste	Sig.	Différence	+/- limites
PL.01 - PL.02	*	-0,873333	0,188304
PL.01 - PL.03	*	-0,44	0,188304
PL.01 - PL.04		0	0,188304
PL.01 - PL.05	*	-0,82	0,188304
PL.02 - PL.03	*	0,433333	0,188304
PL.02 - PL.04	*	0,873333	0,188304
PL.02 - PL.05		0,0533333	0,188304
PL.03 - PL.04	*	0,44	0,188304
PL.03 - PL.05	*	-0,38	0,188304
PL.04 - PL.05	*	-0,82	0,188304

* indique une différence statistiquement significative.

13/ Analyses statistique des valeurs de UFL.

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
PL.01	3	0,566667	X
PL.04	3	0,693333	X
PL.03	3	0,756667	X
PL.02	3	0,786667	XX
PL.05	3	0,823333	X

Contraste	Sig.	Différence	+/- limites
PL.01 - PL.02	*	-0,22	0,054981
PL.01 - PL.03	*	-0,19	0,054981
PL.01 - PL.04	*	-0,126667	0,054981
PL.01 - PL.05	*	-0,256667	0,054981
PL.02 - PL.03		0,03	0,054981
PL.02 - PL.04	*	0,0933333	0,054981
PL.02 - PL.05		-0,0366667	0,054981
PL.03 - PL.04	*	0,0633333	0,054981

PL.03 - PL.05	*	-0,0666667	0,054981
PL.04 - PL.05	*	-0,13	0,054981

* indique une différence statistiquement significative.

14/ Analyses statistique des valeurs de UFV.

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	<i>Effectif</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Groupe homogène</i>
PL.01	3	0,46	X
PL.04	3	0,603333	X
PL.03	3	0,676667	X
PL.02	3	0,713333	XX
PL.05	3	0,753333	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Différence</i>	<i>+/- limites</i>
PL.01 - PL.02	*	-0,253333	0,060521
PL.01 - PL.03	*	-0,216667	0,060521
PL.01 - PL.04	*	-0,143333	0,060521
PL.01 - PL.05	*	-0,293333	0,060521
PL.02 - PL.03		0,0366667	0,060521
PL.02 - PL.04	*	0,11	0,060521
PL.02 - PL.05		-0,04	0,060521
PL.03 - PL.04	*	0,0733333	0,060521
PL.03 - PL.05	*	-0,0766667	0,060521
PL.04 - PL.05	*	-0,15	0,060521

* indique une différence statistiquement significative.

15/Analyses statistique de Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	<i>Effectif</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Groupe homogène</i>
PL.04	3	15,67	X
PL.01	3	15,6733	X
PL.03	3	16,92	X
PL.05	3	17,98	X
PL.02	3	18,13	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Différence</i>	<i>+/- limites</i>
PL.01 - PL.02	*	-2,45667	0,517987
PL.01 - PL.03	*	-1,24667	0,517987
PL.01 - PL.04		0,00333333	0,517987
PL.01 - PL.05	*	-2,30667	0,517987
PL.02 - PL.03	*	1,21	0,517987
PL.02 - PL.04	*	2,46	0,517987

PL.02 - PL.05		0,15	0,517987
PL.03 - PL.04	*	1,25	0,517987
PL.03 - PL.05	*	-1,06	0,517987
PL.04 - PL.05	*	-2,31	0,517987

* indique une différence statistiquement significative.

16/Analyses statistique de Protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible (PDIN)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
PL.01	3	28,95	X
PL.04	3	28,95	X
PL.03	3	31,46	X
PL.05	3	33,6533	X
PL.02	3	33,9633	X

Contraste	Sig.	Différence	+/- limites
PL.01 - PL.02	*	-5,01333	1,05099
PL.01 - PL.03	*	-2,51	1,05099
PL.01 - PL.04		0	1,05099
PL.01 - PL.05	*	-4,70333	1,05099
PL.02 - PL.03	*	2,50333	1,05099
PL.02 - PL.04	*	5,01333	1,05099
PL.02 - PL.05		0,31	1,05099
PL.03 - PL.04	*	2,51	1,05099
PL.03 - PL.05	*	-2,19333	1,05099
PL.04 - PL.05	*	-4,70333	1,05099

* indique une différence statistiquement significative.

17/Analyses statistique de Protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (PDIE)

Tests des étendues multiples

Méthode: 95,0 % LSD

	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
PL.01	3	56,54	X
PL.04	3	64,0533	X
PL.03	3	68,8733	X
PL.02	3	70,7	XX
PL.05	3	73,2833	X

Contraste	Sig.	Différence	+/- limites
PL.01 - PL.02	*	-14,16	3,36349
PL.01 - PL.03	*	-12,3333	3,36349
PL.01 - PL.04	*	-7,51333	3,36349
PL.01 - PL.05	*	-16,7433	3,36349
PL.02 - PL.03		1,82667	3,36349
PL.02 - PL.04	*	6,64667	3,36349
PL.02 - PL.05		-2,58333	3,36349

PL.03 - PL.04	*	4,82	3,36349
PL.03 - PL.05	*	-4,41	3,36349
PL.04 - PL.05	*	-9,23	3,36349

* indique une différence statistiquement significative.

Table des matières

- **Références bibliographiques**

- **Abdelgawad, M.M**, Omer, E.A., “Effect of essential oils of some medician plants on phytonematodes”, Anzeiger Schädlingkunde. Pflanzenschutz umweltschutz (Indicator vermi’s customes. Environmrntal plants protectiob), V. 68, n° 4, (1995), 4- 82.
- **Arnal-schnebelen, B.**, Goetz, P., Paris, M., “Santé reference : phytothérapie. La santé par la plante.” Selection du reader’sDigest.Vidal, Canada, (2007), 448 p, 215, 428.
- **Aufrere, J.**, (1982). Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. Ann. Zootech., 31, p 111-130.
- **Barnes. J.**,Anderson.L-A., Philipson .J-D., “ Herbal Medicines.”, Pharmaceutical Press (Ph .P) Third édition, London. Chicago USA, (2007), 721 p, 16-576.
- **Baumont R.**,Champciaux P., Agabriel J., Andrieu J., Michalet-Doreau B. et Demarquilly C., (1999). Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants : PrévAlim pour INRAtion. INRA Prod. Anim.,12 (3), 183-194.
- **Belbis G. H.**, (2007). Flore du rumen : Origine, composition, Evolution, Conséquences physiopathologiques.Thèse de doctorat. Ecole National VeterinaireD’alfort.
- **Ben-Mahdi M-H**, B Djellout, T Bouzagh-Belazouz, F Yahiaoui et N-R Ben Mahdi “Intérêt de l’huile essentielle de thym dans l’amélioration des performances zootechniques et sanitaires du poulet de chair.”Received 15 March 2010; Accepted 25 April 2010; Published 10 June(2010).
- **Blain C.**, (2002). Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Tec et Doc.
- **Boiss. et Reut** .[Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of Thymus algeriensis Boiss. et Reut International Journal of AromatherapyVolume 16. Issue 2, \(2006\), Pages 95–100.](#)

Table des matières

- **Bouhdid. S.**, Idaomar. M., Zhiri.A., Baudoux.D., N. S. eet abrini. J., “ Thymus essential oils : Chemical composition and in vitro antioxidant and antibacterial activities”, International congres of biochemistry, Biochemistry natural Substances and environnement, May (**2006**), 324-327.
- **Boullard. B.**, “Dictionnaire des plantes médicinal du monde : Réalités & Croyances.”, ESTEM, paris, (**2001**), 660p, 577, 581, 583.
- **Bourgeois Bach S.**, (**2005**). Culture et utilisation de la luzerne. ProConseil, Moudon, Association pour le développement de la culture fourragère, domaine de Changins.
- **Bruneton. J.**, Hatton C.K “Pharmacognosyphytochemistry médicinal plants.”, Lavoisier technique et documentation, Troisième édition, Paris et New York, (**1995**), 405-446.
- **Burnie G.**,Forrster. S., “ Botanica : Encyclopédie de botanique et d’horticulture : plus de 10000 plantes du monde entier.”, Place des victoires, Paris, (**2005**), 1020 p, 885-887.
- **Chenost M.**, (**1966**). L’indice de fibrosité des foins : mesures et relation avec la valeur alimentaire. Ann. Zootech, 253-257.
- **Chenost M.**, Grenet E., (**1971**). L’indice de fibrosité des fourrages, sa signification et son utilisation pour la prévision de la valeur alimentaire des fourrages. Ann. Zootech, 247-435.
- **Clement, J. M.**, (**1981**). Dictionnaire des industries alimentaires. Ed. Masson; 1146p.
- **Crozier A.**, Clifford M. N., Ashihara. H., “Plant SecondrayMetabolites : Occurrence, Structure and role in the Human Diet.” Blackwell Publishing Ltd, USA (**2006**), 372p, 1-163.
- **D.Macheboeuf** (1), Y. PAPON (1), M. ARTURO-SCHAAN (2), J.-L. MOUSSET (3), R. CHEREL (2) “Utilisation d’extraits végétaux (huiles essentielles et extrait de polyphénols pour diminuer la dégradation ruminale des protéines – Étude in vitro”. Rech. Ruminants, (**2006**), 13.
- **Daayt.F.**,Lattanzio.V., “Recent Advances in Polyphenol Resesrch.” Blackwell Publishing Ltd, United Kingdom and USA, V.1,(**2008**), 393 p, 1,2.

Table des matières

- **Daccord R.**, Digestion chez les ruminants et digestibilité des fourrages. INW-ETHZ, 13. Mai (2005).
- **Daccord R.**, (2006). Estimation de la valeur nutritive des fourrages. Alimentation (5.16).
- **Daccord R.**, Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.X., Lehmann J., (2003). Valeur nutritive des plantes des prairies. 7. Teneurs en acides aminés. Revue suisse Agric. 35, 259-264.
- **Dapkevicius. A.**, Van Beek. T., Lelyveld. G.P., Van Veldhizen. A., De Groot. A., L inssen. J.P.H., Venskutonis. R., "Isolation and structure elucidation of radial scavengers from Thymus vulgaris leaves" Journal of Natural Products, V.65, n°6, June (2002), 892-896.
- **Delille.L.**, "Les plantes médicinales d'Alger." BERTI, Alger, (2007), 240 p 14-216.
- **Demarquilly C.**, (1987). Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation. INRA Paris, 689 p.
- **Demarquilly C.**, Andrieu J., (1988). Les fourrages. In : R. Jarrige (ed), Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins, 315-336. INRA, Paris.
- **Demarquilly C., Jarrige R.**, (1981). Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages. In : C. Demarquilly (ed), Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, 41-59. INRA, Paris.
- **Demarquilly, C.**, WEISS, P., (1970). Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages. INRA SEI étude n°42. INRA Versailles.
- **Duke.J.A.**, Bogenschutz-Godwin. M. J., Duke. P.A. "Handbook of Medicinal Herbs.", CRC Press LLC, London New York Washington, Deuxième édition, (2002), 870 p, 730,731.
- **Duthil J.**, (1967). La production fourragère. Ed J-B, Baillière et fils. Paris, p 373. Ecole nationale vétérinaire de Lyon. 53-82.

Table des matières

- **Ernst.E.**,Pitter. M-H., Stevinson.C., White.A., Eisenberg. D., Marbouty. J-M., “Medecines alternatives : le guide critique.”, Elsevier masson, Royaume-Uni, (2005), 504 p, : 181.
- **FENARDJI**, M. KLUR , Mme C. FOURLON et R. FERRANDO Contribution à l'étude de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba L.*) Rcv. Elev. Méd. vét. Pays trop.,(1974), 2, (2) : 203-206
- **Fonty G.** (1999) Ecologie de la dégradation et de la fermentation des polyosides constitutifs des parois végétales dans le rumen cahiers d'agriculture 8 (1) : 21-35.
- **Fonty G.** et Chaucheyras-Durand F., (2007). Les écosystèmes digestifs. Ed. Technique et Documentation, Paris,. 79-94 ; 158-187 ; 204-217 ; 252-265.
- **Gautier A.**, Renault P., Pellerin F., (1991). Fiche technique d'analyse bromatologique.Société d'édition d'enseignement supérieur 5eme édition. Paris.
- **Getachew G.**, Edward J. D., Robinson P. H., (2004).In vitro gas production provides effective method for assessing ruminant feeds. California agriculture, vol 58, N°1 54-58.
- **Ghestem. A.**,Seguin.E., Paris. A., Orechioni. A-M., “Le préparateur en pharmacie : Botanique-Pharmacognosie-Phytothérapie-Homéopathie. Dossier 2.”, TECH &DOC, Paris, (2001), 373p, 100-194.
- **Giger –Reverdin S.**, Sauvart D. et Chapoulot P., (2000). Comparaison de 2 méthodes d'étude de la dégradation à cours et à moyen terme des aliments (in sacco et production de gaz in vitro. Renc. Rech. Ruminants, 2000,7, p206.
- **Giger-Reverdin S.**,Duvaux- Ponter., Sauvart D., Martin O., Nunes I. et Muller R. (2002).Intrinsic buffering capacity of feedstuffs. Animal Feed Science and Technology, 96 :83-102.
- **Gilani. A.H.**, Mehmooda. M.H., Janbaz. K.H., Khan. A-U., Saeed. S. A., “Ethnopharmacological studies on antispasmodic and antiplatelet activities of *Ficus carica*.”, Journal of Ethnopharmacology, V. 119, n° 1 September (2008), 1-5.

Table des matières

- **Gofflot S.**, Agneessens R., Decruyenaere V. et Lecomte P., (2002). Mise au point et performance d'un rumen artificiel en vue d'étudier les cinétiques de dégradabilité des matières organiques. Renc.Rech. Ruminants, 2002,9, p337.
- **Gruenwald.J.** Brendler. T., Jaenicke. C., "PDR of herbal medicines.", Medical Economics company, Inc, Montreal, (2000), 858 p, 761.
- **Hess.S.** M . "Salon Ovations Guide to Aromatherapy". Milady Published Company, New York, USA, (1996), 207p, 7, 8.
- **Hornick** et al.,(2003). Nutrition spéciale des ruminants. Service de nutrition animale, Université de Liège.
- **Houmani** Mohame, Zahia Houmani et Melpomeni Skoulae "Interet de *Artemisia herba alba* Asso dans l' alimentation du betail des steppes algeriennes." *Acta Bot. Gallica*, (2004), 151 (2), 165-172.
- **INRA** (2007), Alimentation des bovins, ovins et caprins: besoins des animaux, valeurs des aliments. Edition Quae Versailles.
- **Iserin. P.**, Masson. M., Restellini. J-P., Ybert. E., de la roque. R., Vican. P., Ybert. E., "La rousse Encyclopédie des plantes medicinals. Identification, préparations, soins.", La rousse/VUEF, Paris, (2001), 335p, pp : 8-143.
- **Ismalia. H.**, Milellab. L., Fkih-Tetouanic. S., Ildrissic. A., Camporesed. A., Sosae. S., Alteniere. G., Della Loggiae. R., Aquino. R., "In vivo topical antiinflammatory and in vitro antioxidant activities of tow extractsof *Thymus satureioides* leaves" *Journal of Ethonopharmacology*, V.91, Issue 1, (2004), 31-36.
- **Istasse L.**, Van Eenaeme C., Lambt O., Gilelen M. et Bienfait J M., (1981). Etude de quelques facteurs de variation de la digestibilité in vitro : application à un foin traité ou non à la soude. Université de liège Ann Zootech, 30(2), 183-196.
- **Ivan A. R.**, "Medicinal Plants of the World : Chemical Constituents, Traditional and Modern Medicinal Uses.", Belhaven press, London (1990), 257 p, 234-235.
- **J. Andrieu**, R. Baumont Digestibilité et ingestibilité du maïs fourrage :facteurs de variation et prévision Fourrages (2000) 163, 239-252.

Table des matières

- **Jarrige R.,(1988)**. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA. Paris, 174-430.
- **Jarrige R.,**Ruckebusch Y., Demarquilly C., Farce M. et Journet M., (1995). Nutrition des ruminants domestiques. Ingestion et digestion. INRA, Paris.,p 30.
- **Jarrige.R(1984)** Métabolisme besoins et alimentation azotées du cheval. INRA pulications Versailles 276-302.
- **Journet M.,(1992)**. La luzerne dans l'alimentation des Ruminants. station de Recherche sur la vache laitière, INRA, st. GILLES, France. pp 18-30Génétique 40, Avenue du Recteur pineare 86022 poitiers, 15-20.
- **Juhas. S.,** Bujnakova D., Rehak.P., S., Czikova.S., Vesela. J., Ilkova. G., Koppel. J., "Anti-Inflammatory effects of Thyme Essential Oil in Mice.", ACTA VET. BRNO, V.77, (2008), 327-334.
- **Khare. C. P.,** "Indian medicinal plants, An illustrated dictionary with 215 pictures of crude herbs.", Springer science and Business media, LLC, USA, (2007), 739 p, 660, 661.
- **LAPEYRONIE, A.,(1982)**. La production fourragère méditerranéenne. Ed. GP Maison
- **Lebas F.** et Goby J.P., Valeur nutritive de la luzerne déshydratée à basse température chez le lapin en croissance. Première approche. 11e journées de la Recherche Cunicole, 29- 30 novembre (2005), Parie. 201- 204.
- **Lemaire G.** etGastal F., (1997).Nuptake and distribution in plant canopies.Pages 3–43 in G. Lemaire, ed. Diagnosis of the nitrogen status in crops. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.
- **Leussen.,(1991)**. Basic alfalfa germplasms differ in content of forage. Thèse de doctorat, Institut de biologie Moléculaire et d'ingénierie Génétique 40, Avenue du Recteur 86022 poitiers – cropsci, 31, 293-296.
- **Luque-Garcia. J.L.,**Luque de Castro. M.D., "Ultrasound-assisted Soxhletextraction : an expeditive approach for solid sample treatment. Application to the extraction of total fat oleaginous seeds.", Journal of Chromatography A, V. 1024, Issue : 1-2, April (2004), 237-242.

Table des matières

- **Mauriès M.** ; (1998). Cour luzerne, module FO : production et gestion du système fourrager. GNIS et du SNDF. France.22p.
- **Mc Dowell R.E.** (1988). Importance of crop residues for feeding livestock in small holder farming system. Anim. Physio.andA Anim. Nutr, 77: 35-43.
- **Menke K.H.,**Raab L., Salewski A. Steingass H., Friz D. Schneider W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolisable energy content for ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro.J. Agr. Sci, 92: 217-222.
- **Michalet- Doreau B.,** Noziere P., (1999). Intérêts et limites de l'utilisation de la technique des sachets pour l'étude de la digestion ruminale. INRA. Prod. Anim. 12, 195-206. 12(3), 195-20.
- **MichlandRory.,**(2009). Caractérisation moléculaire des procaryotes et facteurs de variation des écosystèmes digestifs chez deux mammifères herbivores : approche comparée vache/lapin. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse, pp 36-37-48-52-56.
- **Miraglia N.** et Tisserand J.L., (1985). Prévion de la digestibilité des fourrages destinés aux chevaux par dégradation enzymatique. Ann. Zootech., 1985, 34 (2), 229-236.
- **Miura. K.** and Nakatani. N., "Antioxidative activity of flavonoids from thym (*Thymus vulgaris L.*).", Agriculture Biology and Chemistry, V.53, (1989), 3043-3045.
- **Mohamed Nabil Alloui.**Institut Agronomique Méditerranéen de Zaragoza (Espagne)"Les phytobiotiques comme alternative aux antibiotiques promoteurs de croissance dans l'aliment des volailles"Received 9 February 2011; Accepted 12 March 2011; Published 19 June(2011).
- **Mongeau J-R.,**(2011). La valorisation des fibres de la ration. Shur – Gain. Section Lactech.46-48.
- **Murphy Cowan. M.** "Plant products as antimicrobial agents.", Clinical Microbiology Reviews, American Society for microbiology, V. 12, n° 4, October (1999), 564-582.

Table des matières

- **Nagadi S.**, Herreno M. et Jessop N.S., (2000). Effect of frequency of ovine ruminal sampling on microbial activity and substrate fermentation. The university of Edinburgh. West mains road. Edinburgh E 119 3 JG. UK.
- **Offner. A.**, (2003). Modélisation systémique de la digestion dans le rumen: comparaison des modèles existants, modélisation des flux d'amidon, approche thermodynamique des fermentations. Thèse de Doctorat.
- **Panizzi. L.**, Flamini. G., Cioni. L., Morelli. I., "Composition and antimicrobial properties of essential oils of four Mediterranean Lamiaceae.", Journal of ethno pharmacology, V. 39, Issue : 3, August (1993), 167-170.
- **Peter K. V.**, "Handbook of herbs and spices.", V .2, Woodhead Publishing Ltd, England, (2004), 365p, 35.
- **Peyraud J.L. et Delaby L.**, (1994). Utilisation de luzerne déshydratée de haute qualité dans les rations des vaches laitières. INRA. Prod. Anim., 7(2), 125-134.
- **Poncet C.**, Rémond D., Lepage E. et Doreau M., (2003). Comment mieux valoriser les protéagineux et oléagineux en alimentation des ruminants. Fourrages 174, 205-229.
- **Quzel. P., Santa. S.**, "Nouvelle flore d'Algerie et des regons désertique méridionales.", tome 2, Centre National de la Recherche Scientifique(CNRS), Paris 7 France, (1963), 1170 p, 804-807.
- **Ramawat.K.G.**, Merillon .J-M "Bioactive Molecules and Medicinal Plant.", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, German, (2008), 379 p, 326, 106.
- **Razzaghi-Abyaneh.M**, Shams-Ghahfarokhi.M., Rezaee.M-B., Jaimand. K., Alinezhad S., Saberi. R., Yosshinari. T., "Chemical composition and antiaflatoxigenic activity of Carum carvi L., Thymus vulgaris and Citrus aurantifolia essential oils.", Food Control, 20, (2009), 1018-1024.
- **Rekik F.**, (2005). Détermination quantitative et qualitative des potentialités fourragères des prairies naturelles de basse et moyenne altitude au niveau de la région de Batna. Thèse magister INA El Harrac 94p.

Table des matières

- **Renault J-C., (2003)**. La luzerne : culture- utilisation. Co édité par le GNIS, Aravalis–Institut du végétal et l'élevage.
- **Robles V. R. E., (2006)**. Effet de la fréquence de distribution de l'alimentation sur l'ingestion, le comportement d'ingestion et la fermentation ruminale chez des génisses en engraissement intensif. Crit Care Med. 2009;37(6):1858-1865.
- **Rouatbi.M.,**Duquenoy. A., Giampaoli. P., "Extraction of the essential oil of thyme and black pepper by superheated steam.", Journal of Food Engineering, V. 78, issue : 2, January (2007), 708-714.
- **Rubin.M,** Messalin. J-p., "Guide pratique de phytothérapie et d'Homéopathie.", ellipes marketing, (1990).
- **Safietou T. F., (1988)**. Utilisation digestive par les ruminants domestiques de ligneuses fourragères disponibles au SENEGALE. ISRA, P.B. 2057 .DAKAR - HANN.
- **Schnitzler. A.C.,** Nolan. L.L, Labre. R., "Screening of medicinal plants for antileishmanial and antimicrobial activity.",ActaHorticulturae : International Society for Horticultural science, V. 426, (1996), 235-41.
- **Schnitzler. P.,** Koch. C., Reichling.J., "Susceptibility of Drug-Resistant Clinical Herpes Simplex Virus Type 1 Strains to Essential Oils of Ginger Thyme, Hyssop, and Sandalwood", American Society for Microbiology, Antimicrobial agents and chemotherapy, V. 51, n°5, May (2007), 1859-1862.
- **Schubiger F. X.,** Lehmann J., Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B. et Scephovic J., (2002). Détermination de la digestibilité de plantes fourragères. Revue suisse Agric. 34 (1): 13-16.
- **Scimeca. D.,**Tétou. M. "Voter santé par les huiles essentielles : Le guide pratique pour prévenir et guérir tous les mauxquotidiens.", Alpen S.AM., Paris, (2005), 94p, 12, 13.
- **Sell. C-S.,** "Fragrant Introduction to Terpenoid Chemistry.", The Royal Society of Chemistry, Cambridge, (2003), 410p, 2-340.

Table des matières

- **Selmi H.**, Ben Gara A., Rekik B. and Rouissi H., (2011). Effect of the Concentrate Feed on in vitro Gas Production and Methane in Sicilo-Sarde Sheep. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 10 (3): 346-350,. ISSN 1818-6769.
- **Soltner D.**, (1986) ; Alimentation des animaux domestiques. 17ème Ed. Collection sciences et techniques agricoles. 399p.
- **Soltner D.**, (1999). Les grandes productions végétales. 19ème Ed. collection sciences et techniques agricoles. 391-449.
- **Soto-Mendivil. E.A.**, Moreno-Rodriguez. J.F., Estarron-Espinosa.M., Garcia-Fajardo. J.A, Obledo-Vasquez. N.O., “Chemical composition and fungicidal activity of the essential oil of *Thymus vulgaris* against *Alternaria citri*.”, Rvue of science ant technology E-Gnosis, V.4, Article : 16, November (2006), 7p.
- **Stahl-Biskup. E.**, Sáez. F. “Thyme : The genus *Thymus*.”, Taylor & Francis, USA and Canada, (2002), 330 p.
- **Teuscher.E.**, Anton. R., Lobstein. A., “Les plantes aromatique : Epices, aromats condiments et huiles essentielles.”, Lavoisier, technique et documentation, (2005), 519 p, 3-480.
- **Thivend P.**, Fonty G., Jouany J.P., Durand M et Gouet P., (1985). Le fermenteur rumen. Reprod. Nutr. Dévelop., 25 (4B), 729- 753.
- **Tilley J.** et Terry R., (1963). A two stage technique for the in vitro digestion of foragecrops. J. Brit. Grassland Soc. 18, 104-111.
- **Tisserand J.L.**, (1991). Fourrages et sous-produits méditerranéens. Présentation des tables de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits méditerranéens. Option méditerranéenne. Série A n° 16. 23-25.
- **Trabut. B.**, “Flore analytique et synoptique de l’Igerie et de la Tunisie.”, Franceschi, Alger, (1990)2, 460 p, 258-259.
- **Traore E.H.**, (1998). Facteurs de variations de la composition chimique et de la digestibilité des ligneux consommés par les ruminants domestiques au sahel. Thèse de doctorat. 101, 16-29.

Table des matières

- **VOUGH, L. R.** and MARTEN, G. C., (1971). Influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of Alfa forage. Agron.J., p 63-40.
-
- **Waligora C.**, (2010). Introduire la luzerne. De l'azote en quantités industrielles. Technique. Cultivar- mars. 42-45.
- **Wang. M.**, Li. J., Ho. G.S, Peng. X., Ho. C-T., "Isolation and identification of antioxidative flavonoid glycosides from thyme (*Thymus vulgaris* L.)", Journal of Food Lipids, V.5, (1998), 313-21.
- **Whitteman**, P.C., (1980). Tropical pasture science ; 2 eme Ed Rustica Paris, 177p.
- **Wiert.C.**, "Medicinal plants of the Asia-Pacific : Drugs for the future.", Wold scientific publishing CO. Pte., Ltd., London- USA, (2006), 719 p, 519.
- **Wichtl. M.** et Anton R., "Plantes thérapeutique. Traditions, pratique officinale. science et thérapeutique.", Lavoisier technique et documentation (Tec et Doc) & Médicals internationales (EM inter), 2ème édition, Paris Cedex, (2003), 692 p, 18-31.
- **WILSON, J. R .**, (1981). Environnemental and nutritional factors affecting herbage quality. In nutritional limits to animal production from pastures. Ed J.B. HACKER Farnham. Royel, UK. Commonwealth Agricultural Bureaux, p 111-131.
- **Zekovid. Z**, Lepojevid. Z., Vujid. D., "Supercritical Extraction of Thyme (*Thymus vulgaris* L.)", Chromatographia Journal, V. 51, n° : 3-4, February (2000), 175-180.
-