

# Composition chimique et facteurs antinutritionnels de quelques feuilles de ligneux fourragers des zones humides du nord-est de l'Algérie

Mebirouk-Boudechiche L.<sup>1</sup>, Cherif M.<sup>2</sup>, Abidi S.<sup>2</sup>, Bouzouraa I.<sup>2</sup>

**Certains fourrages ligneux pourraient-ils représenter des aliments alternatifs pour l'élevage pastoral des ruminants du pourtour méditerranéen, en périodes de déficits fourragers et pour éviter une pression pastorale excessive dans certains milieux ? Il est indispensable d'étudier au préalable la composition chimique des feuilles de ces arbustes.**

## RÉSUMÉ

*Acacia dealbata, Fraxinus angustifolia, Lavandula stoechas, Phillyrea latifolia, Phillyrea angustifolia, Smilax aspersa, Ulmus campestris et Viburnum tinus* sont 8 espèces dominantes du cortège arbustif de la zone humide de Bourdim au nord-est de l'Algérie. Leur composition chimique a été étudiée (taux de MS, matière azotée totale, constituants pariétaux, phénols, tanins, saponines et leur activité hémolytique). Les feuilles d'*Acacia dealbata* et d'*Ulmus campestris* sont les plus riches en protéines (13,91 et 15,40 % MS respectivement) mais leurs teneurs élevées en facteurs antinutritionnels risquent de diminuer leur digestibilité. Les saponines de *Smilax aspersa*, *Phillyrea angustifolia*, *Phillyrea latifolia* et *Acacia dealbata* ont un grand pouvoir hémolytique ; leur ingestion est préconisée en petites quantités.

## SUMMARY

### **Foliar chemical composition and levels of antinutritional factors in woody forage species in wetlands of northeastern Algeria**

Certain woody shrubs might serve as alternative sources of forage in pastoral herding systems in the Mediterranean, particularly during forage deficits and in the interests of limiting excessive grazing in certain environments. To understand these shrubs' forage potential, it is essential to examine the chemical composition of their leaves (e.g., levels of crude proteins, structural compounds, phenols, tannins, saponins). To this end, we studied 8 dominant shrub species (*Acacia dealbata*, *Fraxinus angustifolia*, *Lavandula stoechas*, *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia*, *Smilax aspersa*, *Ulmus campestris* and *Viburnum tinus*) in a wetland in northeastern Algeria (Bourdim). The leaves of *Acacia dealbata* and *Ulmus campestris* had the highest protein levels; however, their levels of antinutritional factors were also high, which may reduce leaf digestibility. The saponins found in *Smilax aspersa*, *Phillyrea angustifolia*, *Phillyrea latifolia* and *Acacia dealbata* are highly haemolytic; only small quantities should be consumed by livestock.

L'alimentation constitue, incontestablement, l'une des principales contraintes au développement de l'élevage en Algérie en raison de la faible production des cultures fourragères qui reste, à bien des égards, une activité marginale des exploitations agricoles. Ce déficit fourrager, qui a des répercussions négatives sur la productivité des animaux, encourage les éleveurs à se tourner vers l'exploitation des pâturages naturels (prairies naturelles, forêt, parcours...), gratuits et disponibles toute l'année.

Les forêts produisent des ressources que les animaux peuvent pâturer : herbe, fruits, feuilles d'arbres et d'arbustes. Le recours à ces ressources forestières est une pratique ancienne bien connue des éleveurs des pays du sud pour qui les connections entre agriculture, élevage et forêt sont beaucoup plus fortes que dans les pays du nord (DALY-HASSEN *et al.*, 2010).

C'est le cas notamment des forêts et maquis du parc national d'El Kala, situé au nord-est de l'Algérie, au

## AUTEURS

1 : Laboratoire d'épidémiologie-surveillance, santé, productions et reproduction, expérimentation et thérapie cellulaire des animaux domestiques et sauvages, Université d'El Tarf, BP 73, 36000 El Tarf (Algérie) ; boudechiche.lamia@gmail.com

2 : Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, Laboratoire des Productions Animales et Fourragères, Rue Hédi Karray, 2049 Ariana (Tunisie)

**MOTS CLÉS :** *Acacia dealbata*, Algérie, arbre fourrager, composition chimique de la plante, espèce ligneuse, fourrage, *Fraxinus angustifolia*, *Lavandula stoechas*, parcours, pastoralisme, *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia*, saponine, *Smilax aspersa*, tanin, toxicité, *Ulmus campestris*, valeur azotée, *Viburnum tinus*, zone méditerranéenne.

**KEY-WORDS :** *Acacia dealbata*, Algeria, chemical composition of the plant, forage, forage tree, *Fraxinus angustifolia*, *Lavandula stoechas*, Mediterranean region, nitrogen value, pastoralism, *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia*, rangelands, saponin, *Smilax aspersa*, tannin, toxicity, *Ulmus campestris*, *Viburnum tinus*, woody species.

**RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE :** L. Mebirouk-Boudechiche, M. Cherif, S. Abidi, I. Bouzouraa (2015) : "Composition chimique et facteurs antinutritionnels de quelques feuilles de ligneux fourragers des zones humides du nord-est de l'Algérie", *Fourrages*, 224, 321-328.

niveau de la wilaya d'El Tarf qui est l'une des principales wilayas forestières d'Algérie avec 166311 ha de forêts en 2009. **Ces forêts font l'objet d'importantes activités pastorales en raison de la richesse de leurs sous-bois** qui contribuent à alimenter le bétail, **surtout en périodes de soudure** (hiver et été) caractérisées par la rareté des ressources herbacées. Les formations végétales de cette région présentent donc une importance socio-économique non négligeable pour les populations locales.

L'estimation des potentialités pastorales du parc national d'El Kala a été inscrite dans le programme du plan de gestion de ce parc depuis 1995 mais, malheureusement, peu d'études y ont été consacrées (MEBIROUK-BOUDECHICHE, 2014). C'est pourquoi cette étude vise à **déterminer le potentiel nutritif** pour les ruminants du maquis du parc national.

En outre, vu le déficit fourrager dont souffre l'Algérie, la plantation de certains arbustes fourragers pourrait remédier à ce déficit car ils constituent une ressource renouvelable tout au long de l'année.

Ainsi, afin d'optimiser l'utilisation de cette végétation, il est impératif de connaître sa composition chimique, objet de cette étude qui vise à déterminer les composants primaires, secondaires et examiner le pouvoir hémolytique des saponines des feuilles **de huit arbustes fourragers** et ce, en vue d'améliorer l'élevage pastoral des ruminants qui demeure l'une des bases de l'organisation économique et sociale des populations dans cette zone.

## 1. Matériel et méthodes

### ■ Présentation de la zone d'étude

La wilaya d'El Tarf qui est située à l'extrême nord-est de l'Algérie (8° 11' de longitude et 36° 47' de latitude), héberge le **parc national d'El Kala**, à la fois maritime et terrestre, qui présente une forte biodiversité, en particulier à proximité des zones de marais. Le choix de la **zone à vocation sylvo-pastorale du marais de Bourdim**, où ont été effectués les prélèvements, est motivé par la richesse du cortège floristique et la **pression pastorale assez importante** qu'on y rencontre. Cette zone est située à la périphérie ouest du parc national.

Les échantillons prélevés provenaient pour certains de la première ceinture de végétation bordant immédiatement le marais de Bourdim, constituée de formations forestières à feuilles caduques (*Ulmus campestris*, *Fraxinus angustifolia*), et pour d'autres de la seconde ceinture de végétation entourant ce marais, constituée de maquis de *Smilax aspersa*, *Viburnum tinus*, *Lavandula stoechas*, *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia*, *Acacia dealbata*.

Du point de vue climatique, la zone d'étude se situe dans l'étage bioclimatique de type sub-humide à humide chaud, avec des hivers doux et des étés secs.

Les relevés climatiques sur les 20 dernières années indiquent des précipitations moyennes annuelles de 800 à 1200 mm, caractérisées par une grande irrégularité intra-

Nom latin	Nom français	Famille
<i>Acacia dealbata</i>	Mimosa d'hiver	<i>Fabaceae</i>
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.	Frêne commun	<i>Oleaceae</i>
<i>Lavandula stoechas</i> L.	Lavande sauvage	<i>Lamiaceae</i>
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Filaire à petites feuilles	<i>Oleaceae</i>
<i>Phillyrea latifolia</i> L.	Filaire à grandes feuilles	<i>Oleaceae</i>
<i>Smilax aspersa</i> L.	Salsepareille	<i>Liliaceae</i>
<i>Ulmus campestris</i> L.	Orme champêtre	<i>Ulmaceae</i>
<i>Viburnum tinus</i> L.	Laurier tin	<i>Caprifoliaceae</i>

TABLEAU 1 : Les fourrages ligneux étudiés (QUÉZEL et SANTA, 1962, 1963).

TABLE 1 : **Woody forage species studied** (QUÉZEL and SANTA, 1962, 1963).

annuelle. En effet, les précipitations mensuelles varient entre un maximum aux mois de décembre et janvier (respectivement 134,34 mm et 136,42 mm) et un minimum en juillet et août (3,97 mm et 13,34 mm). La température moyenne annuelle est de 19,24°C avec un maximum en août (27,35°C) et un minimum en janvier (12,96°C).

### ■ Matériel végétal

Le feuillage de huit espèces ligneuses réparties entre six familles botaniques a été collecté (tableau 1). Il s'agissait de ***Ulmus campestris*, *Smilax aspersa*, *Fraxinus angustifolia*, *Viburnum tinus*, *Lavandula stoechas*, *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia*** et ***Acacia dealbata***. Notre choix s'est porté sur ces espèces après avoir mené des enquêtes auprès d'éleveurs qui nous ont confirmé leur haut degré de consommation par les petits ruminants de la région, spécifiquement par les caprins. En outre, notre choix a aussi été motivé par leur abondance dans le site d'étude.

### ■ Échantillonnage et analyses de laboratoire

Des échantillons de feuilles de chacune de ces huit espèces ont été prélevés sur 5 à 8 arbustes par espèce ; ces dernières étaient distantes l'une de l'autre de 100 m environ, sauf pour *Ulmus campestris* et *Fraxinus angustifolia* qui formaient un peuplement à part bordant le marais et distant de moins d'un kilomètre environ des autres espèces arbustives. L'échantillonnage a été **réalisé à chaque saison sur deux années consécutives** (2013/2014) soit au total 8 périodes de prélèvements. Les feuilles ont été séchées pendant 48 h dans une étuve ventilée réglée à 50°C. Cette température évite la dénaturation des composés chimiques de la plante (protéines, phénols, etc.) (MAKKAR et SINGH, 1991). Après séchage, ces échantillons ont été broyés en utilisant une grille de 1 mm puis conservés dans des flacons hermétiques jusqu'aux analyses ultérieures.

Nous avons considéré la moyenne des analyses effectuées pour chaque saison pour obtenir la **composition moyenne des feuilles au cours d'une année**. Cela représente en moyenne un échantillon d'un kilo de feuilles par espèce.

## ■ Composition chimique primaire des feuilles d'arbustes

Tous les échantillons du matériel végétal prélevé ont été analysés pour déterminer leurs teneurs en matière sèche (MS) et en matière minérale (MM) selon les procédures de l'AOAC (1990). La matière azotée totale a été dosée par la méthode de Kjeldahl (ISO, 1997).

Les constituants pariétaux (*neutral detergent fiber*, NDF - cellulose au détergent neutre - ; *acid detergent fiber*, ADF - ligno-cellulose - ; et *acid detergent lignin*, ADL - lignine -) ont été déterminés selon la méthode de VAN SOEST *et al.* (1991).

## ■ Composés secondaires : phénols, tanins totaux, condensés et hydrolysables

Les phénols totaux (dosés par le réactif de Folin-Ciocalteu) et les tanins totaux ont été analysés selon la procédure décrite par MAKKAR *et al.* (1993). Les résultats sont exprimés en gramme équivalent d'acide tannique par kilo de matière sèche.

Les tanins condensés ont été déterminés par oxydation dans le réactif butanol-HCl en présence d'un réactif ferrique selon la technique de PORTER *et al.* (1986). Les résultats sont exprimés en équivalent leucocyanidine par kilo de matière sèche.

Pour chaque paramètre, l'analyse comporte 4 répétitions.

Les tanins hydrolysables ont été calculés en soustrayant les tanins condensés des tanins totaux.

## ■ Les saponines et leur activité hémolytique

La teneur en saponines (triterpénoïdes et stéroïdales) a été déterminée selon la méthode de HIAI *et al.* (1976) basée sur la réaction colorimétrique vanilline-acide sulfurique. Les résultats sont exprimés en équivalent diosgénine par kg de matière sèche.

Depuis longtemps, les saponines sont reconnues pour leur capacité à induire la formation de pores au travers des membranes cellulaires et ainsi entraîner l'hémolyse des globules rouges (érythrocytes), libérant ainsi l'hémoglobine et rendant le surnageant rouge. Les hématies qui restent intactes sédimentent. Cette propriété a amené la mise en place de tests hémolytiques permettant la détection des saponines dans les extraits de plantes (MAKKAR et BECKER, 1997 ; SPARG *et al.*, 2004).

Mode opératoire : Une suspension de sang de mouton prélevé à partir de la veine jugulaire est utilisée pour le test. Cette suspension est préparée avec du PBS (*Phosphate buffered salines*) afin d'obtenir une suspension d'hématies à 2 % (SPARG *et al.*, 2004). Cette dernière est répartie dans les puits d'une microplaque à cupules et une dilution en cascade de demi en demi de l'extrait à tester avec du PBS est ensuite effectuée à partir du premier puits.

Deux témoins sont nécessaires pour le test :

- un témoin positif (T+) : une hémolyse des hématies est observée ;

- un témoin négatif : aucune hémolyse n'apparaît.

Il est à noter que chaque test se fait en double. La lecture des résultats se fait à l'œil nu, par comparaison avec les témoins positif et négatif, c'est-à-dire :

- le test est positif si le contenu du puits est coloré en rouge ;

- le test est négatif quand il se forme un culot au fond du puits ;

- une hémolyse partielle est notée lorsque le liquide du surnageant se colore en rouge et un culot d'hématies se forme au fond du puits.

Les résultats sont exprimés en pourcentage.

## ■ Analyses statistiques

Les données obtenues concernant les teneurs en nutriments et composés secondaires ont été soumises à une analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur selon la procédure du modèle linéaire général (GLM) du logiciel SAS (2004). La différence entre les moyennes a été testée en utilisant la procédure LSMEANS. Le test de Tukey a été utilisé pour la comparaison multiple des moyennes. La procédure PROC CORR a été utilisée pour déterminer la matrice de corrélation entre les paramètres chimiques et l'activité hémolytique.

## 2. Résultats

### ■ Caractérisation nutritionnelle primaire des espèces arbustives

Le tableau 2 rapporte la composition chimique primaire des espèces arbustives étudiées. Les **teneurs en matière sèche** des feuilles des espèces d'arbustes sont peu élevées et se trouvent comprises entre 33,97 % (*Smilax aspersa*) et 46,01 % (*Phillyrea angustifolia*) sans qu'il y ait toutefois de différences significatives entre les espèces ( $P > 0,05$ ).

Alors que les taux les plus élevés en **matière minérale** (MM) sont enregistrés chez *Ulmus campestris*, *Lavandula stoechas* et *Fraxinus angustifolia* (8,69 ; 8,22 et 7,03 % MS, respectivement), toutes les autres espèces fourragères ont des contenus minéraux inférieurs à 6 % MS et significativement différents ( $P < 0,05$ ). *Phillyrea latifolia* est l'espèce la plus pauvre (3,57 % MS).

Les **teneurs en MAT** des échantillons étudiés varient considérablement ( $P < 0,0001$ ). *Ulmus campestris* et *Acacia dealbata* se distinguent des autres espèces par leurs teneurs en matières azotées totales élevées (15,40 et 13,91 % respectivement) en formant un groupe homogène à part, tandis que *Fraxinus angustifolia*, *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* et *Lavandula stoechas* forment un autre groupe à part caractérisé par sa faible teneur en matières azotées totales.

Espèce	MS*	MM	MAT	NDF	ADF	ADL
<i>Acacia dealbata</i>	39,91 <sup>a</sup>	4,23 <sup>c</sup>	13,91 <sup>a</sup>	41,78 <sup>a</sup>	25,16 <sup>a</sup>	16,51 <sup>a</sup>
<i>Fraxinus angustifolia</i>	42,22 <sup>a</sup>	7,03 <sup>ab</sup>	2,26 <sup>c</sup>	43,79 <sup>a</sup>	27,46 <sup>a</sup>	17,14 <sup>a</sup>
<i>Lavandula stoechas</i>	34,99 <sup>a</sup>	8,22 <sup>a</sup>	4,43 <sup>c</sup>	43,02 <sup>a</sup>	28,68 <sup>a</sup>	16,32 <sup>a</sup>
<i>Phillyrea angustifolia</i>	46,01 <sup>a</sup>	4,10 <sup>c</sup>	7,76 <sup>b</sup>	49,32 <sup>a</sup>	33,13 <sup>a</sup>	20,00 <sup>a</sup>
<i>Phillyrea latifolia</i>	41,18 <sup>a</sup>	3,57 <sup>c</sup>	1,74 <sup>c</sup>	45,45 <sup>a</sup>	30,36 <sup>a</sup>	19,98 <sup>a</sup>
<i>Smilax aspersa</i>	33,97 <sup>a</sup>	5,94 <sup>ab</sup>	8,38 <sup>b</sup>	43,90 <sup>a</sup>	29,23 <sup>a</sup>	17,23 <sup>a</sup>
<i>Ulmus campestris</i>	34,08 <sup>a</sup>	8,69 <sup>a</sup>	15,40 <sup>a</sup>	70,84 <sup>a</sup>	38,27 <sup>a</sup>	22,88 <sup>a</sup>
<i>Viburnum tinus</i>	42,53 <sup>a</sup>	4,19 <sup>c</sup>	1,12 <sup>c</sup>	46,19 <sup>a</sup>	29,24 <sup>a</sup>	14,86 <sup>a</sup>
ESM*	2,75	0,13	0,90	6,51	3,59	2,81
Niveau de signification	0,757	0,007	< 0,0001	0,156	0,385	0,570

\* MS : matière sèche (%) ; MM : matières minérales (% MS) ; MAT : matières azotées totales (% MS) ; NDF : Neutral Detergent Fiber (% MS) ; ADF : Acid Detergent Fiber (% MS) ; ADL : Acid Detergent Lignin (% MS) ; ESM : erreur standard de la moyenne

TABLEAU 2 : Composition chimique (% MS) des feuilles de 8 ligneux fourragers.

TABLE 2 : Foliar chemical composition (% DM) of 8 forage shrubs.

Les teneurs des fractions NDF, ADF et ADL sont statistiquement identiques entre les échantillons testés ( $P > 0,05$ ). La fraction NDF (parois totales) varie de 41,78 à 70,84 % MS respectivement pour *Acacia dealbata* et *Ulmus campestris*.

Les espèces arbustives étudiées sont marquées par un taux élevé en lignocellulose (25,16 % MS pour *Acacia dealbata* à 38,27 % MS pour *Ulmus campestris*) et de même, par un degré de lignification assez élevée et qui oscille pour la majorité des espèces entre 14,86 et 22,88 % MS, respectivement pour *Viburnum tinus* et *Ulmus campestris*.

## ■ Teneurs en substances antinutritionnelles des espèces arbustives

La richesse moyenne des espèces fourragères en composés phénoliques et en saponines est présentée au tableau 3 : globalement, les fourrages des ligneux étudiés renferment tous des composés antinutritionnels à des concentrations variables. Ainsi, les analyses qualitative et quantitative révèlent la présence de composés phénoliques, à savoir des phénols totaux, des tanins totaux, condensés, hydrolysables et des saponines.

La teneur moyenne en phénols et tanins totaux présente une variabilité significative entre les espèces étudiées. *Acacia dealbata* est l'espèce la plus riche en ces éléments (37,92 et 27,98 g équivalent acide tannique/kg

MS pour les phénols et tanins totaux respectivement) alors que *Lavandula stoechas* et *Viburnum tinus* forment le groupe le moins pourvu en phénols totaux (11,47 et 15,33 g équivalent acide tannique/kg MS, respectivement) et que *Lavandula stoechas* et *Smilax aspersa* sont les fourrages les plus pauvres en tanins totaux (7,15 et 9,03 g équivalent acide tannique/kg MS respectivement).

Les concentrations totales en tanins condensés affichent des valeurs assez faibles mais significativement identiques ( $P > 0,05$ ), de 0,93 à 10,41 g équivalent leucocyanidine/kg MS respectivement pour *Lavandula stoechas* et *Acacia dealbata*.

Les teneurs en tanins hydrolysables des espèces arbustives sont généralement faibles surtout chez *Viburnum tinus*, *Ulmus campestris*, *Lavandula stoechas*, *Fraxinus angustifolia*, *Phillyrea angustifolia*, *Phillyrea latifolia* et *Smilax aspersa*, espèces les plus faiblement pourvues en tanins totaux. Mais *Acacia dealbata*, espèce la plus riche en tanins, phénols totaux et tanins condensés, enregistre la teneur la plus élevée en tanins hydrolysables (20,91 g/kg MS).

*Fraxinus angustifolia* et *Smilax aspersa* sont les espèces les moins pourvues en saponines, avec des teneurs de 18,20 et 16,34 g équivalent diosgénine/kg MS respectivement, formant ainsi un groupe homogène à part. Les valeurs en cet élément ont oscillé de 22,30 à 24,77 g équivalent diosgénine/kg MS pour le reste des

Espèce	PhT*	TT	TC	TH	Sap	AH
<i>Acacia dealbata</i>	37,92 <sup>a</sup>	27,98 <sup>a</sup>	10,41 <sup>a</sup>	20,91 <sup>a</sup>	23,31 <sup>a</sup>	23,50 <sup>a</sup>
<i>Fraxinus angustifolia</i>	18,66 <sup>a</sup>	10,00 <sup>b</sup>	3,03 <sup>a</sup>	6,01 <sup>ab</sup>	18,20 <sup>b</sup>	18,50 <sup>b</sup>
<i>Lavandula stoechas</i>	11,47 <sup>b</sup>	7,15 <sup>b</sup>	0,93 <sup>a</sup>	5,97 <sup>ab</sup>	22,30 <sup>a</sup>	19,50 <sup>b</sup>
<i>Phillyrea angustifolia</i>	29,23 <sup>a</sup>	11,70 <sup>b</sup>	1,62 <sup>a</sup>	9,86 <sup>ab</sup>	24,09 <sup>a</sup>	32,00 <sup>a</sup>
<i>Phillyrea latifolia</i>	24,95 <sup>a</sup>	9,51 <sup>b</sup>	2,84 <sup>a</sup>	7,00 <sup>ab</sup>	23,39 <sup>a</sup>	23,50 <sup>a</sup>
<i>Smilax aspersa</i>	16,64 <sup>a</sup>	9,03 <sup>b</sup>	7,44 <sup>a</sup>	5,70 <sup>ab</sup>	16,34 <sup>b</sup>	36,50 <sup>a</sup>
<i>Ulmus campestris</i>	23,33 <sup>a</sup>	9,70 <sup>b</sup>	5,03 <sup>a</sup>	4,52 <sup>b</sup>	23,66 <sup>a</sup>	5,00 <sup>c</sup>
<i>Viburnum tinus</i>	15,33 <sup>b</sup>	11,53 <sup>b</sup>	8,63 <sup>a</sup>	2,48 <sup>b</sup>	24,77 <sup>a</sup>	5,00 <sup>c</sup>
ESM*	4,94	4,06	2,54	2,99	1,74	4,61
Niveau de signification	0,285	0,04	0,198	0,04	0,001	0,04

\* PhT : Phénols totaux (g équivalent acide tannique/kg MS) ; TT : Tanins totaux (g équivalent acide tannique/kg MS) ; TC : Tanins condensés (g équivalent leucocyanidine/kg MS) ; TH : Tanins hydrolysables (g/kg MS) ; Sap : Saponines (g équivalent diosgénine/kg MS) ; AH : Activité hémolytique des saponines (%) ; ESM : erreur standard de la moyenne

TABLEAU 3 : Teneurs en substances antinutritionnelles des feuilles de 8 ligneux fourragers.

TABLE 3 : Foliar levels of antinutritional compounds in 8 forage shrubs.

espèces avec des différences hautement significatives entre l'ensemble des espèces ( $P=0,001$ ).

**L'activité hémolytique des saponines** est un indicateur de leur effet biologique. Les saponines de *Smilax aspersa*, *Phillyrea angustifolia*, d'*Acacia dealbata* et de *Phillyrea latifolia* possèdent l'activité hémolytique la plus intense formant un groupe homogène à part, tandis que le groupe des feuilles de *Viburnum tinus* et *Ulmus campestris* présente des saponines de faible activité hémolytique (tableau 3).

### 3. Discussion

#### ■ Teneurs en composés primaires des feuilles d'arbustes fourragers

La qualité et la valeur fourragère d'une plante résultent d'une part de son appétibilité et de sa consommation volontaire par les animaux et, d'autre part, de sa valeur nutritive c'est-à-dire de sa composition chimique et de sa digestibilité (LE HOUEROU, 1980) qui varient selon les saisons. Ces variations saisonnières n'ont pas été prises en compte dans notre étude du fait de l'ampleur des données que cela induirait et de la difficulté de les traiter. C'est la raison pour laquelle nous avons préféré raisonner sur des moyennes annuelles, comme un certain nombre d'auteurs (BOUBAKER *et al.*, 2004).

**Le feuillage des huit arbustes échantillonnés avait une teneur en MS inférieure à 50 %**, la zone géographique humide où se trouvent ces plantes fourragères explique ces faibles taux de matière sèche qui ont aussi été rapportés par MEBIROUK-BOUDECHICHE *et al.* (2014) pour d'autres espèces arbustives en Algérie, de même que par GONZALEZ-ANDRÉS et ORTIZ (1996) pour des espèces arbustives méditerranéennes et par RODRIGUEZ *et al.* (1973), CABIDDU *et al.* (2000), et FRUTOS *et al.* (2002) pour des arbustes tunisiens et méditerranéens, de même que pour certains arbres fourragers (INRA *et al.*, 2014). Ainsi, le fourrage issu de ces arbustes présente l'avantage d'être une ressource végétale disponible toute l'année, en particulier durant les saisons sèche et humide, où le problème d'affouragement du bétail est le plus aigu.

Les **teneurs en matières minérales des feuilles** des arbustes étudiés, qui ont oscillé de 3,57 à 8,69 %MS, sont différentes des résultats rapportées par BOUBAKER *et al.* (2004) pour des feuilles d'arbustes du nord-ouest tunisien, pour qui de faibles valeurs en matières minérales ont été enregistrées (2,8-6,4 % MS) et par MEBIROUK-BOUDECHICHE *et al.* (2014) pour des feuilles d'arbustes algérien, pour qui des valeurs élevées ont été enregistrées (jusqu'à 29 %MS).

Selon SPEAR (1994), la concentration des éléments minéraux dans les plantes varie fortement avec le type de sol, le climat, le stade de la maturité et la saison de la récolte. Mais les études antérieures prennent rarement en compte les variations saisonnières, ce qui pourrait expliquer certains écarts observés entre résultats.

Beaucoup de fourrages méditerranéens ont une faible valeur nutritive en raison de leurs basses teneurs en protéines brutes (CABIDDU *et al.*, 2000). Les **teneurs en matières azotées totales** de *Ulmus campestris*, *Acacia dealbata*, *Phillyrea angustifolia* et *Smilax aspersa* sont plus élevées que le niveau minimum requis (7-8 % MS) pour un fonctionnement correct du rumen et une alimentation convenable des ruminants (VAN SOEST, 1994). Mais l'utilisation des autres espèces fourragères en alimentation animale exige une supplémentation azotée pour améliorer leur ingestion par les ruminants (PATERSON *et al.*, 1996) du fait qu'ils ne fournissent pas les minima d'azote nécessaire au microbiote ruminal pour assurer une activité métabolique maximale (NORTON *et al.*, 2003).

Alors que les valeurs en MAT de *Phillyrea angustifolia* et de *Smilax aspersa* se rapprochent de celles avancées par BOUBAKER *et al.* (2004) pour les mêmes espèces échantillonnées au nord-ouest tunisien (7,76 vs 7 % MS et 8,38 vs 7,2 % MS, respectivement), la teneur en cet élément pour *Viburnum tinus* est largement inférieure à celle enregistrée par le même auteur (1,12 vs 7 % MS). Cependant, pour *Acacia dealbata*, les valeurs se rapprochent de certaines espèces d'*Acacia* (12,4 et 13,7 % MS pour *Acacia tortilis* et *Acacia nilotica*, respectivement ; INRA *et al.*, 2014).

Les teneurs élevées en MAT trouvées chez *Acacia dealbata* peuvent être attribuées à la faculté de ce fourrage à fixer l'azote atmosphérique grâce aux *rhizobia* au niveau de ses nodosités, ce qui favorise l'utilisation de cette légumineuse comme supplément protéique aux fourrages de mauvaise qualité et aux sous-produits fibreux. Cependant, cette proposition doit être envisagée avec précaution en tenant fortement compte des facteurs antinutritionnels tels que les composés phénoliques et les tanins en particuliers (TOLERA et SAID, 1997) qui sont susceptibles de limiter la digestibilité de l'azote.

Tandis que la teneur élevée en MAT chez *Ulmus campestris* pourrait s'expliquer par le fait qu'elle soit une plante nitratophile : ses racines sont capables d'absorber l'azote directement sous forme de nitrates avant qu'ils ne soient transformés en ammoniacque par les micro-organismes du sol, ce qui constitue une forme d'adaptation aux sols hydromorphes.

Les **teneurs en parois totales** des feuilles des fourrages ligneux (NDF) de notre étude qui sont en moyenne de 48,04 % MS sont en général comparables à celles rapportées par MEBIROUK-BOUDECHICHE *et al.* (2014) et AMMAR *et al.* (2010) pour d'autres arbustes fourragers. Cependant, quelques différences sont à noter. Pour *Viburnum tinus* et *Smilax aspersa*, nous avons enregistré des valeurs en parois totales de 46,19 et 43,90 % MS respectivement, alors que BOUBAKER *et al.* (2004) rapportent des taux de 38,5 et 54,1 % MS pour les mêmes espèces dans la région humide du nord-ouest tunisien. L'âge des végétaux, de même que la saison d'échantillonnage pourraient expliquer en partie ces différences.

Les **valeurs en ligno-cellulose** (ADF) enregistrées pour certaines de nos espèces sont différentes de celles

enregistrées pour les mêmes espèces poussant dans des conditions semblables. Ainsi, BOUBAKER *et al.* (2004) enregistrent pour *Viburnum tinus* et *Smilax aspersa* des valeurs en ligno-cellulose de 26,6 et 37,8 % MS, respectivement, alors qu'ils enregistrent des résultats identiques pour *Phillyrea angustifolia* (33,13 vs 33,1 % MS).

Quant aux teneurs en **lignine** (ADL) de ces différents échantillons, elles demeurent élevées pour *Ulmus campestris*, *Phillyrea latifolia* et *Phillyrea angustifolia* et faibles pour *Viburnum tinus*. En outre, les feuilles de certaines espèces ont parallèlement des concentrations élevées en NDF, ADF et en lignine (*Ulmus campestris*), ce qui pourrait engendrer une diminution de leur digestibilité.

## ■ Teneurs en facteurs antinutritionnels des feuilles d'arbustes fourragers

### • Tanins et phénols : des effets complexes

Les **tanins** font partie des métabolites secondaires des plantes supérieures. Ce sont des composés phénoliques (ou polyphénols) de masse moléculaire allant jusqu'à 20 000 Daltons (HASLAM, 1989, cité par LECASBLE, 2012). Classés en composés azotés (dont les alcaloïdes), terpénoïdes et composés phénoliques, et à la différence des métabolites primaires qui interviennent directement dans la nutrition et la croissance (acides aminés et nucléiques, lipides et sucres), les composés secondaires participent à la vie de relation de la plante. La synthèse des tanins est ainsi un des mécanismes de défense contre les agressions des phytopathogènes (bactéries, champignons, virus) et des prédateurs (insectes, mammifères herbivores). Ils possèdent des capacités et propriétés biologiques telles que la fixation et l'inhibition enzymatique, le piégeage des radicaux libres et l'activité antioxydante et des effets antiseptiques (antibactérien, antifongique, antiviral) (LECASBLE, 2012).

Le feuillage des arbres et arbustes de notre étude contient des **quantités en tanins et phénols totaux** variant de 7,15 à 27,98 g équivalent acide tannique/kg MS pour les tanins et de 11,47 à 37,92 pour les phénols totaux. *Acacia dealbata* est l'espèce la plus pourvue en ces éléments, alors que *Lavandula stoechas* en est la moins pourvue. La grande variation de la teneur en tanins dans les espèces ligneuses a été constatée par de nombreux chercheurs (GETACHEW *et al.*, 2002 ; KAITHO *et al.*, 1998). MEBIROUK-BOUDECHICHE *et al.* (2014) ont trouvé des taux plus élevés en ces éléments pour des arbustes fourragers algériens (de 23,35 à 119,43 g équivalent acide tannique/kg MS pour les phénols totaux et de 20,11 à 83,68 g équivalent acide tannique/kg MS pour les tanins totaux).

Ainsi, d'après les résultats obtenus, **les tanins et phénols des feuilles d'*Acacia dealbata* pourraient former des complexes avec de nombreuses macromolécules** : les acides nucléiques, les ions métalliques ferriques et cuivriques, ainsi que la quasi-totalité des protéines (LECASBLE, 2012) du fait qu'ils ont une grande affinité pour ces dernières (HAGERMAN et BUTLER, 1978,

cités par BURRIT *et al.*, 1987). Ces composés secondaires formeraient aussi des complexes avec les polysaccharides des plantes, de même qu'avec les parois cellulaires des bactéries et champignons du rumen (SWAIN, 1979, cité par BURRIT *et al.*, 1987) ; leur effet antimicrobien peut être dû à leur liaison aux protéines des pores de la paroi cellulaire, altérant de ce fait les mécanismes de transport des molécules, ce qui réduirait la disponibilité des nutriments pour la flore ruminale. En d'autres termes, l'azote présent en quantité relativement élevée dans cette espèce ne profitera ni au microbiote ruminal, ni à l'animal hôte, alors qu'elle présente une bonne teneur en protéines.

En revanche, **les taux moins importants en tanins des feuilles des autres ligneux pourraient présenter un avantage** en augmentant le flux d'azote non ammoniacal et des acides aminés essentiels à partir du rumen (EGAN et ULYATT, 1980 ; BARRY et MANLEY, 1984 ; WAGHORN *et al.*, 1987 ; MCNABB *et al.*, 1993, cités par REED, 1995). Ainsi, la précipitation des protéines par les tanins protège les micro-organismes du rumen de leurs effets délétères et permet également le recyclage de l'urée (RIRA, 2006).

### • Tanins condensés : des effets intéressants ?

Les **teneurs totales en tanins condensés** affichent des valeurs significativement identiques ( $P > 0,05$ ) et faibles par rapport à celles obtenues dans les travaux de AMMAR *et al.* (2010), ALVAREZ *et al.* (2005) et MEBIROUK-BOUDECHICHE *et al.* (2014) respectivement pour des feuilles d'arbustes du nord-ouest tunisien, du nord de l'Espagne et des arbustes algériens.

Ces différences peuvent être dues en partie aux différentes techniques de dosage utilisées. De même la variabilité dans la composition chimique peut aussi représenter un facteur majeur. Ces discordances peuvent être aussi dues au stade de croissance des plantes étudiées et/ou à la saison de collecte (SALEM, 2005) ou encore à la nature du site de prélèvement (MAKKAR et BECKER, 1993).

En effet, la teneur en tanins condensés de *Phillyrea angustifolia* est, dans notre étude, de 1,62 g équivalent leucocyanidine/kg MS. AMMAR *et al.* (2010) trouvent pour cette espèce échantillonnée en été une teneur de 20 g/kg MS ; CABIDDU *et al.* (2000) enregistrent des teneurs en tanins condensés de 38 et 46,1 g/kg MS respectivement en été et au printemps pour cette même espèce.

Toutes les espèces de notre étude enregistrent des **teneurs en tanins condensés inférieures à 50 g équivalent leucocyanidine/kg MS**. BARRY et DUNCAN (1984), BARRY et MANLEY (1984), WAGHORN *et al.* (1994) cités par FRUTOS (2004) rapportent une diminution de l'ingestion volontaire des animaux lorsque la teneur en tanins condensés est élevée ( $> 50$  g/kg MS) du fait d'une astringence (sensation d'assèchement de la bouche) résultant de leur liaison avec les protéines salivaires, en particulier celles riches en proline, alors qu'elle ne se trouve pas affectée lorsqu'elle est inférieure à 50 g/kg MS. En outre, KUMAR et VAITHYANATHAN (1990) signalent un effet bénéfique de ce composé, à des teneurs inférieures à 50 g/kg MS du fait qu'il favorise l'absorption des acides aminés dans l'intestin

grêle en les protégeant des effets du suc gastrique. BRUNET *et al.* (2008) cités par LECASBLE (2012) rapportent en outre une amélioration du taux d'ovulation, de production de laine et de la qualité du lait, de même qu'une augmentation du taux de croissance et un gain de poids.

Ainsi, *Fraxinus angustifolia*, *Phillyrea angustifolia*, *Phillyrea latifolia*, *Lavandula stoechas* et *Ulmus campestris*, aux teneurs modérées en tanins totaux et tanins condensés, peuvent présenter un avantage nutritionnel pour l'animal. En revanche, l'ingestion en grandes quantités d'*Acacia dealbata*, caractérisée par des teneurs élevées en tanins, pourrait inhiber partiellement la protéolyse et modifier l'activité microbienne dans le rumen (ZIMMER et CORDESSE, 1996). L'utilisation du Polyéthylène glycol (PEG) pour cette espèce, composé ayant une grande affinité pour les tanins, pourrait diminuer ses effets néfastes.

Enfin, il est à noter que les tanins condensés possèdent des propriétés anthelminthiques, ce qui aurait un effet positif sur la santé des ruminants (HOSTE *et al.*, 2008, in LECASBLE, 2012).

**Les tanins hydrolysables d'*Acacia dealbata* pourraient être néfastes pour les animaux** l'ingérant du fait qu'en plus d'être à l'origine d'ulcérations et de nécroses de l'épithélium digestif, ces composés secondaires sont hépato et néphro-toxiques et peuvent être ainsi responsables d'intoxications sévères allant parfois jusqu'à la mort des animaux ingérant des quantités massives de plantes riches en tanins hydrolysables (MUELLER-HARVEY, 2006, cité par LECASBLE, 2012).

À la différence des tanins hydrolysables, les tanins condensés sont toutefois rarement associés à une toxicité aiguë chez les ruminants (LECASBLE, 2012).

### • Saponines : limiter les quantités de feuillage ingérées ?

La composition chimique du feuillage des plantes fourragères présente des variations entre espèces, en grande partie en raison de facteurs génotypiques. Ainsi, *Viburnum tinus*, *Phillyrea angustifolia*, *Phillyrea latifolia*, *Ulmus campestris*, *Acacia dealbata* et *Lavandula stoechas* sont les espèces les plus riches en saponines qui sont des molécules naturelles de défaunation agissant principalement sur la population des protozoaires ciliés (MAKKAR, 2003) en précipitant les stérols qui les composent (MAKKAR et BECKER, 1997). En outre, la présente étude a révélé que les feuilles d'arbustes ayant une forte activité hémolytique de leurs saponines, à savoir *Smilax aspersa*, *Phillyrea angustifolia*, *Phillyrea latifolia* et *Acacia dealbata*, devraient être ingérées modérément du fait que leurs saponines, une fois absorbées dans le duodénum et transportées vers la veine porte hépatique, entraîneraient l'hémolyse des érythrocytes (FLAOYEN, 2001 ; MEAGHER *et al.*, 2001).

La présente étude n'a **pas montré de corrélation significative entre la teneur en saponines et leur activité hémolytique** ( $P=0,525$ ) pour les arbustes de notre étude et, pour preuve, *Viburnum tinus* et *Ulmus campestris* renferment les plus fortes teneurs en saponines (24,77 et 23,66 g équivalent diosgénine/kg MS respectivement) et

pourtant leurs activités hémolytiques sont les plus faibles (5 %), alors que *Smilax aspersa* possède la plus forte activité hémolytique bien que ce soit l'espèce la moins pourvue en saponines. Le même constat a été fait pour d'autres arbustes algériens (MEBIROUK-BOUDECHICHE *et al.*, 2014). Ce résultat serait peut être imputable à la stéréochimie de ces composés.

## Conclusion et perspectives

Bien que ce travail soit **une étude préliminaire** à la caractérisation des ligneux fourragers de la région humide d'Algérie, il a néanmoins révélé, à travers l'analyse chimique des composants primaire et secondaire des feuilles de ces ligneux fourragers, l'importance de ces ressources en alimentation animale.

En effet, ***Acacia dealbata* et *Ulmus campestris* pourraient constituer, vu leurs teneurs intéressantes en matières azotées totales, un bon complément protéique aux fourrages fibreux.** Cependant, en raison de la présence de facteurs antinutritionnels, plus importants pour *Acacia dealbata*, certaines méthodes, voire certains compléments, pourraient leur être associés afin d'ouvrir d'autres voies de valorisation de ces ressources naturelles, notamment le séchage préalable et l'administration du polyéthylène glycol (PEG) aux animaux dans le but de désactiver les tanins.

**L'utilisation des autres espèces devrait être accompagnée d'une complémentarité azotée en raison de leurs faibles teneurs en protéines.**

Enfin, *Smilax aspersa*, *Phillyrea angustifolia*, *Phillyrea latifolia* et *Acacia dealbata* devraient être **ingérées avec modération vu leur forte activité hémolytique.**

Ce travail servira probablement de base à une étude sur le comportement alimentaire des animaux sur parcours afin de caractériser la relation entre les teneurs en composants chimiques, essentiellement secondaires, et les quantités ingérées sur parcours. Il sera en outre d'une grande utilité pour l'évaluation du potentiel nutritif de ces feuilles par la mesure de leur digestibilité *in vitro*.

Enfin, la plantation des arbustes de la présente étude, fort appréciés par les ruminants d'après l'enquête réalisée, pourrait être intéressante non seulement pour remédier au déficit fourrager en période de soudure, mais surtout afin de diminuer la pression pastorale sur un site aussi important.

Accepté pour publication,  
le 16 décembre 2015

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALVAREZ DEL PINO M., HERVAS G., MANTECON A.R., GIRALDEZ F.J., FRUTOS P. (2005) : "Comparison of biological and chemical methods, and internal and external standards, for assaying tannins in Spanish shrub species", *J. Sci. Food Agric.*, 85, 583-590.
- AMMAR H., SALEM A.Z.M., LOPEZ S. (2010) : "Impact of PEG 6000 on *in vitro* gaz production kinetics of some mediterranean shrub", Porqueddu C., Rios S. (ed.), *The contributions of grasslands to the conservation of mediterranean biodiversity*, Zaragoza, CIHEAM/CIBIO/FAO/SEEP, 209-213.

- AOAC (1990) : *Official Methods of Analysis*, Association of Official Analytical Chemists, 15<sup>th</sup> ed., Washington, D.C., USA.
- BOUBAKER A., BULDGEN A., KAYOULI C. (2004) : "Composition chimique et teneur en composés phénoliques des espèces arbustives du Nord-Ouest de la Tunisie", *Options méditerranéennes*, série A, Séminaires Méditerranéens, 315-317.
- BURRITT E.A., MALECHEK J.C., PROVENZA F.D. (1987) : "Changes in Concentrations of Tannins, Total Phenolics, Crude Protein, and In Vitro Digestibility of Browse due to Mastication and Insalivation by Cattle", *J. Range Management*, 40 (5), 409-411.
- CABIDDU A., DECANDIA M., SITZIA M., MOLLE G. (2000) : "A note on the chemical composition and tannin content of some Mediterranean shrubs browsed by Sarda goats", Ledin I., Morand-Fehr P. (eds.), *Sheep and Goat Nutrition: Intake, Digestion, Quality of Products and Rangelands, Cahiers Options Méditerranéennes*, 52, 175-178.
- DALY-HASSEN H., MENDES A., DE MONTGOLFIER J., RIERA P. (2010) : *Biens et services fournis par les espaces boisés méditerranéens : économie et politique*, Troisième conférence scientifique méditerranéenne du GID, Alexandrie 22-24 juin 2010.
- FLAOYEN A., WILKINS A.L., DENG D., BREKKE T. (2001) : "Ovine metabolism of saponins: Evaluation of a method for estimating the ovine uptake of steroidal saponins from *Nartheceum ossifraga*", *Veterinary Research Communications*, 25, 225-238.
- FRUTOS P., HERVAS G., RAMOS G., GIRALDEZ F.J., MANTECON A.R. (2004) : "Review. Tannins and ruminant nutrition", *Spanish J. of Agricultural Research*, 2 (2), 191-202.
- GETACHEW G., MAKKAR H.P.S., BECKER K. (2002) : "Tropical browses: contents of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and in vitro gas production", *J. Agric. Sci.*, 139, 341-352.
- GONZÁLEZ-ANDRÉS F., ORTIZ J.M. (1996) : "Potential of *Cytisus* and allied genera (*Genisteeae: Fabaceae*) as forage shrubs", *New. Zeal. J. Agr. Res.*, 39, 195-204.
- HIAI S., OURA H., NAKAJIMA T. (1976) : "Color reaction of some saponigenins with vanillin and sulfuric acid", *Planta Medica*, 29, 116-121.
- Inra, Cirad, AFZ, FAO (2014) : *Feedipedia : une encyclopédie en ligne d'aliments pour animaux*, <http://www.feedipedia.org/> [consulté le 8 décembre 2015].
- ISO (1997) : *Aliments des animaux - Détermination de la teneur en azote et calcul de la teneur en protéines brutes - Méthode Kjeldahl*, International Organization of Standardization.
- KAITHO R.J., UMUNNA N.N., NSAHLAI I.V., TAMMINGA S., VAN BRUCHEM J. (1998) : "Nitrogen in browse species: Ruminal degradability and post-ruminal digestibility measured by mobile nylon bag and in vitro techniques", *J. Sci. Food Agric.*, 76, 488-498.
- KUMAR R., VAITHIYANATHAN S. (1990) : "Occurrence nutritional significance and effect animal productivity of tannins in tree leaves", *Anim. Feed Sci. Technol.*, 30, 21-38.
- LECASBLE C. (2012) : *Le marc de café comme source atypique de tanins condensés dans le contrôle intégré des nématodes gastro-intestinaux chez les petits ruminants du Yucatán Mexique*, thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Créteil, 102 p.
- LE HOUEROU H.N. (1980) : *Agroforestry technics for the conservation and improvement of soil fertility in arid and semi-arid zones*, Addis Ababa.
- MAKKAR H.P.S. (2003) : "Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds", *Small Ruminant Research*, 49, 241-256.
- MAKKAR H.P.S., SINGH B. (1991) : "Composition, tannin levels and in-sacco dry matter digestibility of fresh and fallen oak (*Quercus incana*) leaves", *Bioresource Technol.*, 37, 185-187.
- MAKKAR H.P.S., BECKER K. (1993) : "Behavior of tannic acid from various commercial sources towards some chemical and protein precipitation assays", *J. Sci. of Food and Agric.*, 62, 295-299.
- MAKKAR H.P.S., BECKER K. (1997) : "Degradation of quillaja by mixed culture of rumen microbes", *The Society for Applied Microbiology*, 25, 243-245.
- MAKKAR H.P.S., BLUEMEL M., BOROWY N.K., BECKER K. (1993) : "Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods", *J.Sci. Food Agric.*, 61, 161-165.
- MEAGHER L.P., SMITH B.L., WILKINS A.L. (2001) : "Metabolism of diosgenin-derived saponins: implications for hepatogenous photosensitization diseases in ruminants", *Animal Feed Science and Technology*, 91, 157-170.
- MEBIROUK-BOUDECHICHE L., CHERIF M., BOUDECHICHE L. SAMMAR F. (2014) : "Teneurs en composés primaires et secondaires des feuilles d'arbustes fourragers de la région humide d'Algérie", *Rev. Med. Vet.*, 165, 11-12, 344-352.
- NORTON B.W. (2003) : *The nutritive value of tree legumes* [on line], <http://www.FAO.org/agp/AGP/AGPC/doc/Publicat/Guttshel/x5556eoj.htm>. [10 Mai, 2015].
- PATERSON J., COHRAN R. KLOPFENSTEIN T. (1996) : "Degradable and undegradable protein response of cattle consuming forage-based diets", *Iudkins M.B., Mc Collum III F.T (eds.), Proc. of the third grazing livestock nutrition conference*, West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci, 47 (Suppl.1), 94-103.
- PORTER L.J., HRSTICH L.N., CHEN B.G. (1986) : "The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyaniding and delphinidin", *Phytochemistry*, 25, 223-230.
- QUÉZEL P., SANTA S. (1962-1963) : *Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*, C.N.R.S, Paris, Tomes 1 et 2, 1170 p.
- REED J.D. (1995) : "Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes", *J. Anim. Sci.*, 73, 1516-1528.
- RIRA M. (2006) : *Effet des polyphénols et des tanins sur l'activité métabolique du microbiote ruminal d'ovins*, Mémoire de Magister, Université de Constantine, Algérie, 95 p.
- RODRIGUEZ BERROCAL J., ZAMORA M., GÓMEZ A.G., PEINADO E., MEDINA G.M. (1973) : "La flora arbustiva mediterránea y su valoración. IV. Introducción al estudio de la evolución estacional de la composición nutritiva", *Archivos de Zootecnia*, 22 (88), 321-330.
- SALEM A.Z.M. (2005) : "Impact of season of harvest on in vitro gas production and dry matter degradability of *Acacia saligna* leaves with inoculum from three ruminant species", *Anim. Feed Sci. Technol.*, 123, 67-69.
- SPARG S.G., LIGHT M.E., VAN STADEN J. (2004) : "Biological activities and distribution of plant saponins", *J. Ethnopharmacology*, 94, 219-243.
- SPEAR J.W. (1994) : "Mineral in forages", *Forage quality, Evaluation and utilization*, Faher J.R. (eds.), National Conference on Forage Quality, Lincoln, 281- 317.
- TOLERA A., SAID N. (1997) : "In sacco, in vitro and in vivo digestibility and supplementary value of some tropical forage legume hays to sheep feeding on a basal diet of maize stover", *J. Anim. Physiology Anim. Nutri.*, 77, 35-43.
- VAN SOEST P.J. (1994) : *Nutritional Ecology of the Ruminant*, Cornell University Press, Ithaca, NY.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B., LEWIS B.A. (1991) : "Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition", *J. Dairy Sci.*, 74, 3583-3597.
- VOUTQUENNE L., LAVAUD C., MASSIOT G., LE MEN-OLIVIER L. (2002) : "Structure-activity relationships of haerolytic saponins", *Pharmaceutical Biology*, 40, 253-262.
- ZIMMER N., CORDESSE R. (1996) : "Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments pour ruminants", *INRA Prod. Anim.*, 9, 167-179



Association Française pour la Production Fourragère

---

La revue *Fourrages*

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

**[www.afpf-asso.org](http://www.afpf-asso.org)**



AFPF – Centre Inra – Bât 9 – RD 10 – 78026 Versailles Cedex – France

Tél. : +33.01.30.21.99.59 – Fax : +33.01.30.83.34.49 – Mail : [afpf.versailles@gmail.com](mailto:afpf.versailles@gmail.com)

Association Française pour la Production Fourragère