

Une estimation de la biomasse foliaire fourragère de *Pistacia lentiscus* et *Calycotome spinosa*, arbustes des subéraies en Algérie

L. Mebirouk-Boudechiche¹, L. Boudechiche¹, M. Chemmam²,
S. Djaballah³, I. Bouzouraa⁴, C. Cherif⁴

L'élevage est pratiqué depuis des temps immémoriaux dans les subéraies de l'extrême nord-est algérien qui sont aujourd'hui menacées de surpâturage. Comment évaluer le potentiel fourrager disponible pour mieux gérer l'offre fourragère ? Une méthode est proposée pour *Pistacia lentiscus* et *Calycotome spinosa*, deux espèces ligneuses très appréciées par les caprins.

RÉSUMÉ

Une méthode non destructive d'évaluation de la biomasse foliaire est proposée (à partir de la méthode des rameaux standard), en établissant des corrélations avec des mesures dendrométriques. Les régressions multiples sont les plus performantes : modèle logarithmique pour *Pistacia lentiscus* et corrélation de la biomasse foliaire avec la circonférence du tronc à 20 cm de hauteur, le diamètre moyen au sol du houppier et le nombre de branches de 15-18 mm de diamètre ; modèle exponentiel pour *Calycotome spinosa* et corrélation avec le grand diamètre, le nombre de branches de 20-30 cm de longueur et la circonférence du tronc à 20 cm de hauteur. La disponibilité fourragère a été estimée respectivement à 490 et 338 kg MS/ha au printemps. Plus des trois quarts de cette biomasse est accessible par les caprins, ce qui peut compromettre la régénération de ces espèces.

SUMMARY

An estimate of the foliar biomass accessible as forage produced by *Pistacia lentiscus* and *Calycotome spinosa*, two shrub species found in Algerian cork oak forests

Livestock graze in the cork oak forests found in far northeastern Algeria; at present, these forests are threatened by overgrazing. We propose an allometric technique that can be used to non-destructively evaluate the potential forage provided by *Pistacia lentiscus* and *Calycotome spinosa*, 2 woody shrubs highly preferred by goats. Specifically, multiple regression models including certain dendrometric measurements provide the most accurate estimates. For *P. lentiscus*, the best model for predicting foliar biomass is logarithmic and includes, as its independent variables, trunk circumference at 20 cm, the mean diameter of the canopy at ground level, and the number of branches of greater than 15-18 mm in diameter. For *C. spinosa*, the best model is exponential and includes maximum shrub diameter, the number of branches 20-30 cm long, and trunk circumference. The amount of forage available in the spring was estimated to be 490 and 338 kg DM/ha for *P. lentiscus* and *C. spinosa*, respectively. More than three-fourths of this biomass can be accessed by goats, which could limit these species' ability to regenerate.

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 : Université 8 Mai 1945 - Guelma, Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, Département d'écologie et génie de l'environnement, Guelma (Algérie)

3 : Département des sciences agronomiques, Université d'El Tarf, BP 73, 36000 El Tarf (Algérie)

4 : Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, Laboratoire des productions animales et fourragères, rue Hédi Karray, 2049 Ariana (Tunisie)

MOTS CLÉS : Algérie, *Calycotome spinosa*, composition chimique, composition morphologique, espèce ligneuse, fourrage, méthode d'estimation, parcours, pastoralisme, *Pistacia lentiscus*, production fourragère, zone sub-humide.

KEY-WORDS : Algérie, *Calycotome spinosa*, chemical composition, estimation method, forage, forage production, morphological composition, pastoralism, *Pistacia lentiscus*, rangelands, sub-humid region, woody species.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Mebirouk-Boudechiche L., Boudechiche L., Chemmam M., Djaballah S., Bouzouraa I., Cherif C. (2015) : "Une estimation de la biomasse foliaire fourragère de *Pistacia lentiscus* et *Calycotome spinosa*, arbustes des subéraies en Algérie", *Fourrages*, 221, 77-83.

Les forêts méditerranéennes couvrent environ 81 millions d'hectares (9,4 % de la superficie forestière mondiale) et sont constituées d'une mosaïque d'essences forestières, principalement des feuillus (environ 60 % ; MUGNOZZA *et al.*, 2000). Certaines ont une importance écologique fondamentale, c'est le cas des subéraies qui occupent 2,7 millions d'hectares.

El-Tarf, qui se situe à l'extrême nord-est algérien, est l'une des principales wilayas forestières d'Algérie avec 166 311 ha de forêts (Direction Générale des Forêts, Algérie, 2009) et un taux de recouvrement de 60 % (pouvant atteindre 90 % dans certaines communes) (OUAKID, 1991).

La subéraie est une des formations végétales qu'on y rencontre ; d'une superficie de 130 000 ha (OUELMOUHOU, 2005), elle attire particulièrement notre attention du fait de son **importance socio-économique et de la richesse de son sous-bois dont les ressources végétales contribuent à alimenter le bétail**. En effet, l'élevage pastoral demeure l'une des bases de l'organisation économique et sociale des populations dans ces zones et l'élevage en forêt est pratiqué toute l'année, avec des fréquences différentes selon les saisons (OUELMOUHOU, 2005). Malheureusement, toutes les formations végétales de la région sont soumises à un **pâturage extensif non contrôlé**, aggravé par l'augmentation du cheptel (4 000 têtes aujourd'hui ; OUELMOUHOU, 2005). Ce type de pâturage, destructeur de la végétation, empêche la régénération du tapis végétal et **accentue la dégradation des ressources pastorales, spécialement des fourrages ligneux**, principales ressources pour le cheptel.

Ce constat explique l'objectif de cette étude qui vise à protéger le potentiel des ressources naturelles et à prévenir la dégradation de la couverture végétale et du sol. Le potentiel de deux ressources fourragères arbustives a été évalué en quantifiant d'abord leur biomasse foliaire totale puis la part utilisable par les caprins. Quels que soient leur nature et leur niveau de production, **les parcours ont une importance stratégique dans la conduite de l'élevage** puisque, non seulement ils procurent des fourrages de coût réduit, mais ils jouent également un rôle déterminant dans le mode de conduite des animaux et ont un impact positif sur leur santé et la qualité de leurs produits.

Pour **évaluer la biomasse de ces couverts**, plusieurs méthodes sont envisageables. Les méthodes de mesure directe de la biomasse foliaire des arbres et arbustes fourragers sont basées initialement sur la récolte intégrale des feuilles par abattage et/ou effeuillage des individus ; des mesures dendrométriques préalablement réalisées (PIOT *et al.*, 1980 ; CISSÉ, 1980 ; BILLE, 1980 ; POISSONET *et al.*, 1985 ; AZOCAR *et al.*, 1991) permettent éventuellement d'établir des équations de régression linéaire ou exponentielle.

Dans cette étude, nous avons fait le choix de **mettre au point une méthode non destructive de quantification de la biomasse foliaire**, méthode utilisant également des équations allométriques avec certains paramètres physiques des arbustes.

Par ailleurs, seule une partie de cette biomasse est consommée par les animaux ; nous avons donc évalué sur le terrain la part accessible par les caprins.

1. Matériel et méthodes

■ La zone d'étude

L'étude a été réalisée en zone sylvo-pastorale et plus exactement dans le sous-bois de la subéraie de la **wilaya d'El Tarf** (8° 11' de longitude est et 36° 47' de latitude nord). Cette région se situe dans l'**étage bioclimatique** de type **sub-humide à humide chaud**, avec des hivers doux et des étés secs. Les relevés climatiques des 20 dernières années indiquent des précipitations moyennes annuelles de 800 à 1200 mm, caractérisées par une grande irrégularité intra-annuelle. En effet, les précipitations mensuelles varient entre un maximum en décembre et janvier (respectivement 134,3 mm et 136,4 mm) et un minimum en juillet et août (4,0 mm et 13,3 mm). La température moyenne annuelle est de 19,2°C avec un maximum en août (27,3°C) et un minimum en janvier (13,0°C).

■ Le matériel végétal

Le matériel végétal est composé de **deux espèces ligneuses arbustives fourragères** : *Pistacia lentiscus*, famille des Anacardiaceae et *Calycotome spinosa*, famille des Fabaceae. Celles-ci ont été retenues en raison de leur importance fourragère soulignée par des enquêtes réalisées auprès d'éleveurs fréquentant la zone d'étude : ces arbustes fourragers sont **parmi les plus consommés par les caprins en système extensif**. Nos propres observations sur terrain ont confirmé le choix de ces deux espèces en raison de leur degré d'appétence élevé, de leur résistance aux conditions climatiques, de leur abondance et de leur disponibilité annuelle. **L'évaluation de la biomasse foliaire** de ces deux espèces a été **faite au printemps** (mois de mai), période coïncidant avec le maximum de production.

■ Méthode d'évaluation des biomasses foliaires

• Présentation de la méthode des rameaux standards

Pour éviter l'abattage des individus, nous avons choisi la méthode des rameaux standards (BAKKALI *et al.*, 2000 ; HOUMEY *et al.*, 2012). Pour chaque espèce, la biomasse est évaluée sur les rameaux standard. La récolte de biomasse consiste à prélever sur l'arbuste des touffes de branches choisies au hasard au niveau de chaque classe de branches identifiée.

Ces rameaux sont constitués de branches similaires en diamètre basal et en densité de feuillage pour *Pistacia lentiscus* ; nous avons retenu les **8 classes de diamètre** suivantes :]3-6] ; [6-9] ; [9-12] ; [12-15] ; [15-18] ; [18-21] ; [21-24] et au-delà de 24 mm. Pour *Calycotome spinosa*, les **classes** ont été **identifiées par la longueur des branches** au lieu de leur diamètre, comme l'ont préconisé

LAAR et AKCA (2007) in VINCKE (2011) ; nous avons ainsi retenu les 3 classes de longueur suivantes :]10-20] ; [20-30] et au-delà de 30 cm de longueur.

Au total et pour chaque espèce, 40 branches ont été échantillonnées par arbuste. Le poids sec moyen des branches choisies au niveau de chaque classe de branches est utilisé pour calculer le poids sec fourrager total de l'arbuste dont on connaît le nombre de classes et le nombre de brins par classe (BAKKALI *et al.*, 2000).

• Les mesures dendrométriques

Afin de dégager des corrélations entre la biomasse foliaire totale par arbuste et ses caractéristiques morphométriques, des mesures dendrométriques au cm près sont prises sur chaque individu de chaque espèce avant d'effectuer les coupes. Les paramètres mesurés sont : **la circonférence du tronc à 20 cm du sol (CT)**, **la hauteur totale (H)** de l'arbuste, **le recouvrement au sol du houppier en mesurant deux diamètres perpendiculaires (D1 et D2)**, le diamètre maximal et le diamètre orthogonal, en m) ; il est ensuite possible de calculer **la surface du houppier (SH)**, en m² par la formule suivante :

$$SH = 1/4\pi D1 \times D2$$

Le phytovolume de l'arbuste est calculé par la formule :

$$V = \pi R^2 H \text{ (BAKKALI } et al., 2000).$$

R désigne le rayon moyen de l'arbuste obtenu à partir de la moyenne des deux diamètres.

Le dénombrement des branches a été aussi utilisé comme paramètre morphométrique dans nos modèles de régression (ETIENNE, 1989).

Les mesures des paramètres morphométriques des arbustes et les mesures de la phytomasse aérienne totale ont été effectuées sur 21 arbustes de *Pistacia lentiscus* et 20 individus de *Calycotome spinosa*.

• Calcul du poids sec fourrager et estimation de la biomasse foliaire maximale

Après avoir coupé les branches, les feuilles sont pesées en totalité à l'état frais. Un échantillon de 50 g est retenu pour séchage à l'étuve jusqu'à poids constant et pesé. Les températures de séchage ont été maintenues à 50°C afin d'éviter la dénaturation des composés chimiques (MAKKAR et SINGH, 1991), notamment des protéines. Après séchage, ces échantillons ont été broyés en utilisant une grille de 1 mm puis conservés dans des flacons jusqu'aux analyses ultérieures.

Nous avons procédé ensuite à l'estimation de la **biomasse foliaire sèche à l'hectare** dans la zone étudiée, en estimant la densité d'arbustes à l'hectare et la biomasse foliaire moyenne par parcelle. Pour cela, nous avons délimité aléatoirement au niveau du sous-bois de la subéraie 5 placeaux de 10 x 10 m de surface (soit 100 m²) à l'intérieur desquels nous avons effectué un comptage total des arbustes dans le but de déterminer la fréquence de chaque espèce étudiée par rapport à l'ensemble des arbustes.

• Calcul de la biomasse foliaire accessible

Les modèles que l'on cherche à obtenir grâce aux mesures dendrométriques permettent d'estimer la production de biomasse foliaire totale (Bft) d'un individu végétal. Cependant, certaines parties du houppier sont inaccessibles à l'animal ; pour connaître la **biomasse foliaire accessible** (Bfa), c'est-à-dire la partie susceptible d'être réellement consommée par l'animal, nous avons utilisé la relation suivante pour chaque individu échantillonné (CHAIBOU *et al.*, 2012) :

$$Bfa = (Bft).(Va/Vt)$$

avec Vt : volume total du houppier (m³) ; Va : volume du houppier accessible (m³) ; Bft : biomasse foliaire totale (kg MS) ; Bfa : biomasse foliaire accessible (kg MS).

Cependant, l'accessibilité des feuilles dépend de deux facteurs essentiels (CHAIBOU *et al.*, 2012) :

- **La hauteur disponible du houppier** qui détermine ce qui est appelé arbitrairement la « disponibilité » des feuilles. Elle permet de calculer la biomasse foliaire disponible (Bfd) ; elle dépend de l'espèce animale considérée et plus précisément de sa hauteur de prise alimentaire. La hauteur seuil (maximale) a été déterminée à 1,40 m pour les caprins, comme hauteur au-delà de laquelle les feuilles ne sont plus « disponibles » pour eux. Elle a été déterminé en effectuant 10 fois la mesure de la hauteur entre le sol et la branche la plus haute broutée par 10 caprins dressés sur leurs pattes et ce, sur des arbres différents ; cette hauteur est en moyenne de 1,40 m. Nous avons aussi calculé la hauteur de la plus basse branche des arbustes des 2 espèces se trouvant à l'intérieur des placeaux. Ainsi, le volume du houppier disponible (Vd) correspond à la partie située entre 1,40 m et la plus basse branche de l'arbuste.

- **La pénétrabilité du houppier**, liée à l'espèce végétale ligneuse, détermine l'accès aux feuilles « disponibles » et permet de calculer ce qui est qualifié de « biomasse foliaire accessible » (Bfa). La pénétrabilité du houppier est la profondeur atteinte par l'animal dans le houppier. Pour l'évaluer, il a fallu déterminer, d'abord par observations et par mesure *in situ* pour chaque espèce ligneuse, la profondeur (dans le houppier) approximative moyenne pour laquelle les rameaux et feuilles étaient atteints par l'animal.

Puis après nous avons calculé le volume accessible (Va). Il a été considéré, compte tenu de la taille et de la forme des houppiers des deux espèces étudiées (élargie pour *Pistacia lentiscus* et ouverte pour *Calycotome spinosa*), que le volume disponible était entièrement accessible (Va = Vd).

■ Composition chimique des feuilles d'arbustes

Les échantillons du matériel végétal prélevé, pour chaque espèce d'arbuste, ont été analysés pour déterminer leurs teneurs en matière sèche (MS) et en matière minérale (MM), en matières azotées totales et en fibres

Espèces	N*	H* (m)		CT* (mm)		SH* (m ²)		D* (m)	
		R ²	P	R ²	P	R ²	P	R ²	P
<i>Pistacia lentiscus</i>	21	25 %	0,02	3 %	0,492	70 %	0,0001	70 %	0,0001
<i>Calycotome spinosa</i>	20	23 %	0,03	0,8 %	0,716	22 %	0,04	24 %	0,03

* N : effectif ; H : hauteur de l'arbuste ; CT : circonférence du tronc ; SH et D : surface et diamètre au sol du houppier

TABLEAU 1 : Matrices de corrélation des régressions linéaires simples entre les paramètres dendrométriques et les biomasses foliaires totales de *Pistacia lentiscus* et de *Calycotome spinosa*.

TABLE 1 : Results of the simple linear regressions between total foliar biomass and the dendrometric measurements for *Pistacia lentiscus* and *Calycotome spinosa*.

totales (cellulose brute) selon les procédures de l'AOAC (1990). 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 équivalent d'acide tannique par kg MS.

■ Analyse statistique des données

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel Minitab (version 15). Après la transformation logarithmique (logarithme décimal) des données collectées, nous avons établi les corrélations entre la biomasse foliaire et les autres paramètres physiques. Le modèle logarithmique est fréquent dans la littérature, précis dans les prévisions, ne nécessite pas un grand nombre d'échantillons et utilise des paramètres faciles à mesurer (TER-MIKAEIAN et KORZUKHIN, 1997). Nous avons aussi testé le modèle exponentiel pour l'estimation de la production foliaire de *Calycotome spinosa*.

Diverses équations de régression simples et multiples entre la phytomasse et les paramètres physiques ont été établies afin de déterminer les biomasses foliaires de chacune des espèces étudiées. La force d'association entre deux variables a été estimée par le coefficient de détermination R².

2. Résultats et discussion

■ Équations obtenues par régression simple

Nous avons testé des régressions simples entre la biomasse foliaire et les différents paramètres mesurés, à savoir, la hauteur de l'arbuste (H), la circonférence du tronc (CT), la surface du houppier (SH) et le diamètre moyen au sol du houppier, $D = (D1 + D2)/2$.

Les matrices de corrélations (tableau 1) indiquent qu'il existe une faible corrélation entre la hauteur et la biomasse foliaire totale des deux espèces (R² de 25 et 23 % respectivement pour *Pistacia lentiscus* et *Calycotome spinosa*) et, **uniquement pour *Pistacia lentiscus*, une relation positive et très significative entre la phytomasse foliaire totale et la surface du houppier, de même que le diamètre moyen au sol du houppier** (R² = 70 % pour chacun des deux paramètres).

Le paramètre hauteur ne serait donc pas assez fiable pour l'estimation de la biomasse foliaire des deux espèces étudiées, contrairement à *Balanites aegyptiaca*, pour lequel CISSÉ (1980) trouve que la hauteur est le meilleur paramètre pour estimer sa biomasse foliaire.

BOGNOUNOU *et al.* (2008) ont aussi trouvé une relation forte entre la biomasse foliaire sèche et la surface du houppier chez *Azizelia africana*, *Daniellia oliveri*, *Ficus sycomorus* subsp. *gnaphalocarpa*, *Pterocarpus erinaceus* et *Sterculia setigera*.

Espèce	N	Equation de régression*	R ²	P
<i>Pistacia lentiscus</i>	21	Bft = 0,224 - 0,349 CT + 0,922 D + 0,379 E	88 %	< 0,0001
<i>Calycotome spinosa</i>	20	Bft = 0,211 + 0,316 D1 + 0,0735 B - 0,107 CT	76 %	< 0,0001

* CT : circonférence du tronc ; D : diamètre moyen au sol du houppier ; E : nombre de branches de diamètre 15 - 18 mm
D1 : grand diamètre nord-sud ; B : nombre de branches de longueur 20 - 30 cm

TABLEAU 2 : Equations de régressions multiples obtenues entre la biomasse foliaire totale (Bft, kg de MS) et les paramètres dendrométriques des 2 espèces ligneuses.

TABLE 2 : Best-fit multiple regression equations describing the relationship between total foliar biomass (Bft, kg DM) and the dendrometric measurements of the 2 woody species studied.

En outre, MONTES *et al.* (2000) in BOGNOUNOU *et al.* (2008) ont mis en évidence l'utilisation de la forme du houppier des espèces végétales pour estimer la biomasse foliaire. L'utilisation de ce paramètre améliore la fiabilité de l'estimation de cette phytomasse. En effet, lorsqu'une utilisation fourragère réduit la biomasse foliaire d'un arbre ou d'un arbuste en l'émondant ou en l'ébranchant, elle réduit directement la surface du houppier, alors que la circonférence du tronc et souvent la hauteur de la plante restent invariables.

Cette relation pourrait donc servir de base pour *Pistacia lentiscus* afin de prévoir sa production de biomasse foliaire. L'équation de prévision de la biomasse foliaire totale (Bft) obtenue dans la présente étude pour cette espèce en fonction de la surface du houppier est :

$$\text{Bft} = -0,0743488 + 0,789064 \text{SH}$$

Les relations entre phytomasse foliaire et circonférence du tronc ne sont pas significatives pour les deux espèces ($P > 0,05$), bien que ce paramètre soit l'une des variables les plus utilisées dans l'estimation de la biomasse foliaire des plantes sous la forme DBH (*diameter at breast height*, diamètre du tronc à hauteur de poitrine ; TER-MIKAELIAN et KORZUKHIN, 1997).

BOGNOUNOU *et al.* (2008) ont trouvé une relation très forte entre la biomasse foliaire sèche et la circonférence du tronc chez certaines espèces ligneuses : *Azalia africana*, *Ficus sycomorus subsp. gnaphalocarpa*, *Sterculia setigera*, *Pterocarpus erinaceus* et *Daniellia oliveri*. De même, CISSÉ (1980) a trouvé que la relation entre la biomasse foliaire et la circonférence du tronc est meilleure chez *Acacia seyal*, *Commifora Africana*, *Faidherbia albida*, *Pterocarpus lucens* et *Ziziphus mauritiana* par rapport à la hauteur et la surface du houppier.

■ Équations obtenues par régression multiple

Puisque pour *Calycotome spinosa* les corrélations obtenues avec les régressions simples étaient faibles, nous avons établi des régressions multiples afin de prédire au mieux leur biomasse foliaire (tableau 2). L'analyse des données montre que **la circonférence du tronc (CT), le diamètre moyen au sol du houppier (D) et le nombre de branches dont le diamètre est compris entre 15-18 mm sont les paramètres les plus intéressants pour construire l'équation de prévision de la phytomasse foliaire totale de *Pistacia lentiscus***. En outre, le **modèle logarithmique** donne les meilleurs résultats.

La régression linéaire multiple de la phytomasse foliaire en fonction de la circonférence du tronc (CT), du diamètre moyen au sol du houppier (D) et du nombre de branches dont le diamètre est compris entre 15-18 mm montre une valeur élevée obtenue pour le coefficient de détermination (88 %). Ainsi, 88 % de la variabilité de la phytomasse est expliquée par la liaison avec ces paramètres et, de ce fait, il y a une force d'association importante entre la phytomasse foliaire maximale et ces paramètres.

Espèce	Fréquence (%)	Espèce	Fréquence (%)
<i>Pistacia lentiscus</i>	31,50	<i>Phillyrea media</i>	3,20
<i>Calycotome spinosa</i>	19,63	<i>Rubus fruticosus</i>	12,07
<i>Erica arborea</i>	10,52	<i>Quercus coccifera</i>	8,55
<i>Myrtus communis</i>	8,20	<i>Olea europea</i>	6,33

TABLEAU 3 : Fréquence des espèces arbustives du sous-bois de la zone d'étude.

TABLE 3 : *Shrub abundance in the understory in the study area.*

Pour *Calycotome spinosa*, la meilleure régression ($R^2 = 76\%$) a été obtenue avec **le grand diamètre (D1), le nombre de branches dont la longueur est comprise entre 20 et 30 cm (B) et la circonférence du tronc (CT)**. Ainsi, la force d'association entre biomasse foliaire totale et ces paramètres est meilleure pour cette espèce, pour laquelle le modèle exponentiel est le plus performant et donne les meilleures corrélations.

HOUMEY *et al.* (2012) ont aussi rapporté que les régressions multiples étaient les plus performantes pour prédire la biomasse foliaire totale de *Maerua crassifolia*.

■ Productivité foliaire des arbustes

Les modèles de régression établis pour déterminer les biomasses foliaires maximale et accessible pour chaque espèce montrent que *Pistacia lentiscus*, qui est une espèce prédominante dans le maquis de la zone d'étude, avec une fréquence de 31,5 % (tableau 3), permet une production fourragère de 490 kg MS/ha ; en outre, elle contribue à une biomasse foliaire accessible importante pour les animaux (435 kg MS/ha ; tableau 4).

Calycotome spinosa offre une biomasse foliaire totale importante (338,4 kg MS/ha) mais moindre que celle permise par *Pistacia lentiscus*. Il en est de même pour sa biomasse foliaire accessible (tableau 4).

Les deux espèces, très appréciées par les animaux des maquis, offrent une disponibilité fourragère relativement importante (tableau 4) en raison de leurs densités moyennes importantes à l'hectare (respectivement 520 et 90 pieds/ha pour *Pistacia lentiscus* et *Calycotome spinosa*) qui font d'elles des composantes essentielles du cortège floristique de la subéraie au niveau de la région d'étude (CCIA, 1973, cité par OUELMOUHOUB, 2005).

Espèce	N	Vt* (m ³)	Va* (m ³)	Bft* (kg MS/ha)	Bfa* (kg MS/ha)
<i>Pistacia lentiscus</i>	21	5,71	5,24	490	435
<i>Calycotome spinosa</i>	20	3,63	3,00	338,4	259,2

* Vt : volume total du houppier ; Va : volume du houppier accessible
Bft : biomasse foliaire totale ; Bfa : biomasse foliaire accessible

TABLEAU 4 : Estimations de 2 paramètres et des biomasses foliaires des 2 espèces ligneuses.

TABLE 4 : *Estimates of 2 measurements and foliar biomass for the 2 woody species studied.*

Par sa forte fréquence, *Pistacia lentiscus* apporte une production totale en biomasse foliaire nettement plus élevée que *Calycotome spinosa* ; de plus, les feuilles de *Pistacia lentiscus* comportent 10-12 folioles alors que celles de *Calycotome spinosa* n'en comportent que 3 de taille beaucoup plus réduite. Enfin, la présence massive d'épines chez *Calycotome spinosa* ne contribue pas à accroître la biomasse foliaire de cette espèce.

L'examen du tableau 4 montre que **le volume total est presque entièrement accessible chez ces deux espèces**. Cette particularité peut être liée au type de port buissonnant et à la taille des individus qui dépassent rarement les 2-3 m ; ils constituent donc une source alimentaire aussi disponible qu'importante pour le cheptel animal pâturant en forêt, d'autant plus que les deux espèces sont en feuille presque toute l'année. Ceci **n'est pas sans conséquences sur la production fourragère et la pérennité des deux espèces** qui risquent d'être brouées de façon excessive.

Peu de travaux sur l'évaluation de la production foliaire de ligneux utilisés comme fourrages ont été réalisés. Ceux cités dans la bibliographie se sont intéressés plus particulièrement aux arbustes des zones arides et semi-arides (CHAIBOU *et al.*, 2012 ; HOUMEY *et al.*, 2012), à ceux des régions tropicales humides (VINCKE, 2011) et des régions humides du Maroc (EZZAHIRI et BELGHAZI, 2002). Globalement, les valeurs moyennes trouvées en biomasse foliaire totale dans la présente étude pour ces deux espèces (414,2 kg MS/ha) sont largement supérieures à celles avancées pour les arbustes fourragers des zones mentionnées ci-dessus (99,3 kg MS/ha pour le chêne vert, 13,4 kg MS/ha pour *Acacia raddiana* et 55,1 kg MS/ha pour *Maerua crassifolia*). Cette différence serait sans doute imputable à la nature de l'espèce végétale étudiée, de même qu'aux conditions climatiques.

Les résultats trouvés dans cette étude avancent des productions en biomasse foliaire correspondant à celles produites au maximum de végétation (au mois de mai) ; **il serait intéressant de les estimer à d'autres périodes** et notamment au cours de la saison sèche durant laquelle les ressources fourragères en forêt sont très convoitées car elles deviennent de plus en plus rares en plaine.

Les équations allométriques varient en fonction de l'âge, de la phénologie des plantes et de la pression du pâturage (CISSÉ, 1980 ; AZOCAR *et al.*, 1991). Ainsi, dans un milieu à vocation pastorale, elles peuvent constituer

un bon indicateur pour évaluer les fonctions de production des écosystèmes pâturés.

■ Composition chimique du feuillage des deux ligneux fourragers

La particularité de *Calycotome spinosa* réside dans le fait que son **feuillage est très riche en protéines brutes** (33,7 % de la MS, tableau 5), ce qui fait de cette légumineuse un excellent supplément protéique pour les fourrages de mauvaise qualité et les sous-produits fibreux. Malheureusement, cette espèce est **aussi excessivement riche en phénols et en tanins totaux**, des facteurs antinutritionnels qui diminuent la digestibilité des nutriments. Cependant, NARJISSE et EL HANSALI (1985) ont confirmé que les caprins avaient la capacité de valoriser les rations riches en tanins. Sur ce point, seuls des essais de digestibilité du feuillage des deux espèces étudiées pourraient confirmer ou infirmer ces résultats.

Les résultats avancés par BOUBAKER *et al.* (2004) concernant les taux en MAT de *Pistacia lentiscus* (prélevés dans le nord-ouest tunisien) sont similaires aux nôtres (8,01 vs 7,8 %) ; il n'en est pas de même pour ses teneurs en composés phénoliques qui sont deux fois plus élevées (9,11 vs 18,39 %).

La composition chimique diffère selon les saisons et aussi selon les écosystèmes ; cette campagne d'analyse de la composition n'est donc qu'une première approche qui mérite d'être approfondie mais elle confirme l'intérêt potentiel de ces deux espèces.

Conclusion

La présente étude a permis d'établir des équations d'évaluation de la biomasse foliaire totale de deux ligneux caractéristiques de la zone humide de l'extrême nord-est algérien, qui font partie du système alimentaire des caprins, et ce, à partir d'estimations visuelles et de mesures de paramètres physiques sans atteindre l'intégrité physique de la plante. Cette méthode présente l'avantage de ne pas être destructive, d'être économique en temps et moins coûteuse en moyens humains, précise et indiquée pour des environnements menacés ou naturels. Cependant, elle ne peut être appliquée pour certaines espèces dont les mesures dendrométriques sont impossibles à réaliser sur le terrain comme, par exemple,

Espèce	MS*	MM*	MAT*	CB*	PhT*	TT*
	(g)	(g/kg MS)	(g/kg MS)	(g/kg MS)	(g éq. acide tannique/kg MS)	
<i>Pistacia lentiscus</i>	493,3	81,7	80,1	25,17	90,18	74,62
<i>Calycotome spinosa</i>	282,0	73,9	337,0	17,60	119,43	83,68

* MS : matière sèche ; MM : matières minérales ; MAT : matières azotées totales ; CB : Cellulose brute ; PhT : Phénols totaux ; TT : Tanins totaux

TABLEAU 5 : Composition chimique du feuillage des 2 espèces ligneuses.

TABLE 5 : Chemical composition of the foliage of the 2 woody species studied.

les grands arbres à contreforts (leur diamètre à hauteur de poitrine n'est pas mesurable) dont la prédiction de biomasse pose un véritable problème. De même, les arbres creux, les figuiers étranglants, les baobabs ou les grandes épiphytes sont autant d'espèces pour lesquelles la méthode non destructive ne peut être appliquée.

Bien que l'étude menée soit un prélude à la détermination de la biomasse foliaire du sous-bois de la subéraie, elle a toutefois mis en évidence la différence de production foliaire entre les deux espèces ligneuses avec une supériorité pour *Pistacia lentiscus*. Cependant, plus des trois quarts du volume total du houppier des deux espèces étant accessible aux caprins, leur régénération est mise en danger. Toutes les formations végétales de la région d'étude, et particulièrement de la subéraie, sont menacées de dégradation, car elles sont soumises au surpâturage des jeunes semis et des arbustes fourragers. En outre, le rôle du bétail (les chèvres en particulier) contribue à la diminution des ressources en bois et la dégradation de la forêt en empêchent les jeunes pousses de chêne liège de se développer, ce qui met en concurrence les exploitations pastorale et forestière.

D'autres mesures et observations seraient utiles pour mieux connaître l'intérêt fourrager de cet écosystème forestier (en particulier celui des espèces étudiées) ainsi que le comportement alimentaire des caprins vis-à-vis de ces fourrages (notamment les quantités de feuilles consommées), afin de maintenir les peuplements de ces deux espèces en sous-bois et l'équilibre de l'écosystème.

Accepté pour publication,
le 12 janvier 2015

Remerciements à la Direction Générale des Forêts (DGF) de la wilaya d'El Tarf pour l'aide apportée sur le terrain.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AOAC (1990) : *Official Methods of Analysis*, Association of Official Analytical Chemists, 15th ed., Washington, D.C. USA.
- AZOCAR P., LAIDHACAR S., PADIALLA F., ROJA.H. (1991) : "Méthode d'évaluation de la phytomasse utilisable des arbustes fourragers *Atriplex repanda* et *Flowiensi thurifera*", Actes du IV^e Congr. Int. Terres de Parcours, Montpellier, France, 22 - 26 avril 1991, vol. 2, 512-514.
- BAKKALI M., QARRO M., DIOURI M., BARBERO M., BOURBOUZE A. (2000) : "Phytomasse aérienne du cytise de Battandier (*Argyrocythus battandieri* Maire) dans le Moyen Atlas marocain", *Fourrages*, 162, 169-179.
- BILLE J.C. (1980) : "Mesure de la production primaire appétée des ligneux", Le Houerou H.N. éd., *Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances*, Addis-Abeba (Éthiopie), 8-12 avril 1980, CIPEA, 183-193.
- BOGNOUNOU F., SAVADOGO M., BOUSSIM I.J., GUINKO S. (2008) : "Equations d'estimation de la biomasse foliaire de cinq espèces ligneuses soudanaises du Burkina Faso", *Sécheresse*, 19 (3), 201-205.
- BOUBAKER A., BULDGEN A., KAYOULI C. (2004) : "Composition chimique et teneurs en composés phénoliques des espèces arbustives du nord-ouest tunisien", Ferchichi A. éd., *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens, Cahiers options méditerranéennes*, n°62, CIHEAM, Zaragoza, 315-317.
- CHAIBOU M., FAYE B., ALI M., VIAS G. (2012) : "Evaluation du potentiel fourrager aérien du bassin laitier d'Agadez au Niger en Afrique de l'Ouest", *Bull. Rech. Agron. du Bénin (BRAB)*, 71, 1-12.
- CISSÉ M.I. (1980) : "The browse production for some trees of the Sahel : relationships between maximum foliage biomass and various physical parameters", Le Houerou H.N. éd., *Browse in Africa*, Addis Ababa (Éthiopie), 8-12 avril 1980, CIPEA, 203-208.
- ETIENNE M. (1989) : "Non destructive methods for evaluating shrub biomass: a review", *Acta Oecologica, Oecol. Applic.*, 10 (2), 115-128.
- EZZAHIRI M., BELGHAZI B. (2002) : "Biomasse foliaire du chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) en tant que ressource fourragère : exemple des chênaies du Moyen-Atlas, du plateau central et du Maroc oriental", *Sécheresse*, vol. 13, n°3, 181-185.
- HOUMEY V.K., SARR O., BAKHOUM A., DIATTA S., AKPO L.E. (2012) : "Estimation de la production fourragère d'un ligneux sahélien, *Maerua Crassifolia* Forsk", *J. Applied Biosci.*, 59, 4349-4357.
- 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 Technology*, 37, 185-187.
- 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.
- MUGNOZZA G.S., OSWALD H., PIUSSI P., RADOGLU K. (2000) : "Forests of the Mediterranean region: Gaps in Knowledge and research needs", *Forest ecology of Management*, 132, 97-109.
- NARJISSE H., EL HANSALI. M. (1985) : "Effect of tannins on nitrogen balance and microbial activity of rumen fluid in sheep and goats", *Annales Zootechnie*, 34, 485-485.
- OUAKID M.L. (1991) : *Etude d'un ravageur des forêts: Lymantria dispar* (Lepidoptera, Lymantriidae). *Bio-écologie dans la forêt de la Gourrah. Action des facteurs écologiques et activité du Thuricide HP et du Dimilin*, Mémoire de Magister, Université d'Annaba (Algérie), 87 p.
- OUELMOUHOUB. S. (2005) : "Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie)", *Série Master of science*, n°78, Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier, 130 p.
- PIOT J., NEBOUT J.P., NANOT R., TOUTAIN B. (1980) : *Utilisation des ligneux Sahéliens par les herbivores domestiques. Étude quantitative dans la zone sud de la mare d'Oursi (Haute-Volta)*, Maisons-Alfort, France, IEMVT, 217 p.
- POISSONET J., GILLET H., TOURE A.I., GABARET M. (1985) : *Aide-Mémoire : Méthodologie pour l'étude des pâturages sahéliens*, Form. Aménage. Pastoral Intégré au Sahel, Dakar, 28 p.
- TER-MIKAELIAN M.T., KORZUKHIN M.D. (1997) : "Biomass equations for sixty-five North American tree species", *Forest ecology of Management*, 97, 1-24.
- VINCKE D. (2011) : *Elaboration d'une méthodologie d'estimation de la biomasse ligneuse aérienne de populations d'espèces commerciales du sud-est du Cameroun*, Master bioingénieur, Gembloux Agro-Bio Tech., 75 p.



Association Française pour la Production Fourragère

La revue *Fourrages*

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

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

Association Française pour la Production Fourragère