



## Estimation de la production fourragère d'un ligneux sahélien, *Maerua Crassifolia* Forsk.

Vilawoè Kayi HOUMEY<sup>1\*</sup>, Oumar Sarr<sup>1</sup>, Amy Bakhoum<sup>1</sup>, Sékouna Diatta<sup>1</sup>, Léonard Elie AKPO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Ecologie Végétale et d'Eco-hydrologie, Faculté des Sciences et Techniques/Université Cheikh Anta Diop de Dakar, BP 5005 Dakar (Sénégal)

\* Correspondance : E-mail : [josita\\_houmey@yahoo.fr](mailto:josita_houmey@yahoo.fr)

Original submitted in on 18<sup>th</sup> September 2012. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 30<sup>th</sup> November 2012.

### RÉSUMÉ

**Objectif:** L'objectif de notre étude est de fournir des équations d'estimation de la biomasse foliaire de *M. crassifolia*, un ligneux fourrager sahélien très apprécié en utilisant une méthode non destructive.

**Methodologie et résultats:** L'étude a été menée dans la plantation de *M. crassifolia* installée au jardin botanique du département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques /Université Cheikh Anta Diop de Dakar (FST/UCAD). Pour évaluer la production fourragère nous avons coupé les branches des individus, mesuré la longueur et le diamètre et pesé les différentes parties consommables. Nous avons ensuite utilisé les relations allométriques entre les données dendrométriques (longueur, diamètre) et la biomasse foliaire pour estimer la production de matière sèche foliaire et enfin nous avons calculé la production fourragère.

**Conclusion et application:** Le diamètre présente une meilleure corrélation avec la biomasse que la longueur. Le modèle de prédiction de la phytomasse foliaire en fonction du diamètre est  $P = 0,21D^{2,31}$ . La production fourragère moyenne utilisable de l'espèce est de 13,55 Kg MS/ha. Les avantages de cette équation est sa fiabilité, l'évaluation de la biomasse foliaire par espèce ou par peuplement d'espèces et son application rapide et non destructive.

**Mots clés:** Biomasse foliaire, diamètre, longueur, relations allométriques.

### Forage production of a fodder tree sahelian *Maerua Crassifolia* Forsk.

#### Abstract

**Objective:** The objective of our study is to provide equations of estimate of the leaf biomass of *M. crassifolia*, a Sahelian woody fodder very palatable by using a quasi not destroying method.

**Methodology and Results:** Study was led in the plantation of *M. crassifolia* located in the botanical garden of the Department of plant Biology of the FST / UCAD. To evaluate fodder production we cut the branches of the individuals, measured the length and the diameter and weighed the different edible parties. We used the allometric relationships between data mensuration (length, diameter) and leaf biomass.

**Conclusion and application of findings:** The diameter has a better correlation with biomass than length. The prediction model based on leaf phytomass of diameter is  $P = 0,21D^{2,31}$ . Forage production medium used in this case is 13.55 kg DM / ha. The advantages of this equation is their reliability, the assessment of leaf biomass by species or species population and their not destroying and quick application.

Keywords: leaf biomass, diameter, length, allometric relationships.

## INTRODUCTION

Les arbres et arbustes jouent un rôle polyvalent dans les systèmes de production. Outre leurs fonctions écologiques et économiques, ils ont des significations sociales et culturelles. Sources de fourrage, les feuilles, les fleurs, les fruits constituent un appoint important à l'alimentation du bétail et d'une partie de la faune sauvage (Von Maydell, 1990). En saison sèche, les peuplements ligneux fournissent aux bovins, ovins et caprins les compléments protéiques et vitaminiques indispensables à leur survie (Le Houerou 1980, Breman et al. 1991). Les bergers mettent le feuillage à la disposition de leur bétail par émondage ou ébranchage répétant parfois l'action sur le même sujet plusieurs années de suite. Ces pratiques réduisent dangereusement, et dans certains cas de façon irréversible, le peuplement de certaines espèces fourragères. Il est donc indispensable d'avoir une bonne appréciation de la production fourragère des ligneux pour une meilleure prévision de la capacité de charge. Dans ces dernières décennies, des efforts considérables de recherches ont été faits dans le domaine des estimations de la biomasse des arbres et arbustes (Cissé 1980, Návar et al. 2004). Le choix de la méthode et du modèle mathématique d'ajustement des paramètres doit être considéré judicieusement quand on veut estimer la biomasse des plantes ligneuses. Les méthodes destructives (Cissé 1980, Zabek et Prescott, 2006) fournissent en fait des répertoires d'équations d'évaluation de la biomasse par espèce qui s'utilisent de façon non destructive, une fois établies. Ces méthodes sont précises mais destructives, fastidieuses, très coûteuses en temps, en ressources financières et humaines. Quant aux méthodes non destructives, elles établissent les équations d'évaluation de la biomasse à partir des estimations visuelles et des mesures de paramètres physiques sans atteindre l'intégrité physique de la plante (Andrew et al. 1979, Savadogo et Elfving 2007). Ces dernières

méthodes ont l'avantage de ne pas être destructives, et d'être moins coûteuses, précises et indiquées pour des environnements menacés ou naturels.

Plusieurs modèles d'estimation de la biomasse des plantes existent (Zabek et Prescott, 2006). Spedding (1970) définit un modèle comme une abstraction de la situation réelle. C'est une représentation simplifiée d'une réalité complexe exprimant les relations qui existent entre les éléments du système envisagé par l'emploi d'expressions mathématiques ou informatiques, offrant suffisamment d'analogies de fonctionnement avec le système étudié pour permettre des prévisions. Un système réel peut être imité via un modèle mathématique, et les manipulations peuvent ainsi être contrôlées facilement. Le modèle logarithmique est le plus fréquent dans la littérature (Ter-Mikaelian et Korzukhin 1997) avec une équation générale de la forme  $P = aX^b$  (souvent présentée sous la forme logarithmique) où  $P$  est le poids sec prévu de la biomasse foliaire en kg,  $X$  les différents paramètres corrélés avec la biomasse foliaire,  $a$  le coefficient de régression et  $b$  la constante de régression. L'objectif de notre étude est d'estimer de la production foliaire de *M. crassifolia*, un ligneux fourrager sahélien très apprécié. Pour la collecte des données nous avons coupé les branches des individus, mesuré la longueur et le diamètre et pesé les différentes parties consommables. Cette méthode est moins destructive que les méthodes qui passent par l'abattage des individus. Nous avons utilisé les relations allométriques pour établir les équations d'évaluation de la biomasse foliaire. Ce modèle est précis dans les prévisions, ne nécessite pas un grand nombre d'échantillons et utilise des paramètres faciles à mesurer (Ter-Mikaelian et Korzukhin, 1997).

## MATERIEL ET METHODES

**La zone d'étude :** Notre étude a été réalisée dans la plantation de 4 ans de *Maerua crassifolia*, de 400 m<sup>2</sup>, installée dans le jardin botanique du département de biologie végétale de la Faculté de Sciences et Techniques (FST) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Le climat est de type tropical caractérisé par deux saisons principales :

- une saison des pluies, courte s'étendant de Juillet à Octobre;
- une saison sèche plus longue subdivisée en sous saison froide de Novembre à Février et sous saison chaude de Mars à Juin (Tableau 1).

**Tableau 1 :** Principaux facteurs climatiques représentatifs du jardin botanique de la FST/UCAD de 1996 à 2008; Moy. An = moyenne annuelle (source : Météorologie Nationale, Dakar-Yoff, 2008).

Années 1996-2008	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct.	Nov	Dec	Moy. An
Température moyenne	21,8	21,8	22,2	22,2	23,6	26,5	27,8	28	28,2	28,5	27,2	24,4	25,2
Température maximale	25,4	25,5	25,8	25,1	26,3	29,1	30,3	30,6	31,1	31,3	30,5	28,1	28,3
Température minimale	18,3	18,2	18,6	19,3	21	23,9	25,3	25,4	25,3	25,7	24	20,6	22,1
Humidité relative moyenne	67,6	69,6	73,4	78,6	79	77,2	76,5	79,7	81,6	78	69,2	65,1	74,6
Humidité relative maximale	87,2	89,1	90,4	91,9	91,1	88,5	86,5	89,4	92,1	90,7	87,4	86,1	89,2
Humidité relative minimale	47,9	50	56,3	65,4	66,9	66	66,4	70,1	71,1	65,3	51,1	44,2	60,1
vitesse des vents (m/s)	11,8	11,9	12,8	12,9	11,3	11,3	10,7	16,8	15,8	12,9	11,1	11,8	12,6
Insolation (h/j)	7,7	7,8	8,2	8,3	8,6	7,1	6,7	7	7	8,1	8	7,1	7,6
Pluviométrie (mm)	3,5	0,6	0	0	0	13,6	75,3	144,4	124	36,2	0,5	0,1	398,2
Evaporation (mm)	143	130	146	131	136	136	142	117	103	125	136	152	133

Dans cette zone les précipitations sont peu abondantes et connaissent une grande variabilité inter annuelle. La moyenne pluviométrie de 1996 à 2007 est de 398,2mm par an. La température moyenne annuelle la plus élevée oscille autour de 28,3°C ; la moyenne annuelle minimale est de 22,1°C et la température moyenne annuelle de ces douze dernières années est de 25,2°C.

**Matériel végétal :** Le matériel végétal est composé d'une espèce ligneuse et fourragère : *Maerua crassifolia* Forsk.. Le choix est porté sur cette espèce en raison de son importance fourragère, sa résistance aux conditions climatiques les plus défavorables et de sa disponibilité annuelle.

**Méthode d'étude :** La structure des populations a été établie sur la base d'inventaire exhaustif de notre parcelle d'expérimentation de 20x20, soit 400 m<sup>2</sup>. Sur les 55 individus choisis, nous avons mesuré la circonférence du tronc à 0,30 m du sol (Akpo et

Grouzis 1996), la hauteur totale, le diamètre (Nord-Sud, Est-Ouest) de la couronne, l'espace entre les pieds est fixe et égal à 1,5 m. Nous avons choisi différents types de branches définies pour représenter l'arbre. Nous avons ensuite mesuré la longueur, le diamètre des rameaux et récolté toutes les feuilles. Pour chaque branche ou rameau, toutes les feuilles récoltées ont été pesées (figure 1) à l'aide d'un peson à ressort et d'une balance de précision. Des échantillons ont été prélevés par rameau, ramenés au Laboratoire. Nous avons pesé les différentes parties récoltées et séché 100g de matière fraîche pour déterminer la teneur en matière sèche. Cette méthode des branches standard nous a permis d'établir les équations de régression de type puissance et linéaire reliant la phytomasse par branche à la circonférence basale et à la longueur des branches correspondantes.

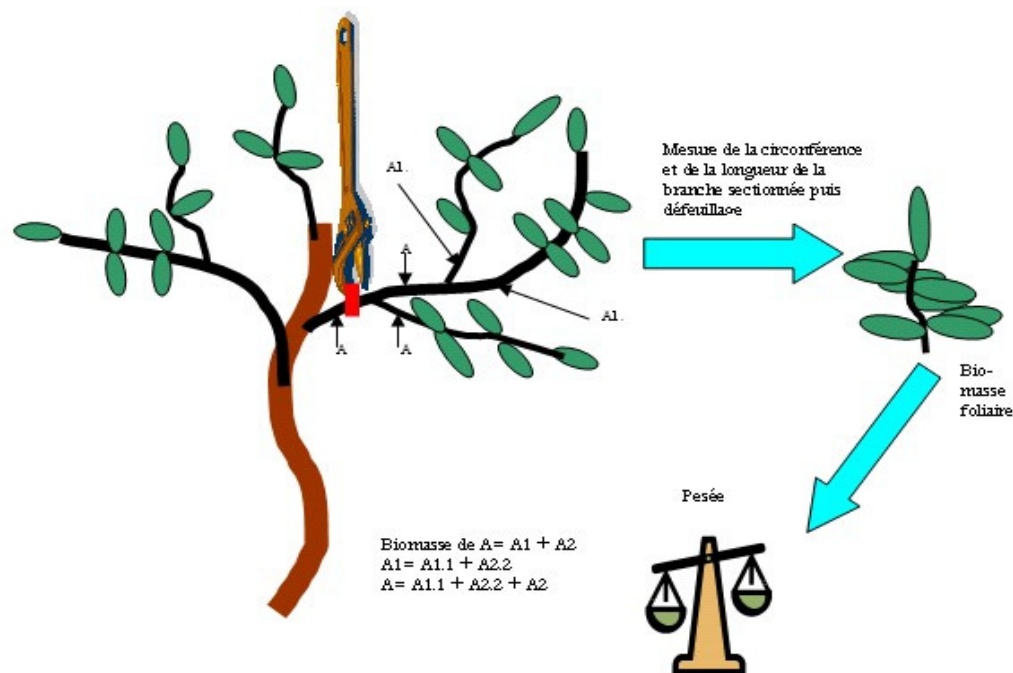


Figure 1 : Principe de mesure de la biomasse foliaire sur le terrain (Ngom, 2008)

**Analyse des données :** Les données ont été enregistrées avec le tableur Excel et les analyses statistiques effectuées avec le logiciel XLSTAT 2010. Diverses équations de régression simples et multiples et des régressions puissances entre la phytomasse et les paramètres physiques (circonférence du tronc, et hauteur de l'arbre) ont été établies. La force d'association entre deux variables a été estimée par le coefficient de détermination  $R^2$ , compris entre 0 et 1.

On aboutit ainsi à une relation de la forme :  $Y = a.X + b$  ou  $Y = aX^b$  où Y est la phytomasse foliaire (exprimée en g de MS), X est la circonférence ou la hauteur (en cm), a et b sont des constantes. Nous avons ensuite calculé la production foliaire de l'espèce selon le principe qui repose sur la distribution de l'effectif en fonction des classes de diamètre à la base du tronc ou de la hauteur de l'arbre.

## RESULTATS

**La structure des populations par classe de circonférence :** La répartition de la population de *M. crassifolia* par classe de circonférence (figure 2) montre que 50% des individus se trouvent dans la classe de [21 - 30]. La plantation ne renferme que de jeunes individus.

**Relation allométrique entre la phytomasse foliaire et les paramètres mesurés :** Nous avons testés des régressions linéaires simples et multiples et des

régressions puissances entre la phytomasse foliaire et les différents paramètres mesurés. Les matrices de corrélation (tableau 2) indiquent que le diamètre des rameaux est le paramètre le plus intéressant pour construire l'équation de prévision de phytomasse foliaire. Les régressions puissances et linéaires multiples donnent les meilleurs résultats.

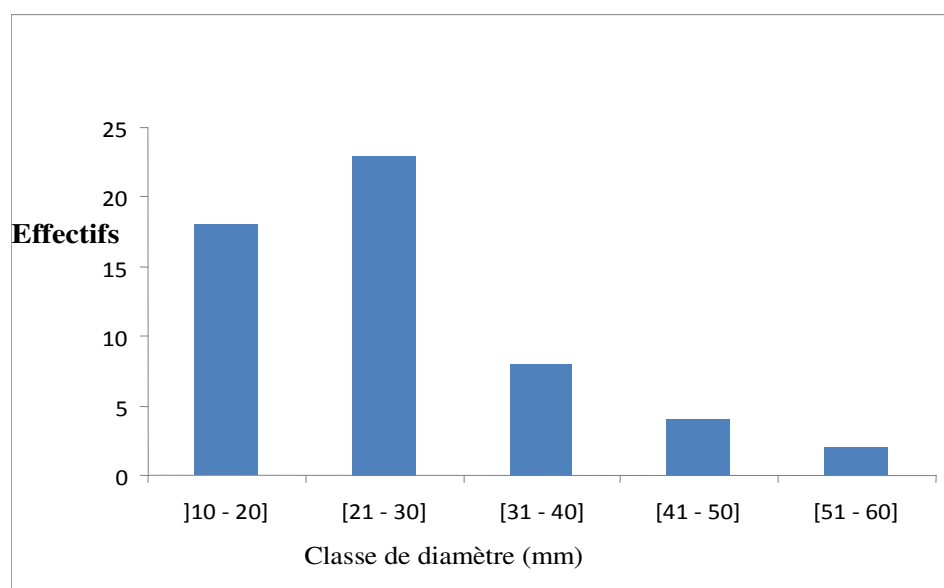


Figure 1. Distribution de la population de *Maerua crassifolia* par classe de diamètre

Tableau 2. Matrices de corrélation des régressions puissances et linéaires entre les divers paramètres et la phytomasse foliaire.

Paramètres	Longueur des rameaux	Diamètre des rameaux	Longueur et diamètre
Régression Puissance Coefficient de détermination R <sup>2</sup>	0,948	0,987	0,874
Régression linéaire Coefficient de détermination R <sup>2</sup>	0,678	0,875	0,992

Ce sont les régressions puissances et multiples qui sont les plus performantes. Les mesures effectuées avec le diamètre sont les plus précises (tableau 2). Nous avons appliqué ce modèle d'estimation de la biomasse foliaire sur des données obtenues après la mesure de diamètre à la base et de longueur effectués sur des pieds de *M. crassifolia* (10 individus) de notre parcelle expérimentale installée dans le jardin botanique de la faculté des sciences et Technique de l'UCAD (tableau 3) en 2010. En fonction des résultats obtenus, nous avons retenu le diamètre des rameaux

parce qu'il est un paramètre facilement mesurable, rapide et fiable pour estimer la phytomasse d'espèces arbustives mais aussi le coefficient de détermination est plus élevé comparé aux autres. L'équation retenue est  $Y_D = (0,21 \times D^{2,31}) \pm 25\%$  avec  $R^2 = 0,99$ .

**Relation allométrique entre la phytomasse foliaire maximale et la circonférence :** La phytomasse foliaire maximale est corrélée avec le diamètre de *M. crassifolia*. L'équation de régression de type puissance est consignée dans le tableau 4.

Tableau 3 : Equations obtenues entre les divers paramètres et la phytomasse foliaire avec les taux d'erreur (2010)

Régression linéaire	$Y_L = (-23,99 + 0,73X_L) \pm 85\%$ ; $R^2 = 0,68$ $Y_D = (-34,01 + 9,87X_D) \pm 47\%$ ; $R^2 = 0,88$
Régression puissance	$Y_L = (3,79 \times L^{2,93}) \pm 50\%$ ; $R^2 = 0,95$ $Y_D = (0,21 \times D^{2,31}) \pm 25\%$ ; $R^2 = 0,99$

Tableau 4 : Modèle de prédiction de la phytomasse foliaire en fonction du diamètre

Espèce	Modèle	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
--------	--------	--

*Maerua crassifolia*

$P = 0,21D^{2,31}$

0,99

L'examen de la courbe de tendance de la phytomasse en fonction du diamètre (figure 3) montre une valeur très élevée obtenue pour le coefficient de détermination (0,99). Ainsi 99% de la variabilité de la phytomasse est

expliquée par la liaison avec la grosseur. Ce coefficient de détermination montre qu'il y a une force d'association importante entre la phytomasse foliaire maximale et le diamètre basale des arbres.

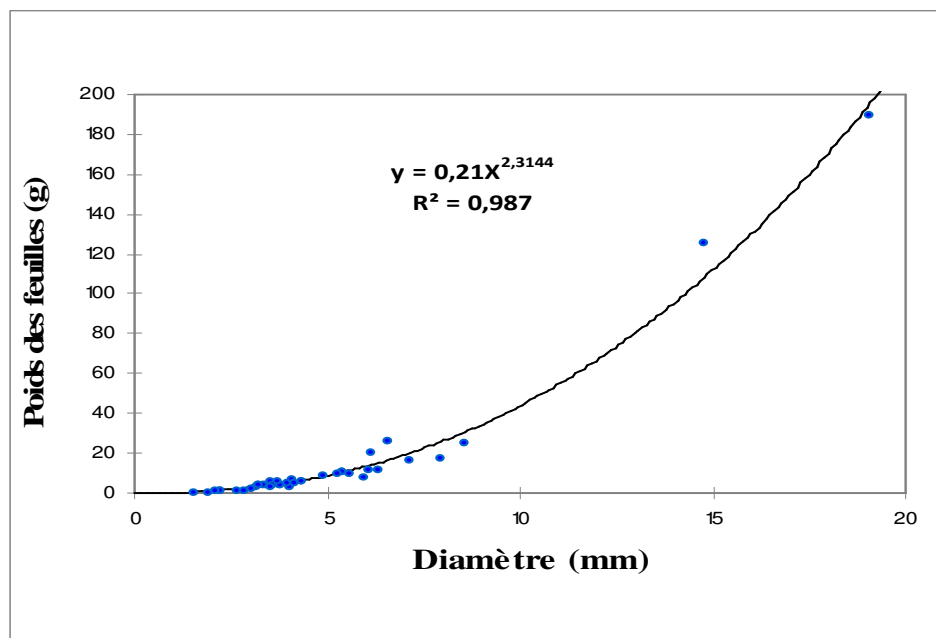


Figure 3 : Courbe de régression de la phytomasse en fonction du diamètre chez *Maerua crassifolia*

**Relations allométriques entre la phytomasse foliaire maximale et la longueur :** Nous avons établi pour la même espèce l'équation de la courbe de

régression entre la phytomasse foliaire et la hauteur. Cette équation est une fonction exponentielle : (tableau 5).

Tableau 1. Modèles de prédiction de la phytomasse foliaire en fonction de la longueur.

Espèce	Modèle	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
<i>Maerua crassifolia</i>	$P = 3,794L^{2,93}$	0,95

La corrélation entre la phytomasse maximale et la longueur est élevée pour *M. crassifolia* ( $R^2=0,948$ ). L'équation de la courbe de tendance détermine 95% de la distribution des points. Le coefficient de détermination  $R^2$  est plus élevé pour les équations de

régression de la phytomasse en fonction du diamètre que celui reliant la phytomasse à la longueur. Ainsi, la force d'association phytomasse foliaire maximale/diamètre est meilleure que celle phytomasse foliaire /longueur.

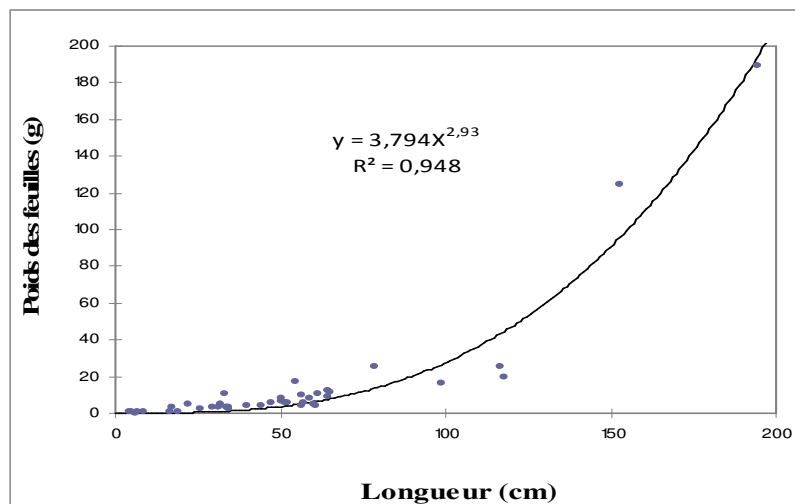


Figure 4. Courbe de régression de la phytomasse en fonction de la longueur chez *Maerua crassifolia*

**Production fourragère :** La force d'association phytomasse foliaire maximale/diamètre étant meilleure que celle phytomasse foliaire /longueur, nous avons utilisé l'équation de la courbe d'ajustement de la phytomasse en fonction de la circonférence pour

évaluer la production fourragère.  $Pf = 0,21D^{2,31}$ . Cette équation a permis de calculer les valeurs minimales et maximales de la production fourragère dans les différentes classes de circonférence en kg MS/ha (tableau 6).

Tableau 6. Estimation de la production fourragère selon les classes de diamètre (kgMS/ha)

Classe de diamètre (mm)	10-20		21-30		31-40		41-50		51-60	
	min	max	Min	max	min	max	min	Max	Min	max
<i>Maerua crassifolia</i>	0,87	5,62	6,0	14,5	14,7	21,6	31,8	41,6	56,2	59,6

La moyenne des valeurs minimales et des valeurs maximales des différentes classes de circonférence permet de calculer la production fourragère utilisable en Kg MS/ha (tableau 7) pour les deux espèces. L'examen du tableau 7 montre que la production fourragère de

*Maerua crassifolia* se situe entre 21,9 et 28,5 Kg MS/ha. La production fourragère moyenne utilisable de *Maerua crassifolia* est de 13,55 Kg MS/ha) ceci s'explique par la taille des individus qui dépasse rarement 3,5 m.

Tableau 7. Production fourragère (Pf) utilisable de *Maerua crassifolia* (KgMS/ha)

Espèce	Moyenne des Pf minimales	Moyenne des Pf maximales	Pf utilisable
<i>Maerua crassifolia</i>	21,91	28,5	13,55

## DISCUSSION ET CONCLUSION

L'évaluation de la production fourragère aérienne est complexe. L'accès plus difficile à cette phytomasse, aussi bien que sa variabilité spatiale et temporelle, est probablement en partie responsable du développement tardif des méthodes d'évaluation de la phytomasse fourragère (Ickowicz 1995). Ainsi, en raison du caractère destructeur et fastidieux des mesures directes de phytomasse, la recherche de relations allométriques (équations de régression de type

puissance) entre la phytomasse foliaire maximale et divers paramètres physiques (circonférence et hauteur) facilement mesurables est apparue comme une méthode intéressante à tout point de vue (Ngom et al 2009). Les relations allométriques ont fait l'objet de multiples études. Cependant l'espèce fourragère concernée par notre étude *Maerua crassifolia* n'a pas fait l'objet de beaucoup d'études. A notre connaissance, elle n'a fait l'objet d'établissement de

relations allométriques mais une évaluation de la phytomasse foliaire par la méthode de coupe intégrale. Cette étude a permis de mettre en évidence une relation allométrique entre la biomasse foliaire et les deux paramètres physiques que sont le diamètre et la longueur. Ces méthodes allométriques permettent d'évaluer pour *Maerua crassifolia*, le potentiel fourrager aérien à partir d'un inventaire qui tiendrait compte de chacun des paramètres physiques facilement mesurables. Parmi les deux paramètres physiques étudiés, le diamètre présente une meilleure corrélation avec la phytomasse de *Maerua crassifolia* car le coefficient de détermination est plus élevé mais aussi le taux d'erreur calculé est moindre par rapport à la longueur. Ces résultats corroborent les travaux de Cissé (1980) qui a utilisé cette méthode pour estimer la production de 9 espèces fourragères sahéliennes de même que ceux de Ngom et al (2009). Aussi, le diamètre à la base est une donnée plus facile à

mesurer sur le terrain. Ainsi, pour évaluer le potentiel fourrager de cette espèce sahélienne, l'utilisation des équations de régression de type puissance que nous avons établies entre la phytomasse foliaire et la circonférence permet de réduire le coût humain et financier d'une telle opération. Ces équations ont permis de calculer la production fourragère de *Maerua crassifolia* dans la plantation installée au jardin botanique de la FST/UCAD qui est de 13,55 kg MS/ha. Ceci s'explique par le fait que *M. crassifolia* est un arbuste dont le diamètre moyen est de 30 mm et la longueur ne dépasse rarement 3,5 m mais aussi du jeune âge de notre plantation. En fonction des divers paramètres et calculs que nous avons utilisés nous avons obtenu plusieurs équations de prédiction de biomasse foliaires. Parmi ces équations, celle basée sur le diamètre à la base permet l'utilisation de paramètres facilement mesurables.

## REFERENCES

- Akpo LE et Grouzis M 1996. Influence du couvert sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (nord Sénégal, Afrique Occidentale). *Webbia* 50 (2): 247-263
- Akpo LE, Grouzis M et Ba A T 1995. L'arbre et l'herbe au Sahel : effets de l'arbre sur la composition chimique des pâturages naturels du nord - Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Revue Médicale Vétérinaire* 146 (10): 663-670.
- Andrew MH, Noble IR, Lange RT, 1979. A non-destructive method for estimating the weight of forage on shrubs. *Aust Rangel J* 1979; 1 225-31.
- Auclair D et Metayer S 1980. Méthodologie de l'évaluation de la biomasse aérienne sur pied et de la production en biomasse des taillis. *Revue Acta Oecologica* 1 (4): 357-377
- Azocar P, Lailhacar S, Padilla F et Rojo H 1991. Méthode d'évaluation de la phytomasse utilisable des arbustes fourragers *Atriplex repanda* et *Flourensia thurifera*, pp. 512-514 in Gaston A, Kernick M et Le Houerou H N éditeurs. « IV<sup>e</sup> Congrès international des terres de parcours », Montpellier, 592 p.
- Bille JC, 1977. Étude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Travaux et Documents. Orstom, Paris.
- Boudet G, 1975. *Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères*. Collection « Manuels et précis de l'élevage » N° 4, IEMVT., 2<sup>ème</sup> éd., Paris, 254 p
- Boudet G, 1984. *Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères*, Paris, CIRAD Ministère des Relations Extérieures, 4<sup>ème</sup> édition (« Manuels et Précis d'élevage »).
- Boyer JS, 1982. Plant productivity and environment. *Science* 218 : 443-448.
- Breman H, Ridder N, de Ketelaars JJM et Keuken Van H, 1991. *Manuel sur le pâturage des pays sahéliens*. Paris : Karthala.
- Cabanettes A et Rapp M 1978. Biomasse, minéralomasse et productivité d'un écosystème à pins pignons (*Pinus pinea l*) du littoral méditerranéen. *Revue Oecologia Plantarum* 13(3): 271-286
- Cissé MI, 1980. The browse production for some trees of the Sahel: relationships between maximum foliage biomass and various physical parameters. In : Le Houérou, editor. *Browse in Africa*. Addis Ababa : International Livestock Center for Africa: 203-208
- [http://www.ilri.org/infoserv/webpub/fulldocs/browse\\_in\\_africa/Chapter19.htm#TopOfPage](http://www.ilri.org/infoserv/webpub/fulldocs/browse_in_africa/Chapter19.htm#TopOfPage).
- Claude J, Grouzis M, Milleville M, 1992. Un espace sahélien. La mare d'Oursi. Edition Orstom, Paris, 241p.
- Cornet A, 1992. Relation entre la structure spatiale des peuplements végétaux et le bilan hydrique des



- sols de quelques phytocénoses en zone aride. In l'aridité une contrainte au développement. Orstom éditions 1992. 245-263
- Curasson MG, 1954. Etudes sur les pâturages tropicaux et subtropicaux. II. Les pâturages des principales régions. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 7, 2, 103-120.
- Diatta S, Douma S, Chanono M, Banoin M, Kabore-Zoungrana CY, Toudou A, Akpo LE, 2004. Caractéristiques de *Maerua crassifolia* Forsk., ligneux fourrager des terres de parcours sahéliennes (Toukounous - Filingué, Niger). *Rev.af. Santé et Productions animales* 2, 2, 148-153.
- Diatta S, Salifou I, Sy M0, Kabore-Zoungrana CY, Banoin M, Akpo LE, 2008. Évaluation des potentialités germinatives d'un ligneux fourrager sahélien : *Maerua crassifolia* FORSK., *Capparaceae*. *Livestock Research for Rural Development* 20 (6)
- Gerdemann JW and Nicolson TH, 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc* 46 : 235-244.
- Ickowicz A, 1995. Approche dynamique du bilan fourrager appliqué à des formations pastorales du sahel tchadien. Thèse Université Paris XIII: 472 p.
- Koske RE and Tessier B, 1983. A convenient permanent slide mountingmedium. *Mycol. Soc. Am. Newsl.* 34 : 59
- Le Houérou HN, 1980. Browse in Africa: The current state of knowledge. Addis Abeba: International Livestock Center for Africa.  
[http://www.ilri.org/infoserv/webpub/fulldocs/browse\\_in\\_africa/toc.htm#TopOfPage](http://www.ilri.org/infoserv/webpub/fulldocs/browse_in_africa/toc.htm#TopOfPage)
- Maydell (von) HJ, 1983. Arbres et Arbustes du Sahel: Leurs caractéristiques et leurs utilisations. Eschbom, FR Germany, GTZ, 530 p.
- Mizoue N and Masutani T, 2003. Image analysis measure of crown condition, foliage biomass and stem growth relationships of *Chamaecyparis obtusa*. *For Ecol Manage* ; 172 : 79-88.
- Morton JB 1988, Taxonomy of VA mycorrhizal fungi : classification, nomenclature and identification, *Mycotaxon* 32: 267-324.
- Murphy J and Riley JP, 1962. "A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water", *Analytical Chimica Acta*, 27, 31-36.
- Návar J, Méndez E, Nájera A, Graciano J, Dale V, Parresol B, 2004. Biomass equations for shrub species of Tamaulipan thornscrub of North-eastern Mexico. *J Arid Environ*; 59 : 657-74.
- Newbould J P, 1967. Methods for estimating the primary production of forest. Blackwell, Oxford, 62 p.
- Ngom D, Diatta S, Akpo LE, 2009. Estimation de la production fourragère de deux ligneux sahéliens (*Pterocarpus lucens* Lepr. Ex Guill. & Perrot et *Grewia bicolor* Juss) au Ferlo Nord Sénégal. *Livestock Research for Rural Development* 21 (8).
- Oba G, 1991. An evaluation technique for predicting phytomass of *Indigofera spinosa* (Forsk) on a semi-desert range, Kenya, pp. 333-335. In Gaston A, Kernick M et Le Houérou H N éditeurs "IV<sup>ème</sup> Congrès international des terres de parcours", Montpellier, 592 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). *IEMVT, CTFT* : 217 p.
- Poupon H, 1976. La biomasse et l'évaluation de la répartition au cours de la croissance d'*Acacia senegal* dans une savane sahélienne. *Revue bois et forêts des tropiques* 166 : 23-38p.
- Pressland AJ, 1975. Productivity and management of mulga in south-western Queensland in relation to tree structure and density. *Australian Journal of Botanic* 23: 965-976
- Spedding CRW, 1970. *Grassland ecology*, London : Oxford University Press.
- Ter-Mikaelian MT, Korzukhin MD, 1997. Biomass equations for sixty-five North American tree species. *For Ecol Manage* ; 97 : 1-24.
- Von Maydell HJ, 1990. Arbres et arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations. Weikersheim : GTZ.
- Zabek LM, Prescott CE, 2006. Biomass equations and carbone content of aboveground leafless biomass of hybrid poplar in Coastal British Columbia. *Forest Ecology and Management* ; 223 : 291-302.