

Effet direct et résiduel de différents niveaux de fertilisation azotée sur la croissance et le rendement de *Brachiaria ruziziensis* à différents stades phénologiques

F. Tendonkeng^{1*}, B. Boukila², T.E. Pamo¹, A.V. Mboko² & N.E.F. Matumuini²

Keywords: *B. ruziziensis*- Height- Diameter- Nitrogen fertilization- Biomass

Résumé

L'effet direct et résiduel de différents niveaux de fertilisation azotée sur la croissance et la production de biomasse de *Brachiaria ruziziensis* a été évalué à différents stades phénologiques à la Ferme d'Application et de Recherche de l'Université de Dschang en 2008 et 2009. Un dispositif factoriel comparant six doses d'azote (0; 50; 100; 150; 200 et 250 kg N/ha) et trois stades phénologiques (montaison, floraison et après grenaison) sur des parcelles de 8 m² (4 x 2 m) en quatre répétitions, soit un total de 72 parcelles expérimentales, a été utilisé. Aucune fertilisation n'a été apportée la deuxième année. A chaque stade phénologique au cours de la première et de la deuxième année, 120 plantes ont été prélevées par traitement pour les mesures des hauteurs et des diamètres. L'évaluation de la biomasse des tiges, des feuilles et de la plante entière s'est faite sur chaque parcelle en fonction du niveau de fertilisation azotée et du stade phénologique la première et la deuxième année. Les résultats obtenus ont montré que la fertilisation azotée et le stade phénologique ont influencé de manière significative ($P < 0,05$) la taille et le diamètre de *B. ruziziensis* lors de la première et de la deuxième année de fauche. Indépendamment du stade phénologique, la taille et le diamètre les plus élevés ont été obtenus la première année avec la dose de 200 kg N/ha alors qu'en deuxième année, ils ont été observés dans les parcelles ayant reçu la dose de 250 kg N/ha. Indépendamment de la fertilisation et de l'année de fauche, la biomasse des tiges et des plantes entières de *B. ruziziensis* a significativement ($p < 0,05$) augmenté avec le stade phénologique. La biomasse des feuilles la plus élevée a été obtenue à la floraison ($8,42 \pm 1,23$ t MS/ha et $11,34 \pm 0,32$ t MS/ha respectivement la première et la deuxième année). Les résultats obtenus montrent que dans les conditions de réalisation de l'essai, l'effet direct de la fertilisation à la dose de 200 kg N/ha et l'effet résiduel de la fertilisation à la dose de 250 kg N/ha permettent d'obtenir la croissance la plus élevée des plantes de *B. ruziziensis* au niveau de la taille, du diamètre et de la biomasse produite.

Summary

Direct and Residual Effect of Different Levels of Nitrogen Fertilisation on Growth and Yield of *Brachiaria ruziziensis* at Different Phenological Stage

The direct and residual effect of different levels of nitrogen fertilization on growth and biomass production of *Brachiaria ruziziensis* at different phenological stages was assessed at the Research and Experimental Farm of the University of Dschang in 2008 and 2009. A factorial design comparing six doses of nitrogen (0, 50, 100, 150, 200 and 250 kg N/ha) and three phenological stages (bolting, flowering and after seed set) on plots of 8 m (4 x 2 m) in four replicates, (i.e. a total of 72 plots) was used. No fertilizer has been applied in the second year. At each phenological stage during the first and second year, 120 plants were harvested by treatment for measurements of heights and diameters. The evaluation of the biomass of stems, leaves and whole plant was made on each plot based on the level of nitrogen fertilization and phenological stage at the first and second year. The results obtained showed that nitrogen fertilization and growth stage influenced significantly ($P < 0.05$) height and diameter of *B. ruziziensis* during the first and second year of mowing. Regardless of growth stage, height and diameter, higher plants have been obtained with fertilization at the dose 200 kg N/ha while in the second year they were obtained with the dose 250 kg N/ha. Irrespective of fertilization and year of mowing, the biomass of stems and whole plant of *B. ruziziensis* significantly ($p < 0.05$) increased with phenological stage. The highest biomass of leaves was obtained at flowering (8.42 ± 1.23 t DM/ha and 11.34 ± 0.32 t DM/ha respectively in the first and second year). The results obtained show that under the conditions of the trial the direct effect of fertilization at the dose of 200 kg N/ha and the residual effect of fertilization at the dose of 250 kg N/ha allow to have the highest growth of *B. ruziziensis* in terms of height, diameter and biomass.

¹Laboratoire de Nutrition Animale, Département des Productions Animales, FASA, Université de Dschang, B.P. 222, Dschang, Cameroun. E-mail: ftendonkeng@yahoo.fr / pamo_te@yahoo.fr

²Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologie (INSAB), Université des Sciences et Techniques de Masuku, B.P. 941, Masuku, Gabon.

*Auteur correspondant

Reçu le 26.10.10 et accepté pour publication le 13.09.11.

Introduction

La nécessité de nourrir une population sans cesse croissante dans les pays en voie de développement pousse de plus en plus les agriculteurs à étendre les surfaces cultivables au détriment des espaces pastoraux, ce qui a pour conséquence le développement de conflits pour l'utilisation de l'espace rural entre agriculteurs et éleveurs (15). Cette situation conduit au rétrécissement des parcours naturels (17), à leur déplacement vers les zones marginales et aux difficultés de satisfaire les besoins nutritionnels des animaux (14).

Une amélioration de la productivité animale peut passer non seulement par la maîtrise des systèmes de production, mais également par l'introduction et l'intensification de la production des espèces fourragères à haut rendement. Parmi les nombreuses espèces fourragères introduites au Cameroun, la graminée pérenne *Brachiaria ruziziensis*, présente les avantages de mieux s'adapter dans les différentes régions, d'avoir une bonne valeur nutritive et d'être bien appréciée par les animaux (17). La culture de cette graminée et surtout l'intensification de son utilisation peuvent constituer un palliatif au rétrécissement des parcours ci-dessus évoqués. Les principaux facteurs influençant sa croissance, son rendement et sa valeur nutritive sont le climat, le sol et le mode d'exploitation. *B. ruziziensis* est proposé pour être utilisé avec profit non seulement dans l'amélioration des pâturages naturels mais également en fourrage vert ou conservé (4). Sans fertilisation, n'importe quelle forme d'exploitation des plantes fourragères conduit à la diminution du stock en nutriments du sol en général et de l'azote en particulier surtout quand il s'agit des graminées tropicales (12). Différentes études ont montré que la fertilisation azotée accélère la croissance des plantes, étale la production fourragère dans le temps et entraîne une importante augmentation de la biomasse (6, 11, 16). Si quelques travaux ont été menés au Cameroun sur la relation entre la fertilisation et le rendement de *B. ruziziensis* (16, 18), aucun n'a encore été réalisé pour la détermination du niveau optimal de fumure azotée, et ses effets immédiats et/ou lointains sur la croissance et la production de biomasse de cette plante à différents stades phénologiques dans les zones d'altitude.

L'objectif de cette étude est donc de déterminer l'effet direct et résiduel de différents niveaux de fumure azotée sur la croissance et le rendement de *B. ruziziensis* en fonction des stades phénologiques. De telles informations sont indispensables pour la formulation et la mise en place de meilleures stratégies de gestion de l'espèce.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'étude a été conduite à la Ferme d'Application et de

Recherche (FAR) de l'Université de Dschang entre mars et novembre 2008 pour la première année et entre mars et octobre 2009 pour la deuxième année. La FAR est située à 05°20' latitude Nord et 10°03' longitude Est et à une altitude moyenne de 1410 m. Le climat de la région est équatorial de type camerounien, modifié par l'altitude. Les températures oscillent entre 10 °C (juillet-août) et 25 °C (février) avec une insolation annuelle de 1800 heures et une humidité relative variant entre 40-97%. Les précipitations varient entre 1500 et 2000 mm par an. La saison sèche va de mi-novembre à mi-mars et la saison des pluies de mi-mars à mi-novembre correspondant à la période de cultures. La végétation originelle de cette région est une savane arbustive avec par endroit des forêts galeries.

Dispositif expérimental

Un dispositif factoriel comparant six doses d'azote (0; 50; 100; 150; 200 et 250 kg N/ha) sous forme d'urée (46 N) et trois stades phénologiques (montaison, floraison et après grenaison) sur des parcelles de 8 m² (4 x 2 m, espacées entre elles de 0,5 m) en quatre répétitions, soit un total de 72 parcelles expérimentales a été utilisé. Les échantillons du sol (n= 5) ont été prélevés sur le site expérimental dans l'horizon 0 - 20 cm avant la préparation du sol et la mise en place des éclats de souche la première année et sur les parcelles témoins (n= 5) après la fauche de régularisation la deuxième année. L'analyse a été effectuée au Laboratoire d'Analyse des Sols, de Chimie et de l'Environnement (LABASCE) suivant la méthode d'écrite par Pauwel et al. (19).

Préparation du sol, mise en place des plants et fertilisation

Le site expérimental a été labouré par un tracteur et la mise en place des parcelles a été faite manuellement. Le précédent cultural du site avant la mise en place de l'essai était composé principalement de maïs et de haricot. La même quantité (80 g) d'engrais phosphaté sous la forme de superphosphate triple a été appliquée sur toutes les parcelles (y compris les témoins) comme engrais de fond. Des éclats de souche (trois plantules) de *B. ruziziensis* ont été prélevés dans le parcours de la FAR. Ces éclats de souche ont subi une réduction de la taille des racines et des feuilles, et cent cinq éclats de souche ont été repiqués sur chaque parcelle à 4 cm de profondeur et suivant un écartement de 25 x 25 cm.

Deux mois après la plantation d'éclats de souche, une coupe de régularisation a été effectuée à 20 cm au-dessus du sol, et les parcelles ont été fertilisées une seule fois. La deuxième année, la fauche de régulation a été effectuée en mars et aucune fertilisation n'a été apportée.

Collecte des données

A chacun des trois stades phénologiques au cours de la première et de la deuxième année, trente plantes

ont été prélevées au hasard dans chaque répétition, pour un total de 120 plantes par traitement pour les mesures des hauteurs et des diamètres. La hauteur des plantes a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban gradué au centimètre; leur diamètre a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse gradué au millimètre.

Pendant les périodes de coupe et pour éviter les effets de bordure, les plantes de *B. ruziziensis* étaient récoltées (coupe de la touffe à 5 cm du sol) au centre de la planche sur une parcelle utile d'une superficie de 2 m² (2 x 1 m) et pesées. Un échantillon représentatif (1 kg) de chaque répétition par traitement a été prélevé et séché dans une étuve à 60 °C jusqu'à poids constant pour la détermination de la matière sèche et l'évaluation du rendement.

Pour chaque stade phénologique et chaque niveau de fertilisation la première et la deuxième année, un échantillon représentatif de 1 kg des plantes entières, prélevés lors des mesures de biomasse ont été séparés en feuilles et tiges pour l'évaluation du poids relatif des différentes parties de la plante. Leur proportion a été exprimée en matière sèche (12).

Analyse statistiques

Les données sur la hauteur, le diamètre et la biomasse produite ont été soumises à une analyse de variance multifactorielle suivant le Modèle Linéaire Général (MLG). Lorsque les différences existaient entre les différents traitements, les moyennes ont été séparées par le test de Duncan au seuil de signification 5% (21).

Résultats

Composition chimique du sol

Les résultats de l'analyse du sol la première et la deuxième année sont présentés dans le tableau 1. D'après le triangle textural (FAO), la classe texturale moyenne de ce sol est limoneuse. C'est également un sol moyennement acide ($5,4 < \text{pH-eau} < 6,0$) et ayant une acidité d'échange faible, ce qui réduit les risques de toxicité due à un excès d'aluminium et de manganèse. La teneur moyenne en azote total de ce sol était de $3,55 \pm 0,10$ g/kg de sol la première année et de $2,79 \pm 0,18$ g/kg de sol la deuxième année, ce qui est suffisant pour l'agriculture traditionnelle, mais nécessite un complément azoté pour une agriculture intensive. La teneur en carbone organique était moyenne ($> 2,5\%$) la première année. Il s'agit par conséquent d'un sol riche en MO ($> 6\%$) mais de mauvaise qualité car le rapport C/N était supérieur à 13 (22). Par contre à la deuxième année, le rapport C/N était compris dans la fourchette de l'équilibre idéal (8-12) traduisant une bonne minéralisation de la matière organique (22). Pour ce qui est des bases échangeables, le sol contient des quantités moyennes de calcium, magnésium et potassium, ce qui se traduit par un rapport Ca/Mg (3,24 la première

année et 3,53 la deuxième année) et Mg/K (3,21 la première année et 7,32 la deuxième année) équilibré car compris entre 1 - 5 et 3 - 15 respectivement. Par contre, la teneur moyenne en sodium de ce sol est faible ($0,27 \pm 0,06$ meq/100 g), et la teneur moyenne en phosphore assimilable est très faible ($1,69 \pm 0,28$ mg/kg) au cours des deux années, ce qui nécessite un apport de phosphate.

Les teneurs en bases échangeables (SBE) ont été modérées (5 - 10 meq/100 g) au cours des deux années. D'après Beernart et Bitondo (2), la CEC à pH 7 serait qualifiée de faible (< 20 meq/100 g) au cours des deux années. Ces observations montrent que ce sol ne peut retenir les ions pour la nutrition des plantes, caractéristiques propres aux oxisols. Une amélioration de la CEC afin que tout engrais répandu y soit retenu pour être mis à la disposition des plantes est donc nécessaire. Pour *B. ruziziensis* qui exige un sol avec une fertilité élevée (4), les conditions de l'essai qui sont représentatives de celles des hautes terres de l'Ouest Cameroun sont acceptables.

Tableau 1
Analyse du sol la première et la deuxième année

Paramètres	Substrat sol	
	2008	2009
Profondeur (%)	0-20	0-20
Pente (%)	3	3
Horizon	Ap	Ap
Texture (%)		
Sable	$14,67 \pm 2,08$	$13,36 \pm 1,72$
Limon grossier	$13,67 \pm 2,08$	$12,52 \pm 1,23$
Limon fin	$48,33 \pm 3,21$	$41,87 \pm 2,51$
Limon total	$61,67 \pm 3,21$	$58,37 \pm 2,45$
Argile	$23,67 \pm 1,15$	$21,53 \pm 1,23$
Classe texturale	L	L
Réaction du sol		
pH-eau	$5,40 \pm 0,11$	$5,73 \pm 0,14$
pH-KCl	$4,87 \pm 0,08$	$4,76 \pm 0,16$
Matière organique		
CO (%)	$4,79 \pm 0,16$	$2,66 \pm 0,15$
MO (%)	$8,27 \pm 0,25$	$4,57 \pm 0,25$
N total	$3,55 \pm 0,10$	$2,79 \pm 0,18$
C/N	$13,50 \pm 0,57$	$9,57 \pm 0,54$
Cations échangeable (meq/100g)		
Calcium	$5,93 \pm 1,51$	$6,72 \pm 1,13$
Magnésium	$1,83 \pm 0,52$	$2,49 \pm 0,73$
Potassium	$0,57 \pm 0,51$	$0,34 \pm 0,07$
Sodium	$0,27 \pm 0,06$	$0,10 \pm 0,01$
Somme des bases (SB)	$8,60 \pm 0,10$	$9,65 \pm 1,84$
Capacité d'échange cationique		
CECeff	$8,60 \pm 0,10$	$9,65 \pm 1,84$
CEC à pH 7	$19,07 \pm 4,16$	$17,67 \pm 0,32$
Saturation en bases (%)	$45,09 \pm 3,79$	$54,61 \pm 5,34$
Acidité échangeable (cmol+/kg)	$0,00 \pm 0,00$	$0,00 \pm 0,00$
Phosphore du sol		
Bray-2 (ppm ou mg/kg)	$1,69 \pm 0,28$	$7,79 \pm 0,48$

Tableau 2
Effet direct et résiduel de différents niveaux de fertilisation sur la taille (cm) et le diamètre (cm) de *Brachiaria ruziziensis*
à différents stades phénologiques

Fertilisation (kg N/ha)		Stades phénologiques					
		Montaison		Floraison		Après grenaison	
		Taille	Diamètre	Taille	Diamètre	Taille	Diamètre
Effet direct (2008)	0	100,47 ± 14,12 ^a	0,38 ± 0,03 ^a	155,55 ± 19,44 ^a	0,41 ± 0,03 ^a	176,72 ± 18,29 ^a	0,41 ± 0,03 ^a
	50	112,77 ± 15,94 ^{bc}	0,46 ± 0,07 ^c	158,80 ± 23,02 ^{ab}	0,46 ± 0,06 ^c	187,80 ± 8,09 ^b	0,47 ± 0,07 ^b
	100	115,35 ± 23,06 ^c	0,46 ± 0,04 ^c	160,25 ± 11,95 ^{ab}	0,47 ± 0,05 ^{cd}	191,37 ± 19,89 ^{bc}	0,48 ± 0,07 ^{bc}
	150	118,10 ± 4,54 ^c	0,47 ± 0,06 ^c	163,67 ± 12,66 ^b	0,49 ± 0,07 ^d	194,27 ± 18,46 ^{bc}	0,50 ± 0,08 ^c
	200	123,90 ± 3,29 ^d	0,52 ± 0,06 ^d	172,37 ± 17,00 ^c	0,57 ± 0,06 ^e	197,52 ± 15,22 ^c	0,58 ± 0,06 ^d
	250	108,85 ± 14,67 ^b	0,42 ± 0,07 ^b	158,25 ± 21,23 ^{ab}	0,43 ± 0,05 ^b	178,70 ± 36,41 ^a	0,43 ± 0,05 ^a
Effet résiduel (2009)	0	75,90 ± 13,91 ^a	0,31 ± 0,06 ^a	147,85 ± 30,06 ^a	0,31 ± 0,04 ^a	186,00 ± 28,42 ^a	0,38 ± 0,07 ^a
	50	77,02 ± 20,17 ^a	0,32 ± 0,06 ^a	148,15 ± 23,67 ^a	0,34 ± 0,06 ^{ab}	187,27 ± 26,66 ^a	0,40 ± 0,07 ^a
	100	78,85 ± 11,27 ^a	0,32 ± 0,04 ^a	153,12 ± 38,19 ^{ab}	0,34 ± 0,05 ^{ab}	192,82 ± 35,52 ^a	0,41 ± 0,06 ^a
	150	81,42 ± 16,60 ^a	0,31 ± 0,05 ^a	152,27 ± 42,39 ^{ab}	0,36 ± 0,06 ^{bc}	190,75 ± 31,73 ^a	0,41 ± 0,09 ^a
	200	90,32 ± 16,50 ^b	0,32 ± 0,06 ^a	154,27 ± 42,39 ^{ab}	0,36 ± 0,06 ^{bc}	199,60 ± 33,03 ^a	0,45 ± 0,09 ^b
	250	93,50 ± 14,18 ^b	0,33 ± 0,06 ^a	168,82 ± 24,80 ^b	0,37 ± 0,07 ^c	201,77 ± 23,04 ^a	0,46 ± 0,11 ^b

a,b,c,d : les moyennes portant les mêmes lettres dans la même colonne et dans la même année ne sont pas significatives au seuil de 5%.

Effets direct et résiduel de différents niveaux de fertilisation sur la taille et le diamètre de *Brachiaria ruziziensis* à différents stades phénologiques

La variation de la taille et du diamètre de *B. ruziziensis* en fonction de l'effet direct et résiduel de différents niveaux de fertilisation à la montaison, floraison et après grenaison est présentée dans le tableau 2. La taille de *B. ruziziensis* a augmenté avec la fertilisation jusqu'à 200 kg N/ha à la montaison, à la floraison et après la grenaison. A la montaison, la taille des plantes des parcelles fertilisées était significativement ($p < 0,05$) supérieure à celle des plantes des parcelles témoins. La fertilisation à la dose 200 kg N/ha a permis

à la montaison et à la floraison d'avoir des plantes ayant une taille significativement ($p < 0,05$) supérieure à celle des autres plantes. La taille des plantes des parcelles non fertilisées (176,72 ± 18,29 mm) après grenaison n'était pas significativement différente ($p > 0,05$) à celle des plantes des parcelles fertilisées à la dose 250 kg N/ha. La fertilisation à la dose 200 kg d'N/ha a permis d'avoir des plantes avec une taille significativement ($p < 0,05$) plus élevée que celle des plantes des parcelles non fertilisées et celles fertilisées aux doses 50 et 250 kg N/ha.

La deuxième année, la taille de *B. ruziziensis* à la montaison, floraison et après grenaison a augmenté

Tableau 3
Effet direct et résiduel de différents niveaux de fertilisation azotée sur la production de biomasse
(t MS/ha) de *Brachiaria ruziziensis* à différents stades phénologiques

Fertilisation (kg N/ha)		Stades phénologiques					
		Montaison			Floraison		
		PE	F	T	PE	F	T
Effet direct (2008)	0	8,96±1,39 ^a	5,16±0,54 ^a	3,79±0,99 ^a	15,92±3,15 ^a	5,48±0,32 ^a	10,44±3,04 ^a
	50	10,46±0,70 ^b	5,89±0,77 ^{ab}	4,56±0,63 ^{ab}	18,12±0,97 ^{ab}	6,54±0,76 ^{ab}	11,57±0,58 ^a
	100	11,29±0,77 ^{bc}	5,85±0,62 ^{ab}	5,43±0,47 ^{bc}	20,27±1,16 ^b	7,39±0,42 ^{bc}	12,87±1,46 ^{ab}
	150	12,18±0,24 ^{cd}	6,78±0,44 ^{bc}	5,40±0,65 ^{bc}	19,51±0,77 ^b	7,38±1,21 ^{bc}	12,13±0,48 ^a
	200	13,24±0,71 ^d	7,13±0,77 ^c	6,11±0,87 ^c	23,96±2,22 ^c	8,42±1,23 ^c	15,54±1,96 ^b
	250	8,94±0,43 ^a	5,02±0,34 ^a	3,92±0,32 ^a	18,82±1,33 ^b	7,10±1,75 ^{abc}	11,72±2,14 ^a
Effet résiduel (2009)	0	4,73±0,85 ^a	2,83±0,31 ^a	1,89±0,58 ^a	10,24±0,42 ^a	5,04±0,52 ^a	5,19±0,77 ^a
	50	5,75±0,85 ^{ab}	3,25±0,48 ^a	2,50±0,38 ^{ab}	14,46±1,29 ^b	7,07±0,69 ^b	7,39±0,63 ^b
	100	5,93±0,72 ^b	3,40±0,39 ^a	2,53±0,39 ^{ab}	17,30±1,06 ^c	8,46±0,5 ^c	8,84±0,56 ^c
	150	6,67±0,73 ^b	3,63±0,57 ^a	3,04±0,18 ^b	18,81±1,62 ^d	9,04±0,94 ^c	9,76±1,01 ^d
	200	9,14±1,23 ^c	5,04±0,81 ^b	4,10±1,10 ^c	21,99±0,68 ^e	10,65±0,57 ^d	11,33±0,29 ^e
	250	9,48±0,74 ^c	5,01±0,68 ^b	4,47±0,50 ^c	23,17±0,69 ^e	11,34±0,32 ^d	11,82±0,41 ^e

a,b,c,d,e,f : les moyennes portant les mêmes lettres dans la même colonne et dans la même année ne sont pas significatives au seuil de 5%.

PE: Plante entière; F: Feuilles; T: Tiges.

avec l'accroissement supposé de l'effet résiduel de la fertilisation azotée. A la montaison, l'effet résiduel résultant de la fertilisation aux doses 200 et 250 kg N/ha a permis d'obtenir des plantes ayant une taille significativement ($p < 0,05$) supérieure à celle des plantes des parcelles non fertilisées et celles résultants de la fertilisation aux doses 50, 100 et 150 kg N/ha. A la floraison, l'effet résiduel de la fertilisation sur la taille des plantes des parcelles fertilisées à la dose 250 kg N/ha a été significativement ($p < 0,05$) plus élevée que celui des plantes des parcelles non fertilisées et celui des plantes ayant reçu la dose de 50 kg N/ha la première année. Après grenaison, l'effet résiduel de la fertilisation sur la taille des plantes des parcelles fertilisées à la dose 250 kg N/ha a été le plus élevé ($201,77 \pm 23,04$ cm) tandis que la taille la plus faible a été obtenue chez les plantes des parcelles non fertilisées. Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre la taille des plantes à ce stade phénologique pour l'effet résiduel de la fertilisation.

Le diamètre des plantes a augmenté avec le niveau de fertilisation jusqu'à la dose de 200 kg N/ha avant de diminuer ensuite avec la dose de 250 kg N/ha (Tableau 2) la première année. A la montaison, la fertilisation a permis d'obtenir des plantes de diamètre significativement ($p < 0,05$) plus élevé que celui des plantes des parcelles non fertilisées. Les plantes des parcelles fertilisées à la dose 200 kg N/ha ont présenté un diamètre significativement ($p < 0,05$) supérieur à celui des autres plantes. A la floraison, le diamètre des plantes des parcelles fertilisées a été significativement ($p < 0,05$) supérieur à celui des plantes des parcelles témoins. Le diamètre des plantes des parcelles fertilisées à la dose 250 kg N/ha a été comparable ($p > 0,05$) à celui des plantes des parcelles témoins après grenaison. De manière générale, le diamètre des plantes le plus élevé a été obtenu au niveau des parcelles fertilisées à la dose 200 kg N/ha.

La deuxième année, le diamètre des plantes a

augmenté avec l'effet résiduel (Tableau 2). A la montaison, le diamètre le plus élevé a été obtenu avec les plantes ayant reçu la dose de 250 kg N/ha la première année. Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a cependant été observée entre les diamètres des plantes à ce stade phénologique en fonction de l'effet résiduel de la fertilisation. A la floraison, l'effet résiduel de la fertilisation à la dose 250 kg N/ha a permis d'obtenir des plantes avec un diamètre significativement ($p < 0,05$) supérieur à celui des plantes des parcelles non fertilisées et celui des plantes des parcelles ayant reçu des doses de 50 et 100 kg N/ha la première année. Après grenaison, l'effet résiduel de la fertilisation sur le diamètre des plantes des parcelles fertilisées aux doses de 200 et 250 kg N/ha a été significativement ($p < 0,05$) supérieur à celui des autres plantes. De manière générale, le diamètre des plantes le plus élevé a été obtenu pour les parcelles fertilisées la première année à la dose 250 kg N/ha après grenaison.

Effets direct et résiduel de différents niveaux de fertilisation sur la production de biomasse de *Brachiaria ruziziensis* à différents stades phénologiques

L'évolution de la biomasse de la plante entière, des feuilles et des tiges de *B. ruziziensis* en fonction des stades phénologiques est présentée au tableau 3. La biomasse a augmenté avec le niveau de fertilisation azotée pour atteindre la production maximale dans les parcelles fertilisées à la dose 200 kg N/ha à la montaison. A ce stade phénologique, la biomasse des feuilles était supérieure à celle des tiges, indépendamment du niveau de fertilisation azotée. La biomasse la plus élevée de la plante entière ($13,24 \pm 0,70$ t MS/ha), des feuilles ($7,13 \pm 0,76$ t MS/ha) et des tiges ($6,11 \pm 0,87$ t MS/ha) a été obtenue dans les parcelles fertilisées à la dose 200 kg N/ha. Avec la fertilisation à la dose 250 kg N/ha, on a observé une baisse de la biomasse de l'ordre de 32,47% pour la plante entière; 29,73% pour les feuilles et 35,84% pour les tiges par rapport à la fertilisation à la dose 200 kg N/ha.

La biomasse des feuilles ($8,41 \pm 1,23$ t MS/ha) et des tiges ($15,54 \pm 1,96$ t MS/ha) des plantes de *B. ruziziensis* récoltées à la floraison sur la parcelle fertilisée à la dose 200 kg N/ha a été significativement supérieure ($p < 0,05$) à celle des plantes fauchées des parcelles non fertilisées (Tableau 3). La biomasse la plus élevée des plantes entières ($23,96 \pm 2,22$ t MS/ha), des feuilles ($8,41 \pm 1,23$ t MS/ha) et des tiges ($15,54 \pm 1,96$ t MS/ha) a été obtenue avec la fertilisation à la dose 200 kg N/ha. A ce stade phénologique, la biomasse des tiges était supérieure à celle des feuilles, indépendamment du niveau de fertilisation. On a observé une baisse de la biomasse dans les parcelles fertilisées à la dose 250 kg N/ha de l'ordre de 21,45%; 15,57% et 24,58% respectivement pour

	Après grenaison		
	PE	F	T
	16,35±0,55 ^a	4,85±0,65 ^a	11,50±0,35 ^a
	18,57±0,68 ^{ab}	5,44±0,99 ^{ab}	13,13±0,42 ^{ab}
	21,67±0,73 ^{cd}	6,00±0,6 ^{ab}	15,67±0,77 ^{cd}
	22,33±1,82 ^{cd}	6,78±0,94 ^b	15,54±1,93 ^{cd}
	23,65±1,75 ^e	6,28±1,48 ^{ab}	17,36±0,84 ^d
	19,68±3,55 ^{bc}	5,66±1,14 ^{ab}	14,02±3,09 ^{bc}
	11,06±0,88 ^a	4,79±0,15 ^a	6,26±0,74 ^a
	14,86±0,45 ^b	6,32±0,33 ^b	8,54±0,46 ^b
	17,43±0,61 ^c	7,34±0,17 ^c	10,08±0,67 ^c
	19,19±0,65 ^d	8,17±0,71 ^d	11,01±0,66 ^d
	22,21±0,64 ^e	9,65±0,57 ^e	12,55±0,31 ^e
	23,67±0,4 ^f	10,09±0,76 ^e	13,57±0,54 ^f

la plante entière, les feuilles et les tiges par rapport à celle des parcelles fertilisées à la dose 200 kg N/ha. Après grenaison, la biomasse des tiges représentait plus du double de celle des feuilles (Tableau 3). La fertilisation à la dose 200 kg N/ha a permis d'obtenir la biomasse de la plante entière ($23,65 \pm 1,75$ t MS/ha), des feuilles ($6,28 \pm 1,48$ t MS/ha) et des tiges ($17,36 \pm 0,84$ t MS/ha) la plus élevée après grenaison. Par contre, la biomasse des feuilles la plus élevée à ce même stade a été obtenue dans les parcelles fertilisées à la dose 150 kg N/ha. La fertilisation a permis de manière générale d'accroître la biomasse des tiges, des feuilles et donc de la plante entière de *B. ruziziensis*.

Ainsi, à la montaison et à la floraison, la fertilisation à la dose 200 kg N/ha, a permis d'obtenir la biomasse des plantes entières, des feuilles et des tiges la plus élevée. Par contre, la fertilisation à la dose 150 kg N/ha a permis d'avoir la biomasse des feuilles la plus élevée après grenaison, bien que cette biomasse n'ait pas été significativement différente ($p > 0,05$) de celle obtenue dans les parcelles fertilisées à la dose 200 kg N/ha.

La deuxième année de fauche, la biomasse a suivi la même tendance qu'en première année, mais le niveau maximal a été observé dans les parcelles ayant reçu la dose de 250 kg N/ha la première année (Tableau 3). A la montaison, la biomasse des feuilles a été supérieure à celle des tiges, quel que soit le niveau de fertilisation appliquée la première année. L'effet résiduel résultant de la fertilisation aux doses 200 et 250 kg N/ha a permis d'obtenir des biomasses significativement ($p < 0,05$) supérieures à celle obtenue dans les autres parcelles.

La biomasse des plantes entières, des feuilles et des tiges de *B. ruziziensis* récoltées à la floraison (Tableau 3) a augmenté en fonction de la dose d'azote appliquée la première année. A ce stade phénologique, la biomasse des tiges a été supérieure à celle des feuilles. La biomasse de la plante entière, des feuilles et des tiges de *B. ruziziensis* récoltées sur les parcelles ayant reçue de l'azote la première année a été significativement supérieure ($p < 0,05$) à celle obtenue sur les parcelles témoins.

Après grenaison, la biomasse de la plante entière et des tiges de *B. ruziziensis* a augmenté significativement ($p < 0,05$) pour toutes les parcelles fertilisées en première année. A ce stade phénologique, l'effet résiduel de la fertilisation à la dose 250 kg N/ha a permis d'obtenir la biomasse de la plante entière ($23,67 \pm 0,40$ t MS/ha), des feuilles ($10,09 \pm 0,76$ t MS/ha) et des tiges ($13,57 \pm 0,54$ t MS/ha) la plus élevée. De manière générale, l'effet résiduel sur les parcelles fertilisées a permis d'accroître la biomasse des tiges, des feuilles et donc de la plante entière de *B. ruziziensis* après grenaison. A la floraison et après grenaison, l'effet résiduel résultant de la fertilisation à la dose 250 kg N/ha, a permis d'obtenir la biomasse des tiges, des feuilles

et de la plante entière la plus élevée. De même, l'effet résiduel de la fertilisation à la dose 250 kg N/ha a permis d'obtenir la biomasse la plus élevée de la plante entière à la montaison ($9,48 \pm 0,74$ t MS/ha), à la floraison ($23,17 \pm 0,69$ t MS/ha) et après grenaison ($23,67 \pm 0,40$ t MS/ha).

Discussion

La taille et le diamètre des plantes ont augmenté avec le niveau de fertilisation azotée la première année de fauche pour atteindre la taille et le diamètre maximal avec la fertilisation à la dose de 200 kg N/ha. La taille et le diamètre ont ensuite baissé avec la fertilisation à la dose de 250 kg N/ha. L'azote étant le principal facteur limitant la croissance et la production des plantes (11, 12, 14), nous pouvons donc penser qu'au-delà de 200 kg N/ha, l'azote devient toxique pour la plante. En effet, l'azote apporté sous forme d'urée s'hydrolyse rapidement pour donner l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+). Les effets de ce dernier, nombreux et complexes lorsqu'il est en excès dans le milieu sont liés à une acidification du milieu racinaire et à des perturbations de la nutrition hydrominérale de la plante (10, 11), ce qui expliquerait la diminution de la taille et du diamètre observée.

Au cours de la deuxième année de fauche, la taille et le diamètre des plantes ont peu varié en fonction de l'effet résiduel de différents niveaux de fertilisation. L'analyse de la composition du sol la première et la deuxième année montre que ses propriétés, notamment le rapport C/N a évolué pour se trouver dans la fourchette de l'équilibre idéal pour une bonne minéralisation la deuxième année. La bonne minéralisation de l'azote par les microorganismes du sol expliquerait les tailles des plantes comparables à la floraison et après grenaison entre la première et la deuxième année malgré le fait qu'aucune fertilisation n'ait été apportée la deuxième année. En effet, la croissance et le changement de la composition chimique des plantes est un processus complexe où les mécanismes de régulation dans les plantes interagissent avec des facteurs environnementaux (23).

La fertilisation azotée a influencé positivement la production de biomasse de la plante entière de *B. ruziziensis* et de ses différentes parties. Cette observation est en accord avec celle de nombreux auteurs (5, 6, 7, 12, 14, 18, 20). La variation de la biomasse obtenue dans cette étude est semblable aux observations de Bogdan (3) et Cook *et al.* (4) qui ont montré que la biomasse de *B. ruziziensis* varie de 5 à 36 t MS/ha en fonction de la fertilité du sol, des précipitations et du niveau de fertilisation. En effet, la fertilisation accroît la vitesse de croissance, ce qui augmente la production pour un stade de développement donné, ou réduit le délai nécessaire pour atteindre un rendement défini (6, 7, 8, 20). La biomasse de la plante entière obtenue à la montaison

avec la dose 200 kg N/ha est inférieure à celle obtenue par Appadurai et Goonawardene (1) au Sri Lanka lorsqu'ils fertilisaient le *B. ruziziensis* avec 224 kg N/ha (22,03 t MS/ha) et 366 kg N/ha (25,6 t MS/ha). Par contre, la biomasse de la plante entière obtenue avec la fertilisation à la dose 150 kg N/ha à la montaison (12,18 t MS/ha) est semblable à celle obtenue avec la même espèce sur un oxisol au Brésil (12 t MS/ha) avec le même niveau de fertilisation (24).

Dans cette étude, nous avons observé au cours de la première année que la biomasse augmentait avec le niveau de fertilisation jusqu'à un seuil au-delà duquel elle commençait à baisser. Ces observations concordent avec celles de nombreux auteurs (6, 9, 10, 13). En effet, Olsen (13) obtient en Ouganda avec *B. ruziziensis* une production de biomasse de 26,5 t MS/ha avec une fertilisation maximale de 896 kg N/ha. Ce niveau maximal de fertilisation est largement supérieur à celui utilisé dans cette étude, qui est de 200 kg N/ha au cours de la première année. Cette différence peut s'expliquer par la fertilité des sols et les précipitations caractéristiques des deux essais. Par ailleurs, la baisse de rendement observée à partir d'un seuil de fertilisation est en accord avec les observations de Olsen (13) et Limani et De Vienne (9) qui ont montré qu'un apport d'azote à la dose qui excède les besoins de croissance potentielle de la plante ne permet plus d'augmenter le rendement fourrager car l'azote devient toxique pour la plante.

Maurice *et al.* (10) ont montré qu'une fertilisation azotée à des doses élevées (qui excède les besoins de croissance potentielle de la plante) entraîne une baisse de production de la biomasse due à la toxicité à l'ion ammonium. De même, Lawlor *et al.* (6) ont montré que lorsque l'apport d'azote excède les besoins de la plante, l'efficacité de son utilisation par cette dernière baisse car elle en devient saturée. Au cours de la deuxième année, la biomasse des feuilles, des tiges et de la plante entière a augmenté avec l'effet résiduel de la fertilisation. L'analyse de la composition de ce dernier au cours des deux années montre une évolution de ses propriétés, notamment le rapport C/N qui, mauvais à la première année a évolué pour se trouver dans la fourchette de l'équilibre idéal pour une bonne minéralisation à la deuxième année. Ceci a donc permis une bonne minéralisation de l'azote par les microorganismes du sol, ce qui expliquerait l'augmentation des biomasses obtenues en fonction de l'effet résiduel de différents niveaux de fertilisation à différents stades phénologiques.

Conclusion

Il ressort de cette étude que l'effet direct de la fertilisation azotée a significativement ($P < 0,05$) influencé la taille et le diamètre et la production de biomasse de *B. ruziziensis* alors que l'effet résiduel a influencé de manière variable ces mêmes paramètres.

Références bibliographiques

- Appadurai R.R. & Goonawardene L., 1973, Performance of three fodder grasses under high nitrogen applications in the mid-country wet zone of Sri Lanka. *J. Nat. Agric. Soc.* 8, 31-37.
- Beernart F. & Bitondo D., 1992, Simple and practical method to evaluate analytical data of soil profiles. Soil Science Department. Belgian cooperation – University of Dschang. 66 p.
- Bogdan AV., 1977, Tropical pastures and fodder plants (grasses and legumes). London, New York, Longman.
- Cook B.G., Pengelly B.C., Brown S.D., Donnelly J.L., Eagles D.A., Franco M.A., Hanson J., Mullen B.F., Partridge I.J., Peters M. & Schultze-Kraft R., 2005, Tropical forages: an interactive selection tool., [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia.
- Hyo W.L., Mu H.J. & Chang H.K., 1993, Effect of temperature, nitrogen fertiliser and cutting height on regrowth and dry matter production of orchgrass. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress 1993*, Pp. 131-133.
- Lawlor D., Lemaire G. & Gastal F., 2001, Nitrogen, plant growth and crop yield. *In: Lea P.J. and Morot-Gaudry J.F. (eds). Plant Nitrogen. 2001. INRA. Pp. 343-367.*
- Lemaire G., Pablo C. & Jacque W., 1999, Ecophysiologie des plantes fourragères tropicales. *In: Roberge G. et Toutain 1999. Cultures fourragères tropicales. CIRAD. Pp 19-51.*
- Lemaire G., Salette J. & Laissus R., 1982, Analyse de la croissance d'une prairie naturelle normande au printemps II. La dynamique d'absorption de l'azote et son efficacité fourrage.
- Limani A. & De Vienne D., 2001, Natural Genetic Variability in nitrogen Metabolism. *In: Lea P.J. and Morot. Gaudry J.F. (eds) Plant Nitrogen. 2001. INRA. Pp. 369-378.*
- Maurice E.H., Robert F.B. & Darrel S.M., 1985, Forages: the science of grassland agriculture. Iowa State University press. Ames, Iowa, USA. Pp. 318-325.
- Morot-Gaudry J-F., 1997, Assimilation de l'azote chez les plantes: aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Edition INRA. 422 p.
- Obulbiga M.F. & Kaboré-Zoungana C.Y., 2007, Influence de la fumure azotée et du rythme d'exploitation sur la production de matière sèche et la valeur alimentaire de *Andropogon gayanus* Kunth au Burkina Faso. *Tropicultura*, 2007, 25, 3, 161-167.
- Olsen F.J., 1982, Effect of large application of nitrogen fertilizer on the production and protein contents of four tropical grasses in Uganda. *Tropical Agriculture*, 49, 251-260.
- Pamo T.E., Boukila B., Meduke C.N. & Tendongkeng F., 2008, Effect of nitrogen fertilisation and cutting frequency on the yield and regrowth of *Panicum maximum* Jacq. in West Cameroon. *In: Xie Haining and Huang Jiehua (Eds). XXI International Grassland Congress / VIII International Rangeland Congress Hohhot, China, 29th June -5th July 2008. p. 354.*
- Pamo T.E., Tendongkeng F., Kana J.R., Boukila B. & Nanda A.S., 2006, Effect *Calliandra calothyrsus* and *Leucaena leucocephala* supplementary feeding goat production in Cameroon. *Small Ruminant Research*, 65, 31-37.
- Pamo T.E., 1991, Réponse de *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evard à la fertilisation azotée et à différents rythmes d'exploitation en Adamaoua, Cameroun. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 44, 3, 373-380.
- Pamo T.E., Boukila B., Fonteh F.A., Tendongkeng F., Kana J.R. & Nanda A.S., 2007, Nutritive values of some basic grasses and leguminous tree foliage of the Central region of Africa. *Animal Feed Science and Technology*, 135, 273-282.
- Pamo T.E. & Pieper R.D., 1989, Effect of nitrogen fertilization in combination with potassium and phosphorus and cutting frequency on the yield of *Brachiaria ruziziensis* in Adamawa plateau, Cameroon. *XVI International Grassland congress, 4-11 october 1989, Nice, France. Versailles, The french grassland society, 1989. pp. 111-112.*
- Pauwels J.M., Van Ranst E., Verloo M. & Mvondo Ze A., 1992, Méthode d'analyse de sols et de plantes, gestion de stock de verrerie et de

- produits chimiques. Manuel de Laboratoire de Pédologie. Publication Agricoles. 28.
20. Peyraud J.L. & Astigarraga L., 1998, Review of effect of nitrogen fertilisation on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. *Anim. Feed Sci. Technol.* 72, 235-259.
21. Steel R.G. & Torrie J.H., 1980, Principles and procedures of statistics. New York, McGraw Hill Book C. 633 p.
22. Sys C., Van Ranst E., Debaveye J. & Beernaert F., 1991, Land evaluation part II. Methods for land evaluation. Belgium, General Administration for Development Cooperation.
23. Thorvaldsson G., 1987, The effects of weather on nutritional value of timothy in northern Sweden. *Acta Agric. Scand.* 37, 305-319.
24. Vincente-Chandler J., Silva S., Albrunia F. & Rodriguez J.A., 1972, Effect of two cutting heights, four harvest intervals and five nitrogen rates on yield and composition of Congo grass under humid tropical conditions. *Puerto Rico Journal of Agriculture*, 56: 280-291.
-

F. Tendonkeng, Camerounais, M.Sc., Enseignant au Département des productions animales, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun.

B. Boukila, Gabonnais, Ph.D, Professeur, Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologie (INSAB), Université des Sciences et Techniques de Masuku, Gabon.

E.T. Pamo, Camerounais, PhD, Professeur, Département des productions animales, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun.

A.V. Mboko, Gabonnais, M.Sc., Doctorant, Département des productions animales, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun.

F.N.E. Matumuini, Gabonnais, M.Sc., Doctorant, Département des productions animales, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun.