

Variations saisonnières de la croissance et des prélèvements en azote de *Brachiaria mutica* au Sénégal

G. Roberge, A. Ourry, G. Mandret

Les importantes variations climatiques interannuelles enregistrées au Sénégal depuis une vingtaine d'années, et en particulier la baisse de la pluviométrie annuelle (PERROT, 1987), nous orientent vers l'implantation de cultures fourragères irriguées à fortes potentialités de production (BOYER, 1977). Face au coût élevé de l'irrigation (CADOT, 1979), il est fondamental d'établir un système d'exploitation permettant d'optimiser la productivité de l'espèce fourragère utilisée. L'expérimentation analysée ici concerne *Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf. Son objectif était d'observer la répartition saisonnière de la productivité de *Brachiaria mutica* en relation avec différents niveaux de fertilisation azotée. Une étude cinétique de la croissance a été faite sur les trois saisons principales (PERROT, 1987) :

MOTS CLÉS

Brachiaria mutica, courbe de croissance, irrigation, nutrition azotée, potentialité agro-climatique, Sénégal, somme de températures, température, variations saisonnières, zone tropicale.

KEY-WORDS

Agro-climatic potential, *Brachiaria mutica*, cumulated temperatures, growth curve, irrigation, nitrogen nutrition, seasonal variations, Senegal, temperature, tropical region.

AUTEURS

Institut d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux (IEMVT), ISRA/LNERV, BP 2057, Dakar, Sénégal

CORRESPONDANCE

— G. Roberge, IEMVT/CIRAD, 10, rue P. Curie, F 94704 Maisons-Alfort Cedex
— A. Ourry, Laboratoire de physiologie et de biochimie végétales I.R.B.A., Université, F 14032 Caen Cedex

- saison sèche froide (SSF), de novembre à mars ;
- saison sèche chaude (SSC), de mars à mi-juillet ;
- saison des pluies (SDP), de mi-juillet à octobre.

Matériel et méthodes

1. Conduite des essais et dispositifs expérimentaux

Les essais ont été réalisés sur la ferme expérimentale de Sangalkam (ISRA-LNERV, région du Cap Vert) entre 1980 et 1983. Le *Brachiaria mutica* avait été implanté en 1978 par boutures (écartement de 40 cm × 40 cm) sur un sol de "niaye", sablo-argileux de pH 5,3.

Avant chaque repousse étudiée, une coupe de régularisation est faite à 12 cm du sol. La fertilisation pour chaque repousse étudiée consiste en 75 kg/ha de phosphore (P_2O_5) et 150 kg/ha de potasse (K_2O). L'azote a été apporté sous la forme d'urée à trois niveaux : 150, 75 et 0 kg N/ha (respectivement N_{150} , N_{75} et N_0). Les fluctuations saisonnières de la production peuvent résulter de l'action de nombreux facteurs limitants parmi lesquels on peut citer la pluviométrie, la longueur du jour ou encore les températures minimales (SALETTE, 1971).

Afin de déterminer l'action des facteurs limitants saisonniers, les courbes de croissance ont été établies pour trois saisons :

— La saison sèche froide (SSF) se déroule de novembre à mars et se caractérise par une absence de précipitations, une température minimale moyenne souvent inférieure à 15°C et une amplitude thermique très variable selon la fréquence et l'intensité d'un vent sec d'origine désertique, l'Harmattan. La coupe de régularisation a été faite en décembre et les coupes successives permettant d'analyser la cinétique de repousse sont faites 38, 45, 55, 67 et 80 jours après la coupe de régularisation. La somme des températures minimales ($\Sigma\Theta_{min}$) durant la saison sèche froide (SSF) peut être obtenue pour chaque récolte selon l'équation (J représente le nombre de jours de repousse) :

$$\Sigma\Theta_{min} = 14,91 \times J \quad R = 0,9994 \quad (n = 5)$$

— La saison sèche chaude (SSC) d'avril à mi-juillet est, elle aussi, sans précipitations, mais sa température minimale moyenne est généralement supérieure à 20°C. La coupe de régularisation est faite en mars et les récoltes successives sont faites 35, 47, 55, 64, 69 et 85 jours après. La somme des températures minimales durant cette saison (SSC) peut être obtenue pour chaque récolte selon l'équation :

$$\Sigma\Theta_{min} = 20,10 \times J \quad R = 0,9997 \quad (n = 7)$$

— La saison des pluies (SDP), de mi-juillet à octobre, regroupe l'essentiel des précipitations annuelles, quantitativement en forte diminution depuis les années 70 (380 mm/an en moyenne de 1975 à 1986 ; PERROT, 1987). La température minimale moyenne est élevée et généralement supérieure à 25°C. La coupe de régularisation est faite en juillet et les coupes successives sont faites 31, 38, 45, 52, 59, 75 et 88 jours après. La somme des températures minimales durant cette saison (SDP) peut être obtenue pour chaque récolte selon l'équation :

$$\Sigma \Theta_{\min} = 25,53 \times J \quad R = 0,9999 \quad (n = 7)$$

L'irrigation, calculée en fonction des composantes climatiques (BOYER et GROUZIS, 1977) et de l'ETP (évapo-transpiration potentielle) estimée par la méthode dite du bac corrigé (BOYER et ROBERGE, 1985) était de 4 mm/jour en SSF et de 5 mm/jour en SSC et en SDP en complément à la pluviométrie.

2. Méthodes

La production de matière sèche élaborée (MS), déterminée à chacune des coupes successives, est obtenue à partir de 6 répétitions pour la SSC et la SDP et de 4 répétitions pour la SSF. Les échantillons de matière verte ont été séchés 48 heures à 60°C et les teneurs en azote sont mesurées par la méthode de Kjeldahl. Le coefficient apparent d'utilisation (CAU, en %) de l'azote apporté est calculé selon l'équation :

$$\text{CAU} = \frac{(\text{Nexp})_{N_2} - (\text{Nexp})_{N_1}}{N_2 - N_1}$$

avec $(\text{Nexp})_{N_2}$ et $(\text{Nexp})_{N_1}$: quantités d'azote exportées par les plantes fertilisées respectivement par les quantités d'azote N_2 et N_1 .

Résultats

1. Courbes de croissance de la repousse

Les courbes de croissance (figure 1) font apparaître une influence saisonnière significative sur la croissance du *Brachiaria mutica*, quel que soit le niveau de fertilisation azotée. Le départ en croissance pour une fertilisation donnée est d'autant plus rapide que la température minimale est élevée, phénomène qui est encore accentué par une fertilisation azotée plus importante (figure 1). Pour les trois saisons étudiées (SSF, SSC et SDP), l'application de 75 kg N/ha permet de produire en 80 jours

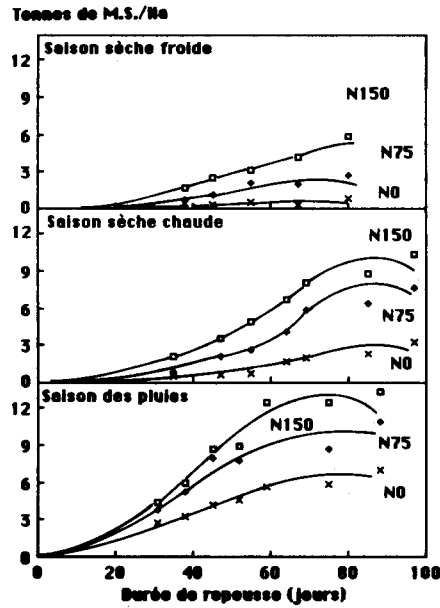


Figure 1

FIGURE 1 : Courbes de croissance de *Brachiaria mutica* à différents niveaux de fertilisation azotée pour les trois saisons étudiées.

FIGURE 1 : Growth curves for *Brachiaria mutica* at different nitrogen levels for the three studied seasons.

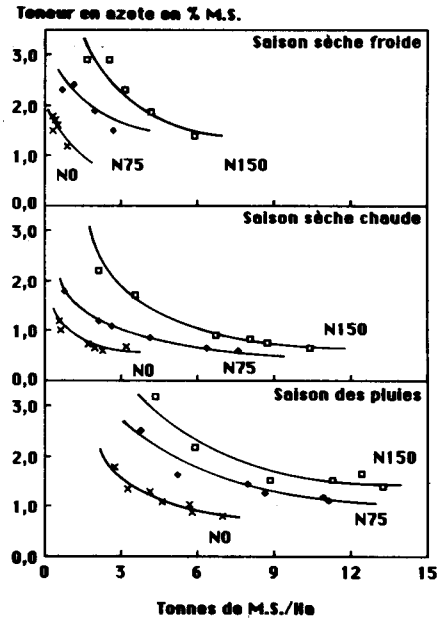


Figure 2

FIGURE 2 : Dilution de l'azote dans la matière sèche chez *Brachiaria mutica* à différents niveaux de fertilisation azotée pour les trois saisons étudiées ; les équations de dilution de l'azote (N, en %) dans la matière sèche (MS, en t/ha) obtenues sont les suivantes :

- en saison sèche froide (SSF) : — $N_0 : N = 1,22 \text{ MS} - 0,29$ $R = 0,81$
- $N_{75} : N = 2,29 \text{ MS} - 0,24$ $R = 0,64$
- $N_{150} : N = 4,42 \text{ MS} - 0,61$ $R = 0,94$
- en saison sèche chaude (SSC) : — $N_0 : N = 0,89 \text{ MS} - 0,35$ $R = 0,94$
- $N_{75} : N = 1,67 \text{ MS} - 0,49$ $R = 0,99$
- $N_{150} : N = 4,24 \text{ MS} - 0,79$ $R = 0,99$
- en saison des pluies (SDP) : — $N_0 : N = 3,81 \text{ MS} - 0,80$ $R = 0,97$
- $N_{75} : N = 5,55 \text{ MS} - 0,66$ $R = 0,97$
- $N_{150} : N = 7,42 \text{ MS} - 0,65$ $R = 0,93$

FIGURE 2 : Nitrogen dilution in dry matter for *Brachiaria mutica* at different nitrogen levels for the three studied seasons ; the equations of N dilution (N, %) in the dry matter (MS, t/ha) are shown above for SSF, cool dry season; SSC, warm dry season and SDP, rainy season.

3 t MS/ha en SSF, 6,5 en SSC et 10,5 en SDP. On peut admettre que la hausse des températures ou encore l'allongement de la durée du jour (SALETTE, 1971 ; SALETTE et LEMAIRE, 1982) puissent être responsables de cet accroissement de la production

et de la meilleure utilisation de l'azote apporté. Ainsi, la productivité du *Brachiaria mutica* pour le niveau N₇₅ en SDP est supérieure à celle du niveau N₁₅₀ de la SSC, et la productivité N₇₅ en SSC est supérieure à celle du niveau N₁₅₀ en SSF. La réponse à l'apport d'azote est significative quelle que soit la saison, mais l'accroissement de la production qui en résulte est variable d'une saison à l'autre, avec l'augmentation de la fertilisation. Au cours des 2 saisons chaudes (SSC et SDP, figure 1), les températures minimales plus élevées en SDP conduisent à diminuer la dose d'engrais azoté tout en maintenant un niveau de production régulier.

2. Teneurs et prélèvements d'azote

Les données recueillies en SSC et SDP (figure 2) sont conformes à la loi de dilution de l'azote établie par SALETTE et LEMAIRE (1981). Les teneurs maximales en

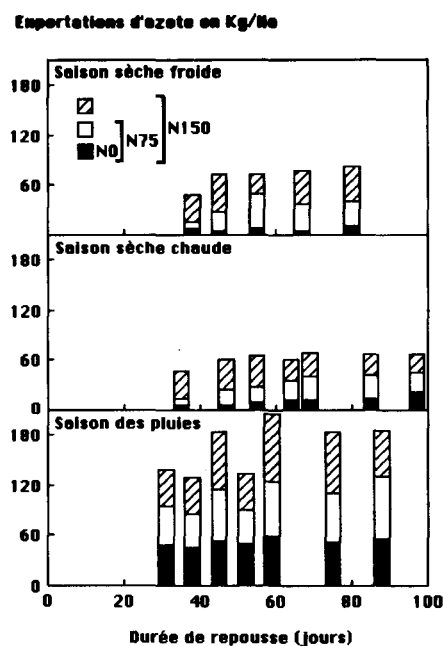


Figure 3

FIGURE 3 : Exportations cumulées d'azote (en kg N/ha) au cours de la repousse chez *Brachiaria mutica* à différents niveaux de fertilisation azotée.

FIGURE 3 : Cumulated nitrogen removals (kg N/ha) at different times of regrowth for *Brachiaria mutica* at different nitrogen levels.

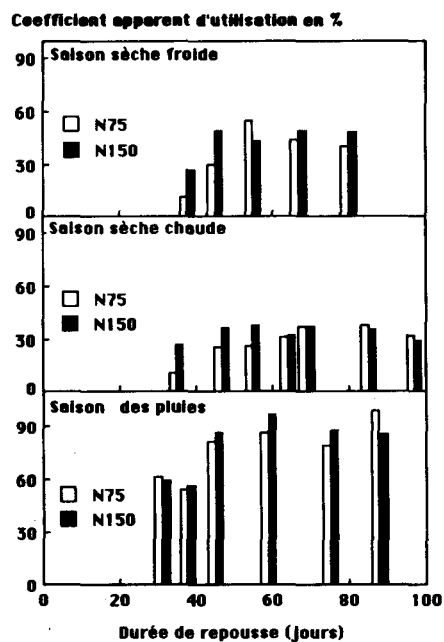


Figure 4

FIGURE 4 : Coefficient apparent d'utilisation de l'azote (CAU, en %) chez *Brachiaria mutica*.

FIGURE 4 : Apparent co-efficient of nitrogen utilization (CAU, in %) in *Brachiaria mutica*.

azote sont obtenues pour la SSF et la SDP. Ceci résulte dans le premier cas d'une faible production de matière sèche, du fait des températures basses. En SDP, l'exportation importante d'azote par des plantes non fertilisées (figure 3) laisse supposer que la disponibilité de l'azote du sol est plus importante durant cette saison, ce qui explique aisément les plus fortes teneurs en azote mesurées (figure 2). Les exportations d'azote durant les 2 saisons sèches ne sont pas significativement différentes alors qu'elles sont trois fois plus importantes en SDP, atteignant au maximum 200 kg N/ha pour une fertilisation N₁₅₀ (figure 3). Le fait des plus fortes températures de la SSC par rapport à la SSF ne semble pas avoir d'influence sur les prélèvements d'azote. Quant au régime hydrique auquel les plantes sont soumises, il ne présente pas de variation significative au cours de l'année en raison de la technique d'irrigation utilisée. En SDP, le *Brachiaria mutica* exploite mieux à la fois l'azote du sol (N₀, figure 3) et celui issu de l'engrais (N₇₅ et N₁₅₀, figure 3). Le coefficient apparent d'utilisation de l'azote (figure 4) calculé par rapport aux parcelles non fertilisées (N₀) est de 80 à 100% en saison des pluies, que l'on apporte 75 ou 150 kg N/ha, contre 50% en moyenne pour les autres saisons (figure 4).

3. Relation entre production de matière sèche et température

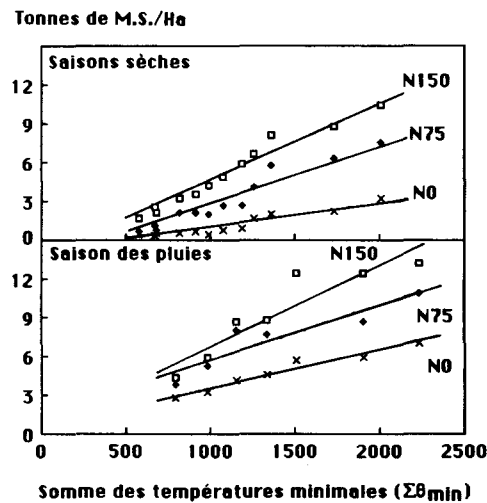


FIGURE 5 : Relation entre la production de matière sèche (en t MS/ha) et la somme des températures minimales ($\Sigma\Theta_{min}$).

FIGURE 5 : Relationship between dry matter production (in t DM/ha) and cumulated minimal temperatures ($\Sigma\Theta_{min}$).

Croissance et nutrition azotée d'une graminée tropicale

Niveau azoté	Saisons sèches (SSF ; SSC)			Saison des pluies (SDP)		
	N ₀	N ₇₅	N ₁₅₀	N ₀	N ₇₅	N ₁₅₀
Coefficient de régression (a)	2,02	5,12	6,38	2,87	4,35	6,07
Ecart-type	0,23	0,41	0,37	0,30	1,34	1,15
Terme résiduel (b)	- 1114	- 2496	- 1897	+ 677	+ 1731	+ 723
Coefficient de corrélation	0,940	0,969	0,984	0,974	0,824	0,921

TABLEAU 1 : Paramètres de corrélation ($MS = a\Sigma\theta_{min} + b$) entre la production (MS, en kg/ha) et la somme des températures minimales ($\Sigma\theta_{min}$).

TABLE 1 : Correlation parameters ($MS = a\Sigma\theta_{min} + b$) between production (DM, in kg/ha) and cumulated minimal temperatures ($\Sigma\theta_{min}$).

Afin d'expliquer les différences observées entre les trois saisons étudiées, nous avons comparé différents types de corrélations. La plus satisfaisante a été obtenue entre la croissance (en t MS/ha) et la somme des températures minimales ($\Sigma\theta_{min}$). Les données concernant les deux saisons sèches peuvent être réunies sur une même droite pour un niveau de fertilisation donné (figure 5), ce qui permet de penser que l'action des facteurs limitants est la même pour ces deux saisons (SSF et SSC). Quelle que soit la saison, la pente des droites de corrélation (figure 5 et tableau 1) diminue avec la fertilisation azotée, ce qui traduit le remplacement du facteur limitant principal "températures minimales" par un facteur "niveau d'azote". Pour la saison des pluies (SDP), les corrélations obtenues sont moins bonnes et diffèrent significativement de celles obtenues lors des saisons sèches. En l'absence de fertilisation azotée (N₀) et pour une même somme de températures minimales, le départ en croissance est plus rapide en SDP comparativement aux saisons sèches (coefficient de régression plus élevé, tableau 1). Ceci semble résulter d'une plus grande disponibilité de l'azote du sol et/ou d'une aptitude plus importante des racines à prélever l'azote minéral du sol. On peut également penser que les températures minimales influent de façon directe sur le métabolisme et la morphogénèse de *Brachiaria mutica* mais aussi de façon indirecte sur les capacités de minéralisation et d'immobilisation de l'azote du sol.

Discussion et conclusion

L'étude de la productivité de la graminée tropicale *Brachiaria mutica* met en évidence l'intérêt des cultures fourragères intensives pour l'élevage au Sénégal. Les

potentialités de production peuvent être particulièrement bonnes lorsque la température minimale moyenne est supérieure à 20°C.

La croissance en saison sèche froide (novembre à mars) est limitée par effet thermique, ce qui justifie pleinement l'introduction au Sénégal de graminées, voire de légumineuses de régions tempérées, moins exigeantes vis-à-vis des basses températures.

L'utilisation d'engrais azotés en saison sèche chaude (avril à mi-juillet) paraît essentielle face à la faible disponibilité du sol en azote. En revanche, pendant la saison des pluies (mi-juillet à octobre), la dose d'azote apportée peut être moins élevée. Le comportement de *Brachiaria mutica* durant cette saison pourrait être expliqué par un certain nombre d'hypothèses complémentaires :

— L'important prélèvement d'azote peut résulter d'une activité métabolique racinaire intense associée à une forte croissance racinaire et à une augmentation de la capacité d'absorption rendue possible par "effet de puits" au niveau des parties aériennes (OURRY et al., 1988).

— Les températures minimales élevées permettent une activité microbienne plus intense qui provoque une augmentation importante de l'ammonification et de la nitrification dans le sol (BERNHARD-REVERSAT, 1980). Corrélativement, on peut supposer que, durant les saisons sèches, l'activité microbienne puisse s'orienter principalement vers une réorganisation de l'azote minéral favorisée par des teneurs élevées en matières organiques résultant d'une sénescence partielle des racines.

— La plus faible disponibilité du sol en azote durant les saisons sèches pourrait, par simple effet de carence, provoquer une croissance racinaire importante (ENNIK et BAAN HOFMAN, 1983) qui concurrencerait le développement aérien quant à l'utilisation des molécules carbonées.

Accepté pour publication, le 1^{er} juillet 1989

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERNHARD-REVERSAT F. (1980) : "Note sur influence du régime thermique et hydrique sur l'ammonification et la nitrification dans un sol de savane sahélienne", *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Péd.*, 18 (2), 147-152.
- BOYER J., GROUZIS M. (1977) : "Etudes écophysiologicals de la productivité de quelques graminées fourragères cultivées au Sénégal. Influence de certains facteurs du milieu sur le comportement hydrique et la croissance", *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Biol.*, 12 (4), 249-267.

- BOYER J., ROBERGE G. (1985) : "Etudes éco-physiologiques de la productivité de quelques graminées à hauts rendements fourragers cultivées au Sénégal. Influence des conditions matérielles d'exploitation sur les valeurs en matière sèche de la production sur pied et de l'efficience de l'utilisation de l'eau", *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 38 (4), 320-328.
- CADOT R. (1979) : *Estimation du prix de revient de l'eau d'irrigation à la station de Sangalcam*, Dakar, LNERV-ISRA, 24 p.
- ENNIK C.G., BAAN HOFMANN T. (1983) : "Variation in the root mass of ryegrass types and its ecological consequences", *Neth. J. Agric. Sci. Nat.*, 31, 325-334.
- OURRY A., BOUCAUD J., SALETTE J. (1988) : "Nitrogen mobilization from stubble and roots during re-growth of defoliated perennial ryegrass", *J. Exp. Bot.*, 39 (203), 803-809.
- PERROT C. (1987) : *Analyses des données climatiques recueillies à Sangalcam de 1976 à 1986*, Dakar, LNERV-ISRA, 21 p.
- SALETTE J.E. (1971) : "Seasonal pattern of forage growth and related characters in humid tropical conditions", *Colloque sur l'intensification de la production fourragère en milieu tropical humide et son utilisation par les ruminants*, CRAAG, Guadeloupe, Ed. INRA, Paris, 1974, 93-99.
- SALETTE J., LEMAIRE G. (1981) : "Sur la variation de la teneur en azote de graminées fourragères pendant leur croissance : formulation d'une loi de dilution", *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 292, 875-878.
- SALETTE J., LEMAIRE G. (1982) : *Approche des relations croissance, climat, azote : cas de la croissance de peuplements de graminées fourragères en fin d'hiver*, Publ. INRA, Vichy, 16-18 mars, 90-99.

RÉSUMÉ

L'effet thermique sur la croissance et la nutrition azotée de la graminée tropicale *Brachiaria mutica* est étudié en climat sahélo-subcanarien. Des courbes de croissance établies au cours des trois saisons annuelles (saison sèche froide, saison sèche chaude et saison des pluies) montrent l'influence des températures minimales sur la productivité. La meilleure croissance enregistrée lors de la saison des pluies peut s'expliquer par une minéralisation plus importante et un meilleur prélèvement de l'azote pendant cette saison, alors qu'en saison sèche froide la croissance est limitée par les températures trop basses. Les courbes de dilution de l'azote dans la matière sèche qui sont présentées concordent en saison sèche chaude et en saison des pluies avec la loi de dilution établie pour des graminées de régions tempérées. Cette étude souligne l'intérêt d'introduire pour la saison froide des plantes fourragères des régions tempérées moins exigeantes vis-à-vis de la température.

SUMMARY

Seasonal variations of growth and nitrogen uptake of Brachiaria mutica in Senegal

The effect of temperatures on *Brachiaria mutica* growth and nitrogen nutrition is studied in a sahelo-subcanarian climate. Growth curves corresponding to the cool dry season, the warm dry season and the rainy season show the importance of temperature on the productivity of *Brachiaria mutica*. The best growth, obtained during the rainy season, could result from a higher mineraliza-

tion and from a better utilization of soil nitrogen, while growth is limited by low temperatures during the cool dry season. Curves of nitrogen dilution are given for each season. They are similar in warm dry season and rainy season to the dilution models of temperate grasses. This study shows the interest of introducing temperate grasses during the cool dry seasons, which require lower temperatures.