



Influence des sols salins et calcaires sur la croissance, la nutrition minérale et les composantes agronomiques du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) dans trois zones agro écologiques du Cameroun

Ekwel Sondi Serge⁽¹⁾, Nouck Alphonse Ervé⁽²⁾, Meguekam Tekam Liliane⁽³⁾, Muyang Fosah Rosaline⁽¹⁾, Ngotta Biyong Jacques Bruno⁽¹⁾, Thiase Ifouet Alice⁽¹⁾, Choula Fridolin⁽¹⁾, Ngo Nkot Laurette⁽¹⁾, Priso Richard Jules⁽¹⁾, Dibong Siegfried Didier⁽¹⁾, Ndongo Din⁽¹⁾, Taffouo Victor Désiré^{(1)*}

¹ Département de Biologie des Organismes Végétaux, Faculté des Sciences, Université de Douala, BP 24157, Douala, Cameroun.

²Département des Sciences Biologiques, Université de Bamenda, BP 39 Bamenda-Bambili, Cameroun.

³Département des Sciences Biologiques, Ecole Normale Supérieure, Université de Yaoundé I BP 47 Yaoundé-Cameroun.

*Auteur de la correspondance : dtaffouo@yahoo.com

Original submitted in on 15th October 2018. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 28th February 2019
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v134i1.5>

RÉSUMÉ

Objectif : le présent travail consiste à évaluer les effets des sols salins et calcaires sur la croissance, la nutrition minérale et les composantes agronomiques de cinq variétés de niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp) var. Garoua PG, Mouola PG, Garoua GG, Mouola GG et Tsacre) dans trois zones agro-écologiques du Cameroun.

Méthodologie et résultats: le dispositif expérimental est un bloc complètement randomisé avec cinq répétitions. Les résultats obtenus révèlent que la biomasse sèche des feuilles des variétés Mouola PG a augmenté significativement dans les sols calcaires de Baré comparativement aux sols témoins de Yagoua. Dans les sols salins de Kribi, elle baisse significativement chez les variétés Mouola PG, Garoua GG et Tsacre. Les rendements en graines augmentent significativement chez les variétés Garoua PG et Mouola GG dans les sols de Kribi d'une part et d'autre part chez la variété Mouola PG dans les sols de Baré. Les fortes concentrations en Na⁺ des sols de Kribi ont entraîné une baisse remarquable des concentrations en K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ et N dans les feuilles des variétés Mouola PG, Garoua GG et Tsacre. Par contre, dans le sol de Baré riche en Ca²⁺, les concentrations en Na⁺, K⁺, Mg²⁺ et P ont augmenté nettement chez les différentes variétés.

Conclusion et application des résultats: l'examen de l'ensemble des paramètres étudiés révèle que la zone agro-écologique à pluviométrie uni-modale aux sols salins serait propice à la culture des variétés Mouola GG et Garoua PG tandis que la variété Mouola PG pousserait mieux dans la zone agro-écologique des hauts plateaux aux sols calcaires.

Mots clés : Niébé, croissance, nutrition minérale, rendement, sol salin, sol calcaire

Effects of saline and calcareous soils on the growth, mineral nutrition and agronomic components of cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) in three agro-ecological areas of Cameroon

ABSTRACT

Objective: the present work evaluates the effects of saline and calcareous soils on the growth, mineral nutrition and agronomic components of five varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) var. Garoua PG, Mouola PG, Garoua GG, Mouola GG and Tsacre) in three agro-ecological areas of Cameroon.

Methodology and results: the experimental setup is a completely randomized block with five repetitions. The results obtained show that the dry biomass of the leaves of the Mouola PG varieties increased significantly in the calcareous soils (Baré) compared to the control soils of Yagoua. In saline soils of Kribi, the dry biomass decreases significantly in leaves of Mouola PG, Garoua GG and Tsacre. In Kribi soils, seed yields increased significantly in the Garoua PG and Mouola GG varieties, while in Baré, the Mouola PG variety grew better. The high Na⁺ concentration of Kribi soils resulted in a remarkable reduction of K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ and N concentrations in the leaves of the varieties Mouola PG, Garoua GG and Tsacre. On the other hand, in the soils of Baré rich in Ca²⁺, the concentrations in Na⁺, K⁺, Mg²⁺ and P increased markedly in the different varieties.

Conclusion and application of results: Examination of all the studied parameters reveals that the agro-ecological zone with a modal rainfall with saline soil would be favorable for the cultivation of the varieties Mouola GG and Garoua PG while the variety Mouola PG would grow better in the ecological highlands plateau with calcareous soils.

Key words: Cowpea, growth, mineral nutrition, yield, saline soil, calcareous soil

INTRODUCTION

Le niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp) est une légumineuse cultivée et consommée en Afrique surtout dans la zone tropicale semi-aride où l'on trouve une grande diversité (Singh, 2003). La culture traditionnelle et la consommation du niébé sont entrées dans les mœurs de ces populations. Le niébé est consommé sous forme de légume lorsqu'il s'agit des feuilles et jeunes pousses, de graines utilisées principalement comme légumes sec (Siemonsma, 1982) et très souvent au Nord, au Littoral et à l'Ouest du Cameroun sous forme de beignets et de mets appelés gâteau de « koki ». Les teneurs élevées en calcium (90 mg/100g), en fer (6 à 7 mg), en acide nicotinique (2 mg/100g) contenues dans le niébé contribuent pour une part substantielle à combler les besoins alimentaires des populations dans les pays tropicaux (Bressani, 1997). La production globale du niébé sec en 2010 était de 5,5 million de tonnes (Abate et al., 2011). Bien que cette production soit croissante, elle reste insuffisante compte tenu de la population sans cesse galopante. La forte demande en besoins nutritionnels des populations en zones rurales et urbaines et la pauvreté des sols

cultivables en éléments minéraux tels que K⁺, P, N, Ca²⁺, Na⁺ et Mg²⁺ aiguisent la volonté des agronomes et la plupart des chercheurs à mettre sur pied des stratégies adéquates pour pallier à ces insuffisances. La salinité est l'un des principaux stress abiotiques qui affectent défavorablement la croissance et le rendement des cultures. Les concentrations élevées de sel résultant des processus naturels en agriculture irriguée inhibent la croissance et le rendement des plantes (Demiral et Turkan, 2006). La salinité aussi induit le déficit en eau même lorsque le sol est bien pourvu d'eau, en diminuant le potentiel osmotique des solutés du sol, rendant ainsi difficile l'extraction de l'eau par les racines dans leur environnement immédiat (Sairam et Srivastava, 2002). La salinité des sols peut inhiber la croissance des plantes par un certain nombre de mécanismes tels que un faible apport du potentiel hydrique dans le milieu, la toxicité des ions Na⁺ et Cl⁻ absorbés due à l'inhibition de plusieurs activités enzymatiques et différents processus effectués dans la cellule telle que la synthèse des protéines. Cette toxicité peut aussi être provoquée par

l'interférence des nutriments essentiels tels que le K^+ et le Ca^{2+} (Munns, 2002 ; Grigore et al., 2011). La sévérité de chacun de ces facteurs sur la croissance des plantes dépend du génotype de la plante et des conditions environnementales (Zadeh et Naeini, 2007). Le Ca^{2+} joue un rôle vital dans plusieurs processus physiologiques tels que les structures membranaires et les divisions des cellules stomatiques fonctionnelles ; la synthèse et la régulation osmotique des parois cellulaires qui influencent la croissance et les réponses aux stress environnementaux (Kusvuran, 2012). La maintenance d'une réserve adéquate en Ca^{2+} dans les solutions salines du sol est un facteur important dans le contrôle de la sévérité des ions toxiques spécifiques, particulièrement dans les cultures qui sont susceptibles à l'influence des Na^+ et Cl^- (Grattan et Grieve, 1999 ; Qureshi et al., 2005). Dans cette situation, l'action d'amélioration du

supplément en Ca^{2+} est cruciale pour alléger la forte salinité. Le Ca^{2+} a un rôle dans la construction de la tolérance au sol chez les plantes (Amuthavalli et al., 2012). L'apport extérieur en Ca^{2+} réduit les effets du NaCl en facilitant la forte sélectivité K^+/Na^+ (Liu et Zhu, 1998). Les autres effets bénéfiques que le $CaCl_2$ a sur le fonctionnement de la plante sont la perméabilité membranaire et la réduction de la concentration en Na^+ (Amuthavalli et al., 2012). Cependant les effets des sols salins et calcaires sur la nutrition minérale et les composantes agronomiques des légumineuses sont peu connus. Cette étude a pour objectif d'évaluer les effets des sols salins et calcaires sur la croissance, la nutrition minérale et les composantes agronomiques de cinq variétés de niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp) dans trois zones agro-écologiques du Cameroun.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Sites d'étude : Le premier site est situé à Yagoua ($10^{\circ}34'10''$ de latitude Nord et $15^{\circ}23'28''$ de longitude Est) dans la zone agro-écologique soudano-sahélienne à 211 km de Maroua dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun (Figure 1). Yagoua a un relief assez uniforme et se présente sous forme d'une plaine de pente négligeable appartenant au prolongement naturel de la plaine alluvionnaire du bassin du Lac Tchad. Le climat est de type soudano-sahélien à deux saisons : une saison sèche de 8 à 9 mois et une saison de pluie de 3 à 4 mois. Les précipitations y sont assez faibles avec une moyenne annuelle de 800 mm. On y retrouve une grande diversité des sols : ferrugineux, lessivés, hydromorphes, alluvionnaires et parfois des lithosols et des vertisols. Le site de Bareko comprise entre $5^{\circ}10''$ de latitude Nord et $9^{\circ}57''$ de longitude Est, est situé à baré dans la zone agro-écologique des hauts plateaux

de l'Ouest (Figure 2). Il est caractérisé par un climat équatorial. Le relief est accidenté, constitué de collines, plateaux, bas-fonds et vallées. Le sol de Baré est calcaire. Le troisième site, Kribi est une ville côtière située au bord du golfe de guinée, dans la région du Sud du Cameroun appartenant à la zone agro-écologique à pluviométrie uni-modale (Figure 3). Ce milieu salin est situé entre $2^{\circ}56'14''$ de latitude Nord et $9^{\circ}54'27''$ de longitude Est. Du fait de sa position équatoriale, Kribi possède une courte saison sèche et une longue saison de pluie très humide (483 mm). Les sols identifiés dans la ville sont des sols ferralitiques typiques moyennement et fortement dénaturés de couleur brun jaune tandis que dans la zone périurbaine les sols sont sableux ou sablo-argileux et présentent des faibles rendements agricoles.

parcelles des sites de Yagoua, Baré et Kribi au début des cultures et analysés au laboratoire par la méthode décrite par Amadji *et al.* (2008).

Etude expérimentale : Les semis ont été effectués aux écartements de 0,75 m entre les lignes et de 0,25 m entre les poquets à raison de trois graines par poquet soit une densité sur la ligne de 15 grains par mètre. Un démariage à un plant par poquet a été effectué après la levée. Les travaux d'entretien ont consisté à des sarclages manuels, des désherbages et des traitements insecticides. Les sarclages ont été effectués à deux reprises suivant le taux d'enherbement des parcelles. Les traitements insecticides ont été effectués deux fois contre les insectes des fleurs à la formation des boutons floraux et 15 jours plus tard contre les piqueurs suceurs des gousses. La profondeur du semis a été de 3 cm (Sawadogo, 2009).

Collecte des paramètres de croissance et composantes agronomiques : La hauteur des tiges, le diamètre des tiges, le nombre de feuilles, la biomasse sèche ont été enregistrés aux différentes phases du cycle végétatif. Les délais de levée (DL), les délais de floraison (DF) et les délais de maturité

physiologique (DMph) et le Délai commerciale (DMcom) ont été déterminés lorsque 50% des plantes d'une parcelle élémentaire ont atteint le stade concerné (N'gbesso *et al.*, 2013). Le nombre de gousses, le nombre de graines par gousse et le nombre total de graines par parcelle principale et par parcelle élémentaire ont été évalués.

Analyse chimique des cendres végétales : Les échantillons de cendres des feuilles et racines séchées ont été analysés au laboratoire des sols et environnement de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles de l'Université de Dschang. Les teneurs en Na⁺ et K⁺ dans les différentes cendres végétales ont été déterminées d'après la procédure décrite par Savouré (1980). Les teneurs en N, P, Mg²⁺ et Ca²⁺ ont été déterminées selon la méthode décrite par Taffouo (1994).

Analyses statistiques : Les techniques standard pour évaluer la signification des moyens de traitement ont été celles d'ANOVA (Analysis Of Variance) en utilisant la SPSS software package (SPSS 10.0 pour Windows 2001). Les différences statistiques entre les groupes expérimentaux et le contrôle ont été établis par le test de Fisher avec la probabilité de 5%.

RÉSULTATS

Caractéristiques physico-chimiques des trois sols des sites d'étude : L'analyse des sols de la zone d'étude de Yagoua montre que l'argile et le sable prédomine dans leur texture comparativement aux limons. Il s'agit des sols sablo- argileux. Le pH de ce sol (4,8) compris entre 4,5 et 6 le classe parmi les sols faiblement acides. La conductivité électrique (CE) de ces sols est de l'ordre de 0,96 mS/cm. Ils sont non salins (CE < 4 mS/cm) et renferment une quantité peu élevée de calcium (7,80 méq/100g) et de magnésium (1,20 méq/100g). Les sols de Baré avec un pH de 6,52, une conductivité électrique de 1,20 mS/cm et un taux

de saturation de 87% sont non salins à complexe calcique caractérisé dans la solution du sol et dans le complexe adsorbant par une dominance du calcium et de magnésium. Il s'agit des sols calcaires. La grande quantité d'argile (60%) des sols de Kribi lui confère une capacité de rétention d'eau et d'engrais très importante. Le pH (4,0 < 4,5) permet de classer ces sols parmi les sols très acides. La teneur élevée de l'argile au-dessus de la moyenne de l'horizon de surface et la conductivité électrique (4,31) supérieure à 4 mS/cm révèle que les sols de Kribi est salin (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des sols des zones agro écologiques (Yagoua, Baré et Kribi)

Paramètres Kribi	Yagoua	Baré	
Argile (%)	44	48	60
Limons (%)	14	14	16
Sable (%)	42	38	24
pH (eau)	5,80	6,70	4,7
pH (KCl)	4,80	6,52	4,00
Conductivité électrique (CE) (mS/cm)	0,96	1,20	4,31
Ca (méq/100g)	7,80	12,40	11,60
Mg (méq/100g)	1,20	7,60	1,40
K (méq/100g)	1,00	2,00	1,00
Na (méq/100g)	0,05	0,09	0,09
Bases échangeables (méq/100g)	10,05	22,10	14,10
Acidité échangeable (méq/100g)	0,01	0,01	1,25
CEC (méq/100g)	10,06	22,10	15,35
Taux saturation (%)	65	87	77
Carbone organique (%)	0,18	2,63	1,59
Matière organique (%)	0,32	4,53	1,16
N total (g/kg)	1,00	2,12	2,74
C/N	2	12	14
P assimilable (mg/kg)	7,40	53	10,00

Tableau 2 : Influence des sols salins et calcaires sur la croissance des variétés de niébé. P₁ : Yagoua, P₂ : Baré et P₃ : Kribi

Paramètres de croissance	Variétés	Zones agroécologiques		
		P ₁	P ₂	P ₃
Diamètre des tiges (cm)	Garoua PG	0,70±0,13d	1,35±0,19b	0,94±0,15c
	Mouola PG	0,89±0,20c	1,30±0,21b	1,07±0,17b
	Garoua GG	0,92±0,11bc	1,52±0,30a	1,20±0,22a
	Mouola GG	0,96±0,17b	1,27±0,21c	1,13±0,21b
	Tsacre	1,19±0,26a	1,53±0,17a	1,09±0,13b
Hauteur des tiges (cm)	Garoua PG	85,30±9,41c	93,06±6,58d	76,03±4,16c
	Mouola PG	46,83±2,40f	137,06±29,10a	82,00±3,10b
	Garoua GG	102,40±14,30b	98,10±11,03c	81,00±8,90b
	Mouola GG	78,0±5,45d	132,36±21,23b	90,21±8,71ab
	Tsacre	114,83±14,20a	136,80±19,59a	92,06±9,59a
Nombre des feuilles	Garoua PG	91,07±5,27bc	89,62±8,61d	68,00±3,93c
	Mouola PG	105,77±5,33b	132,04±10,12a	100,12±11,29a
	Garoua GG	89,03±5,10c	126,05±10,37b	83,65±8,40b
	Mouola GG	92,88±6,12bc	64,33±6,12e	94,50±5,88ab
	Tsacre	134,50±10,04a	130,55±5,39a	85,02±10,62b

Les valeurs ayant les mêmes lettres indiquent les différences non significatives (P < 0,05)

Influence des sols salins et calcaires sur la croissance des variétés de niébé: L'étude faite dans

les trois sites montre que la presque totalité des variétés de niébé soumises à notre étude, ont connu

une augmentation significative ($P < 0,05$) de la hauteur des tiges des sols calcaires de Baré excepté la variété Garoua GG dont la hauteur a baissé après sa culture comparativement aux sols de Yagoua (témoin) (Tableau 2). Les teneurs en Ca^{2+} et Na^+ des sols de Baré et de Kribi affectent positivement les diamètres des tiges de la quasi-totalité des variétés à l'exception de la variété Tsacre dans les sols salins de Kribi (Tableau 2). Le nombre de feuilles baisse significativement ($P < 0,05$) dans les sols P₂ pour les variétés Garoua PG, Mouola GG et Tsacre tandis qu'il augmente de façon remarquable pour la variété Mouola PG. Il baisse chez toutes les variétés au niveau des sols de Kribi excepté pour la variété Mouola GG où la baisse est non significative.

Influence des sols salins et calcaires sur la production de biomasse sèche : La production de la

biomasse sèche a été influencée par les concentrations en Ca^{2+} et Na^+ des sols de Yagoua, Baré et Kribi correspondant aux sols des différentes zones agro écologiques étudiées (Figure 4). Une augmentation significative ($P < 0,05$) de la biomasse sèche a été observée dans les feuilles des variétés Mouola PG dans les sols calcaires de Baré comparativement aux sols témoins de Yagoua tandis que chez les variétés Mouola GG aucune différence significative n'a été observée (Figure 4). Dans les sols salins de Kribi, on note une augmentation significative ($P < 0,05$) de la biomasse sèche chez les variétés Garoua PG et Mouola GG tandis que chez les variétés Garoua GG, Mouola PG et Tsacre, elle baisse significativement (Figure 4).

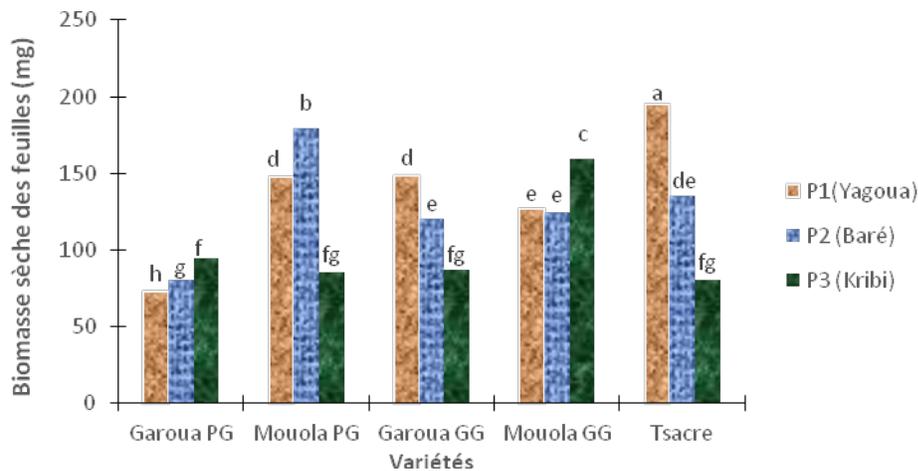


Figure 4 : Influence des sols salins (Kribi) et calcaires (Baré) sur la biomasse sèche des feuilles. Garoua GG, Garoua PG, Mouola GG, Mouola PG et Tsacre. Les valeurs ayant les mêmes lettres indiquent des différences non significatives ($P < 0,05$).

Influence des sols salins et calcaires sur les paramètres agronomiques

Délai de levée, Délai de floraison, Délai de maturité physiologique et Délai commerciale de cinq variétés de niébé : Le délai de levée (DL), délai de floraison (DF), délai de maturité physiologique (DMph) et délai commerciale (DMcom) de toutes les variétés ont été significativement ($P < 0,05$) influencés par les sols salins de Kribi et calcaires de Baré (Tableau 3). Les résultats obtenus au cours de cette étude ne montrent pas des différences significatives au niveau des DL des sols de Baré et de Kribi chez toutes les variétés étudiées (Tableau 3). Une baisse significative

($P < 0,05$) de DF des variétés Garoua PG, Garoua GG et Tsacre a été observée dans les sols de Baré et de Kribi comparativement aux sols de Yagoua (témoin). Par contre, une augmentation significative ($P < 0,05$) de DF a été notée chez Mouola PG et Mouola GG. Le DMph des gousses ont augmentés significativement ($P < 0,05$) chez toutes les variétés étudiées excepté chez la variété Tsacre où aucune différence significative n'a été observée dans les sols de Baré et Kribi comparativement aux sols de Yagoua (Tableau 3). Au niveau du DMcom, aucune différence significative n'a été observée dans les sols de Baré et Kribi comparativement aux sols de Yagoua.

Tableau 3 : Délai de levée (DL), de floraison (DF), de maturité physiologique (DMph) et commerciale (DMcom) de cinq variétés de niébé. P₁: Yagoua, P₂: Baré et P₃: Kribi

Variété	Zones agro écologiques	DL (Jours)	DF (Jours)	DMph (Jours)	DMcom (Jours)
Garoua PG	P1	3a	55,0a	68,2b	87,1a
	P2	3a	47,2b	74,1a	90,3a
	P3	3a	48,2b	74,6a	90,7a
	PPDS	0,38	2,5	1,63	1,27
	CV (%)	12,5	4,3	12,2	1,5
Mouola PG	P1	3a	46,0b	63,1c	85,3ab
	P2	3a	49,8b	68,8b	78,8b
	P3	3a	50,8b	69,3b	79,5b
	PPDS	0,3	1,26	1,37	1,1
	CV (%)	10,0	2,7	2,1	1,4
Garoua GG	P1	3a	59,0a	70,3b	86,0a
	P2	3a	47,9b	75,7a	89,9a
	P3	3a	49,2b	76,2a	90,7a
	PPDS	0,33	1,43	1,38	1,43
	CV (%)	11,0	2,8	2,0	1,7
Mouola GG	P1	3a	43,1c	60,2c	85,5ab
	P2	3a	48,8b	74,1a	85,8ab
	P3	3a	49,8b	74,5a	86,7b
	PPDS	0,3	1,34	1,41	1,02
	CV (%)	10,0	2,8	2,1	1,2
Tsacre	P1	3a	52,5b	65,0bc	85,2ab
	P2	3a	48,8b	68,8b	78,8b
	P3	3a	49,8b	69,3b	79,6b
	PPDS	0,16	1,45	1,45	1,43
	CV (%)	9,01	3,0	2,2	121,4

Les valeurs d'une colonne, affectées de la même lettre ne diffèrent pas au seuil de 5% (PPDS)

Rendement en gousses : Les sols salins et calcaires ont affecté de manière significative ($P < 0,05$) les rendements en gousses des cinq variétés étudiées (Figure 5). Les rendements en gousses augmentent significativement ($P < 0,05$) chez les variétés Mouola PG et Mouola GG tandis qu'ils baissent

significativement ($P < 0,05$) chez les variétés Garoua PG, Garoua GG et tsacre dans les sols de Baré comparativement aux sols témoins de Yagoua. Une augmentation significative ($P < 0,05$) des rendements en gousses a été notée chez les variétés Garoua PG et Mouola GG dans les sols salins de Kribi (Figure 5).

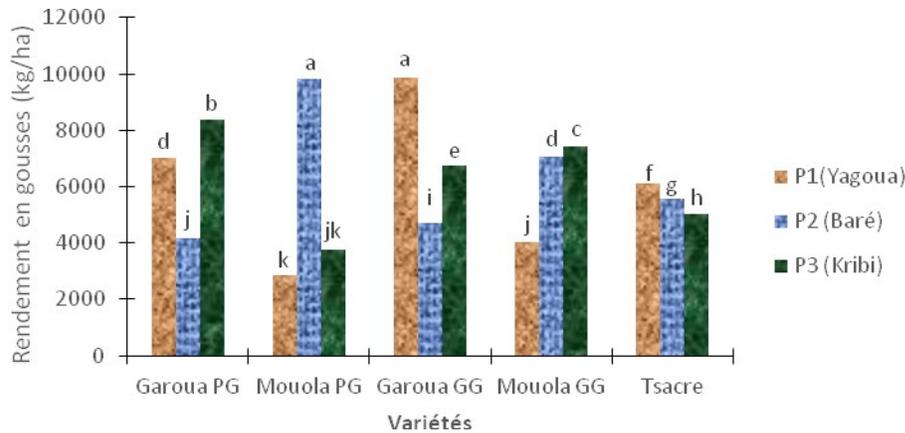


Figure 5. Influence des sols salins (Kribi) et calcaires (Baré) sur le rendement en gousses. Garoua GG, Garoua PG, Mouola GG, Mouola PG et Tsacre. Les valeurs ayant les mêmes lettres indiquent des différences non significatives ($P < 0,05$).

Rendement en graines : Dans la présente étude, les rendements en graines augmentent significativement ($P < 0,05$) dans les sols de Baré chez les variétés Mouola PG et Mouola GG tandis qu'ils baissent significativement ($P < 0,05$) chez les variétés Garoua GG et tsacre comparativement aux sols de Yagoua

(témoin) (Figure 6). Les résultats obtenus montrent également une augmentation significative ($P < 0,05$) des rendements en graines chez les variétés Garoua PG, Mouola PG, Garoua GG et Mouola GG dans les sols salins de Kribi (Figure 5).

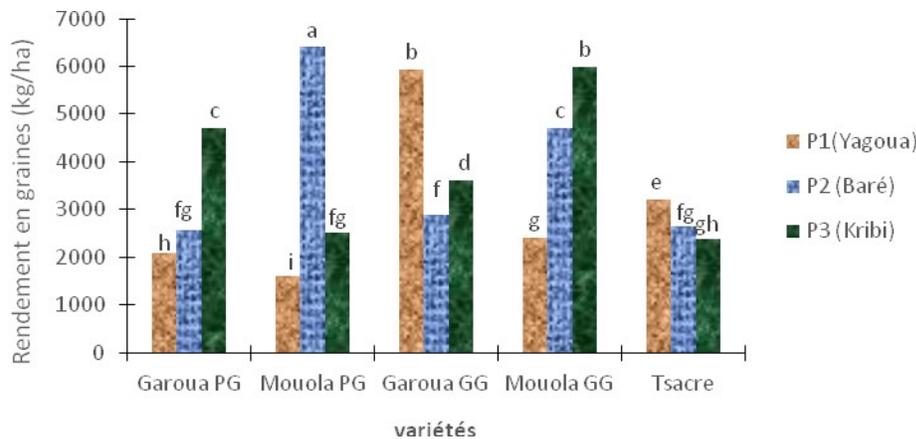


Figure 6. Influence des sols salins (Kribi) et calcaires (Baré) sur le rendement en graines. Garoua GG, Garoua PG, Mouola GG, Mouola PG et Tsacre. Les valeurs ayant les mêmes lettres indiquent des différences non significatives ($P < 0,05$).

Influence des sols salins et calcaires sur la distribution des éléments minéraux au niveau des différents organes de niébé

Distribution des éléments minéraux au niveau des feuilles dans les différents sites : Dans cette présente étude, il ressort que les teneurs en Na^+ augmentent significativement chez toutes les variétés

considérées excepté chez la variété Garoua PG dans les sols de Baré où on n'observe aucune différence significative ($P < 0,05$) (Figure 7a). Cependant dans les sols de Baré et de Kribi, les variétés Garoua PG, Garoua GG et Mouola GG accumulent beaucoup plus de Na^+ dans les feuilles que les variétés Mouola PG et Tsacre (Figure 7a). Une importante accumulation de la

concentration en Ca^{2+} a été également observée dans les feuilles des variétés Moula GG et tsacre dans les sols de Baré (Figure 7b) tandis que ces concentrations en Ca^{2+} baissent significativement ($P < 0,05$) chez les variétés Garoua PG, Garoua GG et tsacre dans les sols de kribi (Figure 7b). Les concentrations en K^+ augmentent significativement ($P < 0,05$) chez toutes les variétés étudiées dans les sols de Baré (Figure 7c). Cette augmentation est plus importante chez Moula GG. On note une baisse significative des concentrations de K^+ chez les variétés Garoua PG, Moula PG et Garoua GG comparativement aux sols de Yagoua (témoin) (Figure 7c). Les quantités de Mg^{2+} augmentent significativement ($P < 0,05$) dans les feuilles des variétés Garoua PG et Moula GG dans les sols de Baré tandis qu'une baisse significative ($P <$

0,05) est observée dans les feuilles des variétés Moula PG et Garoua PG dans les sols de Baré et Kribi, respectivement (Figure 7d). La concentration en N augmente significativement ($P < 0,05$) dans les feuilles des variétés Garoua PG, Moula PG et Garoua GG dans les sols de Baré tandis qu'elle baisse significativement ($P < 0,05$) chez Garoua PG, Moula PG et Garoua GG dans les sols salins de Kribi (Figure 7e). Les concentrations en P dans les feuilles des cinq variétés ont augmenté de façon significative ($P < 0,05$) chez les variétés Garoua GG et Tsacre dans les sols de Baré tandis qu'une baisse significative ($P < 0,05$) a été notée dans les sols de Kribi chez les variétés Garoua GG, Moula GG et Tsacre comparativement aux sols de Yagoua (Figure 7f).

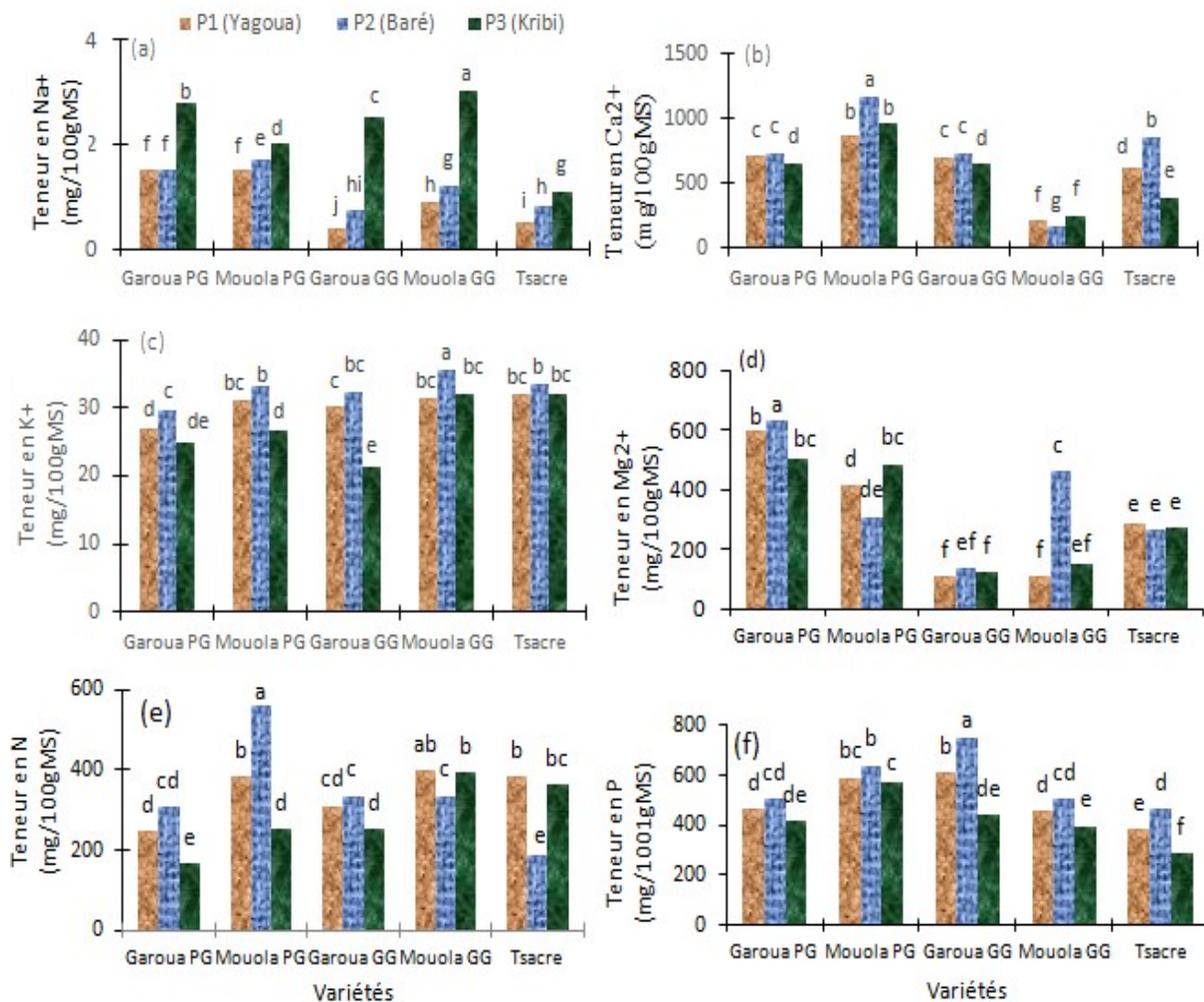


Figure 7. Influence des sols salins (Kribi) et calcaires (Baré) sur les teneurs en Na⁺ (a), Ca²⁺ (b), K⁺ (c), Mg²⁺ (d), N (e) et P (f) des feuilles. Garoua GG, Garoua PG, Moula GG, Moula PG et Tsacre. Les valeurs ayant les mêmes lettres indiquent des différences non significatives ($P < 0,05$).

Distribution des éléments minéraux au niveau des racines dans les différents sites : Dans le présent travail, les teneurs en Na^+ augmentent significativement ($P < 0,05$) dans les racines de toutes les variétés étudiées (Figure 8a). Cette augmentation est plus importante chez la variété Garoua GG et moins importante chez les variétés Mouola PG et Mouola GG (Figure 8a). Les teneurs en Ca^{2+} augmentent significativement ($P < 0,05$) dans les racines de Mouola GG tandis qu'elles baissent significativement chez les variétés Garoua PG, Garoua GG et Tsacre dans les sols de Baré et Kribi comparativement aux sols témoins de Yagoua (Figure 8b). Cependant aucune différence significative n'a été observée chez Mouola PG dans les sols de Baré et de Kribi (Figure 8b). Les teneurs en K^+ augmentent significativement ($P < 0,05$) dans les racines de toutes les variétés considérées dans les sols de Baré excepté chez la variété Garoua PG où on n'a noté aucune différence significative (Figure 8c).

Dans les sols de Kribi, les teneurs en K^+ varient très peu chez les variétés étudiées excepté chez la variété Tsacre où on a observé une augmentation significative ($P < 0,05$) (Figure 8c). Les quantités de Mg^{2+} augmentent significativement ($P < 0,05$) dans les racines de la variété Mouola GG dans les sols de Kribi et de Baré tandis qu'elles baissent significativement ($P < 0,05$) dans les racines des variétés Garoua PG, Mouola PG et Garoua GG dans les sols de Baré et Kribi (Figure 8d). Les résultats obtenus révèlent une augmentation significative ($P < 0,05$) de la concentration de N dans les racines des variétés Mouola GG dans les sols de Baré et Tsacre dans les sols de Baré et Kribi (Figure 8e). Dans les sols de Baré et Kribi, les concentrations en P augmentent dans les racines de toutes les variétés étudiées excepté chez les variétés Garoua GG et Mouola GG dans les sols de Kribi (Figure 8f).

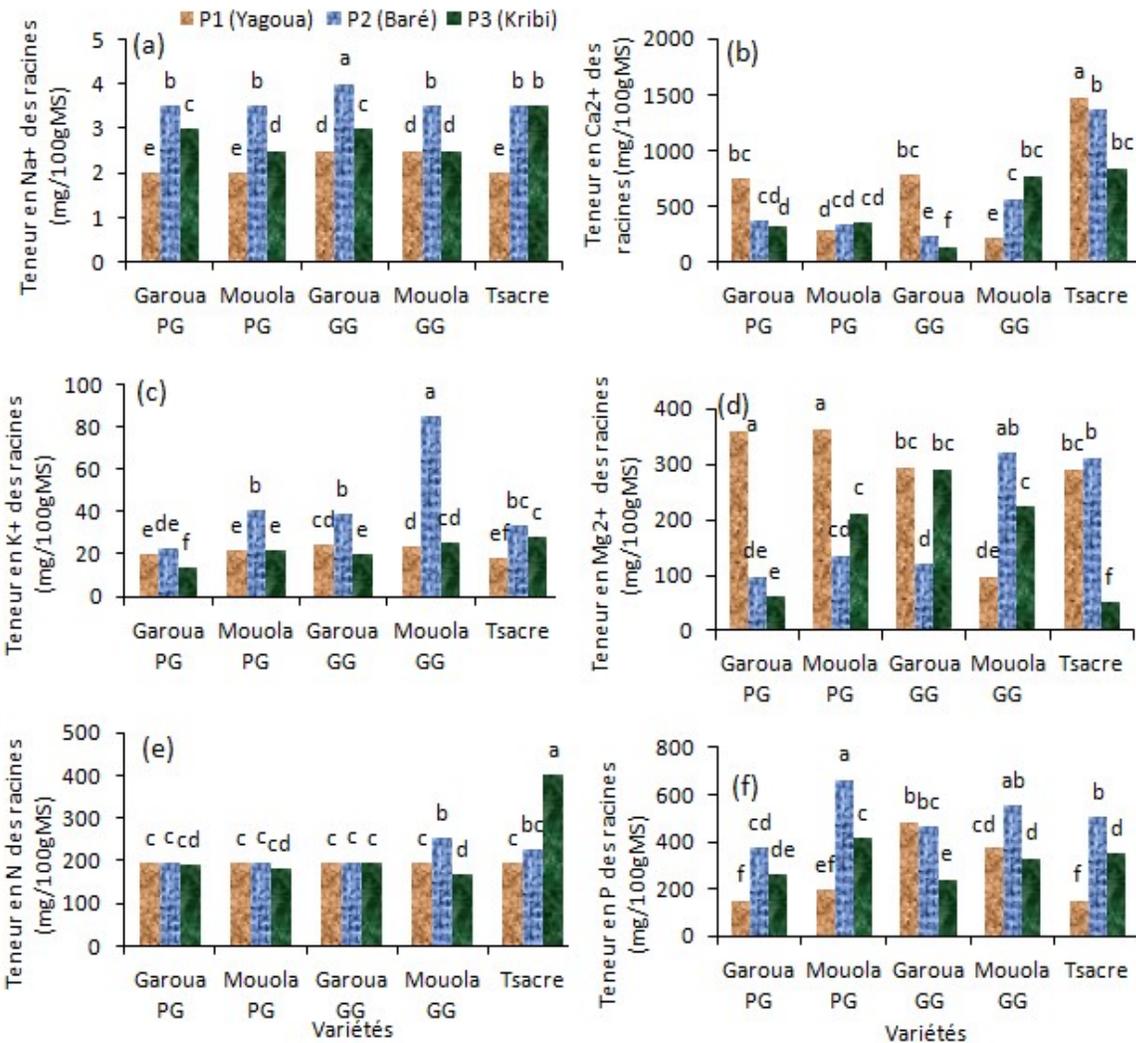


Figure 8. Influence des sols salins (Kribi) et calcaires (Baré) sur les teneurs en Na⁺ (a), Ca²⁺ (b), K⁺ (c), Mg²⁺ (d), N (e) et P (f) des racines. Garoua GG, Garoua PG, Mouola GG, Mouola PG et Tsacré. Les valeurs ayant les mêmes lettres indiquent des différences non significatives (P < 0,05).

DISCUSSION

Influence des sols salins et calcaires sur la croissance des variétés de niébé: La présente étude révèle une augmentation significative des différents paramètres de croissance au niveau des sols de Baré chez toutes les variétés durant la phase végétative. En effet, la croissance en hauteur et la production de la biomasse sont accélérées entre le 30^e et 60^e Jour après semis (JAS) (N'gbesso et al., 2013). L'augmentation du diamètre des tiges pourrait influencer l'épaisseur des vaisseaux de xylème donnant accès facile aux transports des éléments minéraux vers la partie aérienne de la plante où s'effectue l'assimilation chlorophyllienne. Le nombre de feuilles assez élevé enregistré au 90^e JAS, à la récolte serait

dû au fait que le ralentissement et l'arrêt de la croissance qui s'opère généralement vers le 75^e JAS dus au phénomène de sénescence sont arrivés plus tardivement. Il n'y a pas eu production à temps d'hormones sous la forme d'acide abscissique favorisant ainsi le vieillissement et la chute des feuilles suite à un arrêt de l'alimentation en eau, en éléments minéraux et carbonés au niveau des différents organes de la plante (Uarrota, 2010). D'après Falalou (2006), l'apparition du vieillissement et la chute des feuilles marquent la fin d'un cycle de croissance chez les plantes annuelles. Ces feuilles contribuent à la réalisation de l'acte photochimique et donc à la croissance de la plante. Dans notre étude, les teneurs

en Ca^{2+} des sols calcaires de Baré affectent positivement la production de la biomasse sèche des feuilles de la variété Mouola PG. Par contre dans les sols salins de Kribi, on observe une baisse significative de la biomasse sèche chez les variétés Mouola PG, Garoua GG et Tsacre. Ces variations significatives de la biomasse observées entre les variétés, pourraient être liées à leur aptitude vis-à-vis de l'assimilation des éléments minéraux et l'eau du sol (N'gbesso et al., 2013). D'après Levitt (1980), les variétés Mouola PG, Garoua GG et Tsacre seraient sensibles au chlorure de sodium. La réduction de la croissance pourrait être due à l'effet néfaste de sel sur les organes photosynthétiques. Les travaux antérieurs ont montré que la structure des chloroplastes est affectée par les conditions environnementales sévères et en particulier par le stress salin qui entraîne une désorganisation des systèmes granulaires et lamellaires (Hernandez et al., 1995; Keiper et al., 1998; Ben Khaled et al., 2003). D'autres études réalisées sur le blé et l'orge par Termaat et al. (1985) ont révélé que la réduction de la croissance des organes aériens serait due à l'effet de la salinité sur la production des régulateurs de croissance au niveau des racines, tels que l'acide abscissique et les cytokinines. L'analyse de la variance ($P < 0,05$) montre que les variétés Garoua PG et Mouola GG peut mieux croître dans un milieu salin dont la concentration en NaCl est élevée. Les réductions du nombre des feuilles chez les variétés Garoua PG, Mouola GG et Tsacre dans les sols de Baré d'une part et d'autre part celles de la biomasse sèche des feuilles chez les variétés Garoua GG, Mouola GG et Tsacre pourraient s'expliquer par les fortes concentrations en Ca^{2+} du sol de Baré. Des résultats similaires sur la baisse de biomasse sèche ont été observés chez *Gossypium hirsutum* poussant dans les conditions de sol riche en CaCl_2 (Amuthavalli et al., 2012). Par contre, les résultats obtenus ont montré une augmentation significative de la biomasse sèche des feuilles, des diamètres des tiges et de la hauteur des plantes chez la variété Mouola PG. Ces résultats suggèrent que la variété Mouola PG peut être considérée comme une plante calciophile qui selon Levitt (1980) est capable de croître et se développer sur des sols calcaires avec une teneur élevée en Ca^{2+} .

Influence des sols salins et calcaires sur les paramètres agronomiques : Dans cette étude, les rendements en graines augmentent significativement chez les variétés Garoua PG et Mouola GG dans les sols de Kribi d'une part et d'autre part chez la variété Mouola PG dans les sols de Baré. Les variations des

teneurs en Na^+ ou en Ca^{2+} dans les sols des différents sites pourraient être à l'origine des différences significatives observées entre les variétés au niveau des rendements en gousses et des rendements en graines (Taffouo et al., 2010). Les variétés Garoua PG et Mouola GG ont tendance à tolérer beaucoup plus les sols ayant des fortes concentrations en Na^+ . Ces résultats suggèrent que ces deux variétés pourraient être utilisées pour valoriser les zones arides ou semi-arides où les concentrations en Na^+ sont relativement élevées. La tolérance de ces variétés au sel serait due à l'efficacité de la restriction de l'entrée des ions Na^+ dans la racine et le maintien au sein de celle-ci d'une teneur élevée en Ca^{2+} qui servirait probablement de protection de l'espace apoplasmique de la racine ou de la surface de la membrane plasmique (Suhayda et al., 1992, Taffouo et al., 2010). Par contre, dans les sols calcaires de Baré, on a observé une augmentation significative des rendements en graines et en gousses chez la variété Mouola PG. Cette forte tolérance de cette variété au Ca^{2+} permet de la classer parmi les plantes calciophiles (Levitt, 1980).

Influence des sols salins et calcaires sur la distribution des éléments minéraux au niveau des différents organes de niébé : Dans ces travaux, l'influence du Na^+ des sols de Kribi a fait varier les teneurs de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , N et P de façon significative dans les feuilles de toutes les variétés étudiées. La baisse de la concentration en K^+ dans les feuilles des variétés Mouola PG et Garoua GG serait due à l'effet inhibiteur du NaCl sur l'absorption de K^+ . Des résultats similaires ont été observés chez les espèces de triticales (Houchi et Condret, 1994) et l'orge (El Mekkaoui et al., 1994). Ben Khaled et al. (2007) a rapporté que l'étude de la nutrition minérale chez la variété de blé dur Massa a montré que la présence du NaCl dans le milieu perturbe l'absorption et le transport de K^+ vers les parties aériennes. La relative stabilité des concentrations de K^+ dans les feuilles des variétés tolérantes au sel (Garoua PG et Mouola GG) pourrait s'expliquer par le fait que le potassium a effectivement joué son rôle d'osmoticum minéral, contribuant à la turgescence de la cellule et donc à son extension, en améliorant la tolérance de la plante au sel et en contrariant l'effet inhibiteur du Na^+ sur la machinerie enzymatique (Serrano, 1996; Taffouo et al., 2010). D'après Asharaf et McNeilly (1988), la tolérance des plantes à la salinité peut être due à une capacité de la plante à limiter ou à contrôler l'accumulation de l'ion Na^+ dans les tissus (Asharaf et McNeilly, 1988). Ce contrôle se produit à travers un système d'échange

K^+/Na^+ qui diminue l'accès de Na^+ à la plante (Poustinia et Siosemardeh, 2004). La teneur de Ca^{2+} dans les tissus foliaires de Garoua PG et Garoua GG est significativement réduite en présence de NaCl, indiquant que la présence de Na^+ perturbe l'absorption et le transport de Ca^{2+} dans les parties aériennes (Ben Khaled et al., 2007). Des résultats similaires ont été obtenus chez l'orge par Soltani et al. (1990) et Suhayda et al. (1992). La concentration en K^+ est élevée dans les feuilles Mouola GG dans les sols de Baré. Ce résultat s'explique par le fait que le Ca^{2+} facilite le transport de K^+ . Sa présence est nécessaire pour le contrôle de la sélectivité K^+/Na^+ (Demidchik et Tester, 2002) et augmente la tolérance des plantes à la salinité (Liu et Zhu, 1998 ; Qiu et al., 2002). Chez l'orge sauvage (*Hordeum jubatum*), la tolérance de la plante au Na^+ est due à l'efficacité de la restriction de l'entrée des ions Na^+ dans la racine et le maintien au sein de celle-ci d'une teneur élevée en Ca^{2+} qui servirait probablement de protection de l'espace apoplasmique de la racine ou de la surface de la membrane plasmique (Suhayda et al., 1992). L'influence de la teneur Na^+ a permis la diminution du taux Mg^{2+} chez la variété Garoua PG impliquant le ralentissement de l'activité photosynthétique étant donné que le Mg^{2+} entre dans la constitution de la chlorophylle responsable de la captation de l'énergie lumineuse (Alam et al., 2004). Cette activité chez la variété Mouola PG a connu une accélération, les feuilles ayant accumulé le Mg^{2+} . Parida et Das (2004) montrent que la salinité réduit le taux de N dans plusieurs plantes et ceci est dû à l'antagonisme existant entre le NO_3^- et le Cl⁻. Schehu et al. (2010) montrent que l'approvisionnement adéquat de N est bénéfique pour le métabolisme des hydrates de carbone et des protéines qui favorisent la division cellulaire. Les variétés Mouola PG, Mouola GG et Tsacre ont donc bénéficié de cet apport pour assurer leur croissance. Notre étude montre également que la présence du Na^+

CONCLUSION

En définitive, les sols salins de Kribi et calcaires de Baré ont influencé positivement la hauteur des tiges, le diamètre des tiges et le nombre de feuilles chez les variétés étudiées. La biomasse sèche des feuilles des variétés Mouola PG a augmenté significativement dans les sols calcaires de Baré comparativement aux sols témoins de Yagoua. Dans les sols salins de Kribi, elle baisse significativement chez les variétés Mouola PG, Garoua GG et Tsacre. Les rendements en gousses et en graines augmentent significativement chez la variété

dans les sols salins de Kribi a influencé négativement le taux de P dans les feuilles de toutes les variétés de niébé à l'exception de la variété Mouola PG qui n'a pas été affectée. Les études menées par Taffouo et al. (2010) révèlent aussi que les teneurs en P des variétés d'arachide (*Arachis hypogaea*) avaient été considérablement réduites par une augmentation de la salinité. La présente étude effectuée sur terre ferme dans les sols calcaires de Baré montre aussi des variations significatives des concentrations en Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , N et P dans les feuilles de la quasi-totalité des variétés sous l'effet du Ca^{2+} . L'absorption par les racines du Ca^{2+} a augmenté de manière significative ($P < 0,05$) les teneurs de Na^+ chez les variétés Garoua GG, Mouola GG et Tsacre, de K^+ chez les variétés Mouola GG et Tsacre, de Ca^{2+} chez la variété Garoua PG, de Mg^{2+} chez les variétés Garoua GG et Mouola GG, de N chez les cultivars Garoua PG, Mouola GG et Tsacre. Ces résultats montrent que l'absorption racinaire du Ca^{2+} pourrait faciliter l'ajustement osmotique par accumulation des ions inorganiques (K^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+}) dans les feuilles de niébé, contribuant ainsi au maintien de la turgescence des cellules en permettant que certains processus physiologiques tels que l'ouverture des stomates, la photosynthèse et l'accroissement des cellules se réalisent (Munns, 2002). La présente étude révèle une intense absorption des éléments minéraux (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , N et P) par les racines. Ces résultats s'expliqueraient par la très grande performance des systèmes de transport (actif et passif) des racines des différentes variétés due à la bonne constitution des membranes biologiques facilitant les mécanismes de nutrition hydrominérale des plantes. D'après les travaux de Morot-Gaudry (2013), les capacités de prélèvement des éléments minéraux dépendent des systèmes de transport des racines. Des résultats similaires ont été obtenus par Maurel et al. (2008).

Mouola PG dans les sols de Baré et chez Garoua PG et Mouola GG dans les sols de Kribi. Les teneurs en Na^+ des sols de Kribi ont entraîné une baisse remarquable des concentrations en K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} et N dans les feuilles des variétés Mouola PG, Garoua GG et Tsacre. Ces résultats suggèrent que ces trois variétés seraient sensibles au chlorure de sodium. Par contre dans les sols calcaires de Baré, les concentrations en Na^+ , K^+ , Mg^{2+} et P ont augmenté nettement chez les différentes variétés. L'absorption

racinaire du Ca^{2+} pourrait faciliter l'ajustement osmotique par accumulation des ions inorganiques (K^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+}) dans les feuilles de niébé, contribuant ainsi au maintien de la turgescence des cellules et la réalisation de certains processus physiologiques tels que l'ouverture des stomates et la photosynthèse. L'examen des paramètres de croissance,

agronomiques et de l'absorption des éléments minéraux révèle que la variété Mouola GG et Garoua PG pourraient mieux croître dans la zone agro-écologique à pluviométrie uni-modale à sol salin tandis que la variété Mouola PG pousserait mieux dans la zone agro-écologique des hauts plateaux à sol calcaire.

REFERENCES

- Abate T, Alene AD, Bergvinson D, Silim S, Orr A, Asfam S, 2011. Tropical Legumes in Africa and South Asia: knowledge and opportunities. TL II Research Report No. 1, ICRISAT-Nairobi.
- Alam MZ, Stuchbury T, Naylor REL, Rashid MA, 2004. Effect of salinity on growth of some modern rice cultivars. *Journal of Agronomy* 3: 1-10.
- Amadji GL, Aholoukpe HNS, 2008. Impact du niébé et de la fumure minérale sur les propriétés chimiques de la terre de barre du Bénin. *Etude et gestion des sols* 15(3): 231-237.
- Amuthavalli P, Anbu D, Sivasankaramoorthy S, 2012. Effect of calcium chloride on growth and biochemical of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under salt stress. *Int. J. Res. Bot.* 2(3): 9-12.
- Asharaf M, McNeilly T, 1988. Variability in salt tolerance of nine spring wheat cultivars. *J. Agron. Crop Sci.* 160: 14-21.
- Ben Khaled L, Morte Gomez A, Honrubia M, Oihabi A, 2003. Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé avec *Rhizobium*. *Agronomie* 23: 571-580.
- Bressani R, 1997. Nutritive value of cowpea. In: Cowpea research production and utilization. Singh RS (ed), Willy J & Sons, New York, pp. 135-155.
- Demidchik V, Tester M, 2002. Sodium fluxes through non selective cation in the plasma membrane of protoplasts from Arabidopsis roots. *Plant physiology* 128: 379-387.
- Demiral T, Turkan I, 2006. Exogenous glycine betaine affects growth and proline accumulation and retards senescence in two rice cultivars under NaCl stress. *Environmental and Experimental Botany* 56: 72-79
- El Mekkaoui M, Agbani M, Mouneveux P, 1994. Rôle de la sélectivité K^+/Na^+ et l'accumulation de la proline dans l'adaptation à la salinité de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) et dur blé (*Triticum durum* Desf). *Acte Institut agronomique vétérinaire Hassan II* 14: 27-36.
- Falalou H, 2006. Paramètres physiologiques, biochimiques et agronomiques pertinents pour les programmes d'amélioration et d'adaptation du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) au déficit hydrique. Thèse présentée à l'UFRISVT pour obtenir le grade de Docteur à l'Université de Ouagadougou spécialité écophysiologie.
- Grattan SR, Grieve CM, 1999. Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hortic.* 78: 127-157.
- Grigore MN, Boscaiu M, Vicente O, 2011. Assessment of the relevance of osmolyte biosynthesis for salt tolerance of halophytes under naturel conditions. *European Journal of Plant Science and biotechnology* 5(2):12-19
- Hernandez JA, Olmos E, corpas FJ, Sevilla F, Del Rio LA, 1995. Salt induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Science* 105: 151-167.
- Houchi R, Coudret A, 1994. Essai d'utilisation de l'ajustement osmotique comme critère physiologique pour la sélection variétale de triticales tolérants au chlorure de sodium. *Revue d'Amélioration de la Production Agricole en Milieu Aride* 6: 99-109.
- Morot-Gaudry JF, 2013. Mineral nutrition of plants: molecular aspects. Académie d'agriculture de France, édition/dp/ BOOTEDFDEM.
- Keiper FJ, Chen DM, de Filippis FL, 1998. Respiratory, photosynthetic and ultra-structural changes accompanying salt adaptation in culture of *Eucalyptus microcorys*. *J. Plant physiol.* 152:564-573.
- Kusvuran S, 2012. Influence of drought stress on growth, ion accumulation and antioxidative enzymes in okra genotypes. *Int. J. Agric. Biol.* 14:401-406
- Levitt J, 1980. Salt and ion stress. In Levitt J. (eds). *Response of plant to environmental stresses*. Vol II, water radiation, salt and others stresses. New York, Academic Press pp. 365-406.

- Liu J, Zhu JK, 1998. A calcium sensor homolog requires for plant salt tolerance. *Science* 290: 1943-1945.
- Munns R, 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant cell Environ* 25: 239-250.
- Maurel C, Verdoucq L, Luu DT, Santoni V, 2008. Plant aquaporins: membrane channels with multiple integrated functions. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 595-624.
- N'Gbesso M. FP, Zohouri GP, Fondio L, Djidji AH, Konate D, 2013. Etude des caractéristiques de croissance et de l'état sanitaire de six variétés améliorées de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *International Journal Biology and Chemistry Science* 7(2): 457-467.
- Parida AK, Das AB, 2004. Effects of NaCl stress on nitrogen and phosphorus metabolism in a true mangrove *Bruguiera paeviflora* grown under hydroponic culture. *Journal of Plant Physiology* 161: 921-928.
- Poustinia K, siosemardeh A, 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field crops research* 85: 125-133.
- Qiu QS, Guo Y, Didrich MA, Schumaker KS, Zhu JK, 2002. Regulation of SOS1, a plasma membrane Na⁺/H⁺ exchanger in *Arabidopsis thaliana* by SOS2 and SOS3. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99: 8436-8441.
- Qureshi MI, Israr M, Abdin MZ, Iqbal M, 2005. Responses of *Artemisia annua* L. to lead and salt-induced oxidative stress. *Environmental and Experimental Botany* 53:185-193.
- Sairam RK, Srivastava GC, 2002. Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. *Plant Science* 162:897-904.
- Savoure JC, 1980. Manipulations pratiques en physiologie végétale. Masson. Paris. 258 p.
- Sawadago A, 2009. Evaluation de la production du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) en condition de stress hydrique : contribution au phénotypage et à la sélection du niébé pour la résistance à la sécheresse. Mémoire présenté à l'Institut de développement rural Burkina Faso pour obtenir le Diplôme d'Ingénieur du Développement Rural.
- Serrano R, 1996. Salt tolerance in plants and microorganisms toxicity targets and defence responses. *International Revue Cytology* 165: 1-52.
- Shehu HE, Kwari JD, Sandabe MK, 2010. Effects of N, P, K fertilizers on yield, content and uptake of N, P and K by sesame (*Sesamun indicum*). *International Journal of Agriculture and Biology* 12: 845-850.
- Siemonsma, JS, 1982. La culture du gombo (*Abelmoschus spp*) légume-fruit tropical, avec référence spéciale à la côte d'Ivoire, 297 p.
- Singh B, 2003. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. *Field Crops Res.* 84:169-150.
- Soltani A, Hajji M, Grignon C, 1990. Recherches des facteurs limitant la nutrition minérale de l'orge en milieu sale. *Agronomie* 10: 857-866.
- Suhayda CG, Redman RE, Harvy BL, Cipynwk AL, 1992. Comparative response of salt cultivated and wild barley species to stress and calcium supply. *Crop. Sci.* 154-163.
- Taffouo VD, 1994. Contribution à l'étude de l'influence des substances minérales sur la valeur nutritionnelle de trois plantes à racines et tubercules amylacées: étude comparative. Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université de Yaoundé I, 155 p.
- Taffouo VD, Meguekam TL, Ngueleumeni MLP, Pinta IJ, Amougou A, 2010. Mineral nutrient status, some quality and morphological characteristics changes in peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars under salt stress. *African journal of Environmental Science and Technology* 4(7): 471-479.
- Termaat A, Passora JB, Munns R, 1985. Shoot turgor does not limit shoot growth of NaCl affected wheat and barley. *Plant physiol.* 77: 869-872.
- Uarota VG, 2010. Response of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) to water stress and Phosphorus fertilisation. *J. Agron.* 9(3): 87-91.
- Zadeh HM, Naeini MB, 2007. Effects of salinity stress on the morphology and yield of two cultivars of Canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy* 6(3): 409-414.