

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

INFLUENCE DES DIFFÉRENTES DOSES D'ENGRAIS MINÉRAUX ET DES FRÉQUENCES D'ARROSAGE SUR LE RENDEMENT DU HARICOT COMMUN (*PHASEOLUSVULGARIS L.*)

¹Mbukula, M., ¹Matondo, N.K., ²Buruchara, R., ^{3,*}Rubyogo, J.C., ⁴Lunze L., ¹Nitumfuidi, S. and ¹Matuta, S.

¹Chercheurs, Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (l'INERA), Centre de recherche de Mvuazi, Antenne Légumineuses (PNL), BP 2037, Kinshasa 1, RD-Congo

²Directeur Général, Alliance Panafricaine de Recherche sur le Haricot (PABRA), P.O.Box 823-00621, Nairobi, Kenya

³Coordinateur, Réseau de Recherche sur le Haricot en Afrique de l'Est et du Centre (ECABREN), CIAT-Tanzanie, P.O. Box 2704 Arusha, Tanzanie

⁴Coordinateur national de recherche sur le haricot commun, DG, INERA, B.P. 2037, Kinshasa 1, RD-Congo

ARTICLE INFO

Article History:

Received 10th April, 2018
Received in revised form
30th May, 2018
Accepted 16th June, 2018
Published online 30th July, 2018

Key Words:

Manure, watering, yield,
Common bean.

ABSTRACT

This present work was undertaken to evaluate the effects of mineral manure and watering on the production of common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) with a view to increase the yield of common bean in Kongo Central Province. The test was installed according to a device in Split-Split stud including 3 replications. The principal plots consisted of 4 varieties (HM21-7, ZKA98-6M/95, MANSEKI and TUTA); the sub-plots of 4 frequencies of watering (Without watering = F0, Watering from sowing to flowering = F1, Watering of flowering at the beginning of maturation = F2 and Watering from sowing to the beginning of maturation = F3 and the sub-sub plots of 4 amounts of artificial fertilizer (D0 = pilot not fertilized; D1 = 30N-30P₂O₅-30K₂O; D2 = 60N-60P₂O₅-60K₂O; D3 = 90N-30P₂O₅-30K₂O). The observations related to the parameters of yield. The results obtained showed that the D2 amount associated with watering from sowing to the maturation beginning gave a yield of 1230 kg ha⁻¹ against 609 kg ha⁻¹ for the check without manure and watering, either an increase of 102 %. However, with the same D2 amount without watering the yield was 735 kg ha⁻¹ or an increase of 20.7 % compared to the check D0 (609 kg ha⁻¹). In addition, whatever the amount of manure, any contribution of manure under the soil conditions where the content of residual moisture is 20 % does not have any significant effect on the yield without irrigation.

Copyright © 2018, Mbukula et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Mbukula, M., Matondo, N.K., Buruchara, R., Rubyogo, J.C., Lunze L., Nitumfuidi, S. and Matuta, S., 2018. "Influence des différentes doses d'engrais minéraux et des fréquences d'arrosage sur le rendement du haricot commun (*Phaseolusvulgaris L.*)", *International Journal of Development Research*, 8, (07), 21677-21686.

INTRODUCTION

Le haricot commun (*Phaseolusvulgaris L.*) est une culture essentielle dans l'alimentation des populations de l'Afrique Centrale et orientale, où les populations sont généralement pauvres (Baudoin *et al.* 2001 ; Nyabyenda, 2014). Sur le plan nutritionnel, le haricot est un aliment important et constitue 65 % de l'apport protéique dans l'alimentation humaine et 32 %

des calories. Il apporte également du fer, du zinc, des fibres et des carbohydrates lents (CIAT, 2014). Il occupe à cet effet, une place de choix du fait qu'il constitue une importante source de protéines et d'énergie pour les hommes dans les pays en développement où l'accès aux protéines d'origine animale est difficile, voire impossible pour les populations. La teneur en lysine des graines de haricot est relativement importante et améliore la qualité alimentaire des céréales au niveau des protéines. Par contre, elles sont déficientes en méthionine trouvée en quantité satisfaisante dans les céréales. Les céréales et les haricots contribuent de manière complémentaire à la

*Corresponding author: Rubyogo, J.C.,
Coordinnator, East and Central African Bean Research Network (ECABREN), Arusha, Tanzania.

valeur nutritive du régime alimentaire des peuples de plusieurs régions du monde (Vanderborgh et Baudoin, 1998). Au point de vue économique le haricot représente une source notable et de plus en plus importante en faveur des foyers ruraux. Malgré l'importance du haricot en tant que denrée alimentaire de choix et source de revenus, les agriculteurs congolais ne parviennent à satisfaire à la demande des populations. Le rendement du haricot commun demeure faible et instable, il oscille en moyenne entre 400 et 800 kg.ha⁻¹ (Bouwmeester *et al.*, 2009). Pourtant les résultats de recherche ont montré que plus de 2.000 à 3.000 kg ha⁻¹ de haricots nains et de 4.000 à 6.000 kg ha⁻¹ de haricots volubiles peuvent être produits (Kanyenga *et al.*, 2016). Parmi les causes de cette baisse de rendement dans le Kongo Central on peut citer (I) les méfaits des aléas climatiques, particulièrement les effets dépressifs de la sécheresse résultant du manque et/ou de la mauvaise répartition des pluies durant le cycle végétatif (II) l'infertilité de sols (III) l'insuffisance de diffusion de variétés améliorées (IV) le non-respect des principales opérations de l'itinéraire technique de la culture du haricot commun. En effet la pratique de la culture pluviale reste la plus économique. Cependant, la culture pluviale favorise dans certaines zones l'apparition des maladies cryptogamiques, notamment la maladie de la toile et la pourriture blanche, principales maladies cryptogamiques nuisibles des haricots. C'est pourquoi, dans ces zones les agriculteurs sèment souvent un peu tard au mois de mai, juin et juillet, ce qui conduit au risque de voir les plantes s'exposer à des stress hydriques pendant la phase de reproduction. En outre, la mise en culture des terres marginales suite à la forte pression démographique conduit à une diminution inexorable des rendements moyens des espèces cultivées. En raison de la démographie galopante et des besoins alimentaires qui s'en suivent, la production agricole doit augmenter de manière significative afin de nourrir la population mondiale. On peut alors accroître la production agricole soit en améliorant les rendements, soit en augmentant les superficies de terres mises en valeur pour l'agriculture.

Or, si auparavant la production de certaines espèces telles que le haricot s'augmentait avec l'extension des superficies emblavées (Mufindetal., 2017), dans le contexte actuel de désertification, de déforestation et d'urbanisation peu de régions du globe sont capables de supporter une augmentation significative des superficies dévolues à l'agriculture (Pieri, 1989). Il n'y a plus actuellement des possibilités d'augmenter la production en colonisant de nouvelles terres. La nécessité d'améliorer les rendements et la productivité des cultures sur les terres agricoles existantes devient alors un objectif primordial et évident. Seules l'amélioration des techniques culturales (parmi lesquelles l'apport d'engrais chimique et irrigation) et la sélection de variétés plus productives ouvrent des perspectives en ce sens. Mais dans ce contexte de cultures vivrières, le maintien de la fertilité des sols sera la clé de voûte (FAO, 2005). Le recours aux engrais et à l'irrigation sont des facteurs clés de la modernisation de l'agriculture des pays en développement. En effet, la fertilité du sol et l'eau sont deux facteurs majeurs qui limitent la productivité de haricot au Kongo Central. Dans les conditions de saison sèches, l'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs des plantes dans le système de culture de haricot est souvent très faible à cause de mauvaises conditions d'humidité de sol. L'interaction de l'irrigation avec les sources organique ou minérales des nutriments peut booster la production du haricot dans le Kongo Central. Les objectifs poursuivis par la présente recherche sont la détermination des effets de différentes doses d'engrais

minéraux et leur interaction avec les fréquences d'arrosage sur le rendement du haricot commun. Les hypothèses suivantes ont été émises (i) la fertilisation minérale associée à l'arrosage accroît considérablement le rendement du haricot sec, et (ii) l'amélioration de l'alimentation hydrique de la culture du haricot commun est plus déterminant sur le rendement en graine que la fertilisation minérale dans les conditions sèches de culture.

MILIEU, MATERIEL ET METHODES

Milieu expérimental: L'étude a été conduite au centre de recherche de l'INERA MVUAZI, situé dans la Province du Kongo Central, Territoire de Mbanza-Ngungu, Secteur de Boko, Groupement de Nkolo, situé à 207 km au Sud-ouest de Kinshasa. Les coordonnées géographiques du centre de Mvuazi sont : 14°53' de longitude Est ; 05° 27' de latitude Sud et 432 m d'altitude. La végétation du site de Mvuazi est une savane et le sol est du type argilo-sableux (IITA, 2014). Son climat appartient à la zone AW4 de KÖPPEN, caractérisée par la présence d'une saison sèche marquée de ± 130 jours. La saison pluvieuse s'étend du mois d'octobre au mois de mai avec une petite interruption en janvier et février. La saison pluvieuse connaît deux maxima se situant d'une part en Mars-Avril et d'autre part en Novembre-Décembre; ce qui ramène la moyenne annuelle à 1375 mm et la température moyenne entre 21,5 et 23,5°C (Crabbe, 1978). Par ailleurs l'analyse du sol réalisé révèle les résultats suivants : pH = 5,7 ; N total = 0,21% ; P disponible = 14 ppm ; K échangeable = 106 ppm. La végétation est dominée par des graminées. Au moment de l'ouverture du terrain après une courte jachère de deux ans, les espèces suivantes y ont été inventoriées : *Pennisetumpurpureum* (Herbe à éléphants), *Panicum maximum* (herbe de Guinée), *Cynodondactylon* (chiendent ou pied de poule), *EuleusineIndica* (Euleusine des Indes), *Cyperusesculenta* (souchet comestible ou amande de terre) et *Tithoniadiversifolia* (tournesol du Mexique). Les conditions climatiques durant la période expérimentale sont résumées dans le Tableau 1.

MATERIEL ET METHODES

Matériel

Le matériel végétal utilisé était constitué de 4 variétés dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 2. Les intrants utilisés étaient constitués des engrais minéraux NPK 17-17-17 et Urée 46 % N, de l'eau de rivière.

Méthodes

Le dispositif expérimental utilisé était le split split-plot avec comme parcelle principale la variété. Elles étaient au total 4 parcelles dont HM21-7, MANSEKI, TUTA et ZKA98-6M/95. Chaque parcelle principale a été subdivisée en 4 parcelles secondaires correspondant aux 4 fréquences (F0 = sans arrosage ; F1 = arrosage du semis à la floraison ; F2 = arrosage de la floraison au début maturation ; F3 = arrosage du semis au début maturation). Chaque sous parcelle secondaires a été subdivisée en 4 parcelles tertiaires correspondant aux 4 doses d'engrais (D0 = témoin non fertilisé ; D1 = 30N-30P₂O₅-30K₂O ; D2 = 60N-60P₂O₅-60K₂O ; D3 = 90N-30P₂O₅-30K₂O). L'essai comprenait 3 blocs. Au début de la campagne C, mai 2016, le terrain a été labouré mécaniquement et les

résidus brûlés ont été enfouis dans le sol. L'engrais minéral NPK 17-17-17 a été appliqué au semis en sillon de 10 cm de profondeur et à 10 cm de ligne de semis alors que dans le traitement D3 l'urée a été appliquée au 30^{ème} jour après semis.

Echantillonnage du sol : Six échantillons de sol ont été prélevés avant l'arrosage à l'aide d'une tarière à 10 cm de profondeur. Ces échantillons ont été pesés avant et après le séchage à l'étuve, à l'aide d'une balance de précision afin de déterminer la teneur en eau du sol. Les échantillons de sols ont été séchés à l'étuve à une température de 65°C durant 96 heures. La teneur en eau du sol a été évaluée par l'expression

$$\frac{(P_f - P_d)}{P_f} \times 100 = \%$$

La teneur en eau résiduelle du sol évaluée au moment du semis était de 20% en moyenne. Dans les parcelles avec arrosage, l'eau a été apportée à l'aide des arrosoirs, suivant le planning détaillé dans le tableau 3. Les haricots ont été semés aux écartements de 40 cm entre les lignes et 20 cm entre les poquets dans la ligne à raison de 2 graines par poquet. Les variétés volubiles ont été tuteurées trois semaines après semis.

Observations : Les paramètres qui ont fait l'objet d'observation ont été le nombre de gousses par plante, le nombre de graines par gousse, le poids de 100 graines, le rendement en graines. Le nombre de gousses par plante a été obtenu par la moyenne des gousses comptées sur un total de 10 plantes par traitement. Tandis que le nombre de graines par gousses a été obtenu par la moyenne des graines comptées sur le total de 10 gousses décortiquées par traitement. Le poids de 100 graines a été obtenu par pesage sur une balance de précision après séchage de graines au soleil. Le rendement en graines sèches par hectare a été obtenu par extrapolation du rendement parcellaire par traitement suivant l'expression:

$$\frac{\text{Poids parcellaire (g)} \times 10}{\text{Surface utile (m}^2\text{)}} = \text{kg. ha}^{-1}$$

Analyses statistiques : Les données collectées sur les caractéristiques agronomiques ont été analysées à l'aide du logiciel Statistix 8.0. L'analyse de la variance (ANOVA) et la séparation des moyennes (test de PPDS) a été utilisé pour la discrimination des moyennes au seuil de 5%.

RESULTATS

Influence de fréquences d'arrosage sur les composantes de rendement du haricot : Les moyennes de valeurs obtenues sur le nombre de gousses par plante, le nombre de graines par gousses, le poids de 100 graines et le rendement en graines sont présentées dans le tableau 4. Les résultats repris dans le tableau 4 révèlent que le nombre de gousses par plante a varié entre 3,17 (F0) et 4,33 (F3) en fonction de fréquences d'arrosage et entre 2,72 et 4,67 par rapport aux variétés. L'analyse de la variance révèle qu'il existe des différences hautement significatives entre les moyennes obtenues avec les fréquences d'arrosage mais aussi avec les variétés ($p < 0,01$). La comparaison des moyennes montre que le nombre de gousses était élevé sur les parcelles arrosées du semis à la floraison (3,75) et du semis au début de maturation (4,33). Alors que dans les parcelles sans arrosage (contrôle) le nombre de gousses par plante était de 3,17.

En ce qui concerne les variétés, les nombres de gousses par plante était plus élevé avec la variété TUTA (4,67) suivie de la variété ZKA98-6M/95 (3,73) par contre il était moins élevé avec la variété MANSEKI (2,72). S'agissant de l'interaction Variétés*Fréquences d'arrosage, l'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative pour le paramètre nombre de gousses par plante. Il se dégage de ce qui précède que le nombre de gousses par plante dépend du génotype. Cependant quelle que soit la variété, l'arrosage précoce (du semis à la floraison) a beaucoup plus d'influence sur la composante de rendement nombre de gousses par plante comparativement à l'arrosage tardive (de la floraison au début de maturation). Les moyennes de graines par gousse ont varié entre 4,67 (F2) et 4,91 (F3). Par rapport aux variétés le nombre de graines par gousse est compris entre 3,58 et 5,69. L'analyse de la variance (tableau 4) révèle qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes obtenues aussi bien entre les fréquences d'arrosage qu'entre les interactions Variétés*fréquences d'arrosage en ce qui concerne le nombre de graines par gousse, alors que des différences hautement significatives entre les moyennes obtenues avec les différentes variétés ont été observées.

La comparaison des moyennes révèle que le nombre de graines par gousse était plus élevé avec les variétés ZKA98-6M/95 (5,69) et TUTA (5,58) par contre il était moins élevé avec la variété HM21-7 (3,58). Ceci laisse croire que, quel que soit le génotype le moment d'arrosage n'a aucune influence significative sur le nombre de graines par gousse. Toutefois, le nombre de graines par gousse varié plus en fonction du génotype que du moment d'arrosage. Les résultats consignés dans le tableau 4 révèlent que la poids de 100 graines a varié entre 27,15 g (F0) et 29,58 g (F3) en fonction de fréquences d'arrosage et était compris dans l'intervalle de 22,61 g (ZKA98-6M/95) et 34,68 g (HM21-7). L'analyse de la variance révèle que le moment d'arrosage de la floraison au début de maturation a un effet positif sur le poids de graines comparativement à l'arrosage pratiqué du semis à la floraison. Quant aux variétés, la tendance montre que le poids de graines augmente lorsque le nombre de graines par gousse diminue et vice-versa. Le rendement en graines a varié entre 795,2 kg.ha⁻¹ (F2) et 1042,4 kg.ha⁻¹ (F3), avec 696,3 kg.ha⁻¹ (F0). Tandis qu'entre les variétés, le rendement en graines était compris dans l'intervalle 714 kg.ha⁻¹ (HM21-7) et 1201,5 kg.ha⁻¹ (TUTA). L'analyse de la variance révèle qu'il existe des différences hautement significatives entre les moyennes obtenues aussi bien avec les variétés qu'avec les fréquences d'arrosage, mais des différences non significatives entre les interactions. Variétés*Fréquences d'arrosage n'ont été observées. Il ressort de ce qui précède que l'arrosage influence positivement le rendement en graines du haricot. Toutes les variétés ont réagi de la même manière quel que soit le moment d'arrosage. Toutefois le rendement est fonction du génotype.

Influence de différentes doses d'engrais minéraux sur les composantes de rendement du haricot : Les moyennes de valeurs obtenues sur le nombre de gousses par plante, le nombre de graines par gousse, le poids de 100 graines et le rendement en graines en fonction de doses d'engrais sont consignées dans le tableau 5. Le nombre de gousses par plante a varié entre 3,05 et 4,02. Tandis qu'en ce qui concerne le nombre de graines par gousse, il apparaît dans le tableau 5 que les nombres de graines par gousse ont varié entre 4,50 (D0) et 5,50 (D1) et le poids de 100 graines est compris entre 27,57 g (D0) et 28,79 g (D3).

Tableau 1. Données climatiques pendant la période expérimentale

Mois	Précipitation		Température °C			Humidité relative (%)	Rayonnement global cal./cm ² /jour
	Hauteur (mm)	Nombre de pluies	Max.	Min.	Moy.		
Mai	43,3	2	30,9	20,8	25,8	80,0	645,6
Juin	5,00	0	29,3	18,8	24,0	71,1	528,7
Juillet	0,20	0	27,8	17,1	22,4	73,0	513,7
Août	31,8	1	28,4	18,3	23,3	72,1	502,8
TOTAL	75,8	3	-	-	-	-	2190,8
MOYENNE	-	-	29,1	18,7	23,8	74,1	547,7

Tableau 2 : Caractéristiques de différentes variétés de haricots utilisées dans l'essai

Variété	Port	Taille de graines	Couleur de graines
HM21-7	nain	moyenne	rouge strié crème
MANSEKI	volubile	grande	jaune
TUTA	volubile	moyenne	blanche
ZKA98-6M/95	semi-volubile	petite	roux

Tableau 3. Planning d'arrosage

Stade de développement de la plante	Végétatif (V0 - V4) + Reproduction (R5 & R6)								Reproduction (R6 - R8)							
Qté d'eau total (mm)	119,32 mm								119,32 mm							
Date d'arrosage	14-juin	15-juin	22-juin	29-juin	04-juil	09-juil	14-juil	18-juil	22-juil	25-juil	28-juil	01-août	04-août	08-août	12-août	
Cycle (jours)	0	Semis	7 ^{ème}	14 ^{ème}	19 ^{ème}	24 ^{ème}	29 ^{ème}	33 ^{ème}	37 ^{ème}	40 ^{ème}	43 ^{ème}	47 ^{ème}	50 ^{ème}	53 ^{ème}	57 ^{ème}	
Qté d'eau (mm)	17,05	0	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05	
Fréquence d'arrosage	F0 = Sans arrosage															
	F1 = Arrosage du semis à la floraison								F2 = Arrosage de la floraison au début maturation							
	F3 = Arrosage du semis au début maturation															

Tableau 4. Influence de fréquences d'arrosage sur les composantes de rendement des différentes variétés de haricots

Variété	Fréquence d'arrosage	Nombre de gousses/plante	Nombre de graines/gousse	Poids de 100 graines (g)	Rendement en graines (kg/ha ⁻¹)	
HM21-7	F0	2,81 ± 0,20	3,31 ± 0,14	32,81 ± 0,54	535 ± 42,45	
	F1	4,06 ± 0,28	3,75 ± 0,16	35,56 ± 0,57	934 ± 67,49	
	F2	3,06 ± 0,24	3,33 ± 0,11	34,22 ± 0,50	610 ± 55,68	
	F3	4,00 ± 0,22	3,81 ± 0,10	36,12 ± 0,54	777 ± 48,04	
Moyenne HM21-7		3,48 ± 0,13 b	3,58 ± 0,07 c	34,68 ± 0,31 a	714 ± 32,84 b	
MANSEKI	F0	2,56 ± 0,18	4,13 ± 0,16	32,59 ± 0,64	665 ± 37,82	
	F1	2,75 ± 0,24	4,31 ± 0,15	32,00 ± 0,50	698 ± 74,12	
	F2	2,50 ± 0,19	4,25 ± 0,14	34,13 ± 0,56	681 ± 47,36	
	F3	3,06 ± 0,33	4,38 ± 0,14	35,01 ± 0,64	859 ± 61,61	
Moyenne MANSEKI		2,72 ± 0,12 c	4,27 ± 0,07 b	33,43 ± 0,32 a	725,7 ± 20,47 b	
TUTA	F0	4,19 ± 0,28	5,75 ± 0,17	21,64 ± 0,26	1028 ± 75,72	
	F1	4,50 ± 0,28	5,38 ± 0,26	22,19 ± 0,28	1105 ± 33,19	
	F2	4,75 ± 0,42	5,75 ± 0,21	23,00 ± 0,49	1232 ± 99,60	
	F3	5,25 ± 0,46	5,44 ± 0,19	23,69 ± 0,59	1441 ± 76,29	
Moyenne TUTA		4,67 ± 0,19a	5,58 ± 0,11 a	22,63 ± 0,23 b	1201,5 ± 41,62 a	
ZKA98-6M/95	F0	3,13 ± 0,21	5,63 ± 0,18	21,56 ± 0,30	558 ± 19,55	
	F1	3,69 ± 0,25	5,88 ± 0,13	22,37 ± 0,36	789 ± 70,93	
	F2	3,13 ± 0,18	5,25 ± 0,23	23,00 ± 0,38	659 ± 35,81	
	F3	5,00 ± 0,56	6,00 ± 0,28	23,50 ± 0,24	1092 ± 97,18	
Moyenne ZKA98-6M/95		3,73 ± 0,19 b	5,69 ± 0,11 a	22,61 ± 0,18 b	774,5 ± 40,02 b	
Moyenne	F0	3,17 ± 0,13 c	4,70 ± 0,15 a	27,15 ± 0,73 c	696,3 ± 34,32 c	
	Fréquence d'arrosage	F1	3,75 ± 0,15 b	4,83 ± 0,14 a	28,03 ± 0,77 b	881,2 ± 36,61 b
	F2	3,36 ± 0,17 bc	4,67 ± 0,14 a	28,59 ± 0,74 b	795,2 ± 44,75 bc	
	F3	4,33 ± 0,23 a	4,91 ± 0,14 a	29,58 ± 0,80 a	1042,4 ± 48,24 a	
P effet Variété		< . 001	< . 001	< . 001	< . 001	
P effet fréquence d'arrosage		< . 001	0,227	< . 001	< . 001	
P interaction variété x fréquence		0,072	0,861	0,005	0,534	

Légende : F0 = contrôle (parcelle sans arrosage) ; F1 = arrosage du semis à la floraison ; F2 = arrosage de la floraison au début maturation ; F3 = arrosage du semis au début maturation. Les différentes lettres à côté des moyennes indiquent de différence significative après le test de LSD (P = 0,05).

Tableau 5. Influence de différentes doses d’engrais sur les composantes de rendement des différentes variétés de haricots

Variété	Dose d’engrais	Nombre de gousses/plante	Nombre de graines/gousse	Poids de 100 graines (g)	Rendement en graines (kg ha^{-1})
HM21-7	D0	2,75 ± 0,19	3,31 ± 0,13	33,69 ± 0,49	575 ± 44,91
	D1	3,69 ± 0,27	3,81 ± 0,09	34,19 ± 0,61	744 ± 71,41
	D2	3,88 ± 0,23	3,75 ± 0,13	35,72 ± 0,60	765 ± 60,90
	D3	3,63 ± 0,29	3,44 ± 0,16	35,13 ± 0,69	771 ± 74,46
Moyenne HM21-7		3,48 ± 0,13 b	3,58 ± 0,07 c	34,68 ± 0,31 a	713,7 ± 32,84 b
MANSEKI	D0	2,06 ± 0,13	3,94 ± 0,14	32,00 ± 0,57	559 ± 34,20
	D1	3,00 ± 0,30	4,50 ± 0,11	33,69 ± 0,41	795 ± 78,15
	D2	3,13 ± 0,22	4,13 ± 0,15	33,32 ± 0,82	751 ± 53,36
	D3	2,69 ± 0,21	4,50 ± 0,14	34,94 ± 0,59	798 ± 51,47
Moyenne MANSEKI		2,72 ± 0,12 c	4,27 ± 0,07 b	33,43 ± 0,32 a	725,7 ± 29,47 b
TUTA	D0	4,13 ± 0,23	5,25 ± 0,28	22,13 ± 0,31	1004 ± 88,86
	D1	4,06 ± 0,32	5,88 ± 0,20	22,07 ± 0,29	1167 ± 71,05
	D2	5,25 ± 0,33	5,38 ± 0,15	23,38 ± 0,67	1327 ± 80,50
	D3	5,25 ± 0,49	5,81 ± 0,19	22,94 ± 0,42	1308 ± 72,08
Moyenne TUTA		4,67 ± 0,19 a	5,58 ± 0,11 a	22,63 ± 0,23 b	1201,5 ± 41,62 a
ZKA98-6M/95	D0	3,25 ± 0,23	5,50 ± 0,29	22,44 ± 0,33	621 ± 37,77
	D1	4,06 ± 0,30	5,88 ± 0,19	23,00 ± 0,34	753 ± 86,89
	D2	3,81 ± 0,49	5,75 ± 0,18	22,63 ± 0,47	915 ± 105,27
	D3	4,13 ± 0,44	5,63 ± 0,20	22,38 ± 0,31	807 ± 62,15
Moyenne ZKA98-6M/95		3,73 ± 0,19 b	5,69 ± 0,11 a	22,61 ± 0,18 b	774 ± 40,02 b
Moyenne dose d’engrais	D0	3,05 ± 0,14 c	4,50 ± 0,16 b	27,56 ± 0,70 c	690 ± 35,73 c
	D1	3,63 ± 0,15 b	5,02 ± 0,14 a	28,24 ± 0,75 b	865 ± 43,14 b
	D2	4,02 ± 0,19 a	4,75 ± 0,13 a	28,76 ± 0,79 b	940 ± 47,93 a
	D3	3,92 ± 0,22 a	4,84 ± 0,15 a	28,79 ± 0,82 a	921 ± 42,66 a
P effet Variété		< . 001	< . 001	< . 001	< . 001
P effet engrais		< . 001	< . 001	< . 001	< . 001
P interaction variété x engrais		0,259	0,229	0,015	0,534

Légende : D0 = contrôle (parcelle sans engrais) ; D1 = 30N-30P₂O₅-30K₂O ; D2 = 60N-60P₂O₅-60K₂O ; F3 = 90N-30P₂O₅-30K₂O Les différentes lettres à côté des moyennes indiquent de différence significative après le test de LSD (P = 0,05).

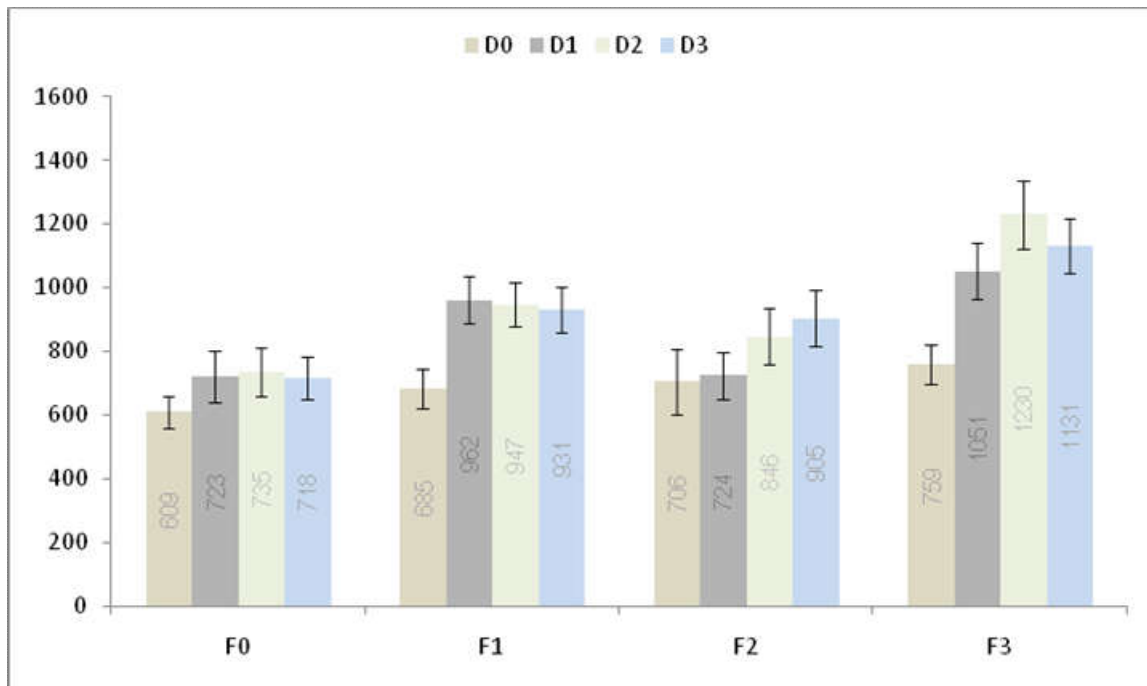


Figure. 1. Interaction fréquences d’arrosage x doses d’engrais sur le rendement en graines

S’agissant du rendement en graines, le tableau 5 révèle que les rendements ont varié entre 865 kg ha^{-1} (D1) et 940 kg ha^{-1} (D2), avec 690 kg ha^{-1} (D0). L’analyse de la variance révèle qu’il existe de différences hautement significatives entre les différentes doses d’engrais minéraux en ce qui concerne tous les paramètres observés, par contre l’analyse de la variance ne révèle aucune différence significative entre les interactions variétés*doses d’engrais en ce qui concerne le nombre de gousses par plante, le nombre de graines par gousse et le rendement en graines. Par ailleurs, l’analyse de la variance révèle qu’il existe une différence hautement significative entre les moyennes obtenues avec les interactions variétés*d’oses

d’engrais en ce qui concerne le poids de 100 graines (Tableau 5). Il se dégage de ce qui précède que toutes les variétés ont réagi de la même manière aux différentes doses d’engrais en ce qui concerne le nombre de gousses par plante, le nombre de graines par gousse et le rendement en graines. Par contre les variétés ont réagi différemment aux différentes doses d’engrais en ce qui concerne le poids de 100 graines. Ceci implique que la nutrition azotée influence directement la constitution de la graine et par ricochet le rendement en graines.

Interaction fréquences d’arrosage et doses d’engrais sur le rendement en grains: L’examen de la Figure 1 mettant en

relief les effets combinés du moment d'arrosage et des doses d'engrais sur le rendement en graines, montre que, quelle que soit la dose d'engrais D1, D2 et D3, sans arrosage le rendement est similaire au témoin sans engrais. Par contre, lorsque l'arrose est assuré du semis à la floraison (F1) le rendement dans les parcelles fertilisées aux D1, D2 et D3 croit significativement par rapport au témoin sans engrais D0, il en est de même lorsque l'arrosage intervient du semis au début maturation (F3). Toutefois, le rendement en graines croit proportionnellement avec l'accroissement de l'azote et au-delà de 90 kg d'azote par hectare, le rendement en graines diminue. En effet, lorsque l'arrosage est assuré de la floraison jusqu'au début de maturation (F2), le rendement en graines croit proportionnellement avec l'accroissement de l'azote toutefois les rendements en graines obtenus aux niveaux des doses D0, D1 et D2 ne sont pas significativement différents à ceux obtenus aux mêmes doses d'engrais mais sans arrosage (F0). Ceci implique que la teneur en eau du sol influence significativement l'assimilation des éléments minéraux par les plantes.

DISCUSSION

Les résultats obtenus montrent que la composante de rendement nombre de graines par gousse n'a pas été influencée par l'arrosage alors que l'engrais minéral l'a influencé significativement. Par contre les composants nombre de gousses par plante, le poids de 100 graines et le rendement en graines ont été influencés significativement aussi bien avec l'engrais qu'avec l'arrosage. L'examen des résultats obtenus montre que le nombre de gousses par plante et rendement en graines ont été plus élevés lorsque l'arrosage est assuré du semis au début maturation et/ou du semis à la floraison. Dans les conditions de notre expérimentation il ressort d'une manière générale que l'arrosage du semis jusqu'au début maturation a entraîné une augmentation de rendement de 49,7% par rapport au témoin (sans arrosage). Par contre lorsqu'on arrose du semis à la floraison le rendement augmente de 26,6%, alors que le rendement n'augmente que de 14,2% lors que l'arrosage intervient de la floraison au début maturation. Ceci se justifie probablement par le fait que la teneur en eau résiduelle du sol était très basse au moment du semis, ce qui a conduit aux plantes dans les parcelles sans arrosage et/ou arrosées de la floraison au début maturation d'être exposées au stress hydrique précoce (stade pré floral). Ainsi le taux d'avortement des gousses était très élevé conduisant au nombre de gousses par plante très faible.

Alors que dans les parcelles où la couverture de besoin en eau de la culture durant le stade pré florale (boutons floraux) était assurée, les plantes n'ont subi vraisemblablement pas d'effet de stress hydrique. Ainsi le taux d'avortement des gousses était très faible dans les parcelles arrosées du semis au début floraison et/ou de semis à la floraison. Nos résultats confirment ceux obtenus par Wery et Turc (1990) qui indiquent que la contrainte hydrique représente le facteur environnemental le plus limitant pour l'obtention de bon rendement chez les légumineuses, même dans les zones relativement pluvieuses. En ce qui concerne le nombre de gousses par plante nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Jorge Jera (1990) et Laurent (1982) qui montrent chez le haricot que lorsqu'on obtient une amélioration de la production par plante ou par m² (rendement) c'est plus l'effet d'une augmentation du nombre de graines que le nombre de gousses par plante ce qui revient à une variation de la fertilité des gousses en fonction des

conditions de culture. Nos résultats montrent que le nombre de gousses fertiles dans les parcelles arrosées du semis au début maturité augmente de 36,6% par rapport au nombre de gousses obtenus dans les parcelles témoin (sans arrosage). Lorsque les parcelles sont arrosées du semis à la floraison le nombre de gousses fertiles par plante augmente de 18,3%, par contre lorsque l'arrosage intervient de la floraison au début maturation le nombre de gousses fertiles par plante n'augmente que de 6,0% par rapport au témoin (sans arrosage). Ainsi le rendement en graines est en relation directe avec les nombres de gousses fertiles par plante en fonction de fréquences d'arrosage, c'est qui entraîne une augmentation du nombre de graine par plante. Plus le nombre de gousses fertiles augmente plus le rendement l'est également. Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par Fiegenbaum et al (1991) qui démontrent que la comparaison de sensibilité au stress hydrique des composantes exprimés en nombre, montre que le nombre de gousses par plante est plus sensible au stress hydrique que le nombre de graines par gousse. Toutefois, le taux d'avortement le plus élevé est enregistré pour un stress appliqué pendant les phases florales et post florales (Guerinetal 1991) ; FloorDress (1984) précisent que le nombre de gousses par plante est plus sensible au stress précoce qu'en stress tardif (après nouaison), car ce sont les organes fructifèrent pré et post-floraux (bouton floraux, fleurs et gousses nouées qui tombent le plus). Selon Jensonetal (1996) et Barteletal (1996), le déficit hydrique provoque une déshydratation cellulaires qui altère le métabolisme cellulaire. C'est l'altération du métabolisme qui fait du déficit hydrique un facteur environnement aussi important. Blum (1996) montre que le stress hydrique agit négativement sur la synthèse des assimilât et/ou sur leur transfert. Le stress hydrique a pour conséquence une diminution du flux d'assimilat entre les différents organes de la plante, particulièrement entre les feuilles et les organes fructifères, en raison du manque d'eau, donc de sève, pour la circulation des assimilât (Rode, 1985). Sur haricot toujours, un stress hydrique intense et court provoque une diminution de l'activité photosynthétique par un abaissement de l'assimilation du CO₂ (Penavadiavia, 1985 ; Vasse et Sharkey, 1989), mais le phénomène de translocation reste pratiquement inchangé, ceci est probablement dû aux réserves en eau et aux nutriments qui se trouvent dans les feuilles (Hoddinottetal, 1979) ; Winkel et Do, 1992). L'importance de ce phénomène est très variable entre espèce, et même entre les variétés d'une même espèce (Castonguay et Markhart, 1991 ; 1992 ; Castrillo et Trujillo, 1994) pour le haricot. Ceci est probablement dû à la faculté de certaines espèces ou variétés à maintenir mieux que les autres les cellules en état de turgescence sous l'effet d'un stress de courte durée ou d'intensité réduite. Nos résultats montrent une grande analogie en ce qui concerne les composantes de rendement nombre de graines par gousse et le poids de graines avec ceux obtenu par Jorgejara (1990) ; Laurent (1992), Mouhoucheetal (1998) qui ont démontré que la composante de rendement nombre de graine par gousse du haricot et insensible au stress modéré. Les mêmes résultats sont obtenus par Singh etal (1987) sur le poids chiche, par Deumier (1987) sur pois et Leterme et Merrien (1991) sur le soja.

Selon Laupretre et Benoit (1989), le nombre de graines par gousses dépend du rythme d'alimentation hydrique et minérale, et de la disponibilité de ces deux éléments. Ce qui justifie le fait que les différentes doses d'engrais appliquées D1, D2 et D3 ont traduit d'effets similaires sur le nombre de graines par gousses par rapport à la D0 (sans engrais) où le

nombre de graines par gousses est faible. On montre là une liaison positive entre feuilles et graines liée à l'influence de la surface active de feuilles sur la production, de graines en particulier. Singh *etal* (1987) montrent qu'en cas d'alimentation hydrique abondante, c'est la biomasse qui bénéficie de l'augmentation de production plutôt que les graines. Cela ne veut pas dire qu'une plante bien irriguée produit moins de graines qu'une plante stressée. C'est la valorisation de l'eau qui est parfois améliorée en cas de stress. Ceci est probablement dû au fait que la biomasse a une période d'accroissement longue (pratiquement durant tout le cycle végétatif), tandis que la production de graines en nombre et en poids correspond à une période plus courte et passe plusieurs verrous successifs qui peuvent limiter définitivement la production (on début, mise en place du nombre de graines et à la fin remplissage de celles-ci). Ceci montre que le nombre de graines par gousses montre trois périodes de sensibilité différentes en stress durant la période de reproduction. La première, la plus sensible correspond à la phase nouaison, la deuxième, de sensibilité moyenne, correspond à la phase florale et pré-florale et la dernière période correspond à la période d'élongation et remplissage des gousses, qui semble être peu sensible au stress hydrique. De plus, l'importance du transfert des assimilats vers les graines dépend de la masse de matière sèche élaborée avant le début de la période de reproduction. Ainsi, en cas de stress, le poids des graines peut être durablement pénalisé, car il dépend du stress subi directement par les composantes et de la limitation de transfert éventuels par leur quantité restreinte. Le poids moyen de la graine se décide durant la phase de remplissage et de début maturation (Ney *et al.*, 1994). Ainsi, toute restriction hydrique ou minérale durant cette période se répercute négativement sur le poids moyen de la graine (Lanpretre et Benoit, 1989). Selon Cheraga et Guentour (1998), la phase de plus grande sensibilité du poids moyen de la graine se situe après la fin de la phase d'élongation des gousses et dure entre 10 et 16 jours.

L'examen de résultats obtenus en fonction des variétés montre qu'il existe une interaction entre les composantes de rendement nombre de graines par gousses, nombre de gousses par plante et poids moyen de graines. En effet, l'influence des facteurs environnementaux peut agir positivement ou négativement sur les composantes de rendement, mais les composantes de rendement sont fonction du génotype. Dans le cas de notre expérimentation par exemple, les variétés TUTA et ZKA98-6M/95 dont le nombre de graines par gousses est élevé (5,58 et 5,69 graines par gousses respectivement), leur poids de 100 graines pèse moins de 25 grammes alors que les variétés HM21-7 et MANSEKI dont le poids moyen de 100 graines est supérieur à 32 grammes donnent moins de gousses avec un nombre de graines par gousses faibles, en moyenne 3,58 et 4,27 graines par gousses respectivement. Or, le rendement en graines, exprimé en poids de graines par unité de surface est une conséquence du produit de poids moyen de la graine et du nombre de graines par plante ou par unité de surface. Si les deux composantes sont affectées le rendement l'est aussi. Comme le montrent De Magalhaes et Agustin (1978) et Pena-Cabriales et Castellanos (1993) sur le haricot. De Magalhaes *et al* (1979) obtiennent une chute de rendement de 37% ; combinaison d'une réduction de 30% du nombre de gousses par plante et de 16% du nombre de graines par gousses. Face aux contraintes environnementales indépendamment du génotype, la diminution d'une ou des plusieurs composantes du rendement exprimées en nombre, suite à un stress hydrique précoce (F2), diminue la concurrence entre les graines pendant

leur période de grossissement, d'où le maintien de leur poids moyen à un niveaux relativement élevés en comparaison avec les autres composantes du rendement.

Sur haricot, Petersen et Davis (1982) montrent que l'irrigation améliore la production de graines par une augmentation du nombre de graines par plante qui est le produit du nombre de gousses par plante et du nombre de graines par gousses, alors que le poids moyen de la graine est peu affecté (il peut dans certain cas diminuer ou rester stationnaire). En outre, il peut y arriver que le poids de la graine augment sous l'effet de stress hydrique suite à l'interaction entre les composantes tel est le cas de la variété MANSEKI qui avec un stress tardif (F1) le nombre de graines par plante (nombre de gousses par plante*nombre de graines par gousses) était de 11,8 alors que le poids de 100 graines moyen était au tour de 32 gramme. Par contre avec le témoin (sans arrosage) le nombre de gousses par plante était de 10,6 alors que le poids de 100 graines était de 32,59 grammes en moyenne. Ce résultat semble logique puisque une diminution du nombre de graines a entraîné une amélioration du poids moyen de la graine, certainement à cause du manque de concurrence entre les graines d'une même plantes. Ce phénomène d'interaction ou de compensation est observé aussi entre le nombre de graines et le poids de graines par gousses et le poids moyen des graines de la même gousses. Carrouée et alliot (1992) confirment l'effet de compensation entre le nombre de graine par plante et le poids moyen de la graine provoquée par une irrigation pré-florale par rapport à une irrigation normale de la culture du pois. En effet le poids moyen de la graine et le nombre de graines par gousses diminuent lorsque le nombre de gousses par plante augmente. Ceci montre que le poids moyen de la graine se fixe en dernière position et il est fonction des autres composantes et dépend des conditions du remplissage.

Sa plasticité fait que les légumineuses s'adaptent facilement aux conditions environnementales. Ainsi, Samper et Wayne Adams (1985) démontrent que le poids de graines par plante ne doit pas être considéré comme un bon indicateur de sensibilité à la sécheresse à cause de l'effet de compensation entre les composantes du poids des graines par plante et du nombre de graines par plante, et qui peut dépendre du mode d'application du stress. Si le nombre de graines par plante est « trop » réduit par le stress, le poids moyen de la graine peut être augmenté par le stress par rapport au témoin. De ce fait, le produit des deux composantes donnera un effet modéré du stress sur le poids des graines par plante. Cet exemple montre la nécessité de décomposer au moins le poids des graines par plante en poids de la graine et en nombre de graines par plantes. De tout ce qui précède, en ce qui concerne les relations entre composantes de rendement et la production du haricot, il ressort que lorsqu'on veut améliorer la production en graines il convient d'agir sur l'augmentation du nombre de graines par plante que du nombre de gousses, ce qui revient à une variation de la fertilité des gousses en conditions de culture. Le stress précoce et de faible intensité (F2) peut provoquer la chute d'un certain nombre de gousses sans que le nombre et le poids de graines des gousses non avortées ne soient affectés, ce qui entraîne le maintien d'un poids de graines élevé pour un nombre de gousses par plante faible. Ceci montre que lorsque le nombre de graines est fixé (période qui suit immédiatement la floraison, les ajustements se font sur les poids de graines. Le poids de graines est affecté si l'ajustement sur le nombre de graines est insuffisant par rapport à l'équilibre sources/puits installé au moment de la fixation du nombre de graines par plante. Dans ce cas, la plante manque

d'assimilât pour remplir ses graines, il y a alors diminution du poids moyen de la graine. Ce phénomène est fréquent en cas de stress long et/ou intense. Le rendement en graines de toutes les variétés de haricot obtenu avec l'apport d'engrais était significativement plus élevé que celui obtenu dans les parcelles témoins sans fertilisation. Les effets bénéfiques de la fertilisation chimique au moyen de l'agriculture ont été prouvés par de nombreuses recherches (Bationo *et al.*, 2014; FAO, 2005). Comme toutes les légumineuses, le haricot dispose de deux voies d'alimentation azotée : l'assimilation des nitrates du sol ou des engrais et la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. L'assimilation des nitrates permet, en général l'obtention des rendements élevés lorsque le monde d'apport de N est optimal (Chsillon *et al.*, 1986 ; Srivastova *et al.*, 1986).

Ssali et Keya (1980) démontrent qu'en cas de faibles apports de N, les rendements obtenus ne sont pas élevés et les potentialités des cultivars ne sont pas atteintes. Il faut donc optimiser l'apport d'azote pour améliorer la production. Knowles (1980) prouve que la fixation symbiotique ne permet pas en général, l'obtention de rendements élevés. Elle est insuffisante pour une production maximale des cultures lorsqu'elle est la seule voie de la nutrition azotée. Linderman et Glover (1990) mentionnent que certaines légumineuses sont plus efficaces que d'autres pour fixer l'azote atmosphérique. Le haricot par contre est un mauvais fixateur, fixant moins de 60 kg N/ha, ce qui est inférieur à ses besoins en N. Ces faits peuvent expliquer l'augmentation des recommandations en N pour la culture de haricot. Aguiar *et al.* (1990) ; Slaton *et al.* (2007) ; Hochmuth et Haulon (2013) démontrent que le haricot répond favorablement à l'ajoute d'azote. Selon FAO (2005) l'azote est l'élément le plus important pour la vie des plantes. Il en est le moteur et sert à construire toutes les parties vertes qui assurent la croissance et la vie des plantes. Pour ce qui concerne l'apport des engrais Sanginga et Woome (2009) démontrent que les engrais permettent souvent de doubler et même de tripler les rendements. Mufind *et al.* (2017) en apportant 450 kg de NPK 10-20-10, 41,6 kg ha⁻¹ de Chlorure de potassium 50 % et 119,5 kg d'Urée 46 % dans la région de Kolwezi, Lualaba, en République Démocratique du Congo (RDC) obtenaient une augmentation de rendement de 66 % par rapport aux parcelles aux parcelles non fertilisées. Sabahuta (1988) en utilisant de l'engrais NPK (50-50-50) obtenait des augmentations de rendement allant jusqu'à plus de 500 % au Rwanda avec la variété Rubona 5 et encore plus en utilisant la variété Var.11. Par ailleurs, les résultats des observations menées par Pypers *et al.* (2010) dans le sol des deux sites Kalongo et Civu à caractéristiques différentes, dans la province du Sud Kivu, en RDC ont montré que l'ajoute d'engrais a augmenté les rendements en grains de haricot de 11 et 24 %. Pypers *et al.* (2010) démontrent également que, l'application d'engrais et la modification des écartements des cultures ont augmenté le rendement de haricot de 23 et 21 % par rapport aux pratiques traditionnelles. En effet, nos résultats sont loin inférieurs à ceux obtenus par Sabahuta (1988) et Mufind *et al.* (2017) mais ils sont proches de ceux obtenus par Pypers *et al.* (2010). Nos résultats montrent qu'avec l'utilisation des engrais nous obtenons des accroissements de rendement de 25,4 %, 36,2 % et 33,5 % dans les parcelles ayant reçues les doses D1, D2 et D3 respectivement par rapport aux parcelles témoins non fertilisées (D0). Cette différence de rendement entre parcelles fertilisées et non fertilisées, peut s'expliquer d'une part par le fait que la productivité du haricot est grandement influencée par la fertilité du sol (Nyabyenda, 2014

et Bargaz, 2012), et d'autres par le fait que le niveau d'humidité du sol était très bas (teneur en eau du sol de 20 % au moment du semis).

Katerji et Itier (1985) mentionnent que le développement harmonieux d'une plante ne peut se réaliser que si la couverture de ses besoins hydriques est assurée durant toute son cycle végétatif. En d'autres termes, la plante doit se développer dans un sol ou un substrat qui lui assure son confort hydrique (75 à 85 % de sa capacité de rétention). L'eau n'est pas seulement un moyen presque inactif de remplissage des organes de la plante pour le maintien de son port, mais c'est aussi un moyen de transport et de dissolution des éléments nutritifs solubles entre les coiffes racinaires et la partie aérienne, un manque d'eau provoque simultanément une diminution de l'absorption des minéraux et de la fixation du CO₂, liée à la fermeture stomatique. Tous ces faits justifient le faible accroissement de rendement obtenu avec l'apport des engrais dans la condition de stress hydrique. Cependant en associant les différentes doses d'engrais à l'arrosage du semis au début maturation le rendement a augmenté de 72,6 %, 102 % et 85 % respectivement avec les combinaisons D1*F3 (1051 kg ha⁻¹) ; D2*F3 (1230 kg ha⁻¹) et D3*F3 (1131 kg ha⁻¹) par rapport au témoin non fertilisé et sans arrosage (D0*F0) (609 kg ha⁻¹). Ces résultats confirment les faits observés par Wery et Turc (1990) qui indiquent que la contrainte hydrique représente le facteur environnemental le plus limitant pour l'obtention de bon rendement chez les légumineuses. Nos résultats montrent également que, dans les parcelles arrosées du semis au début de maturation (F3) le rendement augmente de 49,7 % comparativement aux parcelles témoins non arrosées, alors que le rendement n'est augmenté que de 26,6 % et 14,2 % dans les parcelles arrosées du semis à la floraison (F1) et dans les parcelles arrosées de la floraison au début maturation (F2) respectivement. En effet, la baisse précoce de la disponibilité en eau (F2) a induit une chute de productivité importante que la baisse tardive de la disponibilité en eau (F1).

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif de déterminer les effets de différentes doses d'engrais minéraux et leur interaction avec les fréquences d'arrosage sur le rendement en graines du haricot commun. La comparaison de l'arrosage de complément en fonction de la phase d'application sur le haricot commun dans les conditions où la teneur hydrique résiduelle du sol est ≤ 20 % montre que le meilleur rendement n'est obtenu que lorsque le haricot est arrosé du semis au début maturation. Les parcelles arrosées du semis au début maturation ont montré un accroissement de rendement de 49,7 % alors que celles arrosées du semis à la floraison, et de la floraison au début maturation n'ont montré qu'un accroissement de 26,6 % et 14,2 % respectivement par rapport aux parcelles témoins non arrosées. En ce qui concerne la fertilisation minérale, la comparaison de l'effet des différentes doses d'engrais ne révèle qu'aucun accroissement significatif de rendement lorsque l'engrais est apporté dans les conditions de sol où l'humidité résiduelle du sol est ≤ 20 % sans apport d'eau, quelle que soit la dose d'engrais. Les meilleurs rendements sont obtenus lorsque la dose de 60N-60P₂O₅-60K₂O par ha est associée avec l'arrosage du semis au début maturation. Dans le cas échéant l'accroissement de rendement est de 102 %. Ces résultats montrent donc l'intérêt de la fertilisation minérale associée à la pratique d'arrosage pour obtenir une bonne productivité du haricot commun et confirment les hypothèses

émises. Quant aux variétés, toutes les variétés ont réagi de la même manière aussi bien aux variations de différentes doses d'engrais mais également qu'aux différentes fréquences d'arrosage. Néanmoins, la variété TUTA s'est révélée plus productive que les autres variétés comparées de la série. Ceci confirme la suprématie des variétés volubiles en termes de rendement en graines par rapport aux variétés naines.

REMERCIEMENTS

Les auteurs témoignent leur reconnaissance aux techniciens Bazayamo Mewuzolele, Nkiambi Ndongala, Ngindu Lumbuesa, et Mavakala Tulema pour leur assiduité dans les observations et prise des données, ainsi qu'à l'ensemble des travailleurs de l'Antenne Légumineuses de Mvuazi pour leur participation aux activités et à l'exécution des tâches professionnelles.

RÉFÉRENCES

- Aguiar J., Franklin L., Aziz B. & Keith S.M., 1999. Snap Bean Production in California. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Davis, CA. Publication 7240.
- Bartels D., Furini A., Ingram J. et Salamini F., 1996. Responses of plants to desiccation stress: a molecular analysis. *Plant Growth Regulation* 20, 111-118.
- Baudoin J.-P., Vanderborcht T., Kimani P.M. et Mwang'ombe A.W., Les légumineuses à grain : Le Haricot commun. In : Raemaekers R. H. (éditeur), 2001. Agriculture en Afrique tropicale, Bruxelles, Belgique : DGCI (Direction Générale de la Coopération Internationale), Ministère des Affaires Étrangères, du Commerce Extérieur et de la Coopération Internationale, 317-334pp.
- Blum A., 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation* 20, 135-148.
- Bouwmeester H, Van asten P, Ouma E, 2009. Mapping key variables of banana based cropping systems in the Great Lake Region, partial outcomes of the base-line and diagnostic surveys, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. p50 pp.
- Carruee B. et Ailliot B., 1992. Analyse des résultats de sols profonds d'Eure-et-Loir en 1991. *Perspectives Agricoles* n° 168, 60-64.
- Castronguay Y. and Markhart A.H., 1991. Saturated Rates of photosynthesis in water stress Leaves on Common Bean and Tepary Bean. *Crop Sci.* 31: 1605-1611.
- Castronguay Y. and Markhart A.H., 1992. Leaf Gas Exchange in water-Stress Common Bean and Tepary Bean. *Crop Sci.* 32: 980-986.
- Castrillo M. and Trujillo I., 1994. Ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase activity and chlorophyll and protein contents in two cultivars of French bean plants under water stress and rewatering. *Photosynthetica* 30 (2): 175-181.
- CIAT, 2014. Temps forts. Un meilleur accès des agriculteurs aux semences de variétés améliorées de haricot au Rwanda Kampala, Uganda.
- Crabbe, 1978. Recueil d'instructions climatologiques INERA, Yangambi 263 p.
- Cheraga H et Guentour, 1998. Effet du stress hydrique appliqué à différentes phases phénologiques sur la croissance et les composantes du rendement du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Mémoire d'ingénieur, INA, EL-Harrach, 35p.
- Chsillon S., Morot G. J. F., Salsac L., Le Saint C. & Jolivet E., 1986. Compared effects of nitrate and ammonium on growth and metabolism of french bean. *Physiol. Veg.* 24(6):679-687
- De Magalhaes A.A. and Agustin M., 1978. Effet of different water stress Days During Reproduction phase on the Yield of Bean. *Pesquisa Agropecuaria Brasil* 13 (3): 55-60.
- Deumier J.M., 1987. L'irrigation du pois protéagineux de printemps. Bulletin FNAMS semences n° 99, 45-47.
- FAO, 2005. Notions de nutrition des plantes et défertilisation des sols. Manuel de formation, Projet Intrants, Niger, 24p.
- Fiegenbaum V., Dora Suelt S., Dos Santos, Vera Delfina C., Mello Benedito G., Dos Santos F., Maria Angela A., Tillman e Joao B., Da Silva, 1991. Physiological Quality Evaluation of Bean Seeds Submitted to Hydric During Flowering. *Pesquisa Agropecuaria Brasil* 26 (11-12), 1885-1892.
- Floor Dress E.M., 1984. The influence of Drought Stress on Flowering and Abscission of *Phaseolus vulgaris* L.. *Annual Report of the bean improvement cooperative Vol.* 27, 191-192.
- Guerin V., Pladys D., Trinchant J.C. and Rigaud J., 1991. Proteolysis and nitrogen fixation in faba – bean (*Vicia faba*) nodules under water stress. *Physiologia Plantarum* 82, 360-366.
- Hoddinott J., Ehret D.L., and Gorham Paul R., 1979. Rapid influence of water stress on photosynthesis and translocation in *Phaseolus vulgaris*. *Can. J. Bot.* 57: 768-776.
- Hochmuth G. & Hanlon E., 2013. A Summary of N, P, and K Research with Snap Bean in Florida. IFAS Extension. University of Florida, Gainesville, FL.
- IITA, 2014. Projet Cassava R4D, programmé activités 2014 - 2015, Kinshasa/RDC 80 p.
- Kanyenga L.A., Kasongo L.M., Kizungu V.R., Nachigera M.G. & Kalonji M.A., 2016. Effect of climate change on common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop production : determination of the optimum planting period in midlands and Highlands zones of the Democratic Republic of Congo. *Global Journal of Agricultural Research and Reviews*, 4 (1) : 190-199.
- Jensen Anders B., Piter K. Busk, Mercé Figueras, M. Mar Alba, Giovanna Peracchia, Ramon Messeguer, Adela Godayet Montserrat Pagès, 1996. Drought signal transduction in plants. *Plant Growth Regulation* 20, 105-110.
- Jorge Jara R., 1990. Reputa a Sequia de Cinco Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Estudio Preliminar. *Agro-Ciencia* 6 (2) : 95-101.
- Knowles R., 1980. Nitrogen fixation in natural plant communities soils. In F. J. Bergersen (ed.) *Methods for evaluating biological nitrogen fixation*. John Wiley and Sons, Inc. (NY):557-582
- Laupretre J.M. et Benoit M. 1989. Diagnostic Agronomique de la culture du haricot (*Phaseolus vulgaris*)- Cycle primaire 1989-Dans les communautés de El Chile et Subuli. Région VI, Nicaragua. Mémoire de fin d'études, ISA de Lille, 66 p
- Laurent E, 1992. Les haricots ne supportent pas le stress. Bulletin FNAMS semences n° 119, 38-40.
- Leterme Ph. Merrien A., 1991. L'alimentation hydrique du soja. Perspectives Agricoles n° 161, 23-27.
- Lindemann W.C. & Glover C.R., 1990. Nitrogen Fixation by Legumes. (En ligne). <http://www.csun.edu/~hcbio027/>

- biotechnology/lec10/lindemann.html (page consultée le 18 Novembre 2017).
- Mouhouche B., Ruget F. et Delécolle R., 1998. Effet of wather applied at different phenological phases on yield components of dwarf bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomie*. 18, 197-205.
- Mufind et al., J. Appl. Biosci. 2017. Réponse de huit variétés de haricot commun (*Phaseolusvulgaris* L.) à la fertilisation minérale dans la région de Kolwezi, Lualaba (RD Congo). *Journal of Applied Biosciences* 111: 10894-10904 ISSN 1997-5902
- Ney B., Duthion C. and Turc O., 1994. Phenological Response of Pea to water stress During Reproductive Development. *CropSci*. 34: 141-146.
- Nyabyenda P., 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique : Généralités, Légumineuses alimentaires, Plantes à tubercules et racines, Céréales. Presses agronomiques de Gembloux, Bruxelles, 225p.
- Pena-Cabrioles J.J. and Castellanos J.Z., 1993. Effects of water stress on N₂ Fixation and Grain yield of *Phaseolus vulgaris* L. *Plant and Soil* 152: 151-155.
- Pena Vadivia C.B., 1985. Effects of mild water stress on *Phaseolus vulgaris* L. photosynthetic machinery. *Annual Raport of the bean improvement Cooperative* Vol. 28, 51-52.
- Petersen A.C. and David D., 1982. Yield response of *Phaseolus vulgaris* L. and *Pacutifolius* subjected to water stress. *Annual Raport of the bean improvement Cooperative* Vol. 25, 53-54.
- Pieri C, 1989. Fertilité des terres en savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Montpellier, CIRAD-IRAT, 444p.
- Pypers P, Sanginga J, Kasereka B, Walangululu M, Vanlauwe B, 2010. Increased productivity through integrated soil fertility management in cassava-legume intercropping systems in the highlands of Sud-Kivu, DR Congo. *Field Crops Research* 120 (1): 76-85.
- Rode, 1985. Croissance et transfert d'assimilat. In : Les bases de la bioclimatologie Meribal, 18-22 mars, 1985, 167-173.
- Samper C. and Wayne Adams M., 1985. Yield Potentiel and Drought Susceptibility of Beans. *Annual Raport of the bean improvement Cooperative* Vol. 28, 51-52.
- Singh D.P., Singh Phool, Sharma H.C. and Turner N.C., 1987. Influence of water deficits on the water relations canopy gas exchange, and yield of Chickpea (*Cicerarrietinum*). *Field Crops Research*, 16, 231-241.
- Slaton N.A., Golden B.R., DeLong R.E. & Massey C.G., 2007. Green Bean yield as Affected by Nitrogen Fertilization Strategy. *Arkansas Soil Fertility Studies*. University of Arkansas, Fayetteville, Ark. pp. 77-79 .
- Ssali H. & Keya S. O., 1986. The effects of P and nitrogen fertilizer level on nodulation, growth and dinitrogen fixation of 3 bean cultivars. *Tropical Agr. (Trinidad)* 63(2):105-109.
- Srivastava H. S. & Ormrod D. P., 1986. Effects of nitrite and nitrate nutrition on nodulation, nitrogenase activity, growth and N content of bean plants. *Plant Physiol.*, 81:737-741.
- Vanderborcht T. et Baudoin J-P, 1998. La collection de base des espèces sauvages de *Phaseolus* et *Vigna*: historique, gestion et conservation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* Belgique.
- Vassey T.L. and Sharkey T.D., 1989. Mild water stress of *Phaseolus vulgaris* Plants Leads to Reduced Starch Synthesis and extractable sucrose Phosphate Synthase Activity. *Plant Physiol.* 89, 1066-1070.
- Wery J. et Turc O., 1990. Les besoins en eau des productions de semences de légumineuses. Bulletin FNAMS Semences n° 111, 22-25.
- Winkel T. et Do F., 1992. Caractères morphologiques et physiologiques de résistance du mil (*Pennisetum glaucum* L. R. Br.) à la sécheresse. *L'Agronomie Tropicale*. 46, 4, 339-351.
