

EVALUATION AGRONOMIQUE DES VARIETES BIOFORTIFIEES DU HARICOT COMMUN (*PHASEOLUS VULGARIS L.*) EN ESSAIS COMPARATIFS D'ADAPTATION : CAS DES VARIETES GRIMPANTES « NUTRITIONALLY ENHANCED CLIMBING BEANS (NUV) »

[AGRONOMIC EVALUATION OF COMMON BIOFORTIFIED BEAN VARIETIES (*PHASEOLUS VULGARIS L.*) IN COMPARATIVE ADAPTATION TRIALS : CLIMBING VARIETIES CASE « NUTRITIONALLY ENHANCED CLIMBING BEANS (NUV) »]

C. Mirindi¹, N. Mbikayi¹, R. Kijana¹, N. Rudahaba¹, M. Civava¹⁻², K. Lubobo³, C. Koleramungu¹, B. Muluku¹, C. Irengé¹,
and E. Mongana¹

¹Mulungu Research Station, Institut National d'Etude et de Recherche Agronomiques, INERA, Bukavu, Sud Kivu, RD Congo

²Université Evangélique en Afrique (UEA), RD Congo

³Harvestplus / CIAT, Kalambo, Bukavu, Sud-kivu, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. 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.

ABSTRACT: The study unrolled in South Kivu province situated in the East of DRC, in the North part of Kabare territory, respectively on-farm PABU/Katana and on-station INERA/Mulungu. This study aims to identify among the performing varieties the ones which better fit and which have the high potentially seeds yields and stables in these sites. The comparative adaptation trials have been lead according to the layout in randomized completed block design with three replications and the results analysis was done by using software Statistix 8 and Genstat. The results (at0.05) show that eight varieties got global medium yields significantly over the check VCB81013 (1454kg/ha) in the two sites during the four farming seasons 2015-16AB. It concerns the varieties NUV234-3-1(1932,5 kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV108-3-2 (1578,5), NUV119-3 (1506), NUV234-3-2 (1719,5), NUV15-1 (1711), NUV15-2 (1620) and NUV131-1 (1598,5). These varieties have given the best yields exceeding 1500kg/ha with 132,8 à 103,5% upper to the check. As regards to varieties sensibility, the results of the global statistical analysis showed a resistant reaction of the majority of all varieties to the main diseases (1 to 3), at the standard scale of diseases evaluation (1 to 9) regard to CIAT.

KEYWORDS: Biofortified varieties, adaptation, yield, stability, sensibility.

RESUME: L'étude s'est déroulée dans la province du Sud-Kivu à l'Est de la R.D. Congo, dans la partie nord du territoire de Kabare, respectivement à PABU/Katana et en station de l'INERA-Mulungu. L'objectif était d'identifier parmi les nouvelles variétés biofortifiées, celles qui s'adaptent mieux et qui ont des rendements en graines potentiellement élevés et stables dans ces sites. Les essais comparatifs d'adaptation ont été conduits suivant le dispositif des blocs aléatoires complets et l'analyse des résultats a été faite à l'aide du logiciel Statistix 8 et Genstat. Les résultats (à 0.05) montrent que huit variétés ont eu des rendements moyens globaux significativement supérieurs à celui du témoin VCB81013 (1454kg/ha) dans les deux sites pendant quatre saisons culturales 2015AB et 2016AB. Ce sont les variétés NUV234-3-1(1932,5kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV108-3-2 (1578,5), NUV119-3 (1506), NUV234-3-2 (1719,5), NUV15-1 (1711), NUV15-2 (1620) et NUV131-1 (1598,5). Ces variétés ont donné de meilleurs rendements dépassant 1500kg/ha, soit 132,8 à 103,5% supérieur au témoin.

Quant à la sensibilité des variétés, les résultats de l'analyse statistique globale ont montré la résistance de la majorité de ces variétés aux principales maladies (1 à 3), par rapport à l'échelle standard d'évaluation des maladies (1 à 9) du CIAT.

MOTS-CLEFS: Variétés biofortifiées, adaptation, rendement, stabilité, sensibilité.

1 INTRODUCTION

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est le plus important légume directement consommé, spécialement dans les pays sous-développés de l'Afrique (Burundi, RD Congo, Rwanda, Uganda) et de l'Amérique latine (Guatemala, Nicaragua et El Salvador). Ses feuilles sont parfois consommées, par exemple en Amérique centrale ou en Afrique, comme aliment de disette [7],[5].

En 2010, la production totale mondiale de haricot sec était de 23 millions de tonnes, produits sur 30 millions d'hectares [26]. En 2014, la RD Congo avait la production de 130,000 tonnes [27].

Les petits exploitants africains cultivent chaque année plus de quatre millions d'hectares de haricots, source d'alimentation pour plus de 100 millions d'africains [6]

Ce faible rendement du haricot commun est dû d'une part, aux contraintes biotiques et abiotiques de production auxquelles il est très sensible et d'autre part, à l'absence de variétés résistantes ou tolérantes à ces contraintes au sein du pool génique primaire [12]. Bien davantage, plus de 200 agents pathogènes (fongiques, bactériens et viraux) sont connus chez le haricot et certains d'entre eux causent des pertes économiques considérables [11]. Les sols pauvres, les températures et humidités relatives trop élevées, la sécheresse ; ainsi que le changement climatique favorisent le développement de ces agents pathogènes et contribuent aussi à réduire les rendements du haricot [13],[31].

Dans le sud-kivu tout comme en Afrique, les haricots sont principalement cultivés par les femmes [6]. Raison pour laquelle dans la province du sud-kivu, le nombre de pratiquants des haricots volubiles augmente rapidement les deux premières années et stagne quelque peu les années suivantes [15].

Dans les zones agricoles du Nord et du Sud Kivu, à l'instar de toutes les régions agricoles des Pays des Grands Lacs, diverses variétés de haricot sont généralement cultivées au rythme de deux récoltes par an, chaque variété (ou mélange de variétés) étant adaptée aux conditions agro-écologiques (sols, ravageurs et maladies) et climatiques locales [8].

La croissance de la production agricole (1,4% par an entre 2007 et 2012 selon l'IFPRI) est plus faible que la croissance de la population (2,4% par an), ce qui place la RD Congo dans une situation précaire. 77% de la population congolaise vit sous le seuil de pauvreté (1,90\$ par jour) et près de 70% des ménages se trouvent en insécurité alimentaire [1]. En RDC, une forme sévère de malnutrition dite chronique sévit parmi les enfants de moins de cinq ans, plus d'un tiers (38%) accusent un retard de croissance. De même, la malnutrition touche 17% des mères d'enfants de moins de cinq ans non enceintes [22]. Au sud-kivu, le taux de malnutrition aigüe globale est de 96,2% chez les hommes et 72,5 chez les femmes. Tandis que le taux de malnutrition aigüe sévère est de 33,8% chez les hommes et 29,4 chez les femmes [25]. La vitamine A, le fer et le zinc sont parmi les trois micronutriments largement reconnus par l'organisation mondiale de la santé comme problème de santé publique. La déficience anémique en fer affecte globalement plus de 2 milliards de peuple, et la prévalence en Afrique sub-saharienne reste toujours plus élevée, avec plus de risque chez les femmes enceintes et les jeunes enfants à l'âge préscolaire [10], [21]. Selon HarvestPlus, en RD Congo, la déficience est de 71% des enfants de moins de 5 ans et 53% des femmes ; et en vitamine A, elle est de 61% des enfants de moins de 5 ans [9]. Dans le corps humain, le fer est essentiel pour la prévention de l'anémie et pour le fonctionnement convenable de beaucoup de processus métaboliques ; tandis que le zinc est essentiel pour une croissance adéquate, une maturité sexuelle, une résistance gastro-entérique (maladies diarrhéiques) et des infections respiratoires, spécialement chez les enfants [4], [9]. Ainsi, les principaux symptômes de la déficience en Zn incluent les complications de la grossesse, le faible poids à la naissance maternelle, la mortalité infantile, la réduction de croissance à l'enfance [23]

Le haricot constitue la principale légumineuse alimentaire de plus de 300 millions de personnes en Amérique latine et en Afrique Centrale et de l'Est [7]. Cependant, l'Afrique de l'Est détient le record mondial de consommation de haricots par personne, celle-ci s'élevant à environ 50 à 60kg par an [6].

Sa culture revêt une très grande importance dans la production alimentaire dans les provinces du Sud et Nord-Kivu à l'Est de la RD Congo. En termes de nutrition, les haricots constituent 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; ainsi que des vitamines [8],[14]. Ils sont souvent appelés la "viande de pauvres", car ils constituent la source rapide à accès facile et à moindre coût de ces nutriments par la couche la plus pauvre de la population [14].

Dans le genre *Phaseolus*, le haricot commun (*P. vulgaris* L.) est l'espèce économiquement la plus importante avec plus de 90 % de la production mondiale [7]. Il représente une source de revenus notables [30] et de plus en plus importante en faveur des foyers ruraux, les ventes annuelles africaines s'élevant à plus de 580 millions de dollars en 2005 [6]. Dans l'Est de la RD Congo, le revenu que les exploitants tirent du haricot a été multiplié par cinq entre 1985 et 2005. L'augmentation des revenus résulte non seulement de la vente d'un plus grand volume de haricots pour la consommation, mais également de la vente des semences qui est devenue une activité rentable dans plusieurs pays [6].

Le haricot commun peut significativement contribuer à la réduction de la malnutrition en micronutriments en Afrique ; non seulement parce qu'il est un constituant régulier dans le régime et culturellement acceptable, mais aussi parce qu'il est l'une de plus riches sources de trois nutriments qui sont communément les plus déficitaires: Fe, Zn and protéine. Le développement de variétés riches en micronutriments est un composant clé de stratégies intégrées pour combattre la carence en micronutriments répandue en Afrique et dans d'autres parties des pays en voie de développement [21].

La présente étude est une contribution à la recherche de caractéristiques agronomiques de variétés biofortifiées de haricots introduites "Nutritionally enhanced climbing beans (NUV)", critères ayant servi à les sélectionner dans les conditions agro-écologiques du territoire de Kabare en province du sud-kivu à l'Est de la RDC.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU EXPERIMENTAL

2.1.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE DES SITES D'ESSAIS

Les essais ont été conduits dans deux sites localisés dans le territoire de Kabare dans la province du Sud-Kivu, à l'Est de la République Démocratique Congo. Il s'agit des sites de Mulungu (Centre de Recherche de l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques/INERA dont les coordonnées GPS sont: 02°20' 118" latitude Sud, 028°47'483" longitude Est, Altitude 1679 m) et de Plantation Agricole de Buhengere (PABU), plateforme des agriculteurs de Katana (02°19'907" latitude Sud, 028°46'540" longitude Est et 1555m d'altitude). Ces essais ont été réalisés pendant quatre saisons culturales à savoir 2015A, 2015B, 2016A et 2016B.

Le relief du Sud-kivu est constitué de montagnes et de chaînes de Mitumba. La montagne la plus importante est le sommet de Kahuzi-Biega avec 3340m d'altitude [16]. Le climat du Sud-kivu a neuf mois de pluie et trois mois de sécheresse ; il s'agit d'un climat tropical humide [17]. Le Sud-Kivu jouit d'une température moyenne annuelle comprise entre 16 et 20°C. Le régime pluviométrique est bimodal. Il permet ainsi deux saisons culturales : la première saison (A) s'étale de mi-septembre à décembre et la deuxième (B) de mi-mars à mi-juin, suivi d'une courte saison sèche dite "C" caractérisée par la culture dans les vallées (Cikuli, en langue locale shi) après drainage des marais [18]. Les sols de Mulungu sont argileux, avec des horizons humifères [19]. Souvent épais lorsque l'érosion est faible ou absente. Ils sont bien pourvus en matière organique et la teneur en azote total est élevée. Le phosphore assimilable et le potassium sont élevés. Ils ne sont pas acides. Ils ont donc un très bon potentiel de production, mais l'azote devient limitant avec une exploitation continue. Tandis qu'à PABU-Katana, les sols sont acides... Le tableau 1 résume les caractéristiques des sols de terrains expérimentaux.

Tableau 1. Propriétés des sols de Mulungu_Tshirumbi et Plantation Buhengere (PABU)

Sites	Ph		Matière organique			P ass. ¹ (ppm)	Complexe d'échange (méq/100g)						
	Eau	KCl	C (%)	N (%)	C/N		Ca	Mg	K	Na	Al	H	%Al sat.
Mulungu Tshirumbi	6,30	5,41	6,0	0,62	9,7	100	22,1	2,5	1,2	0,2	-	-	-
Buhengere Katana(PABU)	5,28	4,46	1,93	0,23	8,4	1,92	4,0	2,5	0,0	-	1,2	0,2	-

¹ P ass. Phosphore assimilable selon Bray No 1
Phosphore 165mg/kg, carbone 11.4%, N 0.2%

2.1.2 DONNÉES CLIMATOLOGIQUES

A l'INERA-Mulungu, pendant les quatre saisons culturales (2015-2016AB), les pluviométries sont inférieures à la moyenne calculée sur 20 ans, qui est de 1572,5mm [17]. Tandis qu'à PABU, elles dépassent cette moyenne. La moyenne de températures calculée sur 20 ans est de 19,1°C. Dans les deux sites, les tendances sont que les minima et maxima moyens se rapprochent de cette moyenne calculée sur 20 ans. Ces tranches de pluies et de températures enregistrées pendant les quatre saisons culturales, dans les deux sites, sont favorables à la croissance végétative du haricot – d'autant plus que la plupart des haricots communs croissent dans un spectre étroit de températures entre 20-22,5°C et nécessitent des pluies modérées, bien distribuées au cours du cycle végétatif (300-400 mm d'eau) ; mais une période sèche est préférable au moment de la récolte[2].

Tableau 2. Données climatologiques des sites durant les 4 saisons culturales de 2 ans

SITE	SC	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
STATION	2015 AB	P(mm)	108	135,2	186,1	196	24,9	71,5	1	0	97,7	328,8	281,9	-	1431,1
		T°C	20,8	22,4	17,7	20	20,3	19,5	20,9	21,4	21,6	20,6	19,9	-	
	2016 AB	P(mm)	248,7	152,9	271,1	166,9	64,4	2,7	29,2	37,2	119,3	156,6	184,9	110,5	1544,4
		T°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PABU/Kat	2015 AB	P(mm)	121,7	106,1	206,2	245,7	55,7	110	0,5	18,4	124,8	275,3	186,6	280,4	1731,9
		T°C	19,8	20,2	20	19,8	20,1	19,4	20	21,2	21	20,6	19,8	20,6	
	2016 AB	P(mm)	150,9	133,9	140,1	272,8	83,2	14,5	68	27,1	159,2	218	211,8	145	1624,5
		T°C	20,6	21,1	21,6	20,9	20,5	19,3	19,8	20,3	20,4	20,1	18,6	19,1	

SC=Saison culturale, P(mm)= Précipitation en millimètre, T°C= Température en degré Celsius

Source : services de climatologie de l'INERA-Mulungu et du CRSN-Lwiro

2.2 MATERIEL VEGETAL EVALUE

Depuis février 2009, un lot de 41 lignées NUV provenant du CIAT était introduit dans la station de l'INERA-MULUNGU, Est de la RDCongo. Ces variétés étaient au stade F2 et ont poursuivi leur évaluation en sélection généalogique et variétale dans le Programme National Légumineuses (PNL) de la station. Etant donné que plusieurs cas de ségrégation étaient observés pendant les étapes de sélection, on avait procédé à prélever une gousse sur chaque plante par la méthode de sélection par descendance monofruit (single pod descent) dont les graines étaient ensuite semées, ce qui avait entraîné une longue durée de stabilisation de ces matériels. Et c'est pour cette raison que les variétés portent les dénominations de NUV (n-1, 2, 3, 4...).

Ainsi, 14 lignées (tableau 3) se sont avérées stables et ont été évaluées en essais d'adaptation pendant quatre saisons (2015A, 2015B, 2016A et 2016B) dans les deux sites décrits ci-haut.

Les dates de semis suivant l'altitude et les saisons sont déterminées par les conditions de température et de pluviométrie favorables à la plante. Les dates favorables identifiées par HarvestPlus en Territoire de Kabare sont entre autres 10-30 septembre en première saison et du 15 février au 15 mars en deuxième saison [24].

Les auteurs [3] avaient testé à rubona (Rwanda) en essais GxE la performance minérale des semences de variétés de la même série (NUV195, 149-2, 141, 177, 152 et 219-2) et avaient trouvé que les concentrations en fer variaient entre 51,17 à 60,17ppm et le zinc entre 30,25 à 35,25ppm. Ils ont également trouvé que la capacité d'accumulation de la haute teneur de fer et zinc dans la graine est différente d'un génotype à l'autre, de l'environnement et des interactions génotype-environnement ; et que les variétés volubiles de haricot peuvent bien accumuler plus de fer et zinc dans les graines que les naines, même si la taille de la plante n'a pas d'effet sur l'accumulation de ces minéraux.

Tableau 3. Caractéristiques de variétés grimpantes évaluées

VARIETES	TYPE DE CROISSANCE	TAILLE GRAINE	POIDS DE 100GR(g)	COULEUR GRAINE	JOURS MATURITE	FER (ppm)	ZINC (ppm)
NUV15-1	IVa	Moyenne	27	Yellow(Jaune)	98	58,7	22
NUV15-2	IVa	Petite	23	Red (rouge)	98	54,5	23,7
NUV105-1	IVa	Moyenne	28	Pink(Rose)	103	48,8	21,8
NUV108-3-1	IVa	Moyenne	29	Pink(Rose)	103	19	47,5
NUV108-3-2	IVa	Moyenne	31	Red (rouge)	103	59,1	26,4
NUV119-1	IVa	Petite	22	Red (rouge)	98	59	23,4
NUV119-3	IVa	Moyenne	29	Red (rouge)	98	64,4	26,8
NUV119-4	IVa	Moyenne	30	Red (rouge)	98	57	26,8
NUV131-1	IVa	Petite	24	Red (rouge)	98	48,8	19,2
NUV131-2	IVa	Moyenne	29	Yellow(Jaune)	98	54	22,8
NUV160-2	IVa	Grande	41	Pink(Rose)	98	71,5	23,4
NUV216-2	IVa	Petite	23	Red (rouge)	98	58,8	23,2
NUV234-3-1	IVb	Moyenne	27	Pink(Rose)	98	62	21,8
NUV234-3-2	IVb	Moyenne	25	Red (rouge)	98	54,8	21,8
VCB81013(T)	IVa	Moyenne	26	White(Blanche)	98	62,1	26,7

Caractérisation PNL/INERA-MULUNGU, Sud-kivu, RDC et Analyse minérale au laboratoire de CIAT/HarvestPlus kalambo, bukavu, Sud-kivu, 2015.



Fig. 1. PHOTOS DE QUINZE VARIETES EVALUEES DANS L'ESSAI COMPARATIF D'ADAPTATIO2015-2016

Photos : Ir Mirindi Cirhuza Télésphore(2017)

2.3 METHODES

2.3.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET CONDUITE DES ESSAIS

Les essais comparatifs d'adaptation ont été expérimentés en station et dans le milieu paysan pendant quatre saisons culturales (2015-2016AB). Le dispositif de blocs aléatoires complets à 3 répétitions était utilisé. La variété, comme facteur étudié, a été adoptée pour l'installation de ces essais variétaux. La parcelle élémentaire était de 3m x 1.5m, soit 4,5 m².

Pour l'homogénéité des essais et du matériel utilisé, tous les protocoles et toutes les semences étaient préparés au centre de recherche de l'INERA-Mulungu. L'installation et le suivi des essais étaient exécutés par l'équipe scientifique et technique dudit centre de recherche. Par contre, les entretiens étaient réalisés par l'équipe ouvrière dans chaque site.

2.3.2 SUIVI DES ESSAIS ET COLLECTE DE DONNÉES

Trois visites par saison étaient effectuées dans le milieu réel pour observer les essais. Quelques paramètres tels que la levée, le type de croissance, le cycle végétatif, le rendement, les principales maladies dont la tache anguleuse, l'ascochytose, l'anthracnose et la rouille, etc., ont été pris en considération lors de l'évaluation des essais. La cotation de ces maladies était réalisée suivant l'échelle standard (1 à 9) mise en place par CIAT[29].

2.3.3 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

L'analyse statistique des données a été faite à l'aide du logiciel Statistix 8 et Genstat, sur base des rendements parcelles extrapolés à l'hectare, pour comparer les rendements de différentes variétés par site et pendant les quatre saisons. Le modèle utilisé était l'analyse de la variance et, pour chaque analyse ; le coefficient de variation et la plus petite différence significative ont été considérés pour juger de la validité des essais et des résultats obtenus.

3 RESULTATS

Les résultats détaillés sur les rendements des essais par années et par sites ainsi que sur la réaction des variétés vis-à-vis de principales maladies sont repris dans les tableaux 4 et 5.

3.1 RENDEMENTS DES VARIÉTÉS

3.1.1 SYNTHÈSE GLOBALE DES RENDEMENTS

Les résultats de ces quatre saisons dans les deux sites montrent une différence significative entre les rendements de quelques variétés (12 en station et 3 à PABU), par rapport à celui du témoin VCB81013 ; elles ont donné des rendements supérieurs à 1500kg/ha au seuil de 5% de probabilité.

Tableau 4. Moyennes générales de rendements des variétés utilisées dans les deux sites d'essais pendant les 4 saisons culturales (2015-2016AB)

Sites	Variétés	Rendements (kg/ha) des variétés par saison				Moyennes générales
		2015A	2015B	2016A	2016B	
Mulungu station	NUV119-4	1796.7b-j	2325.3b-e	463l	2219.7a-c	2743.2*
	NUV234-3-1	1507.7c-l	2897.7ab	1509.7d-j	2345.7a-c	2065.2*
	NUV108-3-1	1484.3c-l	2682.3ab	1065.7g-l	2088.3b-d	1830.1*
	NUV108-3-2	1426.7d-l	2403.3a-d	1026.7h-l	2255.3a-c	1778*
	NUV119-3	1399e-l	2219b-g	1621.3c-i	2184.3bc	1856*
	NUV15-1	1367.7e-l	2317.7b-f	1176f-k	2679.7ab	1885.3*
	VCB81013(T)	1294.3e-l	2348.7a-e	1111.3f-l	1582.3de	1584.1*
	NUV15-2	1291.3e-l	2722ab	1336.3e-k	2653.3ab	2000.7*
	NUV131-1	1263f-l	2575.7abc	1461.7d-j	2361.7a-c	1915.5*
	NUV131-2	1192.3g-l	1739d-i	923i-l	2570a-c	1606*
	NUV234-3-2	1190h-l	2924.3ab	1586c-i	2790.7a	2122.7*
	NUV160-2	1106.7i-l	3117.7a	817j-l	1450.3 ^e	1623*
	NUV105-1	1071.3j-l	1534.3f-k	717.7kl	2033.7c-e	1339.2
	NUV216-2	913kl	1729d-i	694.7kl	1464 ^e	1200.2
PABU/Katana	NUV119-1	734.7l	1568.7e-j	912.3i-l	1553.7de	1192.3
	NUV234-3-1	2874.7a	1825.3c-h	2120a-d	381.7fg	1800.4*
	NUV108-3-1	2364.7ab	1457.3g-l	2443.3ab	531.3fg	1699.1*
	NUV234-3-2	2313.7abc	690.7lm	1577c-i	692.3f	1318.4
	NUV160-2	2261.3a-d	532m	2155.3a-d	91.3g	1260
	NUV108-3-2	2121a-e	1085h-m	1977.7a-e	334fg	1379.4
	NUV119-3	2090a-f	829.7j-m	1586c-i	117.3fg	1155.7
	NUV131-2	2088.7a-f	653m	2255.3abc	300.7fg	1324.4
	VCB81013(T)	2049a-f	1301h-m	1397e-k	551.3fg	1324.6
	NUV15-1	2035.7a-g	1003i-m	2556.7a	551.3fg	1536.7*
	NUV131-1	1978b-h	975.3i-m	1799.7b-f	369fg	1280.5
	NUV119-4	1932.3b-i	732lm	1643.3c-h	480.7fg	1197
	NUV105-1	1895.7b-j	758.3k-m	2267.3abc	375fg	1324
	NUV216-2	1807.7b-j	839.7j-m	1578.3c-i	301.7fg	1131.8
NUV119-1	1583.3b-k	862.3j-m	1168.7f-l	312.3fg	981.6	
NUV15-2	1458.7d-l	1163h-m	1739.7b-g	595.7fg	1239.3	
Lsd		845.1	790.3	712.2	593.4	
Cv(%)		31.1	29.1	29.3	28.5	

3.1.2 SYNTHÈSE GLOBALE DES RENDEMENTS

3.1.2.1 STABILITÉ DE PRODUCTION

L'analyse des rendements des variétés testées en essais pendant les 4 saisons successives ont démontré la stabilité de production de quelques variétés dans les deux sites

Les résultats, au seuil de 5% de probabilité, ont montré une différence significative entre les rendements moyens globaux de quelques variétés et celui du témoin VCB81013. D'autres variétés ont donné des rendements inférieurs par rapport au témoin.

La synthèse globale des résultats montre que :

En considérant de près les rendements moyens obtenus sur chaque site, on remarque qu'à PABU trois variétés seulement ont eu des rendements supérieurs à 1500kg/ha ; tandis qu'en station de Mulungu sont douze variétés. Et c'est en station, notamment avec son sol fertile, que les variétés ont donné de meilleurs rendements grâce auxquels les moyennes générales de rendements ont été améliorées pour les deux sites pendant les quatre saisons culturales. Certaines variétés ont des rendements soit faibles et stables, soit élevés mais instables en cours des saisons. Ainsi, tenant compte de la plasticité variétale, nous avons trouvé que quatre variétés (*) ont obtenu des rendements moyens globaux statistiquement élevés et stables. Ce sont: NUV234-3-1(1932,5kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV234-3-2 (1719,5) et NUV15-1(1711).

Regroupées par sites agricoles et après les quatre saisons culturales, huit variétés, au total, ont donné des moyennes globales de rendements statistiquement différentes et supérieures à celle du témoin VCB81013(1454kg/ha) : NUV234-3-1(1932,5kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV234-3-2 (1719,5), NUV15-1(1711), NUV108-3-2 (1578,5kg/ha), NUV119-3 (1506), NUV15-2 (1620) et NUV131-1 (1598,5). Toutefois, c'est la variété NUV234-3-1 qui a été de loin la plus supérieure en production, suivi de NUV108-3-1, dépassant respectivement le rendement du témoin de 33% et 21,3 pendant les quatre saisons dans les deux sites.

3.1.2.2 LA SENSIBILITÉ AUX MALADIES

Comparées du point de vue sensibilité aux maladies, on constate qu'à PABU, les variétés sont tolérantes à toutes les cinq maladies les plus importantes du haricot (tableau...), suivant l'échelle standard d'évaluation des maladies fongiques du CIAT[29]. Tandis qu'à Mulungu, les variétés sont tolérantes à 3 maladies importantes dont l'ascochytose, anthracnose et rouille. Mais elles dénotent une réaction intermédiaire (3 à 4) vis-à-vis de la tache anguleuse et de la fusariose.

Tableau 5. Comportements des variétés du haricot testées par rapport aux différentes maladies

VARIETES	Mulungu						PABU					
	ALS	ASCO	ANTH	ROU	FUSA	Moy	ALS	ASCO	ANTH	ROU	FUSA	Moy
NUV105-1	3,3	1	1	1,3	4	2,1	2	1	1,3	2	2,5	1,8
NUV15-1	3,6	1	1	1	4	2,1	2	1,3	1	1	2	1,5
NUV108-3-1	4,3	1	1,3	1,6	4	2,4	2	1	1,3	1,6	2	1,6
NUV15-2	3,6	1	1	1,3	3	2,0	2,3	1	1	1,6	1,5	1,5
NUV108-3-2	3	1	1	1	3,5	1,9	2,6	1	1	1	2	1,5
NUV160-2	3,3	1	1	1,6	3	2,0	2	1	1	1	2	1,4
NUV119-1	4	1,3	2	2	2	2,1	2	1	1	2	2	1,6
NUV216-2	3,6	1	1	1,6	4	2,2	3,3	1	1	1	2,5	1,8
NUV119-3	3,3	1	1	1,6	3,5	2,1	2	2	1	1,3	1,5	1,6
NUV234-3-1	3,3	1	1	1,6	3	2,0	2	1,3	1	1,3	2	1,5
NUV119-4	3,3	1	1	2	4,5	2,4	3,3	1,3	1	1	2,5	1,8
NUV234-3-2	3,6	1	1,3	1,6	4	2,2	2	1,3	1	1	2,2	1,5
NUV131-1	3,6	1	1	2	2,5	2,0	2,3	1	1,3	1	2	1,5
NUV131-2	3,3	1	1	2	6	2,7	2,3	1	1	1,6	2,3	1,6
VCB81013(T)	4	1	1,3	1,6	4,5	2,4	3	1	1	1,6	2	1,7
Moyenne	3,5	1,02	1,02	1,6	3,7	2,2	2,3	1,1	1,1	1,3	2,1	1,6

Als=Tache anguleuse, Asco=Ascochytose, Anth=Anthracnose, Rou=Rouille, Fusa= Fusariose, Moy= Moyenne

Tableau 6. Résultats combinés des rendements et maladies pendant les quatre saisons dans les deux sites

Variétés	Résultats combinés des rendements et maladies.						
	kg/ha	% T	ALS	ASCO	ANTH	ROU	FUSA
NUV105-1	1331,5cde	91,5	2,5b	1b	1,5a	1,5ab	3ab
NUV15-1	1711ab*	117,6	2,5b	1b	1b	1b	3ab
NUV108-3-1	1764,5ab*	121,3	3ab	1b	1b	1b	3ab
NUV15-2	1620abc	111,4	2,5b	1b	1b	1b	2b
NUV108-3-2	1578,5abc	108,5	2,5b	1b	1b	1b	2,5b
NUV160-2	1441,5b-e	99,1	2,5b	1b	1b	1b	2,5b
NUV119-1	1087e	74,7	3ab	1b	1b	2a	2b
NUV216-2	1166de	80,2	3ab	1b	1b	1b	3ab
NUV119-3	1506bcd	103,5	2,5b	1,5a	1b	1b	2b
NUV234-3-1	1932,5a*	132,8	2,5b	1b	1b	1b	2,5b
NUV119-4	1449b-e	99,6	3ab	1b	1b	1,5ab	3ab
NUV234-3-2	1719,5ab*	118,2	2,5b	1b	1b	1b	3ab
NUV131-1	1598,5abc	110	2,5b	1b	1b	1,5ab	2b
NUV131-2	1465bcd	100,7	2,5b	1b	1b	1,5ab	4a
VCB81013(T)	1454,5b-e	100	3,5a	1b	1b	1b	3ab
LSD(0,05)	377,6		0,8	0,4	0,4	0,7	1,5
CV %	11,6		14	17,7	17,7	30,4	25,5

kg/ha = rendement exprimé en kilogramme par hectare, % T= en pourcentage par rapport au témoin.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

L'évaluation agronomique des variétés grimpantes (nutritionally enhanced climbing beans) de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) en essais comparatifs d'adaptation réalisés durant quatre saisons (2015-2016ab) dans deux sites agro-écologiques de kabare nord au Sud-Kivu à l'Est de la RD. Congo a permis d'identifier des variétés performantes du point de vue production et tolérance aux maladies, ravageurs et conditions climatiques parmi celles évaluées.

Grâce à ces essais menés à Mulungu station et en milieu paysan (PABU), quelques variétés plus performantes et adaptées à différentes conditions agro-écologiques ont pu être identifiées et certaines parmi elles seront bientôt diffusées.

Le tableau 4 montre les variétés qui se sont révélées les plus intéressantes dans chaque site agricole. Ainsi, douze variétés ont eu des rendements intéressants à Mulungu station parmi lesquelles 4 avec des rendements saillants (>2000kg/ha) et trois seulement à PABU. Quant à la réaction aux principales maladies (tableau 5), à Mulungu, les variétés sont tolérantes à 3 maladies importantes dont l'ascochytose, anthracnose et rouille. Mais elles dénotent une réaction intermédiaire (3 à 4) vis-à-vis de la tache anguleuse et de la fusariose. Tandis qu'à PABU, les variétés ont prouvé une résistance nette à toutes les maladies. Ces réactions peuvent s'expliquer par le fait que les variétés sont résistantes ou tolérantes, l'utilisation des semences saines et la variation de l'efficacité de cette résistance dans le temps et dans l'espace, en raison de la variabilité des races du champignon [28]. Et donc, dans l'une ou l'autre condition de ces deux sites, les rendements des variétés ne dépendent pas forcément de l'attaque par les maladies, plutôt des conditions édapho-climatiques de chaque site. Le tableau 6 reprend les résultats combinés des rendements et maladies des variétés volubiles pendant les quatre saisons dans deux sites agro-écologiques. Au regard de résultats des rendements de toutes les variétés(*), quatre ont obtenu des rendements significativement élevés et stables (1700 à 1900kg/ha). Ce sont les variétés NUV234-3-1(1932,5kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV234-3-2 (1719,5), et NUV15-1(1711) ; qui peuvent être directement proposées à la diffusion après multiplication en pré-base et base.

5 CONCLUSION

A l'issue des essais comparatifs d'adaptation, certaines variétés à large adaptation et à adaptation spécifique ont été identifiées. Ainsi, quatre variétés NUV234-3-1(1932,5kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV234-3-2 (1719,5), et NUV15-1(1711) se sont avérées les plus stables, car leurs rendements moyens globaux n'ont pas subi de grandes fluctuations pendant les trois saisons culturales dans les deux sites respectifs de MULUNGU et PABU. En plus de ces quatre variétés précitées, quatre également ont eu des rendements moyens globaux dépassant 1500kg/ha ; telles sont : NUV108-3-2 (1578,5kg/ha), NUV119-3 (1506), NUV15-2 (1620) et NUV131-1 (1598,5). Ces huit variétés, au total, identifiées comme les plus prometteuses de par leurs rendements et autres caractéristiques ont été injectées dans la multiplication en tant que semences de pré-base et de base

jusqu'à leur diffusion. Elles seront ensuite mises à la disposition des agriculteurs pour leur support alimentaire, d'autant plus que sur le même espace ces types de haricot volubile peuvent produire 10 fois plus que les types nains.

Cette étude, qui mérite d'être approfondie dans plusieurs sites, permet de conclure que les caractères agronomiques (rendement, calibre ou poids de 100graines, sensibilité, stabilité, teneur en micronutriments...) utilisés et combinés, ont constitué la base de sélection en essais comparatifs d'adaptation de très meilleures variétés.

REFERENCES

- [1] Annabel maisin. Les parcs agro-industriels, la réponse à tous les maux de la RDC ? Étude de cas - La Banque mondiale en RDC. 2016.
- [2] Caburet A. et Hekimian Lethère C. Le haricot. Les légumineuses à graines. Memento.
- [3] Vishwa Nath Maurya, Bijay Singh, Swammy Vashist, Ghebrehan Ogubazghi, Vijay Vir Singh. 2015. Effectiveness Performance Analysis of Soil Minerals (Fe/Zn) on Soil Fertility and Cropping Patterns Using X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) and ANOVA Method. American Journal of Biological and Environmental Statistics. Science Publishing Group, (p 9-18). (<http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ajbes>). 2009.
- [4] Bouis, H.E. Micronutrient fortification of plants through plant breeding: can it improve nutrition in man at low cost? Proc. Nutr. Soc. 62:403-411. 2003.
- [5] Matthew W. Blair. Mineral Biofortification Strategies for Food Staples: The Example of Common Bean. Departamento de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle, Colombia, and Department of Plant Breeding and Genetics, Cornell University, Ithaca, New York 14853, United States. 2009.
- [6] PABRA/CIAT.). Des haricots de meilleure qualité pour l'Afrique. Kampala, Uganda, 2006.
- [7] Broughton W.J., Hernandez G., Blair M.W., Beebe S., Gepts P. and Vanderleyden J. 2003.
- [8] PABRA(Pan-Africa Bean Research Alliance) / CIAT(Centro Internacional de Agricultura Tropical). Temps forts. Un meilleur accès des agriculteurs aux semences de variétés améliorées de haricot au Rwanda Kampala, Uganda, 2004.
- [9] Bouis Howarth E. Highlights. Annual report 2013. HP, CGIAR. . 2013
- [10] Rodah Morezio Zulu. Iron and Zinc enriched Beans – Biofortified Beans. Chitedze Agriculture Research Station . CIAT/ Malawi. Lilongwe. 2009
- [11] Caixeta E.T., Borém A., Azevedo Fagundes S., Niestche S., Barros E.G. & Moreira M.A. Inheritance of angular leaf spot resistance in common bean line BAT 332 and identification of RAPD marker linked to the resistance gene. Euphytica 134: 297-303.2003
- [12] FAO. *Preliminary 2009 data now available for selected countries and products* <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>, (11/01/2010). , 2009.
- [13] Rainey K.M. & Griffiths P.D. Inheritance of heat tolerance during reproductive development in snap bean (*Phaseolus vulgaris L.*). *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 130, 700-706. 2005
- [14] Beebe S, Gonzalez AV, Rengifo J. Research on trace minerals in the common bean. Food Nutr. Bulletin 21:387-91. 2000
- [15] Musungayi T, Murhandikire R et Sperling L. Diffusion du haricot volubile sous le bananier sur les hautes terres de l'Est du Zaïre. Premier bilan des adoptions sur les sites de recherche –développement de kabare et walungu(Sud-kivu). Projet INERA-PNUD, ZAI/89/006. 1993.
- [16] DSRP. La Monographie de la province du Sud-Kivu, Unité de Pilotage du Processus DSRP Kinshasa/ Gombe. 122 pp. 2000
- [17] Ngongo M. and Lunze L. Espèce d'herbe dominante comme indice de la productivité du sol et de la réponse du haricot commun à l'application du compost. African Crop Science Journal 8 (3): 251-261. 2000.
- [18] Pypers P, Sanginga J, Kasereka B, Walangululu M, Vanlauwe B. 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. 2010.
- [19] Lunze L. Possibilités de gestion de la fertilité des sols au Sud-Kivu montagneux. Cahier du Centre d'études et de recherche pour la promotion rurale et la paix (CERPRU) 14 : 28-34. , 2000.
- [20] CIALCA. Baseline Survey Report, Consortium for Improving Agriculture-based Livelihoods in Central Africa. 129 pp. 2010
- [21] CIAT. The pan-africa bean research alliance (pabra): supporting nutrition and health, food security, environmental stresses and market challenges that will contribute to improve the livelihood and create income of resource poor smallholder families in sub-saharan africa. *project report: 2009 to 2011*. 2011.
- [22] UNICEF&USAID. Enquete nationale sur la situation des enfants et des femmes. Rapport synthèse MICS/2001. RD Congo. 2001
- [23] Frossard E., Bucher M., Machler F., Mozafar A., and Hurrell R., Potential for increasing the contact and bioavailability of Fe, Zn, and Ca in plants for human nutrition. *J. Sc. Food Agr.*, Vol. 80, pp 861-879, 2000.

- [24] Antoine Kanyenga Lubobo, Emery Kasongo L.M., Roger Kizungu V., Gustave Nachigera M., and Adrien Kalonji M. 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*. ISSN: 2437-1858 Vol. 4(1), pp.390-399. 2016.
- [25] PROGRAMME NATIONAL DE NUTRITION(PRONANUT)/SUD-KIVU. Enquêtes nutritionnelles territoriales. Rapport synthèse. Province du Sud-Kivu/RDC. 2013.
- [26] WIKIPEDIA, the free encyclopedia, P.Vulgaris, (en.wikipedia.org/wiki/Common_beans) , 23 March 2018, at 11:51
- [27] Sospeter O. Nyamwaro, Rebecca Kalibwani, Benjamin Wimba, Audry Muke, Moses M. Tenywa, Josaphat Mogabo, Robin Buruchara and Fatunbi Oluwole. Innovation Opportunities in Bean Production in the DR Congo. PARI,FARA. ISSN: 2550-3359. Vol. 2 N°:20 (2018). May,2018.
- [28] Autrique A. et Perreaux D. Maladies et ravageurs des cultures de la région des Grands Lacs d’Afrique Centrale, pp.231. 1989.
- [29] CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Système standard pour l’évaluation du germoplasme du haricot. Aart van Schoonhoven et Marcial A. Pastor-Corrales (compilateurs). Traduit de l’anglais. Cali Colombie, pp.50, 1992.
- [30] Nyabyenda P. Les plantes cultivées en régions tropicales d’altitude d’Afrique. Les presses agronomiques de Gembloux, Passage des déportés 2-B-5030, Gembloux (Belgique), 124p. 2005.
- [31] Baudoin J-P., Vanderborght T., Kimani P-M et Mw’angombe A.W. Légumes à grains : Haricot. In : Raemaekers (Eds). *Agriculture en Afrique Tropicale*. Bruxelles, DGCI, p.337-355. 2001