

Évaluation de neuf variétés bio-fortifiées de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) introduit dans la région de Kisangani en République Démocratique du Congo

Guy-roger DIKO^{1*}, Médard SONGBO¹, Dowiya Benjamin NZAWELE², Gregoire MAMBA¹, Antoine LUBOBO³ et Godefroid MONDE¹

¹ Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, Laboratoire de Phytopathologie et Biotechnologie Végétale, BP 1232 Kisangani, RD Congo

² Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, Laboratoire de Génétique et Amélioration des Plantes, BP 1232 Kisangani, RD Congo

³ Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, Laboratoire d'Entomologie Appliquée et Fonctionnelle, BP 1232 Kisangani, RD Congo

⁴ Centre International pour l'Agriculture Tropicale CIAT-HarvestPlus-beans, Kalambo Bukavu, RD Congo

(Reçu le 22 Mai 2023 ; Accepté le 24 Août 2023)

* Correspondance, courriel : dikoguy@gmail.com

Résumé

L'évaluation avait pour objectif d'identifier les variétés adaptées et performantes du point de vue production et tolérance aux maladies dans les conditions de Kisangani. Neuf nouvelles variétés biofortifiées de Haricot en provenance de CIAT-HarvestPlus / Bukavu ont été expérimentées dans un dispositif en blocs complets randomisés à 3 répétitions. Les résultats obtenus ont montré un taux de levée compris entre 55,5 et 82 % pour toutes les variétés. La hauteur des plants a été supérieure pour la variété HARLUB et la plus faible hauteur a été celle de la variété RWR2245. Les maladies les plus importantes affectant les 9 variétés bio fortifiées testées sont la maladie de toile, la mosaïque commune, la mosaïque dorée, la bactériose et la pourriture des gousses. Les 9 variétés de haricot testées se sont montrées tolérantes face à ces maladies en saison culturale A exceptée la pourriture des gousses où l'incidence enregistrée a été supérieure d'environ 66,5 à 89 % et qui a occasionné une perte de rendement de l'ordre 90 %. Les rendements obtenus traduisent une très mauvaise performance agronomique des variétés étudiées dans les conditions de notre essai en saison A. Toutes les variétés ont présenté des rendements très faibles de 7,3 à 109,8 Kg/ha qui sont en dessous de la moyenne préconisée (800 à 1200 Kg/ha).

Mots-clés : *essai, haricot biofortifié, incidence, production, maladie.*

Abstract

Evaluation of nine bio-fortified organic varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) introduced in the region of Kisangani in the Democratic Republic of Congo

The aim of the evaluation was to identify suitable varieties that perform well in terms of production and disease tolerance under Kisangani conditions. Nine new biofortified bean varieties from CIAT-HarvestPlus / Bukavu were tested in a randomized complete block design with 3 replications. Results showed emergence

rates ranging from 55.5 % to 82 % for all varieties. Plant height was highest for HARLUB and lowest for RWR2245. The most important diseases affecting the 9 fortified organic varieties tested were web disease, common mosaic, golden mosaic, bacterial blight and pod rot. The 9 bean varieties tested proved tolerant to these diseases in the A growing season, with the exception of pod rot, for which the incidence was 66.5 to 89 % higher, resulting in a yield loss of around 90 %. The yields obtained reflect the very poor agronomic performance of the varieties studied under the conditions of our trial in season A. All varieties showed very low yields ranging from 7.3 to 109.8 kg/ha, below the average recommended by CIAT (800 to 1200 kg/ha).

Keywords : *trial, biofortified bean, incidence, yield, disease.*

1. Introduction

En Afrique sub-saharienne, le haricot commun est connu comme la seconde source d'aliment protéique et la troisième source calorifique pour les populations [1, 2]. Le haricot commun est une denrée alimentaire très importante en République Démocratique du Congo [3]. Cependant, les pertes en rendement des légumineuses à graines alimentaires sont autour de 25 % et dépendent des plusieurs facteurs parmi lesquels on trouve la faible fertilité du sol, l'utilisation des variétés à faible rendement, les maladies, les insectes ravageurs et la perturbation climatique [4 - 7]. À Kisangani tout comme dans d'autres régions des basses altitudes de la République Démocratique du Congo, le haricot commun n'est pas partout cultivé à cause des conditions climatiques non propices à sa culture. L'INEAC (Institut National d'Etudes Agronomiques du Congo Belge) a conclu que le haricot est une culture propice aux régions de l'Est du pays notamment Beni, Butembo, Bunia, Goma, Lubero, Masisi, Bukavu. Sa culture est ignorée sous le climat chaud et humide en basse altitude de Kisangani [8]. Par ailleurs, certains chercheurs de la place, ont décidé de mener des études pour essayer de produire localement cette culture afin de réduire la dépendance en cette denrée alimentaire vis-à-vis des producteurs de l'Est du pays. Ainsi les récentes tentatives d'introduction de cette culture à Kisangani en saison culturale B ont donné des résultats encourageants [9, 10]. Elles ont utilisé des variétés biofortifiées de haricot introduites à Kisangani par le Projet CIAT-Harvest Plus/Bukavu en vue de corriger les déficiences en Fer, en Zinc et en Vitamine A au profit des nourrissons et des femmes enceintes. En effet, dans l'ancienne province Orientale démembrée, on estime 67,9 % d'enfants anémiés, 36,9 % de femmes anémiées et enfin 26,6 % d'hommes atteint d'anémie [11, 12]. Le haricot biofortifié est un haricot obtenu par bio fortification. La bio fortification est un ensemble des techniques permettant d'augmenté la qualité des nutriments produit par la plante elle-même, par opposition aux méthodes consistant à ajouter ces nutriments. Elle procède soit par l'ingénierie génétique soit par le croisement classique (conventionnel) des variétés [4, 11]. Les micronutriments sont d'une si grande importance que leurs déficiences peuvent faire beaucoup de mal. Entre autres, il y a l'anémie qui est généralement due à une carence en fer. Elle constitue l'une des causes majeures des faibles poids des bébés à la naissance et plus loin, de la mortalité maternelle et infantile [3, 13]. La Biofortification améliore la valeur nutritive des cultures vivrières de base ce qui permet à la population de se procurer suffisamment de micronutriments directement à partir de leurs mets habituels [14 - 16]. La présente étude a été initié pour étudier le comportement de neuf variétés de haricot bio fortifié dans l'objectif d'identifier celles qui s'adapteraient mieux et dont le rendement en graines serait élevé et comparable à celui du milieu d'origine dans les conditions de base altitude de Kisangani en République Démocratique du Congo.

2. Milieu, matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude

L'essai a été conduit à Malimba, une localité située au point kilométrique (PK 31) route Buta, axe Alibuku dans la périphérie de Kisangani du 27 Avril au 27 Juillet 2022 (**Figure 1**). Les Coordonnées géographiques du site expérimental prélevées au GPS Map Garmin 62S sont les suivantes : Latitude Nord : 0° 42' 48,7", Longitude Est 0,25° 15' 41,7" et 404m d'Altitude.

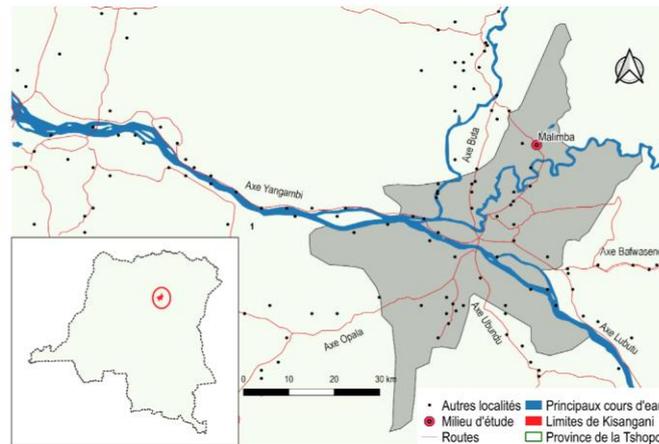


Figure 1 : Carte montrant le milieu d'étude

Source : WAVE-IFA/Yangambi[9]

2-2. Matériel

Outre les matériels techniques ayant servis à la mise en place de l'essai et à la récolte des données, les matériels biologiques étaient constitués de 9 variétés de haricot biofortifié fournies par CIAT- Harvest Plus Bukavu. Le **Tableau 1** ci-dessous présente les 9 variétés utilisées avec une brève description de [17].

Tableau 1 : Les variétés de haricot biofortifié utilisées dans notre étude et ses caractéristiques

Variétés	Caracteristiques
 (1) Variete ECARPAN 021	Variété obtenue par l'INERA Mulungu, habitus de croissance Nain type Ia, floraison au 41e jour, maturité 88 jours après semis. Graines de couleur rouge strié de blanc.
 (2) Variete PVA 1438	Variété obtenue par l'INERA Mulungu, habitus de croissance volubile type Ia, floraison au 41eme jour et qui arrive à maturité 87 jours après semis. Graines de couleur rouge strié de blanc.

	<p>Variété obtenue par l'INERA Mulungu avec habitus de croissance volubile type Ia, floraison au 37^{ème} jour, maturité 78 jours après semis et graines de couleur rouge strié de blanc.</p>
<p>(3) Variété CODMLB 104</p>	
	<p>Variété obtenue par l'INERA Mulungu avec habitus de croissance volubile type Ib, floraison au 43^{ème} jour, maturité 88 jours après semis et graines de couleur blanche.</p>
<p>(4) Variété HARLUB</p>	
	<p>Variété obtenue par l'INERA Mulungu, habitus de croissance Nain type II, floraison au 42^e jour, maturité 90 jours après semis. Graines de couleur rouge strié de blanc.</p>
<p>(5) Variété NUA 296</p>	
	<p>Variété obtenue par RAB Rwanda, habitus de croissance Nain type Ib, floraison au 38^e jour, maturité 80 jours après semis. Graines de couleur rouge strié de blanc.</p>
<p>(6) Variété RWR 2154</p>	
	<p>Variété obtenue par l'INERA Mulungu, habitus de croissance Nain type Ia, floraison au 41^e jour, maturité 88 jours après semis. Graines de couleur rouge strié de jaune.</p>
<p>(7) Variété NUA 100</p>	
	<p>Variété obtenue par RAB Rwanda, habitus de croissance Nain type II, floraison au 42^{ème} jour, maturité 87 jours après semis. Graines de couleur blanche strié noirâtre.</p>
<p>(8) Variété RWR 2245</p>	
	<p>Variété obtenue par l'INERA Mulungu avec habitus de croissance volubile type Ib, floraison au 38^{ème} jour, maturité 80 jours après semis et graines de couleur rouge strié de blanc.</p>
<p>(9) Variété HM21-7</p>	

Source : INERA Mulungu [17]

2-3. Méthodes

2-3-1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté était celui de blocs complets randomisés à 3 répétitions comportant chacun 9 traitements qui sont les neuf variétés. Les parcelles expérimentales utilisées étaient de 5 m x 2 m soit

10 m², séparées les unes des autres de 1 m et les blocs distants l'un de l'autre de 1,5 m. La superficie totale du champ était de 468 m² soit 26 x 18 m comme illustrée par la **Figure 2** ci-après.

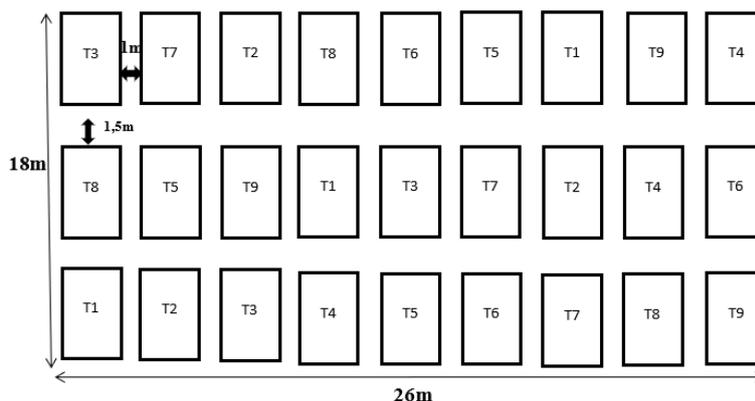


Figure 2 : Dispositif expérimental

*Légende : T₁ : ECARPAN 021 T₂ : PVA 1438 T₃ : CODMLB 104 T₄ : HARLUB
T₅ : NUA 296 T₆ : RWR 2154 T₇ : NUA 100 T₈ : RWR 2245 T₉ : HM21-7*

2-3-2. Semis et suivi de la culture

Le semis a été effectué aux écartements de 40 cm x 40 cm à raison de 2 graines par poquet. Le terrain n'a subi aucun amendement particulier. Les travaux d'entretien ont débuté deux semaines après semis et se sont poursuivis jusqu'à la fin de l'expérience selon la nécessité. Ils ont porté sur le regarnissage des vides, le démariage dans le but de laisser 2 pieds/poquet, le désherbage manuel et le sarco-binage. La récolte a été effectuée avant la déhiscence complète des gousses de manière échelonnée étant donné que les variétés ont atteint leur maturité physiologique à des dates différentes et cela en fonction de leur cycle végétatif. Les gousses récoltées ont été séchées pendant quatre jours avant le battage.

2-3-3. Paramètres observés

Les observations ont porté sur les paramètres végétatifs, les paramètres de production et les paramètres phytosanitaires. Les observations des paramètres végétatifs ont été faites de la levée jusqu'à la floraison et ont porté sur :

- Le taux de levée qui a été déterminé par le nombre de graines levées sur le nombre total de graines semées multiplié par 100 comme illustré par la **Formule** suivante :

$$\text{Taux de levée (\%)} = \frac{\text{Nombre de graines levées}}{\text{Nombre total de graines semées}} \times 100 \quad (1)$$

- Le diamètre au collet a été mesuré à l'aide de pied à coulisse à environ 1cm au-dessus du sol ;
- La hauteur de plants mesurée du collet de plant jusqu'au dernier bourgeon de la tige principale à l'aide d'un ruban métrique ;
- La surface foliaire mesurée à l'aide d'une latte. Elle a été déterminée à partir d'une feuille située à la quatrième position à partir du haut vers le bas, par la relation $SF = L \times l \times FC$ (2).

SF : La surface foliaire
L : la longueur
l : la largeur
FC : le facteur correctif

Le facteur correctif a été déterminé par gravimétrie qui consiste au rapport entre le poids du croquis sur papier de la surface de la feuille sur le poids de la surface réelle de mesures prises à l'aide de la latte.

- Le Port de la tige a été déterminé en vérifiant si la tige est naine ou volubile,
- La durée de semis à la floraison et celle à la maturité physiologique : pour chaque parcelle considérée, la date à laquelle la floraison de plus de 50% des plantes a eu lieu ainsi que celle à laquelle plus de 50 % des plantes ont eu des gousses passées du vert au brun-clair ont été notées. Les observations sur la production ont été faites au moment de la récolte sur les paramètres suivants :
 - Le nombre de gousses par plant a été obtenu par le comptage de toutes les gousses sur les plants échantillonnés par traitement dans chaque répétition ;
 - La longueur et le diamètre d'une gousse : la longueur de gousse a été mesurée par la latte et le diamètre par le pied à coulisse ;
 - Le nombre de graines par gousse a été obtenu en comptant manuellement toutes les graines issues des gousses de chacun des plants échantillonnés ;
 - Le poids de gousses sèches a été obtenu par pesage sur une balance numérique de précision après 2 jours de séchage de gousses au soleil ;
 - Le poids de graines a été obtenu par pesage sur une balance électronique de précision (à 0,000 g) de toutes les graines débarrassées de toutes les impuretés ;
 - Le taux à l'égrainage a été déterminé par le rapport entre le poids de graines sur le poids de gousses ;
 - Le poids de 100 graines par pesage à la balance électronique ; Le rendement par extrapolation de la production parcellaire à la production à l'hectare.

Les données de l'incidence des maladies ont été évaluées au début de la floraison. Elle ne nous a pas empêché de prélever les données au moment d'apparition des premiers symptômes ainsi que leur évolution par la **Formule** suivante :

$$\text{Incidence} = \frac{\text{Nombre de plants malades}}{\text{Nombre total de plants}} \times 100 \quad (3)$$

2-3-4. Traitement et analyse des données

Les données traitées et présentées ont été obtenues par la moyenne entre les trois blocs. Le logiciel Microsoft Excel 2007 a été utilisé pour saisir et effectuer une analyse statistique descriptive des données. Les valeurs moyennes obtenues ont été comparées après l'analyse de la variance (ANOVA) à l'aide de test de Tukey afin de dégager les différences de performance des variétés étudiées au seuil de 5 %.

3. Résultats

3-1. Paramètres végétatifs

Les résultats relatifs au taux de levée, au diamètre au collet, à la hauteur des plants et à la surface foliaire de neuf variétés de haricot testées dans la présente recherche sont présentés dans le **Tableau 2**. En outre, les résultats relatifs au port de haricot sont présentés dans la **Figure 3**.

Tableau 2 : Paramètres végétatifs enregistrés sur les neuf variétés de haricot testées à Kisangani

N°	Variétés	Taux de levée (%)	Diamètre au collet (mm)	Hauteur de plants (cm)	Surface foliaire en cm ²
1	ECARPAN 021	58,6	5,7	60,2	115,2
2	PVA 1438	56	5,5	103,7	62,3
3	CODMLB	82	5,2	90,2	87,2
4	HARLUB	60	2,6	130	31,4
5	NUA 296	77,3	3,8	73,7	94,2
6	RWR 2154	62,3	3,5	111,2	63,1
7	NUA 100	79,6	3	88,7	73,2
8	RWR 2245	71,6	2,7	60	73,1
9	HM 21/7	55,3	3	120	75,1

Le **Tableau 2** montre que les taux de levée ont varié entre 55,3 à 82 %. De ces 9 variétés, la variété CODMLB 104 est celle qui a présenté un taux de levée élevé (82 %) et la variété HM21/7 étant celle qui a présenté un taux de levée le plus faible (55,3 %). Quant au diamètre au collet, l'analyse de la variance n'a pas révélé des différences significatives entre les variétés malgré de légères différences numériques enregistrées. La variété ECARPAN 021 a présenté un diamètre au collet supérieur (5,7 mm) suivi de PVA 1438 (5,5 mm) ; HARLUB (2,6 mm) étant inférieur par rapport aux autres variétés. La comparaison des moyennes des hauteurs de plants par l'analyse de la variance a révélé qu'il existe des différences significatives entre les variétés ($p = 0,006$). Cette différence s'explique par le fait que les variétés expérimentées ont montré de différentes proportions de port (habitus de croissance) et cette expression est liée aussi à l'expression de leurs caractères génétiques. En ce qui concerne les surfaces foliaires, la variété ECARPAN 021 a présenté une grande surface foliaire (115,2 cm²) suivie de NUA 296 (94,2 cm²) et HARLUB (31,4 cm²) étant inférieure par rapport aux autres. L'analyse de la variance des paramètres végétatifs n'a pas révélé de différences significatives entre les différents traitements étudiés ($p = 2,5$) malgré de légères différences numériques enregistrées ; exception faite de la surface foliaire où des différences significatives entre les différentes variétés ont été observées.

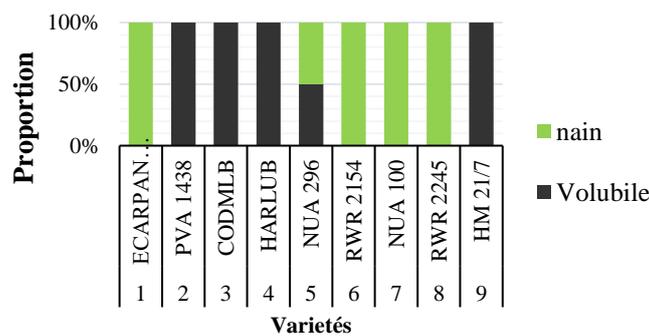


Figure 3 : Proportion de ports observés parmi les variétés de haricot

L'analyse des résultats tels que repris dans cette Figure 3 a montré qu'il y a eu ségrégation de caractère ports parmi les variétés de haricots observées ; ce qui montre que cette variété (NUA 296) n'a pas encore fixés ce caractère. Les variétés PVA1438, CODMLB, HARLUB et HM 21-7 ont présenté de port totalement volubile alors que les variétés ECARPAN021, RWR2154, NUA100 et RWR2245 ont présenté de ports nains. Il a été observé que la variété NUA 296 a montré à la fois de ports volubiles (50 %) et de ports nains (50 %). Ces différences de port observé au niveau de la variété NUA296 semblent être dûes à l'expression de caractères génétiques à la deuxième génération étant donné que ce sont des hybrides issus de croisement entre parents nains et volubiles.

3-2. Paramètres de production

Du semis à la floraison, le nombre de jours a varié de 26 à 33 jours tandis que le nombre de jour à la maturité a varié de 62 à 78 jours. La variété CODMLB 104 plus précoce a mis en moyenne 26 jours pour entrer en floraison et 62 jours pour atteindre la maturité physiologique. Tandis que la variété HARLUB très tardive a mis en moyenne 33 jours pour entrer en floraison et 78 jours pour atteindre la maturité physiologique. Par ailleurs, la floraison la plus abondante a été enregistrée chez la variété RWR 2154 avec en moyenne 28 fleurs par pied, tandis que la floraison la plus faible a été obtenue chez la variété NUA 100 avec en moyenne 16 fleurs par pied comme illustré au tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : Les composantes de rendement (Nombre de jours à la floraison, nombre de fleur par plant et nombre de jour à la maturité physiologique)

Variétés	Semi-floraison (Jour)	Fleur par plant	Semis-maturité (Jour)
HM 21-7	30	18	70
PVA 1438	31	17	73
NUA 100	31	16	72
RWR 2245	30	31	66
RWR 2154	30	28	68
ECARPAN 021	31	18	74
CODMLB 104	26	24	62
HARLUB	33	18	78
NUA 296	31	29	75

Les résultats relatifs à la production en gousse indiqués sur la **Figure 4** ci-dessous montre que les variétés HARLUB, RWR 2245, RWR 2154 et ACARPAN 021 ont produit beaucoup de gousses (10 à 12 gousses par plant). La variété NUA 100 a produit moins de gousses que toutes les autres variétés testées (7 gousses par plant). La comparaison des moyennes des variétés par l'analyse de la variance montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les variétés expérimentées sur nombre de gousses par plant et le nombre de graines par gousse. Cette situation confirme le comportement observé dans les paramètres végétatifs.

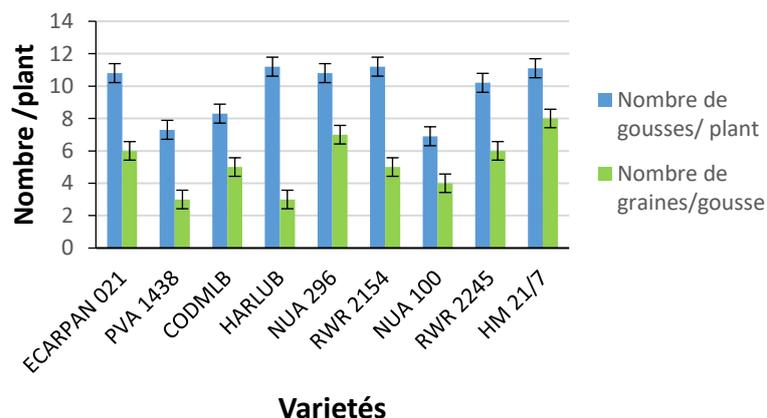


Figure 4 : Nombre de gousses par plant et le nombre de graines par gousse de neuf variétés de haricot testées à Kisangani

La **Figure 5 A** ci-dessous montre que la variété HM-21/7 a produit de longues gousses (8 cm), suivie de la variété NUA 296 (7 cm) puis les variétés PVA, 1438 et HARLUB (3cm) étaient en dernière position. Le P-value étant supérieures ($p = 1,3$) au seuil d'erreur 0,05 il y a lieu de conclure qu'il n'existe pas des différences significatives entre les variétés en ce qui concerne les longueurs des gousses. Il ressort de la figure 6B que les variétés HARLUB, RWR 2245 et HM-21/7 ont produit des gousses de gros diamètre (10,2 mm) alors que les variétés NUA 296, CODMLB 104 et RWR 2245 ont produit de gousses moyennes (9,2-9,8 mm). Seule la variété NUA 100 a produit de gousse de diamètre inférieur (7,9 mm) par rapport aux autres variétés. La différence de diamètre des gousses entre les variétés expérimentées sont les faits de caractères variétaux.

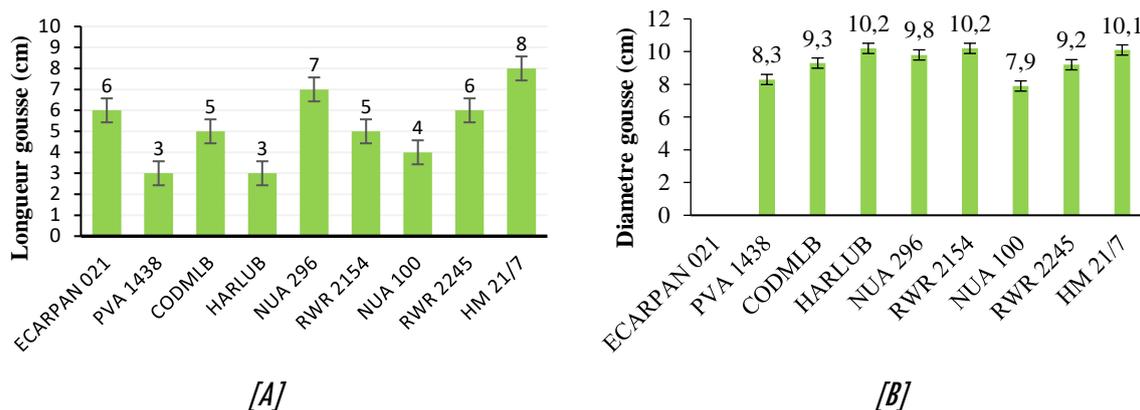


Figure 5 : La longueur (A) et le diamètre (B) de gousses de neuf variétés de haricot bio fortifiées

La comparaison des moyennes de poids de 100 graines a montré une grande variabilité numérique entre les variétés bio fortifiées de haricot expérimentées pour le poids de gousses sèches et le poids de graines sèches. Cependant, de toutes les variétés de haricot testées, la variété CODMLB 104 a présenté une performance élevée en ce qui concerne les paramètres de production. Cette situation confirme le comportement observé au niveau d'expression des paramètres végétatifs.

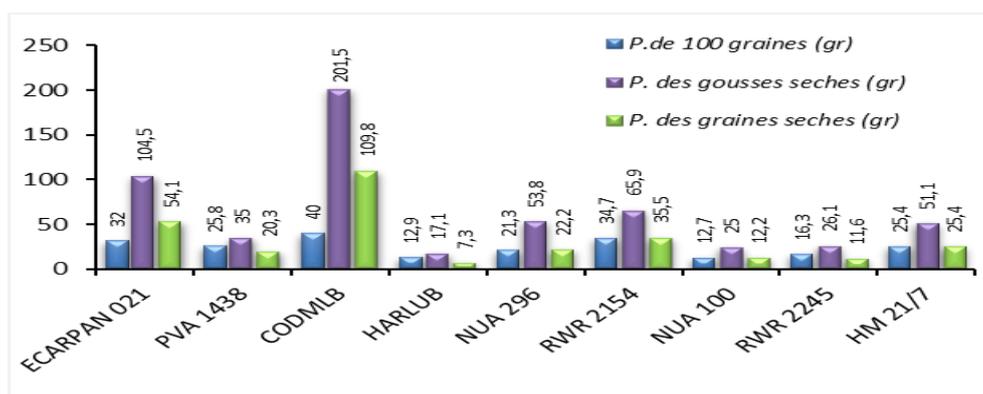


Figure 6 : Poids de 100 graines, poids des gousses sèches et poids des graines sèches de neuf variétés de haricot bio fortifiées testées à Kisangani

L'analyse de la variance a montré qu'il existe des différences significatives entre les rendements en graines de haricot obtenus avec les 9 variétés de haricot testés à Kisangani en saison A et sont tous inférieurs à ceux préconisés par CIAT (800 à 1200 Kg/ha). Il sied de signaler que les variétés CODMLB 104 et ECARPAN 021 ont donné la production élevée par rapport aux autres avec un rendement de (109,8 Kg/ha et 54,1 Kg/ha) comme illustre la **Figure** ci-dessous.

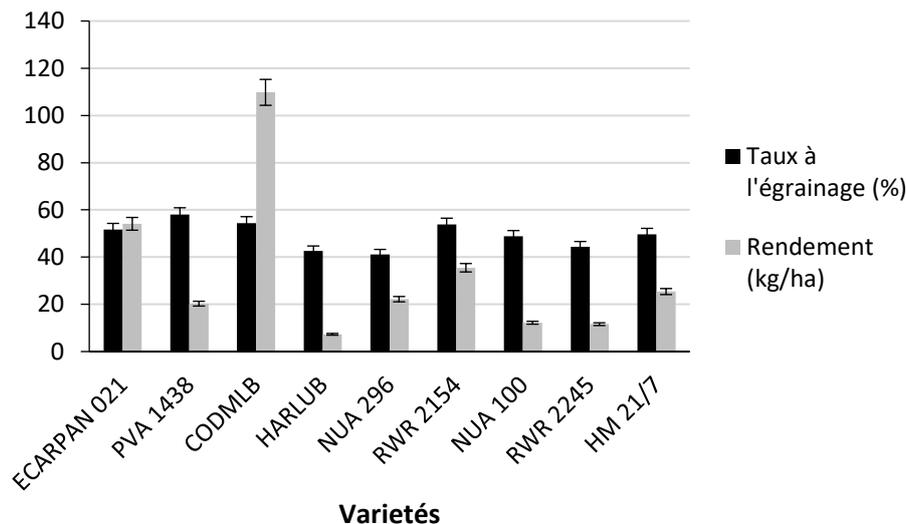


Figure 7 : Le taux à l'égrainage et le rendement de neuf variétés de haricot bio fortifiées

- **Paramètres phytosanitaires**

La **Figure 8** ci-dessous met en évidence la présence des maladies de haricot suivantes dans la région de Kisangani : la maladie de toile, la mosaïque commune, la mosaïque dorée, la bactériose et la pourriture des gousses. Les 9 variétés testées se sont montrées tolérantes face à ces maladies en saison culturale A excepté la pourriture des gousses où l'incidence enregistrée a varié de 66,5 à 89 % et qui a occasionné une perte de rendement de l'ordre 90 %.

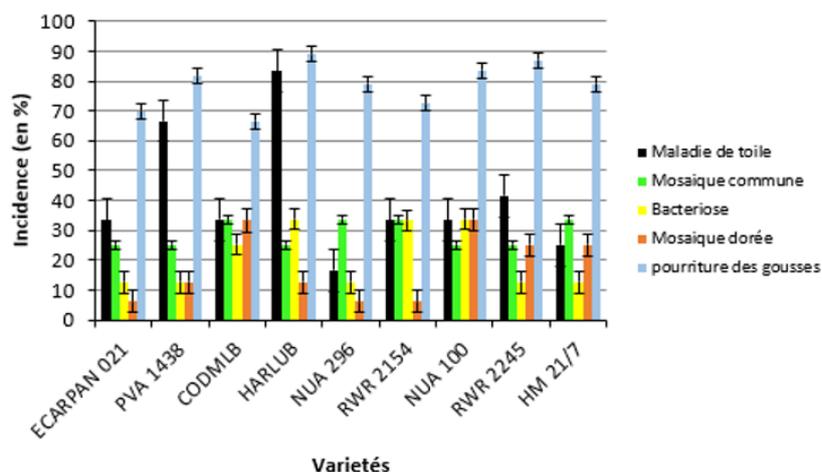


Figure 8 : Incidences des maladies observées sur les neuf variétés de haricot bio fortifiées testées

4. Discussion

Les 9 variétés de haricots bios fortifiés étudiées dans les conditions de Kisangani ont exprimé différemment leurs potentiels agronomiques. Les taux de levée enregistrés sont compris entre 55,3 à 82 % et il reste inférieur au taux requis par le SENASEM (85 %) [18]. Ceci s'explique par les manipulations de semences lors de leur transport de Bukavu vers Kisangani et leurs conditions de conservation. Les génotypes ont montré une bonne performance sur tous les paramètres de croissance mesurée, indiquant ainsi une adaptation locale avec possibilité de production de toutes ces variétés dans la région de Kisangani. Deux types de ports

(érigés et volubiles) ont été observés parmi les plants de neuf variétés biofortifiées de haricots expérimentées. Cette dissociation de caractère hybride observée au cours de multiplication est l'expression génétique de génotype de parents. On sait comprendre par-là que ces hybrides résulteraient d'un croisement entre les parents à port érigé et volubile. Ce phénomène de disjonction de caractère observé à Kisangani s'explique d'une part par le changement de conditions environnementales telles que la température, la pluviométrie, le type de sol et d'humidité [19] et d'autre part, [20] attestent que le phénotype est le résultat de l'interaction entre génotype et environnement. Les différents phénotypes observés parmi les variétés expérimentées sont l'expression de leurs caractères génétiques dans les conditions de Kisangani. Dans un essai d'introduction des variétés de haricot bio fortifiés au Katanga (RDC), des variétés dont la durée de la floraison est comprise entre 35 et 41 jours et celles de la maturité entre 83 et 90 jours ont été signalées [21]. Ceci indique que nos variétés expérimentées ont des cycles court dans les conditions de Kisangani où le suivi phenologique a montré que du semis à la floraison les variétés expérimentées ont mis entre 26 à 33 jours tandis que le nombre de jour à la maturité a varié de 62 à 78 jours. Les maladies constituent une contrainte sérieuse pour la culture du haricot commun dans la région de basse altitude de Kisangani. Plusieurs maladies ont été observées causant des dommages importants sur les 9 variétés expérimentées dont les plus importantes sont : la maladie de toile, la mosaïque commune, la mosaïque dorée, la bactériose et la pourriture des gousses. Ces différentes maladies ont été répertoriées parmi les plus communes de la culture de haricot [22]. Dans une étude similaire réalisée à Kisangani en saison B, une incidence de pourriture de gousses de 4,4 à 19,3 % a été enregistrée [10].

Par contre, l'expérience réalisée en saison A a montré une incidence des maladies plus élevée de 89 %, ce qui démontre que les variétés expérimentées dans nos essais ont été très sensibles vis-à-vis des maladies durant la saison A étudiée. Quant au rendement, les résultats obtenus traduisent une très mauvaise performance agronomique des variétés étudiées dans les conditions de notre essai en saison A. Toutes les variétés ont présenté des rendements très faibles de 7,3 à 109,8 kg/ha qui sont en dessous de la moyenne de CIAT (800 à 1200 Kg/ha) et ceux enregistrés à Kisangani par [9, 10] qui était de 644 à 1033Kg/ha. Les 9 variétés bio fortifiées testées à Kisangani ont enregistré de rendements sensiblement faibles par rapport aux rendements de haricots en culture non fertilisé qui est de 500 Kg/ha [23]. Les rendements obtenus pour les 9 variétés expérimentées restent largement inférieurs aux variétés à graines noires (196,6 Kg/ha) ; variété à graines rouge teintes des blancs (375,6 Kg/ha) ; variété à graines jaunes (365,0 Kg/ha) et variété à graines blanches teinte de noires (700,4 Kg/ha) excepté la variété pigeon vert (821,6 Kg/ha) [24]. Le rendement d'une culture est la résultante de l'interaction plus ou moins favorable du milieu environnemental (climat, sol, milieu biologique) et du potentiel génétique de la plante [25]. Les multiples maladies observées au cours de notre expérience seraient la principale cause des faibles rendements obtenus. En effet, les plantes répondent différemment au stress environnemental en développant des mécanismes d'adaptation [26]. A la lumière des résultats enregistrés, les variétés biofortifiées étudiées ne se sont pas bien comportées dans la région de Kisangani en saison culturale A. La résistance aux attaques de même que la maîtrise des bioagresseurs du haricot est un tourment majeur pouvant générer des meilleures productions à Kisangani et plusieurs autres régions de basse altitude du pays.

5. Conclusion

Cette étude s'est réalisée pour identifier parmi les neuf nouvelles variétés biofortifiées de Haricot commun en provenance de CIAT-HarvestPlus/Bukavu celles qui se comporteraient mieux et performantes du point de vue production et tolérance aux maladies dans la région de Kisangani en République Démocratique du Congo. Pour concrétiser cette expérience, nous avons installé un dispositif en blocs complets randomisés à

3 répétitions comportant chacun neuf traitements qui sont les neuf variétés, ainsi les paramètres de performances suivants ont été observés tels, la vigueur d'adaptation, la durée de la maturation, l'incidence des maladies dans le milieu ainsi que le rendement. L'analyse de la variance des paramètres végétatifs n'a pas révélé de différences significatives entre les différents traitements étudiés au seuil de 5 %. Exception faite de la surface foliaire où des différences significatives entre les différentes variétés ont été observées. Pour ce qui est des maladies, les variétés expérimentées se sont montrées tolérantes face aux différentes maladies en saison culturale A excepté la pourriture des gousses où l'incidence enregistrée est élevée de 66,5 à 89 %. En ce qui concerne le rendement en graines sèches toutes les variétés ont présenté des rendements très faibles de 7,3 à 109,8 kg/ha qui sont en dessous de la moyenne de CIAT (800 à 1200 Kg/ha). Ces rendements obtenus traduisent une très mauvaise performance agronomique des variétés étudiées dans les conditions de notre essai en saison A. Un contrôle efficace des maladies, des ravageurs et l'utilisation des variétés de haricot biofortifiées restantes/tolérantes pourraient améliorer le rendement et permettre la promotion de sa culture dans la région de Kisangani et ses environs.

Remerciements

Nous remercions le projet CIAT-HarvestPlus-beans pour son appui technique à la présente étude ainsi que l'Ingénieur Assistant Louis LOOLI et tous les chercheurs du Laboratoire de Phytopathologie et Biotechnologie Végétale de l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi pour leurs diverses contributions.

Références

- [1] - W. BROUGHTON, G. HERNANDEZ, M. BLAIR, S. BEEBE, P. GEPST and J. VANDERLEYDEN, Beans (*Phaseolus spp*) model food legumes. *Plant and Soil*, Vol. 252, N° 1 (2003) 55 - 128 p.
- [2] - H. RAZAFINTSALAMA, la culture du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) dans le moyen ouest du Yakinankaratra : effets d'apports de phosphore et de l'inoculation par des *Rhizobia*. Thèse de Doctorat. Université d'Antananarivo, (2018) 161 p. https://www.dpspad.org/content/download/4759/35174/version/1/file/Th%C3%A8se_Harimenja_Razafintsalama_Final.pdf. Site visité le 28/09/2023
- [3] - L. A. KANYENGA, V. R. KIZUNGU, L. E. KASONGO, M. A. KALONJI and M. C. ROWLAND, Biofortified bean genotypes under integrated soil fertility management across sub-humid agroecological zones of The Democratic Republic of Congo. *African Journal of Agricultural Research*, 16 (10) (2020) 1384 - 1400
- [4] - C. CASINGA, A. KAYENGA, B. MAMBANI, Effet du stress hydrique sur le criblage variétal du haricot (*Phaseolus vulgaris*) dans le Sud-Kivu montagneux, *Afrique Science*, 12 (1) (2016) 335 - 344 p.
- [5] - D. ALLORENT, Analyse et modélisation épidémiologique de la tache angulaire du haricot (*Phaseolus vulgaris*) due à *Phaeoisariopsis griseola*. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II Sciences et Techniques du Langue, (2005) 255 p.
- [6] - A. L. KANYENGA, E. L. M. KASONGO, R. V. KIZUNGU, G. M. NACHIGERA and A. M. KALONJI. 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 Agriculture research and Reviews*, 4 (1) (2016) 190 - 199
- [7] - C. MIRINDI, N. MBIKAYI, R. KIJANA, N. RUDAHABA1, M. CIVAVA1-2, K. LUBOBO3, C. KOLERAMUNGU1, B. MULUKU1, C. IRENGE1 and E. MONGANA, Evaluation Agronomique des variétés biofortifiées du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) en essais comparatifs d'adaptation : cas des variétés grimpances « nutritionally enhanced climbing beans (nuv) » *International Journal of Innovation and Applied Studies*. ISSN 2028-9324, Vol. 25, N° 1 (Dec. 2018) 76 - 85 p.

- [8] - M. VAN DEN ABEELE & R. VANDENPUT, Les principales cultures du Congo Belge. Publication de la direction de l'Agriculture, des forêts et de l'élevage Bruxelles 3^{ie} édition, (1959) 859 - 862 p.
- [9] - O. LIKITI, M. SONGBO, A. LUBOBO & G. MONDE, Détermination de la date optimale de semis de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) dans la région de Kisangani en République Démocratique du Congo. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 4 (1) (2021) 22 - 26
- [10] - O. LIKITI, M. SONGBO, A. L. KANYENGA, G. MONDE, Essai d'adaptation de cinq variétés de haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) biofortifié dans les conditions de basse altitude de Kisangani en République Démocratique du Congo (2021). *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 4 (1) (2021) 27 - 34
- [11] - HarvestPlus DRC Multisectoral Nutrition and Health Project. <https://www.harvestplus.org/countries/dr-congo> (2023). Visité le 03/10/2023
- [12] - ANONYME, Enquête Démographique et de santé. Ministère de la Santé publique, (2014) 668 p.
- [13] - HarvestPlus Biofortification Progress Briefs available online at www.HarvestPlus.org, August 2014. Visité le 03/10/2023
- [14] - H. E. BOUIS, Micronutrient fortification of plants through plant breeding: can it improve nutrition in man at low cost? *Proc. Nutr. Soc.*, 62 (2003) 403 - 411
- [15] - H. E. BOUIS, CGIAR Annual report 2013. HP, CGIAR, Featuring Climate-Smart Agriculture. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10947/3165/CGIAR%20Annual%20Report%20Featuring%20ClimateSmart%20Agriculture%20Download.pdf?sequence=1>, (2013) 68 p. Visité le 03/10/2023
- [16] - T. DARCH, R.M. DUNN, A. GUY, J.M.B. HAWKINS, M. ASH, K.A. FRIMPONG, S. A. MARTIN, Blackwell Fertilizer produced from abattoir waste can contribute to phosphorus sustainability, and biofortify crops with minerals. *PLoS ONE* 14 (9) : e0221647. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221647> (2019), visité le 03/10/2023
- [17] - INERA-Mulungu. Rapport Annuel. Bukavu, (2021) 150 p.
- [18] - SENSEM, Politique Semencière de la RDC-Creac, (2020) 26 p.
- [19] - D. FALCONER & T. MACKAY, Introduction to Quantitative Genetics. Harlow, Longman, (1996) 205 - 220 p.
- [20] - G. YAN, D. CHADEE and D. SEVERSON, Evidence of genetic hitchhiking effect associated with insecticide resistance in *Aedes aegypti*. *Genetics*, Vol. 148, (1998) 793 - 800 p.
- [21] - D. CHINAWAJI et I. MUKUNTO, Etude d'adaptation de cinq variétés de haricots commun (*Phaseolus vulgaris* L.) bio fortifiées sous traitement des régulateurs de croissance. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 21 N° 2 (2017) 267 - 276 p.
- [22] - J. TU, An integrated control of while mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) of beans, with emphasis on recent advances in biological control. *Botanica Bulletin of Academia Sinica*, (1997) 38 p.
- [23] - C. CABURET, C. HEKIMAS et L. ETHEVE, Les légumes. In Memento de l'Agronome, GIRAD et GRET (Edition) : Ministère des affaires étrangères, Paris, France, (2009) 852 - 868 p.
- [24] - C. MIRINDI, N. MBIKAYI, R. KIJANA, K. ETUKEARN, R. BAKULIKIRA, K. KOLORAMANGA, E. MONGANA et A. RUHABURA, Comportement et adaptabilité de quelques variétés biofortifiées du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L) en conditions agro-écologiques des Provinces du Nord et Sud Kivu à l'Est de la R.D.Congo, ISSN 2351-2014, Vol. 18, (2015) 253 - 261 p.
- [25] - D. CASSEL, O. WENDROTH & D. NIELSEN, Assessing special variability in an agriculture experiment station field : opportunities arising from special dependence, *Agronomy journal*, 92 (2000) 707 - 714
- [26] - M. CHAVES, J. MAROCO and J. PEREIRA, Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30 (2003) 239 - 264. DOI: 10.1071/FP02076
- [27] - D. CHEN, S. WANG, B. CA, D. CAO, G. LENG, H. LI, L. YIN, L. SHAN, X. DENG, Genotypic Variation in Growth and Physiological Response to Drought Stress and ReWatering Reveals the Critical Role of Recovery in Drought Adaptation in Maize Seedlings, *Front. Plant Sci.*, 6 (2016) 1241