

Effet du stress hydrique sur le criblage variétal des haricots communs (*Phaseolus vulgaris*) dans le marais du Sud-Kivu montagneux

**Clérisse Casinga MUBASI^{1*}, Legrand Timothé CIRIMWAMI², Gaston Amzati SEFU¹,
Emilie Bahati KANINGINI¹ et Antoine Kanyenga LUBOBO³**

¹ *Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université Evangélique en Afrique, Bukavu,
Sud-Kivu, République Démocratique du Congo*

² *Faculté des Sciences, Université de Kisangani, Province Orientale, République Démocratique du Congo*

³ *International Center for Tropical Agriculture/Harvest Plus-beans, Bukavu, Sud-Kivu,
République Démocratique du Congo*

* Correspondance, courriel : casingamubasi@gmail.com

Résumé

Vingt-quatre variétés d'haricot commun : G59/1-2, M211, Nain de kyondo, SER16, VCB 81013, Nyiramuhondo, RWV2070, MAC44, Deceleya, MAC9, Gasilida, AND620, HM21-7, RWR1668, RWK10, CODMLB001, CODMLB007, G2858, BRB194, R217-17A. Brossier, RWR224, RWR2142, RWR2355 étaient évaluées dans l'expérimentation conduite dans le marais de Hogola au Sud-Kivu. Elle s'est déroulée suivant un dispositif en bloc aléatoire complet en condition d'hydromorphisme. Les observations ont porté sur : formation gousse, floraison, feuille primaire totalement ouverte, maturité physiologique, poids de cent graines, près floraison, première feuille trifoliée, remplissage gousse, troisième feuille trifoliée et le rendement. Les réponses variétales adaptatives à l'hydromorphisme sont fonctions de stade phénologiques des cultures car d'une part, au stade de Germination, d'Emergence, Feuille primaire totalement ouverte, et Premières feuilles trifoliée, ces sont les variétés G2858, R217-17A, RWR1668, Brossier, M211, CODMLB007, VCB81013, SER16, BRB194; D'autre part, au stade de Floraison, de la Formation des gousses, Remplissage gousse et à la Maturité physiologique des variétés RWR2142, RWV2070, Deceleya, Galisida, G59/1-2 et Nyiramuhondo; En fin, au stade de Préfloraison et Troisièmes feuilles trifoliées pour les variétés MAC44, MAC9, AND620, Nain de Kyondo et RWR2355. Seules RWR2245, RWK10, HM21-7 et CODMLB001 ont présenté une meilleure adaptabilité à l'hydromorphisme mais la plus performante était la variété RWR2245.

Mots-clés : *hydromorphisme, haricot commun, adaptabilité, stades phénologiques.*

Abstract

**Effect of water stress on the varietal screening of common beans
(*Phaseolus vulgaris*) in South-Kivu marshy highlands**

Twenty-four common bean varieties: G59/12, M211, Nain de kyondo, SER16, VCB81013, Nyiramuhondo, RWV2070, MAC44, Deceleya, MAC9, Gasilida, AND620, HM21-7, RWR 1668, RWK10, CODMLB001, CODMLB007, G2858, BRB194, R21717 A., Brossier, RWR224, RWR2142, RWR2355 were evaluated in experiments conducted in Hogola swamp South-Kivu province.

It took place following a complete random block device in hydromorphism condition. The comments focused on: training pod, flouring, completely open primary leaf, physiological maturity, weight of 100 seeds, near flowering, first trifoliate leaf, filling pod, third Trifoliate leaf and yield. The Adaptive varietal responses to the hydromorphism are functions of stage phenological crop because on the one hand, at the stage of Germination, Emergence, primary leaf fully open, and first Trifoliate leaves, these are the varieties G2858, R21717 A, RWR1668, Bossier, M211, CODMLB007, VCB81013, SER16, BRB 194; Secondly, at the stage of flowering, pods formation, pod fulling and to physiological maturity stages of RWR 2142, RWV2070, Deceleya, Galisida, G59/12, and Nyiramuhondo varieties. In the end, at pre-flouring and third Trifoliate leaves stages for the MAC44, MAC 9, AND620, Nain de Kyondo and RWR2355 varieties. Only RWR2245, RWK10, HM21-7 and CODMLB001 varieties presented greater adaptability to the hydromorphism but the best was RWR2245 variety.

Keywords : *hydromorphism, moisture, common bean, adaptability, phenological stages.*

1. Introduction

Les cultures répondent et se comportent différemment aux stress environnementaux en fonction de la période où elles les subissent [9, 18, 24, 30] car dans de nombreuses régions tropicales, les systèmes culturaux se caractérisent par des niveaux de productivité insuffisants pour atteindre les objectifs de sécurité alimentaire [4, 11]. En effet, confrontée à des contraintes d'ordre climatiques, édaphiques et techniques, la production du haricot est faible et surtout variable dans l'espace et dans le temps [3, 11]. Le stress hydrique lié à l'excès d'humidité d'eau dans le sol [2, 9, 23] impose une pression sélective principalement sur les différentes variétés de haricot car dans ces conditions environnementales il y a déficit de l'oxygène, du dioxyde de carbone et d'autres éléments nécessaires pour leurs métabolismes [9, 20, 21]. Dans ces conditions, il altère environnementalement et physiologiquement la croissance des plantes et les conditions expérimentales [26]. Pour la plupart des cas, cela affecte même les rythmes de croissance et de développement physiologique des plantes [15]. L'excès d'humidité d'eau du sol entraîne l'inhibition de la germination, de la croissance racinaire, du développement foliaire ainsi qu'une réduction des activités photosynthétique conduisant à la disparition ou à la baisse du rendement [9, 26, 29]. En Afrique de l'Est ainsi qu'en Afrique subsaharienne, le haricot est reconnu comme la seconde source d'aliment protéique et la troisième source d'énergie calorifique pour les populations [7, 11]. Les régions d'Afrique de l'Est et subsaharienne détiennent la deuxième place de la production mondiale en raison de 25 % après l'Amérique Latine [28]. La République Démocratique du Congo, pays essentiellement agricole et où l'agriculture est pratiquée par 80 % de la population active, fournit 2,1 % de cette production [9, 11, 17]. L'objectif de cette étude est d'une part d'étudier le comportement de la croissance du haricot dans les conditions hydromorphes et d'autre part d'identifier celles qui s'y acclimatent.

2. Matériel et Méthodes

2-1. Localisation

L'expérimentation était conduite dans le marais de Hogola dans le groupement de Karhongo-Nyangezi situé dans la collectivité chefferie de Ngweshe dans le territoire de Walungu au Sud-Kivu en République Démocratique du Congo. Les coordonnées géographiques de la station sont de 28°51' de longitude Est et de 2°28' de latitude Sud tandis que l'altitude est de 1563 m.

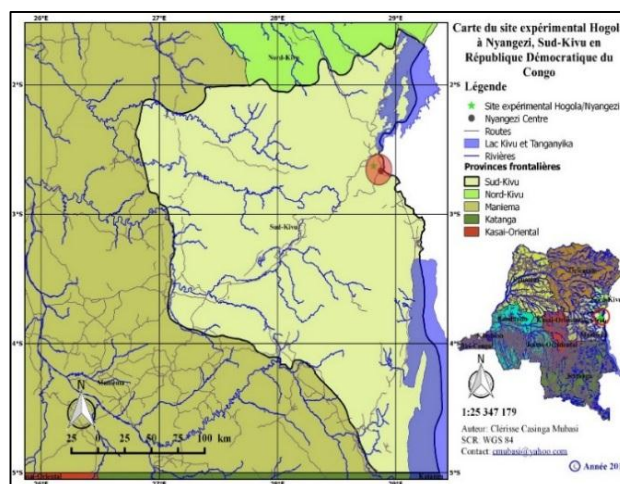


Figure 1 : *Site expérimental Hogola à Nyangezi au Sud-Kivu en République Démocratique du Congo*

Hogola jouit d'un climat de type AW_3 de la classification de Köppen et son sol appartient à la classe des Ferralsols selon la classification FAO-UNESCO [1, 5] tandis que sa texture est argilo-limoneux. Durant les deux saisons expérimentales respectivement C2011 et C2012 la réserve hydrique représentait 56% de la capacité en eau du sol.

2-2. Matériel

Le matériel expérimental était constitué de 24 variétés de haricot dont : G59/1-2, SER16, AND620, RWR2142, VCB81013, HM21-7, MAC44, Nyiramuhondo, RWV2070, R 217-17A, Deceleya, MAC9, Gasilida, RWK 10, RWR1668, M211, CODMLB007, Nain de kyondo, BRB194, Brossier, RWR2355, PK6, CODMLB001 et G2858.

2-3. Mise en place des essais

Après défrichement à la machette, le terrain expérimental d'une superficie de 896 m^2 était labouré deux fois à la houe à une profondeur de 30 cm dans un intervalle de 10 jours puis hersé manuellement au râteau. Le terrain était ensuite subdivisé en blocs et parcelles. A l'intérieur de chaque bloc, les parcelles étaient séparées par 0,8 m et chaque parcelle mesurée 1 m x 1 m. Les différents blocs étaient séparés par 1,6 m d'où les dimensions de l'essai étaient de $26\text{m} \times 30\text{m}$ soient 780 m^2 . Chaque bloc était entièrement randomisé avant son installation. L'expérimentation était conduite durant deux saisons C (12 avril - 18 août 2011 et 12 avril - 18 août 2012).

2-4. Les paramètres observés

Les paramètres végétatifs et reproductifs typiques pour les différents stades phénologiques de la culture ont été déterminés [11]. Il s'agit de: la formation gousse, la floraison, la feuille primaire totalement ouverte, la maturité physiologique, le poids de cent graines, la près floraison, la première feuille trifoliée, le remplissage gousse, la troisième feuille trifoliée et le rendement. Ces derniers étaient déterminés suivant les normes d'évaluation standard du germoplasme de haricot du CIAT [25,11].

2-5. Analyses statistiques

Les données ont été soumises à une analyse multidimensionnelle en composante principale (ACP) à l'aide de la programmation R, pour diagonaliser les différentes variables mesurées sur les 24 variétés d'haricots. Cette diagonalisation avait pour but de projeter les nuages des points sur un sous espace et constituer les composantes principales (axes factoriels ou variables fictives) maximisant la variabilité tout en perdant moins d'informations possible. Les valeurs des variables ont été centrées et réduites pour uniformiser leurs unités. Les composantes principales ($F_1, F_2, F_3, \dots, F_q$) étant considérées comme la combinaison linéaire des variables initiales (observées), la **Formule** suivante a été utilisée :

$$F_k = \sum_{i=1}^p a_{ik} X_i \quad (1)$$

Le coefficient a_{ik} est la contribution de la $i^{\text{ème}}$ variable (X_i) à la $k^{\text{ème}}$ composante.

Ainsi la **Formule** suivante montre la constitution du premier Axe à l'aide de la contribution de 12 variables :

$$F_1 = a_{11} \text{Germination} + a_{21} \text{Emergence} + a_{31} \text{FPTO} + a_{41} \text{PFT} + a_{51} \text{TFT} + a_{61} \text{PFL} + a_{71} \text{FL} + a_{81} \text{FG} + a_{91} \text{RG} + a_{101} \text{Rdt} + a_{111} \text{MP} + a_{121} \text{P100g} \quad (2)$$

Les manipulations sommaires ont consisté à faire une analyse de la variance multivariée (MANOVA) basée sur les tests de Wilks et de Roy, afin de déterminer l'influence variétale sur les paramètres de croissance et du rendement

3. Résultats

La saisonnalité n'a pas induit l'existence des différences significatives pour tous les paramètres en étude. Les résultats des données expérimentales ont révélé l'existence de différences significatives de toutes les variétés en fonction des paramètres étudiés. De la **Figure 2** ci-dessous, le test de sphéricité de Bartlett montre qu'il existe au moins une corrélation positivement significative entre la germination, l'émergence et les PFT.

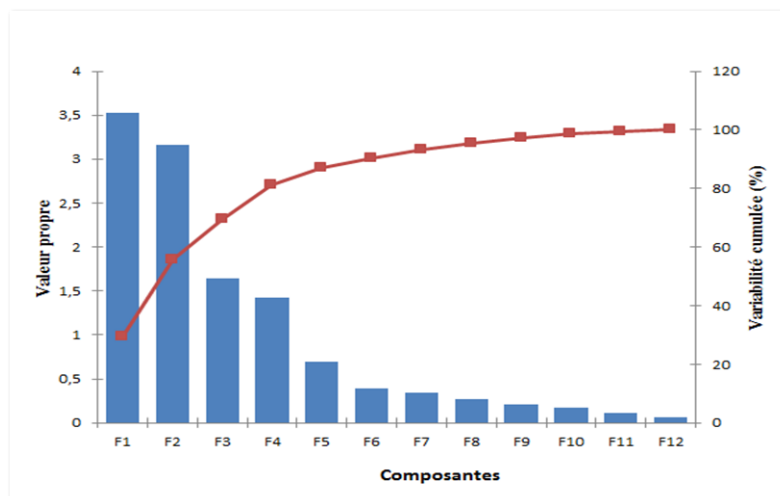


Figure 2 : Représentation des valeurs propres et des variances cumulées des axes factoriels

Tableau 1 : Matrice orthogonale de corrélation entre les variables

	Germ	Emerg	FPTO	PFT	TFT	PFL	FL	FG	RG	MP	Rdt	P100G
Germ	1											
Emerg	0,68*	1										
FPTO	0,4	0,73*	1									
PFT	0,61*	0,63*	0,69*	1								
TFT	0,23	0,12	-0,05	0,24	1							
PFL	-0,07	0,05	0,14	0,21	0,45*	1						
FL	0,26	0,1	-0,07	-0,09	0,17	0,19	1					
FG	0,17	0,06	-0,07	-0,11	0,1	0,03	0,69*	1				
RG	0,14	0,26	0,1	0,14	0,15	0,44*	0,63*	0,67*	1			
MP	-0,04	0,18	0,09	-0,14	0,01	0,37	0,49*	0,5*	0,75*	1		
Rdt	-0,03	0,15	0,13	-0,16	-0,11	0,24	0,04	0,08	0,31	0,65*	1	
P100G	-0,38	-0,33	-0,3	-0,43	0,2	0,53	0,19	0,07	0,29	0,5*	0,47*	1

Légende : Germ: Germination, Emerg: FPTO: Feuille primaire totalement ouverte, PFT: Première feuille trifoliée, TFT: Troisième feuille trifoliée, PFL : Préfloraison, FL: Floraison, RG: Remplissage des gousses, MP: Maturité physiologique, Rdt: Rendement, P100G: Poids de 100 graines.

Ces résultats concordent avec le phénomène de développement normal d'une plante. En effet, il est connu qu'au cours du processus de développement d'une plante, une germination réalisée dans les conditions normales est toujours suivie par l'émission de la racine qui pénètre dans le sol et fixe la jeune plantule qui va développer sa partie aérienne comportant d'abord à ce stade les feuilles primaires totalement ouvertes (FPTO) qui sont remplacées ensuite par les premières feuilles trifoliées (PFT). Après germination et développement végétatif, suit la floraison avec comme corollaire la formation des gousses et leur remplissage. Et, c'est à ce moment qu'intervient la maturité physiologique. La succession de ces derniers phénomènes expliquerait ainsi les corrélations positivement significatives observées entre la floraison (FL), la formation des gousses (FG) et leur remplissage des gousses (RG) et prouvent à suffisance l'existence d'axes factoriels constitués par les variables corrélées entre elles (**Tableau 1**).

Le regroupement des variables corrélées permet de représenter graphiquement les nouveaux axes comme illustré par la **Figure 2**. Il découle de la **Figure 2** que 81 % de la variabilité de la relation entre les différentes variables considérées de la croissance et les variétés de haricot sont expliqués par les axes 1, 2, 3 et 4 (F1, F2, F3 et F4). En outre, il se dégage une chute brutale des valeurs propres et cela prouve que l'ACP est pertinente pour regrouper les variables correspondantes aux variétés étudiées ; et qu'on peut se limiter aux vecteurs propres dont les valeurs propres sont élevées. Partant des **Tableaux 2 et 3** ci-dessous, la contribution spécifique de chaque variable de croissance à la variabilité exprimée par chacun de ces 4 différents axes : D'une part, le **Tableau 2** montre que la floraison (FL), la formation des gousses (FG), le remplissage des gousses (RG) et la maturité physiologique (MP) sont les 4 variables de la croissance qui contribuent significativement à la variabilité exprimée par l'axe 1(F1) alors que 5 variables dont la germination (Germ), l'émergence (Emerg), les feuilles primaires totalement ouvertes (FPTO), la première feuille trifoliée (PFT) et le poids de 100 graines (P100G) contribuent de manière significative à la variabilité exprimée par l'axe 2 (F2)

Tableau 2 : Contribution relative des variables aux facteurs principaux (%) et leur signification (Cos²)

Variables	Contribution des variables (%)				Cos ² Variables			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
Germ	1,479	18,807	2,692	0,541	0,052	0,594*	0,044	0,008
Emerg	3,098	21,570	0,536	2,910	0,109	0,682*	0,009	0,042
FPTO	0,925	18,405	5,418	5,888	0,033	0,582*	0,089	0,084
PFT	0,270	24,121	2,572	1,934	0,010	0,762*	0,042	0,028
TFT	2,344	0,564	2,382	45,274	0,083	0,018	0,039	0,647*
PFL	8,801	0,144	20,485	12,432	0,310	0,005	0,335*	0,178
FL	13,967	0,103	16,815	1,952	0,492*	0,003	0,275	0,028
FG	12,355	0,172	24,251	0,026	0,436*	0,005	0,397	0,000
RG	22,632	0,001	1,470	0,010	0,798*	0,000	0,024	0,000
MP	20,826	1,540	0,367	7,368	0,734*	0,049	0,006	0,105
Rdt	7,243	1,276	11,660	20,794	0,255	0,040	0,191	0,297*
P100G	6,059	13,298	11,352	0,871	0,214	0,420*	0,186	0,012

Légende : Germ: Germination, Emerg: FPTO: Feuille primaire totalement ouverte, PFT: Première feuille trifoliée, TFT: Troisième feuille trifoliée, PFL : Préfloraison, FL: Floraison: RG: Remplissage des gousses, MP: Maturité physiologique, Rdt: Rendement, P100G: Poids de 100 graines, (*) : Les valeurs en gras correspondent pour chaque variable au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand ; F : Axe factoriel ou composante principale

Tableau 3 : Contribution relative des variétés aux facteurs principaux

Variétés	Contribution relative des variables (%)				Cos ² Variables			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
RWR 2142	14,653	6,325	3,376	0,000	0,589*	0,228	0,063	0,000
RWV 2070	17,276	17,512	0,959	0,042	0,505*	0,459	0,013	0,001
AND 620	0,015	2,505	1,731	5,843	0,002	0,240	0,086	0,253
RWR 2355	0,292	1,921	9,082	33,524	0,012	0,072	0,177	0,570*
PK 6	0,534	0,002	0,021	5,988	0,076	0,000	0,001	0,345*
Hm21/7	0,003	7,998	3,560	0,079	0,000	0,653*	0,150	0,003
MAC 44	1,035	0,021	9,562	6,013	0,091	0,002	0,390*	0,214
Deceleya	15,325	0,014	0,298	0,095	0,856*	0,001	0,008	0,002
MAC 9	0,402	2,099	9,103	3,662	0,039	0,182	0,409*	0,144
R 217-17A	0,871	3,782	0,148	0,084	0,097	0,376*	0,008	0,004
Bossier	2,164	9,181	2,492	0,438	0,176	0,672*	0,094	0,014
Gasilida	9,774	0,983	7,812	14,041	0,447*	0,040	0,166	0,261
RWR 1668	2,168	5,245	0,002	4,311	0,193	0,419*	0,000	0,156
RWK 10	1,779	2,685	2,736	0,401	0,185	0,251*	0,132	0,017
G 59/1-2	16,393	2,480	8,694	5,536	0,623*	0,085	0,153	0,085
M 211	1,392	1,879	0,162	2,050	0,209	0,253*	0,011	0,125
CODMLB 007	2,316	4,654	3,729	1,647	0,225	0,405*	0,168	0,065
Nain de Kyondo	0,018	1,015	2,305	3,382	0,003	0,170	0,200	0,257*
SER 16	3,810	8,240	14,207	0,449	0,196	0,380*	0,339	0,009
VCB 81013	0,020	10,442	0,376	0,405	0,001	0,578*	0,011	0,010
G 2858	0,019	0,184	0,217	2,585	0,003	0,028	0,017	0,176
CODMLB 001	0,032	2,217	14,936	4,306	0,002	0,153	0,535*	0,135
BRB 194	4,868	8,574	0,176	0,720	0,347	0,548*	0,006	0,021
Nyiramuhondo	4,842	0,043	4,317	4,399	0,524*	0,004	0,217	0,193

Légende : %: Pourcentage, (*) : Les valeurs en gras correspondent pour chaque variété au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand

Quant à la variabilité exprimée par l'axe 3, une seule variable de croissance (la préfloraison, PFL) y contribue de manière significative. Deux autres variables, l'une de croissance (troisième feuille trifoliée) et le rendement contribuent enfin de manière significative à la variabilité exprimée par l'axe 4. D'autre part, il ressort du **Tableau 3** que 6 (RWR2142, RWV2070, Déceleya, Galisida, G59/1-2 et Nyiramuhondo) et 9 (HM21-7, R 217-17A, RWR1668, RWK10, M211, CODMLB007, VCB81013, SER16, BRB194) variétés contribuent de manière significative à la variabilité exprimée respectivement par l'axe 1 et l'axe 2.

Pour les axes 3 et 4 par contre, très peu de variétés contribuent significativement dans la variabilité qu'ils expriment. En effet, les résultats ci-haut consignés dans le tableau 2 montrent que seules 3 (MAC44, MAC9, et CODMLB001) et 2 (Nain de Kyondo et RWR2355) variétés sont responsables au premier rang de la variabilité exprimée respectivement par ces deux axes précédemment cités. Enfin, la représentation graphique de ces observations (**Figure 3**) laisse voir un fort lien sur le premier axe entre la germination, l'émergence, le PFT et le FPTO et les variétés Nain de kyondo, COBMLB001, AND620, RWR2142 et HM21-7 alors que sur le deuxième axe, la liaison est forte entre le Rdt, la MP, la FL, FG, PFL et les variétés RWK10, M211, MAC44 et R217-17A.

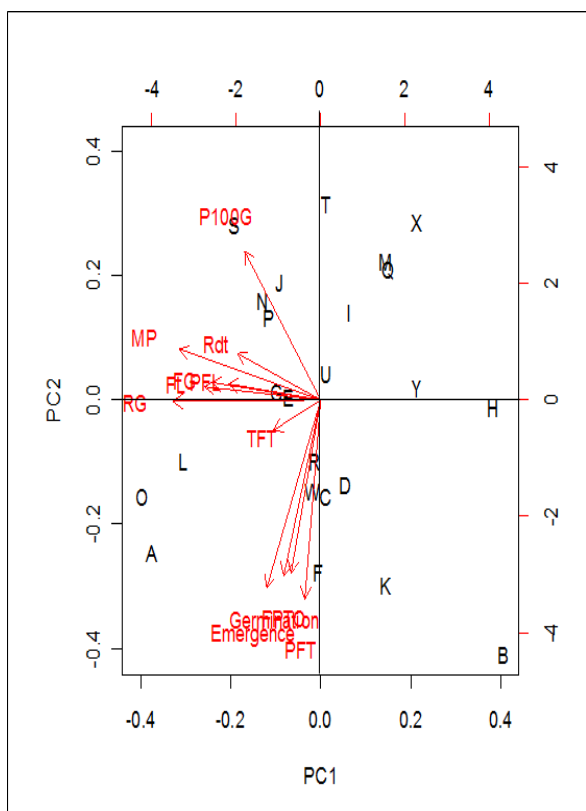


Figure 3 : Représentation des variétés et des variables dans l'espace

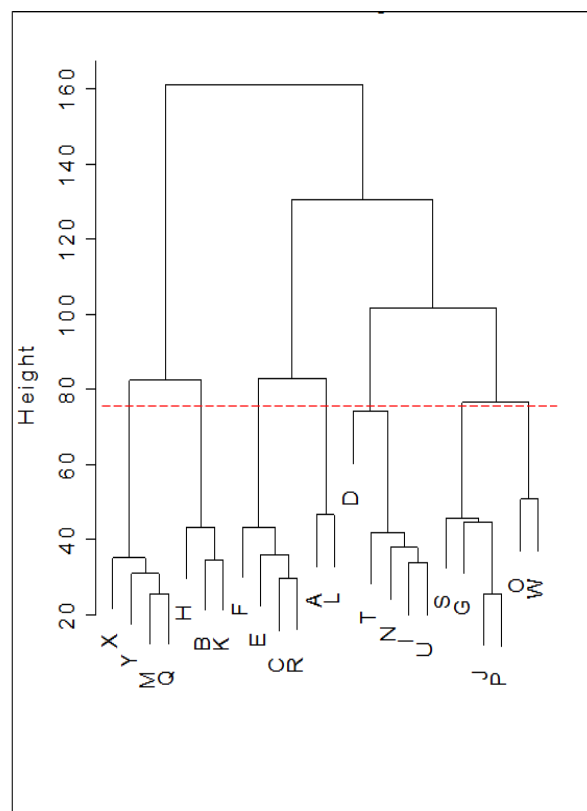


Figure 4 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des variétés étudiées (similarités)

Légende : G 59/ 1-2 (A), SER 16 (B), AND 620 (C), RWR 2142 (D), VCB 81013 (E), HM 21-7 (M), MAC 44 (G), Nyiramuhondo (H), RWV 2070 (I), R 217-17A (J), Deceleya (K), MAC 9 (L), Gasilida (F), RWK 10 (Q), RWR 1668 (O), M 211 (P), CODMLB 007 (N), Nain de kyondo (R), BRB 194 (S), Brossier (T), RWR 2355 (U), RWR2245 (X), CODMLB 001 (Y), G 2858 (W)

La **Figure 4** complète à l'aide d'un dendrogramme les résultats de la **Figure 3**, en déterminant les similitudes qui existent entre les 24 variétés. En considérant le dernier niveau de classement, il ressort que les 24 variétés sont regroupées en 7 clusters différents. Par contre, en restant plus stricte, on n'aurait que 4 clusters pour les variétés étudiées (**Figure 4**).

4. Discussion

Les plantes répondent et se comportent différemment au stress environnemental en adoptant et en développant des mécanismes d'adaptations selon [9, 12, 18, 24, 30] et confirmant les résultats des différentes variétés du haricot obtenus dans le site d'étude. Du semis à la récolte, la germination a lieu dans les normes pour toutes les 24 variétés du Haricot (Après 5 jours pour toutes les variétés) confirmant les résultats de [19] stipulant que la germination chez le haricot a lieu 4 ou 5 jours après le semis et la formation des gousses, 28 à 49 jours. Selon [9, 11, 14], la floraison et la formation de gousse ont lieu entre 50 et 60 jours après le semis. Cela ne concorde pas avec nos observations. En effet, pour les 24 variétés du Haricot que nous avons testées, la floraison et la formation de gousses ont commencé respectivement à 73 et 83 jours après le semis. Ceci est dû aux conditions édapho-climatiques du milieu d'étude se trouvant en altitude par rapport à la station de l'INERA-Mulungu. Mais les informations prévues pour la récolte sont comparables à celles que nous avons trouvées car, pour [8], la récolte intervient entre 65 à 150 jours. La raison est que nous les plants sont arrivés au stade de maturité physiologique avec des graines à maturité complète [9, 11]. La germination est supérieure chez les variétés HM21-7, MAC44, G2858 que les autres variétés. L'hypothèse est que ces variétés, se seraient adaptées aux conditions hydromorphes par rapport aux autres. Aussi, les différences du pouvoir germinatif peuvent être liées à des différences d'énergie germinative et de la maturité physiologique [27].

Pour ce qui est de la première feuille trifoliée et la troisième feuille trifoliée, les variétés RWR2142 et Galisida se sont mieux comporter que toutes les autres variétés et la corrélation entre le nombre des feuilles était positive pour la variété RWR2142 et Galisida confirmant les résultats de l' [19] prescrivant les mêmes informations sur son catalogue. Le feuillage a un rôle déterminant dans la phase végétative et reproductive car constituant les principaux moteurs de la croissance suite à l'activité photosynthétique et entraîne une corrélation positive sur le rendement. En outre, [22] stigmatise que les feuilles interviennent dans les processus directeur de la croissance et du développement végétal dont la photosynthèse, la transpiration, la respiration, la circulation, le stockage et le transport des substances nutritives de la plante. Selon [9, 11] dans ces processus, les feuilles interviennent surtout par leur surface, leur âge, leur composition chimique et leur nombre. Le nombre des feuilles joue sur la hauteur des tiges, si les feuilles sont nombreuses, cela suppose une photosynthèse importante. Plus une plante photo synthétise, plus elle croît rapidement. Un grand nombre de feuilles baisse le rendement. L'hypothèse est que la respiration gaspille une part d'assimilats photosynthétiques [16].

Quant aux rendements, la variété RWR2355 est nettement mieux par rapport à RWV2070. Parce que le rendement de la variété RWR2355 est de 50,6 Kg/ha au lieu 6000Kg/ha. Pour la variété RWR2355, cette grande différence de rendement ne nous surprend pas. Le rendement trop bas de la variété RWV2070 s'expliquerait par plusieurs raisons notamment le fait que toutes les variétés dans les blocs n'ont pas y la chance d'utiliser la même quantité d'eau. Il sera important de signaler que d'autres raisons proviendraient des conditions culturales que nous avons suivies. Les distances séparant deux plants pour la variété volubile sont de 1m dans les conditions expérimentales normales au lieu de 40 cm que nous avons laissées entre les plants, ce qui a augmenté à peu près de 150 % de la densité des plants sur la surface cultivée. Plus la densité est trop élevée, plus le rendement diminue. Quand on note une densité élevée au champ, le nombre moyen de gousses par plant sera bas, ce qui est conforme à la théorie de la dynamique des populations d'après [10, 16]. Les conditions climatiques pourraient aussi contribuer à cette baisse de rendement. Les formes à croissance déterminée (types I et II) sont surtout cultivées en régions de basses ou moyennes altitudes, tandis que les formes à croissance indéterminée (types III et IV) dominent dans les régions plus élevées [4, 11]. Etant donné que pour certaines variétés au moment de la récolte, le rendement est très faible par rapport au rendement escompté et que pour les variétés RWV2070 et VCB8012 ce dernier est nul, l'hypothèse serait que ces variétés ont dégénéré. La différence entre le rendement de la variété BRWV2070 et ceux trouvés dans d'autres régions du monde pour cette variété s'expliquerait par le fait que les conditions climatiques et édaphiques ne sont pas les mêmes [10].

5. Conclusion

Toutes les variétés n'ont pas résistées de la même façon aux conditions hydromorphes, il y a celles qui se sont mieux adaptées au stade de Germination, de l'Emergence, à la Feuille primaire totalement ouverte, et aux Premières feuilles trifoliées telles que les variétés HM21-7 (0,003 %), R217-17A (0,8 %), RWR1668 (2,16 %), RWK10 (17,2 %), M211 (1,39 %), CODMLB007 (2,31 %), VCB81013 (0,02 %), SER16 (3,81 %), BRB194 (4,86 %). D'autres qui se sont mieux adaptées au stade de Floraison, de la Formation des gousses, Remplissage gousse et à la Maturité physiologique telles que les variétés RWR2142 (14,6 %), RWV2070 (17,2 %), Deceleya (15,3 %), Galisida (9,7 %), G59/1-2 (16,3 %), et Nyiramuhondo (4,8 %). En outre, celles qui ne se sont adaptées qu'à la Préfloraison et aux Troisièmes feuilles trifoliolées telles que les variétés MAC44 (1,03 %), MAC9 (0,40 %), CODMLB001 (0,03 %), Nain de Kyondo (0,01 %) et RWR2355 (0,29 %). De toutes ces variétés, la meilleure était la variété PK6 à cause de son plus grand poids de 100 graines. Les variétés G2858, Brossier et AND620 avaient donné un bon pourcentage de Germination, Emergence, des Feuilles primaires totalement ouvertes et les Premières feuilles trifoliolées.

Références

- [1] - G. BAERT, «Properties and chemical management aspects of soils on different parent rocks in the Lower Zaire», PhD Thesis, *Ghent University*. (1995) 320.
- [2] - E. BARIKISSOU, «Elaboration d'un protocole *in vitro* de contournement des barrières d'incompatibilité génétique entre *Phaseolus coccineus* L. et *P. vulgaris* L. », Mémoire de Thèse. *Université de Liège-Gembloux*. (2012a) 164.
- [3] - E. BARIKISSOU et J. P. BAUDOUIN, «Sauvetage d'embryons chez les légumineuses alimentaires en général et dans le genre *Phaseolus* en particulier (synthèse bibliographique)» *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. (2012b) Vol 16, No 2, 203 - 215.
- [4] - J. P. BAUDOUIN, T. VANDERBORGHT, P. M. KIMANI and A.W.MWANG'OMBE, «Grain legumes : Common bean ». In : Ramaeker R. H. ed., *Crop Production in Tropical Africa*. Brussels, Belgium : DGCI (Directorate General for International Cooperation), (2001) 317 - 334.
- [5] - F. R. BEERNAERT, «Feasibility Study of a Production Project of Lime and/or Ground Travertine for the Management of Acid Soils in Rwanda» PRO-INTER Project Consultants. Belgium (1999) 287.
- [6] - Y.-D. BOTULA. W.M. CORNELIS, G. BAERT and E. VAN RANST, «Evaluation of pedotransfer functions for predicting water retention of soils in Lower Congo (D.R. Congo) ». *Agricultural Water Management* (2012) 111:1-10. doi : /10.1016/j.agwat.201 2.04.006
- [7] - W. BROUGHTON, G. HERNANDEZ, M. BLAIR, S. BEEBE, P. GEPTS and J. VANDERLEYDEN, «Beans (*Phaseolus* spp.) model food legumes». *Plant and Soil*, (2003) Vol. 252, no. 1, 55 - 128.
- [8] - A. CABURET et L. C. HEKIMIAN, «Les légumineuses à graines», in Memento de l'agronome. Paris-France, CIRAD-GRET, (2003) 865 - 878.
- [9] - M. C. CASINGA, «Etude comparative des réponses de quatre variétés d'haricots bio fortifiés à trois régimes hydriques dans le Sud-Kivu montagneux : Cas de Hogola», Mémoire de maitrise, inédit, *Université Evangélique en Afrique*, (2015) 82.
- [10] - M. C. CASINGA, L. T. CIRIMWAMI, E. B. BISIMWA and G. N. MUSHAGALUSA, «The impact of leguminous culture system and sowing dates on the cereal yield in mountainous South-Kivu: Burhale Case», *International Journal of Innovation and Scientific Research*, (2015b) Vol. 18 No. 2 297-303.
- [11] - M. C. CASINGA, L. T. CIRIMWAMI, G. S. AMZATI, J. I. KATEMBERA, A. K. LUBOBO and G. N. MUSHAGALUSA «Effect of the environment on the adaptability of biofortified bean genotypes in the eastern Democratic Republic of Congo : Case of South-Kivu», *European Journal of Agriculture and Forestry Research*, (2015c) Vol.3, No.9, 38 - 47.

- [12] - M. CHAVES, J. MAROCO and J. PEREIRA, «Understanding plant responses to drought- from genes to the whole plant», *Funct. Plant Biol.* (2003) Vol. 30, 239 - 264.
- [13] - K. CUBAKA, «Evaluation de l'impact de la surface foliaire et de l'effeuillage sur le rendement de *Phaseolus vulgaris*», L. var. PVA 1438, Bukavu, (1991) 13.
- [14] - G. DE LANNOY, «Légumes fruits in agriculture en Afrique tropicale», Direction générale de la coopération internationale, Ministère des Affaires Etrangères, du Commerce Extérieur et de la Coopération Internationale, Bruxelles-Belgique, (2001) 503-513.
- [15] - V. DE OLIVEIRA and C. JOLY, « Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae) morphological physiological and growth responses », *Trees-Structure and Function*, (2010) Vol. 24, 185 - 193. Doi : 10.1007/s00468-009-0392-2
- [16] - DU JARDIN, «Respiration et autres catabolismes oxydatifs», *In Agronomie moderne : Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale* (1994).
- [17] - FAO «Enjeux et possibilités pour l'agriculture et la sécurité alimentaire en Afrique», (2010) 26 in www.fao.org
- [18] - A. GHANBARI, S. MOUSAVI, A. GORJI and I. Rao, «Effects of water stress on leaves and Seeds of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) », *Turkish Journal of Field Crops*, (2013) 18(1), 73-77.
- [19] - INERA-MULUNGU, «Caractéristiques variétales des génotypes du haricot du germoplasme à la station de Mulungu», (2010) 153.
- [20] - D. I. JACKSON and P. B. LOMBARD, «Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality», *Am. J. Enol. Vitic.* (1993) 44:409-430.
- [21] - M. JACKSON, K. ISHIZAWA and O. ITO, «Evolution and mechanisms of plant tolerance to flooding stress», *Annals of Botany*, (2009) Vol. 103, 137 - 142. doi : 10.1093/aob/mcn242
- [22] - K. A. LUBOBO, «Influence des conditions pédoclimatiques et des itinéraires techniques sur la performance et la stabilité du rendement et des micronutriments dans les différentes zones agro écologiques de la RDC», Thèse de doctorat, inédit, *Université de Lubumbashi*, (2012) 239.
- [23] - P. N. MIKLAS, J. D. KELLY, S. E. BEEBE and M. W. BLAIR, «Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses : From lassical to MAS breeding», *Euphytica* (2006) 147 :105-131.
- [24] - R. ROSALES-SERNA, J. KOHASHI-SHIBATA, J.A. ACOSTA-GALLEGOS, C. TREJO-LOPEZ, J. ORTIZ-CERECERES, and J. D. KELLY, «Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought stressed common bean cultivars», *Field Crops Res.* (2004) 85 :203-211.
- [25] - L. M. SCHOONHOVEN, T. JERMY and J. J. A. VAN LOON, «Insect and flowers: The beauty of mutualism» in : *Insect-Plant Biology: From Physiology to Evolution*. Chapman & Hall, London, New York, Tokyo (1998) 315 - 342.
- [26] - C. SMETHURST, T. GARNETT and S. SHABALA, «Nutritional and chlorophyll fluorescence responses of lucerne (*Medicago sativa*) to waterlogging and subsequent recovery», *Plant*, (2005) Vol. 270, 31 - 45.
- [27] - TAYEB, «Croissance et développement des plantes cultivées», *In Agronomie moderne : Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale* (1994).
- [28] - C. S. WORTMANN, R. A. KIRKBY, C. A. ELEDU and D. J. ALLEN, «Atlas of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in Africa», CIAT Pan-African Bean Research Alliance, *International Center for Tropical Agriculture* (CIAT), Cali, Colombia. (1998) 133.
- [29] - Y. YI, D. FAN, XIEZQ and F. CHEN, «Effects of waterlogging on the gas exchange, chlorophyll fluorescence and water potential of *quercus variabilis* and *pterocarya stenoptera*», *J Plant Ecol.* (2006) Vol. 30, 960 - 968.
- [30] - I. YORDANOV, T. VELIKOVA, and T. TSONEV, «Plant responses to drought and stress tolerance», *Bulg.J. Plant physiol., special issue* (2003) 187 - 206.