

Evaluation de variétés de niébé pour la tolérance à la sécheresse à la station expérimentale de Saria au Burkina Faso

[Evaluation of cowpea varieties for drought tolerance at the Saria experimental station in Burkina Faso]

Antoine BARRO¹, Joseph NANAMA², Teyioué Benoît Joseph Batiéno³, and Zinmanké COULIBALY²

¹Département de Biologie Générale, Université DANIEL OUEZZIN COULIBALY, BP 176 Dédougou, Burkina Faso

²Département de Biologie et de Physiologie Végétales, Université Joseph KI-ZERBO, BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

³Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), BP 476, Ouagadougou, Burkina Faso

Copyright © 2024 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: Cowpea, grown for its seeds and haulms in the savannahs of West Africa, is affected by drought. Drought is one of the most damaging constraints to its production with high yield losses. The study conducted at Saria Research Station, in a Fisher block design with two replicates, aimed to identify drought tolerant cowpea varieties. Forty cowpea varieties were screened for drought tolerance in February, under irrigated and non-irrigated regimes. The varieties were evaluated through various variables. Plants grown under non-stressed conditions were watered regularly from sowing to maturity while those under stressed conditions were watered from sowing to flower bud initiation. The varieties showed considerable variability in drought tolerance for the parameters 50% flowering, 95% maturity, 100-seed weight, seed weight, haulm weight and wilting percentage. Water stress had a reducing effect on chlorophyll content, 100-seed weight and seed weight. Stress tolerance index was the best criterion for evaluating genotypes for drought tolerance variability. KVx 402-5-2, 219E and Sarc-1-91-1 showed the best characteristics under both conditions and could be potential parents in the selection of drought tolerant genotypes.

KEYWORDS: Cowpea, Wilting, Senescence, Quantitative indices, Burkina Faso.

RESUME: Le niébé, cultivé pour ses graines et fanes dans les savanes de l'Afrique de l'Ouest subit les effets de la sécheresse. La sécheresse est l'une des contraintes les plus dommageables à sa production avec des pertes élevées de rendement. L'étude conduite à la station de recherche de Saria, dans un dispositif expérimental en bloc de Fisher avec deux répétitions, a pour but d'identifier des variétés de niébé tolérantes à la sécheresse. Quarante variétés de niébé ont été criblées pour la tolérance à la sécheresse en février, suivant un régime irrigué et non irrigué. Les variétés ont été évaluées à travers diverses variables. Les plantes cultivées dans des conditions non stressées ont été arrosées régulièrement du semis à la maturité tandis que celles dans les conditions de stress ont été arrosées du semis jusqu'à l'initiation des boutons floraux. Les variétés ont montré une variabilité considérable de la tolérance à la sécheresse pour les paramètres 50% floraison, 95% maturité, le poids de 100-graines, le poids des graines, le poids des fanes et le pourcentage de flétrissement. Le stress hydrique a eu un effet réducteur sur la teneur en chlorophylle, le poids de 100 graines et le poids des graines. L'indice de tolérance au stress était le meilleur critère d'évaluation des génotypes pour la variabilité de la tolérance à la sécheresse. Les variétés KVx 402-5-2, 219E et Sarc-1-91-1 ont présenté les meilleures caractéristiques dans les deux conditions et pourraient être de potentiels parents dans la sélection de génotypes tolérants à la sécheresse.

MOTS-CLEFS: Niébé, Flétrissement, Senescence, Indices quantitatifs, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

La sécheresse est l'un des facteurs abiotiques les plus préjudiciables à travers le monde. Elle peut gravement entraver la productivité des cultures agricoles. La sécheresse, un stress multilatéral affectant les plantes à divers stades de croissance [1] a toujours été une préoccupation majeure des sélectionneurs. Elle touche plusieurs traits quantitatifs chez les plantes [2] avec son effet plus dommageable quand elle coïncide avec la germination, la poussée des semis, la croissance, l'allongement des racines et la floraison [3]. Pour faire face à une telle contrainte environnementale, il est nécessaire d'avoir recours aux cultures qui s'y adaptent. Le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] faisant partie des espèces les plus anciennement cultivées, pourrait répondre à cette préoccupation. Toutes les parties de cette culture sont utilisées soit pour la consommation humaine, soit comme fourrage pour les animaux, soit dans le domaine de la médecine. La culture du niébé fait face généralement au déficit hydrique en début et en fin de saison pluvieuse [4]. Lorsque la sécheresse intervient en fin de saison pluvieuse, elle est plus dommageable car elle affecte la floraison et le remplissage des gousses entraînant ainsi une baisse du rendement [5]. Dans les régions du sud du Sahara, la sécheresse est souvent la principale contrainte pour la production de niébé, entraînant une baisse de rendement et une mauvaise qualité des graines [6].

Différentes études ont été menées pour identifier des génotypes capables de produire même si la sécheresse intervient pendant la floraison [5]. Cependant, au Burkina Faso, peu de travaux ont été effectués sur la tolérance au stress hydrique de certaines nouvelles variétés de niébé créées.

Cette étude a pour objectif d'évaluer des variétés de niébé issues d'une sélection afin d'identifier celles qui tolèrent mieux le stress hydrique pour leur meilleure vulgarisation. De façon spécifique, il s'agit (i) d'analyser l'impact du stress hydrique sur le rendement et les composantes du rendement des variétés testées et (ii) d'identifier des variétés de niébé à haut rendement et tolérantes à la sécheresse.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal a été constitué de quarante (40) variétés de niébé issues du germoplasme du programme oléo-protéagineux de l'Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) de Saria à Koudougou.

L'expérimentation a été conduite dans le jardin expérimental du programme oléo-protéagineux de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) de Saria situé dans la région du centre-ouest, à 23 Km à l'Est de Koudougou et à 80 Km à l'Ouest de Ouagadougou. Dans ce jardin se trouve installé un dispositif d'irrigation. Les sols sont de types ferrugineux tropicaux lessivés et peu profonds [7]. Le climat est de type nord soudanien et la végétation est marquée par la présence d'une savane à graminées annuelles, à arbres et à arbustes [8].

Les températures sont en général élevées au cours de l'année avec une modération en saison des pluies (25-35°C). La température moyenne annuelle est de 28°C avec des maxima mensuels de 40°C entre mars et avril, et des minima mensuels de 15°C en décembre.

2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'expérimentation a été conduite dans un bloc de Fisher avec deux (02) répétitions. La distance entre les deux répétitions était de 3,2 mètres. Chaque répétition était constituée de deux blocs. Les blocs séparés l'un de l'autre de 2,4 mètres comportaient chacun quatre sous blocs et chaque sous bloc de cinq variétés.

Chaque variété a été semée sur deux (02) lignes de deux (02) mètres, avec un écartement de 0,8 mètre entre les variétés et de 0,4 mètre entre les poquets à raison de deux graines par poquet.

2.3 CONDUITE DE L'ESSAI

Pour évaluer la tolérance des différentes variétés au stress, deux types d'essais ont été installés. Les opérations avant les semis ont consisté à confectionner des billons. Les variétés ont été semées manuellement sur un côté de chaque billon de deux mètres le 20 février 2015. Chaque variété a été étiquetée dans les différentes répétitions. L'entretien des parcelles consistait aux sarclages, à l'application d'engrais NPK (14-23-14) au premier sarclage à raison de 100 Kg par hectare, et aux traitements insecticides.

Deux traitements insecticides ont été exigés; l'un à la formation des boutons floraux et l'autre au moment de la formation des gousses. Les autres traitements ont été faits aux besoins. L'insecticide utilisé a été le titan à la dose de 2 ml par l d'eau. La récolte des fanes a immédiatement suivi celle des gousses à maturité.

Les deux essais ont été irrigués chaque deux jours jusqu'au stade boutons floraux. A ce stade, l'un des essais a toujours été irrigué (essai irrigué) jusqu'à la maturité des plantes. Par contre, l'irrigation du second essai a été arrêtée depuis le stade boutons floraux jusqu'à maturité des plantes (essai stressé). L'expérimentation s'est poursuivie jusqu'à la récolte séparée des deux types d'essai.

2.4 DONNEES COLLECTEES ET CALCULEES

Les données collectées et calculées concernaient des paramètres agronomiques et des indices quantitatifs de tolérance à la sécheresse. Ce sont:

- La date de 50% floraison: date à laquelle on observe qu'au moins la moitié du nombre de pieds par parcelle élémentaire a fleuri.
- La teneur en chlorophylle (SPAD) dans les feuilles prise à l'aide d'un SPAD meter aux stades floraison et formation des gousses.
- La date de 95% maturité: correspond au nombre de jours depuis les semis jusqu'au jour où 95% des plantes portent des gousses mures.
- Le poids de 100 graines: qui a été obtenu par pesée de 100 graines choisies de façon aléatoire et exprimé en gramme.
- Le poids total des graines récoltées par lignée mesuré à l'aide d'une balance électronique.
- Le rendement en graines: calculé à partir de la formule: Rendement = [(poids graines x 10000) / superficie élémentaire].
- La senescence et le pourcentage de senescence.
- Le flétrissement et son pourcentage.
- La productivité moyenne (PM) selon [9].
- L'indice de tolérance (IT) selon [9].
- L'indice de sensibilité au stress (ISS) selon [10].
- La moyenne géométrique de la productivité (MGP) et l'indice de tolérance au stress (ITS) selon [11].
- L'intensité du stress (IS) selon [10].

2.5 ANALYSE DES DONNEES

Le logiciel GenStat quinzisième édition (15.1) a servi pour l'analyse des données agronomiques et de tolérance à la sécheresse. L'analyse de variance a été réalisée dans le but de comparer les moyennes des variables au seuil de significativité de 5% ($P < 0,05$). Après cette analyse, les données ont été utilisées pour calculer les indices quantitatifs de tolérance à la sécheresse.

3 RÉSULTATS

3.1 PARAMETRES AGRONOMIQUES DES LIGNEES EN CONDITION IRRIGUEE

Le tableau 1 présente les résultats de l'analyse de variance des paramètres agronomiques en condition irriguée.

Tableau 1. Résultats de l'analyse de variance des paramètres agronomiques en condition irriguée

Paramètres	50% Flo	SPAD1	SPAD 2	95% Mat	P-100gr	Pgr	Rdt	Pds F
MG	47	68,17	58,47	76,04	18,84	289,1	0,89	347,3
Mini.	40	28,9	29,9	67	3,2	30,6	0,09	63,4
Maxi.	59	85,2	89,9	84	27,7	838	2,61	1357
CV (%)	5,2	13,7	16	4,5	5,4	38,2	38,5	53,3
Probabilité	0,001**	0,063ns	0,001**	0,32ns	0,001**	0,075ns	0,083ns	0,002**
PPDS	4,95	18,92	18,94	6,98	2,05	223,2	0,69	374,1

Légende: MG: Moyenne générale; Mini: Minimum; Maxi: Maximum; CV: Coefficient de variation; PPDS: Plus petite différence significative; 50% Flo: 50% floraison; SPAD: Spad meter; 95% Mat: 95% maturité; P-100gr: Poids de 100 graines; Pgr: Poids graines; Rdt: Rendement; Pds F: Poids des fanes.

L'analyse de variance a été hautement significative $p(5\%) = 0,0001 < 0,01$ pour les paramètres 50% floraison, SPAD2, le poids des cent graines, et le poids des fanes pour les différentes variétés. La date 50% floraison a varié de 40 (Gaoua local- 2, KVU 150) à 59 (Telma, Woango-1) jours après semis avec une moyenne générale de 47 jours et le SPAD 2 de 29.9 à 89.9 avec une moyenne de 58.47.

Quant au poids des cent graines, il a varié de 3.2 (NS-1) à 27.7 (Kvx 780-3) grammes avec une moyenne de 18.84 et le poids fane de 63.4 (NS-1) à 1351 (Kvx 295-2-124-121) grammes.

3.2 PARAMETRES AGRONOMIQUES DES LIGNEES EN CONDITION NON IRRIGUEE

Le tableau 2 présente les résultats de l'analyse de variance des paramètres agronomiques en condition non irriguée.

Tableau 2. Résultats de l'analyse de variance des paramètres agronomiques en condition non irriguée

Paramètres	50%Flo	SPAD1	SPAD2	95%Mat	P-100gr	P-gr	Rdt	P-fanes	Flét	%Flét	Sene	%Sene
MG	47	72,14	62,63	75	17,35	202,1	0,6	204,9	67,42	65,46	69,53	61,47
Mini.	42	52,3	36,5	67	3,1	27,8	0,07	27,2	63	7	65	7
Maxi.	57	87,7	87,7	84	27	417	1,18	540	78	100	80	100
CV (%)	4,5	9,5	15,7	3,6	10,6	32,9	35,7	28,6	3,5	37,4	3,5	42,9
Probabilité	0,001**	0,015*	0,017*	0,001**	0,001**	0,155ns	0,11ns	0,001**	0,07ns	0,005**	0,087ns	0,084ns
PPDS	4,27	13,904	19,84	5,43	3,711	134,42	0,43	118,73	4,837	49,49	4,96	53,36

Légende: MG: Moyenne générale; Mini: Minimum; Maxi: Maximum; CV: Coefficient de variation; PPDS: Plus petite différence significative; 50% Flo: 50% floraison; SPAD: Spad meter; 95% Mat: 95% maturité; P-100gr: Poids de 100 graines; Pgr: Poids graines; Rdt: Rendement; Pds F: Poids des fanes; Flét: Flétrissement; % Flét: Pourcentage de flétrissement; Sen: Senescence; % Sene: Pourcentage de senescence.

En condition où l'irrigation a été arrêtée au moment du stade début floraison, l'analyse de variance a été hautement significative pour les paramètres date 50% floraison, date 95% maturité, poids de cent graines, poids fanes, pourcentage de flétrissement et significative pour le SPAD 1 et le SAPAD 2.

Le SPAD1 et le SPAD2 ont varié respectivement de 52,3 (NS-1) à 87,7 (KVx 295-2-124-51) avec une moyenne de 72,14 et de 36,5 (Pobé local) à 87,7 (KVx 295-2-121-99) avec une moyenne de 62,63

La date 50%floraison a varié de 42 pour les variétés de niébé Donsin locale, Pa local-2 à 57 pour KVx 295-2-124-121 et celle de 95% maturité de 67 à 84 jours après semis. Avec une moyenne générale respectivement de 47 et 75.

Le pourcentage de flétrissement a obtenu une moyenne générale de 65,46. Il a varié de 7 à 100.

Le poids graines a varié de 27,8 à 417 et celui fane de 27,2 (NS-1) à 540 (KVx 295-2-121-99) grammes avec respectivement pour moyenne générale de 202,1 et de 204,9 grammes. Aucune différence significative n'a été observée chez les variétés concernant la chute de leurs feuilles.

3.3 INDICES QUANTITATIFS DE TOLERANCE A LA SECHERESSE

Le tableau 3 présente les résultats des calculs des indices quantitatifs de tolérance à la sécheresse.

Tableau 3. Résultats de l'analyse de variance des paramètres agronomiques en condition non irriguée

Variétés	PM (g)	IT	MGP	ISS	ITS	IS
219E	970	-90	1717,43	-0,299	1,185	0,326
Bagré-1	822,5	205	1446,48	0,680	0,841	0,326
Diébougou local	662,5	205	1160,11	0,822	0,541	0,326
Djouroum local	480	410	769,28	1,837	0,238	0,326
Donsin local	820	-160	1446,48	-0,664	0,841	0,326
Gaoua local- 2	945	90	1673,07	0,279	1,125	0,326
HTR	800	380	1377,39	1,178	0,762	0,326
IT83S-872	795	580	1312,01	1,641	0,692	0,326
IT86F-2089-5	637,5	495	1041,31	1,717	0,436	0,326
KN-1	1010	840	1628,05	1,803	1,065	0,326
Koakin local	812,5	435	1387,56	1,296	0,774	0,326
KVU 150	617,5	315	1058,29	1,247	0,450	0,326
KVx 164-41-64	625	200	1093,51	0,847	0,481	0,326
KVx 165-14-1	1105	720	1851,71	1,508	1,378	0,326
KVx 291-47-224	992,5	595	1678,27	1,416	1,132	0,326
KVx 295-2-121-99	462,5	-85	816,29	-0,621	0,268	0,326
KVx 295-2-124-121	570	340	964,32	1,410	0,374	0,326
KVx 295-2-124-51	922,5	315	1611,08	0,895	1,043	0,326
KVx 30G-467-5-K	577,5	5	1023,58	0,026	0,421	0,326
KVx 402-5-2	1087,5	495	1876,96	1,138	1,416	0,326
KVx 404-8-1	840	100	1486,22	0,345	0,888	0,326
KVx 65-114	752,5	-195	1322,53	-0,914	0,703	0,326
KVx 780-3	1127,5	1375	1583,94	2,325	1,008	0,326
KVx 780-4	662,5	165	1165,11	0,680	0,546	0,326
KVx 780-6	490	500	746,96	2,074	0,224	0,326
KVx 780-9	675	430	1134,09	1,483	0,517	0,326
Niébé aspersé	840	270	1469,51	0,850	0,868	0,326
NS-1	270	-270	414,45	-6,138	0,069	0,326
Pa local-2	905	550	1528,22	1,430	0,939	0,326
Pobé local	480	480	736,80	2,046	0,218	0,326
Poutenga-3	657,5	375	1117,00	1,362	0,501	0,326
Poutenga-9	767,5	285	1336,71	0,961	0,718	0,326
Sanematenga local	560	-30	992,22	-0,169	0,396	0,326
Sanga-2	635	640	972,15	2,057	0,380	0,326
Sankandaaga	792,5	225	1390,44	0,763	0,777	0,326
Sanzi	600	110	1058,99	0,515	0,451	0,326
Sarc-1-57-2	775	290	1349,40	0,967	0,732	0,326
Sarc-1-91-1	990	480	1702,39	1,198	1,165	0,326
Telma	595	-30	1054,27	-0,159	0,447	0,326
Woango-1	705	0	1249,58	0,000	0,627	0,326

Légende: PM: Productivité moyenne, IT: indices de tolérance, MGP: Moyenne Géométrique de Productivité, ISS: indice de sensibilité au stress, ITS: indice de tolérance au stress, IS: intensité de stress.

La productivité moyenne des différentes variétés a varié de 270 kg pour la variété SN-1 à 1127,3 kg pour la variété de niébé KVx780-3. Parmi les variétés testées, huit (8) ont une valeur de productivité moyenne comprise entre 0 et 600 kg, vingt-trois (23) entre 600 et 900 kg y compris et neuf (9) leur valeur supérieure à 900kg. Toutes les variétés ont été soumises à une intensité de stress de 32,6%. Les indices de tolérance et de sensibilité au stress ont varié respectivement de -270 kg (SN-1) à 1375 kg (KVx780-3) et -6.138 (SN-1) à 2,32 (KVx780-3). Par contre l'indice de tolérance au stress a varié de 0,04 (KVx295-2-124-

121) à 1,41 (KVx402-5-2). La plus petite valeur de la moyenne géométrique de productivité a été obtenue avec la variété de niébé SN-1 (414,45 kg) et la plus grande valeur avec la variété KVx165-14-1 (1851,71).

4 DISCUSSION

Les différences hautement significatives observées au niveau de 50% floraison dans les conditions d'irrigation et de non irrigation montreraient qu'il existe une grande variation au sein des variétés étudiées pour ce caractère. Cependant, pour ce qui est des plantes en conditions de stress, la différence pourrait s'expliquer par le fait que les plantes auraient réduit leur cycle pour l'accomplir avant que le déficit hydrique ne soit important. Ces résultats sont similaires à celui de [12]; qui ont rapporté que des plantes de niébé ont atteint plus vite la maturité sous les conditions de stress afin d'esquiver le niveau critique de manque d'eau. Cela est contraire à [13] qui trouve que les plantes fleurissent et atteignent la maturité plus vite dans les conditions de maximum d'humidité.

La sécheresse et la pénurie d'eau peuvent causer des dommages aux chloroplastes, comme une diminution teneur en chlorophylle, dommages ultra structuraux de chloroplaste [14]. Ainsi en condition de non irrigation les différences notées pour le SPAD1 et le SPAD2 indiquent une diminution de l'activité enzymatique et bloque le transport de produits photosynthétiques, qui peut s'accumuler dans les feuilles et ne peut pas être transporté. Suggérant que les génotypes qui ont maintenu une teneur en chlorophylle plus élevée tels que KVx 295-2-124-51 et KVx 295-2-121-99 avaient plus de chances de se remettre de la sécheresse. En tant que tel, la teneur en chlorophylle pourrait être utilisé comme indicateur de référence fiable et efficace dans la sélection génotypes tolérants à la sécheresse [15].

Le poids de 100 graines et le poids des graines ont baissé chez les variétés stressées. Cela peut s'expliquer par une réduction de la synthèse des photo assimilats nécessaires au remplissage des graines suite à une indisponibilité de l'eau pour les réactions photochimiques. Cette baisse pourrait avoir un coup sur le rendement, car ces deux paramètres constituent les composants du rendement. Selon [16], la variation du poids de 100 graines montre que l'accumulation des réserves dans les graines dépend du génotype mais également des facteurs climatiques. Ainsi les variétés qui avaient les poids de 100 graines élevés et la variété KVx 295-2-121-99 qui a eu le poids des graines le plus élevé, possédaient un facteur d'adaptation climatique qui pourrait jouer un rôle dans l'augmentation du poids des graines. De ce fait, ces variétés de niébé pourraient être utilisées comme des variétés qui s'adaptent pour une production de niébé.

En se basant sur la productivité moyenne, les meilleures variétés ont été 219 E, Gaoua local- 2, KN-1, KVx 165-14-1, KVx 291-47-224, KVx 295-2-124-51, KVx 402-5-2, KVx 780-3, Sarc-1-91-1. L'utilisation de l'indice de tolérance au stress dans l'identification du matériel tolérant à la sécheresse est efficace. Parmi les indices utilisés, l'indice de tolérance au stress est le meilleur, car il aide à regrouper la population. Par conséquent, l'indice de tolérance au stress montre que les individus les plus tolérants ont été KVx 402-5-2, 219E et Sarc-1-91-1. Selon [17], l'indice de sensibilité au stress est un indicateur utile lorsque le stress est sévère tandis que la Productivité Moyenne, la productivité géométrique moyenne, l'indice de tolérance et l'indice de tolérance au stress étaient des indicateurs utiles lorsque le stress est moins sévère. Au regard donc du niveau de l'intensité du stress (SI= 32,6 %) appliqué dans cette étude qui est modérée, les conclusions de [17] peuvent expliquer le fait que ces indices étaient des indicateurs utiles pour la sélection.

5 CONCLUSION

De cette étude, il ressort des baisses de poids des graines de 100 graines et une certaine différence au sein des variétés pour les dates de 50% floraison laissant percevoir l'existence d'une variabilité génotypique de la tolérance à la sécheresse au sein du matériel génétique étudié. Toutes les variétés dans les conditions irriguées et non irriguées ont eu à peu près le même rendement. Le stress hydrique a réduit la teneur en chlorophylle, le poids de 100 graines et le poids des graines. Parmi les variétés étudiées, KVx 295-2-121-99 et KVx 402-5-2, 219^E ont présenté les meilleures composantes de rendement et aussi les indices de tolérance à la sécheresse. Ces variétés, non seulement peuvent être recommandées aux producteurs, mais aussi pourraient servir dans de futurs programmes de sélection.

REFERENCES

- [1] S. A. I. Sabiel, A. A. Abdelmula, M. A. Bashir, S. U. Baloch, S. K. Baloch, and W. Bashir, «Genetic variation of flowering trait in maize (*Zea mays* L.) under drought stress at vegetative and reproductive stages», *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 4 (20): pp. 108-113, 2014.
- [2] T. Hohls, «Conditions under which selection for mean productivity, tolerance to environmental stress, or stability should be used to improve yield across a range of contrasting environments». *Euphytica*, 120: pp. 235-245, 2001.
- [3] M. Khayatnezhad, R. Gholamin, S.H. Jamaatie-Somari, and Zabihi-R. Mahmoodabad, «Effects of PEG stress on corn cultivars (*Zea mays* L.) at germination stage», *World Appl. Sci. J.*, 11 (5): pp. 504-506, 2010.
- [4] B.B. Singh, and T. Matsui, «Breeding cowpea varieties for drought tolerance. In: challenges and opportunities for Enhancing sustainable cowpea production», IITA, Ibadan, pp 287-300, 2002.
- [5] R. Chuilele, «Breeding cowpea (*vigna unguiculata* (L.) Walp.) for improved drought tolerance in Mozambique», *These de doct. University of kwazulu-Natal*, 2010.
- [6] M. Nkouannessi, «The genetic, morphological and physiological evaluation of african cowpea genotypes», *These de doct. University of the free state Bloemfontein* 119 pages, 2005.
- [7] R. Zougmore, A. Mando, et L. Stroosnijder, «Effect of soil and water conservation and nutrient management on the soil-plant water balance in semi-arid Burkina Faso», *Agricultural Water Management*, 65: pp. 103-12, 2004.
- [8] S. Guinko, «Végétation de Haute -Volta», *Thèse de doctorat ès sciences naturelles. Université de Bordeaux III*.T1, 318p, 1984.
- [9] A. A. Roselle, and J. Hamblin, «Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments» *Crop Science*, 21: pp. 943-946, 1981.
- [10] R.A. Fisher, and R. Maurer, «Drought resistance in spring wheat cultivars» I. Grain yield Responses», *Australian Journal of Agricultural Research*, 29: pp. 897-912, 1978.
- [11] G.C.J. Fernandez, «Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance», *In Proceedings of Symposium*, Taiwan, 13-16 August, pp. 257-270, 1992.
- [12] W. J. A. Lalsaga, R. Nana, M. Sawadogo, N. Sawadogo, M. Kiebre, et I. Drabo, «Evaluation de dix (10) génotypes de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) walp.] par rapport à leur tolérance au stress hydrique». *International Journal of Innovation and Applied Studies*, ISSN 2028-9324 Vol. 14 No. 4, pp. 1005-1014, 2016.
- [13] N. Belko, «Phénotypage pour la tolérance a la sécheresse: variations génotypiques des caractères agromorphologiques et physiologiques et leurs contributions à la productivité en condition de sécheresse de fin-de-cycle chez le niébé (*vigna unguiculata* (L.) Walp.)», *Thèse de doct. univ de ouaga*, 100 pages, 2013.
- [14] A. Shi, R. E. Mason, L. Wood, L. A. Mozzoni, S. Imamura, J. Santamaria, W. Ravelombola, S. Eaton, Y. Yufeng, Q. Cui, and H. Xiong, «Evaluation of Drought Tolerance in Arkansas Cowpea Lines at Seedling Stage», *Hortscience*, 55 (7): pp. 1132–1143, 2020.
- [15] S. E. Mwale, M. Ochwo- Ssemakula, K. Sadik, E. Achola, V. Okul P. Gibson, R. Edema, W. Singini, and P. Rubaihayo, «Response of Cowpea Genotypes to Drought Stress in Uganda», *American Journal of Plant Sciences*, 8, pp. 720-733, 2017.
- [16] A. Khan, A. Bari, S. Khan, N.H. Shan, et I. Zada, «Performance of cowpea genotypes at higher altitude of NWFP», *Pak. J. Bot.*, 42 (4): pp. 2291-2296, 2010.
- [17] M. Akçura, et S. Çeri, «Evaluation of drxought tolerance indices for selection of Turkish oat (*Avena sativa* L.) landraces under various environmental conditions». *Žemdirbystė=Agriculture*, 98 (2), pp.157–166, 2011.