



Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/12191

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/12191>



RESEARCH ARTICLE

EVALUATION MULTI-SITE DE L'EFFET DU PARASITISME AU STRIGA GESNERIOIDES (WILLD) VATKE SUR LES TRAITS FONCTIONNELS DES VARIÉTÉS DE NIÉBÉ

Issoufou Hassane Bil-Assanou and Moussa Na Neitoabdoul Rafiou

UMR DAP, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, BP 465, ADS Maradi/Niger.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 20 October 2020

Final Accepted: 24 November 2020

Published: December 2020

Key words:-

Parasites, Photosynthesis, Leaf Traits, Multilocal, Sahel

Abstract

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) is a major legume crop in West African farming systems. Although cowpea is a drought tolerant crop, its production level is very low due to biotic constraints such as *Strigagesnerioides* parasitism. The present study aims to assess the effect of *S. gesnerioides* (Willd.) Vatke on photosynthesis efficiency of cowpea varieties. Multilocal trial was carried out in rural areas during the 2017 rainy season to assess the number of *Striga* emergence likely to cause a change in photosynthetic efficiency on a panel of 26 cowpea varieties and to determine tolerant varieties. The observations were made on six experimental sites along a south-north climatic gradient representative of Maradi region agro-ecological zones. The results showed a marked decrease of relative chlorophyll content when the number of visible *Striga* emergence exceeded five per plant. Likewise, the LEF * PAR saturation curve is higher when the plants showed no visible attack of *Striga*. The *Striga* emergence have declined CRC in varieties CS001 and CS127 and led in rapid saturation in variety CS133.

Copy Right, IJAR, 2020,. All rights reserved.

Introduction:-

Au Niger, le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] reste la principale légumineuse vivrière et commerciale cultivée (5 millions d'hectares emblavés par an) et consommée par une population à plus de 80% rurale [1]. En plus de son importance dans l'alimentation humaine et animale [2], la commercialisation du niébé représente également 80% de rente [3]. Ce qui fait de la culture du niébé une véritable source de revenus permettant aux exploitants de renforcer leur capacité de résilience à travers une sécurisation alimentaire pendant les périodes de soudure [4].

Le niébé joue également un rôle agro-écologique important. En effet, dans le système de culture sahélien, l'association du niébé aux autres céréales (mil, sorgho...) est devenu un moyen de diversification des cultures et permettant de limiter l'usage des engrais azotés. En effet, en plus sa contribution dans l'amélioration de la fertilité du sol à travers la fixation de l'azote atmosphérique [5], la culture du niébé en association est une voie d'entrée de l'azote pour les autres céréales.

Bien qu'il soit une culture tolérante à la sécheresse, les rendements du niébé au Niger restent faibles (~ 300 kg ha⁻¹; Ehlers and Hall [6]) malgré une hausse de la production essentiellement due à une augmentation des superficies emblavées [7]. Cependant, la hausse de production ne satisfait toujours pas le besoin alimentaire d'une population en forte croissance (3.8 %/an; Banque mondiale [8]). A cela s'ajoute la forte variabilité pluviométrique, le faible niveau de fertilité des sols et les attaques des bioagresseurs [9-10]. Parmi les contraintes biotiques majeures figurent *Striga*

Corresponding Author:- Issoufou Hassane Bil-Assanou

Address:- UMR DAP, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, BP 465, ADS Maradi/Niger.

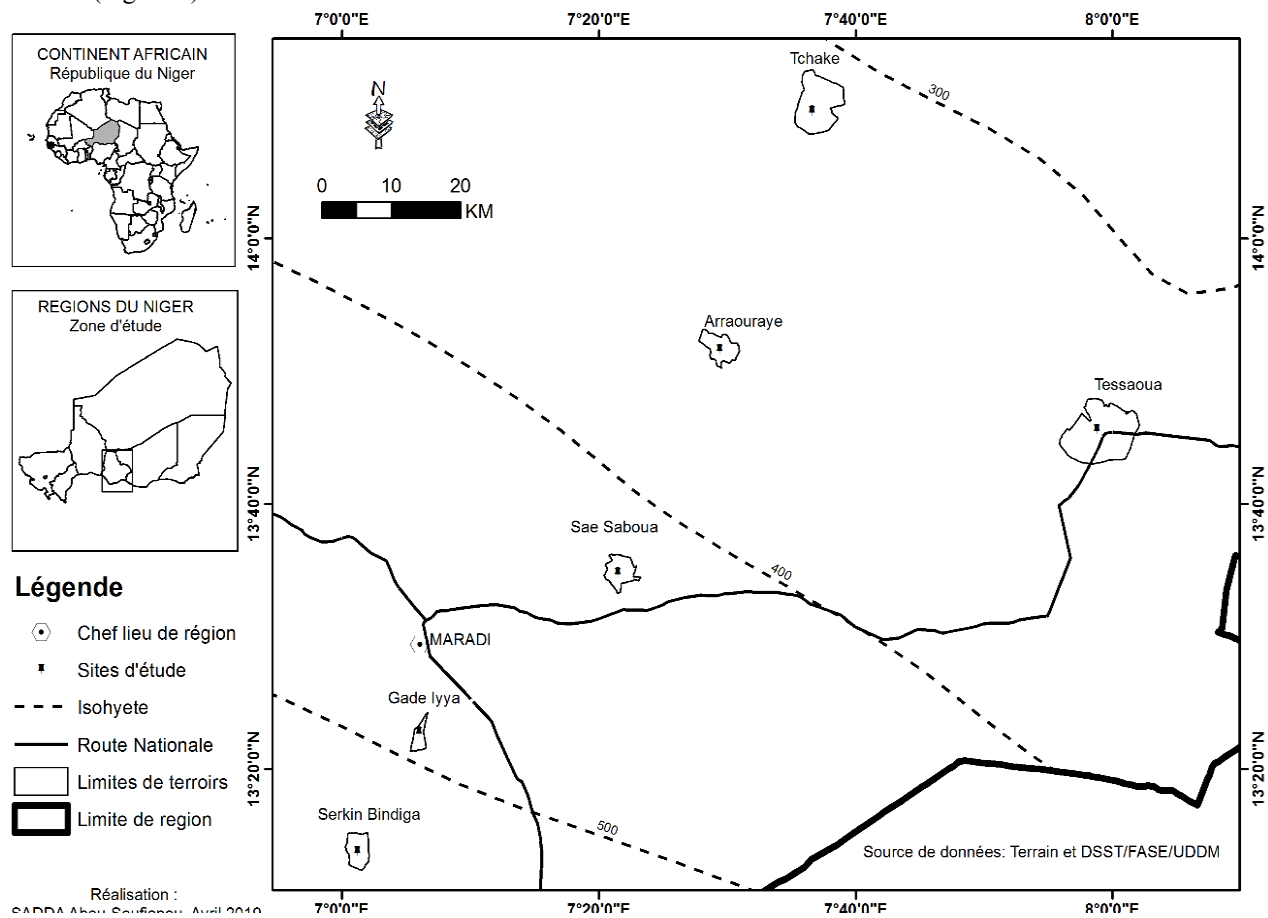
gesnerioides(Willd.) Vatke, un parasite épiphyte obligatoire qui prolifère sur sols sableux légers très pauvres des régions semi-arides amplifiant ainsi l'impact du stress nutritionnel et hydrique sur le niébé[11-12]. En effet, cette plante parasite est une sérieuse menace pour la culture du niébé car elle occupe de plus en plus de surfaces consacrées aux cultures[13-14] et peut provoquer jusqu'à 100% de perte de récolte[15]. Ce parasite épiphyte dépend de son hôte pour le carbone, l'eau et les éléments nutritifs[16-17]. La connaissance des impacts physiologiques de *S. gesnerioides* sur le niébé est cruciale pour la maîtrise de la production.

Les impacts physiologiques[16] et agronomiques [18-21] de l'infestation du *S. gesnerioides* sur le niébé a été documenté. L'introgession des gènes de résistances au *S. gesnerioides*[14] a montré ces limites car plusieurs races de parasites existent dans les agrosystèmes. D'autres parts, les études sur l'impact du *Striga* sur la croissance et la photosynthèse du niébé ont majoritairement été conduites en milieu contrôlé[16]. Les études récentes sur le modèle de niche *Striga*-niébé ont montré que le degré de virulence dépend également de facteurs pédo-climatiques[22]. Cependant les travaux sur le seuil d'attaques provoquant une baisse sensible de performances physiologiques chez le niébé en champs paysans et la prise en compte des variations intersites sont rares. Cette étude a été conduite sur les exploitations paysannes et en fonction de plusieurs contextes agro-pédo-climatiques. Elle entre dans le cadre d'un programme de sélection participative de variétés de niébé double usage (grain et fourrage) et résistantes au *S. gesnerioides* et a pour objectif de connaître le nombre d'attaque du *S. gesnerioides* susceptible de modifier le fonctionnement de la plante.

Matériel et méthodes:-

Sites d'étude:

L'étude a été conduite dans six village-sites répartis le long d'un gradient climatique sud-nord (+500 à -300 mm) représentatifs des différentes zones agro-écologiques de la région de Maradi. Ces sites sont situés dans les terroirs villageois de Gabi (Sarkin Bindiga) et Gade-Iya au sud, Sae-Saboua et Tessaoua au centre et enfin Araourayé et Tchaké au Nord (Figure 1).



Dispositif expérimental en milieu paysan:

Dans chaque village, deux blocs complets de Fisher (Bloc A et Bloc B) ont été installés à raison de 15 parcelles unitaires par bloc, soit au total 30 parcelles notées de P1 à P30 (Figure2). Chaque parcelle unitaire mesurait 9m x 9m ; l'espace entre deux parcelles était de 2 mètres de tous côtés. L'espace entre le Bloc A et le Bloc B fut de 4m. Pour chaque parcelle, il était prévu 10 lignes de 10 poquets chacune avec une distance de 1 m entre poquets et 1 m entre lignes.

Sur chaque site le terrain délimité fut de 66 m de long sur 53 m de large. En longueur, 6 bandes de parcelles de 9 m de côté ont été placées. Les 3 premières bandes sont celles du bloc A ; les 3 dernières celles du bloc B ; un espace de 4 m sépare les deux blocs ; un espace de 2 m sépare les parcelles à l'intérieur d'un même bloc. En largeur, 5 bandes de parcelles de 9 m de côté chacune furent placées ; un espace de 2 m sépare les parcelles.

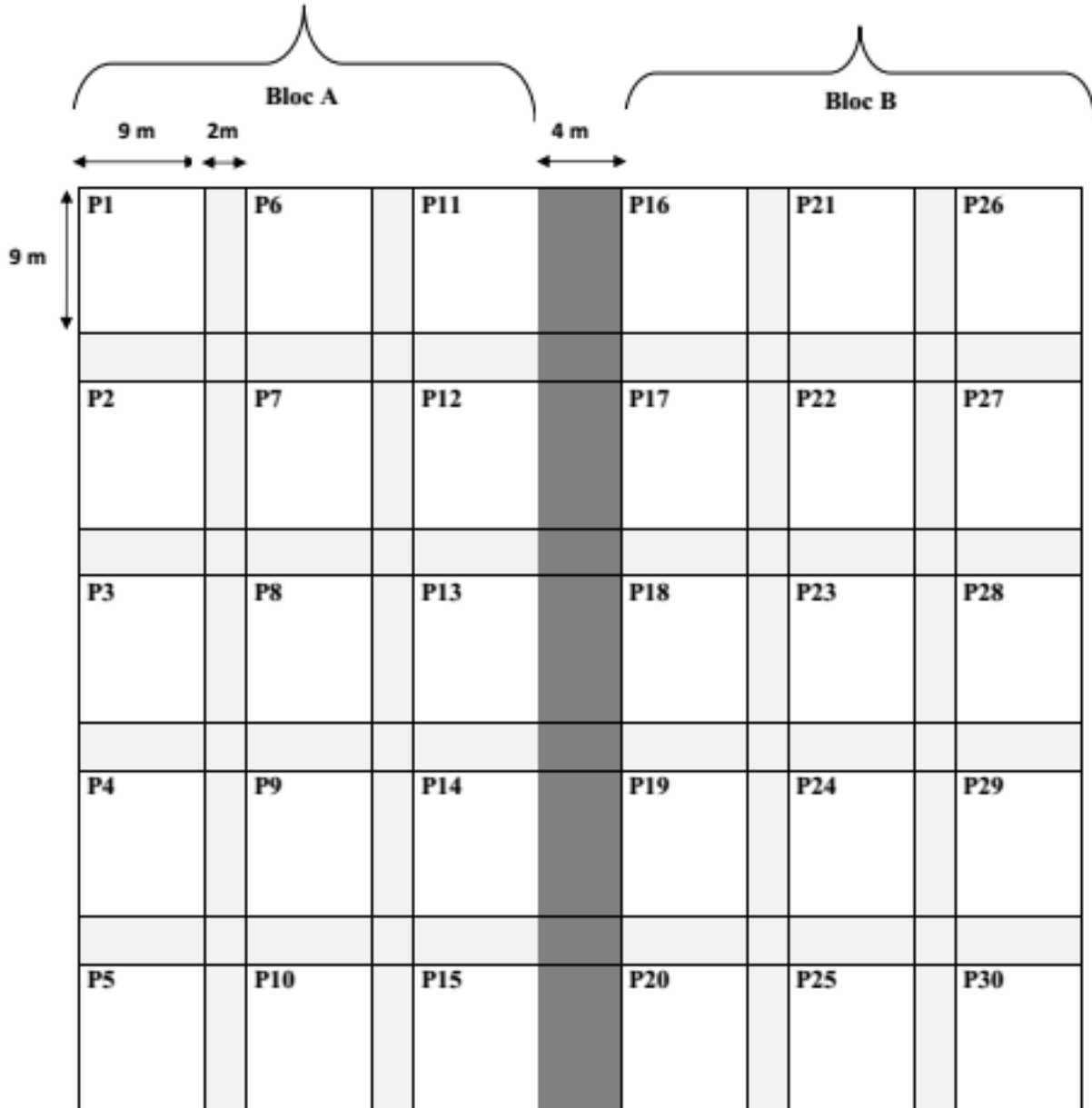


Figure 2:- Schéma du dispositif en milieu paysan.

Matériel biologique:

Un total de 26 variétés a été testé sur les différents sites d'études dont 15 variétés par site (Tableau 1).

Tableau 1:- Table synoptique des variétés de niébé testées sur les six sites de la région de Maradi.

| Variété | Nom local | Araurayé | Gabi | Gade Iya | SayéSaboua | Tessaoua | Tchaké | Statut |
|---------|-----------------|----------|------|----------|------------|----------|--------|---------|
| CS001 | Dan Gondalé | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | control |
| CS009 | Gnagaou | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | control |
| CS012 | DoungouriKoirey | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | essai |
| CS013 | DoungouriBéri | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | essai |
| CS014 | Doungouri Béro | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | essai |
| CS030 | DoungouriKoirey | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | essai |
| CS031 | Kékolo | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | control |
| CS032 | Bahauché | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | essai |
| CS039 | Dan Gnagaou | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | essai |
| CS044 | DoungouriKirey | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | essai |
| CS048 | Dan Bauchi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | essai |
| CS052 | Dan Wastasta | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | essai |
| CS093 | IT 99K-573-1-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | essai |
| CS095 | IT 97K-499-35 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | essai |
| CS097 | IT 90K-277-2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | essai |
| CS099 | IT 02K-292-10 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | essai |
| CS110 | IAR-09-1050 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | essai |
| CS111 | SAMPEA-15 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | essai |
| CS125 | IT99K5731-1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | essai |
| CS126 | IT89KD | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | control |
| CS127 | IT90K372-1-2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | control |
| CS129 | KVX 30-309-G | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | essai |
| CS131 | Imètre | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | essai |
| CS133 | Lakkadé | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | control |
| CS134 | ISV128 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | essai |
| CS135 | TN 5-78 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | essai |
| Total | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | |

Traits fonctionnels:

La contenance relative chlorophyllienne (CRC) et le flux linéaire d'électron (LEF) ont été mesurés à l'aide d'un MultiSpeQ (<https://photosynq.org> ; Photo 1 ; Kuhlger et al. [23]).

Afin de déterminer le nombre d'attaques qui impacterait sur l'activité photosynthétique du niébé, les mesures ont concerné l'ensemble des variétés à l'essai. Ensuite, le choix a porté sur les variétés qui se répètent sur les 6 sites pour voir l'impact du Striga sur les paramètres photosynthétiques tout en prenant en compte l'effet « site ».

**Photo 1:-** Mesure aux champs avec le MultispeQ V1.0

Traitement et analyse des données:

Le niveau de saturation des différentes variétés en fonction de l'attaque du *S. gesnerioides* ont été évaluées à partir de la relation polynomiale entre le flux linéaire des électrons (LEF) et le rayonnement photosynthétique actif (PAR). Chez toutes les variétés regroupées, une classification a été réalisée en fonction du nombre d'émergence du *Striga* par plant. Ainsi, 4 classes ont été définies : [0] ; [1-3] ; [4-5] ; [6-+]. Une analyse de variance à un facteur, suivi du test de comparaison par pair HSD de Tukey, a été réalisée pour déterminer le nombre d'attaques qui peut avoir un impact sur la contenance chlorophyllienne à l'aide du logiciel R (v 3.5.2).

Résultats:-

Variation des traits du pool de variétés en fonction de l'attaque du *S. gesnerioides*

La figure 3 montre la variation de la contenance relative chlorophyllienne (CRC) des différentes variétés en fonction du taux d'attaque du *S. gesnerioides* autour du plant mesuré. La CRC a diminué lorsque le nombre d'attaques du *S. gesnerioides* autour du poquet a dépassé 5 ($F = 67.38$; $P < 0,0001$) et la CRC n'a pas varié significativement pour les classes d'attaques de 0, de 1 à 3 et entre 4 et 5 attaques (figure 4).

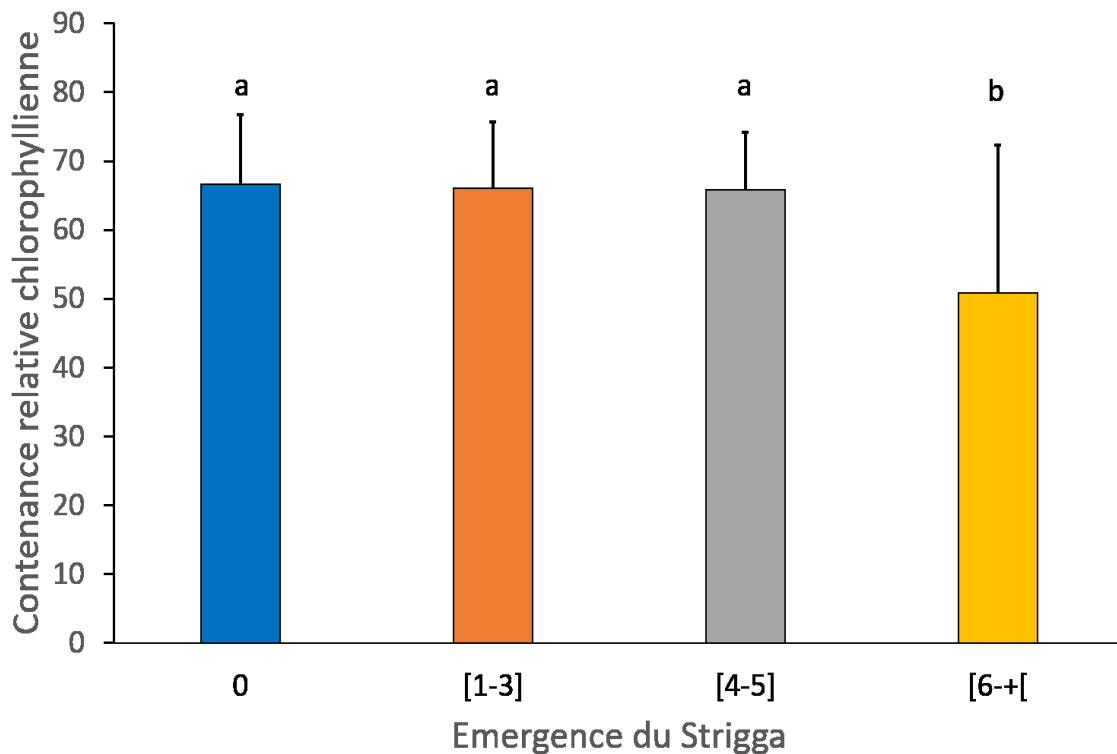


Figure 3:- Variations de la contenance relative chlorophyllienne du pool de variétés en fonction du taux d'attaque du *S. gesnerioides*

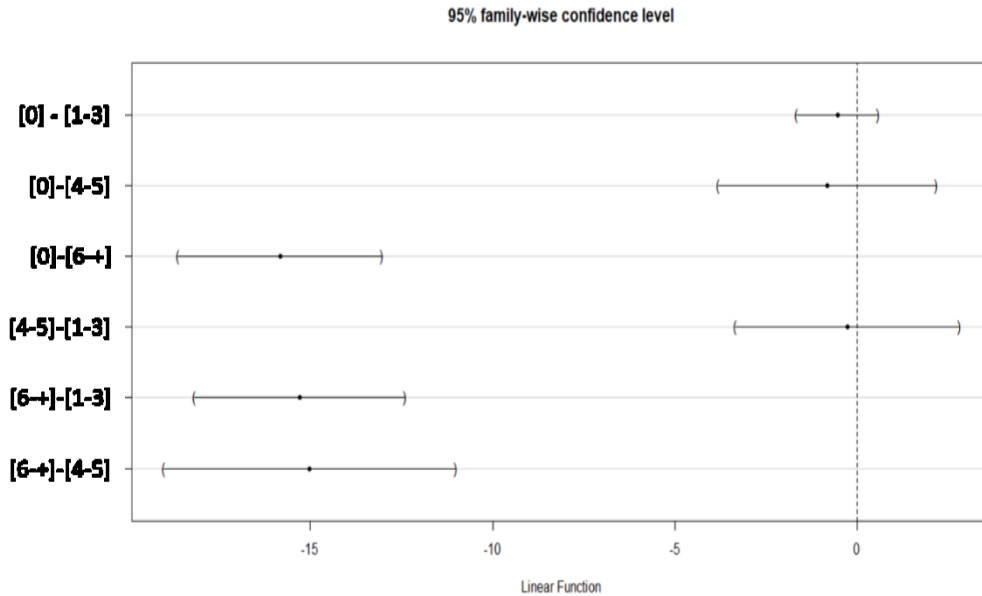


Figure 4:- Résultat du test de comparaison HSD de Tukey au seuil de de l'intervalle de confiance de 95%
 La variation de la courbe de saturation LEF*PAR en fonction du taux d'attaque du *S. gesnerioides* est indiquée par la figure 5. Les courbes de saturation sont décrites par une fonction polynomiale ($y = -ax^2 + bx + c$). De même, la courbe de saturation LEF*PAR est légèrement plus élevée lorsque les plantes n'ont pas présenté d'attaque visible de *S. gesnerioides* par rapport à celles qui ont été attaquées.

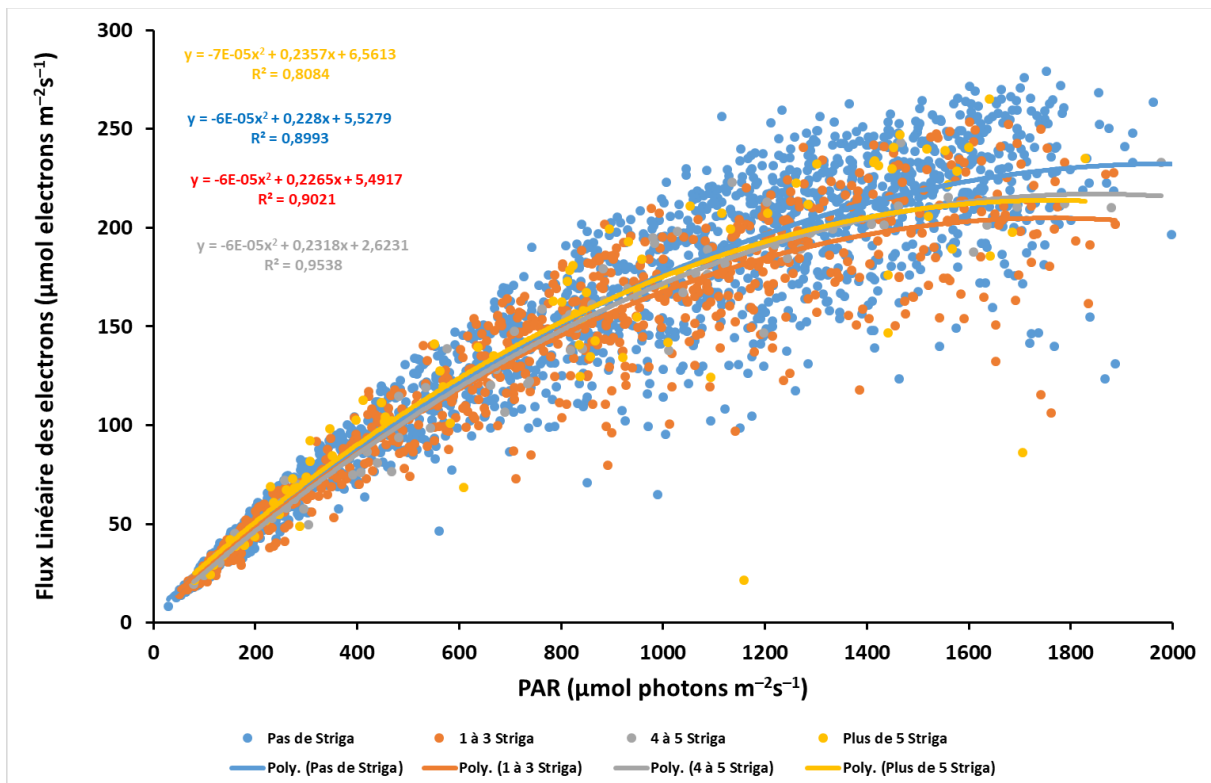


Figure 5:- Variations de la courbe de saturations LEF*PAR en fonction du taux d'attaque du *S. gesnerioides*.

Variation des traits des variétés communes au sites en fonction l'attaque du *S. gesnerioides*

La figure 6 indique les effets du *Striga* sur la CRC des différentes variétés communes aux sites. Le tableau 2 résume le test d'analyse de variance sur la CRC en fonction de l'attaque du *Striga*. Les résultats ont révélé une différence non significative de CRC pour les variétés dans les deux cas (attaqués et non attaqués) pour ce qui est des variétés CS009 (fig.6b), CS031 (fig.6c), CS126 (fig.6d) et CS133 (fig.6f). Toutefois, il existe une différence significative entre la CRC des variétés attaquées et non attaquées pour CS001 et CS127.

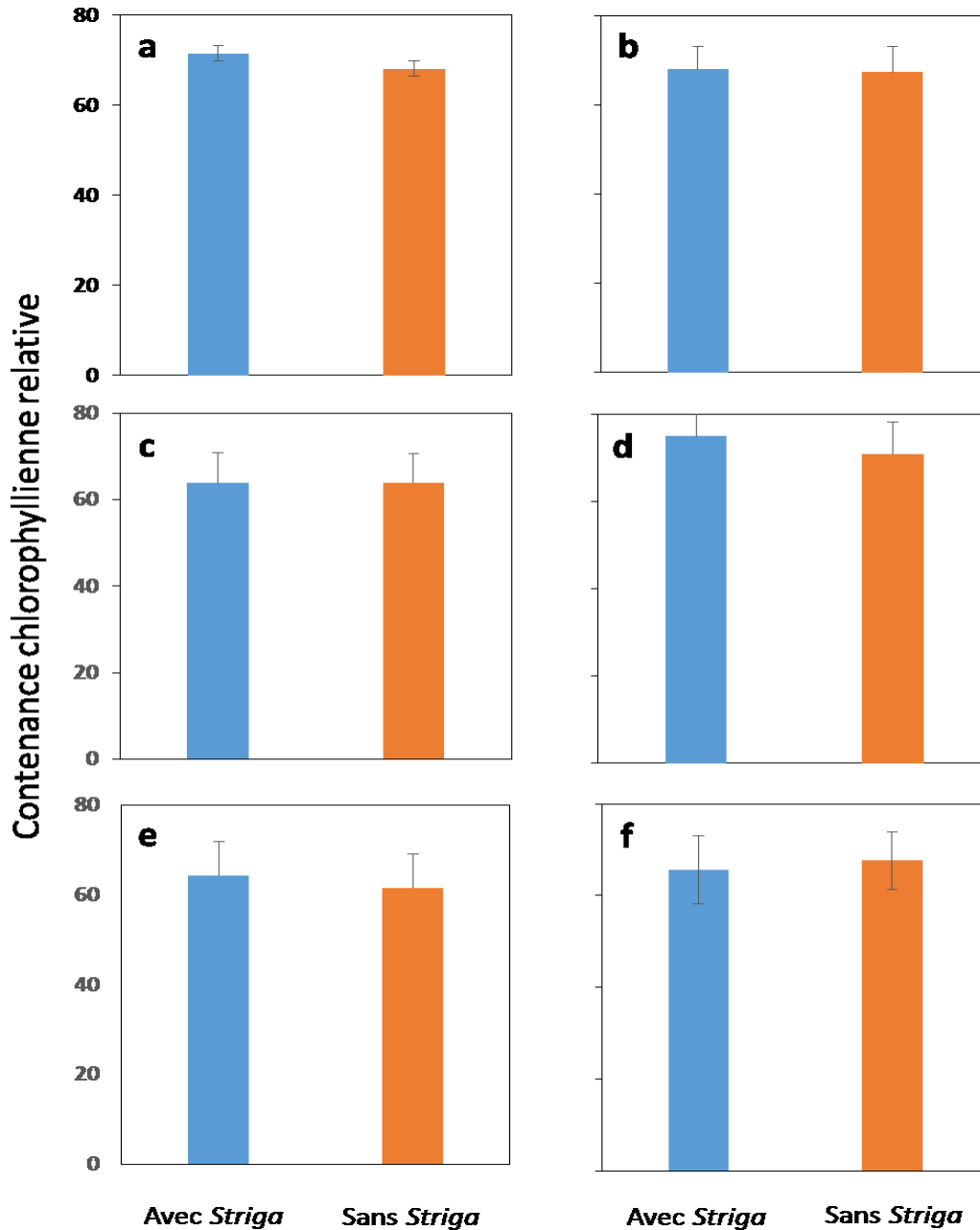


Figure 6:- Variation de la contenance relative chlorophyllienne des variétés communes aux sites en fonction de l'attaque ou non du *S. gesnerioides* (a : CS001 ; b : CS009 ; c : CS031 ; d : CS126 ; e : CS127 ; f : CS133).

La figure 7 montre les variations des courbes de saturation des variétés en fonction de l'attaque ou non du *Striga*. Les courbes de saturation sont décrites par des fonctions polynomiales qui présentent plus de 80% de la variabilité expliquée (R^2 varie de 0,8 à 0,9). En effet, les photosystèmes ont saturé plus vite lorsque les variétés sont attaquées sauf chez la variété CS133 (fig.7f).

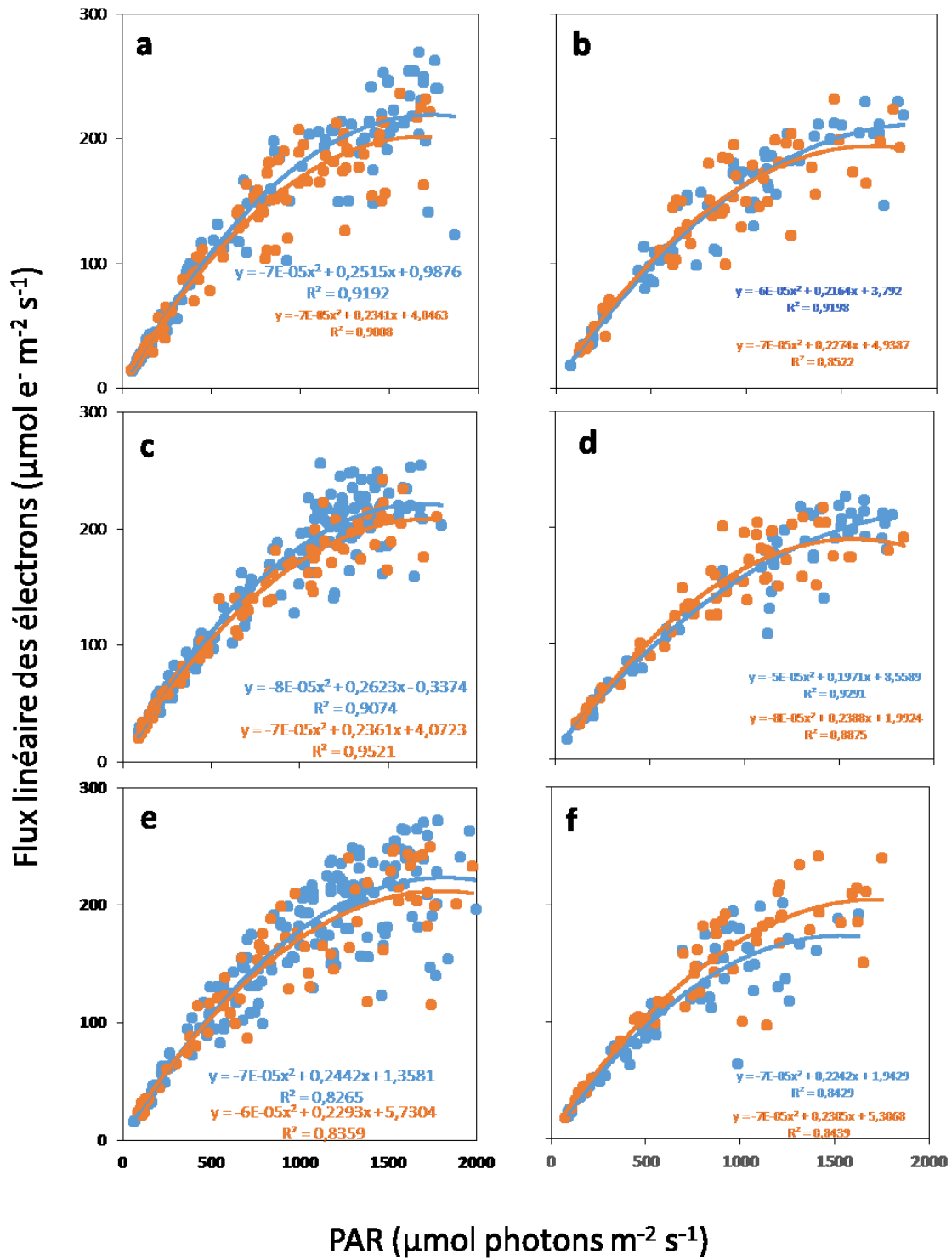


Figure 7:- Variation de la courbe de saturation des variétés communes aux sites en fonction de l'attaque ou non du *S. gesnerioides* (a : CS001 ; b : CS009 ; c : CS031 ; d : CS126 ; e : CS127 ; f : CS133).

Tableau 2:- Résultats de l'analyse de variance à un facteur pour tester la différence de la contenance relative chlorophyllienne pour les variétés attaquées et non attaquées.

| Variété | F-value | Pr(>F) |
|---------|---------|--------|
| CS001 | 6,504 | 0,011* |
| CS009 | 0,002 | 0,964 |
| CS031 | 3,828 | 0,052 |
| CS126 | 0,224 | 0,637 |
| CS127 | 5,648 | 0,019* |
| CS133 | 1,609 | 0,207 |

Discussion:-

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet du degré de parasitisme du *Striga* sur l'efficacité photosynthétique des variétés de niébé. Les résultats ont montré une diminution très significative de la contenance chlorophyllienne à partir de 6 émergences de *S.gesnerioides* par plante de niébé. En effet, comme plante parasite, *S. gesnerioides* prélève chez l'hôte divers éléments minéraux et composés organiques [24] et lui impose un stress hydrique et nutritionnel aboutissant à une forte diminution de la chlorophylle [25]. Cependant dans une expérimentation en serre chez le maïs, une plante en C4, Aflakpui [26] a montré une augmentation de la concentration de la chlorophylle foliaire des plants infectés. Chez certaines espèces, le stress hydrique imposé aux plantes par le parasite entraîne une augmentation de la concentration de la chlorophylle.

Les résultats ont montré que le photosystème est plus efficace lorsqu'il n'y a aucune émergence de *S. gesnerioides*. En effet, l'acquisition des solutés de la plante par le parasite réduirait la production de protéines photosynthétiques et de pigments. Bien qu'étant pourvu des feuilles vertes, *S.gesnerioides* n'est pas pleinement fonctionnel sur le plan photosynthétique [27]. Hibberd et al. [16] ont trouvé des taux de photosynthèse nettement moins élevés que ceux des témoins niébé non infectés par *S. gesnerioides*. Graves et al. [28] et Thalouarn et Fer [29] ont trouvé, respectivement chez le mil et le sorgho infectés par *S. hermonthica*, des taux nets photosynthétiques plus élevés chez les plants non infectés par rapport à ceux infectés. Un effet marqué du *S. hermonthica* a été aussi observé sur la photosynthèse des variétés de maïs (H511) et de sorgho (CK60) cultivés en champ par Gurney et al. [30].

La compréhension de l'impact physiologique du parasitisme de *S. gesnerioides* sur niébé sur une échelle large recoupant plusieurs contextes agroécologiques permettrait une gestion efficace de l'infestation. Les résultats ont montré que la contenance relative chlorophyllienne et la courbe de saturation des variétés communes aux sites a montré des réponses diversifiées. Toutefois, la CRC des variétés CS009, CS036, CS126 et CS133 est restée indifférente face à l'attaque du parasite. Dans un essai au champ au Kenya sur deux cultivars de sorgho, Gurney et al. [30] ont montré que l'infestation au *S. hermonthica* a provoqué plus de baisse de taux de photosynthèse chez le cultivar « Ochuti » que chez « CSH-1 ». En comparant l'effet de l'infestation du *S. asiatica* chez trois cultivars de maïs au champ en Tanzanie, Gurney et al. [31] ont montré que la photosynthèse est plus élevée chez le cultivar « Staha » que chez « TMV-1 » et « Katumani ».

Conclusion:-

L'approche multi-site a permis de montrer que le parasitisme du *S. gesnerioides* a un impact fonctionnel sur le niébé et qui devient plus significatif lorsque l'émergence du parasite dépasse le nombre de cinq par plant. Le parasitisme du *S. gesnerioides* a entraîné une forte diminution de la contenance chlorophyllienne chez certaines variétés (CS001 et CS127) tandis qu'il a entraîné une saturation rapide du photosystème chez la plupart des variétés (CS001, CS009, CS031, CS126, CS127).

Références citées:-

1. Halilou O (2016). Effet de la sécheresse sur la reproduction et réponses physiologiques de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) et le niébé (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). Thèse. Université Abdou Moumouni, Niger, 181 p.
2. Dugje IY, Omoigui LO, Ekeleme F, Kamara AY et Ajeigbe H. (2009). Production du niébé en Afrique de l'Ouest: Guide paysan. IITA, Ibadan 2009. p. 20.
3. MAG. (2012). Rapport d'évaluation préliminaire des récoltes 2011 et résultats provisoires campagne agricole 2011/2012. Rapport d'évaluation, Niger, 34 p.

4. Kenyi JE, Garang J, Binyason SAK, Mach DM, Buny AA, D'raga WM. (2020). Reviewing *Striga*, its economic importance and management practices. Journal of Contemporary Scientific Research 4, no. 4 : 2209-0142.
5. Bado BV. (2002). Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Université Laval, Canada, 184 p.
6. Ehlers JD and Hall AE. (1997). Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Field Crops Research, 53, (1), 187-204, 10.1016/S0378-4290(97)00031-2.
7. Guengant JP et Banoïn M. (2003). Dynamique des populations, disponibilités en terres et adaptation des régimes fonciers: le Niger. Pub. FAO-CICRED, Rome (ITA), Paris, 142 pp.
8. Banque mondiale. (2018). <https://donnees.banquemondiale.org/pays/niger?view=chart>. Consulté le 09 décembre 2020.
9. Gressel J, Hanafi A, Head G, Marasas W, Obilana B, Ochanda J, Souissi T. and Tzotzos G. (2003). Major heretofore intractable biotic constraints to African food security that may be amenable to novel biotechnological solutions. Crop Protection 2003. p. 661-689.
10. Adegbite AA, & Amusa NA. (2008). The major economic field diseases of cowpea in the humid agro-ecologies of South-Western Nigeria. African Journal of Biotechnology 7(25): 4706-4712.
11. Hoffmann G, Diana C, Ba I et Derribe D. (1997). Les espèces parasites des herbacées, biologie et impact, étude au Mali. Agriculture et développement 1997 : 29-51.
12. Poda SL. (2016). Phenotyping of *Striga gesnerioides* (Willd.) and *Megalurothripsjostedti* (Trybom) resistance in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) population in northern Ghana. Master of philosophy in plant breeding. Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana, 96 p.
13. Bouwmeester HJ, Matusova R, Zhongkui S and Beale MH. (2003). Secondary metabolite signalling in host-parasitic plant interactions. Current Opinion in Plant Biology 6: 358-364.
14. Salifou M. (2015). Breeding cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] for striga [*Striga gesnerioides* (Wild.) vatke.] resistance using marker-assisted selection in Niger. Phd thesis. West Africa Centre for Crop Improvement. College of basic and applied sciences University of Ghana. Legon. 156p.
15. Thalouarn P, MC Arnaud, C Théodet & L Rey (1991). Cytological, biochemical and genetic aspects of carbon fixation in *Striga hermonthica* and *Striga gesnerioides*. In: Ransom JK, LJ Musselman, AD Worsham, & C Parker (eds). Proceedings of the 5th International Symposium on Parasitic Weeds. CIMMYT, Nairobi, Kenya, pp. 51-57.
16. Hibberd JM, Quick WP, Press MC and Scholes JD. (1996). The influence of the parasitic angiosperm *Striga gesnerioides* on the growth and photosynthesis of its host, *Vigna unguiculata*. Journal of experimental Botany 47, (297): 507-512.
17. Yasuda N, Sugimoto Y, Kato M and Yoneyama K. (2002). Strigol, a witchweed seed germination stimulant, from *Menispermum dauricum* root culture. Phytochemistry 62: 1115-1119.
18. Emechebe AM, Ellis-Jones J, Schulz S, Chikoye D, Douthwaite B, Kureh I, Tarawali G, Hussaini MA, Kormawa P, Sanni A. (2004). Farmers' perception of the striga problem and its control in northern Nigeria Experimental Agriculture 40(02):215 - 232.
19. Omoigui OL, Kamara AY, Ishiyaku MF and Boukar O. (2007). Comparative responses of cowpea breeding lines to *Striga* and *Alectra* in the dry savanna of northeast Nigeria. African Journal of Agricultural Research Vol. 7(5):747-754.
20. Djilé B, Miafo APT, Djodda J, Boukar O and Sobda G. (2015). Evaluation de la résistance à l'adventice parasite, *Striga gesnerioides* des variétés exotiques de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] cultivées au Cameroun. International Journal of Innovation and Applied Studies, 12: 982-990.
21. Omoigui OL, Kamara AY, Alunyo GI, Bello LL, Oluoch M, Timko MP, Boukar O. (2017). Identification of new sources of resistance to *Striga gesnerioides* in cowpea *Vigna unguiculata* accessions. Genet Resour Crop Evol 64:901-911.
22. Sadda AS, Nouhou SJ, Issoufou HB-A, Karim S, Saidou AA, Oumarou MI and Diouf A. (2018). Modélisation Prédictive d'un parasite des variétés du niébé au Niger : Cas du *Striga gesnerioides*. Communication présentée à la 2^{ème} rencontre francophone sur les légumineuses le 17 et 18 Octobre 2018. Toulouse, France.
23. Kuhlger S., Austic G., Zegarac R., Osei-Bonsu I., Hoh D., Chilvers M.I., Roth M.G., Bi K., Teravest D., Weebadde P. et Kramer D.M. (2016). MultispeQ Beta: A Tool for Large-Scale Plant Phenotyping Connected to the Open PhotosynQ Network. Royal Society Open Science 3 (10), 160592, 10.1098/rsos.160592.
24. Dubé M-P et Olivier A. (2001). Le *Striga gesnerioides* et son hôte, le niébé : interaction et méthodes de lutte". Canadian Journal of Botany 79(10):1225-1240. DOI: 10.1139/b01-082.

25. Press MC, Tuohy J and Stewart GR. (1987). Gas Exchange Characteristics of the *Sorghum-Striga* Host-Parasite Association. *Plant Physiology* 1987. p. 814-819.
26. Aflakpui GKS, (2001). Bundle sheath leakiness in relation to decreased photosynthesis in maize infected with *Striga hermonthica*. *Ghana Journal of Science* (41): 3-14.
27. Wolfe AD and Depamphilis CW. (1998). The effect of relaxed functional constraints on the photosynthetic gene *rbcL* in photosynthetic and nonphotosynthetic parasitic plants. *Mol. Biol. Evol* 15 (10):1243 - 1258.
28. Graves JD, Wylde A, Press MC and Stewart GR. (1990). Growth and carbon allocation in *Pennisetum typhoides* infected with the parasitic angiosperm *Striga hermonthica*. *Plant, Cell and Environment* 13: 367-373.
29. Thalouarn P et Fer A. (1993). Le Striga, un ravageur des cultures vivrières: le point sur les connaissances récentes et sur les méthodes de lutte. *Cahier agriculture* 1993 (2): 167-182.
30. Gurney AL, Press MC and Ransom JK. (1999). Infection Time and Density Influence the Response of *Sorghum* to the Parasitic Angiosperm *Striga hermonthica*. *Journal of Experimental Botany* 143: 573-580.
31. Gurney AL, Taylor A, Mbwaga A, Scholes JD and Press MC. (2002). Do maize cultivars demonstrate tolerance to the parasitic weed *Striga asiatica*? *Weed Research* 42 : 299-306.