

## Développement des variétés du mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] résistantes au mildiou [*Sclerospora graminicola* (Sacc) Schroët] pour les zones sahéliennes

KASSARI ANGO Issoufou<sup>1</sup>, HALILOU Hayyo<sup>1</sup>, KARIMOU Issa<sup>1,\*</sup>, ABDOU SOULE Iliasou<sup>1</sup>, LAOUALI IBRAHIMHamzatou<sup>1</sup>

<sup>1</sup>: Institut National de Recherche Agronomique du Niger (INRAN), Centre Régional de Recherche Agronomique de Maradi (CERRA/Maradi)

**Résumé :** Le mil est une culture importante en Afrique subsaharienne. Malgré cette importance, sa production se trouve entravée par diverses contraintes parmi lesquelles figure le mildiou du mil. L'objectif de cette étude est de développer des variétés résistantes ou tolérantes au mildiou dans la zone sahélienne. 136 lignées issues de croisement entre la variété Souna3 et la variété Tiouma ont été testées pour leur résistance au mildiou et la perte d'épis due à cette maladie en station expérimentale du CERRA de Maradi. Ces lignées se sont comportées différemment au mildiou. 94 lignées soit 69% se sont révélées hautement résistantes, 34 lignées soit 25% étaient modérément résistantes et 8 lignées soit 6% étaient sensibles au mildiou. 106 lignées ont enregistré une perte d'épis inférieure à 5%, 7 lignées avaient une perte d'épis inférieur à 10%, 15 lignées avec une d'épis inférieure à 25% et seulement 8 lignées ont une perte d'épis supérieure à 25%. Il y a une corrélation positive entre la perte d'épis et la pression du mildiou. L'étude a donné un aperçu complet des lignées pour leur résistance au mildiou. Ces résultats permettent d'atteindre les objectifs de développer des matériel résistants au mildiou.

**Mots Clés :** Mil, mildiou, lignées, résistance

**Abstract:** Pearl Millet is an important crop in sub-Saharan Africa. Despite this importance, its production is hampered by various constraints, including downy mildew. The objective of this study is to develop pearl millet varieties resistant or tolerant to downy mildew in the Sahelian zone. 136 lines resulting from a cross between Souna3 variety and Tiouma variety were tested for their resistance to downy mildew and head loss due to this disease at the CERRA Maradi experimental station. These lines behaved differently in downy mildew. 94 lines or 69% were found to be highly resistant, 34 lines or 25% were moderately resistant and 8 lines or 6% were susceptible to downy mildew. 106 lines recorded a loss of heads of less than 5%, 7 lines had a loss of heads of less than 10%, 15 lines with a loss of heads less than 25% and only 8 lines had a loss of heads of more than 25%. There is a positive correlation between head loss and downy mildew pressure. The study provided a comprehensive overview of the lines for their resistance to downy mildew. These results make it possible to achieve the objectives of developing material resistant to downy mildew.

**Key Words:** Pearl millet, downy mildew, lines, resistance

Date of Submission: 10-07-2021

Date of Acceptance: 26-07-2021

### I. Introduction

Le mil est une culture alimentaire de base dans les régions arides et semi-arides d'Afrique et d'Asie [1]. En Afrique de l'Ouest, la culture du mil s'étend sur plus de 12 millions d'hectares. Au Niger, avec plus 75% de production du pays, le mil occupe la première place des céréales produites et consommées [2], [3]. Malgré cette importance, le rendement du mil est faible, de l'ordre de 450 kg / ha en milieu paysan [4]. Ce faible rendement est dû d'une part, par le déficit hydrique et la faible fertilité des sols [3], [5] et d'autre part, par l'utilisation des variétés locales à faible rendement et sensibles aux maladies [6].

Parmi, les maladies, celles qui causent plus des dégâts dans la production du mil sont les maladies fongiques [7] dont le dommage est compris entre 20 et 100%. Le mildiou causé par un champignon, *Sclerospora graminicola* Sacc. Schroët est la maladie fongique du mil la plus importante en Inde et en Afrique de l'Ouest [7],[8]. C'est une maladie hautement destructrice qui peut occasionner des pertes de rendement de l'ordre de 20 à 40% [1], [9]. Le champignon attaque la plante dès le stade plantule ([infestation primaire](#)), puis au cours du [développement de la plante \(infestation secondaire\)](#), par les feuilles, la tige et l'épi. La maladie se caractérise par la transformation partielle ou totale de l'épi en organes foliacés ou la mort totale de la plante [10]. Plusieurs études ont été réalisées sur les méthodes de contrôle du mildiou du mil tant qu'en Afrique qu'en Inde. Ses

études ont trait sur l'utilisation du fongicide avant le semis [11], [12], [13], l'arrachage des plants infestés et l'utilisation des variétés résistantes [14], [15], [16].

Pour le développement des variétés résistantes ou tolérantes au mildiou du mil, plusieurs méthodes de criblage sont utilisées pour identifier les meilleures lignées de variétés telles que la culture au serre, le champ infesté, etc [14], [17].

L'objectif général de cette étude est de développer des variétés résistantes ou tolérantes au mildiou du mil dans la zone sahélienne. De manière spécifique, l'étude vise d'une part, à cribler des lignées ~~de variétés~~ du mil en vue d'évaluer leur réponse face au mildiou, et d'autre part, évaluer la perte de l'épi due au mildiou du mil.

## II. Matériel Et Methodes

### 2.1. Site Expérimental

L'étude a été menée en station expérimentale du Centre Régional de Recherche Agronomique de Maradi (CERRA/Maradi) située à une altitude de 380 m entre 13°27' de latitude Nord et 7°6' de longitude Est [18]. ~~L'essai a été conduit sur le site de la section phytopathologie.~~ Le sol est de texture sablonneuse avec un faible niveau de fertilité. Le climat de la zone est de type sahélo-soudanienne caractérisé par une longue saison sèche d'Octobre à Mai et une saison pluvieuse de Juin à Septembre. Les précipitations varient entre 350 et 650 mm de pluie par an [19].

### 2.3. Matériel Végétal

Le matériel végétal est composé de 136 lignées issues de croisement de la variété Souna3 avec la variété Tiouma en saison pluviale 2020. Ces lignées sont regroupées en 12 familles : P1 : 6 lignées, P2 : 8 lignées, P3 : 3 lignées, P4 : 8 lignées, P5 : 5 lignées, P6 : 32 lignées, P7 : 10 lignées, P8 : 26 lignées, P9 : 17 lignées, P10 : 2 lignées, P11 : 7 lignées et P12 : 12 lignées. Chaque lignée constitue un traitement ce qui fait 136 traitements au total.

### 2.4. Dispositif Expérimental

Le dispositif expérimental est un carré latin avec deux répétitions séparées de 1,6 m. La parcelle élémentaire est composée d'une ligne de 7 poquets avec un écartement de 0,4 m entre les poquets. L'écartement entre les parcelles est de 0,8 m. Après 4 lignes des lignées (entrées), s'intercale une ligne infectante d'une variété sensible (la variété 7042) au mildiou.

### 2.5. Collecte Des Données

Les données relatives à l'incidence, la sévérité du mildiou et la perte de l'épi due au mildiou sont collectées. L'incidence du mildiou est déterminée par la formule de [20] :

$$\text{Incidence (\%)} = \frac{\text{Nombre de poquets atteints}}{\text{Nombre total de poquets}} \times 100$$

La sévérité d'attaque du mildiou est déterminée par la formule contractée de [21]:

$$\text{Sévérité (\%)} = \frac{\sum_{i=1}^5 ni (i-1)}{N \times 4} \times 100$$

Où  $i$  est la catégorie de l'échelle variant de 1 à 5.

$i = 1$  : Pas de symptômes ;

$i = 2$  : Symptômes uniquement sur les talles nodales ;

$i = 3$  : Symptômes sur les talles principales mais plus de 50% des épis ne sont pas atteints ;

$i = 4$  : Symptômes sur les talles principales avec plus de 50% des épis atteints ;

$i = 5$  : Toutes les talles sont atteintes de sorte qu'il n'y ait pas des épis productifs.

$Y_i$  = Nombre de plants infestés de la catégorie  $i$  considérée ;

$N$  : Nombre total de plants observés.

La perte de l'épi due au mildiou du mil est exprimée ~~par~~ la formule suivante :

$$\text{Perte (\%)} = \frac{\text{Nombre d'épis détruits}}{\text{Nombre total d'épis}} \times 100$$

L'appréciation du comportement des lignées testées face au mildiou du mil a été effectuée suivant l'échelle de notation de [22] basée sur l'incidence de la maladie: 0-5% = Hautement Résistant (HR), 5-10% = Résistant (R), 10-25% = Modérément Résistant (MR), 25-50% = Modérément sensible (MS), 50-80% = Sensible (S), >80% = Hautement sensible (HS).

### 2.6. Analyse De Données

Les données collectées ont été saisies sur Microsoft Office Excel 2013, traitées et soumises à l'analyse de variance (ANOVA) à un facteur (lignée). Les moyennes ont été comparées par le test de Student Newman-Keuls au seuil  $\alpha = 5\%$ . Le logiciel GenStat 14<sup>ème</sup> édition a été utilisé pour faire ces analyses. Les tableaux ont été construits avec le tableur Excel en utilisant les moyennes.

### III. **Resultats****Résultats**

#### 3.1. Analyse De Variance De L'incidence, La Sévérité Et La Perte D'épis Due Au Mildiou Du Mil

L'analyse de variance des paramètres mesurés montre une différence significative au seuil de 1% ( $P < 0,01$ ) entre les différentes lignées testées avec une moyenne générale de 6,82%, 4,28% et 5,28% respectivement pour l'incidence, la sévérité et la perte d'épis due au mildiou (Tableau 1).

**Tableau N°1:** Analyse de variance de l'incidence, la sévérité du mildiou et la perte d'épis due au mildiou

Facteur	D.F	Incidence		Sévérité		Perte d'Epis	
		F	P (>F)	F	P (>F)	F	P (>F)
Lignées	135	7,82	<.001**	7,85	<.001**	7,84	<.001**
Moyenne (%)		6,82		4,28		5,28	

#### 3.2. Appréciation Du Comportement Des Lignées Face Au Mildiou Du Mil

Le tableau 2 illustre le résultat d'étude de comportement de lignées testées face au mildiou du mil. Ainsi 69% de lignées ont une incidence du mildiou comprise entre 0 et 5% et sont déclarées hautement résistantes (HR) ; 25% des lignées sont modérément résistantes (MR) avec une incidence de 10 à 25%, 7% des lignées sont modérément (MS) avec une incidence variant de 25 à 50% et seulement 1% des lignées testées se sont révélées sensibles (S) dont l'incidence est comprise entre 50 et 80%. Toutes les lignées de la famille P1, P3, P4, P5, P6, P7 et P10 sont révélées résistantes. Tandis que les familles P2, P8, P9, P11 et P12 ont présenté des lignées sensibles et des lignées résistantes au mildiou (Tableau 2).

**Tableau N°2:** Appréciation des lignées face au mildiou sur la base de l'incidence (%)

Familles	Nombre de lignées			
	HR= [0 ; 5[	MR = [10 ; 25[	MS = [25 ; 50[	S = [50 ; 80[
P1	3	3	0	0
P2	6	1	0	1
P3	2	1	0	0
P4	7	1	0	0
P5	3	2	0	0
P6	23	9	0	0
P7	9	1	0	0
P8	17	6	3	0
P9	9	6	2	0
P10	1	1	0	0
P11	5	1	1	0
P12	9	2	1	0
Total	94	34	7	1
Pourcentage	69%	25%	5%	1%

HR=Hautement résistante; MR=Modérément résistante; MS=Modérément sensible; S=Sensible

#### 3.3. Sévérité D'attaque de La Maladie Du Mildiou Du Mil Sur Les Lignées Testées

Les moyennes d'analyse de variance (ANOVA) de 136 lignées testées ont été regroupées en cinq (5) groupes selon le degré de sévérité du mildiou (Tableau 3). 104 lignées soit 76% ont une sévérité d'attaque de 0 à

5%, 13 lignées soit 10% ont une sévérité comprise entre 5 et 10%, 13-15 lignées soit 11% avaient une sévérité de 10 à 25% et 4 lignées soit 3% avaient une sévérité du mildiou supérieure à 25%. Toutes les lignées de la famille P1, P3, P4, P5, P6, P7, P10 et P12 ont enregistré une sévérité d'attaque du mildiou inférieure à 25%. Par contre certaines des familles P2, P8, P9 et P11 renferment aussi bien des lignées qui ont enregistré une sévérité inférieure à 25% que celle qui ont une sévérité du mildiou supérieure à 25% (Tableau 3).

**Tableau N°3: Sévérité (%) du mildiou des lignées par famille**

Familles	Nombre de lignées dont la sévérité est comprise dans l'intervalle				
	[0 ; 5[	[5 ; 10[	[10 ; 25[	[25 ; 50[	[50 ; 80[
P1	4	0	2	0	0
P2	6	0	1	0	1
P3	3	0	0	0	0
P4	7	1	0	0	0
P5	3	1	1	0	0
P6	25	4	3	0	0
P7	10	0	0	0	0
P8	20	3	2	1	0
P9	11	0	5	1	0
P10	1	1	0	0	0
P11	5	1	0	1	0
P12	8	2	1	0	0
Total	104	13	15	3	1
Pourcentage	76%	10%	11%	2%	1%

### 3.4. Perte D'épis Due Au Mildiou Du Mil

Les résultats du pourcentage de perte d'épis due au mildiou du mil sont présentés dans le tableau 4. Les moyennes de 136 lignées testées pour la perte d'épis due au mildiou sont regroupées en cinq (5) groupes selon le degré de perte : 106 lignées soit 78% ont une perte d'épis comprise entre 0 et 5% ; 7 lignées soit 5% avaient une perte d'épis de 5 à 10% ; 15 lignées soit 11% avaient une perte d'épis de 10 à 25% et seulement 8 lignées soit 6% ont enregistré des pertes d'épis supérieures à 25%. Toutes les lignées de la famille P3, P4 et P7 avaient une perte d'épis inférieure à 10%. Les lignées de la famille P1, P5, P10 et P12 avaient une perte d'épis inférieure à 25%. Les autres familles renferment aussi bien des lignées ~~des lignées~~ avec une perte d'épis inférieure à 25% que des lignées dont la perte d'épis est supérieure à 25% (Tableau 4).

**Tableau N°4: Perte d'épis (%) due au mildiou**

Familles	Nombre de lignées dont la perte est comprise dans l'intervalle				
	[0 ; 5[	[5 ; 10[	[10 ; 25[	[25 ; 50[	[50 ; 80[
P1	4	0	2	0	0
P2	7	0	0	0	1
P3	3	0	0	0	0
P4	7	1	0	0	0
P5	4	0	1	0	0
P6	25	3	1	2	1
P7	9	1	0	0	0
P8	20	2	3	1	0
P9	11	0	4	1	1
P10	1	0	1	0	0

P11	5	0	1	1	0
P12	10	0	2	0	0
Total	106	7	15	5	3
Pourcentage	78%	5%	11%	4%	2%

La figure 1 illustre la corrélation entre la perte d'épis due au mildiou et la pression de cette maladie. Ainsi, il y'a une corrélation positive entre la perte d'épis et l'incidence du mildiou dont le coefficient de corrélation est de 0,82 (Figure 1A). De même, il y'a une corrélation positive entre la perte d'épis et la sévérité du mildiou avec un coefficient de corrélation égale à 0,81 (Figure 1B). Cela signifie que plus l'incidence et la sévérité du mildiou sont élevées, plus le pourcentage de perte d'épis est élevé.

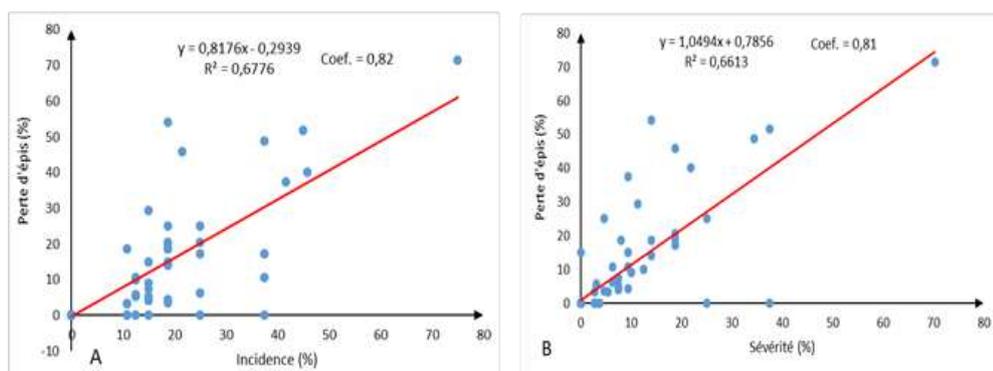


Figure 1 : Corrélation entre la perte d'épis et l'incidence (A) et entre la perte d'épis et la sévérité du mildiou (B)

#### IV. Discussion

Les résultats de cette étude montrent qu'il existe des sources de résistance parmi les lignées testées. Toutes les familles ont présenté des lignées résistantes au mildiou du mil dont l'incidence varie de 0 à 25% et une sévérité comprise entre 0 et 25% (Tableau 2). Des progrès considérables ont été réalisés dans le développement de l'identification des sources de résistance et la sélection de cultivars résistants à travers le monde [8]. [14] ont identifié plusieurs entrées résistantes au mildiou provenant de pays d'Afrique subsaharienne sur la base d'essais multi-sites. Les travaux de [23] sur la comparaison de la réponse de certains hybrides du mil et de leurs parents à l'infestation du mildiou dans le Nord-Ouest du Nigeria a révélé l'existence des hybrides résistants au mildiou. Les résultats indiquent que 94 lignées ont montré une haute résistance, 34 étaient modérément résistantes, 7 étaient modérément sensibles et 1 lignée était sensible (Tableau 2). Des résultats similaires ont été trouvés par [24] qui a examiné 152 génotypes de mil pour la résistance au mildiou dans des conditions de terrain au cours des 3 saisons humides. De même, une pépinière composée de 25 lignées et témoins prometteurs du mil a été créée en 1976 et distribuée à des collaborateurs dans 20 sites au Burkina Faso, en Inde, au Nigeria, au Niger et au Sénégal pour tester la stabilité de la résistance au mildiou [25]. Aussi, [26] ont criblé onze composites fourragers et leurs parents contre 6 pathotypes divers de *Sclerospora graminicola* dans des conditions de serre et également en pépinière de plein champ, en utilisant un système de rangs infectieux à Patancheru.

L'étude a révélé que 76% des lignées ont une sévérité inférieure à 5% et seulement 3% ont une sévérité supérieure à 25% (Tableau 3). [27] ont rapporté que la transmission du mildiou dans le mil est quantitative, hautement transmissible et répondrait à la sélection. [28] rapportent que les programmes de sélection efficaces pour la de résistance au mildiou nécessitent une surveillance étroite de l'évolution de la virulence de l'agent pathogène et l'identification de nouvelles sources de résistance aux nouvelles souches virulentes. Par ailleurs, des enquêtes aux champs dans les Etats indiens à forte intensité d'hybrides ont indiqué une sensibilité accrue d'un hybride lorsqu'il est cultivé dans le même champ pendant plus de trois saisons de culture consécutives [16], [25]. Et en plus des différences génétiques dans les lignées hôtes, il existe plusieurs facteurs météorologiques qui influencent l'infection par le mildiou [29].

Au total 106 lignées ont un pourcentage de perte d'épis inférieur à 5% ; 7 lignées avec un pourcentage inférieur à 10% ; 15 lignées dont le pourcentage est inférieur à 25% et seulement 8 lignées ont une perte d'épis

supérieure à 25% (tableau 4). L'étude a montré qu'il y a une corrélation positive entre l'incidence, la sévérité et le pourcentage de perte d'épis due au mildiou du mil (Figure 1).

## V. Conclusion

L'étude a montré que les différentes lignées testées se comportent différemment face au mildiou du mil. La plupart des lignées se sont révélées résistantes au mildiou avec une faible incidence du mildiou. L'étude a aussi montré une corrélation positive entre la pression du mildiou et la perte d'épis. Toutes les lignées qui ont une faible incidence et sévérité du mildiou, ont un faible pourcentage de perte d'épis. L'étude a donné un aperçu complet des lignées pour leur résistance au mildiou. Ces résultats permettent d'atteindre les objectifs de développer des matériel résistants au mildiou.

## Remerciement

Les auteurs remercient le projet SMIL GENMIL pour le financement de cette activité. Ils remercient également les personnels du CERRA Maradi pour leur collaboration.

## References

- [1]. G.V. Shelke, A.M. Chavan, "Improvement of agronomically desirable genotypes for downy mildew disease resistance in Pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] By recombination breeding", *Journal of Ecobiotechnology*, Vol. 2, no. 1, pp. 16-20, 2010.
- [2]. T. Abasse, A. Yayé, Z.A. Habou, A.I. Adamou, T. Adam, "Influence des Parcs agroforestiers à *Piliostigma reticulatum* sur l'infestation des plants de mil par les insectes floricoles et *Coniesta ignefusalis* (Hmps) (Lépidoptère: Pyralidae) dans la zone d'Aguié au Niger", *Journal of Applied Biosciences*, Vol. 66, pp. 5140-5146, 2013.
- [3]. IRD (Institut de Recherche pour le Développement), Le mil, aliment du futur au Sahel, Fiche N°325 - Juillet 2009, 2p, 2009.
- [4]. M.A (Ministère de l'Agriculture), Résultats Définitifs de la Campagne Agricole d'Hivernage 2014 et Perspectives Alimentaires 2014-2015, Direction des statistiques, 32p, 2015.
- [5]. C.D. Dutordoir, "Impact de pratiques de gestion de la fertilité sur les rendements en mil dans le Fakara (Niger)", Mémoire, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, 214p, 2006.
- [6]. D. Lakshmana, "Genetic diversity, heterosis and combining ability studies involving diverse sources of cytoplasmic genetic male sterility in pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.]", PhD thesis, Dharwad University, Dharwad, 168p, 2008.
- [7]. S. Jogaiah, K.S. Ananda, S.H. Shekar, "Characterization of downy mildew isolates of *Sclerospora graminicola* by using differential cultivars and molecular markers", *Journal of Cell and Molecular Biology*, Vol. 7, pp. 41-55, 2008.
- [8]. R. Sudhakar, P.N. Reddy, V. Bharathi, "Downy Mildew Disease of Pearl Millet (Bajra): Infection, Damage and Management Strategies", *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, Vol. 3, no. 1, pp. 103-108, 2012.
- [9]. R.P. Thakur, K.N. Rai, I.S. Khairwal, R.S. Mahala, "Strategy for downy mildew resistance breeding in pearl millet in India", *Journal of SAT Agricultural Research*, Vol. 6, pp. 1-11, 2008.
- [10]. R.P. Thakur, R. Sharma, V.P. Rao, "Screening Techniques for Pearl Millet Diseases", Information Bulletin N°89, Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 56p, 2011.
- [11]. H. Halilou, A. Kadri, I. Karimou, "Gestion intégrée du mildiou du mil en station au centre régional de recherche agronomique de Maradi (CERRA/Maradi) au Niger", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 11, no. 6, pp. 2704-2712, 2017.
- [12]. H. Halilou, A. Kadri, I. Karimou, "Effet de la fumure minérale et du traitement chimique de semences sur le mildiou (*Sclerospora graminicola* Sacc. Schroët.) du mil (*Pennisetum glaucum* L. Br.) au Niger", *Int. J. In. Appl. Studies*, Vol. 30, no. 1, pp. 427-437, 2020.
- [13]. A.B. Zarafi, "Early sowing and metalaxyl seed treatment reduced incidence of pearl millet downy mildew [*Sclerospora graminicola* (sacc.)] in Samaru, Nigeria", *Journal of Plant Protection Research*, Vol. 45, no. 3, pp. 163-169, 2005.
- [14]. J.P. Wilson, M.D. Samoga, S.K. Nutsugah, I. Angarawai, A. Fofana, H. Traore, I. Ahmadou, F.P. Muuka, "Evaluation of Pearl millet for yield and downy resistance across seven countries in sub-saharan Africa", *Afr J Agric Res*, Vol. 3, no. 5, pp. 371-378, 2008.
- [15]. Y.K. Sharma, S.K. Yadav, I.S. Khairwal, "Evaluation of pearl millet germplasm lines against downy mildew incited by *Sclerospora graminicola* in western Rajasthan", *SAT eJournal*, Vol. 3, no. 1, pp. 1-2, 2007.
- [16]. R.P. Thakur, V.P. Rao, K.N. Amruthesh, H.S. Shetty, V.V. Datar, "Field surveys of pearl millet downy mildew-Effects of hybrids, fungicide and cropping sequence", *Journal of Mycology and Plant Pathology*, Vol. 33, no. 3, pp. 387-394, 2003.
- [17]. H.M. Ati, D.A. Aba, M.F. Ishiyaku, M.D. Katung, "Field Evaluation of Some Pearl Millet Genotypes for Downy Mildew (*Sclerospora graminicola*) Resistance and Yield", *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, Vol. 8, no. 6, pp. 01-06, 2015.
- [18]. H. Halilou, A. Kadri, I. Karimou, M.O. Zakari, "Gestion intégrée des foreurs de tiges du mil à Maradi, Niger", *J. Appl. Biosci.*, Vol. 126, pp. 12665-12674, 2018.
- [19]. INRAN (Institut National de Recherche Agronomique du Niger), Catalogue national des espèces et variétés végétales (CNEV), 276p, 2012.
- [20]. W.C. James, "Crop loss assessment", In: A. Johnson, C. Boths (Eds.), Common wealth Mycological Institute, Kew: Plant Pathologist, pp. 130-140, 1983.
- [21]. R.J. Williams, "Downy mildews of tropical cereals", *Advances in Plant Pathology*, Vol. 2, pp. 1-103, 1984.
- [22]. S.L. Ball, "Pathogenic variability of downy mildew (*Sclerospora graminicola*) on pearl millet. I. Host cultivar reactions to infection by different pathogen isolates", *Annals of Applied Biology*, Vol. 102, no. 2, pp. 257-264, 1983.
- [23]. H.M. Ati, I.I. Angarawai, "A Comparison of the Response of Some Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR) Hybrids and Their Parents to Downy Mildew (*Sclerospora graminicola*) Infestation in Bakura and Zaria (North-western Nigeria)", *World Scientific News*, Vol. 70, no. 2, pp. 252-264, 2017.
- [24]. A.B. Zarafi, "Assessment of pearl millet genotypes for resistance to downy mildew (*Sclerospora graminicola*) under field conditions in Nigeria", *Journal of Sustainable Agriculture*, Vol. 29, no. 4, pp. 155-17, 12007.
- [25]. R.P. Thakur, H.S. Shetty, I.S. Khairwal, "Pearl millet downy mildew research in India: progress and perspectives. International Sorghum and Millets", *Newsletter*, Vol. 47, pp. 125-130, 2006.
- [26]. C.R. Ramesh, D.H. Sukanya, R.P. Thakur, V.P. Rao, "Resistance to downy mildew (*Sclerospora graminicola*) in forage Pearl millet (*Pennisetum glaucum*)", *Indian Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 73, no. 6, pp. 327-330, 2003.

Formatted: French (France)

- [27]. I.I. Angarawai, A.M. Kadams, D. Bello, S.G. Mohammed, "Quantitative nature of downy mildew resistance in Nigerian elite pearl millet lines", *J SAT Agric Res*, Vol. 6, pp. 1-3, 2008.
- [28]. H.M. Ati, D.A. Aba, M.F. Ishiyaku, M.D. Katung, "Screenhouse Evaluation of Pearl Millet Genotypes for Downy Mildew Incidence", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 7, no. 6, pp. 582-588, 2013.
- [29]. R. P. Thakur, K. N. Rai, V. P. Rao, A. S. Rao, "Genetic Resistance of Pearl Millet Male-Sterile Lines to Diverse Indian Pathotypes of *Sclerospora graminicola*" *Plant Disease*, Vol. 85, no. 6, pp. 621-626, 2001.