

Le mildiou du mil [*Sclerospora graminicola* (Sacc.) Schroet.]: incidence de la maladie en milieu paysan et caractérisation morphologique des isolats au Niger

Pearl millet downy mildew [*Sclerospora graminicola* (Sacc.)Schroet.] in Niger: disease incidence in farmer's field and morphological characterization of isolates.

Issa KARIMOU^{1,*}, Adamou HAUGUI¹, Adamou BASSO¹, Mahamane ALI²,
Hayyo HALILOU¹, Toudou ADAM³, Kadri ABOUBACAR³.

¹: Institut National de Recherche Agronomique du Niger

²: Université de Diffa- Niger

³: Université Abdou Moumouni de Niamey-Niger

*:

Résumé :

Contexte : Le mil est la principale culture vivrière au Niger. Elle est sujette à beaucoup de contraintes dont le mildiou du mil. C'est une maladie qui cause d'importante perte de production. La plus part des variétés résistantes créées n'ont pas de résistance stable d'un endroit à un autre. Pour avoir plus d'information par rapport à cette instabilité des gènes de résistance une étude a été effectuée en 2015 dans cinq régions du Niger. Son objectif consiste d'une part à évaluer le niveau d'infestation de la maladie du mildiou du mil dans les champs paysans et d'autre part à faire une caractérisation morphologique des isolats de *Sclerospora graminicola* qui seront collectés

Matériels et Méthodes : Les sites de collectes des isolats sont concentrés dans la bande Sud du Niger. Le matériel utilisé est composé d'un GPS, d'un microscope optique muni d'une caméra, une tablette muni d'un micromètre incorporé et des verreries de laboratoire (lames, lamelles, béchers, ...). Les champs prospectés ont été choisis selon un transec. Tous les 50 km à 70km au bord de des routes principales et tous les 20 à 30 km sur les routes secondaires. L'incidence du mildiou du mil et les coordonnées géographiques de tous les champs prospectés ont été relevées, ainsi que des échantillons des feuilles de mil attaqué par la maladie ont été collectés. Les échantillons sont broyés et la poudre trempée dans l'eau distillée a été utilisée pour l'observation et les mesures des dimensions des oospores.

Résultats : Au cours de cette évaluation, trente-neuf (39) champs paysans ont été prospectés et 39 échantillons de *Sclerospora graminicola* ont été collectés. Tous les champs prospectés, présentaient des symptômes de la maladie du mildiou du mil à des degrés différents. L'incidence de la maladie notée dans ces champs variait de 0.6% à 31.8% avec une moyenne générale de 11.12%. Parmi les 39 isolats de *Sclerospora graminicola* collectés dans les champs paysans prospectés, trente-six (36) présentaient des oospores des *Sclerospora graminicola*. L'analyse des dimensions des oospores (longueurs et largeurs) révèle l'existence d'une différence hautement significative entre les isolats. La classification des isolats en fonction de ces dimensions a permis de mettre en évidence sept (7) groupes d'isolats.

Mots clés : Evaluation, Infestation, Champ, Paysan, Classification, Oospores

Abstract:

Background: Millet is the main food crop in Niger. It is subject to many constraints, including pearl millet downy mildew. It is a disease that causes significant loss of production. Most of the resistant varieties created do not have stable resistance from one place to another. To have more information about this resistance loss, a study was carried out in 2015 in five regions of Niger. Its objective consists on the one hand to assess the level of infestation of the pearl millet downy mildew disease in farmers' fields and on the other hand to make a morphological characterization of the isolates of *Sclerospora graminicola* that will be collected.

Materials and Methods: The isolate collection sites are concentrated in the southern band of Niger. The equipment used is composed of a GPS, an microscope with a camera, a micrometer incorporate in the microscope. The prospected fields were chosen according to a transec. All 50 km 7 0km beside main roads and every 20 to 30 km on secondary roads. The incidence of pearl millet downy mildew and the geographical coordinates of all the fields surveyed were recorded , as well as samples of the leaves of millet attacked by the

disease were collected. The samples are ground and the powder soaked in distilled water was used for the observation and measurements of the dimensions of the oospores.

Results: During this evaluation, thirty-nine (39) farmers' fields were surveyed and 39 samples of *Sclerospora graminicola* were collected. All the fields surveyed showed symptoms of pearl millet downy mildew disease to varying degrees. The disease incidence noted in these fields ranged from 0.6% to 31.8% with an overall average of 11.12%. Among the 39 isolates of *Sclerospora graminicola* collected from the farmers fields surveyed, thirty-six (36) showed oospores of *Sclerospora graminicola*. Analysis of the dimensions of the oospores (lengths and widths) revealed the existence of a highly significant difference between the isolates. Classification of the isolates according to these dimensions revealed seven (7) groups of isolates.

Keywords: Assessment, Infestation, Field, Farmer, Classification, Oospores

Date of Submission: 28-06-2021

Date of Acceptance: 12-07-2021

I. Introduction

Le mildiou du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), appelé aussi maladie de la lèpre du mil, est causé par le *Sclerospora graminicola* (Sacc.) Schroet.). Il représente l'un des principaux facteurs limitants de production du mil dans les zones arides et semi-arides d'Asie et d'Afrique [1], [2]. Il cause d'importantes pertes de récoltes allant de 10 à 80%, sur le mil en général et particulièrement sur les hybrides [3], [4], [5]. Rapporté pour la première fois en Inde [6], la maladie du mildiou du mil est signalée aujourd'hui dans plus de 50 pays à travers le monde [7]. C'est un champignon oomycète hétérothallique obligatoire ; cependant, l'homothallisme est aussi possible [8]. Les organes sexués plus connus sous le nom des oospores constituent les organes de conservation du champignon et peuvent survivre dans les conditions du laboratoire de 8 mois à 10 ans [9]. C'est un pathogène doté d'une grande variabilité comme l'ont souligné par plusieurs travaux. Ainsi, cette variabilité du *S. graminicola* a été rapportée pour la 1ère fois en Inde sur un hybride NHB3 [10]; de même, elle a été mise en évidence en Afrique de l'Ouest [11]; Des auteurs [1], ont signalé la présence au Nigeria de cinq pathotypes du *S. graminicola*. En Inde, une étude de caractérisation pathologique et moléculaire de 27 isolats a permis de déterminer six pathotypes distincts de *S. graminicola* [5].

Pour améliorer la production du mil au Niger, il faudrait se pencher sur la création, la multiplication et l'utilisation des hybrides du mil. Néanmoins, ces derniers étant très vulnérables à la maladie du mildiou du mil, la mise en place d'un tel programme nécessite des études complémentaires sur cette maladie en général et sur la variabilité de l'agent pathogène (*S. graminicola*) en particulier.

C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude. Elle consiste à faire d'une part une prospection sur le niveau d'infestation de cette maladie en milieu paysan au Niger, et d'autre part faire une étude de caractérisation morphologique des isolats issus des échantillons collectés au cours de cette prospection.

II. Matériel et méthode

Matériel

L'étude a été conduite dans le laboratoire 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. Les sites de collectes des isolats sont concentrés dans la bande Sud du pays, située du Nord au Sud, de Bakin Birji (14°11'25,8'' et 8°50'22'') dans le département de Tanout, Région de Zinder à Bengou (11°58'52.1'' et 3°33'28.2'') dans le département de Gaya Région de Dosso. D'Ouest en Est, la zone de collecte des isolats qui se situe au cœur de la production du mil au Niger, s'étend de Karma (13°40'21.2'' et 1°50'28.7'') dans le département de Tillabéry, Région de Tillabéry à Gouré (13°41'3.1'' et 9°37'12.9'') dans le département de Gouré, région de Zinder (Figure 1). Au cours de cette étude, le matériel utilisé est composé d'un GPS, d'un microscope optique muni d'une caméra, une tablette muni d'un micromètre incorporé et des verreries de laboratoire (lames, lamelles, béchers, ...).



Figure 1 : Sites de collecte des échantillons de *Sclerospora graminicola* en milieu paysan, hivernage 2015

III. Méthode

Une collecte des isolats de *S. graminicola* a été effectuée en hivernage 2015 au Niger, couvrant trente-neuf (39) champs paysans dans cinq Régions (Tillabéry, Dosso, Tahoua, Maradi et Zinder). Dans ces Régions, la pluviométrie annuelle enregistrée en 2015 dans les stations de métrologie (Konni, Niamey et Tillabéry) a été supérieure à la pluviométrie annuelle moyenne de 2006 à 2015; dans d'autres localités (Gaya, Maradi, Tahoua et Zinder), le cumul annuel de la pluviométrie de 2015 a été inférieure ou égale à la pluviométrie annuelle moyenne de de 2006 à 2015 (figure 2).

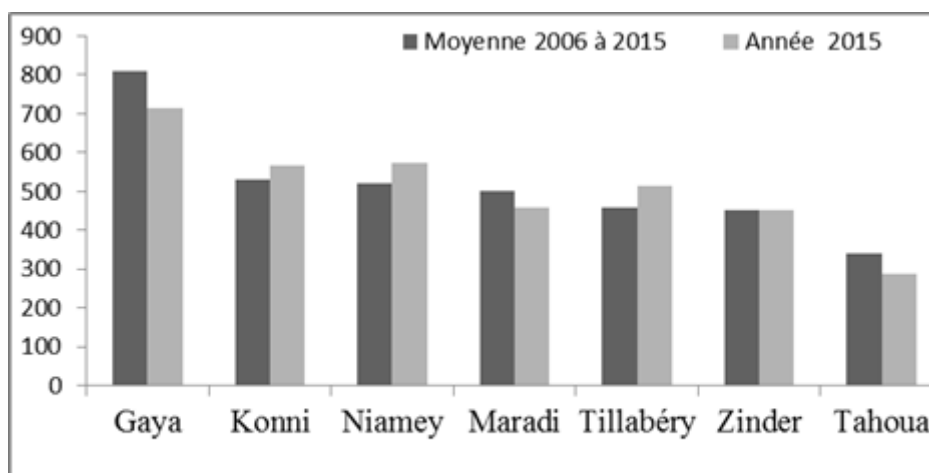


Figure 2 : Pluviométrie en mm, cumule annuel.

Les champs prospectés ont été choisis selon un transect. Tous les 50 km à 70km au bord de des routes principales et tous les 20 à 30 km sur les routes secondaires. Les coordonnées géographiques (longitude, latitude et altitude) de tous les champs prospectés ont été relevées. La figure 1 présente la répartition spatiale des sites de prospection. Au niveau de chaque champ, cinq (5) sous - parcelles de 100 poquets du mil chacune ont été délimitées [12]. Dans ces sous-parcelles, les poquets sains et attaqués par le mildiou du mil ont été comptés. Puis l'incidence de la maladie de mildiou qui représente le pourcentage des plants malades par rapport au nombre total des plants, a été calculé selon la formule ci-dessous.

$$I (\%) = \frac{n}{N} \times 100$$

I (%) = incidence du mildiou du mil
 n = nombre de poquets de mil attequés
 N = nombre total de poquets du mil

Les échantillons des feuilles de plants de mil attequés par la maladie du mildiou du mil, collectés sur le terrain ont été ramenés au laboratoire et séchés puis réduites en poudre. Chaque poudre d'un échantillon représente un isolat de *Sclerospora graminicola*. Après observation au microscope optique, on trouve des oospores dans trente-six isolats de *S. graminicola* sur les trente-neuf collectés. Les trente-six isolats ont été utilisés dans cette expérimentation.

Un (01) gramme de poudre d'oospores de chaque isolat a été trempé dans 10 ml d'eau distillée. Une goutte de cette solution est prélevée, déposée entre lame et lamelle, puis observée au microscope optique. A l'aide d'un micromètre incorporé dans l'objectif du microscope, et un autre incorporé dans la tablette, les dimensions des 21 oospores de *S. graminicola* (longueur et largeur) ont été mesurées pour chaque isolat en trois répétitions. L'expérimentation a été effectuée suivant un dispositif randomisé. Les données collectées ont été analysées avec le logiciel GenStat 14^{ème} édition et le logiciel MINITAB 14^{ème} édition.

IV. Résultats

Incidence du mildiou du mil en milieu paysan

Tous les champs paysans prospectés sont infestés de mildiou avec une incidence variant de 0,6 à 31,8%. Cinquante-huit pourcent (58%) des champs prospectés ont une incidence inférieure à 10% ; vingt-quatre pourcent (24%) ont une incidence modérée comprise entre 10% et 20%, et dix-huit pourcent (18%) des champs ont une incidence supérieure à 20% (figure 3). Au cours de cette prospection, sur un total de 19500 poquets de mil examinés, 2169 poquets présentent les symptômes de la maladie, soit une incidence globale moyenne de 11.12%. La figure 3 présente la cartographie de l'incidence de la maladie du mildiou du mil notée en milieu paysan dans la zone de production du mil au Niger. En 2015 (année de collecte des isolats), l'incidence du mildiou du mil était faible à modérée au centre du pays (régions de Tahoua et Maradi), et plus importante à l'Ouest (régions de Tillabéri et Dosso) et à l'Est (région de Zinder), (figure 4).

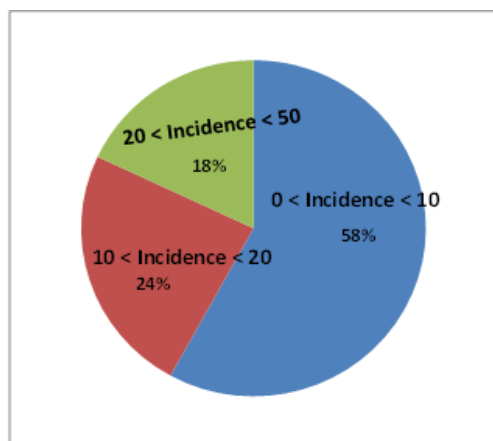


Figure 3 : Pourcentage des champs prospectés en fonction de l'incidence de la maladie du mildiou du mil noté dans ces champs en milieu paysan

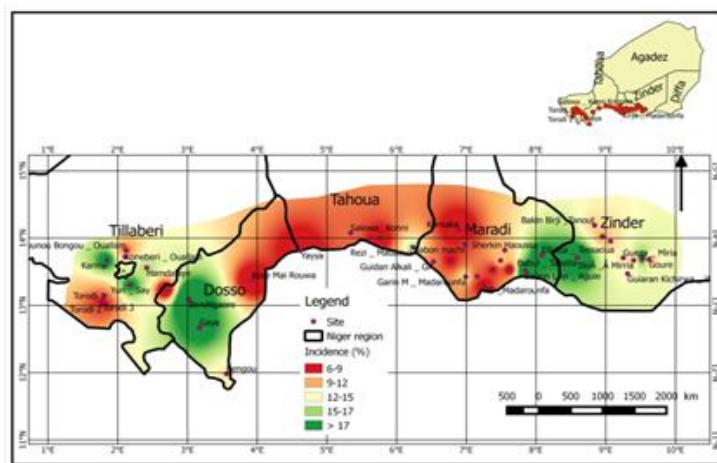


Figure 4. Incidence(%) du mildiou du mil (*Sclerospora graminicola*) en milieu paysan au Niger, hivernage 2015

Dimension des oospores

Les données relatives aux dimensions (longueur et largeur) des oospores de *S. graminicola*, observées sur les isolats de *S. graminicola* collectés, sont consignées dans le tableau 1. La longueur des oospores a varié de $45,87 \pm 1,79 \mu\text{m}$ avec l'isolat de Malamey Saboua à $54,66 \pm 1,67 \mu\text{m}$ avec l'isolat de Birnin N'Gaouré. La largeur a varié de $36,22 \pm 0,99 \mu\text{m}$ avec l'isolat de RDI à $49,28 \pm 0,85 \mu\text{m}$ avec l'isolat de Magaria Hayi. Quant au ratio (largeur/longueur), qui permet d'apprécier les différentes formes des oospores, varie de $0,68 \pm 0,03$ avec l'isolat de RDI/Chantalawa à $0,96 \pm 0,02$ avec l'isolat de Guéza. Plus le ratio se rapproche de 1, plus la forme moyenne des oospores de l'isolat est ronde. La figure 5 présente trois oospores de *S. graminicola* avec des formes différentes. Les oospores (B) et (C), avec respectivement un ratio « r » de 0,83 et 0,84, sont plus rondes que l'oospore (A) qui a un ratio « r » de 0,76.

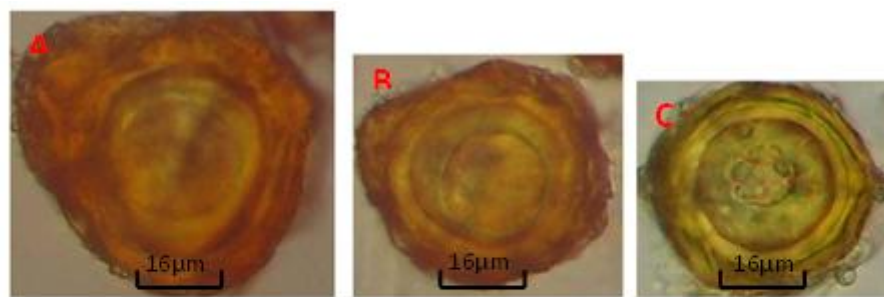


Figure 5: Différentes formes d'oospores des isolats de *S. graminicola* au Niger ; Oospore (A) avec $r = 0,76$; Oospores (B) avec $r = 0,83$; Oospore (C) avec $r = 0,84$; NB : $r = \text{ratio (largeur /Longueur)}$; Photo : Issa KARIMOU

Regroupement des isolats de *S. graminicola*

La classification des trente-six isolats (figure 6), a permis de les répartir dans sept (7) groupes selon la distance de rapprochement inter individu, entre individu et groupes d'individus et entre les groupes d'individus; il s'agit des groupes suivant:

Le groupe 1 : il renferme dix (10) isolats de *S. graminicola* dont la longueur moyenne et la largeur moyenne des oospores sont respectivement de $50,2547\mu\text{m}$ et $46,655\mu\text{m}$. Avec un rapport (largeur /longueur) moyen de $0,9284$, ce groupe renferme les isolats de *S. graminicola* qui ont des oospores les plus rondes.

Le groupe 2 : il renferme neuf (09) isolats de *S. graminicola* dont la longueur moyenne et la largeur moyenne des oospores sont respectivement de $48,6854\mu\text{m}$ et $44,1982\mu\text{m}$. Avec un rapport (largeur /longueur) moyen de $0,9078$, ce groupe renferme les isolats de *S. graminicola* qui ont des oospores rondes.

Le groupe 3 : il renferme six (06) isolats de *S. graminicola* dont la longueur moyenne et la largeur moyenne des oospores sont respectivement de $46,9878\mu\text{m}$ et $41,7928\mu\text{m}$. Avec un rapport (largeur /longueur) moyen de $0,8894$, ce groupe renferme les isolats de *S. graminicola* qui ont des oospores aussi rondes à plus de 80%.

Le groupe 4 : il renferme deux (02) isolats de *S. graminicola* dont la longueur moyenne et la largeur moyenne des oospores sont respectivement de $53,94\mu\text{m}$ et $37,6665\mu\text{m}$. Avec un rapport (largeur /longueur) moyen de $0,6983$, ce groupe renferme les isolats de *S. graminicola* qui ont des oospores rondes à moins de 70%. La longueur est grande, mais la largeur est petite.

Le groupe 5 : il renferme quatre (04) isolats de *S. graminicola* dont la longueur moyenne et la largeur moyenne des oospores sont respectivement de $49,9108\mu\text{m}$ et $44,7943\mu\text{m}$. Avec un rapport (largeur /longueur) moyen de $0,8975$, ce groupe renferme les isolats de *S. graminicola* qui ont des oospores aussi rondes à plus de 80%.

Tableau 1: Incidence du mildiou et coordonnées géographiques des champs prospectés au Niger, les dimensions des oospores des isolats de *S. graminicola* collectés dans ces champs.

Localités	Incidence	Altitude	Nord	Est	longueur	largeur	larg/long
Birnin N'Gaouré	31,8	245m	13°05'23.8"	03°01'14.3"	$54,66 \pm 1,67$	$39,11 \pm 1,42$	$0,72 \pm 0,05$
Magaria Hayi	4	420m	14°00'19.5"	5°45'56.3"	$53,89 \pm 0,68$	$49,28 \pm 0,86$	$0,91 \pm 0,0065$
Hamdalaye	14,6	-----	13°33'29.8"	02°24'52.7"	$53,78 \pm 1,93$	$42,78 \pm 2,00$	$0,79 \pm 0,035$
RDI	3,8	414m	13°18'07.0"	7°14'29.7"	$53,22 \pm 1,64$	$36,22 \pm 0,99$	$0,68 \pm 0,033$
KoréMairoua	9,6	264m	13°22'17.2"	03°55'36.2"	$53,11 \pm 2,08$	$48,66 \pm 1,45$	$0,92 \pm 0,025$
Kornaka	0,6	385m	14°07'38.7"	6°53'37.7"	$52,59 \pm 2,87$	$44,23 \pm 1,15$	$0,85 \pm 0,065$
Gaya	20,2	242m	12°40'15.5"	03°10'21.1"	$52,42 \pm 0,8$	$48,21 \pm 1,14$	$0,92 \pm 0,017$
Ilo	9	433m	13°40'17.9"	9°24'7.8"	$51,11 \pm 1,55$	$46,11 \pm 2,22$	$0,90 \pm 0,032$
GuaranKichirwa	12	405m	13°28'14.7"	9°18'48.7"	$51,02 \pm 0,88$	$47,13 \pm 1,13$	$0,92 \pm 0,012$
Elkolta	22	422m	13°44'56.0"	8°4'58.9"	$50,83 \pm 1,47$	$46,48 \pm 0,88$	$0,91 \pm 0,043$
Baboul	28,2	465m	13°42'35.3"	8°35'30.0"	$50,72 \pm 0,84$	$46,98 \pm 0,88$	$0,93 \pm 0,0063$
Aroungouza	8,8	463m	14°1'29.9"	8°57'12.2"	$50,37 \pm 0,60$	$47,22 \pm 0,64$	$0,94 \pm 0,008$
Torordi	8,6	-----	13°08'35.1"	01°48'44.9"	$50,25 \pm 0,64$	$46,73 \pm 0,91$	$0,93 \pm 0,008$
SabonMachi	7	356m	13°54'21.3"	6°58'36.8"	$50,19 \pm 1,45$	$45,00 \pm 1,40$	$0,90 \pm 0,038$
Guidimouni	22,8	407m	13°42'4.3"	9°31'25.9"	$50,18 \pm 1,70$	$45,65 \pm 1,73$	$0,91 \pm 0,015$
Gouré	8	406m	13°41'3.1"	9°37'12.9"	$50,09 \pm 1,87$	$46,95 \pm 1,21$	$0,93 \pm 0,008$
Salewa	7,8	302m	14°04'37.4"	5°20'24.9"	$49,92 \pm 0,18$	$44,49 \pm 0,83$	$0,89 \pm 0,014$
Guidan Alkali	8,2	332m	13°39'0.9"	6°31'46.2"	$49,77 \pm 0,62$	$44,68 \pm 0,54$	$0,89 \pm 0,008$
Dan Turke	5,4	333m	13°40'35.5"	6°45'57.6"	$49,76 \pm 1,55$	$45,00 \pm 1,45$	$0,90 \pm 0,008$
SabonLayi	25,8	436m	13°30'51.7"	7°50'44.5"	$49,39 \pm 3,05$	$46,27 \pm 3,64$	$0,94 \pm 0,022$

Sherkin Haoussa	9,8	428m	13°49'13.1''	7°33'5.9''	49,35 ± 1,3	43,98 ± 1,07	0,89 ± 0,0033
Youri	19,6	----	13°18'19.5''	02°10'40.4''	49,07 ± 2,35	44,82 ± 2,12	0,91 ± 0,0033
Karma	20,4	206M	13°40'21.2''	01°50'28.7''	49,07 ± 1,64	42,87 ± 1,20	0,87 ± 0,024
Debi	4,4	428m	13°32'10.5''	7°37'0.2''	48,98 ± 1,07	45,18 ± 0,56	0,92 ± 0,012
Garin Mahaman	11,2	380m	13°25'28.0''	6°59'25.3''	48,73 ± 3,13	43,73 ± 2,34	0,89 ± 0,014
Guéza	11,2	411m	13°42'22.0''	9°15'3.2''	48,59 ± 3,33	47,02 ± 3,96	0,96 ± 0,02
Kodo	3	261m	13°13'58.2''	02°40'59.3''	48,54 ± 0,93	44,96 ± 0,96	0,93 ± 0,003
Toumnia	10,4	439m	13°57'16.9''	9°4'4.4''	48,33 ± 0,16	44,26 ± 0,33	0,92 ± 0,006
Yaya	3	256m	13°49'3.3''	4°37'30.1''	48,22 ± 0,22	43,44 ± 1,44	0,90 ± 0,023
Konnébery	11	228m	13°43'15.1''	02°06'12.6''	48,00 ± 2,17	42,11 ± 1,60	0,87 ± 0,008
Bakin Birji	10,4	459m	14°11'25.8''	8°50'22.0''	47,87 ± 1,67	44,54 ± 1,9	0,93 ± 0,012
Bengou	9,2	182m	11°58'52.1''	03°33'28.2''	47,78 ± 1,11	40,55 ± 1,47	0,85 ± 0,015
Dan Aïcha	10,2	404m	13°40'3.6''	7°29'30.3''	47,31 ± 1,16	41,947 ± 0,97	0,89 ± 0,038
Kirya	7,4	390m	13°25'48.3''	7°09'27.1''	47,03 ± 0,97	43,15 ± 0,24	0,92 ± 0,02
GounouBongou	7	265m	13°48'56.5''	02°07'06.1''	45,93 ± 1,13	40,46 ± 1,62	0,88 ± 0,015
MalameyeSaboua	5,8	424m	13°31'55.0''	7°22'42.1''	45,87 ± 1,79	42,54 ± 1,41	0,93 ± 0,008

NB : Incidence est (%), Altitude en (m), longueur et largeur en (µm)

Le groupe 6 : il renferme trois (03) isolats de *S. graminicola* dont la longueur moyenne et la largeur moyenne des oospores sont respectivement de 53,14µm et 48,719µm. Avec un rapport (largeur /longueur) moyen de 0,9168, ce groupe renferme les isolats de *S. graminicola* qui ont des oospores rondes à plus de 90%.

Le groupe 7 : il renferme deux (2) isolats de *S. graminicola* dont la longueur moyenne et la largeur moyenne des oospores sont respectivement de 53,185µm et 43,505µm. Avec un rapport (largeur /longueur) moyen de 0,8180, ce groupe renferme les isolats de *S. graminicola* qui ont des oospores rondes à plus de 80%.

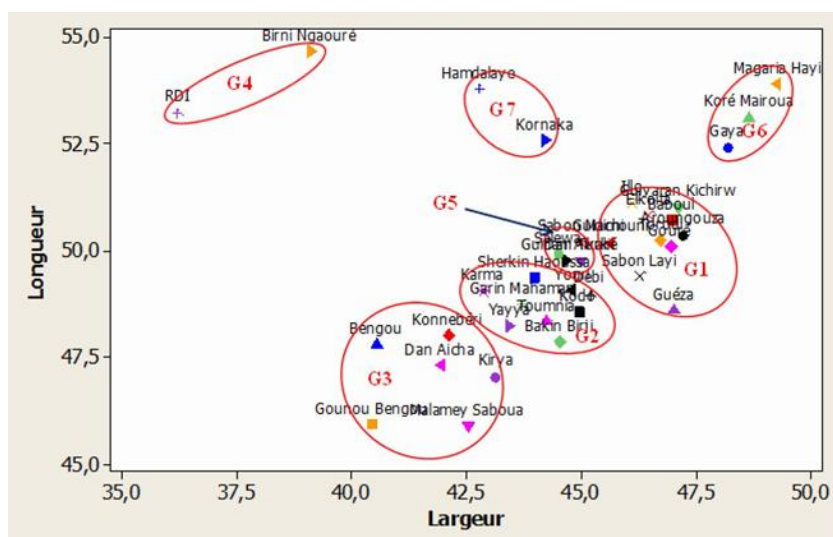


Figure 6: Regroupement des isolats en fonction de la longueur et de la largeur de leurs oospores.

Corrélation entre les variables

L'analyse des données montre qu'il existe une corrélation positive entre le ratio (largeur /longueur) qui détermine la forme des oospores et la largeur de ces oospores (Figure 7). Cependant il existe une corrélation négative entre la longueur et ce ratio (figure 8). Ainsi ces graphiques montrent que plus la longueur augmente, plus le ratio diminue, et plus la largeur augmente plus le ratio augmente aussi. D'après ces courbes, plus l'écart entre la longueur et la largeur de oospores est grand, plus les oospores ont la forme ovoïde ; de même plus cet écart est petit, plus les oospores ont la forme ronde.

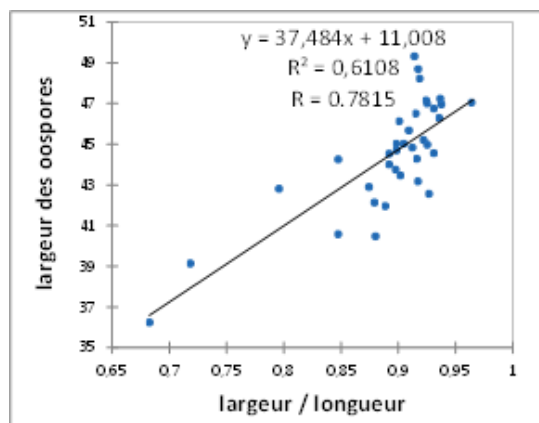


Figure 7 : courbe de corrélation entre la largeur des oospores et le ratio (largeur /longueur) indiquant la forme des oospores.

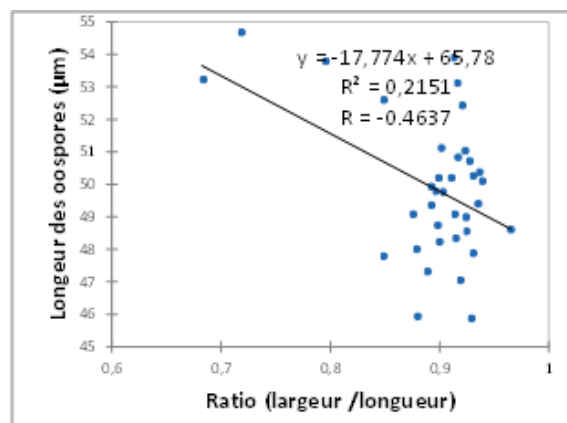


Figure 8 : courbe de corrélation entre la longueur des oospores et le ratio (largeur /longueur) indiquant la forme des oospores.

V. Discussion

La maladie du mildiou du mil, causée par [*Sclerospora graminicola* (Sacc.) Schroet.] est l'une, des principales contraintes de production du mil dans le monde en générale et particulièrement les régions arides et semi-arides d'Asie et d'Afrique. L'agent pathogène de cette maladie (*S. graminicola*) est un oomycète qui produit deux types de spores. Les spores asexuées appelées sporanges et les spores sexuées connues sous le nom des oospores. Ces dernières assurent la survie de l'agent pathogène pour une durée de quelques mois à 10 ans, selon la variété, l'environnement et les interactions avec d'autres microorganismes [9]. La maladie du mildiou du mil est présente dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest, avec une incidence variant de 0% à 70% [7]. Dans le cadre de la gestion de cette maladie, beaucoup des méthodes de lutte ont été mises au point [13], [14], [15], [16]. Parmi celles-ci, la résistance variétale reste la méthode de lutte la plus efficace, la plus économique et la plus simple à utiliser. Cependant, la perte dans le temps de la résistance variétale chez le mil et la variabilité au sein de l'espèce *S. graminicola* [10], [4], [14], sont autant des défis majeurs dans la gestion de cette maladie. Pour comprendre les causes de cette perte de la résistance variétale chez le mil, beaucoup des travaux sur la variabilité du *S. graminicola* ont été réalisés surtout pour la situation indienne.

Au Niger, peu de travaux ont été réalisés dans ce domaine [17]. La présente étude, conduite avec 36 isolats de *S. graminicola* collectés dans les champs paysans au Niger (figure 1), est focalisée aussi bien sur l'incidence de la maladie du mildiou du mil en milieu paysan au Niger, que sur la morphologie des oospores des isolats.

S'agissant de l'évaluation de l'incidence de la maladie du mildiou du mil, l'étude montre que la maladie est présente dans tous les champs prospectés avec une variabilité du niveau d'infestation. En effet l'incidence de cette maladie varie de 0.6% à 31.8% avec une moyenne générale de 11.12%. Les résultats de cette étude confirment ceux de [18] qui affirment que, l'incidence de la maladie du mildiou du mil en milieu paysan au Niger varie de 1% à plus de 50%. Au cours de cette étude, l'incidence de la maladie observée, était faible ($\leq 10\%$) dans 58% des champs prospectés. Ces champs sont localisés dans la partie Est de la Région de Dosso, toute la Région de Tahoua et la partie Ouest de la Région de Maradi (Figure 4). Par contre, dans 20% des champs prospectés, l'incidence de cette maladie est supérieure à 17%. Ces champs les plus infestés se trouvent dans la Région de Tillabéry (départements de Tillabéry, Ouallam, Birnin N'Gaouré et Gaya), dans la Région de Maradi (département d'Aguié, de Gazaoua et de Tessaoua) et dans la Région de Zinder (départements de Takéta, Mirria et Magaria), (figure 4). La variation de l'incidence de la maladie observée en milieu paysan, pourrait s'expliquer par les conditions climatiques (humidité et température). En effet de 2006 à 2015, la Région de Tahoua, a enregistré la plus faible quantité de pluie parmi les cinq Régions où cette étude a été conduite (Figure 2). L'humidité étant un facteur déterminant dans le développement des maladies des plantes, la diminution des quantités de pluies tombées dans une zone peut défavoriser le développement des maladies des plantes en général et celui du mildiou du mil en particulier.

Les oospores de *Sclerospora graminicola*, observées sur le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) au niveau des isolats du Niger sont globuleuses, de couleur brun jaunâtre avec des parois épaisses (figure 5). Ces résultats confirment ceux de [4], [19] et [20]. Cependant les oospores observées au niveau des isolats du Niger sont plus volumineuses que celles observées par [4] sur le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), ($45,87 \pm 1,79 \mu\text{m}$ à $54,66 \pm 1,67 \mu\text{m}$ contre 22 à 35 μm). Elles sont également plus grosses que celles observées par [20] sur le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), ($45,87 \pm 1,79 \mu\text{m}$ à $54,66 \pm 1,67 \mu\text{m}$ contre 19 à 40 μm). De même les oospores observées au Niger sur le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) sont plus volumineuses que celles

observées par [19] respectivement sur *Pennisetum typhoideum*, *Setaria italica* et *Setaria viridis*, [(45,87 ± 1,79 µm à 54,66 ± 1,67 µm contre (32.49 à 36.14 µm), (32.41 à 41.54 µm), et (32.38 à 37.77µm)]. Selon [19], les dimensions des oospores observées sur *Setaria* sp varient considérablement selon les espèces de *Setaria*, et au sein d'une même espèce.

Les dimensions (longueur et largeur) mesurées sur les oospores observées sur les isolats de *S. graminicola* du Niger ont permis de faire une classification de ces isolats. Celle dernière a permis de mettre en évidence sept (07) (groupes) d'isolats en fonction de la ressemblance des oospores de leurs isolats (figures 6). Cette classification permet d'affirmer l'existence d'une variabilité morphologique au sein des isolats de *S. graminicola* au Niger.

VI. Conclusion

A l'issue de cette étude, deux (02) constats se dégagent : (i). La maladie du mildiou du mil est présente dans tous les champs paysans au Niger. L'incidence de cette maladie varie d'une localité à une autre. (ii). L'existence d'une variabilité morphologique entre les isolats de *S. graminicola* collectés dans les champs paysans au Niger. Ainsi, en tenant compte des dimensions des oospores, les isolats ont été répartis dans sept (07) groupes différents.

VII. Remerciement

Les auteurs remercient la Direction Générale de l'Institut National de Recherche Agronomique du Niger (INRAN), et le projet PPAAO pour leur soutien financier. Nos remerciements vont également au Centre Sahélien de l'ICRISAT pour leur appui technique, à tout le personnel de l'INRAN en général et particulièrement les agents du Centre Régional de Recherche Agronomique de Maradi (CERRA) pour tout leur soutien physique et moral dans la réalisation de cette étude.

References

- [1]. D.M. Gwary, I. Garba, S.D. Gwary, "Evidence of Pathogenic Variation in *Sclerospora graminicola* Populations from Pearl Millet Regions of Nigeria", *Int. J. Agri. Biol.*, Vol. 9, No., pp.94-97, 2007.
- [2]. V.P. Rao, D.L. Kadwani, Y.K. Sharma, R. Sharma, R.P. Thakur, "Prevalence of Pearl millet Downy Mildew, *Sclerospora graminicola* in Gujarat and Pathogenic Characterization of isolates", *Indian Journal of Protection*, Vol. 35, No. 2, pp. 291-295, 2007.
- [3]. D.J. Andrews, S.B. King, J.R. Witcombe, S.D. Singh, K.N. Rai, R.P. Thakur, B.S. Talukdar, S.B. Chavan, P. Singh, "Breeding for disease resistance and yield in pearl millet", *Field Crops Res*, Vol. 11, pp. 241-258, 1985.
- [4]. D. Singh, S.B. King, J. Werder, Downy mildew disease of pearl millet. Information Bulletin no.37. Patancheru, A.P. 502 324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 36p, 1993
- [5]. J. Sudisha, 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, No. 1, pp. 41-55, 2008.
- [6]. E.J. Butler, Some diseases of cereals caused by *Sclerospora graminicola*, *Memoirs of the Department of Agriculture in India, Botanical Series*, Vol. 2, pp.:1-24, 1907.
- [7]. J. Grahame, Pearl millet downy mildew *Sclerospora graminicola* (Sacc.) Schroet. Plantwise Knowledge Bank, <http://www.plantwise.org/KnowledgeBank/DataSheet.aspx?dsid=49159>, 2014.
- [8]. R.W. Michelmore, M.N. Pawar, R.J. Williams, "Heterothallism in *Sclerospora graminicola*", *Phytopathology*, Vol. 72, pp. 1368-1372, 1982.
- [9]. Y.L. Nene, S.D. Singh, "Downy mildew and ergot of pearl millet", *Pest Articles and News Summary*, Vol. 22, pp. 366-385, 1976.
- [10]. S.S. Bhat, Investigation on the biology and control of *Sclerospora graminicola* on bajra, PhD thesis, University of Mysore, Mysore, Karnataka, India, 165p, 1973.
- [11]. J.C. Girard, Downy mildew of pearl millet in Senegal. In: Williams R.J. (ed.). Proceedings Of the consultants group meetings on downy mildew and ergot of pearl millet. 1-3 October, ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi -Arid Tropics), Patancheru, India, pp 59-73, 1975.
- [12]. R. Sharma, V.P. Rao, S. Senthilvel, S.C. Rajput, R.P. Thakur, "Virulence Diversity in north Indian isolates of *Sclerospora graminicola*, the pearl millet downy mildew pathogen", *Journal of Plant Pathology*, Vol. 93, No. 1, pp. 71-78, 2011.
- [13]. S.D. Singh, R.J. Williams, "Role of sporangia in the epidemiology of Pearl millet. Downy mildew", *Phytopathology*, Vol. 70, pp. 1187-1190, 1980.
- [14]. 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.
- [15]. A. Kumar, V.K. Manga, H.N. Gour, A.K. Purohit, "Pearl millet downy Mildew: challenges and prospects", *Indian Society of Mycology and Plant Pathology Scientific Publishers (India), Jodhpur*, pp. 139-177, 2012.
- [16]. 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.
- [17]. I. Karimou, H. Adamou, B. Adamou, T. Adam, A. Mahamane, A.A. Saidou, P. Gangashetty, H. Dodo, "Evaluation sous serre de la virulence de quatre isolats de *Sclerospora graminicola* (Sacc.) Schroet.) du Niger, sur des génotypes du mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.]", *Annales de l'Université Abdou Moumouni*, Tome XXII-A, pp. 125-135, 2017.
- [18]. S. Pande, S.C. Gupta, A.O. Ogungbile, E.I. Ejeaku, "Incidence of pearl millet diseases in relation to time of sowing in Niger and Nigeria", *JSMN*, Vol. 38, pp. 121-122, 1997.
- [19]. M. Hiura, "A simple method for the germination of oospores of *Sclerospora graminicola*", *Science*, Vol. 72, 95p, 1930.
- [20]. M.J. Jeger, E. Gilijamse, C.H. Bock, H.D. Frinking, "The epidemiology, variability and control of the downy mildews of pearl millet and sorghum, with particular reference to Africa", *Plant Pathology*, Vol. 47, pp. 544-569, 1998.