



Research Article

Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences 2021, Vol 29, Serie 2, 88-101

ISSN 1011-6451/CJBBS.2021. Submission (January 2021), Accepted (February 2021), Published Online (July 2021)

(www.camjournal-s.com)

La fusariose (*Fusarium verticilcloides* ex *Fusarium moniliforme*) du maïs au Cameroun Incidence, Sévérité et Caractérisation Morpho Culturelle de l'Agent Pathogène

Fusarium diseases of maize (*Fusarium verticilloides* ex *Fusarium moniliforme*) in Cameroun Incidence, Severity et Morpho Cultural Characterization the Pathogen

TAGNE*^{1,3} A. ; TANKOU¹ C. ; TUME² C. ; GHOGHOMOU¹ T. R. ; NGOKO³ Z. ; TEKEU⁵ H., NGONKEU^{3,4} E.M., MAFOUASSON³ H. ; TANZI³ L. ; SUH³ C. ; FEUIO³ T. P.

(1) Faculté d'Agronomie et des Sciences agricoles, Université de Dschang, Cameroun

(2) Faculté des Sciences, Université de Dschang, Cameroun

(3) Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Yaoundé, Cameroun

(4) Département de Biologie végétale, Université de Yaoundé-I, Cameroun

(5) Institute of Integrative Biology and Systems, Université Laval, Quebec City, QC, Canada

*Auteur pour correspondance: atagne2002@yahoo.com, +237 6 99 56 00 87

RESUME

Les maladies constituent une contrainte majeure pour la production du maïs au Cameroun. Malgré les efforts faits par les phytopathologistes la connaissance de l'évolution des maladies du maïs en champ et des agents pathogènes véhiculés par les semences reste insuffisante. Cette étude a été faite pour apporter une contribution à la lutte contre la fusariose du maïs à travers une meilleure connaissance de cette maladie dans les champs, et de l'agent pathogène. Les symptômes ont été décrits à partir des observations visuelles et la collecte des données sur les plants de maïs en champs a été réalisée dans les cinq zones agro-écologiques (ZAE) du Cameroun. Les symptômes de la fusariose les plus importantes ont été le dessèchement des feuilles et pourriture des épis et des graines. Des différences significatives ($p < 0,05$) ont été obtenues pour la sévérité et l'incidence de la fusariose à travers les (ZAE) du Cameroun. L'analyse en laboratoire des échantillons et spécimens de plantes collectés a permis d'isoler et d'identifier le champignon *Fusarium verticilloïdes* (ex (*Fusarium verticilloides* ex *Fusarium moniliforme* (Saccardo, Nirenberg) comme agent pathogène de cette maladie. Les souches de cet agent pathogène (*Fusarium verticilloïdes*) ont été décrites sur les graines, puis isolées et purifiées et ensuite décrites sur les milieux de culture *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Potato Sucrose Agar* (PSA) et *Spezieller Nährstoffarmen Agar* (SNA). Il a été conclu que l'identification et la caractérisation morpho culturale reste un outil de diagnostic de cette maladie. La fusariose est une maladie importante du maïs qui nécessite les bonnes pratiques agricole et le traitement de semences pour réduire les pertes et les contaminations due aux métabolites secondaires du champignon à savoir les mycotoxines.

Mots clés : Maïs, Fusariose, agent pathogène, Incidence Sévérité

ABSTRACT

Diseases of maize is the major constraint to its production in Cameroon. Despite the efforts made by plant pathologists, the knowledge of the evolution of maize diseases in the fields, and the seed-borne pathogens remains limited. This study was planned with the overall goal of contributing toward fighting against Fusarium disease of maize through a better knowledge of their occurrence in the fields, and the pathogen. Symptoms of fusarium disease were described in maize fields across all the five agroecological zones (AEZ) of Cameroon

using visual observations. Samples of symptoms and symptomless plants parts were also collected. These symptoms are yellowing and drying of leaves, ear and kernel rot. Significant statistical differences ($P < 0.05$) were found between the severity and incidence of fusarium disease across the agroecological zones of Cameroon. . Laboratory analysis of samples collected showed the presence of the fungus *Fusarium verticilloides* (ex *Fusarium moniliforme*) (Saccardo, Nirenberg). This fungus was identified as the pathogen of fusarium disease observed. Isolates of this pathogen (*Fusarium verticilloides*) were characterized on maize seeds and different media including Potato Dextrose Agra (PDA), Potato Sucrose Agra (PSA) and *Spezieller Nährstoffarmer Agar* (SNA). This identification was also achieved using different microscopy. It was concluded that classical morphological and cultural identification and characterization remained an important tools for this disease diagnostic. Fusarium disease of maize remain an important disease of maize and good agricultural practices and seed treatment should be carry out in order to reduce crop lost and contaminations due to fungal secondaries metabolites known as mycotoxins.

Keys words: Maize, *Fusarium* disease, Pathogen, Incidence and Sevrity

1. Introduction

Le maïs est une plante herbacée annuelle allogame ayant un faible taux d'autogamie. Cette plante est d'origine mexicaine Barghoorn *et al.*(1954). Selon la classification botanique, le maïs appartient au Règne végétal, Embranchement des spermaphytes, Sous embranchement des angiospermes, Classes des monocotylédones, Ordre des Poales, Familles des poacées, Genre : Zea, Epithète spécifique: *mays* (Purseglove, 1972).

Les structures de cette plante comprennent les racines, la tige, les feuilles, les inflorescences et les fruits (graines) (Westphal *et al.* ;1985 ; Purseglove, 1972). Le terme maïs désigne la plante et aussi le grain lui-même.

Le maïs a été introduit au Cameroun par les portugais au 16^{ème} siècle (Purseglove 1972). Il est cultivé dans toutes les zones agro-écologiques (NCRE, 1993), avec une production d'environ 1394832 tonnes (AGRISTAT, 2010; FAOSTAT, 2014, Tandzi, et Mutengwa, 2020). Cette production provient des variétés intermédiaires de 110 jours, des variétés précoces de 90 jours et des variétés extra-précoces de 60 à 75 jours (Enyong *et al.*; 1997).

Le maïs est une denrée de grande importance en termes de production et de valeur économique (Tandzi, et Mutengwa, 2020 ; Mapiemfu *et al.* ; 2011). Ces importances sont liées aux utilisations qui varient en fonction de la partie de la plante concernée. Le maïs est utilisé dans, l'alimentation humaine et animale. Il a aussi des utilisations industrielles et médicinales (Charvet, 2016).

En dépit de l'importance de cette céréale, au Cameroun, sa production est limitée par plusieurs maladies et les ravageurs. Les maladies constituent l'une des contraintes principales à la production du maïs. Ces maladies réduisent non seulement les rendements, mais affectent aussi la qualité des grains. Les pertes de maïs dues aux maladies représentent 15-50% au Cameroun (Ayuk Takem *et al.*1982, Ngoko, 1994). Delassus (1968), Nankam (1991), Ngoko, 1994, et Tagne *et al.* (2002) ont rapporté plusieurs maladies observées dans les exploitations de maïs au Cameroun.

Parmi les maladies du maïs, Munkvold (2003) a établie au cours de son étude sur l'épidémiologie de la fusariose du maïs que cette maladie était la plus importance aux Etats Unis. Il en est de même pour le Réseau de Protection de Plantes (Crop Protection Network, 2021) qui a aussi conclu sur la base des données de terrain que la fusariose est la maladie du maïs la plus importante aux Etats Unis d'Amérique, à Ontario et au Canada. Parmi les différentes types de pertes, on note la pourriture des épis et des graines et beaucoup plus la contamination par les mycotoxines parmi lesquelles la deoxynivalenol et les fumonisins (Munkvold 2003; Oldenburg *et al.*, 2017). Wei Wang *et al.* (2021) ont étudié les symptômes et la diversité du pathogène de la fusariose du maïs dans la Province de Sichuan en Chine. , tandis que Oldenburg *et al.* (2017) ont étudié la fusariose du maïs en Europe. White (2000) et Cardwell *et al.* (2000) ont rapporté la fusariose du maïs en étudiant l'interaction entre l'agent pathogène le *Fusarium verticilloides* et l'infestation des insectes sur 4 génotypes. Ngoko *et al.* (2001) et Tagne *et al.* (2003) ont travaillé sur les infections des champignons sur les plantes et les graines de même que la contamination par les mycotoxines. Tagne *et al.* (2013a) se sont focalisé sur la présence des champignons sur les semences de maïs et leur répartition par zones agro-écologiques. Moller *et al.* (1999) et Tagne *et al.* (2013b) ont réalisés l'étude moléculaire de l'agent pathogène *Fusarium verticilloides* (ex *Fusarium moniliforme*) avec un accent sur l'identité et la diversité des isolats venant de plusieurs zones agro-écologiques.

La présente étude a été réalisée dans le but de documenter les symptômes de la fusariose du maïs au Cameroun, l'incidence et la sévérité dans les différentes zones agro-écologiques avec un accent sur la caractérisation morpho culturelles de l'agent pathogène.

2. Matériels et Méthodes.

2.1 Site de l'Etude

L'étude a été menée de 2009 à 2017 dans 05 zones agro-écologiques à savoir, la zone agro-écologique de forêt humide à pluviométrie

bimodale, la zone agro-écologique de forêt humide à pluviométrie monomodale, la zone agro-écologique des hauts plateaux de l'Ouest Cameroun, la zone agro-écologique de savane et des hautes Terres et la zone agro-écologique de Savane Guinéenne (Tableau 1, Figure 1). Dans

chaque zone agro-écologique au moins deux localités ont été visitées et dans chaque localité au moins 5 exploitations ont fait l'objet d'observation pour les maladies.

Tableau 1 : Localités des exploitations.

Zone Agro écologiques	Région Administratives	Localités sources des échantillons
Zone de Savane Guinéenne (Zone I)	Extrême Nord	Maroua, Guider
	Nord	Garoua
Zone de Savane et des Hautes Terres (Zone II)	Adamaoua	Ngaoundéré, Mbe
	Ouest	Bafoussam, Foumbot Mbouda
Zone des Hauts Plateaux (Zone III)	Nord-Ouest	Bambui, Bali, Bamenda
	Sud-Ouest	Kumba, Kwakwa, Nguti Tombel
Zone de Forêt Humide à Pluviométrie Monomodale (Zone IV)	Littoral	Nkongsamba, Manjo Melong
	Centre	Bafia, Binguela Ebolowa, Mbalmayo Nkometou, Ntui Yaounde
Zone de Forêt Humide à Pluviométrie Monomodale (Zone IV)	Sud	Sangmelima

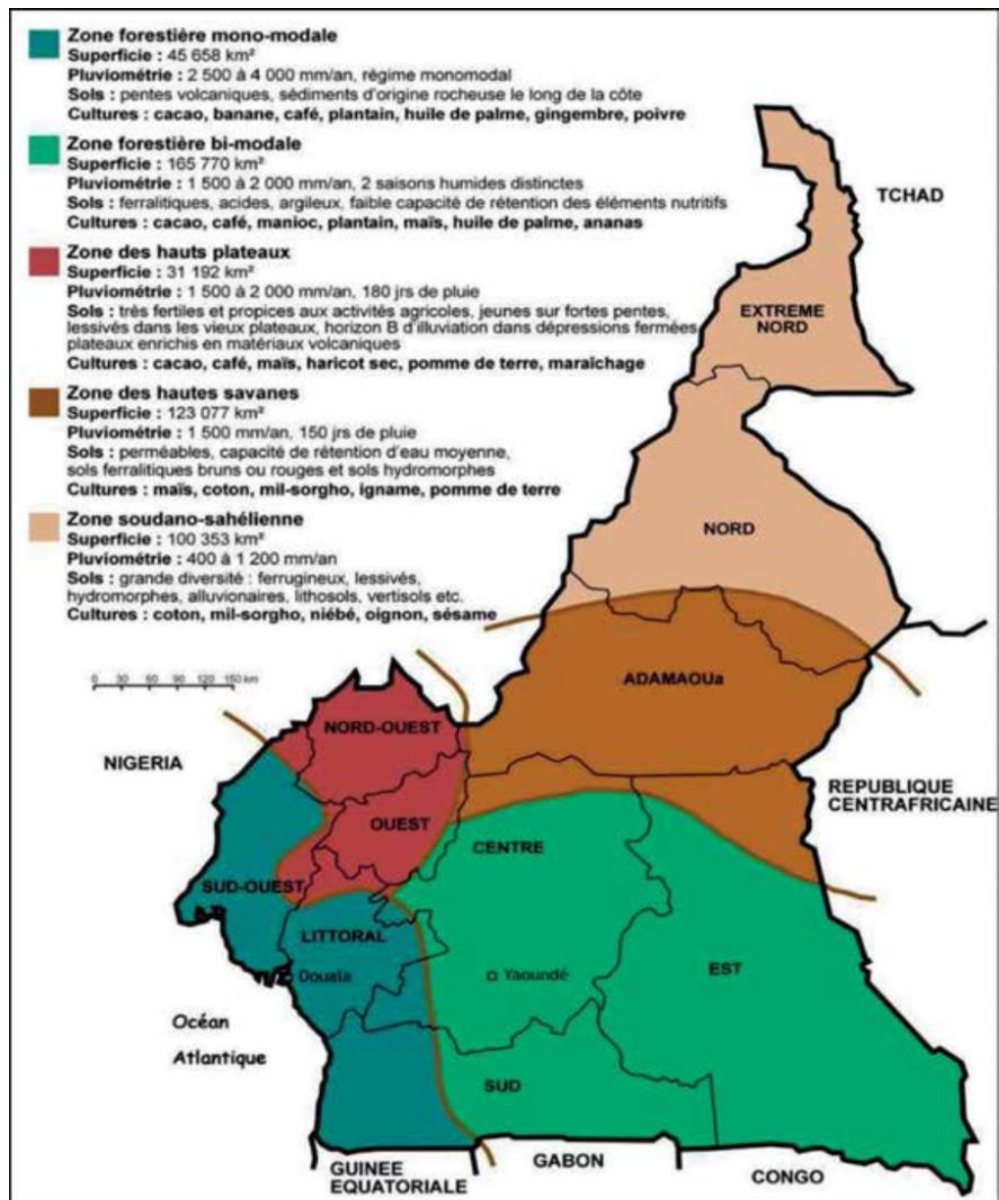


Figure 1 : Zone agro écologiques du Cameroun (Source IRAD, 2007)

2.2 Observations des symptômes en champ et collectes des échantillons

Dans chaque exploitation, les observations des symptômes de la fusariose ont été faites à l'œil nu sur les plants de maïs en cours de croissance, au stade de la floraison et à maturité.

L'évaluation des maladies en champ a été effectuée à l'aide des observations visuelles des symptômes sur les structures botaniques de la plante selon l'échelle de Dé Léon (1997) et White (2000). Les observations ont été faites suivant la méthode des carrées circonscrit dans le champ. Ces carrées ont des dimensions de 5 m X 5m. La répartition spatiale de ces carrées dans le champ suit une distribution qui prend en compte les facteurs de densité, le relief et les micros écologies. Au niveau de chaque carrée les observations ont été

faite ligne par ligne, pied par pied. La fusariose a été observée et noté à l'aide de deux paramètres :

La sévérité, notée sur une échelle allant de 1 à 9 selon Dé Léon (1997) et White (2000).

(1) Pas de symptôme, (2-3) Symptôme peu important, (4-5) Symptôme moyennement important, (6-7) Symptôme important (8-9) symptômes très important (9).

Cet index dénote l'ampleur des dégâts visible sur chaque plante. L'index de sévérité de la fusariose est donc la moyenne des index de cette maladie sur chaque plant selon la méthode de Tchoumakov et Zaharova (1990).

L'incidence qui est le ratio des plants malades sur le nombre total de plants dans le carrée de 5X5. L'incidence de la fusariose au niveau d'une exploitation ou du champ a été obtenu en faisant la

moyenne des incidences notées au niveau de chaque carrée.

Dans chaque exploitation, les échantillons de feuilles ont été collectés. Ces échantillons ont été conservés entre deux papiers, ensuite au réfrigérateur avant leur analyse en laboratoire.

Les données obtenues ont été analysées à l'aide du SPS et les moyennes ont été séparées à l'aide du test de STUDENT NEWMAN ET KEUILS avec un seul de probabilité inférieure à 5%.

2.2 Isolement et identification des champignons sur les spécimens des symptômes collectés

Les spécimens des symptômes collectés ont été analysés au laboratoire de phytopathologie de l'IRAD à Nkolbisson, suivant la méthode d'incubation, et d'observation au microscope. Les fragments ayant le symptôme d'un côté et un aspect sain de l'autre ont été incubés sur le milieu à base de Pomme de Terre Dextrose Agar (PDA) et le papier buvard imbibé d'eau stérile et placé dans les boîtes de Pétri (figure 5b). Les incubations ont été faites à la température ambiante sous l'alternance de lumière jour et nuit. Les croissances de champignons observées ont été isolées, puis purifiées sur le milieu PDA. Pendant cette phase et bien avant, des préparations ont été faites sur les lames de verres puis observées à plusieurs agrandissements du microscope de marque Leica. Au cours de ces observations les structures des champignons à savoir les conidies, les microconidies, les hyphes et les filaments mycéliens ont été observées, décrites et filmées. Elles ont été identifiées par comparaison à celles décrites par Shurtleff (1992), De Léon (1997) et White (2000).

2.3 Caractérisation des isolats de *F. verticilloides* à l'aide des critères morpho-culturels sur les graines et les milieux de culture

Les graines de maïs ont été ensemencées dans une chambre humide constituée d'une boîte de Pétri de 9 cm de diamètre. Dans cette boîte 3 papiers buvard préalablement trempés dans l'eau du robinet étaient déposés. Les graines de maïs ont été ensemencées au nombre de dix (10) dans chaque boîte (Figure 5b). L'incubation des graines s'est fait à la température de 22°C sous une alternance de

lumière du jour et de l'obscurité de la nuit d'environ 12 h chacune comme décrit par Singh *et al.* (1974). Après cette incubation, les graines ont été observées une à l'œil nu. Les filaments mycélium de *F. Verticilloides* ont été décrits et caractérisés pour leur couleur, apparence et configuration spatiale.

A partir de la croissance mycélienne observée à l'œil nu, des isolations ont été faites sur le milieu de culture pomme de terre dextrose agar (PDA), de pomme de terre sucrose agar (PSA), de *Spezieller Nährstoffarmer Agar* (SNA) coulés dans les boîtes de Pétri de 9cm. Ces boîtes sont incubées à la température de 22°C avec une alternance de lumière et d'obscurité pendant un maximum de 7 jours. Après cette incubation, les cultures pure de champignon ont été observées à l'œil nu et décrites pour la couleur sur la face supérieure et inférieure, la croissance totale au bout de 7 jours et la pigmentation à l'intérieure du milieu.

Les croissances de *F. verticilloides* observées à l'œil nu sur les graines et sur le milieu PDA, PSA et SNA ont été examinées avec la loupe binoculaire pour la description du mycélium, de la croissance aérienne et du rangement des conidies. A partir de ces croissances du champignon sur la surface des graines et des cultures, des préparations ont été faites sur des lames de verre puis observées au microscope à différents grossissements. Les structures du champignon telles que les conidies, les microconidies, les hyphes et les filaments mycéliens ont été observés et décrits. Des mesures des microconidies et des macroconidies ont été aussi effectuées à l'aide du micromètre du microscope.

3 Résultats et discussion

3.1 Symptômes observés dans les champs

Les symptômes observés sont des feuilles jaunes (Figures 2a, 2b). Ce jaunissement commence parfois par l'extrémité de la feuille et évolue vers la tige. Les jaunissements s'accompagnent de dessèchement (Figures 2a, 2b). On observe aussi la pourriture des épis et des graines (Figure 2c), la pourriture des tiges et la verse des plants. Ces symptômes se rapportent très clairement à ceux décrits pour la fusariose par Ngoko (1994), Cardwell *et al.* (2000) et Ngoko *et al.* (2001).

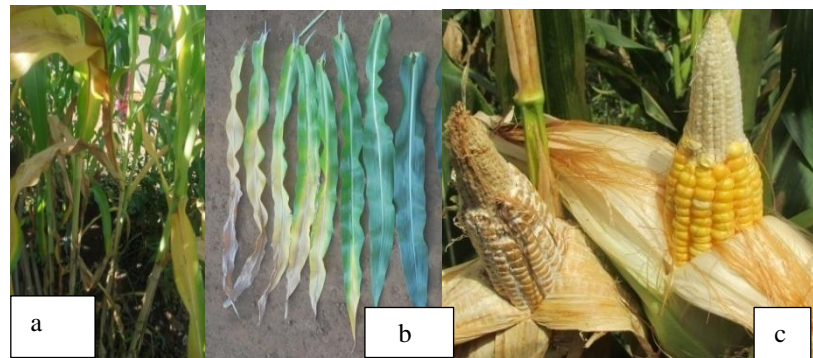


Figure 2: Symptômes de fusariose du maïs dans le champ (a et b) Jaunissement et dessèchement, (c) Pourritures

3.2 Agent pathogène et caractérisation morpho culturale

Les isolements faites à partir des parties de plantes attaquées ont permis d'observer la

croissance et les structures du *Fusarium verticilloides*. Il s'agit de la croissance mycélienne sur les épis (figure 3), des microconidies et des macroconidies (figure 4)



Figure 3 : Agent pathogène de la fusariose du maïs au Cameroun (Les flèches indiquent le mycélium blanc qui se développe entre les graines sur l'épi de maïs)

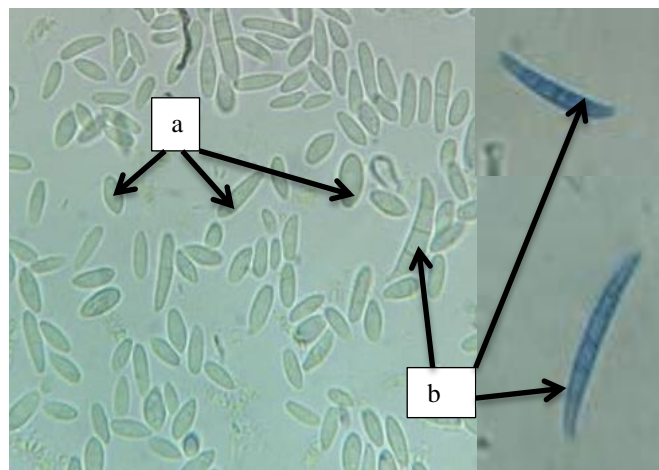


Figure 4 : Champignon *Fusarium verticilloides* (ex *Fusarium moniliforme*), agent pathogène de la fusariose du maïs au Cameroun, (a) Microconidies multiformes (b) macroconidies ayant un nombre variable divisions transversales (400X).

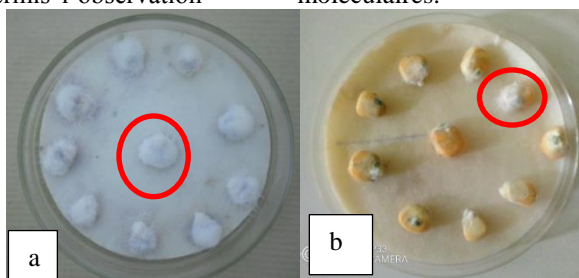
La description des isolats obtenus correspond bien à celle de la souche de référence venant de l'Institut International de Mycologie de KEW en Angleterre, isolée des semences de maïs du Cameroun en 1994 et déposée sous le numéro IMI 362643 (Tagne *et al.* (2013b)). Ce champignon bien connu et reporté par plusieurs auteurs parmi lesquels Ngoko (1994), Cardwell *et al.* (2000) et Ngoko *et al.* (2001) est bien *Fusarium verticilloides* (Saccardo) Nirenberg (ex *Fusarium moniliforme*). Selon Moller *et al.* (1999), Tagne *et al.* (2013a) l'identification moléculaire de ce *Fusarium verticilloides* agent pathogène bien connu de la fusariose du maïs au Cameroun et ailleurs a été réalisée avec les réactions des chaînes de polymérase (PCR) en utilisant les amorces 53-6F (5'-TTT AGG CGG CGA TGG GT-3') et 53-6R (5'-GGC CGT TTA CCT GGC TTC TT-3') qui permet l'amplification d'un fragment d'ADN ayant un poids moléculaire de 560bp reconnu spécifique. Le *Fusarium verticilloides*(ex *Fusarium moniliforme*) est bien l'agent pathogène qui cause les symptômes de fusariose du maïs en champ au Cameroun.

La caractérisation de *F. verticilloides* sur les graines de maïs incubées a permis d'observer un mycélium blanc duveteux, intense ou éparse selon le degré d'infection (Figure 6a et 6b). La microscopie stéréoscopique a permis l'observation

sur les graines sans préparation préalable de lames à un grossissement de 10X, la densité du mycélium blanc de *F. verticilloides* qui est éparse et étagée (Figure 6c). A l'agrandissement de 40X, on a observé des microconidies de *F. verticilloides* sous forme de collier ou de chaînes (Figure 6d).

L'observation des préparations faites sur des lames de verre à l'agrandissement 100X du microscope a montré que les microconidies de *F. verticilloides* sont de forme ovale à pyriforme (figure 4a). Elles ont une couleur hyaline et sont unicellulaires c'est-à-dire sans aucune division cellulaire. Elles mesurent 5 -12 x 1.5-2.5 µm.

Les macroconidies sont fusiformes (figure 4b), effilées aux deux extrémités, l'une des extrémités présentant un pied qui est le point de contact entre la macroconidie et le conidiophore. Les macroconidies ont 2 à 10 divisions cellulaires. Elles mesurent 25-60 x 2.5-4 µm. Ces observations des microconidies et des macroconidies concordent avec les descriptions de Nelson (1992), Burgess *et al.* (1994), Mathur et Kongsdal (2003) et Leslie et Summerell (2006). Ces auteurs ont fait des descriptions morphologiques consistantes du *F. verticilloides* et des autres espèces de *Fusarium*, qui sont d'une utilisation efficaces pour l'identification dudit champignon. Cette identification peut se compléter avec les outils moléculaires.



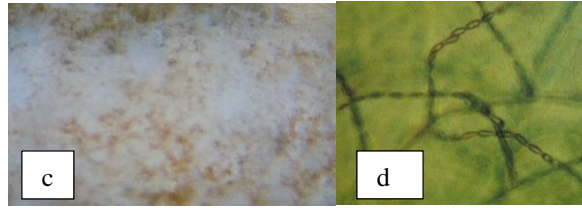


Figure 5: Croissance du Champignon *F. verticilloïdes* sur la graine de maïs

- «a et b » mycélium blanc épars et étagée,
- « c » vue de la croissance à l'aide de la microscopie stéréoscopique à 10X,
- « d » microconidies de *F. verticilloïdes* sous forme de collier ou de chaînes à 40X du microscope stéréoscopique.

Cette caractérisation décrit le *F. verticilloïdes* sur le milieu naturel qui est la graine incubée naturellement dans une chambre humide constitué d'une boîte de Pétri. La croissance du champignon bénéficie du substrat naturel qui est la graine humidifiée par l'eau retenue par les 03 papiers buvard rondes. Cette description concorde avec celle de Mathur and Kongdal (2003). La caractérisation des champignons sur les semences contribuent de manière importante à l'étude des champignons des graines des plantes cultivées autant que celles des espèces forestières (Nadia *et al.* 2013). Elle facilite les isolements aux fins d'obtenir des cultures pures sur les milieux et constitue une base de la pathologie des semences.

Sur les milieux nutritifs à base d'agar dans les boîtes de Pétri, les cultures pures ont été

obtenues à partir des isolements faites sur la croissance mycélienne et les fructifications de *F. verticilloïdes* sur les graines et sur et les parties des plantes infectées. Ce champignon se caractérise par, la couleur du mycélium et sa forme circulaire. Sur le milieu pomme de terre dextrose agar (PDA), et pomme de terre sucrose agar (PSA) la face supérieure de la culture a une couleur blanche duveteuse, il y a une croissance aérienne du mycélium et des fructifications du champignon (Figure 6b et 6d). Dans le milieu on observe aussi une pigmentation qui prend une coloration violette au-delà de 7 jours de croissance (Figure 6a et 6c).

Sur le milieu SNA, le *F. verticilloïdes* a une couleur blanc crème (figure 6e). Sur la face inférieure, on observe une couleur blanche pâle violacée à bleuité après 7 jours (Figure 6f).

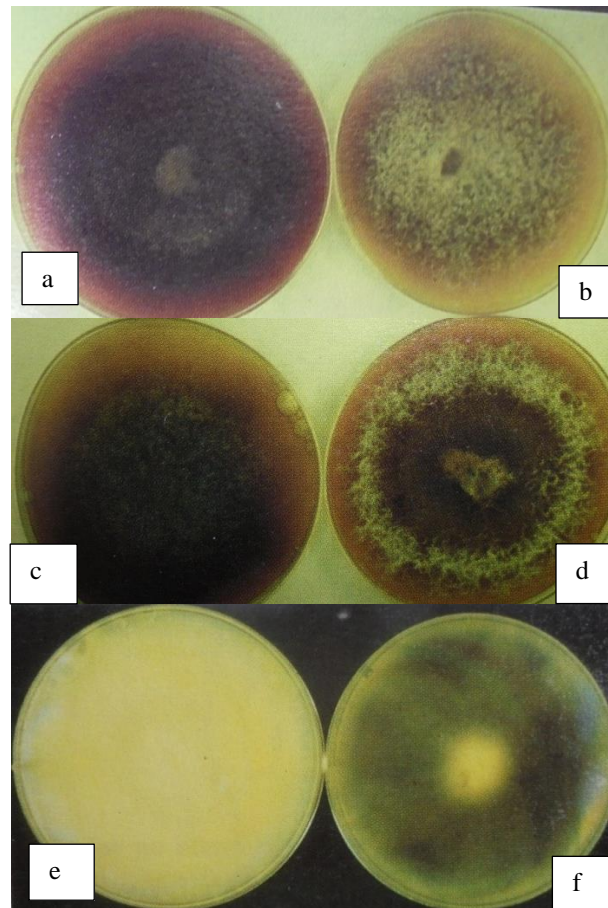


Figure 6: Cultures de *F. verticilloïdes* sur le milieu après 7 jours (a) PDA face inférieure, (b) PDA face supérieure, (c) PSA face inférieure, (d) PSA face supérieure, (e) SNA face supérieure (f), SNA face inférieure.

La description sur les milieux de cultures ci-dessus est proche de celles de Singh *et al.* (1991), Alborch *et al.* (2010) et Wei *et al.* (2021). L'utilisation des milieux de culture est une méthode consistante pour la caractérisation des isolats de *F. verticilloïdes*. Pour consolider cette méthode, les derniers auteurs ont travaillé sur 8 milieux de culture à base d'agar dans le but de mettre au point des milieux semi sélectifs pour ce champignon. Les colorations observées dans le milieu sont conséquentes aux substances chimiques qui sont des métabolites secondaires du champignon (Singh *et al.* 1991).

3.3 Sévérité, Incidence et distribution de la fusariose dans les 05 zones agro-écologiques du Cameroun

La sévérité de la fusariose du maïs dans les exploitations inspectées varie de 2 à 7 sur l'échelle de De Léon (Tableau 2). La comparaison de Student Newman et Keuls, montre qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$), pour la sévérité de la fusariose du maïs dans la zone 1 comparée aux zones 2, 3, 4 et 5. Il en est de même entre la zone 2, comparée aux zones 3, 4 et 5 ; entre les zones 3 et 4 comparée à la zone 5.

La moyenne de l'incidence de la fusariose du maïs notée dans les exploitations inspectées se situe entre 4% et 30% (Tableau 2). La comparaison de Student Newman et Keuls (Tableau 2), montre clairement une différence significative ($p < 0,05$) pour l'incidence de la fusariose du maïs, dans la zone 1 quand on la compare aux zones 2, 3, 4, et 5. Il en est de même : pour la zone 2 quand on la

compare aux zones 4 et 5 ; pour la zone 3 quand on la compare à la zone 5.

La sévérité de la fusariose du maïs dans les exploitations inspectées varie de 1 à 7 et la moyenne des incidences notées se situe entre 4% et

30%. L'incidence de 30% justifie les pertes de rendement et de récoltes que Ayuk Takem *et al.* 1982 et Ngoko (1994) ont rapporté à environ 15-50%.

Tableau 2: Sévérité et incidence de la fusariose du maïs dans les différentes zones agro-écologiques.

No	Zones agro-écologiques	Sévérité (1 à 9)	Incidence(%)
1	Zone de Savane Guinéenne	3,38a	4,77a
2	Zone de Savane et des Hautes Terres	2,00b	15,00b
3	Zone des Hauts Plateaux	6,38c	30,00d
4	Zone de Forêt Humide à Pluviométrie Monomodale	5,75c	20,00bc
5	Zone de Forêt Humide à Pluviométrie Bimodale	4.5d	25.00cd

Les différences de lettres dans la même colonne montrent une différence statistique significative entre les moyennes ($p < 0,05$).

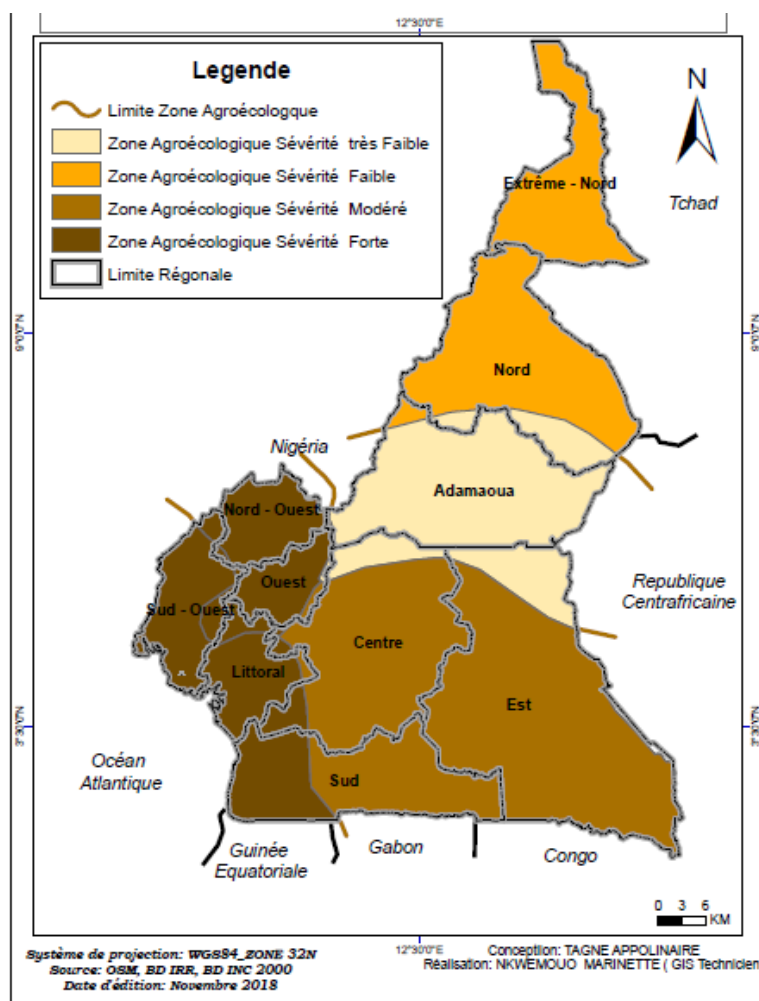


Figure 7: Distribution de la fusariose du maïs au Cameroun

La distribution de fusariose du maïs dans les 05 zones agro écologiques du Cameroun (figure 7) indique clairement que cette maladie est plus sévère et engendre beaucoup de dégâts dans la zone de forêt humide à pluviométrie monomodale et la zone des hauts plateaux. Ceci s'explique par le fait que les pluies continues favorisent le développement du champignon et créent une humidité relative élevée qui favorise la pourriture des épis et des graines. Cette pluviométrie élevée surtout pendant la période de récolte prédispose le maïs aussi à des pertes après récolte. Dans la zone de forêt humide à pluviométrie bimodale la sévérité est moyenne. Elle est faible dans la zone de savane. La période de sécheresse pendant la récolte est défavorable au développement du champignon. En effet à partir de cette distribution il a été conclu que la fusariose évolue avec la pluviométrie et s'accroît quand cette pluviométrie est

monomodale. Cette conclusion concorde avec celle de Munkvold (2003), qui a fait une revue sur l'épidémiologie de la fusariose aux Etats Unis et les travaux de Nankam (1991), Ngoko (1994), Cardwell *et al.* (1997) et Tagne *et al.* (2002), ont rapporté la fusariose dans les exploitations de au Cameroun.

La fusariose est une maladie très importante du maïs qui est sévère en champ selon la zone agro écologiques et le mode de pluviométrie, elle engendre des pertes de rendement des pertes de récoltes et les pertes après récoltes en termes de moisissures et de contamination par les mycotoxines. Ce travail documente de manière consistante la connaissance de la fusariose en champ, ses symptômes, son incidence et sa sévérité ainsi que la caractérisation morpho-culturelle de l'agent pathogène.

Références

- Alborch L M, Bragulat R, Caban F J (2010). Comparison of two selective culture media for the detection of *Fusarium* infection in conventional and transgenic maize kernels ORIGINAL ARTICLE. *Letter in Applied Microbiology*, 50 270-275. doi:10.1111/j.1472-765X.2009.02787.x.
- AGRISTAT (2010). Agricultural Statistics. Ministry of Agriculture and Rural Development, Cameroon. 200p.
- Ayuk-Takem J A, Ekebil J P, Cheda H R (1982). Problems and potential of maize research and production in Cameroon. *Revue Science et Technique* 2 (4): 5-16.
- Barghoorn E S, Wolfe . K, Clislyk H, (1954). Fossil pollen from the valley of Mexico. Botanical Museum leaflets. Havard University 16: 229.
- Burgess L W, Lidell C M, Summerell B A (1994). Laboratory Manual for *Fusarium* Research. University of Sydney, 156p.
- Cardwell K F, Schulthess F, Ndemah R, Ngoko Z (1997). A systems approach to asses crop health and maize yield losses due to pests and diseases in Cameroun. *Agriculture Ecosystems and Environment* 65: 33-47.
- Cardwell K F, Kling J G, Maziya-Dixon B, Bosque-Perez N A(2000). Interactions between *Fusarium verticilloides*, *Aspergillus flavus*, and insect infestation in four maize genotypes in lowland Africa. *Phytopathology* 90: 276-284.
- Charvet (2016). « MAÏS », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 18 mai 2016. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/maïs/>.
- Crop Protection Network (2021). Corn Disease Loss Estimates From the United States and Ontario, Canada — 2020. Published March 18, 2021. DOI: doi.org/10.31274/cpn-20210324-0.
- Delassus M (1968). Les principales maladies du maïs dans l'Ouest Cameroun. *Agronomie Tropicale* Volume 23. ORSTOM-IRAT, 429-434.
- DeLeon C (1997). Maize Diseases. A guide for field identification. CIMMYT 102p.
- Enyong L, Coulibaly O, Adesina A, Youri A, Raman A, The C (1997). Dynamics of maize production, adoption of improved maize varieties and food security in the Northern Region of Cameroon. In Strategy for Sustainable Maize Production in West and Central Africa: Badu Apraku B. Okoroda M. O. Ouedrago M. Quin F.M. Proceedings of a Regional Maize Workshop 21-25 April 1997, IITA Cotonou Benin. 80-90p.
- FAOSTAT (2014). Statistique de Production ([www. faostat.org](http://www.faostat.org))
- IRAD (2007). Annual report. Institute of Agricultural Research for Development (IRAD). 150p
- Kim W G, Oh I S, Yu S H, Park J S (1984). *Fusarium moniliforme* detected in seeds of corn and its pathological significance. *Korean J. Mycol.* 12:105-110.
- Leslie J F Summerell B A (2006). *Fusarium verticilloides* (Saccardo) Nirenberg. In: Leslie J. F. Summerell B. A. Editors. *The Fusarium Laboratory Manual*, pp. 274-279. Blackwell Publishing.
- Mapiemfu L D, Thé C, Tsoata E, Zonkeng C, Mfopou M Y C (2011). Inhibition de la croissance et du rendement du maïs (*Zea mays* L.) en sols très acides au Cameroun, et identification de critères précoces de

- tolérance à la toxicité. *Tropicultura*, 29(2), 94-100.
- Mathur S B Kongdal O (2003). Common Laboratory Seed Health Testing Methods for the Detection of Seed Borne Fungi. Basserdorf, Switzerland International Seed Testing Association 388p.
- Moller E. M. Chelkowski J. and Geiger H. H. 1999. Species-specific PCR assays for fungal pathogens *Fusarium moniliforme* and *Fusarium subglutinans* and their application to diagnose maize ear rot disease. *Journal of Phytopathology* 497-508.
- Munkvold G P(2003), Epidemiology of *Fusarium* diseases and their mycotoxins in maize ears. *European Journal of Plant Pathology* 109: 705–713, 2003.
- Nadia L, Fadma E, Amina O T, Rachid B, Allal D (2013). Etude de la mycoflore des grains de trois variétés de riz et effet d'*Alternaria padwickii* (Ganguly) M.B. Ellis sur les grains pré-germés. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 2013, n° 35, 1-7.
- Nankam C (1991). Prévalence of Blight and race of *Exserohilum turcicum* in Cameroon. Proceedings of the SAFGRAD Inter-Network Conference in Niamey Niger 7-14 march 1991 pp. 257-261.
- NCRE (1992). Annual research Report. National Cereals Research and Extension Projets Cameroon. IRAD/USAID/IITA.259P.
- Nelson P E (1992) The taxonomy and biology of *Fusarium moniliforme*. *Mycopathologia* 117: 29–36
- Ngoko Z, Marasas W F O, Rheeder J P, Sherdard G S, Wingfield M J, Cardwell K F (2001). Fungal Infection and Mycotoxin Contamination of Maize in the Humid Forest and the Western Highlands of Cameroon. *Phytoparasitica* 29 (4): 352-360.
- Ngoko Z (1994). Les maladies du maïs dans les hauts plateaux du Cameroun. Bulletin Technique. IRA/MNREST 22p.
- Oldenburg E., Höppner F., Ellner F., Weinert J. (2017). *Fusarium* diseases of maize associated with mycotoxin contamination of agricultural products intended to be used for food and feed. *Epub* 33(3):167-182. doi: 10.1007/s12550-017-0277-y.
- Purseglove J W (1972). Tropical Crops Monocotyledons. Longman 607P.
- Richard B, Hamed K A, Gary W, Paul W, Sonya B, Peter M, Rowera K, Leigh H, Mary S (2008). Identification of selected Fumonisin forming *Fusarium* species using PCR applications of the polyketide synthase gene and its relationships to Fumonisin production in vitro. *Int. J. Mol. Sci.* 9:554-570.
- Shurtleff F M C (1992). Comperdium of Corm Diseases. Second Edition Minesota The American Phytopathological Society (APS).105p.
- Singh D V Mathur S B, Neergaard P (1974). Seed health testing of maize. Evaluation of testing techniques with particular reference to *Dreschlera maydis*. *Seed science and Technology* 2: 399-365.
- Singh K, Frisvad J C, Thrane U, Mathur S B (1991). An illustrated manual on the identification of some seed-borne *Aspergilli*, *Fusaria*, *Penicillia* and their mycotoxins. DGISP-DTH 133pp.
- Sutton B C (1980). The Coelomycetes: Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata. CMI 696p.

- Tagne A, Fontem D A, Hansen H J, Teguefouet P F, Mathur S B (2013a). Seed-borne fungi in maize seed samples of Cameroon and their distribution according to the five agro-ecological zones. *Topclass Journal of Agricultural Research* Vol. 1(5) Pp. 43-50, Available online at <http://www.topclassglobaljournals.org> ©2013 Topclass Global Journals.
- Tagne A, Fontem D A, Amvam Zollo P. H, Mathur S B, Neergaard E (2013b). Identity and diversity of *Fusarium moniliforme* isolates from different agro-climatic zones of Cameroon using PCR Assays. *Topclass Journal of Microbiology* Vol. 2(2) Pp. 20-27. Available online at <http://www.topclassglobaljournals.org>. ISSN 2315-8832 ©2013 Topclass Global Journals
- Tagne A, The C, Ngoko Z, Kongsdal O, Mathur S B (2003). *Fusarium pallidoroseum* in maize seeds samples from three agro-ecological zones of Cameroon. *Journal of Stored Product Research*, 39 367-374
- Tagne A., Hansen H. J., Neergaard E., The C., 2002 Host pathogen interaction between *Acremonium strictum* and maize of Cameroun. *European Journal of Plant Pathology* 108: 93-103.
- Tandzi, N L, Mutengwa, C S (2020). Estimation of Maize (*Zea mays* L.) Yield Per Harvest Area: Appropriate Methods. *Agronomy*, 10, 29. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010029>
- Tchoumakov A E , Zaharova II (1990). Influence of statistics of the deveoppement of the diseases IN : *Damages caused by the diseases with the agricultura cultures*. Edition Agropromes. Moscou. Pp.15
- Wei Wang, Bo Wang, Xiaofang Sun, Xiaobo Qi, Conghao Zhao, Xiaoli Chang, Muhammad Ibrahim Khaskheli & Guoshu Gong (2021). Symptoms and pathogens diversity of Corn *Fusarium* sheath rot in Sichuan Province, China. www.nature.com/scientificreports. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82463-2>
- Westphal E, Embrechts J, Ferwenda J D, Mutsaers H J W, Westphal J M C (1985). Cultures Vivrières tropicales avec références spéciale au Cameroun. Pudoc, Wageningen. 514P.
- White D G, (2000). Compendium of Corn Diseases. Third Edition. Minesota. USA. The American Phytopathological Society (APS). 79 p.