

Efficacité du Calthio C en traitement de semences de riz contaminées par *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn

NIKIÉMA Fabrice Wendyam ^{1,2*}, NITIÉMA Léon W.¹, NANA Abel T.²,
KOÏTA Kadidia², OUEËDRAOGO Moumouni³

Résumé

Les champignons transmis par les semences de riz *Oryza sativa* L induisent des pertes de productions considérables. Pour une meilleure certification des semences, il est important de déterminer des seuils de contaminations fongiques. Des semences de la variété de riz FKR19 ont été inoculées à des concentrations variables d'inoculum de l'ordre 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 conidies/ml de *Curvularia lunata* pendant 24 h, puis séchées pendant 72 h. Une partie des grains inoculés a été traitée au Calthio C et l'autre n'a pas subi de traitement. Des tests de germination sur du papier buvard puis des semis en pots pour évaluer la levée, la fonte de semis et les symptômes foliaires ont été effectués. Les résultats montrent que les grains inoculés à 10^6 conidies/ml et traités au Calthio C ont un pourcentage de contamination (12,23 %) inférieur à celui des grains inoculés et non traités (28,38 %). Ce produit chimique conventionnel induit une réduction maximale de 16,15 % du taux de contamination pour la concentration de 106 conidies/ml. Le Calthio C perd son efficacité lorsque la contamination atteint 4,34 %. Ce taux correspond au seuil de contamination des semences de riz à partir duquel le traitement chimique n'est plus capable de réduire l'impact négatif de *Curvularia lunata*.

Mots-clés : *Oryza sativa* L., Variété FKR19, *Curvularia lunata*, Fongicide Calthio C.

Effectiveness of chemical treatment of artificially contaminated rice seeds by *Curvularia lunata*

Abstract

The fungi transmitted by rice *Oryza sativa* L seeds induce considerable production losses. For a better seed certification, it is important to determine fungal contamination thresholds. Seeds of the rice variety FKR19 were inoculated at varying concentrations of inoculum in the order of 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 conidia/ml of *Curvularia lunata* for 24 hours and dried for 72 hours. One part of the inoculated grains was treated with Calthio C and one other part was not treated. Germination tests on Whatman filter paper followed by planting in pots to evaluate emergence, damping-off and leaf symptoms were performed. The results show that seeds inoculated with 106 conidia/ml and treated with Calthio C have a percentage of contamination (12.23%) lower than inoculated and untreated grains (28.38%). This conventional pesticide is able to reduce the contamination rate by up to 16.15% for a concentration of 106 conidia/ml. Calthio C loses its effectiveness when the contamination reaches 4.34%. This rate corresponds to the contamination threshold of rice seeds from which the chemical treatment is no longer able to reduce *Curvularia lunata* negative impact.

Keywords: *Oryza sativa* L., Variety FKR 19, *Curvularia lunata*, Calthio C fungicide.

¹ Département Production Végétale, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 04 BP 8645 Ouagadougou 04. Burkina Faso.

² Département Biologie et Physiologie Vegetale, Laboratoire Biosciences, Université Pr Joseph Ki-Zerbo. 03 BP 7021, Ouagadougou 03. Burkina Faso.

³ Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-agricoles, Direction Générale des Productions Végétales. 01 BP1764 Ouagadougou 01. Burkina Faso.

* Auteur correspondant : wfnikiema@gmail.com

Introduction

Au Burkina Faso, la production de semences de base de riz est estimée à 22,6 tonnes et concerne les variétés FKR19 (55 %), FKR 62N (21 %), TS2 (14 %) et FKR 45N (10 %) (MASA, 2014). Ces semences, destinées à la multiplication, sont certifiées par le Service National des Semences. Pour la certification des semences, des analyses de laboratoire sont effectuées et portent sur la pureté variétale minimum, la pureté spécifique minimum, la faculté germinative minimum, le taux d'humidité et l'analyse sanitaire (MAHRH, 2010 ; CEDEAO, 2009). L'analyse de la mycoflore des grains de différentes variétés de riz a mis en évidence des souches fongiques très diversifiées au Burkina Faso (OUEDRAOGO *et al.*, 2016). Cependant, *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn est fréquemment observé après *Phoma sorghina*, *Bipolaris oryzae*, *Alternaria padwickii* avec un pourcentage de contamination de 51 % (OUEDRAOGO *et al.*, 2016). Ce pathogène provoque une coloration brune à noire, une perte de poids et une diminution du pouvoir germinatif (JIN *et al.*, 1994 ; GNANCADJA *et al.*, 2016). Pour lutter contre *C. lunata*, plusieurs méthodes ont été développées pour réduire l'incidence de ce pathogène dévastateur sur la production du riz (HASSIKOU *et al.*, 2002 ; BAHOUS *et al.*, 2005). Ainsi, l'utilisation des fongicides pour le traitement des semences a permis d'assurer une bonne conservation pendant la phase de stockage (AGARWAL *et al.*, 1994). Certains fongicides tels que le tricyclazole, le bénomyl et le Calthio C se sont montrés efficaces sur ce contaminant des grains de riz (HASSIKOU *et al.*, 1999 ; HASSIKOU *et al.*, 2002). L'efficacité de l'utilisation des fongicides est conditionnée par la connaissance du degré de contamination des semences par les agents pathogènes via des tests d'analyses sanitaires (HANNIN *et al.*, 2003). La détermination des degrés et seuils de contamination revêt donc une grande importance. Le degré de contamination des grains par les champignons est un indicateur de la qualité des semences (POULEUR *et al.*, 2013 ; MONAJJEM *et al.*, 2014). La certification exige de ce fait une connaissance des degrés et seuils de contaminations fongiques (NECHED, 2015).

Parmi les variétés de riz vulgarisées au Burkina Faso, la variété FKR19 qui s'adapte à toutes les zones écologiques du pays, est la plus sollicitée par les producteurs (HEMA, 2009). C'est une variété de 120 jours, résistante à la verse et sensible à la pyriculariose (INERA, 2013).

Les pertes de production sont proportionnelles au taux d'infection des semences (CHAMPION, 1997). La conséquence de l'utilisation de semences dépassant le seuil de contamination fongique est la réduction, voire l'absence de production (IMOLEHIN, 1983 ; DEDI-KY *et al.*, 2017). La connaissance des seuils de contaminations s'avère capitale et ce, d'autant plus que le succès de toute culture dépend avant tout de la qualité des semences utilisées (HANNIN *et al.*, 2003).

Au vu de l'importance du seuil de contamination des grains de riz, l'utilisation de ce critère s'avère judicieux dans la certification des semences par les services spécialisés.

L'objectif de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la qualité sanitaire des semences certifiées au Burkina Faso.

I. Matériel et Méthodes

1.1. Matériel végétal

Les semences de base saines provenant de la variété de riz FKR19 produit en 2017 et conservées à l'abri de l'humidité ont été utilisées pour l'expérimentation.

1.2. Matériel fongique

La souche de *C. lunata* (Wakker) Boedijn isolée à partir des semences de riz de la variété FKR19 dans le laboratoire de phytopathologie de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) à Kamboinsé a été utilisée.

1.3. Matériel chimique

Le Calthio C (25 % de Chlorpyrifos-éthyl et 25 % de Thirame) qui est un insecticide et un fongicide utilisé en traitement de semences, a été utilisé comme traitement fongicide témoin. Le Calthio C est un fongicide systémique dont la dose recommandée est de 20 g pour 5 kg de semences.

1.4. Isolement et obtention de culture pure de *Curvularia lunata*

C. lunata a été isolé à partir des semences non traitées de riz par la technique du papier buvard décrite par MATHUR et KONGSDAL (2003). Après cinq jours d'incubation à 25 °C avec une alternance de 12 heures de lumière-obscurité, le champignon identifié a été repiqué sur un milieu PDA (Patato Dextrose Agar). Un isolement monoconidien a permis d'obtenir une culture pure conservée à 25 °C dans des tubes hermétiquement fermés.

1.5. Préparation de l'inoculum

Curvularia lunata a été cultivé sur le milieu PDA à l'obscurité à 25 °C. Après 10 jours d'incubation, la surface chargée de conidies est raclée stérilement à l'aide d'une spatule métallique. Le mycélium a été ensuite mis en suspension dans l'eau distillée stérile puis agité pendant une minute au vortex. La suspension obtenue a été filtrée sur une mousseline pour séparer les conidies des fragments mycéliens.

Après comptage à l'aide d'une cellule de Malassez, les suspensions conidiennes ont été ajustées avec l'eau distillée stérile de façon à obtenir des concentrations finales de l'ordre de 10^3 conidies/ml, 10^4 conidies/ml, 10^5 conidies/ml et 10^6 conidies/ml.

1.6. Inoculation des semences et traitement au Calthio C

Les grains de riz de la variété FKR19 ont été désinfectés à l'hypochlorite de sodium à 15 % pendant 10 minutes (BAHOUS *et al.*, 2008 ; BAHOUS *et al.*, 2010) suivi d'une évaluation sanitaire pour s'assurer de l'absence d'agents pathogènes. Ces grains ont été trempés dans les différentes suspensions de conidies pendant 24 heures (BOUDOUDOU *et al.*, 2009). Les grains témoins ont été transférés dans des erlenmeyers contenant de l'eau distillée stérile pendant 24 heures puis séchés sous une hotte au laboratoire pour être incubés de la même manière que ceux inoculés. Une partie des grains inoculés a été utilisée pour un traitement chimique par enrobage. Pour ce faire, une quantité de 0,004 g de Calthio C a servi à inoculer 400 grains.

Pour chaque concentration d'inoculum, 400 grains ont été trempés dans un volume de 20 ml pendant 24 heures. Les grains ont été séchés sous une hotte au laboratoire pendant 72 heures. Un premier lot de 400 grains inoculés a été étalé sur du papier buvard et mis dans un incubateur à 25 °C à l'obscurité pour le test de germination. Un deuxième lot de 400 grains inoculés a été semé dans des pots placés en serre (température variant entre 28 °C à 34 °C).

1.7. Préparation du terreau

Le terreau est constitué d'un mélange d'un quart de sable, un quart de fumure organique (déjection de bœufs) et deux quarts de terre prélevée à la station de Kamboinsé sur une profondeur de

20 cm. Ce terreau a été légèrement mouillé et conditionné dans des sacs en tissu pour la stérilisation dans l'autoclave à 121 °C pendant 2 heures. Les grains ont été semés dans des pots de 16 cm de diamètre et 16 cm de profondeur contenant le terreau.

1.8. Dispositifs expérimentaux

Le dispositif expérimental pour le test de germination est un bloc complètement randomisé à dix traitements avec trois répétitions. Les grains inoculés et séchés ont été étalés sur papier buvard et mis dans un incubateur à 25 °C à l'obscurité. Chaque traitement est constitué de seize boîtes de Pétri contenant chacun vingt-cinq grains soit un total de 400 grains selon ISTA (2005).

Le dispositif expérimental en serre est un bloc de Fischer randomisé à dix traitements avec trois répétitions. Les grains inoculés et séchés ont été semés dans des pots et soumis à un arrosage d'eau journalier. Les températures étaient comprises entre 28 et 34 °C. Les pots ont été disposés avec un espacement d'un mètre entre les répétitions et 0,5 m entre les traitements. Chaque traitement comporte 40 pots en raison de 10 grains par pot, soit un total de 400 grains (ISTA, 2005).

Les différents traitements étaient les suivants :

- T0 : Grains non inoculés et non traités : Témoin neutre ;
- T1 : Grains inoculés à la concentration de 10^3 conidies/ml et non traités ;
- T2 : Grains inoculés à la concentration de 10^4 conidies/ml et non traités ;
- T3 : Grains inoculés à la concentration de 10^5 conidies/ml et non traités ;
- T4 : Grains inoculés à la concentration de 10^6 conidies/ml et non traités ;
- T5 : Grains non inoculés et traités au Calthio C : Témoin positif ou fongicide ;
- T6 : Grains inoculés à la concentration de 10^3 conidies/ml et traités au Calthio C ;
- T7 : Grains inoculés à la concentration de 10^4 conidies/ml et traités au Calthio C ;
- T8 : Grains inoculés à la concentration de 10^5 conidies/ml et traités au Calthio C ;
- T9 : Grains inoculés à la concentration de 10^6 conidies/ml et traités au Calthio C.

1.9. Paramètres mesurés

Les paramètres considérés pour l'étude du test de germination sont les suivants :

Le taux de germination des semences, le pourcentage de plantules anormales et le pourcentage de grains pourris.

Les paramètres suivants ont été notés en serre: le taux de germination des semences, le pourcentage de levée, le pourcentage de fonte des semis, le pourcentage de taches foliaires et le taux de contamination des grains.

Le taux de germination des semences, évalué à travers le développement de la plantule, dans des boîtes de Pétri et en serre a été évalué le 5^e et le 14^e jour.

Le pourcentage de plantules anormales et de grains pourris ont été évalués le 5^e et le 14^e jour.

Le pourcentage de levée a été évalué le 5^e et le 14^e jour après semis dans les pots.

L'évaluation de la fonte des semis a été faite le 14^e et le 28^e jour après semis.

Les plantes présentant des taches foliaires ont été dénombrées le 14^e et le 40^e jour après semis.

Le taux de contamination des grains a été déterminé en faisant la somme des pourcentages des plantules anormales, des grains pourris, des fontes de semis et des taches foliaires.

1.10. Analyse statistique

L'analyse des variances (ANOVA) a été réalisée avec le logiciel XLSTAT version 2007.7.5.2. La comparaison des moyennes a été effectuée par le test de Student-Newman-Keuls au seuil de probabilité de 5 %.

II. Résultats

2.1. Taux de germination des semences de riz

Les taux de germination 14 jours après incubation sont présentés dans le tableau I. L'analyse de variance révèle des différences hautement significatives entre les traitements ($p < 0,002$). Les plus forts taux de germination 97 % et 100 % obtenus respectivement avec le témoin neutre T0 et le témoin fongicide T5 sont statistiquement équivalents avec ceux enregistrés par certains traitements. C'est le cas notamment des traitements T1, T6, T7 et T8 avec respectivement des taux de 94 %, 100 %, 95,83 % et 93,83 %. Les traitements T3 et T4 avec respectivement 88,83 % et 87 % enregistrent des taux moins élevés par rapport aux traitements T5 et T6 qui présentent 100 % de germination.

Tableau I. Paramètres mesurés au cours du test de germination 14 jours après incubation

Traitements	Taux moyen de germination	Pourcentage moyen des plantules anormales	Pourcentage moyen de grains pourris
T0	97,00a	1,25c	1,75 e
T1	94,00ab	2,58bc	3,42cde
T2	91,16bc	4,25ab	4,75bc
T3	88,83c	5,25a	5,91ab
T4	87,00c	5,83a	7,00a
T5	100,0a	0,00c	0,00 e
T6	100,0a	0,00c	0,00 e
T7	95,83a	1,66c	2,67de
T8	93,83ab	2,25bc	4,00cd
T9	91,10bc	2,60ab	4,08cd
	$p < 0,002$	$p < 0,001$	$p < 0,003$

Les chiffres affectés par une même lettre, ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % selon le test de Student-Newman-Keuls.

T0 : grains non inoculés et non traités ; T1 : grains inoculés à 10^3 conidies/ml et non traités ; T2 : grains inoculés à 10^4 conidies/ml et non traités ; T3 : grains inoculés à 10^5 conidies/ml et non traités ; T4 : grains inoculés à 10^6 conidies/ml et non traités ; T5 : grains non inoculés et traités ; T6 : grains inoculés à 10^3 conidies/ml et traités ; T7 : grains inoculés à 10^4 conidies/ml et traités ; T8 : grains inoculés à 10^5 conidies/ml et traités ; T9 : grains inoculés à 10^6 conidies/ml et traités.

2.2. Pourcentage de plantules anormales

L'analyse statistique du pourcentage des plantules anormales (tableau I) montre qu'il y a des différences significatives entre les traitements ($p < 0,001$). Le pourcentage de plantules anormales le plus élevé (5,83 %) a été enregistré par le traitement T4. Il ne diffère pas statistiquement avec les traitements T2, T3 et T9. Les témoins neutres et fongicides ont permis d'obtenir des pour-

centages de plantules anormales statistiquement équivalents à ceux obtenus avec les traitements T1, T6, T7 et T8. Les traitements T5 et T6 n'ont pas enregistré de plantules anormales.

2.3. Pourcentage de grains pourris

L'analyse statistique des pourcentages des grains pourris (tableau I) révèle que les traitements T7, T8 et T9 (grains inoculés et traités) avec respectivement 2,67 %, 4 % et 4,08 % présentent des différences significatives avec les traitements T2, T3 et T4 (grains inoculés et non traités) dont les taux respectifs de grains pourris sont 4,75 %, 5,91 % et 7 %. Le témoin neutre T0 avec 1,75 % de grains pourris ne diffère statistiquement pas du témoin fongicide T5 dont le taux est nul. Le traitement T4 indique le taux le plus élevé avec 7 % de grains pourris contre 0 % pour T5 et T6.

2.4. Effets des traitements sur l'émergence en pots

L'analyse statistique des taux de germination des grains 14 jours après semis est présentée dans le tableau II. Les traitements T3 (grains inoculés à 10^5 conidies/ml et non traités) et T4 (grains inoculés à 106 conidies/ml et non traités) avec respectivement 87,77 % et 82,22 % de germination diffèrent significativement des traitements T8 et T9 (grains inoculés de mêmes concentrations respectives et traités). Le témoin neutre T0 avec 96,66 % de grains germés ne diffère pas statistiquement du témoin fongicide T5 dont le taux est 100 %. Les taux de 100 % de germination ont été obtenus avec les traitements T5 (Témoin fongicide) et T6 (grains inoculés à 10^3 conidies/ml et traités). Le traitement T3 et T4 affichent les taux de germination les plus faibles de 87,77 % et 82,22 % respectivement.

Tableau II. Paramètres mesurés au cours de l'expérimentation en serre

Traitements	Taux moyen de germination en pot 14 JAS	Pourcentage moyen de levée 14 JAS	Pourcentage moyen de fontes de semis 28 JAS	Pourcentage moyen de taches foliaires 40 JAS
T0	96,66ab	96,66ab	0,00d	0,00c
T1	93,44ab	92,22ab	2,44cd	1,11c
T2	91,10bc	87,77bc	3,66bcd	2,44abc
T3	87,77cd	84,44cd	8,88ab	5,55a
T4	82,22d	76,66d	10,00a	5,55a
T5	100,0a	100,0a	0,00d	0,00c
T6	100,0a	100,0a	0,00d	0,00c
T7	97,77ab	95,55ab	0,00d	0,00c
T8	93,30ab	92,22ab	2,22cd	2,22bc
T9	91,00bc	87,77bc	3,33cd	2,22bc
	p<0,007	p<0,004	p<0,0001	p<0,007

Les chiffres affectés par une même lettre, ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % selon le test de Student-Newman-Keuls.

JAS : jours après semis

T0 : grains non inoculés et non traités ; T1 : grains inoculés à 10^3 conidies/ml et non traités ; T2 : grains inoculés à 10^4 conidies/ml et non traités ; T3 : grains inoculés à 10^5 conidies/ml et non traités ; T4 : grains inoculés à 10^6 conidies/ml et non traités ; T5 : grains non inoculés et traités ; T6 : grains inoculés à 10^3 conidies/ml et traités ; T7 : grains inoculés à 10^4 conidies/ml et traités ; T8 : grains inoculés à 10^5 conidies/ml et traités ; T9 : grains inoculés à 10^6 conidies/ml et traités.

2.5. Effet des traitements sur la levée des plantes

Les résultats consignés dans le Tableau II font ressortir l'analyse statistique des différents traitements sur la levée des plantes à 14 jours après semis (JAS). La comparaison entre les grains inoculés et non traités (T1, T2, T3 et T4) et les grains inoculés et traités (T6, T7, T8 et T9) révèle des différences significatives. En effet, les pourcentages de levée les plus faibles 76,66 % et 84,44 % correspondent respectivement aux traitements T4 et T3. Par contre, les levées les plus fortes de 100 % sont obtenues avec les traitements T5 et T6.

Le témoin neutre T0 avec 96,66 % de levée ne diffère pas statistiquement du témoin fongicide T5 dont le taux est 100 %.

2.6. Effet des traitements sur la fonte des semis

Le tableau II présente l'analyse statistique des différents traitements sur la fonte des semis 28 JAS. La comparaison entre les grains inoculés et non traités (T3 et T4) et les grains inoculés et traités (T8 et T9) indique des différences hautement significatives. Les traitements T0, T5, T6, T7 indiquent une valeur nulle de fonte de semis. Par contre les pourcentages les plus élevés sont relevés au niveau des traitements T3 et T4 avec respectivement 8,88 % et 10 %. Les deux témoins T0 (neutre) et T5 (fongicide) montrent une valeur nulle de fonte de semis.

2.7. Effet des traitements sur l'apparition des symptômes foliaires

L'analyse statistique des plantes présentant des taches foliaires 40 JAS est présentée dans le tableau II. Les traitements T0, T5, T6, T7 affichent une valeur nulle de taches foliaires. Par contre les traitements T3 (grains inoculés à 10^5 conidies/ml et non traités) et T4 (grains inoculés à 10^6 conidies/ml et non traités) indiquent le même pourcentage le plus élevé de taches foliaires de 55,55 %. Un taux nul de taches foliaires est observé au niveau des traitements témoins T0 (neutre) et T5 (fongicide).

2.8. Taux de contamination des grains de riz par *Curvularia lunata*

Les pourcentages de grains contaminés par *Curvularia lunata* sont présentés dans le tableau III. Les pourcentages de grains contaminés ont varié de 0,00 % pour les traitements T5 et T6 à 28,38 % pour le traitement T4 (grains inoculés à 10^6 conidies/ml et non traités). Les grains inoculés et non traités au Calthio C ont des taux de contamination variant de 9,55 % à 28,38 % alors que ceux traités au Calthio C présentent des taux de contamination variant de 0 à 12,23 %. Le traitement T7 (grains inoculés à 10^4 conidies/ml et traités au Calthio C) avec un taux de contamination de 4,34 % correspond à celui par lequel le produit chimique n'inhibe pas l'infection. Ce résultat montre que le seuil de contamination des grains est 4,34 %.

Tableau III. Taux de contamination des grains de riz par *Curvularia lunata*

Traitements	Taux de contamination des grains de riz
T0	3
T1	9,55
T2	15,1
T3	25,65
T4	28,38
T5	00
T6	00
T7	4,34
T8	10,69
T9	12,23

T0 : grains non inoculés et non traités ; T1 : grains inoculés à 10^3 conidies/ml et non traités ; T2 : grains inoculés à 10^4 conidies/ml et non traités ; T3 : grains inoculés à 10^5 conidies/ml et non traités ; T4 : grains inoculés à 10^6 conidies/ml et non traités ; T5 : grains non inoculés et traités ; T6 : grains inoculés à 10^3 conidies/ml et traités ; T7 : grains inoculés à 10^4 conidies/ml et traités ; T8 : grains inoculés à 10^5 conidies/ml et traités ; T9 : grains inoculés à 10^6 conidies/ml et traités.

III. Discussion

Les tests conduits au laboratoire et en serre montrent l'impact négatif de *Curvularia lunata* sur le développement de la plante du riz. En effet, les résultats indiquent que pour la concentration maximale (grains inoculés à 10^6 conidies/ml et non traités), le taux de plantules anormales (5,83 %), de grains pourris (7 %), de fontes de semis (10 %) et de symptômes foliaires (5,55 %), sont les plus élevés. Nos résultats sont semblables à ceux de GNANCADJA-ANDRE *et al.*, (2004) qui ont observé que 42 % des grains de riz de la variété Taibonnet et 60 % de la variété Arco sont altérés par *C. lunata*. Le taux de germination (82,22 %) et de levée (76,66 %) pour les grains inoculés à 10^6 conidies/ml et non traités sont les plus faibles par rapport aux grains du témoin neutre. Ce constat indique l'action du champignon pathogène sur la viabilité des grains non traités. Selon HANNIN *et al.*, (2003), la présence de l'agent pathogène dans les semences se traduit respectivement par une réduction du taux de germination de l'ordre de 13 % et 17,8 %. Ce manque à la germination peut atteindre 20,33 % ce qui dénote une action destructrice du champignon sur la germination.

Toutefois, le taux de germination au laboratoire est sensiblement plus élevé qu'en milieu contrôlé. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'en pots, certains grains infectés suite à l'inoculation n'émergent pas de terre du fait d'une énergie germinative insuffisante. A contrario, sur le papier buvard, ces grains infectés dotés de la même énergie germinative ont pu germer du fait de l'absence d'obstacles. L'activité de *Curvularia lunata* sur la germination s'est traduite aussi par l'observation de grains non germés. Ces derniers se sont présentés au laboratoire sous forme de plantules anormales et de grains pourris. Ces observations sont similaires à celles de COSTA (1991) qui précise que l'infection de la semence par le champignon peut provoquer l'inhibition de l'élongation du coléoptile et/ou de la racicule.

La décoloration des grains pourris constatée au niveau des semences inoculées et non traitées est due à l'infection causée par l'agent pathogène. Selon DURAISWAMY et MARIAPPAN (1983), cette décoloration des grains s'accompagne d'une altération de leur qualité et d'une réduction de la viabilité des semences. GNANCADJA-ANDRE *et al.*, (2004), a montré également que les indices de ternissure (1,40 et 1,60) les plus élevés sont attribués à *C. lunata*.

Les taux de plantules anormales et de grains pourris baissent lorsqu'on est passé des grains inoculés et non traités à ceux inoculés et traités. Cela s'explique par une efficacité du fongicide à réduire l'effet du champignon sur les semences inoculées. LEPOIVRE et SEMAL (1989) rapportent que la plupart des molécules actives des fongicides agissent sur les agents pathogènes par toxicité directe réduisant ainsi les taux de contamination. En effet, le thirame par toxicité directe sur *C. lunata* a réduit significativement son action. Nous constatons également que les grains inoculés et traités au Calthio C connaissent un taux de germination supérieur aux grains inoculés et non traités. La désinfection chimique des semences avec le fongicide Calthio C est efficace pour réduire l'impact du champignon sur la germination. L'efficacité du Calthio C sur la réduction du taux de germination se justifie par le mode d'action de la matière active fongicide (thirame). Le champignon *C. lunata* affecte négativement la levée du riz avec une réduction de 20 %. On observe également une réduction de 10 % de fontes de semis due à un dépérissement après émergence des jeunes plantes de riz issus des semences inoculées. Ces résultats sont confirmés par NEERGAARD (1979) qui a montré que l'infection des grains par *C. lunata* affecte leur taux de germination et entraîne une diminution de la vigueur des plantules voire leur dépérissement. Notre étude révèle également que sur l'ensemble des grains inoculés et traités, seuls les grains inoculés à 10^5 et 10^6 conidies/ml et traités présentent des fontes des semis respectivement 2,22 % et 3,33 %. Parmi les grains inoculés et traités, seuls les grains inoculés à 10^5 et 10^6 conidies/ml et traités ont enregistré des taches foliaires (2,22 %). Ces feuilles de riz affectées par ce pathogène montrent un développement remarquable de taches foliaires malgré le traitement chimique. Cela s'explique par le fait qu'à ces concentrations, l'utilisation du fongicide Calthio C en traitement sur les grains n'est pas efficace. Cette observation est similaire à celle de OUAZZANI-TOUHAMI (2001) qui a montré le développement de symptômes foliaires sur les feuilles des plantes de riz inoculées par *C. lunata*. Aussi, GNANCADJA *et al.*, (2016) rapportent que le champignon *C. lunata* est une espèce redoutable causant des maladies maculaires des feuilles. L'effet du Calthio C, qui est un fongicide systémique recommandé pour le traitement des semences de riz, est disparate sur les semences inoculées à des concentrations différentes de *C. lunata*. En effet, le Calthio C appliqué par enrobage sur des grains inoculés dans des solutions de concentration 10^3 et 10^4 conidies/ml entraîne une inhibition de l'activité fongique se traduisant par l'absence de fontes des semis et de taches foliaires au cours de la croissance de la plante. Les grains inoculés avec des concentrations 10^5 et 10^6 conidies/ml et traités laissent apparaître des fontes de semis et des taches foliaires au cours de la croissance des plantes, ce qui dénote de la persistance de l'agent pathogène. Il ressort que c'est à partir de 4,34 % de taux de contamination que ce produit chimique n'inhibe plus l'infection. Ce constat, nous permet d'affirmer que ce pourcentage de grains contaminés correspond au seuil de contamination des semences du riz par *Curvularia lunata*. Ce seuil représente la valeur limite d'infection à partir de laquelle le traitement des semences par le fongicide Calthio C se révèle inefficace contre *Curvularia lunata*.

Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence l'efficacité du fongicide Calthio C face au pouvoir pathogénique de *Curvularia lunata*. Le Calthio C utilisé en traitement des semences à la dose de 20 g pour 5 kg de semences permet d'inhiber l'action nocive du champignon. Un taux seuil de 4,34 % correspondant au niveau le plus élevé de contamination des semences de riz à partir duquel le traitement chimique n'est plus capable de réduire l'impact négatif de *Curvularia lunata* a été déterminé.

Références bibliographiques

- AGARWAL P. C., NIEVES MORTENSEN C., MATHUR S. B., 1994. Maladies du riz transmises par les semences et tests phytosanitaires. CTA/ADRAO, 95 p.
- BAHOUS M., OUAZZANI TOUHAMI A., BADO C., DOUIRA A., 2005. Effet de l'azoxystrobine sur la pyriculariose, l'helminthosporiose et la curvulariose du riz. *Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux*, 144 : 27-46.
- BAHOUS M., OUAZZANI TOUHAMI A., DOUIRA A., 2008. Survie de quelques pathogènes fongiques sur les feuilles de riz conservées au laboratoire. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 30 : 13-18.
- BAHOUS M., OUAZZANI TOUHAMI A., BENKIRANE R., DOUIRA A., 2010. Influence de l'âge de la plante sur la réceptivité des feuilles du riz à la pyriculariose, l'helminthosporiose et la curvulariose. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, 1 : 73-84.
- BOUDOUDOU H., HASSIKOU R., OUAZZANI TOUHAMI A., BADO C., DOUIRA A., 2009. Premières manifestations de la fusariose sur la germination et les plantules du riz. *Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux*, 148 : 45-54.
- CEDEAO, 2009. Règlement c/reg.4/05/2008 portant Harmonisation des Règles régissant le contrôle de Qualité, la Certification et la Commercialisation des Semences végétales et Plants dans l'espace CEDEAO. Institut du Sahel, 41 p.
- CHAMPION R., 1997. Identifier les champignons transmis par les semences. INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) édition 147, rue de l'Université, 75338 Cedex 07, France, 398 p.
- COSTA J. L. S., 1991. *Alternaria padwickii* e *Curvularia lunata* : patogenicidade e transmissão por sementes de arroz irrigado. *Fitopatologia Brasileira*, 16 : 15-18.
- DURAI SWAMY V. S. et MARIAPPAN V., 1983. Biochemical properties of discolored rice. *International Rice Research Newsletter*, 8: 3.
- DEDI-KY J., YOUO D. C., 2017. Évaluation en conditions de conservation des capacités germinatives des semences de deux variétés de riz traditionnelles (*Oryza sativa* L.) cultivé en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 32 (2) : 5146-5155.
- GNANCADJA-ANDRE L. S., OUAZZANI TOUHAMI A., DOUIRA A., 2004. Effet de certaines espèces fongiques sur le développement de la ternissure des grains de riz (*Oryza sativa* L.). *Actes Institut Agronomique Vétérinaire*, 24(1&2) : 45-50.
- GNANCADJA A. L. S., HODE Y. G., ELEGBEDE A. F., FATON M. O. E. AHANHANZO C., EDORH A. P. AKOEGNINO A., 2016. Study of the fungal flora and effect of fungal pathogens on grain quality of some varieties of rice (*Oryza sativa* L.) paddy crop in Benin. *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences*, 4 (7) : 31-44.
- HANNIN S., HASSIKOU K., BENKIRANE R., OUAZZANI TOUHAMI A., DOUIRA A., 2003. Étude de l'état sanitaire des semences du riz. *Actes Institut Agronomique Vétérinaire*, 23 (2-4) : 127-134.
- HASSIKOU K., OUAZZANI TOUHAMI A., EL YACHIOUI M., DOUIRA A., 1999. Chemical control against the fungus associated with the rice seed. Fourth African Crop Science Conference: 146-147.

- HASSIKOU R., HASSIKOU K., OUAZZAOUI TOUHAMI A., DOUIRA A., 2002.** Effet in vitro et in vivo de quelques fongicides sur *Curvularia lunata*. *Actes Institut Agronomique Vétérinaire*, 22 (4) : 205-2013.
- HEMA D., 2009.** Les activités de sélection et mise en place d'un système de production de semences de riz au Burkina Faso. INERA/Programme Riz et Riziculture 46 p.
- IMOLEHIN D. E., 1983.** Rice seedborne fungi and their effect on seed germination. *Plant Disease*, 67 (12) :1334-1336.
- INERA, 2013.** Fiche technique riz de bas fond variété FKR19. Station de Farako-ba, Programme Riz et Riziculture BP 910 Bobo-Dioulasso 2 p.
- ISTA, 2005.** International Rules for Seed Testing. Edition 2005. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Suisse. <http://www.seedtest.org>.
- JIN M. Z., CAIR Y., ZHANG Q. S., LIN W. C., 1994.** Preliminary study of symptoms and pathogen of coloured rice grains. *Plant Protection*, 20 : 7-8.
- LEPOIVRE P., SEMAL J., 1989.** La lutte biologique en phytopathologie. *Traité de pathologie végétale* : 465-487.
- MAHRH, 2010.** Arrêté conjoint n°2010-59/MAHRH/MESSRS/CAB portant Règlements techniques pour le contrôle de qualité au titre de la certification des semences agricoles au Burkina Faso. Secrétariat général, 55 p.
- MASA, 2014.** Initiative pilote d'amélioration du secteur semencier rizicole. Task force Burkina Faso, Secrétariat général, 12 p.
- MATHUR S. B. et KONGSDAL O., 2003.** Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi. First edition; Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries, Copenhagen, Denmark, 425 p.
- MONAJJEM S., ZAINALI E., GHADERI-FAR F., SOLTANI E., CHALESHTARI H. M., KHOSHKDAMAN M., 2014.** Evaluation Seed-born Fungi of Rice [*Oryza sativa* L.] and that Effect on Seed Quality. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 5 (4) : 1-7.
- NECHED H., 2015.** Etude comparative des traitements de semences sans fongicide chez les céréales à l'aide de l'ozone et de l'oxygène pur. Mémoire de Maîtrise en microbiologie agroalimentaire, Université de Laval, Québec Canada, 157 p.
- NEERGAARD P., 1979.** Seed pathology Vols 1 and 2. The MacMillan Press Ltd. London and Basingstoke, 1025 p.
- OUAZZANI TOUHAMI A., 2001.** Relations entre différents champignons foliaires de riz : virulence, interactions compétitives, contaminations et mesures de lutte. Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc, 183 p.
- OUEDRAOGO I., WONNI I., SEREME D., KABORE K. B., 2016.** Survey of Fungal Seed-Borne Diseases of Rice in Burkina Faso. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 5 (3) : 476-480.
- POULEUR S. et COUTURE L., 2013.** Amélioration de la détection des *Fusarium* spp. et du *Bipolaris sorokiniana* dans les semences par l'ajout de parquât dans les milieux de culture. *Phytoprotection*, 93 (1) : 32-42.