

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

Mycoflora of three rice varieties and effect of Alternaria padwickii (Ganguly) M.B. Ellis on their pre-sprouted grains

Nadia LAMRANI*, Fadma ELABELLAOUI, Amina OUZZANI TOUHAMI,
Rachid BENKIRANE & Allal DOUIRA

Labo. de Botanique et de Protection des Plantes, Départ. de Biologie, Faculté des Sciences BP. 133, Univ. Ibn Tofaïl 14000 Kénitra, Maroc.
*(nadia_lamia@hotmail.fr)

Résumé. Quatorze espèces fongiques ont été isolées à partir des grains de trois variétés de riz (Lido, Elio et Taïbonnet) ; les plus communément discernées sont : *Fusarium moniliforme*, *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *H. spiciferum*, *H. sativum*, *H. australiensis*, *Curvularia lunata*, *Curvularia tuberculata*, *Alternaria alternata*, *A. padwickii*, *Nigrospora oryzae*, *Epicoccum nigrum*, *Aspergillus* sp. et *Penicillium* sp. Cependant, *Alternaria padwickii* est nouvellement détectée sur les grains de la variété Taïbonnet, largement cultivée au Maroc. Les grains pré-germés des variétés de riz inoculés par les isolats d'*Alternaria padwickii* présentent des pourritures au niveau des coléoptiles et des racines. Toutefois, ce pathogène semble affecter plus le pouvoir germinatif que l'élongation des coléoptiles et celle des racines de toutes les variétés de riz testées.

Mots-clés : *Oryza sativa* L., germination, mycoflore, *Alternaria padwickii* (Ganguly) M.B. Ellis

Abstract. Fourteen fungal species were isolated from the seeds of three varieties of rice (Lido, Elio and Taïbonnet). The most commonly obtained are: *Fusarium moniliforme*, *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *H. spiciferum*, *H. sativum*, *H. australiensis*, *Curvularia lunata*, *C. tuberculata*, *Alternaria alternata*, *A. padwickii*, *Nigrospora oryzae*, *Epicoccum nigrum*, *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. However, *Alternaria padwickii* is newly found on the grains of the Taïbonnet variety, which is widely cultivated in Morocco. The pre-sprouted rice grains varieties, inoculated with isolates of *Alternaria padwickii*, present some rot on the coleoptiles and the roots. Nevertheless, it seems that this pathogen affects the germination capacity rather than the coleoptiles and roots elongation for all the tested varieties.

Keywords : *Oryza sativa* L., germination, mycoflore, *Alternaria padwickii* (Ganguly) M.B. Ellis

INTRODUCTION

Les grains de riz peuvent être infectés par les champignons avant la récolte ou pendant le stockage. Dans les conditions de rizières, l'altération des grains est liée directement au milieu naturel : la plante, le sol et le climat. Les méthodes de culture jouent un rôle déterminant dans l'apparition et le développement de la maladie dans le champ (Chevaugéon & Ravise 1957 ; Agarwal & Sinclair 1996). Les conditions de récolte peuvent aussi intervenir dans l'évolution des infections notamment lors du stockage ultérieur (Harley 1966 ; cité par Hassikou 2000).

La semence est à l'origine de l'introduction d'un nouveau parasite dans une zone indemne ou de l'extension ou de l'augmentation de l'inoculum d'un agent pathogène dans une zone où il existe déjà (Anslème & Teissir, 1972). Les champignons transmis par cette voie sont de nature très variée, certains sont de véritables pathogènes, alors que d'autres ne sont que des saprophytes.

La mycoflore des grains de différentes variétés de riz a été largement étudiée (Benkirane 1995 ; Hassikou 2000 ; Hanin 2003 et Gnancadja 2005). Les résultats obtenus ont mis en évidence un complexe fongique très diversifié. Cependant, *Fusarium moniliforme*, *Curvularia lunata*,

Alternaria alternata et *Helminthosporium oryzae* sont les plus fréquemment discernés.

Pyricularia oryzae est le pathogène qui cause des dégâts importants lorsque les grains contaminés sont semés (Kato *et al.* 1976 ; Ou 1985 ; Manandhar 1998 et Manandhar *et al.* 1998) et pourtant, il est moins fréquent sur les semences. La transmission de ce pathogène des grains aux plantules a été vérifiée par plusieurs auteurs (Lamy 1970 ; Chang & Lee 1983). Evidemment, la présence de ces champignons dans les grains réduit leur valeur marchande (Angladette 1966 ; Duraiswamy & Mariappan 1983 ; Gnancadja *et al.* 2004).

Le coléoptile et la racine reçoivent souvent l'infection des semences mais il n'en résulte pas forcément de lésions sur les feuilles (Ou 1985). Lorsque la semence est infectée et plantée, de petites taches brunes et circulaires peuvent apparaître sur les jeunes plantules. Elles s'étendent sur toute la partie aérienne de la plantule qui flétrit par la suite (Angladette 1966). L'inoculation des grains de quelques variétés de riz par quatre espèces de *Fusarium* isolées des eaux des rizières de la région du Gharb a montré que *Fusarium moniliforme* apparaît être l'espèce la plus pathogène. Elle inhibe la germination et induit des lésions sur le coléoptile. *Fusarium oxysporum* et *F. camptoceras* altèrent la germination et le développement des jeunes

plantules de certaines variétés alors que *Fusarium solani* inhibe essentiellement la germination des grains (Zehhar *et al.* 2006).

Les semences peuvent être contrôlées visuellement pour éliminer celles qui sont non conformes de point de vue taille et couleur. Cependant, il y a celles qui ne manifestent aucun symptôme visible sur l'écorce. En conséquence, les différents tests d'analyse s'avèrent nécessaires pour évaluer les différentes variétés de riz cultivées et isoler d'autres espèces fongiques non connues au Maroc.

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence la mycoflore associée aux grains de trois variétés de riz en évaluant le degré de contamination de chaque variété par les différents pathogènes, et d'étudier l'effet d'une espèce nouvellement détectée dans les rizières marocaines, *Alternaria padwickii*, sur le pouvoir germinatif des grains de riz et l'élongation du coléoptile et celle de la racine.

MATERIEL ET METHODES

Isolement et identification des espèces fongiques

Trois variétés de riz ont été utilisées dans cette étude: Taïbonnet, Elio et Lido (grains stockés). La méthode du buvard a été utilisée (Benkirane 1995). Un échantillon de 400 grains de chaque variété, n'ayant subi aucun traitement, est lavé avec de l'hypochlorite de sodium à 15 % puis rincé à l'eau courante. Ensuite, les grains sont placés à raison de 25 grains par boîte sur des rondelles de papier buvard humidifié avec de l'eau distillée stérile. L'incubation a lieu dans une armoire de culture pendant 7 jours à une température 22°C sous une photopériode de 12 heures (ISTA 1985). Les grains sont examinés sous microscope pour détecter la présence de champignons. L'isolement des différents champignons s'effectue par le transfert des spores sous microscope à l'aide d'un capillaire en verre étiré préalablement désinfecté à la flamme et refroidit dans le milieu de culture. Les spores transférées sont déposées à la surface du milieu à base de farine de riz (farine de riz : 14g ; extrait de levure : 4g ; agar agar : 15g ; eau distillée : 1000 ml). Les différentes espèces fongiques isolées des grains ont été identifiées à l'aide de différentes clés de détermination (Barnett 1962 ; Ellis 1971, 1976).

Evaluation de la contamination des grains

Le pourcentage de contamination des grains de riz (PC) a été calculé selon la formule suivante (Ponchet 1966) :

$$PC = NGC / NTG \times 100$$

NGC: Nombre de grains contaminés par une espèce fongique donnée.

NTG: Nombre total de grains étudiés.

Estimation de l'effet des isolats d'*Alternaria padwickii* sur la germination des grains de riz et sur l'élongation des coléoptiles et des racines

Préparation de l'inoculum

Quatre isolats d'*Alternaria padwickii* (Ap1, Ap2, Ap3 et Ap4), isolés à partir des grains de la variété de riz Taïbonnet, ont été repiqués sur milieu à base de farine de riz et incubés

à 28°C à l'obscurité. Après 7 jours (d'incubation) une suspension conidienne est préparée en raclant la surface des cultures (des isolats d'*A. padwickii*) à l'aide d'une spatule métallique stérile. Cette suspension est filtrée sur de la mousseline pour éliminer les fragments de mycélium et ajustée avec de l'eau distillée à 10⁵ conidies/ml à l'aide d'une lame de Thomas.

Inoculation des grains

Les grains de 6 variétés de riz (Elio, Taïbonnet, Lido, Farah, Maghreb et Oumnia), ne présentant aucun symptôme, ont été désinfectés par trempage dans une solution d'hypochlorite de sodium à 15 % pendant 2 minutes et trois rinçages à l'eau distillée stérile puis séchés sur papier filtre. Ils sont placés ensuite dans des erlens meyer contenant chacun 100 ml de chaque suspension conidienne provenant des isolats utilisés. Les erlens meyer sont incubés pendant 24 h à une température ambiante. Les grains inoculés sont ensuite étalés sur du papier filtre pendant 24 h. Après séchage, ils sont déposés dans des boîtes de Petri contenant du coton imbibé d'eau distillée stérile à raison de 25 grains par boîte. L'incubation est réalisée à l'obscurité pendant 3 jours à 28°C puis sous lumière continue pendant 4 jours. Les grains témoins de chaque variété sont mis dans des erlens meyer contenant de l'eau distillée stérile pendant 24 h puis séchés pour être incubés de la même manière que ceux inoculés.

Notation des résultats

Les moyennes de la longueur des coléoptiles, des racines et le nombre de grains germés sont calculés pour chaque boîte de Petri (4 répétitions pour chaque variété inoculée par un isolat). Les pourcentages d'inhibition (PI) des élongations des racines et coléoptiles sont calculés comme suit :

$$PI = Lt - Lin / Lt \times 100$$

Lt: Longueur moyenne des organes témoins (cm).

Lin: Longueur moyenne des organes inoculés (cm).

Analyse statistique

Les résultats sont traités statistiquement par un logiciel de traitement de données. Les pourcentages d'inhibitions sont transformés en Arcsin (racine de P). Une analyse de la variance a été portée sur chaque donnée suivie d'un test statistique de la comparaison de moyennes (Test PPDS) au seuil de 5 %.

RESULTATS

Mycoflore isolée des grains de riz étudiés

Les isollements réalisés sur les grains des 3 variétés de riz étudiées ont permis de différencier 14 espèces fongiques : *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *H. sativum*, *H. australiensis*, *H. spiciferum*, *Alternaria alternata*, *A. padwickii*, *Curvularia tuberculata*, *C. lunata*, *Fusarium moniliforme*, *Nigrospora oryzae*, *Epicoccum nigrum*, *Aspergillus* sp. et *Penicillium* sp. Les grains de ces 3 variétés de riz analysées hébergent des espèces fongiques tandis que d'autres non. Ainsi, seule la variété Taïbonnet hébergeait *A. padwickii*, *C. tuberculata* et *H. australiensis*.

Alternaria padwickii n'a jamais été isolée au Maroc à partir du riz. En conséquence, la description de cette espèce s'avère nécessaire.

Les conidies d'*A. padwickii* sont fusiformes, hyalines, avec chacune 4 à 7 cloisons, de couleur jaune crème. Chaque conidie (33,3 à 59,94 µm) présente une cellule intermédiaire plus large que les autres cellules et produit au sommet un appendice long de 83,25 à 116,55 µm. Cette description est identique à celle rapporté par Ellis (1971).

Contamination des grains de trois variétés de riz par différentes espèces fongiques

La comparaison des moyennes a permis d'enregistrer des différences significatives entre les pourcentages moyens de contamination de chaque variété de riz testée par les différentes espèces fongiques. Toutefois, la variété Elio présente les pourcentages moyens de contamination les plus élevés en comparaison avec ceux obtenus avec les variétés de riz Taïbonnet et Lido.

Le Tableau 1 montre que les pourcentages de contamination des grains de la variété Elio par *C. lunata* et *F. moniliforme* restent les plus élevés atteignant respectivement 15,5 et 16 %, suivi de *H. oryzae* et *A. alternata* (12 et 14 % respectivement). *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. et *Nigrospora oryzae* contaminent les grains à 7 ; 7,5 et 8 % respectivement.

Tableau 1. Pourcentages moyens de contamination des grains de 3 variétés de riz par différentes espèces fongiques

Table 1. Average percentages of contamination of grains of 3 rice varieties by various fungal species

Espèces fongiques	Elio	Taïbonnet	Lido
<i>Fusarium moniliforme</i>	16 a	4 ab	10,5 a
<i>Curvularia lunata</i>	15,5 a	2,5 ab	4,5 b
<i>Alternaria alternata</i>	14 ab	2,5 ab	4 b
<i>Helminthosporium oryzae</i>	12 ab	5,5 ab	5 b
<i>Helminthosporium spiciferum</i>	2,5 c	0 c	2 b
<i>Helminthosporium australiensis</i>	0 d	0,5 b	0 c
<i>Helminthosporium sativum</i>	5,5 c	1 ab	0 c
<i>Pyricularia oryzae</i>	4,5 c	1,5 ab	1 b
<i>Alternaria padwickii</i>	0 d	0,5 b	0 c
<i>Curvularia tuberculata</i>	0 d	0,5 b	0 c
<i>Nigrospora oryzae</i>	8 b	1,5 ab	1 b
<i>Epicoccum nigrum</i>	2 c	0 c	0 c
<i>Penicillium</i> sp.	7,5 b	6,75 a	6 b
<i>Aspergillus</i> sp.	7 b	6,5 a	0 c

Les moyennes de la même colonne ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test PPDS). Ces pourcentages sont compris entre 2 et 5,5 % pour *H. sativum*, *P. oryzae*, *H. spiciferum* et *E. nigrum*.

Les pourcentages de contamination des grains de la variété Lido sont beaucoup plus faibles par rapport à ceux de la variété Elio. De même, les grains de la première sont moins contaminés par rapport aux grains de la seconde, si l'on considère l'absence de six espèces fongiques telles que : *Helminthosporium sativum*, *H. australiensis*, *E. nigrum*, *Aspergillus* sp.,

Alternaria padwickii et *Curvularia tuberculata*. Le pourcentage de contamination des grains de cette variété par *Fusarium moniliforme* est de 10 % alors qu'il ne dépasse pas 6 % pour les autres espèces fongiques.

Les grains de la variété Taïbonnet abritent la plupart des espèces fongiques. Cependant, les pourcentages de contamination calculés sont très faibles. *Aspergillus* sp. et *Penicillium* sp. présentent les pourcentages de contamination les plus élevés (6,5 et 6,75 % respectivement), *P. grisea* (1,5 %), *H. sativum* (1 %) et 0,5 % pour *A. padwickii*, *C. tuberculata* et *H. australiensis*.

Effet des isolats d'*A. padwickii* sur la germination des grains de six variétés de riz

L'observation au microscope des grains inoculés et qui n'ont pas germé a montré que ces derniers sont envahis par le mycélium et les conidies d'*A. padwickii*.

L'inoculation des grains par l'isolat Ap1 affecte la germination des grains (Tab. 2). Les pourcentages d'inhibition de la germination des grains les plus élevés sont enregistrés chez les variétés Lido, Farah et Elio (respectivement 74,5 ; 75,55 et 77 %), suivi de Oumnia et Taïbonnet (54 et 69,77 %) et enfin de Maghreb avec 47,8 %. Ces pourcentages sont aussi élevés chez les variétés Taïbonnet, Elio, Lido et Farah, inoculées par l'isolat Ap2, et sont respectivement égales à 64,93 ; 64 ; 74,50 et 76,50 %. Cependant, ces pourcentages ne dépassent pas 50 % pour les variétés Maghreb et Oumnia.

Tableau 2. Pourcentages moyens d'inhibition de la germination des grains de 6 variétés de riz inoculés par les isolats d'*A. padwickii*

Table 2. Average percentages of inhibition of seed germination of 6 rice varieties inoculated by isolates of *A. padwickii*

Variétés de riz	Isolats d' <i>A. padwickii</i>			
	Ap1	Ap2	Ap4	Ap3
Elio	77 a	64 ab	51 b	62 bc
Taïbonnet	69,77 a	64,93 b	45,82 b	47,39 cd
Lido	74,50 a	74,5 a	71,58 a	80,06 a
Farah	75,55 a	76,5 ab	58,91 ab	64,37 b
Maghreb	47,80 b	39,89 c	53,71 b	40,95 d
Oumnia	54,00 b	40,21 c	48,18 b	57,71 bc

Pour chaque isolat, les moyennes de la même colonne ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test PPDS).

Les grains de la variété Lido inoculés par Ap4 présentent le pourcentage d'inhibition de la germination le plus élevé (71,58 %). Les autres variétés, inoculées par le même isolat montrent des pourcentages compris entre 40 et 60 %.

L'inoculation par l'isolat Ap3 a inhibé la germination de 80,06 % pour la variété Lido, suivi des variétés Oumnia, Elio et Farah (respectivement 57,71 ; 62 et 64,37 %). Ces pourcentages restent plus faibles pour Maghreb et Taïbonnet (40,95 % et 47,39 % respectivement).

Effet des isolats d'*A. padwickii* sur les plantules issues des grains pré-germés de six variétés de riz

1. Effet sur l'élongation des racines

D'après le tableau 3, l'isolat Ap1 d'*A. padwickii* affecte l'élongation des racines des plantules des grains pré-germés de toutes les variétés de riz testés (Tab. 3). Ainsi, les pourcentages d'inhibition atteignent 59,70 % pour la variété Lido et restent très faibles (7,7 %) pour Oumnia.

Tableau 3. Pourcentages moyens d'inhibition de l'élongation de la racine des plantules (issues des grains pré-germés) de 6 variétés de riz inoculées par les isolats d'*A. padwickii*

Table 3. Average percentages of inhibition of root elongation of plantlets (of pre-sprouted grains) of 6 rice varieties inoculated by isolates of *A. padwickii*

Variétés de riz	Isolats d' <i>A. padwickii</i>			
	Ap1	Ap2	Ap4	Ap3
Elio	47,87 ab	52,22 a	31,68 b	17,99 b
Taïbonnet	35,56 ab	24,84 bc	24,90 bc	18,78 b
Lido	59,70 a	63,21 a	61,93 a	51,90 a
Farah	51,70 ab	60,75 a	28,32 bc	31,52 b
Maghreb	28,32 bc	31,52 b	16,77 c	16,90 b
Oumnia	7,70 c	13,36 c	17,75 c	7,34 b

Les grains des variétés de riz Elio, Farah et Lido inoculés par l'isolat Ap2 présentent des pourcentages d'inhibition très élevés (52,22 ; 60,75 et 63,21 % respectivement). Ces pourcentages d'inhibition sont de l'ordre de 31,52 % pour la variété Maghreb et de 13,36 et 24,84 % respectivement pour Oumnia et Taïbonnet.

L'inoculation des grains par l'isolat Ap4 inhibe la croissance racinaire de toutes les variétés. Ainsi, les pourcentages d'inhibition calculés sont de 61,93 et 62,75 % respectivement pour Lido et Farah. Alors que, ces pourcentages sont compris entre 24,9 et 31,68 % pour les variétés Taïbonnet et Elio et ne dépassent pas 17,75 % pour les variétés Maghreb et Oumnia.

Les grains des variétés Farah et Lido, inoculés par l'isolat Ap3, présentent les pourcentages d'inhibition les plus élevés (49,30 et 51,90 % respectivement). Ces pourcen-

tages sont très faibles pour les autres variétés et se situent entre 7,34 et 18,78 %.

Pour chaque isolat, les moyennes de la même colonne ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test PPDS).

2. Effet sur l'élongation des coléoptiles

La comparaison des moyennes des pourcentages d'inhibition de l'élongation des coléoptiles des plantules de différentes variétés inoculées par un même isolat a montré qu'il y a des différences significatives au seuil de 5 %. Ainsi, le tableau 4 montre que le pourcentage d'inhibition de l'isolat Ap1 d'*A. padwickii* atteint 63,5 % chez la variété Lido. Cependant, ce pourcentage ne dépasse pas 50 % pour les autres variétés. Les grains de Farah et Lido inoculés par l'isolat Ap2, montrent des pourcentages d'inhibition élevés (49,69 % et 51,96 % respectivement). Le pourcentage d'inhibition est moyen (31,91 %) pour la variété Taïbonnet et très faible pour les autres variétés (compris entre 13,3 et 22,5 %).

Tableau 4. Pourcentages moyens d'inhibition de l'élongation du coléoptile des plantules (issues de grains pré-germés) de 6 variétés de riz inoculés par les isolats d'*A. padwickii*

Table 4. Average percentages of inhibition of coleoptile elongation of plantlets (of pre-sprouted grains) of 6 rice varieties inoculated by isolates of *A. padwickii*

Variétés de riz	Isolats d' <i>A. padwickii</i>			
	Ap1	Ap2	Ap4	Ap3
Elio	13,21 c	21,38 c	30,10 b	14,5 cd
Taïbonnet	39,04 b	31,91 b	13,23 c	9,10 d
Lido	63,5 a	51,96 a	44,4 a	49 a
Farah	49,5 ab	49,69 a	38,26 ab	35,09 b
Maghreb	18,7bc	13,3 c	33,28 b	11,76 cd
Oumnia	37,5 b	22,5 bc	12,7 c	19,8 c

Pour chaque isolat, les moyennes de la même colonne ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test PPDS).

L'isolat Ap3 affecte faiblement l'élongation du coléoptile de la majorité des variétés testées (35,09 % pour Farah et entre 9,10 et 19,8 % pour les autres variétés, à l'exception de la variété Lido : 49 %). L'isolat Ap4 provoque également une faible inhibition avec des valeurs comprises entre 12,7 et 38,26 % sauf pour la variété Lido où le pourcentage d'inhibition atteint 44,4 %.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence la mycoflore associée aux grains de trois variétés de riz en stockage. Ainsi, les espèces fongiques les plus communément discernées sont : *F. moniliforme*, *P. oryzae*, *H. oryzae*, *H. spiciferum*, *H. sativum*, *H. australiensis*, *Curvularia lunata*, *C. tuberculata*, *Alternaria alternata*, *A. padwickii*, *N. oryzae*, *E. nigrum*, *Aspergillus* sp. et *Penicillium* sp. Cependant, *A.*

padwickii est nouvellement détectée sur les grains de la variété Taïbonnet largement cultivée au Maroc.

La contamination de la plante de riz par les agents phytopathogènes varie selon les conditions de culture employées qui peuvent favoriser le développement de quelques organismes mais pas d'autres. En plus, certains champignons sont plus compétitifs sur une culture par rapport à d'autres de par leur croissance rapide et abondante (Ou 1985). D'après les résultats obtenus, *F. moniliforme*, *H. oryzae*, *A. alternata* et *C. lunata* sont les espèces fongiques les plus fréquemment rencontrées sur les grains de riz testés au Maroc.

Les autres espèces fongiques telles que *P. oryzae*, *H. sativum*, *H. spiciferum*, *H. australiensis*, *E. nigrum*, *A. padwickii* et *C. tuberculata* sont moins fréquentes.

Au Brésil, le pourcentage moyen de contamination des grains de riz par *A. padwickii* est de 8,4 % (Franco *et al.* 2001). En Italie, sur un lot de 400 grains présentant des taches, 6 % sont infectés par ce champignon (Porta-Puglia *et al.* 1996).

Une étude réalisée au Maroc par Gnancadja (2005) concernant la mycoflore associée aux grains de deux variétés riz Arco et Taïbonnet, récoltés en fin de cycle végétatif, a montré que les pourcentages de contamination des grains par *F. moniliforme* et *A. alternata* sont les plus élevés et atteignent les 100 %.

F. moniliforme est un élément courant de la mycoflore non seulement au niveau des grains de riz mais aussi chez toutes les céréales. Cette espèce est considérée comme un champignon se développant dans les champs. Toutefois, s'il rencontre lors du stockage, sous certaines conditions favorables, notamment la disponibilité en eau et de température, il peut continuer à croître et produire des mycotoxines. Pour réduire la contamination par ce champignon, il est essentiel d'effectuer la récolte dans de bonnes conditions et éventuellement de sécher les grains avant l'entreposage (Chandelier *et al.* 2003). *F. moniliforme* est principalement implanté dans l'embryon mais aussi dans les glumes, le péricarpe et les glumelles (Hino & Furuta 1990). Dans le cas des inoculations artificielles, les taux de grains fusariés dépassent systématiquement les 80 % et ce, quelle que soit la variété ou l'année considérée. L'analyse de la mycoflore des eaux des rizières marocaines a montré la présence de plusieurs espèces de *Fusarium* (*F. moniliforme*, *F. oxysporum*, *F. solani* et *F. camptoceras*) (Zehhar *et al.* 2006).

Les moisissures toxigènes rencontrées couramment sont *Penicillium* sp. et *Aspergillus* sp. L'origine de la contamination reste mal connue, mais les spores disséminées par l'air peuvent provenir des champs ou de la poussière présente dans les infrastructures de stockage.

La contamination des grains des différentes variétés de riz par les isolats d'*A. padwickii* provoque un brunissement au niveau des coléoptiles et des racines des plantules issues de grains inoculés. De petites lésions ont été aussi observées sur ces organes dont la taille varie entre 1 et 3 mm. Cependant, la pourriture des grains a été observée seulement sur les grains inoculés par les isolats Ap2 et Ap4 d'*A. padwickii*.

Les études réalisées par Ou (1985) sur *A. padwickii* ont montré que ce pathogène attaque les coléoptiles et les racines des grains ainsi que les jeunes plantules en provoquant la réduction de la germination et la pourriture des grains. D'après les résultats obtenus, les pourcentages d'inhibition de l'élongation du coléoptile et celle de la racine (63,5 et 59,7 % respectivement) issues des grains inoculés par l'isolat Ap1 d'*A. padwickii* sont très élevés chez la variété Lido.

A. padwickii affecte le pouvoir germinatif plus que l'élongation des coléoptiles et celles des racines de toutes les variétés de riz. Cependant, la variété Lido s'est avérée la plus sensible, avec un pourcentage d'inhibition de la germination de 72,93 % pour tous les isolats confondus.

Les grains non germés inoculés par les isolats d'*A. padwickii* sont envahis par un mycélium qui porte des spores. De ce fait, *A. padwickii* survit et croît probablement aux dépens des réserves des grains en sécrétant des substances toxiques qui inhibent ou ralentissent le processus de la germination.

Les champignons des genres *Helminthosporium*, *Curvularia*, *Rhizopus* et *Fusarium* entravent la germination des semences ou tuent carrément les plantules (Chevaugon & Ravise 1957). Les espèces du genre *Curvularia* et notamment *C. maculans* (Bamer) Boed se développent sur les glumes et au semis, troublent la germination (la mortalité est de l'ordre de 3 pour mille). *C. lunata* peut aussi réduire la germination des grains de riz (Imolehin 1983) et peut envahir également l'embryon des grains entreposés (Neergaard 1979 ; Bautista & Opina 1991). *F. moniliforme*, *C. lunata* et *H. oryzae* sont responsables de la ternissure et l'altération des grains de riz (Gnancadja & *al.* 2004). Ce changement de coloration serait dû soit à la haute activité métabolique du micro-organisme, soit à l'action directe ou indirecte d'une ou plusieurs espèces ou de la combinaison de diverses espèces (Allen & Ory 1983). Selon Angladette (1966), Ou (1985), Christensen (1965), Harisson & Perry (1976), la détérioration des semences augmente lorsque la température et l'humidité sont favorables au développement des micro-organismes qui favorisent les réactions de dégradation des lipides. Ces derniers sont considérés comme une source importante d'énergie pour la germination des semences (Allen & Ory 1983). Par conséquent, les glumelles sont envahies en profondeur et les caryopses se couvrent de petites taches brunes, tandis que la faculté germinative des grains diminue (Angladette 1966).

La transmission des pathogènes qu'hébergent les semences a été largement étudiée. Les dégâts causés au niveau de la plante sont dus soit à la transmission importante du pathogène par les grains (Ribeiro & Tanaka 1984), soit au degré d'infection. Manandhar *et al.* (1998) ont montré que la transmission de *Pyricularia grisea* des grains infectés aux plantules, sous différentes conditions de semis, est faible.

Agarwal & Sinclair (1996) affirment que *P. grisea* a été transmis de l'hélium à travers le péricarpe au coléoptile et atteint finalement la première feuille. L'infection des racines est due au péricarpe infecté et s'étend vers le colhézorize. *A. padwickii* figure parmi les champignons qui pénètrent plus

ou moins à travers les enveloppes et arrivent à parvenir au contact de la graine (Angladette 1966).

A. padwickii est capable de traverser l'endosperme et de réduire la qualité des grains de riz (Costa, 1991). Elle peut pénétrer directement dans la glume et infecter les grains immatures. D'après Groth (1992), ce champignon survit dans le sol, dans les grains et dans le reste de la plante sous forme de sclérotés. De ce fait, les attaques des plantes de riz peuvent parvenir à partir du sol ou des grains infectés. De même, ce pathogène peut infecter non seulement les organes foliaires, mais aussi les pièces florales lors de la floraison d'où la contamination des grains (Angladette 1966).

La semence est à l'origine de la plupart des productions végétales. Ce matériel doit être sain, vigoureux et indemne de tout parasite ou maladie importante. En effet, l'utilisation des semences certifiées peut réduire les attaques au niveau des champs. Les conditions de récolte peuvent également favoriser la contamination notamment lors du stockage ultérieur des céréales. Il faut veiller à ce que le grain soit suffisamment mur à la récolte. Le stade final de maturation commence 3 semaines avant la récolte, à ce moment la teneur en eau du grain est de 50 % environ, ce taux va diminuer jusqu'à maturation complète pour atteindre des taux inférieurs à 17 %. Plus l'humidité est importante plus les conditions sont favorables au développement de la flore fongique (Hassikou 2000).

Cette étude a montré que *A. padwickii* isolé à partir des grains de riz, provoque des altérations importantes surtout au niveau de la germination des grains. Une étude précise et adéquate de la biologie, la physiologie et le pouvoir pathogène des isolats de ce pathogène s'avère nécessaire.

RÉFÉRENCES

- Agarwal V. K. & Sinclair J. B. 1996. *Principles of seed pathology*. 2nd ed. CRC. Press. Florida, 539p.
- Allen J.A. & Ory R.L. 1983. Lipid degradation during seed deterioration. *American Phytopath. Soc.* 73, 2, 315-316.
- Angladette A. 1966. *Le riz. Techniques agricoles et production tropicale*. Maison neuve et La rose Ed., Paris (Ve), 609-669.
- Anseleme C.L. & Teissier R. 1972. *Base technique pour une protection phytosanitaire des semences sur le plan international*. CR du III^e Congrès de l'Union phytopathologique méditerranéenne, Portugal, 445-461.
- Barnett H.L. 1962. *Illustrated genera imperfect fungi*. Burgess publishing company, Minneapolis, USA, 224 p.
- Bautista E.A. & Opina O.S. 1991. Isolation, identification and pathogenicity test of seed borne fungi associated with cowpea seeds. Manila (Philippines), 1 p.
- Benkirane R. 1995. *Contribution à l'étude des maladies du riz au Maroc. Cas de la pyriculariose due à Pyricularia oryzae*. Thèse 3^{ème} cycle. Univ. Ibn Tofaïl, Fac. Sci. Kénitra, Maroc, 189 p.
- Chandelier A. & Kestemont M.H. 2003. *Le problème de la fusariose de l'épi et des mycotoxines en froment d'hiver : état de connaissances*. Livre Blanc « Céréales » F.U.S.A. et C.R.A. Gembloux, 22 p.
- Chang H.S. & Lee C.U. 1983. Detection and transmission of *Pyricularia oryzae* in germinating rice seed. *Seed Science and Technology* 11, 625-637.
- Chevaugon J. & Ravise A. 1957. Régime de l'eau et maladies parasitaires du riz en Afrique Occidentale. *J. Agr. Trop. Bot. appliquée* IV, 3-4, 144-151.
- Corbaz R. 1990. *Principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 286 p.
- Costa J.L.S. 1991. *Alternaria padwickii* e *Curvularia lunata*: patogenicidade e transmissão por sementes de arroz irrigado. *Fitopatologia Brasileira* 16,15-18.
- Christensen C.M. 1965. Fungi in cereal grains and their products. In Wogan, G.N., ed. *Mycotoxins in foodstuffs*. MIT press, Cambridge, MA, 9-14.
- Duraiswamy V.S. & Mariappan V. 1983. Rice grain discoloratum. *Intern. Rice Research Newsletter* 8, 3, 9-10.
- Franco D.F., Ribeiro A.S., Nunes C.D. & Ferreira E. 2001. Fungos associados a sementes de arroz irrigado no rio grande do sul. *Rev. Bras. Agrociencia* V, 7, 3, 235-236.
- Ellis M.B. 1971. *More Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England, 608 p.
- Ellis M.B. 1976. *More Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England, 505p.
- Gnancadja A.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 Inst. Agron. Vét. (Maroc)* 24, 1 & 2, 45-50.
- Gnancadja A.L.S. 2005. *Etude de la mycoflore et du développement de la ternissure des grains de riz (Oryza sativa L.) au Maroc, biologie et pouvoir pathogène de Helminthosporium bicolor originaire de Stenotaphrum secundatum*. Thèse Doc. Nat., Univ. Ibn Tofaïl, Fac. Sci., Kénitra, Maroc, 206 p.
- Groth D. 1992. Leaf scald - Foliar diseases. In: WEBSTER, R. K. and GUNNELL, P. S (ed.) *Compendium of rice diseases*. Saint Paul, APS Press, 62 p.
- Hannin S. 2003. *Etude de la mycoflore du riz (Oryza sativa). Impact et lutte chimique*. Thèse Doc. Nat., Univ. Ibn Tofaïl, Fac. Sci., Kénitra, Maroc, 107 p.
- Harisson J.G. & Perry D.A. 1976. Studies on the mechanisms of barley seed deterioration. *Annals of Applied Biology* 84, 57-62.
- Hassikou K. 2000. *Contribution à l'étude de Curvularia lunata, agent causal de la curvulariose du riz au Maroc. Application de quelques moyens de lutte chimique et biologique*. Thèse Doc. Nat. Univ. Ibn Tofaïl, Fac. Sci., kénitra, Maroc, 187 p.
- Hino T. & Furuta T. 1968. Studies on the control of Bakanae of rice plants caused by *Gibberella fujikuroi* II. Influence of flowering season on rice plants and seed transmission through flower infection. *Bulletin of the Chugoku Agricultural Experiment Station* E2, 97-110.
- Imolehin E.D. 1983. Rice seedborne fungi and their effect on seed germination. *Plant Disease* 67, 1334-1336.
- International Seed Testing Association (ISTA) 1985. *International Rules for Seed Testing, Rules* (edi. S.R. Draber). Zurich, Switzerland, ISTA.
- Kato H. T., Yamagu Chi & Nishihara N. 1976. The perfect stage of *Pyricularia oryzae* Cavara in culture. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 42, 507-510.
- Lamy H.A. 1970. *Pyricularia oryzae* on rice seed in the United States. *Plant Disease Reporter* 54, 931-935.
- Manandhar H.K. 1998. Seed borne infection of rice by *Pyricularia oryzae* and its transmission to seedling. *Plant Disease* 82, 1093-1099.

- Manandhar H.K., Lyngs J., Qensen H.J., Mathur S.B. & Smedegaard P. 1998. Suppression of rice blast by preinoculation with avirulent *Pyricularia oryzae* and the non rice pathogene *Bipolaris sorokiniana*. *Phytopathology* 88, 735-739.
- Neergaard P. 1979. *Seed pathology I, II*. The Macmillan Press Ltd. London and Basingstoke, 1- 1191.
- Ou S.H. 1985. *Rice diseases*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England, 380 p.
- Ponchet 1966. Etude des communautés mycopéricarpiques du caryopse de blé. *Annales des Epiphyties* 17, 1, H. S. I, 161-164.
- Porta-Puglia a., Di Giambarusta g., Infantino A. & Giudici m.l. 1996. First Report of *Alternaria padwickii* on Rice Seeds in Italy. *Plant Disease* 80, 1208.
- Ribeiro A. S. & Tanaka M. A. S 1984. Doenças do arroz e medida de controle. *Informe Agropecuário* 10, 14, 24-32.
- Zehhar G., Ouazzani Touhami A., Badoc A. & Douira A. 2006. Effet des Fusarium des eaux de rizières sur la germination et la croissance des plantules de riz. *Bull. Soc. Pharma. Bordeaux* 145, 7-18.

Manuscrit reçu le 14/11/2011
Version révisée acceptée le 19/07/2013
Version finale reçue le 19/02/2014
Mise en ligne le 10/03/2014

