

Available online at <http://ajol.info/index.php/ijbcs>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(1): 337-354, February 2012

ISSN 1991-8631

**International Journal
of Biological and
Chemical Sciences**

Original Paper<http://indexmedicus.afro.who.int>

Evolution de la résistance partielle à la pyriculariose foliaire selon l'âge, chez le riz de la sous-espèce japonica

Alphonse BOUET ^{1*}, Michel VALES ², Nicaise Acho AMANCHO ³,
Nazaire Koffi KOUASSI ³ et Fatogoma SORHO ⁴

¹ Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), BP 602 Gagnoa, Côte d'Ivoire.

² CIRAD/Baillarguet, Avenue Agropolis 34 398 Montpellier cedex 5, France.

³ CNRA, Laboratoire Central de Biotechnologies, Adiopodoumé, Km 17, route de Dabou,
01 BP 1740 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.

⁴ Université de Cocody-Abidjan, UFR Biosciences, Laboratoire de physiologie végétale,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

* Auteur correspondant, E-mail : bouetalph@yahoo.fr ; Tel : (225) 01 50 10 93/(225) 07 42 64 85,
Tél./Fax : (225) 32 77 17 00

RESUME

La pyriculariose (*Magnaporthe grisea*) est la plus grave maladie fongique, préjudiciable à la culture du riz en Côte d'Ivoire. La maladie sévit avec une grande acuité en écologie pluviale marquée par une forte présence des variétés de type japonica. Pour lutter contre la pyriculariose, l'utilisation des variétés résistantes à *M. grisea* apparaît comme l'option adaptée à la situation agro-économique des exploitants. Des deux types de résistance connus, la résistance partielle s'est révélée plus durable que la résistance complète, efficace mais de courte durée. Cependant, la résistance partielle demeure difficile à évaluer. Un essai a été conduit en milieu semi-contrôlé en vue de déterminer des paramètres fiables permettant la sélection de variétés munies d'un haut niveau de résistance partielle. L'étude s'est focalisée sur les variétés de riz de la sous-espèce japonica, dominant en riziculture pluviale. Le dispositif expérimental utilisé a été un factoriel 2 en bloc, avec quatre répétitions, comportant 32 variétés de riz (indica et japonica) à cinq âges matérialisés par les stades phénologiques 3-4, 4-5, 5-6, 6-7 et 7-8 feuilles. Les résultats obtenus montrent qu'à l'instar des variétés de riz indica, celles de la sous-espèce japonica acquièrent à des vitesses variables, un certain niveau de résistance partielle à la pyriculariose avec l'âge. En outre, pour la sélection d'un haut niveau de résistance partielle à la maladie, le nombre initial de lésions sporulantes, combiné ou non à la vitesse de diminution de ce nombre, apparaissent comme des paramètres fiables. L'étude a par ailleurs révélé de potentiels géniteurs de résistance partielle dans l'échantillon des génotypes de riz japonica testés.

© 2012 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Riz pluvial, *Magnaporthe grisea*, variété résistante, sélection, milieu semi-contrôlé, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

La production locale de riz est déficitaire en Côte d'Ivoire depuis plus de trente ans exceptés, les années 1970, grâce à l'existence de la SODERIZ (Société de Développement du Riz). Ce déficit est évalué en 2009 à 50% de la consommation nationale, avec une incidence financière de 235 milliards

francs CFA. Le besoin social de consommation étant estimé à 1300 000 t de riz blanchi (Anonyme 1, 2008).

Parmi les principales causes à la faible productivité du riz en Côte d'Ivoire, figurent les maladies dont la pyriculariose demeure l'une des plus préjudiciables. Les dégâts induits par cette phytomycose ont

© 2012 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i1.30>

souvent atteint des proportions alarmantes comprises entre 50 et 80% (Delassus, 1973 ; Vales, 1983 ; Awoderu, 1990 ; Bouet, 2008). La maladie est présente dans toutes les zones de riziculture du monde avec des pertes dont l'importance varie selon les écologies, les variétés cultivées et les pratiques culturales (Yamaguchi, 1978 ; Prabhu, 1980 ; Ou, 1985 ; Bouet et al., 2006 ; Bouet, 2008).

La Pyriculariose, provoquée par le champignon ascomycète *Magnaporthe grisea* (Herbert, 1971 ; Barr, 1977 ; Rossman et al., 1990) ou *Pyricularia grisea*, est la plus grave maladie fongique du riz au monde.

Les symptômes de la maladie, sur les feuilles, se présentent typiquement sous forme de lésions fusiformes, elliptiques ou ovoïdes avec ou sans bordure brune entourant une zone grise sporifère. Kiyosawa (1971) distingue quatre types de lésions dont l'importance relative dépend du niveau de sensibilité de la plante. Ce sont : le type b non sporifère très petit de couleur brune, les types bg, bG, pG sporifères comportant un centre gris entouré d'une bordure brune plus ou moins marquée. Ces derniers types sont différenciables par leur taille et la nature de la bordure entourant la zone sporifère. Ainsi, les lésions bg et bG caractérisées par la présence de bordure bien marquée (brun à brun foncé) diffèrent cependant par leur taille (bG plus grande que bg). Les lésions pG se distinguent par l'absence de bordure et plus sporifère que les deux précédentes. Tous ces symptômes peuvent être observés sur une même feuille infectée.

Après l'épiaison, le « cou » (dernier entre-noeud avant la panicule ou pédoncule paniculaire) du riz peut être affecté. Dans ce cas, les lésions sont longitudinales et présentent un contour irrégulier, brun à noir, entourant une zone brune claire à foncée (Bouet, 2008). Ces lésions peuvent aussi se localiser sur les entre-noeuds inférieurs (avant le cou). Sur la panicule (inflorescence), la pyriculariose attaque les épillets le plus souvent au stade laiteux. Les lésions provoquées sont arrondies ou à contour irrégulier avec une zone centrale gris-claire à blanchâtre entourée d'une bordure noirâtre. Ces lésions se situent généralement au voisinage de l'apex ou dans la partie médiane

de l'épillet.

Des fongicides efficaces contre *P. grisea* existent (Nakamura, 1986 ; M'bodj et al., 1987 ; Prabhu et Philippi, 1993 ; Bahous et al., 2005 ; Bouet et al., 2006), mais leur utilisation dans la plupart des pays en développement comme la Côte d'Ivoire reste problématique à cause du coût financier lié à leur application. Par ailleurs, l'essentiel des systèmes rizicoles en Côte d'Ivoire est très peu ou pas intensifié (Bahan, 2006 ; Gala et al., 2007) et microparcellaire (riziculture pluvial), à vocation d'autoconsommation (Gala et al., 2007). Aussi, la lutte génétique contre la pyriculariose apparaît comme l'option la plus adaptée à la situation agroéconomique des exploitants.

À l'heure actuelle, deux types de résistance sont utilisées dans la lutte contre *M. grisea*. Il s'agit de la résistance complète (RC) et de la résistance partielle (RP). Ces résistances (RC et RP) sont exploitées individuellement ou en association dans différentes stratégies de lutte contre la pyriculariose (Shinzo, 2007). La résistance complète, généralement monogénique s'exprime par une absence totale de lésions ou par la présence de lésions brunes non sporifères (type de lésion b). Aussi, la sélection de cette résistance est-elle aisée car répondant à la loi du « tout ou rien ». Malheureusement, la durée d'expression des RC est courte (Du et Loan, 2004). En effet, la cinquantaine de gènes de RC mis en évidence (Kiyosawa, 1997 ; Hayashi, 2005) ont connu des faillites deux (02) à cinq (05) ans après leur exploitation.

En Côte d'Ivoire, comme dans la plupart des pays en développement, la diffusion des semences est lente et très délicate (le paysan est souvent attaché à la variété locale qu'il cultive). De plus, la fréquence de mise au point des variétés de riz améliorées, est 02 à 03 fois supérieure (7 à 10 ans) à la moyenne de la durée de vie (2 à 5 ans) (Kiyosawa, 1972 ; Kozaka, 1975 ; Shinzo, 2007) de la plupart des résistances promues (résistances complètes). Ces contraintes ont conduit au choix de la résistance partielle (RP) plus durable (Jhonson, 1983) que la résistance complète, comme stratégie de la lutte génétique contre

M. grisea en Côte d'Ivoire. La RP étant définie comme une résistance qui ralentit l'épidémie et assure une production normale, en dépit de l'apparition de lésions de type sensible (Parlevliet et Ommeren, 1975 ; Parlevliet, 1979).

En outre, les études réalisées par Bouet et al. (2005) et Bouet (2008) ont mis en lumière les raisons majeures en faveur de l'exploitation de la résistance partielle comme une des stratégies appropriées de lutte génétique contre *M. grisea* en Côte d'Ivoire. En effet, avec la quinzaine de pathotypes mise en évidence par cet auteur, il sera difficile voire impossible de faire un pyramidage impliquant à priori autant de gènes de résistance complète.

Cependant, la sélection de la RP reste délicate car son effet n'est pas bien perçu phénotypiquement du fait de la présence de lésions de type plus ou moins sensible (bg et bG) sur la feuille. La recherche de critères fiables d'évaluation de la résistance partielle est donc nécessaire pour une meilleure sélection du matériel végétal.

Roumen (1992a ; 1992b) a montré, chez les variétés de riz irrigués, qu'il existe une différence de niveau et de vitesse d'acquisition de la résistance partielle avec l'âge. Qu'est ce qui en est des variétés de riz japonica pluviaux très cultivés en Afrique, notamment en Côte d'Ivoire, où la riziculture pluviale occupe 80% des superficies ? La présente étude apporte une contribution à cette préoccupation. Son objectif est de déterminer des critères fiables liés à la résistance partielle afin de sélectionner efficacement des génotypes de riz résistants, notamment en écologie pluviale.

MATERIEL ET METHODES

Le matériel végétal étudié comprend 124 génotypes de riz irrigué et pluvial introduits du Brésil et d'Indonésie ou mis au point par la recherche (CNRA et Africa Rice). Tous ces génotypes font partir de la collection de riz du CNRA. Les souches de *Magnaporthe grisea* utilisées ont été prélevées dans des rizières de Man (zone ouest), de Bouaké (zone centre) et d'Odienné (zone nord-ouest) en Côte d'Ivoire.

Au niveau méthodologique, deux

étapes ont été abordées, à savoir, d'une part, l'identification de variétés de riz compatibles avec au moins une souche de *Magnaporthe grisea* et d'autre part l'évaluation de la sensibilité des génotypes de riz à la pyriculariose en fonction du stade végétatif

Identification des variétés de riz compatibles avec au moins une souche de *Magnaporthe grisea*

124 génotypes de riz ont été inoculés à deux reprises, par injection d'inoculum dosé à 25 000 conidies ml⁻¹ des souches CD02, CD03, CD23, CD49, CD51, CD62 et CD87 de *M. grisea*. L'inoculation, par injection, consiste à mettre l'inoculum en contact avec la surface de la feuille encore enroulée ou légèrement ouverte (en forme de feuille d'oignon). Une seringue plantée à la base de la gaine de la dernière feuille complètement ouverte est utilisée à cet effet. Les plants inoculés ont été incubés dans une chambre climatique à une température de 27 °C, sous une humidité relative (HR) de 90%. Les symptômes de la pyriculariose ont été notés sept (7) jours après l'inoculation, selon une échelle de notation (Tableau 1). Ainsi, une variété de riz est jugée compatible avec une souche de *M. grisea*, quand la note de sévérité de la pyriculariose foliaire est supérieure ou égale à 4 sur cette échelle. La variété de riz est incompatible quand la note de sévérité est inférieure à 4.

Evaluation de la sensibilité des génotypes de riz à la pyriculariose en fonction du stade végétatif

A partir du résultat de l'étude préliminaire relative à l'identification des variétés de riz compatibles avec une souche de *M. grisea*, 32 variétés de riz, de types japonica et indica, ont été retenues pour cette étude. Elles ont été choisies, en plus de leur plus ou moins grande sensibilité à la souche CD69 de *M. grisea*, sur la base de la diversité génétique, de la performance agronomique (rendement) et du format des grains. Les sous espèces *O. sativa japonica* et *O. sativa indica* ont été identifiées par le test au phénol dont la fiabilité dans la classification des variétés de riz traditionnel africain a été démontrée (Kochko, 1987 ; Sié, 1991).

Le dispositif expérimental employé, est un factoriel 2 en bloc à 4 répétitions. Les facteurs étudiés sont la variété à 32 modalités et l'âge. L'âge des plantes a été défini par leur stade phénologique comportant 5 niveaux notés : 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8 feuilles où, le premier nombre indique l'étage de la dernière feuille entièrement déroulée et le deuxième nombre désigne celui de la dernière feuille émise à moitié dégainée. La parcelle élémentaire est constituée par 10 plantes par variété de riz. Pour obtenir les 5 stades phénologiques, huit (8) bacs (40 cm x 34 cm) ont été semés à 5 dates espacées les unes des autres de sept (7) jours.

Le substrat de culture des variétés de riz était constitué par un mélange de sable (1/3) et de terre noire (2/3), préalablement traité à la chaleur (110 °C pendant 24 h). Les plantes ont reçu pendant leur croissance, deux applications d'urée (46% N) par semaine et à la veille de l'inoculation, à la dose de 20 g N/m².

Avant l'inoculation, le point d'émergence de la dernière feuille émise de chaque plante, a été marqué à l'encre noire indélébile. L'inoculation a eu lieu quand les plantes du dernier semis étaient au stade 3-4 feuilles. Elle a été effectuée par pulvérisation des feuilles avec un inoculum concentré à 5 10⁵ conidies.ml⁻¹, additionné de gélatine (0,5%), à raison de 40 ml de suspension par bac. Des cages en plastique ont été utilisées pour couvrir les plantes inoculées et maintenues pendant 24 h dans une chambre d'incubation à 27 °C où l'hygrométrie saturante (90%) est assurée par la vapeur d'eau issue d'un bain dans lequel est plongé une résistance. Après cette incubation, le nombre de lésions sporulantes a été compté dans le milieu ambiant sur chacune des feuilles de 10 plantes par variété de riz, 10 jours après l'inoculation.

Analyses statistiques

Quand les conditions d'analyse de variance l'ont permis, des tests de Newman-Keuls ont été réalisés au risque de 5%, à partir des données (nombres de lésions sporulantes) originelles ou transformées selon la formule $\sqrt{1+x}$ pour faire des classements. Dans le cas contraire, une analyse non paramétrique a

été effectuée par le test de Kruskal-Wallis.

RESULTATS

Interaction entre *M. grisea* et les génotypes de riz testés

L'étude des interactions entre les souches de *M. grisea* et la gamme de génotypes de riz testés montre différents profils de réactions des variétés vis-à-vis des souches fongiques utilisées (Tableau 2). Ce tableau présente des variétés cultivars très sensibles (TS), sensibles (S), moyennement sensibles (MS), moyennement résistantes (MR) et résistantes (R) en fonction de la souche fongique. Parmi ces variétés, Azucena et M2-2 s'illustrent par leur sensibilité à tous les isolats testés. Les notes de sévérités enregistrées varient de 8 à 9 (TS) et 6 à 7 (S) respectivement pour Azucena et M2-2. En ce qui concerne les souches de *M. grisea*, CD03 et CD69 sont apparues comme ayant les plus larges spectres de virulence avec respectivement 33% et plus de 90% de cultivars attaqués.

La probabilité d'avoir des variétés de riz en nombre voulu qui répondent en plus de la sensibilité, à d'autres critères tels que l'écotype (pluvial, irrigué) pour l'étude de la résistance partielle, est ainsi plus grande avec ces souches.

Effet du génotype de riz sur le nombre de lésions sporulantes

Les résultats acquis, suite aux analyses statistiques portant sur la variable « nombre de lésions sporulantes » montrent qu'il existe une différence significative entre les variétés de riz au stade 3-4 feuilles bien que les moyennes des lésions soient dans l'ensemble faibles (Tableau 3). Pour les autres stades phénologiques (4-5, 5-6, 6-7, 7-8 feuilles), aucune différence significative n'a été notée.

Au stade 3-4 feuilles, dix (10) groupes variétaux ont été identifiés (Tableau 3). Mais, le chevauchement de ces groupes est tel, que seulement deux ensembles peuvent être distingués. Il s'agit d'une part, de l'ensemble 1, formé par les groupes A, AB, ABC comportant les variétés possédant les plus grands nombres de lésions et d'autre part, l'ensemble 2 des groupes DEFGHI et EFGHI,

constitué des variétés avec les plus faibles nombres de lésions. Il faut remarquer, dans ce dernier cas, que les variétés IDSA8, 62-667, 428, Fossa man n°2, Pratao, lac 23, IR42, IDSA1 et Araguaia ont exhibé de très faibles nombres de lésions et souvent aucune lésion.

Evolution du nombre de lésions en fonction du stade phénologique du riz

Les Figures 1 et 2 présentent l'évolution du nombre de lésions sporulantes dues à la pyriculariose foliaire en fonction du stade phénologique. Il en ressort de manière générale que le rythme d'évolution des nombres de lésions sporulantes diffère d'une variété à l'autre. Chez la plupart des variétés, le nombre de lésions diminue du stade 3-4 feuilles au stade 7-8 feuilles, cette diminution est plus marquée au stade 4-5 feuilles, chez toutes les variétés de riz testées, exceptée la variété Bouaké 189. La variété H105, se distingue des autres variétés par l'importance de la variation du nombre de lésions observées du stade 3-4 feuilles (3,7) au stade 4-5 feuilles (0,30). L'analyse statistique réalisée à partir du nombre moyen de lésions sporulantes enregistrées a montré un effet significatif du stade phénologique seulement chez le cultivar Dok may.

En considérant le stade à partir duquel le nombre de lésions a chuté d'au moins 2/3, des différences entre variétés ont été observées. Le nombre initial de lésions

diminue au moins de 2/3 dès le stade 4-5 feuilles chez les variétés H105 (Figure 1), M2-2 (Figure 2), E17 (Figure 1), Maria angela et IDSA8 (Figure 2). Ce niveau de réduction du nombre de lésions initial est atteint au stade 5-6 feuilles chez les variétés Dok may (Figure 1), IRAT115 (Figure 2) et plus tard chez les variétés Pratao au stade 6-7 feuilles (Figure 2) et Bouaké189 au stade 7-8 feuilles (Figure 1).

Evolution du nombre de lésions sporulantes en fonction de l'étage foliaire

Les moyennes du nombre de lésions sporulantes de *M. grisea* par étage foliaire infectée oscille autour de 1 quel que soit le stade phénologique. Toutefois, les analyses statistiques réalisées sur l'ensemble des variétés ont montré un effet significatif de l'étage foliaire sur le nombre de lésions sporulantes (Tableau 4). Chez les cultivars Dok may et CNA5544, un effet significatif de l'étage foliaire sur le nombre de lésions sporulantes a été observé (Tableau 5). Le suivi de l'évolution du nombre de lésions en fonction du stade phénologique montre que le nombre de lésions sporulantes varie avec l'étage foliaire (Figures 3). Ce nombre augmente en général de la première feuille à partir de la base de la plante aux dernières feuilles, avec un maximum de lésions sur l'avant dernière feuille.

Tableau 1 : Echelle de notation de la pyriculariose foliaire (Vales, 1992).

	Nombre de lésions	Réaction	Note (1 à 9)	
Aucun symptôme	0	R	1	1
b rare	< 20	R	2	
b nombreux	≥ 20	R	3	3
bg rares	< 10	MR	4	
bg nombreuses	≥ 10	MS	5	5
bG rares	< 10	MS	6	
bG nombreuses	≥ 10	S	7	7
pG rares	< 5	TS	8	
pG nombreuses	≥ 5	TS	9	9

b : petit point brun (absence de sporulation) ; **bg :** lésion à bord brun et centre gris ;

bG : grand bg ; **pG :** lésion à bordure brune ou sans bordure avec un centre gris

R : résistant ; **S :** sensible ; **T :** très ; **M :** moyennement

Tableau 2 : Réactions de quelques variétés de riz de la collection du CNRA, à l'inoculation par

injection des souches de *Magnaporthe grisea*.

Variété de riz	Réactions des souches de <i>Magnaporthe grisea</i>							
	CD 02	CD 03	CD 23	CD 49	CD 51	CD 62	CD 69	CD 87
Azucena	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS
M2-2	S	TS	TS	TS	S	TS	TS	S
Hommaly	TS	TS	S	TS	MR	MS	TS	S
TOX5042NK3-NIB	MS	TS	MS	TS	MS	nd	TS	nd
Dok may	MS	TS	MR	MS	R	nd	TS	nd
IDSA 1	R	TS	MS	MR	R	MR	TS	R
YS 249	R	TS	MS	R	R	MR	TS	nd
Bouaké 189	R	TS	MR	R	R	R	TS	R
B 2997C-TB-4-2-1	R	TS	R	R	R	MS	TS	R
IRAT 312	R	TS	R	R	R	R	TS	R
Khao noi	R	TS	R	R	R	R	TS	R
BG 90-2	MR	TS	R	R	R	nd	TS	R
Tsipalafosty (MD 680)	nd	TS	TS	nd	TS	TS	TS	TS
Palawan	TS	TS	TS	nd	TS	MR	TS	S
Hao tu	TS	TS	MS	nd	MS	TS	TS	S
VB 72	nd	TS	R	nd	R	R	TS	R
Bokolon	nd	TS	nd	nd	R	MR	TS	R
Nabegnon lihoico	R	TS	nd	nd	R	nd	TS	nd
E 17	MR	S	S	R	MS	S	TS	MS
Pratao	R	S	MS	R	MR	R	TS	MR
CNA 5544	R	S	R	R	R	R	TS	R
Araguaya (ou Araguaia)	MR	S	R	R	nd	nd	TS	nd
IDSA 32	R	S	R	R	R	nd	TS	R
H 105	R	S	nd	R	R	nd	TS	nd
OS 42	MR	MS	S	TS	MS	nd	TS	S
LAC 23	R	MS	R	S	MS	nd	TS	nd
IS 692	MR	MS	R	MR	R	nd	TS	nd
Kinandong patong	MS	MS	TS	R	MS	MS	TS	MS
IDSA 8	R	MS	MS	R	R	R	TS	MS
KU 278-1	nd	MS	MR	nd	MR	R	TS	MR
IS 784	nd	MS	nd	nd	nd	nd	TS	nd
IRAT 169	R	MR	R	R	MR	MR	TS	MS
428	R	MR	MR	nd	MS	MR	TS	MS
ITA 222	R	MR	R	nd	R	nd	TS	nd
Delta	R	R	MR	TS	MR	R	TS	MS
Fossa man n°2	MS	R	MR	TS	MS	R	TS	MR
IS 698	R	R	MS	S	R	MR	TS	MS
IRAT 8	MR	R	MS	S	MR	R	TS	MR
227	S	R	MS	MS	MS	MS	TS	MR
L 81-55	R	R	MR	MS	S	R	TS	MR
IRAT 177	R	R	R	MS	R	R	TS	MS
IDSA 11	R	R	R	MR	R	R	TS	R
L 80-121	R	R	MR	R	R	nd	TS	MS
IDSA 31	R	R	R	R	R	nd	TS	R
IDSA 9 Fauve	R	R	R	R	R	nd	TS	R
Maria angela	MR	nd	TS	TS	S	TS	TS	MS
Taichung TCWC	MS	nd	S	TS	S	nd	TS	MR

Tableau 2 (suite) : Réactions de quelques variétés de riz de la collection du CNRA, à l'inoculation

par injection des souches de *Magnaporthe grisea*.

Variété de riz	Réactions des souches de <i>Magnaporthe grisea</i>							
	CD 02	CD 03	CD 23	CD 49	CD 51	CD 62	CD 69	CD 87
TOX5037-NK33-NIB	MR	nd	MR	S	MS	MR	TS	MS
Peta	R	nd	R	R	R	MR	TS	R
YS 128	R	nd	nd	R	MS	R	TS	R
Lung sheng 1	nd	nd	TS	nd	MS	S	TS	TS
Chianan 8 X Makalioka-70	nd	nd	MR	nd	S	nd	TS	nd
CNA 4097	nd	nd	R	nd	R	MR	TS	MR
Jaguary	nd	nd	R	nd	R	R	TS	R
RT 1035-72	nd	nd	R	nd	MS	R	TS	MS
Ciwini	nd	nd	R	nd	R	nd	TS	R
IR 442	R	nd	R	nd	R	nd	TS	R
Zouzouhon	nd	nd	nd	nd	nd	nd	TS	nd
Kagoshima hakamuri	nd	nd	nd	TS	nd	nd	TS	nd
IR 42	R	TS	nd	MR	R	MS	S	nd
IS 733	R	TS	MS	MR	R	R	S	R
Djubuh	nd	TS	R	R	R	MR	S	S
Med noi	R	S	MR	R	R	MR	S	R
IRAT 115	MS	S	MR	R	MR	R	S	R
TOX3100-37-3-3-2	R	S	R	nd	R	nd	S	nd
Dourado précoce	R	MS	nd	nd	nd	MR	S	nd
IRAT 23 X Blue bonnet	R	MR	MR	TS	R	MR	S	nd
Iguape agulha	MR	MR	MR	MR	R	R	S	nd
IRAT 10	R	MR	R	MR	R	R	S	nd
IDSA 86	MR	MR	R	MR	R	nd	S	nd
62-667	nd	MR	nd	MR	nd	TS	S	nd
IRAT 105	R	MR	TS	R	TS	R	S	MS
IRAT 112	R	MR	R	R	MR	nd	S	R
IRAT 348	R	MR	nd	R	nd	nd	S	nd
IAC 47 X TOS2578 28	R	MR	nd	R	nd	nd	S	nd
IRAT 144	R	R	MR	TS	R	MR	S	nd
IRAT 136	R	R	nd	TS	nd	nd	S	nd
E 425	R	R	nd	TS	nd	nd	S	nd
IRAT 107	R	R	MR	MS	R	MR	S	MR
IAC 165	R	R	MR	MR	R	MR	S	R
IDSA 7	R	R	R	MR	R	R	S	nd
OS 10V	R	R	nd	MR	nd	nd	S	nd
IDSA 14	R	R	MS	R	R	MS	S	nd
IAC 164	R	R	MR	R	R	MR	S	MR
Pratao précoce	R	R	MR	R	MR	MR	S	R
IS 766	MR	R	nd	R	R	nd	S	nd

Tableau 2 (fin) : Réactions de quelques variétés de riz de la collection du CNRA, à l'inoculation

par injection des souches de *Magnaporthe grisea*.

Variété de riz	Réactions des souches de <i>Magnaporthe grisea</i>							
	CD 02	CD 03	CD 23	CD 49	CD 51	CD 62	CD 69	CD 87
Arroz de campo	R	nd	R	R	MR	R	S	R
OS 10 G2	nd	nd	S	nd	R	S	S	nd
K2-C 14	nd	nd	MS	nd	MR	MS	S	MR
IS 790	nd	nd	R	nd	R	R	S	R
Aguja	nd	nd	R	nd	MR	R	S	R
ITA 162	nd	nd	R	nd	MR	R	S	nd
KH Youane (VT A 13)	nd	nd	nd	nd	R	R	S	nd
Ali combo	nd	S	R	TS	R	nd	MS	nd
CNA 5171	R	S	nd	TS	nd	nd	MS	nd
IDSA 74	R	MR	nd	TS	nd	nd	MS	nd
IDSA 13	nd	MR	nd	nd	nd	nd	MS	nd
IDSA 10	nd	R	R	R	R	R	MS	R
IAC 25	R	R	R	R	R	nd	MS	R
IRAT 347	nd	R	nd	nd	nd	nd	MS	nd
IAC 47	MR	R	nd	nd	nd	nd	MS	nd
Aïchi asahi	nd	nd	nd	S	nd	nd	MS	nd
Dourado agulha	MR	nd	MR	R	R	R	MS	R
Dioukémé	R	nd	R	R	R	S	MS	R
Apura X IRAT 177	nd	nd	R	nd	R	nd	MS	nd
63-83	R	R	MR	MS	R	R	MS	MR
IAC 1246	R	R	nd	R	nd	nd	MS	nd
IRAT 13	R	R	nd	nd	nd	nd	MS	nd
Ceyswoni	R	nd	R	R	R	nd	MS	R
62-720	nd	nd	R	nd	R	MR	MS	MR
Abongoua 88	MR	MR	nd	TS	nd	nd	R	nd
Chocoto	MR	R	nd	TS	nd	nd	R	nd
ITA 182	R	R	MR	S	nd	nd	R	nd
Morobérékan	MR	R	nd	MS	nd	nd	R	nd
Iguape cateto	MR	R	nd	MR	nd	nd	R	nd
TOX1011-4-1	R	R	nd	R	nd	nd	R	nd
IDSA 85	R	R	nd	R	nd	nd	R	nd
Colombia 1	MS	R	nd	nd	nd	nd	R	nd
IDSA 6	R	R	nd	nd	nd	nd	R	nd
Cuiabana	R	R	nd	nd	nd	nd	R	nd
1632 X 34 2631	nd	nd	R	nd	nd	nd	R	nd
CT 6510-24-1-2	R	R	nd	nd	nd	nd	R	nd
IRAT 149	nd	nd	nd	TS	R	R	R	MR

nd = non déterminé

S = sensible (note de sévérité : **6** ou **7**)

TS = très sensible (note de sévérité : **8** ou **9**)

R = résistant (note de sévérité : **2** ou **3**)

MR = moyennement résistant (note de sévérité : **4**)

MS = moyennement sensible (note de sévérité : **5**)

Tableau 3 : Moyennes des nombres de lésions sporulantes et groupes variétaux, selon les stades

phénologiques d'après le test de Kruskal Wallis.

Variété	Stades phénologiques				
	3-4 feuilles	4-5 feuilles	5-6 feuilles	6-7 feuilles	7-8 feuilles
H 105	3,60 <i>a</i>	0,25	0,21	0,28	0,09
M2-2	1,38 <i>ab</i>	0,10	0,09	0,04	0
Dok may	1,28 <i>ab</i>	0,55	0,24	0,02	0
Hommary	0,94 <i>ab</i>	0,69	1	0,72	0,44
Palawan	0,94 <i>ab</i>	0,20	0	0,04	0,03
IS 733	0,88 <i>ab</i>	0,50	0,74	0,28	0,19
CNA5544	0,81 <i>ab</i>	0,15	0,04	0,04	0,03
Azucena	0,75 <i>abc</i>	0	0,13	0	0,09
TOX5042NK3-	0,75 <i>abc</i>	0,10	0,59	0,11	0
NIB	?	?	?	?	?
BG 90-2	0,44 <i>abcde</i>	0,15	0,41	0,32	0,15
IRAT 105	0,38 <i>abcde</i>	0,10	0	0	0
B2997C-TB-4-2-1	0,38 <i>abcde</i>	0,06	0,13	0,07	0,03
IDSA 32	0,31 <i>abcde</i>	0,11	0,04	0,18	0,13
Kinandong Patong	0,31 <i>abcdef</i>	0	0,09	0	0,03
E 17	0,31 <i>abcdef</i>	0	0	0	0
IRAT 312	0,31 <i>abcdef</i>	0,36	0	0,25	0,07
Maria angela	0,26 <i>abcdef</i>	0,05	0	0	0
IS 692	0,25 <i>abcdef</i>	0,12	0	0	0,04
Y 249	0,25 <i>abcdef</i>	0	0,43	0,25	0,16
IRAT 115	0,19 <i>bcdefg</i>	0,11	0,04	0	0
OS 42	0,19 <i>bcdefg</i>	0	0,04	0	0
KU 278-1	0,13 <i>cdefgh</i>	0,10	0	0	0
Bouaké 189	0,11 <i>cdefgh</i>	0,10	0,09	0,06	0
IDSA 8	0,06 <i>defghi</i>	0	0	0	0
62-667	0,06 <i>defghi</i>	0	0	0	0
428	0,06 <i>defghi</i>	0	0	0,07	0
Fossa man n°2	0,06 <i>defghi</i>	0,05	0	0	0
Pratao	0,06 <i>defghi</i>	0,05	0	0	0
LAC 23	0,06 <i>defghi</i>	0,05	0	0	0
IR42	0,00 <i>efghi</i>	0,30	0	0	0
IDSA 1	0,00 <i>efghi</i>	0,15	0	0	0
Araguaia	0,00 <i>efghi</i>	0,05	0	0	0
P (probabilité)	0,0086	0,6487	0,0558	0,1348	0,9351

Les différents groupes variétaux sont matérialisés par des lettres simples (*a*) ou par des combinaisons de lettres (*a* à *i*).

1 et **2**: représentent les deux grands ensembles distincts.

Tableau 4 : Moyennes des nombres de lésions sporulantes de *Magnaporthe grisea* par étage foliaire à chaque stade phénologique du riz.

Etage foliaire	Stade phénologique				
	3-4 feuilles	4-5 feuilles	5-6 feuilles	6-7 feuilles	7-8 feuilles
1	1,09 b	1,04 b	1,05	1 b	1 b
2	1,16 a	1,04 b	1,05	1,03 ab	1 b
3	1,04 b	1,06 b	1,06	1,03 ab	1,02 ab
4	1,22 a	1,15 a	1,20	1,07 a	1,03 ab
5		1,06 b	1,13	1,07 a	1,04 ab
6			1,07	1,09 a	1,03 ab
7				1,06 a	1,06 a
8					1,05 ab
Moyenne	1,22	1,07	1,09	1,05	1,03
P	0,0037	0,0022	0,1064	0,0047	0,0178
CV (%)	7	2,9	7,5	2,7	2,3

Dispositif en blocs complets à 4 répétitions.

Les moyennes suivies d'une ou des mêmes lettres dans la colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par le test de Newman-Keuls.

Tableau 5 : Moyennes des nombres de lésions sporulantes de *Magnaporthe grisea* par étage foliaire, sur les variétés de riz Dok may et CNA 5544 au stade 3-4 feuilles.

Etage foliaire	Variété de riz	
	Dok may	CNA 5544
1	0,90 b	0,30 b
2	1,30 b	0,70 b
3	2 a	1,45 a
4	0,80 b	0,80 b
Moyenne	1,25	0,81
P	0,0113	0,0037
CV (%)	33,5	37,7

Dispositif en bloc complet à 4 répétitions.

Les moyennes suivies d'une même lettre dans la colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Newman-Keuls.

DISCUSSION

La résistance partielle, tout en garantissant une bonne production du riz par la protection de la plante contre la pyriculariose, permet cependant l'existence de l'agent pathogène *Magnaporthe grisea*, selon la définition de Parlevliet (1979). Aussi, pour évaluer le niveau de résistance partielle chez le riz, faut-il disposer d'un matériel végétal compatible (c'est-à-dire plus ou moins sensible) avec la souche de *M. grisea* utilisée (Shinzo, 2007). Les travaux préliminaires qui ont conduit à déterminer les réactions des

variétés de riz de la collection, à *M. grisea*, sont donc nécessaires. Le tableau des réponses des génotypes de riz aux inoculations qui en résultent doit cependant être complété et élargi à d'autres souches du parasite et variétés de riz. Il y est constaté en effet, des données manquantes (0) dues d'une part, à la non répétitivité de la note de sévérité de la Pyriculariose à l'issue des 2 inoculations et d'autre part, à la mauvaise qualité des semences qui, dans certains cas, n'ont pas germé.

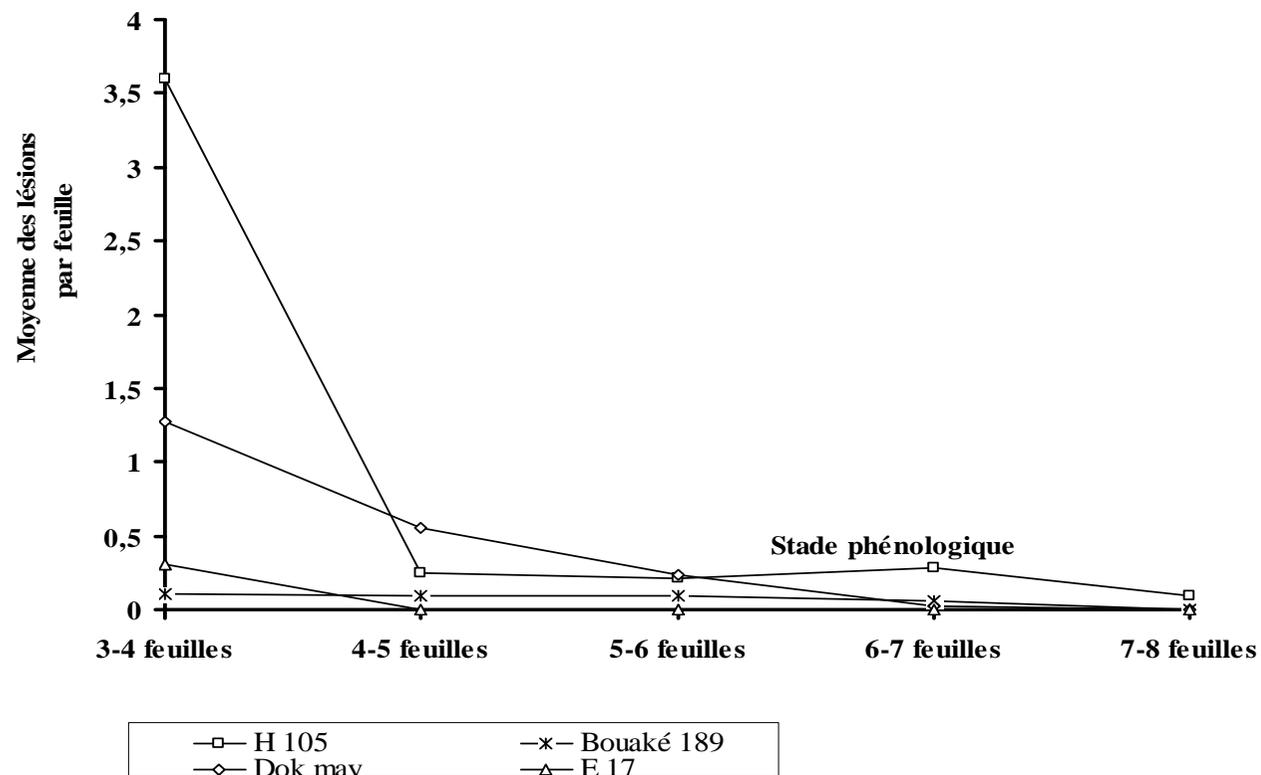


Figure 1 : Evolution du nombre de lésions sporulantes de *M. grisea* en fonction du stade phénologique, sur 4 variétés de riz *O. sativa indica*.

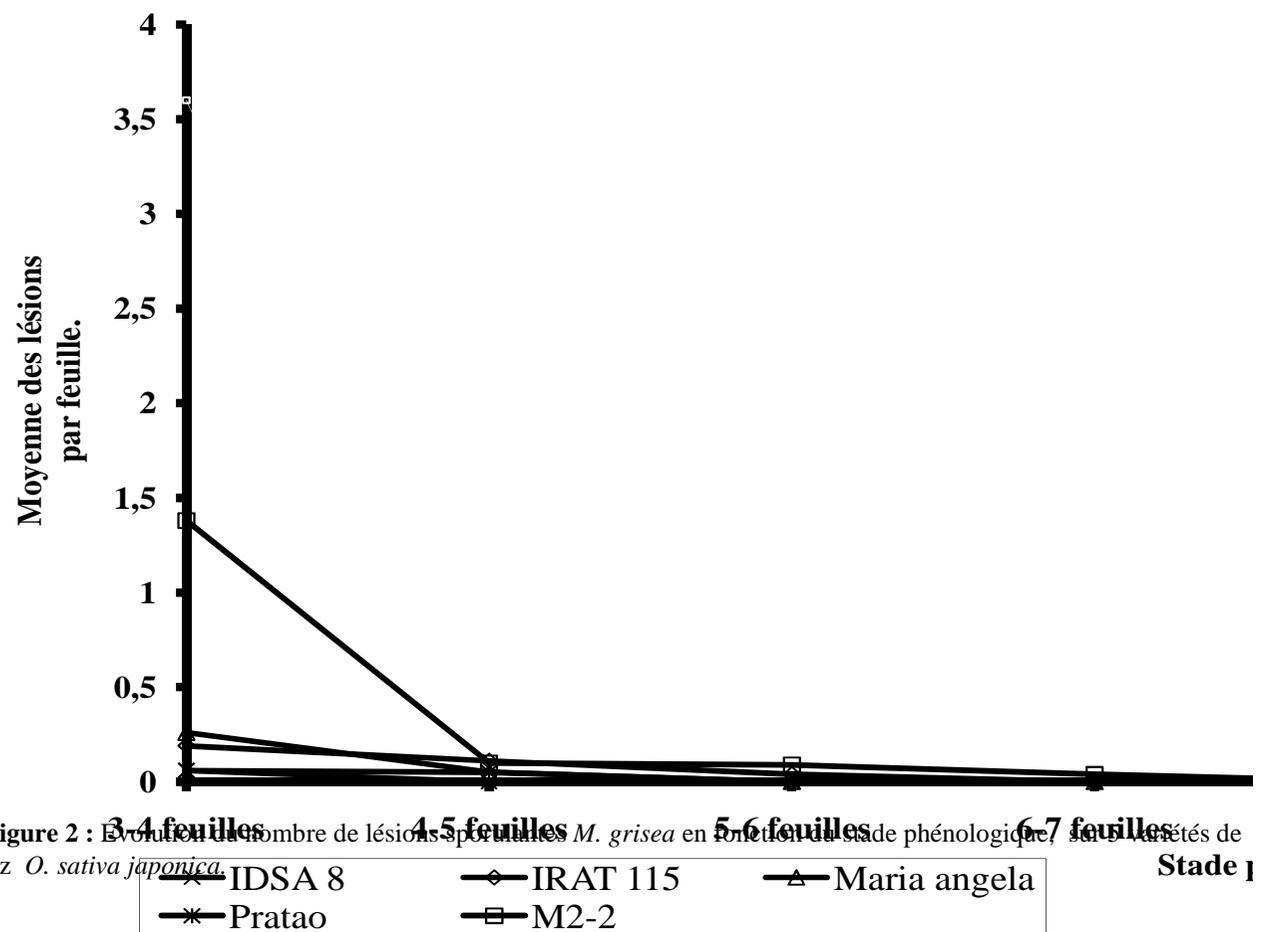


Figure 2 : Evolution du nombre de lésions sporadiques *M. grisea* en fonction du stade phénologique, sur 5 variétés de riz *O. sativa japonica*.

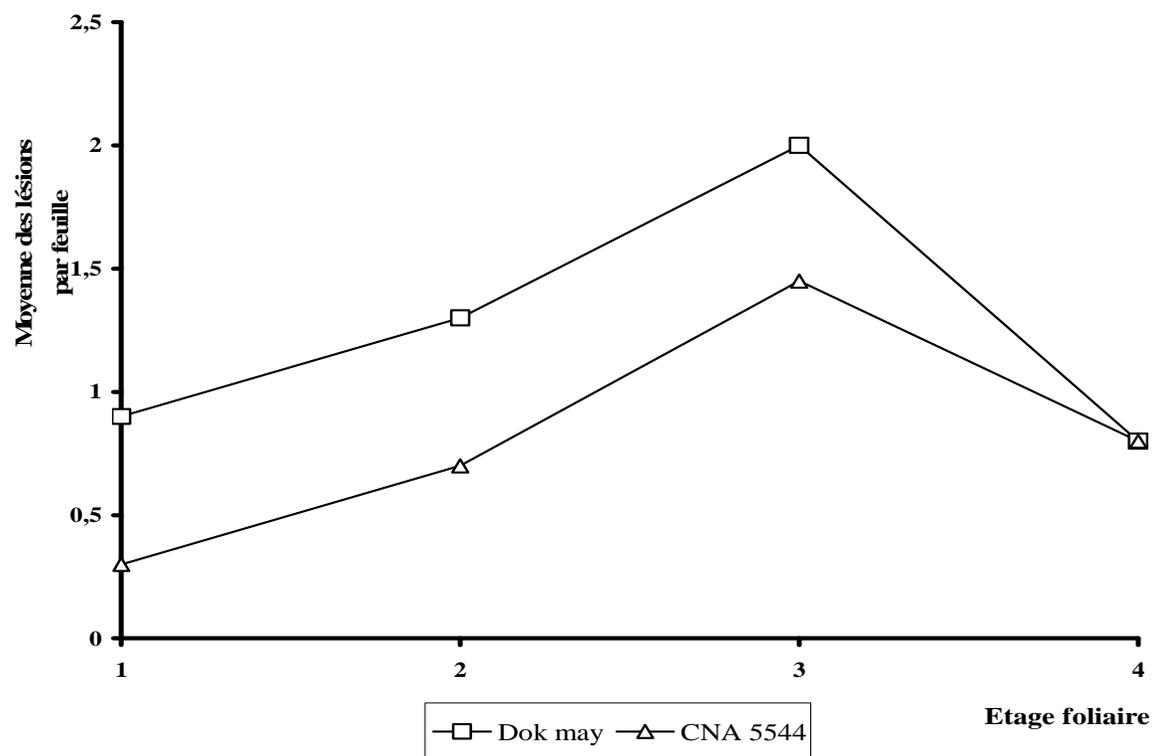


Figure 3 : Evolution du nombre de lésions sporulantes de *M. grisea* en fonction de l'étage foliaire, sur les variétés de riz Dok may et CNA5544, au stade 3-4 feuilles.

Ainsi, ce tableau constituera un outil important de sélection pour la résistance partielle. Il permettra, entre autres, de disposer d'au moins un isolat de *M. grisea* compatible avec les cultivars à tester. Cet isolat sera utile par ailleurs à la sélection de la résistance partielle, dans des descendance après inoculation contrôlée.

Hormis cette opportunité qu'elle offre en sélection génétique, l'étude a montré que le nombre de lésions sporulantes dues à la pyriculariose diminue du stade végétatif jeune au stade adulte, aussi bien chez les variétés de riz *O. sativa japonica* que *O. sativa indica*. Ce résultat confirme celui rapporté par Roumen (1992a) sur des cultivars de riz irrigué (*O. sativa indica*).

La diminution du nombre de lésions, avec l'âge de la plante, est une donnée importante en épidémiologie car elle permet, à long terme, de baisser la pression de la maladie en ralentissant son développement et/ou la reproduction de l'agent pathogène (Shinzo, 2007). Elle constitue ainsi une information intéressante à prendre en compte dans l'évaluation des cultivars pour la recherche d'un haut niveau de résistance partielle à *Magnaporthe grisea*. Mais, il sera surtout pertinent de considérer la vitesse de diminution du nombre de lésions qui donne une indication sur la capacité du cultivar à favoriser ou non les infections secondaires dans les champs. Dans ce cas, les variétés pour lesquelles le nombre de lésions initial diminue rapidement, seront prioritairement retenues en sélection pour la résistance partielle. En plus, il est apparu que le niveau de sensibilité initiale noté au stade 3-4 feuilles, varie avec le génotype. Aussi, la sélection d'un haut niveau de résistance partielle ne sera-t-elle plus efficace qu'en combinant la sensibilité initiale avec la cinétique de diminution du nombre de lésions initial. Les cultivars sélectionnés, dans ce cas de figure, seront ceux qui sont moins sensibles au stade jeune et qui ont affiché une diminution rapide du nombre initial de lésions. En effet, la prise en compte exclusive

de la vitesse de diminution du nombre initial de lésions, peut induire le risque qui est de choisir une variété qui exhibe une très forte sensibilité initiale, c'est-à-dire possédant de nombreuses lésions sporulantes au stade jeune. La conséquence d'une telle sélection sera de favoriser le développement de la maladie, ce qui n'est pas l'objectif recherché par le phytopathologiste. Il faut faire remarquer cependant, que la collecte des données relatives à la cinétique de diminution du nombre de lésions sporulantes initial requiert un temps de manipulation relativement long. Aussi, sera-t-il recommandé de mener une étude qui permette d'établir une relation entre la cinétique de réduction du nombre de lésions initial et les types de lésions bg et bG. L'objectif de ce travail sera de pouvoir sélectionner efficacement la résistance partielle à un seul stade phénologique du riz, en se basant sur le type de lésion sporulante (Gu Dejiu et al., 1996). Avant cette étude, il peut être conseillé de se focaliser sur le nombre de lésions sporulantes initial au stade 3-4 feuilles pour apprécier le niveau de résistance partielle du matériel végétal. Deux raisons soutiennent cette recommandation. La première est que des différences significatives ont été notées entre les génotypes étudiés au stade 3-4 feuilles. La deuxième s'appuie sur des travaux antérieurs et la présente étude. Sous cette considération, les cultivars qui possèdent un bas niveau de sensibilité initiale, c'est-à-dire ceux qui ont des nombres de lésions les plus faibles au stade 3-4 feuilles, pourront être considérés comme présentant un niveau de résistance partielle recherchée. En effet, nous avons montré, ainsi que d'autres travaux (Koh et al., 1987 ; Roumen, 1992a), que le riz acquiert une certaine résistance à la pyriculariose avec l'âge. Notre hypothèse est que la diminution, au fil du temps, d'un nombre de lésions déjà faible, permettra à plus ou moins long terme de freiner considérablement l'épidémie.

En plus de la diminution du nombre de lésions sporulantes avec le stade

phénologique, il a été noté une différence de sensibilité entre les étages foliaires, avec notamment une plus grande sensibilité de l'avant dernière feuille (la dernière feuille étant à moitié dégainée au moment de l'inoculation). Ce résultat est en accord avec celui de Roumen (1992a, 1992b) et de Kahn et Libby (1958), qui ont montré que la plus jeune feuille de la plante de riz reste constamment la plus sensible à la pyriculariose. Cette dernière peut être donc utilisée en milieu contrôlé pour évaluer la résistance partielle des variétés contre la pyriculariose. Ceci est aussi valable au champ, si la notation a lieu plusieurs fois. Quand la notation est faite une seule fois, celle-ci doit considérer l'intensité de la maladie à la fois sur les feuilles du bas (plus âgées) et sur celles du sommet (plus jeunes). En effet, au champ, les lésions de type sensible sont plus fréquentes sur les feuilles basales que celles du sommet de la plante. Cela, s'explique par le fait que les premières feuilles émises par le plant de riz sont les premières exposées à la pyriculariose (Koh et al., 1987). Dans ce contexte, seront retenus, les génotypes qui présentent des lésions de type sensible ou assez sensible, en faible quantité sur les feuilles basales et dont les feuilles supérieures comportent des lésions de type moyennement sensible (bg) à résistant (b).

L'étude a, par ailleurs, montré que la compatibilité d'une souche de *Magnaporthe grisea* avec un cultivar de riz par l'inoculation à la seringue, n'excluait pas l'expression de la résistance complète de celui-ci en inoculation par pulvérisation. Ce constat est fait avec les variétés IDSA1 et Araguaia qui sont très sensibles à la souche CD69 en injection, mais presque complètement résistantes à la même souche en pulvérisation. Cela montre l'importance des méthodes d'inoculation dans l'expression de la RP. Aussi, faut-il appliquer la même méthode d'inoculation (par pulvérisation ou par injection) durant toutes les étapes pour une bonne étude de la résistance partielle. Il faudra, en plus, que les conditions expérimentales soient optimales

(Bouet et al., 2002 ; Bouet et al., 2005 ; Sakurai et Toriyama, 1967).

Au-delà des considérations liées aux paramètres et méthodes de sélection de la résistance partielle, l'étude a permis de noter qu'au sein de l'échantillon de génotypes de *O. sativa japonica* étudié, il existe des chances de trouver des géniteurs de résistance partielle. Pour exemple, nous citons IDSA8, IRAT105 et IRAT115 qui ont donné les meilleurs profils suite à l'analyse combinée du nombre de lésions initial et de la cinétique de diminution du nombre de lésions initial effectuée. Ces variétés améliorées peuvent être ajoutées au pool de génotypes de riz pluviaux locaux connus pour leur haut niveau de résistance partielle que sont Morobérékan (riz traditionnel local de Côte d'Ivoire : Bouet, 2008) et IRAT13 (mutant de 63-83). Ainsi, s'offrira d'autres opportunités dans la sélection pour l'amélioration du niveau de résistance partielle des variétés de riz d'intérêt agronomique, alimentaire et économique. Rappelons que le cultivar Morobérékan a été déjà utilisé comme géniteur de résistance partielle pour la création des variétés telles que IDSA10 (Anonyme 2, 2002) et IRAT112 (Anonyme 3, 1992). Par ailleurs, le haut niveau de résistance de Morobérékan a été en partie confirmé par l'identification du gène de résistance complète pi5 dans son génome (Shinzo, 2007). L'existence au niveau local de ce matériel géniteur de résistance partielle est d'autant opportune que l'exploitation de la résistance partielle est la stratégie de lutte génétique appropriée pour la Côte d'Ivoire contre la pyriculariose (Bouet, 2008).

Conclusion

A l'instar des riz (*Oryza sativa* L.) de la sous-espèce indica, ceux de la sous-espèce japonica acquièrent à des vitesses variables, un certain niveau de résistance partielle à la pyriculariose avec l'âge.

Pour la sélection d'un haut niveau de résistance partielle à la maladie, le nombre de lésions sporulantes initial, combiné ou non à la vitesse de diminution de ce nombre,

apparaissent comme des paramètres fiables.

L'étude a par ailleurs révélé de potentiels géniteurs de résistance partielle dans l'échantillon des génotypes de riz Japonica testés.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le service des semences du CIRAD (Centre International de Recherche Agricole et de Développement) de Montpellier pour la mise à disposition de semences de certaines variétés utilisées dans l'étude. Nous associons à ces remerciements Dr THARREAU Didier (phytopathologiste au CIRAD/Baillarguet, Montpellier) pour son concours apporté à l'analyse statistique de nos données.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme 3. 1992. *Catalogue des Variétés de Riz*. CIRAD-CA: Montpellier, France.
- Anonyme 2. 2002. Catalogue officiel des variétés de riz (Edition 2002), Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Côte d'Ivoire, 44 p.
- Anonyme 1. 2008. Note d'orientation et programme de relance de l'activité rizicole en Côte d'Ivoire. Document stratégique élaboré par le Ministère de l'Agriculture et du Ministère de l'Economie et des Finances, 31 p.
- Awoderu VA. 1990. Yield loss attributable to neck-rot of rice caused by *Pyricularia oryzae* Cav. In Côte d'Ivoire. *Tropical Pest Management*, **36**: 394-396.
- Bahan FML. 2006. Caractérisation des associations culturales à base de riz pluvial dans la sous-préfecture de Gagnoa. Mémoire de DEA, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 51p.
- Bahous M, Touhami AO, Badoc A, Douira A. 2005. Effet de l'azoxystrobine sur la pyriculariose, l'helminthosporiose et la curvulariose du riz. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, **144**: 27-46.
- Barr ME. 1977. Magnaporthe, telimenella, and hyponectria, physosporellaceae. *Mycologia*, **69**: 952-966.
- Bouet A, Milazzo J, Adreit H, Notteghem JL, Tharreau D. 2002. Mise en évidence de races et de lignées clonales dans la population de *Magnaporthe grisea*, en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, **XIV**(1): 51-59.
- Bouet A, Adreit H, Milazzo J, Tharreau D, Keli ZJ. 2005. Comportement des nouveaux riz africains face à la pyriculariose en Côte d'Ivoire : cas du NERICA 1 (Bonfani) et du NERICA 2 (Kéah). *Agronomie Africaine*, **XVII**(1): 29-35.
- Bouet A, Vales M, Keli ZJ. 2006. Evaluation de la résistance de variétés de riz (*Oryza* sp.) à la pyriculariose du cou au champ. *Agronomie Africaine*, **XVIII**(2): 85-185.
- Bouet A. 2008. Contribution à la lutte contre la pyriculariose, maladie fongique du riz : *Oryza sativa* L. (Poaceae) en Côte d'Ivoire : Caractéristiques de la population de l'agent pathogène : *Magnaporthe grisea* (Herbert) Barr (Ascomycetaceae) et méthodes d'évaluation variétale pour la résistance à la pyriculariose foliaire et à la pyriculariose du cou. Thèse de doctorat unique, Univ. Cocody-Abidjan, p. 122.
- Dejiu G, Zhanagxin H, Biao XG, Meiying H, Fangling T, Zide J, Yutong Q. 1996. *Insect Pests and Diseases in Rice and Application of Pesticides. Rice Production Textbook Series*. China International Centre for Agricultural Training (CICAT); 234.
- Delassus M. 1973. Lutte chimique contre la pyriculariose du riz pluvial en Casamance (Sénégal). Acte du séminaire ADRAO sur la protection des plantes en riziculture. Monrovia, Liberia, 220-225.
- Du PV, Loan LC. 2004. Study on durability of resistance genes to blast disease (*Pyricularia grisea*) in the mekong delta. In genetic and functional diversity of agricultural microorganism. The 12th NIAS International workshop on genetic resources national Institute of Agrobiological Sciences.
- Gala BTJ, Camara M, Assa A, Keli JZ. 2007.

- Problématique de l'utilisation des engrais minéraux dans les zones de production du riz : cas du centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, **XIX**(2): 103-231.
- Hayashi N. 2005. Rice blast fungus. *MAFF Microorganism Genetic Resources Manual*, **18**: 1-34.
- Hebert TT. 1971. The perfect stage of *Pyricularia grisea*. *Phytopathology*, **61**: 83-87.
- Hebert TT. 1975. Production of the perfect stage of *Pyricularia* from rice and other hosts. In Proceeding of the seminar on horizontal resistance of blast disease of rice. CIAT, Cali, Colombie, 161-164.
- Jhonson R. 1983. Genetic background of durable resistance. In *Durable Resistance in Crops*, Lamberti F, Walker JM, van der Graff NA (eds). Plenum Press: New York; 5-26.
- Kiyosawa S. 1971. Genetical approach to the biochemical nature of plant disease resistance. *JARQ*, **6**: 72-80.
- Kiyosawa S. 1972. Genetic of blast resistance. In *Rice Breeding*. International Rice Research Institute: Manila, The Philippines; 203-225.
- Kiyosawa S. 1997. Genetics of blast resistance in rice. In *Plant Disease Resistance: A New Frontier in Plant Science*. Yamada T, Shimamoto K, Watanobe Y (Eds). IRRI: Los Banos, Philippines; 143-157.
- Kochko A. 1987. Isozymic variability of traditional rice (*Oryza sativa* L) in Africa. *Theor. Appl. Genet.*, **73**: 675-682.
- Koh YJ, Hwang BK, Chung HS. 1987. Adult-plant resistance of rice to leaf blast. *Phytopathology*, **77**: 232-236.
- Kozaka T. 1975. Recent advances ion studies on horizontal resistance to blast disease of rice in Japan. In Proceeding of the seminar on horizontal resistance to blast disease of rice. CIAT, Cali, Colombie, 101-116.
- M'bodj S, Gaye S, Diaw S. 1987. Intérêt du tricyclazole dans la protection du riz contre la pyriculariose et pour l'amélioration variétale. *Parasitica*, **43**(4): 187-198.
- Nakamura M. 1986. Caratop/Fongorene (commun name, pyroquilon), a new systemic blast fungicide in rice. Japan pesticide information n° 48.
- Ou SH. 1985. Blast. In *Rice Disease* (2nd Edition). Commonwealth Mycological Institute: Kew, GB; 109-201.
- Parlevliet JE, Ommeren VA. 1975. Partial resistance of barley to leaf rust *puccinia hordei*. II. Relationship □yricul field trials, micro plot tests and latent period. *Euphytica*, **24**: 293-303.
- Parlvliet JE. 1979. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Ann. Rev. Phytopathol.*, **17**: 203-222.
- Prabhu AS. 1980. Importance of blast and other related problem in upland rice. Paper presented for discussion purpose at the third session on blast control strategies. Workshop. Blast and upland rice, Goiania, Goias, Brazil, 16p.
- Prabhu AS, Philippi MC. 1993. Seed treatment with pyriquilon for the control of leaf blast in Brazilian upland rice. *International Journal of Pest Management*, **39**(3): 347-353.
- Rossmann AY, Howard RJ, Valent B. 1990. *Pyricularia grisea*, the correct name for the rice blast fungus. *Mycologia*, **82**: 509-512.
- Roumen EC. 1992a. Leaf age related partial resistance to *Pyricularia oryzae* in tropical lowland cultivars as measured by the number of sporulating lesions. *Phytopathology*, **82** : 1414-1417.
- Roumen EC. 1992b. Small differential interactions for partial resistance in rice cultivars to virulent isolates of the blast pathogen. *Euphytica*, **64**: 143-148.
- Sakurai Y, Toriyama K. 1967. Field resistance of the rice plant to *pyricularia oryzae* and its testing method. In *Rice diseases and their control by growing resistant varieties and the measures* Ogura T (Ed). Proc. Symp. Tropical Agriculture

- Researches, Ministry of agriculture and forestry, Tokyo, Japan, 123-135.
- Sié M. 1991. Prospection et évaluation génétique des variétés traditionnelles de riz (*Oryza sativa* L. et *O. glaberrima* Steud.). Thèse de doctorat-ingénieur, Faculté des sciences et techniques de l'Université nationale de Côte d'Ivoire, 118 p.
- Shinzo K. 2007. Durability of resistance to rice blast. In A differential system for blast resistance for stable rice production environment. Fukuta Y, Casiana M, Cruz V, Kobayashi N, Tsukuba (eds). Japan, JIRCAS working report n° 53, p. 1-10.
- Vales M. 1983. Des connaissances sur les relations hôtes parasite aux stratégies de lutte contre la pyriculariose du riz. Thèse de 3^{ième} cycle, université Paris-sud, centre Orsay, 310 p.
- Vales M. 1992. Etude des relations *Oryza sativa*-*Magnaporthe grisea* et stratégies de sélection de variétés pourvues d'une résistance durable. Rapport final, Projet CEE STD II TS 2A-0156 F (CD), Institut Des Savanes (I.DES.SA), Bouaké, Côte d'Ivoire.
- Yamaguchi T. 1978. Rice disease and their control in Japan. *Outlook on Agriculture*, **9**(6): 278-282.
- Yamaguchi I. 1982. Fungicides for control of rice blast disease. *J. Pesticide Sci.*, **7**: 307-310.