



Effet de l'âge de huit cultivars de riz sur l'expression génétique de la résistance au virus de la panachure jaune du riz

Effect of plant age on expression of genetic resistance to rice yellow mottle virus (RYMV)

Soko^{1*} D.F., Sere² Y. et Ake¹ S.

¹Université de Cocody-Abidjan UFR Biosciences ; Laboratoire de physiologie végétale ; 22 BP 582 Abidjan 22 ;

²Centre du Riz pour l'Afrique (Africa Rice), 01 BP 2031, Cotonou, Bénin (y.sere@cqiar.org)

*Auteur correspondant e-mail : fsoko2000@yahoo.com; Tél : (225) 01 77 79 63

Original submitted on 12th November 2009. Revised copy received/accepted on 9th January 2010. Published online at www.biosciences.elewa.org on January 11, 2010.

RESUME

Objectif : Déterminer l'effet de l'âge de la plante sur l'expression génétique de la résistance au virus de la panachure jaune du riz (RYMV).

Méthodologie et résultats : Les essais ont été effectués en conditions semi contrôlées à la station de recherche de l'ADRAO. Des graines de huit variétés de riz ont été semées à intervalles prédéterminés afin d'obtenir des plants âgés de 35, 63 et 77 jours à l'inoculation correspondant respectivement au début tallage, tallage maximal et l'initiation paniculaire. Les feuilles présentant les symptômes du RYMV ont été échantillonnées et broyées à raison de 60g de feuille pour 1000 ml d'eau distillée dans un mortier préalablement nettoyé à l'alcool. L'inoculation a consisté à frotter à l'aide des doigts trempés dans l'inoculum les dernières feuilles dégainées de chaque talle. La chlorose foliaire visuelle, la chlorose par SPAD, la teneur en virus et les pertes de production due à la virose ont été mesurées.

Les résultats ont montré qu'il y a une interaction significative entre les effets de l'âge et les variétés pour l'ensemble des paramètres observés. Les cultivars Bouaké 189, CT9153-11-7-1-1 et PNA647F4-56 inoculés à 35 jours après semis (JAS) ont été très sensibles à la maladie provoquant ainsi une perte très importante de la production allant jusqu'à 99 %. A 63 jas, ces mêmes cultivars ont développé progressivement une résistance et acquis une résistance totale à 77 jas. Cependant les variétés de riz résistantes telles Moroberekan, Lemont, Leah, IR47686-15-1-1 et Gigante (tete) sont restées résistantes à tous les stades de développement.

Conclusion et application : Nos résultats ont montré que des cultivars de riz sensibles au RYMV pouvaient acquérir une résistance à l'âge adulte. Une protection des plants au stage jeune contre les vecteurs du RYMV permettrait ainsi de réduire les effets de la maladie sur la perte de production en grain.

Mots clés : Panachure jaune, résistance, sensibilité, âge, cultivars de riz.



ABSTRACT

Objectives: To determine the effect of plant age of selected rice cultivars on the expression of genetic resistance to rice yellow mottle virus (RYMV).

Methodology and results: Tests were conducted under controlled conditions at WARDA research center. Seeds of eight rice cultivars were sown at pre-determined intervals in order to produce plants for synchronised inoculation at 35, 63 and 77 days after sowing (DAS) corresponding respectively to the beginning of tillering, the end of tillering and panicle initiation. The inoculum was prepared by grinding 60 g of rice yellow mottle virus infected leaves with 1000 ml of distilled water in a mortar washed with alcohol. The plants were inoculated manually by rubbing the leaves from the leaf base to the tip with fingers moistened with inoculum. Visual leaf chlorosis, chlorophyll (SPAD), virus content and yield reductions due to RYMV were evaluated. Results showed that a significant interaction between the effects of age and variety was observed on all parameters. The cultivars Bouaké 189, CT9153-11-7-1-1 and PNA647F4-56 were more susceptible when inoculated at 35 days after sowing, attaining up to 99 % yield loss. When inoculated at 63 days after sowing (DAS), these cultivars were observed to have developed partial resistance, which had developed to total resistance at 77 DAS. However, the resistant rice cultivars Moroberekan, Lemont, Leah, IR47686-15-1-1 and Gigante (tete) remained resistant at all stage of growth.

Conclusion and application of results: Ours results indicated that susceptibility of the selected rice cultivars to RYMV could vary with plant age, with plants developing resistance at adult stage. Protection of the plant at early stages of growth by using chemical treatment against RYMV vectors would reduce the effect of the disease on yields.

Key words: Yellow mottle disease, resistance, susceptibility, age, rice cultivars

INTRODUCTION

La panachure jaune du riz est la principale maladie virale du riz en Afrique. Elle représente une contrainte majeure pour la production dans les systèmes de bas-fonds irrigués ou pluviaux (Anonyme, 2003). La maladie a été identifiée pour la première fois en 1966 au Kenya (Bakker, 1970). Par la suite le virus a été identifié au Nigeria, Sierra Léone et au Libéria (Raymundo & Buddenhagen, 1976 ; Rossel *et al.*, 1982b). C'est en 1977 que la maladie fut découverte en Côte d'Ivoire par Fauquet et Thouvenel.

L'explosion épidémique des années 1990 a fait prendre conscience de la menace que la maladie pouvait faire peser sur la riziculture ouest africaine. La maladie se manifeste d'abord sur les feuilles par des panachures chlorotiques linéaires. Ces panachures forment plus tard des stries jaunes pouvant atteindre 10 cm de longueur et conduisent à un jaunissement complet de la plante. La maladie se manifeste aussi par une réduction importante de la hauteur et la stérilité des épillets (Bakker, 1970). Les pertes causées par la maladie sont très importantes, surtout chez

les variétés de riz sensibles inocuées précocement (Bakker, 1974). Les pertes de rendement en condition irriguée des régions sahéliennes et des zones tropicales humides variaient de 58 à 68 % au Niger (Reckhauss & Adamou, 1986), et 64 à 100 % au Mali (Sy *et al.*, 1994).

Divers travaux furent entrepris et laissent supposer que les sources de résistance existent dans le groupe *japonica* de l'espèce *Oryza sativa* et dans l'espèce *Oryza glaberrima* (Raymundo & Konteh, 1980 ; Okioma & Sarkarung, 1983 ; Thottappilly & Rossel, 1993). L'espèce *O. sativa* contient plusieurs variétés qui expriment des réponses variables à l'infection du RYMV. Parmi ces variétés, Gigante (*O. sativa indica*) est la seule à avoir une résistance élevée de même que la variété Tog5681 (*O. glaberrima*). L'étude du déterminisme génétique de Tog5681 et de Gigante a révélé l'existence d'un gène récessif responsable de cette résistance élevée (Ndjiondjop *et al.*, 1999). Un gène de résistance majeur baptisé Rymv1 a été identifié dans la variété Gigante

(Albar *et al.*, 2003). Certaines variétés d'*O.sativa* expriment une résistance partielle au RYMV (Thottappilly & Rossel, 1993).

Différents cultivars de riz prometteurs ont été sélectionnés à partir de donneurs partiellement résistants et ont fait l'objet d'évaluation dans différents environnements rizicoles (Sing, 1995). Cependant, il n'existe pas encore de variétés résistantes capables de se substituer aux variétés sensibles d'intérêt agronomique à l'image de bouaké189 cultivées en Côte d'Ivoire et adaptées à la riziculture de bas-fond. Malgré les progrès effectués pour une meilleure connaissance de cette affection, le RYMV progresse de façon inquiétante et reste un danger pour la production du riz en Afrique et particulièrement en Côte d'Ivoire. Les connaissances limitées en matière d'épidémiologie du RYMV expliqueraient en partie

les raisons de la progression de la maladie. L'exploitation de la résistance variétale reste toujours le meilleur outil de lutte contre cette maladie en raison de l'absence de moyen de lutte phytosanitaire. Il a été observé que la réponse d'une plante à l'infection par un pathogène est affecté, en partie, par l'âge de la plante à l'inoculation (Roumen, 1993 ; Soler *et al.*, 1998 ; Hugot *et al.*, 2004 ; Galiana *et al.*, 2005 ; Levy *et al.*, 2008).

Dans certaines conditions, il a été montré que des plantes adultes résistent ou tolèrent mieux que les plantes infectées à un stade précoce de leur développement (Smit & Parlevliet, 1990 ; Moriones *et al.*, 1998, Soler *et al.*, 1998).

L'objectif de ce travail consiste donc à déterminer l'effet de l'âge de la plante sur l'expression génétique de la résistance au RYMV.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal : Le matériel végétal est constitué de huit variétés de riz du type *indica* et *japonica* (Tableau 1). **Isolat viral :** Le matériel viral est un isolat du RYMV

de la collection de l'unité de phytopathologie de l'ADRAO. Cet isolat virulent provient de la région de Danané (Ouest de la Côte d'Ivoire).

Tableau 1 : Variétés de riz sélectionnées pour évaluation et leur réaction connue au rice yellow mottle virus RYMV

Variétés de riz	Groupe variétal	Réaction au RYMV
BOUAKE 189	Indica	Hautement sensible
CT9153-11-7-1-1	Indica	Sensible
PNA647F4-56	Indica	Sensible
GIGANTE (Tête)	indica	Hautement résistante
MOROBEREKAN	Japonica	Résistante
IR47686-15-1-1	Japonica	Résistante
LEMONT	Japonica	Résistante
LEAH	Japonica	Résistante

Mise en place de la pépinière et transplantation :

Les traitements ont été constitués par 3 semis de riz, échelonnés dans le temps. Le premier semis a été réalisé au jour j, le second au jour j+28 et le 3^e au jour j+42. La transplantation a eu lieu 14 jours après chaque semis dans des pots de 5L puis disposés dans une serre tropicale de longueur 20m et de largeur 8m. Le dispositif expérimental est un bloc de fichier à trois répétitions complètement randomisé. Chaque variété est transplantée dans 12 pots dont 6 servent de témoins non inoculés. Les témoins non inoculés sont distants des inoculés de 50 cm pour éviter d'éventuelles contaminations.

Préparation de l'inoculum et infection des plantes :

Avant son utilisation, l'isolat viral de Danané a été multiplié sur la variété de riz Bouaké 189 (sensible). Trois semaines plus tard, les feuilles présentant les symptômes du RYMV ont été échantillonnées et broyées à raison de 60g de feuille pour 1000 ml d'eau distillée dans un mortier préalablement nettoyé à l'alcool. Du carborundum préparé à 2 :1000 est ajoutée à l'extrait brut pour favoriser la pénétration du virus. L'inoculation a eu lieu 21 jours après la transplantation des huit variétés afin d'obtenir des plants âgés de 35, 63 et 77 jours. L'inoculation a consisté à frotter à l'aide des

doigts trempés dans l'inoculum les dernières feuilles dégainées de chaque talle.

Chlorose visuelle :

Les variations de la teinte foliaire ont été observées à 14 et 28 jours après inoculation (jai) en attribuant des notes aux plantes inoculées et aux plantes saines selon l'échelle de notation 1-9. 1 = aucun symptôme ; 3 = présence de légers spots chlorotiques et panachures éparées ; 5 = panachures nettes sur des feuilles très vertes ; 7 = coloration jaune généralisée et nécrose de l'extrémité des feuilles ; 9 = : coloration orangée et nécrose sévères, ou plantes mortes.

Taux de réduction de la chlorophylle des feuilles :

Les taux de chlorophylle ont été déterminés par le SPAD 502 chlorophyll meter (Marquard et Tipton., 1987) à 14 et 28 jours après l'inoculation. Le taux de réduction de la chlorophylle (% SPAD) a été calculé de la manière suivante :

$$\{([\text{Chl}] \text{Fs}-[\text{CHL}] \text{Fm}) \times 100\} / ([\text{CHL}] \text{Fs})$$

CHL : teneur en chlorophylle ; Fs : feuille saine ; Fm : feuille malade

Taux de croissance virale : Le test ELISA a été réalisé sur les feuilles malades et saines selon la méthode de Clark et Adams (1977). La méthode IACP (Indirect antigene coated plate) a été utilisée. La lecture

de l'absorbance à 405 nm a été effectuée après 1 h d'incubation du substrat à l'aide d'un lecteur ELISA de type Matertech $\Sigma 960$. Le taux de croissance virale a été calculé de la manière suivante : $[(\text{DoFm}-\text{DoFs}) \times 100] / \text{DoFm}$.

DoFm = densité optique du broyat de feuilles infectées à 405nm ; DoFs = densité optique du broyat des feuilles saines à 405 nm. Un échantillon est virosé que si sa densité optique a été deux fois supérieure à celle du témoin négatif (feuille non infectée).

Détermination du poids de la récolte : A la maturation du riz, toutes les touffes de chaque variété ont été récoltées séparément, ensachées, battues et vanées. La production a été estimée après pesée et corrigé au taux d'humidité à 14 %. Le taux de réduction de la production a été évalué de la manière suivante : $[(\text{PGS}-\text{PGM}) \times 100] / \text{PGS}$

PGS : Poids des grains des plants sains ; PGM : Poids des grains des plants de riz malade.

Analyse statistique : Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée avec le logiciel IRRISTAT version 5.0 sur le taux de réduction de la chlorophylle (spad), du taux d'accroissement viral, et du taux de réduction de la production en grain.

RESULTATS

Chlorose visuelle : Les scores visuels attribués aux plantes à 14 et 28 jours après inoculation (jai) sont consignés dans le tableau 2. Les scores varient en fonction de la variété, de l'âge et de la durée de l'infection. Lorsque l'inoculation est intervenue à 35 jas, les variétés sensibles Bouaké 189, CT9153-7-11-1-1 et PNA647F4-56 ont exhibé des symptômes de faible intensité (note 3). Les observations faites à 28 JAI ont indiqué que les symptômes ont été très aggravants (note 7). A ce stade aucun symptôme n'a été visible sur les variétés Moroberekan, IR47686-15-1-1 et Gigante (tete) à l'exception de la variété Leah et Lemont qui a présenté des symptômes d'intensité faible (note 3). Lorsque l'inoculation a eu lieu à 63 jas, les symptômes ont été seulement perceptibles que sur les variétés sensibles Bouaké 189, CT9153-7-11-1-1 et PNA647F4-56 à 28 jai avec cependant un score faible (note 3). A 63 jas et à 77 jas, aucun symptôme n'a été perceptible sur les variétés Moroberekan, Lemont, Léah, IR47686-15-1-1 et Gigante (tete).

Taux de réduction de la teneur des feuilles en chlorophylle : L'analyse de variance du taux de réduction de la chlorophylle (SPAD) à 14 et à 28 jai montre qu'il y a une interaction significative ($p < 0,01$) entre l'âge et variété (tableau 3). Lorsque l'inoculation est intervenue à 35 jas, les pertes de chlorophylle ont été plus importantes chez les variétés sensibles Bouaké 189, CT9153-7-11-1-1 et PNA647F4-56 pour les observations effectuées à 28 jai. L'impact du virus s'est traduit par la réduction de la chlorophylle de 62,1 ; 47,1 et 31,1 % respectivement, pour variétés Bouaké 189, CT9153-11-7-1-1 et PNA647F4-56 (tableau 4). Ces taux sont passés respectivement à 26,6 ; 13,1 et 8,2 % lorsque l'inoculation est intervenue à 63 jas. La perte de chlorophylle est beaucoup plus réduite pour des inoculations tardives (77jas) soit 6,1, 1,8 et 2,2 % respectivement, pour les trois variétés. La perte de chlorophylle moyenne est restée faible (1 à 13 %) pour les variétés résistantes Moroberekan, Lemont, Leah, IR47686-15-1-1 et Gigante (tete) quel que soit l'âge des variétés à l'inoculation.

Tableau 2 : Chlorose visuelle sur les feuilles de riz à 14 et 28 jours après inoculation par le RYMV

Variété	Score de la chlorose foliaire					
	35JAS		63JAS		77JAS	
	14 JAI	28 JAI	14 JAI	28 JAI	14 JAI	28 JAI
BOUAKE189	3	7	1	5	1	1
CT9153-11-7-1-1	3	7	1	3	1	1
PNA647F4-56	3	5	1	3	1	1
LEMONT	1	3	1	1	1	1
LEAH	1	3	1	1	1	1
MOROBEREKAN	1	1	1	1	1	1
IR47686-15-1-1	1	1	1	1	1	1
GIGANTE (tete)	1	1	1	1	1	1

JAI : jour après inoculation : JAS : jour après semis

Tableau 3 : Analyse de variance de croissance virale (% ELISA), de réduction de la chlorophylle (% Spad) et de réduction de la production (% RP)

Source de variation	CARRE MOYEN					
	DL	% ELISA14	% ELISA28	% SPAD14	% SPAD28	% RP
REP	2	50,01ns	48,4ns	7,51ns	4,29ns	8,37ns
AGE (A)	2	6754,85***	20704,6***	1768,35***	3971,54***	9025,79***
VARIETES (V)	7	1622,03***	2711,1***	432,43***	838,63***	3668,35***
A*V	14	356,56***	658,0***	110,24***	249,67***	1874,05***
ERROR	46	14,07	5,0	1,05	0,51	0,49
TOTAL	71					
CV (%)		15,38	6,84	11,51	5,93	3,89

*** significatif à 1%. Ns = non significatif

Tableau 4 : Taux de réduction de la chlorophylle foliaire de plants de riz à 14 et 28 jours après Inoculation par le RYMV

Variété	Taux de réduction de la chlorophylle (%)					
	35JAS		63JAS		77JAS	
	14 JAI	28 JAI	14 JAI	28 JAI	14 JAI	28 JAI
BOUAKE189	43,4a	62,1a	23,4b	26,6b	5,7c	6,1c
CT9153-11-7-1-1	31,7a	47,1a	7,2b	13,1b	2,2c	1,8c
PNA647F4-56	22,7a	31,0a	7,8b	8,2b	2,3c	2,2c
LEMONT	13,5a	21,0a	4,3b	5,1b	2,4b	2,5c
LEAH	13,1a	23,0a	3,8b	4,2b	1,8c	1,6c
MOROBEREKAN	10,7a	12,5a	2,2b	2,5b	1,5b	1,7b
IR47686-15-1-1	9,1a	9,3a	1,4b	1,4b	1,3b	1,1b
GIGANTE (tête)	7,1a	8,7a	1,5b	1,8b	2,0b	1,9b

Sur chaque ligne, pour les mêmes jours après inoculation (jai), les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon DMRT

JAI : jour après inoculation : JAS : jour après semis

Taux de croissance virale : L'analyse de variance du taux de croissance virale à 14 et 28 jai montre qu'il y a une interaction significative ($p < 0,01$) entre l'âge et

variété (tableau 3). Cette interaction signifie que la charge virale (D0 à 405 nm) est fortement influencée par la variété et l'âge auquel intervient l'inoculation.

Pour des inoculations précoces (35 jas) intervenant sur des cultivars sensibles tels que Bouaké 189, CT9153-11-7-1-1, PNA647F4-56, le taux de croissance viral est respectivement de 95,5 ; 88,9 et 78,2 à 28 jai (tableau 5). D'une manière générale le taux de croissance reste

plus faible à 14 jai qu'à 28 jai. Lorsque l'inoculation a eu lieu à 63 jas, le taux de croissance virale est passé pour les trois variétés respectivement à 78,2 ; 59,5 et 65,8. Ce taux est passé à 6,1 ; 1,8 et 2,2 lorsque l'inoculation a eu lieu à 77 jas.

Tableau 5 : Taux de croissance virale (%) à 14 et 28 jours après inoculation (JAI) de la dernière feuille émise de la talle principale de la variété de riz

Variétés de riz	Taux de croissance viral (%)					
	35 JAS		63 JAS		77 JAS	
	14 JAI	28 JAI	14 JAI	28 JAI	14 JAI	28 JAI
BOUAKE189	62,7a	95,5a	61,7a	78,2b	9,1b	6,1c
CT9153-11-7-1-1	55,9a	88,9a	50,3a	59,5b	7,5b	1,8c
PNA647F4-56	53,5a	78,2a	51,4a	65,8b	8,1b	2,2c
LEMONT	37,8a	54,3a	25,4b	24,1b	5,4c	2,5c
LEAH	37,1a	53,6a	10,7b	23,5b	5,8b	1,6c
MOROBEREKAN	21,7a	42,8a	10,7b	12,8b	5,3b	1,7c
IR47686-15-1-1	21,7a	45,9a	11,3b	12,6b	4,8b	1,1c
GIGANTE (tete)	19,6a	25,7a	9,5b	12,2b	4,3b	1,9c
moyenne	38,75	60,6	28,9	36,1	6,29	2,4

Sur chaque ligne, pour les mêmes jours après inoculation (jai), les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % selon DMRT

Impact du virus sur la production : L'analyse de variance du taux de réduction de la production à la maturité montre qu'il y a une interaction significative ($P < 0,01$) et la perte de production due au RYMV est fortement influencée par la variété et l'âge auquel intervient l'inoculation. L'impact du virus sur la production s'est traduit par des pertes importantes (tableau 6). Ces pertes sont en moyenne de 99 ; 97,1 et 98,1 %, respectivement, pour les variétés sensibles Bouaké 189, CT9153-11-7-1-1 et PNA647F4-56 lorsque l'infection survient à 35 jas. A 63 jas, la perte

de production est passée à 37,9 ; 15,3 et 28,1 respectivement pour les trois variétés. Une réduction plus importante de la perte de production est observée à 77jas. Le taux de réduction est estimé à 3,1 ; 3,6 et 2,2 respectivement pour les trois variétés. La perte de production des variétés sensibles lorsque l'inoculation est intervenue à 63 et 77 jas est comparable à celle des variétés résistantes Moroberekan, Lemont, Leah, IR47686-15-1-1 et Gigante (tete). Cette perte est estimée en moyenne de 2 à 7 % en fonction des variétés.

Tableau 6 : Taux de réduction moyen (%) de la production de huit cultivars de riz à la maturité

Variété	Taux de réduction de la production (%)		
	35 JAS	63 JAS	77 JAS
BOUAKE189	97,6a	37,9b	3,1c
CT9153-11-7-1-1	97,1a	15,3b	3,6c
PNA647F4-56	98,1a	28,1b	2,2c
LEMONT	7,3a	7,3a	2,2b
LEAH	7,1a	5,2b	1,8c
MOROBEREKAN	5,7a	3,8b	2,6b
IR47686-15-1-1	4,4a	2,6b	2,2b
GIGANTE (tete)	2,2a	1,9a	1,7a
moyenne	39,9	12,8	2,4

Sur chaque ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % selon DMRT. JAS= jours après semis

DISCUSSION

Dans ce travail, nous avons examiné si l'âge de huit cultivars de riz à l'inoculation avait un effet sur l'expression génétique de la résistance au RYMV. Ainsi les huit variétés riz de type *indica* et *japonica* ont été inoculées à trois âges différents soit à 35 ; 63 et 77 jours après semis (jas). L'inoculation à 35 jas correspond à la phase de tallage des différents cultivars. Cette période est considérée précoce pour une manifestation rapide de la maladie pour les variétés sensibles. Une inoculation à 63 jas est considérée comme tardive car les cultivars ont atteint un tallage maximal. Une inoculation à 77jas est considérée comme très tardive car la plus part des cultivars sont en initiation paniculaire.

Lorsque les huit variétés ont été soumises à une inoculation, on a observé que l'âge de la plante à l'inoculation avait un effet sur la sévérité des symptômes foliaires. Les scores faibles attribués aux variétés sensibles à 63 jas et à 77 jas montrent qu'il y a une augmentation du niveau de la résistance.

Levy & Lapidot (2008) ont montré que des cultivars de tomates Rehovot-13 sensible au tomato yellow leaf curl (TYLVC) inoculés aussi bien précocement que tardivement ne manifestaient pas de différence significative au niveau des symptômes qui leur sont attribués. Dans ce travail, nous avons observé trois niveaux distincts de résistance notamment chez les cultivars sensibles au RYMV. La réponse d'une plante à l'infection d'un pathogène peut être affectée par diverses conditions notamment la pression de l'inoculum, les conditions de croissance, la température et l'âge de la plante à l'inoculation.

Les modifications de la résistance liées à l'âge sont qualifiées de résistance de la plante adulte (Loebenstein, 1972). Diverses observations agronomiques ont fait état de modification de la sensibilité aux maladies virales, bactériennes ou fongiques en relation avec l'âge des plantes hôtes (Chongo & Gossen, 2001 ; Galiana *et al.*, 2005). Dans le cas du RYMV, Bakker (1970) et Abo *et al.* (1998) ont montré qu'une inoculation très précoce intervenant au stade de pépinière provoquait la mort des jeunes plants de riz. Fauquet *et al.* (1977) ont montré que 3 semaines après inoculation à des plantes sensibles âgées de 21 jours, le RYMV se répliquait assez rapidement pour générer une quantité importante de virus capable de contaminer 1000 ha de riz. Une des hypothèses de la résistance des variétés sensibles à l'âge adulte est de penser que des gènes de résistance

inactifs présents dans les variétés sensibles se seraient activés au stade adulte avec le changement du métabolisme de la plante. La perte de reconnaissance des récepteurs de l'hôte par le pathogène est souvent associée à l'état sénescence (Rapilly, 1991). Cette résistance à l'âge adulte a été également observée dans les interactions riz-pyriculariose (Roumen *et al.*, 1992 ; Roumen, 1993). Chez *nicotiana tabacum*, infecté par *Phytophthora parasitica*, la résistance acquise avec l'âge ou ARR (Age-Related Résistance) met en jeu un mécanisme conduisant à l'activation de la mort des zoospores (Galiana *et al.*, 2005). Des observations similaires ont été constatées sur les feuilles de tabac présentant un niveau de résistance accru à *Phytophthora parasitica* lorsque la plante passe à l'état floral (Hugot *et al.*, 2004).

Nos travaux ont montré par ailleurs que les cultivars initialement résistants comme Moroberekan, Lemont, Leah, IR47686-15-1-1 et Gigante (tete) n'ont subi aucun effet néfaste du virus quel que soit la période d'inoculation. L'âge à l'inoculation ne modifie pas la résistance ou la tolérance des cultivars de riz dotés d'une résistance naturelle élevée. Cette résistance naturelle élevée au RYMV a été identifiée chez les cultivars Gigantes (*O.sativa*) originaire d'Afrique de l'Est et chez Tog 5681 (*O.glaberima*) rencontré en Afrique de l'Ouest (Ndjiondjop *et al.*, 1999). La résistance naturelle élevée exprimée par Gigante est de type monogénique récessif. Elle est portée par le gène majeur *rymv1* situé sur le chromosome 4 du riz (Ndjiondjop *et al.*, 2001 ; Albar *et al.*, 2003). La résistance élevée exprimée par le cultivar IR47686-15-1-1 a été aussi présentée comme résistant et le type de résistance a été identifié (Anonyme, 2000).

Dans les interactions *Ascochyta rabiei* et le pois chiche (*Cicer arietinum*), à l'inverse du RYMV, les variétés ayant une résistance naturelle ont manifesté une sensibilité accrue avec l'âge (Chongo *et al.*, 2001). La résistance élevée au RYMV acquise par les variétés sensibles à l'âge adulte (77jas) est comparable à celle observée dans les variétés de riz résistantes tel Gigante, Moroberékan et IR47686-15-1-1. Ces observations posent la problématique de l'exploitation des gènes de résistance manifestée par la plante adulte et les conditions physiologiques liées à leur activation et leur expression. Le problème de l'utilisation des gènes de résistance dans l'amélioration des variétés d'intérêt agronomique réside dans la

durabilité de cette résistance en raison de l'existence de plusieurs pathotypes du RYMV dans la nature

CONCLUSION

La présente étude nous donne une nouvelle approche de la résistance au RYMV et indique la complexité de la notion de résistance. Elle apparaît au regard des résultats de ce travail comme la résultante de l'interaction entre la plante hôte, le parasite et le stade de développement de la plante. Cette étude participe à la compréhension des mécanismes de la résistance du riz (*Oryza sp*) au RYMV notamment les facteurs qui président à l'évolution de l'interaction hôtes parasites. Les variétés sensibles au RYMV ont acquis une résistance qui s'est traduite par une réduction importante de la sévérité de la chlorose foliaire, de la charge virale et de la perte de production. Une connaissance plus approfondie des bases génétiques

(Traoré *et al.*, 2006).

de la résistance naturelle et de la résistance en relation avec l'âge constituerait un outil de gestion plus efficace de la maladie. La lutte contre le RYMV peut aussi passer par la protection efficace des jeunes plantes contre les insectes vecteurs de la maladie jusqu'à ce qu'elles atteignent leur tallage maximal (63j). Une maîtrise de la distribution des insectes pourra déboucher sur l'élaboration d'un calendrier de semis pour éviter les périodes de forte sensibilité des cultivars et la prolifération des insectes ou autres vecteurs. Cette protection permettra d'accroître la production des variétés sensibles d'intérêt agronomique et de réduire la propagation de la maladie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abo ME, Sy AA, Alegbejo MD, 1998. Rice Yellow Mottle Virus (RYMV) in Africa: evolution, distribution, economic significance on sustainable rice production and management strategies. *Journal of sustainable Agriculture*. 11 (2-3) : 85-111
- Albar L, Ndjiondjop M, Eshak Z, Berger A, Pinel A, Fargette D, Ghesquiere A, 2003. Fine mapping of a gene required for rice yellow mottle virus cell-to-cell movement in view of positional cloning. *Theoretical and Applied Genetics* 107: 371-378
- Anonyme, 2003. Strategic plan 2003-2012, WARDA edn. ADRAO/WARDA, Bouaké, Côte d'Ivoire, pp.56.
- Bakker W, 1970. Rice yellow mottle virus: a mechanically transmissible virus disease of rice in Kenya. *Netherlands Journal of plant pathology* 76 (2): 53 - 63.
- Bakker W, 1974. Characterization and ecological aspects of rice yellow mottle virus in Kenya. Ph.D. thesis. Agricultural University. Wageningen, Netherlands. 829: 152 p.
- Chongo G. and Gossen BD, 2001. Effect of plant age on resistance to *Ascochita rabiei* in chickpea. *The Canadian Journal of Plant Pathology* 23: 358-363.
- Clark MF and Adams RN, 1977. Characteristics of the microplate method of Enzyme Linked Immuno-sorbent Assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology* 34: 475-483.
- Fauquet C. and Thouvenel JC, 1977. Isolation of rice yellow mottle virus in Ivory Coast. *Plant Disease Reporter* 61(6): 443 - 446.
- Galiana E, Riviere MP, Pagnotta S, Baudoin E, Panabiere F, Gounon P, Boudier L, 2005. Plant induced cell death in the pathogenic oomycete *Phytophthora parasitica*. *Cell Microb* 7:1365-1378.
- Hugot K, Riviere MP, Moreillon C, Dayem MA, Cozzitorto J, Arbitol G, Barbry P, Weiss C, Galiana E, 2004. Coordinated regulation of genes for secretion in tobacco at late developmental stages. Association with resistance against oomycete. *Plant physiol.*134: 858-870.
- Marquard RD. and Tipton, 1987. Relationships between extractable chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness. *Hort. Sci.* 22: 1327
- Ndjiondjop M, Albar L, Fargette D, Guesquiere A, 2001. The genetic basis of high resistance to rice yellow mottle virus (RYMV) in cultivars of two cultivated rice species. *Plant Disease* 83: 931-935.
- Ndjiondjop M, Brugidou C, Zang S, Fargette D, Guesquiere A, Fauquet C, 2001. High resistance to Rice yellow mottle virus (RYMV) in two cultivated rice cultivars is correlated to the failure of cell-to-cell movement.

- Physiological and Molecular Plant Pathology 59: 309-316.
- Okioma SNM and Sarkarung S, 1983. Screening rice varieties for resistance to rice yellow mottle virus disease. *Tropical Pest Management* 29 (2):145-147.
- Levy D. and Lapidot M, 2008. Effect of plant age at inoculation on expression of genetic resistance to tomato yellow leaf curl virus. *Arch Virol* 153:171-179
- Loebenstein G, 1972. Localisation and induced resistance in virus-infected plant. *Annu Rev Phytopathol* 10: 177-206.
- Moriones E, Aramburu J, Riudavets J, Arno J, Lavina A, 1998. Effect of plant age at time of infection by tomato spotted wilt tospovirus on the yield of field-grown tomato. *Eur J Plant Pathol* 104:295-300.
- Rapilly F, 1991. L'épidémiologie en pathologie végétale. Mycose aérienne INRA paris, 317p.
- Raymundo SA and Buddenhagen IW, 1976. A Rice yellow mottle virus disease in West Africa. *International Rice commission Newsletter* 29: 51-53.
- Raymundo SA. and Konteh IK, 1980. Distribution, importance, screening methods and varietal reaction to pale yellow mottle disease. *International Rice Commission Newsletter*, Rome, FAO. 29, 51 -53.
- Reckhaus PM. and Adamou HI, 1986. Rice Diseases and their Economic Importance in Niger. *FAO Plant Protection Bulletin* 34(2), 77-82
- Rossel HW, Thottapilly G, Adeotti AA and. Alam KZ, (1982b). A new record of Rice Yellow Mottle Virus diseases in Badeggi, Nigeria. *International Rice Commission Newsletter* 21: 22-24
- Roumene C, Bonman JM, Parlevliet JE, 1992. Leaf age related partial resistance to *Pyricularia oryzae* in tropical lowland rice cultivars as measured by number of sporulating lesions. *Phytopathology* 82: 1414-1417.
- Roumen EC, 1993. Partial resistance in rice to blast and how to select for it. Ph.D thesis. Dept of Plant Breeding of the Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands; 108pp.
- Soler S, Jose Diez M, Nuez F, 1998. Effect of temperature regime and growth stage interaction on pattern of virus presence in TSWV-resistance accessions of *Capsicum chinense*. *Plant Dis* 82: 1199-1204.
- Sing NN, 1995. Breeding for rice yellow mottle virus résistance. In *Rice Yellow Mottle Virus (RYMV): Economic importance, Diagnosis and Management strategies/ La panachure jaune du riz : Importance économique, diagnostic et stratégie de gestion*, Bouaké, Cote d'Ivoire : WARDA/ADRAO, 2001, Eds. Sy A.A, Hughes J, et Diallo A. pp 207-214.
- Smit G. and Parlevliet JE, 1990. Mature plant resistance of barley-to-barley leaf rust, another type of resistance. *Euphytica* 50: 159-162.
- Sy AA ; Sere Y, Akator KS, 1994. Cours de formation de l'ADRAO sur la protection intégrée des cultures : Application à la riziculture. Les maladies du riz en Afrique de l'Ouest : Description, Identification, Evaluation et gestion intégrée Module 4, 66pp.
- Thottapilly G. and Rossel HW, 1993. Evaluation of resistance to Rice yellow mottle virus in *Oryza* species. *Indian Journal of Virology*, 9 (1) : 65-73.
- Traoré O, Pinel A, Hébrard E, Gumedzoe MYD, Fargette D, Traoré AS, Konaté G, 2006. Occurrence of resistance-breaking isolates of Rice yellow mottle virus in the west and Central Africa. *European journal of plant pathology*. 115 (2): 181-186