

## Effet du stade de développement sur la sensibilité et la résistance de deux cultivars de riz infectés par le virus de la panachure jaune du riz (RYMV)

### [ Effect of developmental stage on susceptibility and resistance of two rice cultivars infected by rice yellow mottle virus (RYMV) ]

*Dago Faustin SOKO<sup>1</sup>, Mambé Auguste Denis BOYE<sup>1</sup>, Dolou charlotte TONESSIA<sup>1</sup>, Valère KOTCHI<sup>1</sup>, Yacouba SERE<sup>2</sup>, and Séverin AKE<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Université Jean Lorougnon Guédé, Laboratoire de physiologie et pathologie végétale, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Centre du Riz pour l'Afrique (AfricaRice) 01 BP 2551 Bouaké 01, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Laboratoire de physiologie végétale, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, 01 BP V34 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The impact of plant developmental stage on resistance to rice yellow mottle virus was assessed with a virulent isolate of the virus RYMV. Tests were conducted under controlled conditions at Africa Rice research center. Seed of two rice cultivar were sown at regular intervals in order to produce plant at different age at 35, 49, 63, 77 and 91 days after sowing (DAS) corresponding respectively to the beginning of tillering, active tillering, the end of tillering, panicle initiation and flowering. 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. Result showed that the two rice cultivars Bouake 189 and CT9153-11-7-1-1 were more susceptible when inoculated at 35 and 49 days after sowing (DAS), attaining up with 99 % and 93% yield loss respectively for the two rice cultivar at 35 DAS. When inoculated at 63 DAS, these cultivar were observed to have developed partial resistance and became total resistance at 91 DAS attaining up 3% yield loss.

**KEYWORDS:** RYMV, resistance, age, AfricaRice, rice cultivars, mechanical transmission.

**RESUME:** L'objectif de ce travail est de déterminer l'effet du stade de développement sur l'induction de la résistance variétale au virus de la panachure jaune du riz (RYMV). Les essais ont été effectués en conditions semi contrôlées à la station de recherche d'AfricaRice. Des graines de deux variétés de riz ont été semées à intervalles réguliers afin d'obtenir des plantes âgées de 35, 49, 63, 77 et 91 jours à l'inoculation correspondant respectivement au début tallage, tallage actif, tallage maximal, initiation paniculaire et la floraison. 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 à 28 JAI. Les résultats ont montré que les deux cultivars de riz Bouaké 189 et CT9153-11-7-1-1 inoculés à 35 et 49 jours après semis (JAS) ont été sensibles à la maladie avec des pertes très significative de la production atteignant 99 % et 93 % respectivement pour le cultivar Bouaké 189 et CT9153-11-7-1-1. A 63 JAS, ces cultivars ont développé une résistance partielle et ont acquis une résistance totale à 91 JAS atteignant une perte de production moyenne de 3 %.

**MOTS-CLEFS:** RYMV, résistance, âge, AfricaRice, cultivars de riz, transmission mécanique.

## **1 INTRODUCTION**

La maladie de la panachure jaune du riz a été décrite pour la première fois en 1966 à Kisumu au Kenya à proximité du lac Victoria [1]. Par la suite, elle a été signalée au Nigeria, Sierra Leone et au Libéria [2], [3]. La maladie fut découverte en Côte d'Ivoire par [4]. Elle représente une contrainte majeure pour la production dans les systèmes de bas-fonds irrigués ou pluvieux [5]. La maladie se manifeste d'abord sur les feuilles par des panaches chlorotiques linéaires. Ces panaches forment plus tard des stries jaunes pouvant atteindre 10 cm de longueur et conduisent à un jaunissement complet de la plante. La maladie se traduit aussi par une réduction importante de la hauteur et la stérilité des épillets [1]. Les pertes causées par la maladie sont très importantes, surtout chez les variétés de riz sensibles inoculées précocement [6]. Les pertes de rendement dues à la maladie varient de 10 à 100 % en fonction de la sensibilité de la variété [7]. De nombreux 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* [8], [9]. Cependant il n'existe pas encore de variétés résistantes capables de se substituer à la variété de riz locale Bouaké 189 tant appréciée pour son rendement grain que pour ses caractères organoleptiques. La forte sensibilité de cette variété associée à sa culture régulière en milieu paysan constitue le point de départ de l'explosion de la panachure jaune du riz. Malgré les nombreux travaux effectués pour une meilleure connaissance de cette affection, les virus progressent de façon inquiétante et restent 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 l'épidémie. En effet, des travaux antérieurs ont indiqué une résistance des variétés sensibles inoculées au RYMV au stade de début tallage [10]. Différents travaux indiquent que dans les relations plante pathogène, le stade de développement de l'hôte est déterminant dans la pathogénèse [11]. L'objectif de ce travail a consisté à déterminer les stades d'induction de la résistance au RYMV, des deux cultivars de riz pendant les différents stades du développement.

## **2 MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 MATERIEL**

Le matériel végétal est constitué de deux variétés de riz du type *indica* et *japonica* respectivement Bouaké 189 et CT9153-11-7-1-1

Le matériel viral utilisé dans cette étude est un isolat virulent du RYMV originaire des localités rizicoles de Danané (ouest de la Côte d'Ivoire).

### **2.2 METHODES**

#### **2.2.1 MISE EN PLACE DE LA PEPINIERE ET TRANSPLANTATION**

Les traitements ont été constitués par 5 semis de riz, réalisés de façon échelonnée dans le temps et 14 jours séparant deux semis consécutifs. Le premier semis a été réalisé au jour j, le second, au jour j+14, le 3<sup>e</sup> au jour j+28, le 4<sup>e</sup> au jour j+42 et le 5<sup>e</sup> au jour j+56 afin d'obtenir des plants âgés de 91 ; 77 ; 63 ; 49 et 35 jours au moment de l'inoculation. 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 ficher 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.

#### **2.2.2 PREPARATION 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, 49, 63, 77 et 91. L'inoculation a consisté à frotter à l'aide des doigts trempés dans l'inoculum les dernières feuilles dégainées de chaque talle.

### 2.2.3 COLLECTE DES DONNÉES

#### 2.2.3.1 CHLOROSE VISUELLE

A 28 JAI, les modifications de la teinte foliaire ont été suivies en attribuant des notes aux plantes inoculées et aux plantes saines selon l'échelle de notation standard de l'IITA (Institut International pour l'Agriculture Tropical) (tableau 1).

*Tableau 1. Echelle de notation (score) de l'évolution de la panachure jaune du riz [12]*

Note	Teinte foliaire	Nanisme	ELISA
0	Verte	Néant	-
1	Verte	Néant	+/-
3	Verte/tache éparses	Nanisme	+++
5	Verte léger, mosaïque distincte	Léger 25 %	+++
7	Jaune pale	50 %	+++
9	Jaune, oranger, plantes détruites	75 %	+++

#### 2.2.3.2 TAUX DE REDUCTION DE LA CHLOROPHYLLE DES FEUILLES

La teneur en chlorophylle des feuilles non inoculées et celles inoculées a été déterminée par le SPAD 502 chlorophyll meter [13], [14] à 28 JAI. Le taux de réduction de la chlorophylle (% SPAD) a été calculé de la manière suivante :

$$\%SPAD = \frac{([Chl] Fs - [Chl] Fm) \times 100}{[Chl] Fs}$$

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

#### 2.2.3.3 TAUX DE CROISSANCE VIRALE

Le test ELISA a été réalisé dans des plaques de microtitration, à 96 puits sur les feuilles saines et malades. Ce test comporte plusieurs variantes. La méthode IACP (Indirect antigene coated plate) a été utilisée [15], [16]. Le taux de croissance virale a été calculé de la manière suivante :

$$\%ELISA = \frac{(DoFm - DoFs) \times 100}{DoFm}$$

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

#### 2.2.3.4 DETERMINATION DU POIDS DE LA RECOLTE

A la maturation du riz, toutes les touffes de chaque variété, selon le traitement, ont été récoltées, ensachées, battues et vanées. Le poids de la récolte a été déterminé et corrigé au taux d'humidité de 14 %. Le taux de réduction de la production (TRP) a été évalué de la manière suivante :

$$TRP = \frac{(PPS - PPM) \times 100}{PPS}$$

PPS : Production de grains du plant de riz sain

PPM : Production de grains du plant de riz malade

#### 2.2.4 TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNÉES

Les traitements statistiques sont basés sur l'analyse de variance (ANOVA) au seuil de 5 % de niveau de confiance du taux de réduction de la production, la charge virale, exprimée en densité optique, avec le logiciel IRRISTAT, version 5.1

### 3 RESULTATS

#### 3.1 CHLOROSE VISUELLE

Les symptômes observés à 28 jours après inoculation deux variétés de riz Bouaké 189 et CT9153-11-7-1-1 sont consignés dans le tableau 2. Lorsque les inoculations sont intervenues à 35 et 49 JAS, les symptômes exprimés par les deux variétés de riz ont présenté des symptômes forts (note 7). Une réduction de l'intensité des symptômes a été observée lorsque les inoculations sont intervenues à 63 JAS, 77JAS et 91JAS. Les symptômes observés sur Bouaké 189 sont plus sévères (note 5) que ceux observés sur CT9153-11-7-1-1. Aucun symptôme visible n'a été observé à 77 et 91 JAS pour les deux variétés. Sur la base de l'intensité des symptômes exprimés pour ces deux variétés de riz, différents niveaux de résistance ont été identifiés. Globalement, les deux variétés sensibles ont exprimé des niveaux de sensibilité variable (tableau 3).

#### 3.2 TAUX DE REDUCTION DES FEUILLES EN CHLOROPHYLLE

L'analyse de variance du taux de réduction de la chlorophylle a indiqué un effet âge et variétal significatif (tableau 4). Ces résultats ont indiqué que la teneur des feuilles en chlorophylle dépend de la variété et de l'âge d'infestation. Les taux de réduction de la chlorophylle pour les différents âges d'inoculation des deux variétés de riz sont consignés dans le tableau (tableau 5). Une inoculation à 35 et 49 JAI, a montré que les pertes de chlorophylle ont été plus importantes à 28 jai. L'impact du virus sur la chlorophylle s'est traduite par la réduction importante allant jusqu'à 56,03 %, 47,1 % respectivement pour Bouaké 189 et CT9153-11-7-1-1. Ces taux diminuent corrélativement avec l'âge des variétés inoculées soit 56,09 % à 35 JAS contre 5,8 % à 91 JAS pour la variété Bouaké 189. La réduction du taux de chlorophylle chez la variété CT9153-11-7-1-1 est également corrélée à l'âge d'inoculation, avec cependant, une diminution par rapport à la variété Bouaké 189. Les taux de réduction de la chlorophylle sont plus faibles lorsque les inoculations sont intervenues à 77JAS et 91JAS.

**Tableau 2 : Score moyen de la chlorose foliaire de riz à 28 jours après inoculation (JAI) par le RYMV**

variétés	Score de la chlorose				
	35JAS	49JAS	63JAS	77JAS	91JAS
Bouaké 189	7	7	5	1	1
CT9153-11-7-1-1	7	7	3	1	1

**Tableau 3 : Niveau de résistance au RYMV des variétés de riz Bouaké 189 et CT9153-11-7-1-1 en fonction de l'âge**

Ages (jours)	Réaction variétale	
	Bouaké 189	CT9153-7-11-1-1
35	Sensible (S)	Sensible (S)
49	Sensible (S)	Sensible (S)
63	Moyennement résistante (MR)	Résistante (R)
77	Hautement résistante(HR)	Hautement résistante (HR)
91	Hautement résistante (HR)	Hautement résistante (HR)

**Tableau 4 : Analyse de variance du pourcentage de réduction de la chlorophylle, de la croissance virale et de la production de grain**

Source	DL	Test F		
		% SPAD28	% ELISA28	% Production
Répétition	1	3,06ns	2,27ns	1,75ns
traitements	9	38,41**	21,86**	3092,53**
Variétés (V)	1	36,19**	10,23**	45,00**
Agés (A)	4	75,23**	44,29**	5944**
VXA	4	2,13ns	2,33ns	9,00**

\*\*= significatif à 1%. ns = non significatif

**Tableau 5 : Taux de réduction de la chlorophylle (%) des plants de riz à 28 jours après inoculation par le RYMV**

variétés	Taux de réduction de la chlorophylle (%)				
	35JAS	49JAS	63JAS	77JAS	91JAS
Bouaké 189	56,09a	42,85b	39,47b	11,60c	5,82c
CT9153-11-7-1-1	41,26a	39,94a	17,00c	3,29d	3,68d

JAS : jours après semis, JAI : jours après inoculation

Sur chaque ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % selon DMRT

### 3.3 TAUX DE CROISSANCE VIRALE

L'analyse de variance a montré que l'âge des variétés influence significativement la charge du virus (tableau 4). Les taux de croissance virale sont consignés dans le tableau (tableau 6). En effet, le taux de croissance virale diminue corrélativement avec l'âge des variétés. Les variétés de riz Bouaké 189 et CT9153-11-7-1-1 ont eu un taux de croissance virale supérieure à 90 % lorsqu'elles ont été inoculées à 35 et 49 jours après semis (tableau 6). Les taux de croissance les plus importants ont été observés à 28 jours après inoculation. Ces taux sont restés en générale plus faible pour la variété CT9153-11-7-1-1 par rapport à la variété Bouaké 189 quel que soit l'âge d'inoculation. Chez les deux variétés, ce taux a diminué significativement pour des inoculations intervenues au-delà de 63JAS. Le taux de croissance virale a été resté plus faible pour des inoculations qui sont intervenues à 77 et 91 JAS chez les deux variétés.

### 3.4 IMPACT DU VIRUS SUR LE TAUX DE REDUCTION DE LA PRODUCTION DE GRAINS

L'analyse de variance a montré que l'âge des variétés influence significativement la réduction du taux de production. En effet, l'analyse a indiqué un effet significatif de l'âge, des variétés, ainsi qu'une interaction entre les deux paramètres. Les taux de réduction de la production de grains a diminué avec l'augmentation de l'âge des plantes à l'inoculation (tableau 7). L'impact du virus sur la production s'est traduite par des pertes importantes allant jusqu'à 99,7 % pour Bouaké 189 et 92,1 % pour la variété CT9153-11-7-1-1 soit une moyenne de 91 % de perte pour les deux variétés sensibles inoculées précocement (35 et 49 jours après semis). Cette moyenne est passée à 41,2 % lorsque ces mêmes variétés ont été inoculées à 63 jours après semis. Elle a été davantage réduite pour des inoculations très tardives (77 et 91JAS) soit 5,18 % et 3,60 % respectivement pour Bouaké 189 et CT9153-11-7-1-1.

**Tableau 6 : Taux de croissance virale (%) à 28 jours après inoculation (JAI) par le RYMV de la dernière feuille émise**

variétés	Taux de croissance virale (%)				
	35JAS	49JAS	63JAS	77JAS	91JAS
Bouaké 189	90,53a	80,65b	70,45c	10,50d	8,68d
CT9153-11-7-1-1	90,20a	72,34b	68,50b	11,05c	6,65c

JAS : jours après semis, JAI : jours après inoculation

Sur chaque ligne, les moyennes suivies par les mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % selon DMRT

**Tableau 7 : Taux de réduction moyen (%) de la production de grains de deux cultivars de riz**

variétés	Taux de réduction de la production de grains (%)				
	35 JAS	49 JAS	63 JAS	77 JAS	91 JAS
Bouaké 189	99,76a	97,62a	47,76b	6,82c	3,55c
CT9153-11-7-1-1	92,52a	91,13a	34,68b	4,78b	2,45b

JAS : jours après semis, JAI : jours après inoculation

Les moyennes de chaque ligne suivies par les mêmes lettres ne sont pas significatives à 5 % selon le test de Duncan ;

#### 4 DISCUSSION

Nous avons examiné l'impact du stade de développement de deux cultivars de riz sur l'expression génétique de la résistance à un isolat virulent du virus de la panachure jaune du riz (RYMV). En effet, la réponse au RYMV des deux variétés de riz Bouaké 189 et CT9153-11-7-1-1 ont été très variable en fonction de l'âge de la plante à l'inoculation quel que soit le paramètre mesuré. Un effet âge et variétal hautement significatif ( $p < 0,01$ ) a été observé pour l'ensemble des paramètres mesurés. Les inoculations précoces provoquent une sévérité plus importante de la maladie. La sensibilité est plus grande lorsque l'inoculation intervient à 35 et 49 jours après semis. Des travaux antérieurs, relatifs aux interactions riz-RYMV ont mentionné une sensibilité accrue des cultivars sensibles au stade juvénile [17], [10]. Cette sensibilité a diminué corrélativement avec l'âge des plantes. Cette sensibilité s'est traduite par une charge virale importante (taux de croissance élevé), une diminution de la teneur en chlorophylle et des pertes importantes de la production de grains. Ces périodes très sensibles au cours de la croissance et du développement se situent à la phase de tallage des deux variétés de riz. Les effets aggravant du virus résultent d'une relation compatible avec les deux cultivars de riz. [4] ont montré que des inoculations intervenant à 21 JAS provoquaient une réplication rapide du virus capable de contaminer des milliers d'hectare de riz. Les inoculations tardives, soit à 63, 77 et 91 jours après semis provoquent une diminution des effets drastiques du RYMV sur les différents paramètres sus cités. La sensibilité observée à 49 JAS permet de conclure à une induction de la résistance dans l'intervalle compris entre 49 JAS et 63 JAS. L'acquisition de la résistance au cours du développement a fait l'objet de nombreux travaux et indique que le stade d'induction de la résistance est variable dans les différentes familles de plantes. Ainsi dans la famille des poaceae, notamment chez le riz (*Oryza sativa*) infectés par *Xanthomonas pv. oryzae*, l'induction de la résistance se situe pendant la phase végétative [18]. Cependant, chez le maïs (*Zea mays*) et le blé (*Triticum aestivum*), la résistance se manifeste aussi bien pendant la phase végétative que pendant la phase de floraison ou la transition entre la phase juvénile et la phase adulte [19]. Dans la famille des solanaceae, par exemple chez le tabac (*Nicotiana tabacum*) infecté par tobacco mosaic virus, l'induction de la résistance se situe pendant la phase de la floraison [20]. Nos résultats montrent que chez les deux variétés de riz, l'induction de la résistance débute au voisinage du tallage maximal et se manifeste significativement à l'initiation paniculaire et à la floraison. Les inoculations intervenant au-delà de 63 JAS n'affectent pas significativement les effets de la maladie. La maturité des organes foliaires pendant la phase d'initiation paniculaire et la floraison pourrait affecter la capacité de pénétration et de réplication du virus. L'infection mécanique des variétés sensibles a lieu à la faveur des blessures qui sont les zones de pénétration du virus dans les feuilles. Dans la nature, les infections sont favorisées par les insectes qui sont les vecteurs [1] et certains vertébrés récemment décrits [21]. La résistance totale observée à 91 JAS pourrait avoir des explications dans l'incapacité du virus à pénétrer et à se répliquer dans les cellules foliaires. De nombreuses études conduites sur les interactions hôtes parasites ont indiqué une perte de reconnaissance lorsque la plante est rentrée dans la phase de sénescence [22]. Selon [23], la maturité des tissus affecte la résistance des plantes au pathogène. Ainsi chez *Oryza sativa*, la maturité des feuilles n'a aucun effet sur la résistance à *Xanthomonas campestris pv. Oryzae* [24]. Les modifications de la résistance liées à l'âge sont connues et qualifiées de résistance de la plante adulte ou age related resistance ARR [25], [26]. La résistance de la plante présente des cas de figure très différents selon le couple hôte parasite, ainsi, dans certaines interactions hôte parasite, la résistance se manifeste au début de la croissance puis une sensibilité est observée au stade sénescence [27]. Par contre, chez de nombreuses maladies causées par les champignons et les virus, le phénomène est totalement contraire, plus la plante est jeune, plus elle est sensible aux pathogènes [27]. Cette résistance à l'âge adulte a été observée dans les interactions riz-RYMV. [28], étudiant les interactions riz-pyriculariose a observé une résistance à l'âge adulte. L'induction de la résistance dans les interactions hôte-parasite au cours du développement est connue, et est très variable selon les espèces de plantes [29], [30]. Les gènes de résistance spécifiques à un moment du stade végétatif pourrait être fortement impliqués dans ce type de résistance [22], [31]. [32], ont montré que chez la variété de blé française Remy, la plante adulte possède une résistance durable à la rouille jaune causée par le champignon *Puccinia striiformis*. L'analyse du profil de gènes à un stade de développement de la plantule a montré

l'existence de plusieurs classes de gènes qui sont associés aux réactions de résistance et de défense. L'expression de certains gènes reliés à la résistance ou à la défense se modifie avec le passage du stade de plantule au stade adulte. La résistance développée par les variétés sensibles de notre étude est comparable à la résistance naturelle observée chez de nombreux cultivars de riz à l'image de Gigante et Morobérékan. Les résistances naturelles au RYMV ont fait l'objet de nombreuses études et révèlent l'implication de divers gènes de résistance [33], [34]. L'étude de la résistance de variétés sensibles au cours de la croissance et du développement peut contribuer à réduire de façon significative l'incidence de la maladie de la panachure jaune du riz à la condition d'une surveillance phytosanitaire efficace au début de la culture.

## 5 CONCLUSION

Cette étude montre que les variétés de riz sensibles au RYMV ont acquis une résistance qui s'est traduite par une importante réduction de la chlorose foliaire, de la charge virale et de la perte de production de grains. Une étude des bases génétiques de la résistance en relation avec les différents stades de développement pourrait aider à une gestion plus efficace de la maladie. Le rôle important joué par les insectes vecteurs de la maladie nous conduit à proposer des mesures de protection des jeunes plants jusqu'au tallage maximal en vue d'accroître la production des variétés sensibles d'intérêt agronomiques. Enfin, il est impérieux de connaître la distribution des insectes et d'adapter les calendriers de semis pour éviter les périodes de fortes sensibilité des cultivars de riz.

## REFERENCES

- [1] W. Bakker, "Rice yellow mottle virus a mechanically transmissible virus disease of rice in Kenya". Netherlands. *Journal of plant pathology*, Vol. 76, no. 2, pp. 53 - 63, 1970.
- [2] S.A. Raymundo, I.W. Buddenhagen, "A Rice yellow mottle virus disease in west Africa". *Newsletter International Commission*, vol. 25, 58pp.1976.
- [3] H.W. Rossel, G.Thottapilly, A.A. Adeotti, K. Z. Alam, "A new record of Rice Yellow Mottle Virus diseases in Badeggi, Nigeria". *International Rice Commission Newsletter*, vol. 21, pp. 22-24, 1982b.
- [4] C. Fauquet et J.C. Thouvenel, "Isolation of rice yellow mottle virus in Ivory Coast". *Plant Disease Reporter*. vol. 61 no. 6, pp. 443-446, 1977.
- [5] Anonyme 1, "Strategic plan 2003-2012, WARDA edn. ADRAO/WARDA, Bouaké, Cote d'Ivoire, pp. 56, 2003.
- [6] W. Bakker, "Characterization and ecological aspects of rice yellow mottle virus in Kenya.ph.D.thesis.Agricultural University.Wageningen, Netherlands.829 : 152 pp. 1974
- [7] S.N. Fomba, "Screening for seedling resistance to rice yellow mottle virus in some rice cultivars in Sierra Leone". *Plant Disease*. Vol.72, pp. 641-642, 1988
- [8] S.A. Raymundo, I.K. Kontey, Distribution, importance, screening methods and varietal reaction to pale yellow mottle disease. *International Rice Commission Newsletter*, vol. 29, pp. 51-53, 1980.
- [9] G. Thottapilly, et H.W. Rossel, "Evaluation of resistance to Rice yellow mottle virus in oryza especies. *Indian Journal of virology*", vol. 9, no.1, pp. 65-73, 1993.
- [10] D.F. Soko, Y. Sere et S. Ake, Effet de l'âge de huit cultivars de riz sur l'expression génétique de la résistance au virus de la panachure jaune du riz . *Journal of Applied Biosciences*,vol. 25, pp. 1585-1593, 2010.
- [11] E.C. Roumen, "Partiel résistance in rice to blast and how to select fort it. Thesis Dept Breeding of the Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands ;108pp, 1993.
- [12] Anonyme 2. "Standard Evaluation System for rice. IRRI et INGER, 4th eds. 52 p. 1996.
- [13] R.D. Marquard, and Tipton, "Relationships between extractable chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness". *Hort. Sci.* 22: 1327, 1987
- [14] D.M. Martines. et J.J. Guiamet, "Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes irradiance and leaf water status". *Agronomy*, vol. 24, pp. 41-46, 2004
- [15] M.F. Clark, R.N. Adams, 1977. "Characteristics of the microplate method of Enzyme Linked Immuno-sorbent Assay for the detection of plant virus". *Journal of General Virology* vol. 34, pp. 475-483, 1977.
- [16] Y. Sere, A. Onasanya, F.E. Nwilene, M.E. Abo, K. Akator, "Potentiel of insect vector screening method for development of durable resistant cultivars to rice yellow mottle virus disease". *Int. J. Virol.*, vol.4, pp.41-47, 2008a.
- [17] M.E. Abo., A.A. Sy et M.D. Alegbejo, "Rice Yellow Mottle Virus (RYMV) in Africa: evolution, distribution, economic significance on sustainable rice production and management strategies". *Journal of sustainable Agriculture*, vol.11 no.2-3, pp. 85-111, 1998.

- [18] M. Mazzola, J.E. Leach, R. Nelson, F.F.White, analysis of the interaction between *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* and the rice cultivars *IR24* and *IRBB21*. *Phytopathology*, vol. 24, pp. 392-339, 1994.
- [19] B.G. Abedon et W.F.Tracy , corngrass of maize (*zea mays* L.) delay development of adult plant resistance to common rust (*Puccinia sorghi* Schw.) and European corn boer (*Ostrinia nubilalis* Hubner). *Journal of heredity*, vol. 87, pp. 219-223, 1996.
- [20] N. Yalpani, J. Leon, MA. Lawton, I. Raskin, pathway of salicylic acid biosynthesis in healthy and virus inoculated tobacco. *Plant physiology*, vol. 103, pp. 315-321, 1993a
- [21] S. Sarra et D. Peters, "Rice yellow mottle virus is transmitted by cows, donkey and grass rats in irrigated rice crops". *Plant disease*, vol. 87, pp. 804-808, 2003.
- [22] F. Rapilly, "L'épidémiologie en pathologie végétale. Mycose aérienne INRA paris", 317p. 1991.
- [23] G. Lazarovits, R. Stossel, et E.W.B Ward, "Age-related changes in specificity and glyceolin production in the hypocotyls reaction of soybeans to *Phytophthora megasperma* var *sojae*". *Phytopathology*, vol.71, pp. 94-97, 1981.
- [24] M.F. Koch, et T.W. Mew, "Effects of plant age and leaf maturity on the quantitative resistance of rice cultivars to *Xanthomonas campestris* pv. *Oryzae*". *Plant Dis.*, vol.75, pp. 901-904, 1991.
- [25] G. Loebenstein, "Localisation and induced resistance in virus-infected plant". *Annu Rev Phytopathol.* vol.10, pp. 177-206, 1972.
- [26] Galeano Pablo, Gonzalez Pablo H., Fruguas Laura Franco, Galvan Guillermo A. "Age-related resistance to fusarium oxysporum f. sp. cepae and associated enzymatic changes in seedlings of *Allium cepa* and *A. fistulosum*", *Tropical plant pathology*, vol.39, no.5, pp.374-383, 2014.
- [27] G.N. Agrios, "Plant Pathology. Fourth edition. Academic press", 1988.
- [28] E.C. Roumen, "Partiel résistance in rice to blast and how to select fort it. Thesis Dept Breeding of the Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands ;108pp, 1993.
- [29] E. Galiana, M.P. Riviere, S. Pagnotta, E. Baudoin, F. Panabiere, P. Gounon, L. Boudier, "Plant induced cell death in the pathogenic oomycete *Phytophthora parasitica*". *Cell Microb*, vol.7, pp.1365-1378, 2005.
- [30] D. Levy D. and M. Lapidot, "Effect of plant age at inoculation on expression of genetic resistance to tomato yellow leaf curl virus". *Arch Virol.* vol. 153, pp.171-179, 2008.
- [31] J.L. Carviel, Al-Daoud, M. Neumann , A. Mohammed, N.J. Provart, W. Moeder, K. Yoshioka, R.K. Cameron, "Forward and reverse genetics in the age related resistance response in *Arabidopsis thaliana*". *Mol. Plant pathol.* Vol. 10, no. 7, pp. 621-34, 2009.
- [32] S. Mallard, S. Negre, S. Pouya, D.A. Goudet, Z.X. Lu F. Dedryver, "Adult resistant related gene expression in camp remy, weat inoculated with *Puccinia striiformis*, *Molecular plant pathology*, vol.9 no.2, pp. 213-225, 2008.
- [33] L. Albar, M.N. Ndjiondjop, K. Eshak, A. Berger, A. Pinel, D. Fargette et A. Ghesquiere, "Fine mapping of a gene required for rice yellow mottle virus cell to cell movement in view of positional cloning". *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 107, pp. 371-378, 2003.
- [34] D. Thiemele, A. Boissard, M.N. Ndjiondjop, S. Cheron, et Y. Sere, "Identification of a second major resistance gene to rice yellow mottle virus, *RYMV2*, in the African cultivated rice species, *O. Glaberrima*". *Theor. Applied Genet.*, vol. 121, pp. 169-179, 2010.