

# Sélection de variétés tolérantes aux types de virus de la panachure jaune du riz circulant au Mali

Bakaye Doumbia<sup>1\*</sup>, Amadou Hamadou Babana<sup>2</sup>, Sognan Dao<sup>2</sup> Salimatou Samaké<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut d'Economie Rurale <sup>2</sup> Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali BPE : 3206 <sup>3</sup> Laboratoire Nationale de la Santé

**Auteur de correspondance** : \*doumbiakaye36@gmail.com

**RESUME:** Au Mali, l'économie repose essentiellement sur l'agriculture. Le riz contribue à environ 5% du produit intérieur brut (PIB) et constitue un secteur stratégique avec d'énormes potentialités. Malgré son importance stratégique, la riziculture est confrontée à de multiples contraintes d'ordre biotique dont l'une des plus importantes est la panachure jaune du riz. Cette maladie est causée par un virus qui affecte le riz avec une incidence variant de 60 à 100% sur le rendement.

Pour contribuer à la réduction des pertes liées à cette maladie, cette étude a été proposée, non seulement, pour identifier les types du virus de la panachure jaune circulant dans les rizières par *Reverse Transcriptase-Polymerase Chain Reaction (RT-PCR)*, mais aussi, de déterminer la résistance ou la tolérance des 21 variétés de riz les plus cultivées.

Vingt-six (26) isolats de virus ont été identifiés et classés en deux types A et B avec une prédominance du type A (96%). Les variétés de riz ont été inoculées avec les deux types de virus et le type A, le plus fréquent, s'est révélé plus virulent que le type B. Deux variétés de riz, sur les 21 testées, SK 20-28 et Sim2 sumadel, se sont montrées tolérantes aux deux types de virus avec un rendement statiquement comparable à celui des témoins. SK 20-28 s'est montrée plus tolérante au virus que sim2 sumadel.

**Mots clés** : virus de la panachure jaune, riz, tolérance, sélection, Mali.

**Mots clés:**

## I. INTRODUCTION

Le riz est l'aliment de base pour plus de la moitié de la population mondiale. Il est la deuxième céréale après le maïs en termes de superficie cultivée dans le monde (FAO, 2013).

Au Mali, l'économie repose essentiellement sur l'agriculture. Le riz contribue à environ 5% du PIB. Les superficies aménagées pour la riziculture en maîtrise complète de l'eau représentent 125 000 ha dont 80 % sont à l'Office du Niger (ON). Il faut ajouter à cela, les superficies de l'irrigation par submersion contrôlée (90.000 ha) et ceux de la culture de décrue (60.000 ha).

En dépit de ces énormes potentialités, le Mali importe encore du riz due aux contraintes telles que la panachure jaune du riz avec une incidence variant de 60 à 100% sur le rendement. Il existe peu d'informations sur la variabilité du virus (types) et la tolérance des variétés de riz locales. Cette présente étude vise à identifier les différents types de virus et à sélectionner les variétés de riz tolérantes à la panachure jaune par caractérisation moléculaire.

## 2. MATERIELS ET METHODE

### 2.1. Matériels :

(i) des semences de vingt une (21) variétés de riz offerte par l'IER, et (ii) des plants de riz malades échantillonnés dans la zone Office du Niger(ON) et de l'Office du Périmètre Irrigué de Baguineda (OPIB) Mali.

### 2.2. Méthodes :

#### 2.2.1. Echantillonnage :

Au total, 50 variétés de semences de riz locales ont été reçues de la direction de l'IER. Parmi ceux -ci, les 21 variétés de riz les plus cultivées ont été retenues. Les semences

échantillonnées ont été mises dans des sachets qui furent ensuite étiquetés et conservés dans un réfrigérateur (LIEBHERR confort) à 4°C au LaboREM-Biotech.

Une enquête de prospection sur l'épidémiologie du *RYMV* a été menée dans les zones de riziculture de l'Office du Niger (ON) et de l'Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB). Des échantillons de feuilles de riz supposées infestées par le virus de la panachure jaune ont été collectés au niveau des quatre angles et du centre de chaque parcelle suspecte, mis en sachets, étiquetés et conservés dans de la glace et transportés jusqu'au laboratoire où ils ont été conservés à 4°C avant analyse.

**2.2.2. Site d'implantation de l'essai:** L'essai a été installé dans la serre du LaboREM-biotech de la Faculté des Sciences et Techniques (FST) situé sur la colline de Badalabougou, commune V du district de Bamako. Le climat est du type soudanien avec une pluviométrie annuelle comprise entre 600 mm et 1000 mm (Mali, 2007).

#### 2.2.3. Identification des virus de la panachure jaune du riz par RT-PCR

##### 2.2.3.1. Extraction d'ARN viral :

L'extraction de l'ARN des échantillons a été effectuée avec le Kit Qiagen et les extraits d'ARN ont été visualisés sur gel d'agarose 1%.

##### 2.2.3.2. Amplification de l'ARN viral par Reverse Transcriptase-Polymerase Chain Reaction (RT-PCR).

###### 2.2.3.2.1. Mélange réactionnel

Le génome de chaque échantillon extrait a été utilisé avec la paire d'amorces spécifiques :  
Forward primer 5'-

TGCCAATACCTATCTCCACCA-3', Reverse primer 5'-TCACCTCTAGCGTTTGGTACG-3' pour amplifier un ou plusieurs fragments cibles spécifiques aux virus de la panachure jaune du riz.

**2.2.3.2.2. Programme d'amplification :**

Les tubes PCR contenant le mélange ont été introduits dans le *thermocycler applied biosystems* afin de multiplier en grande quantité la ou les séquences cibles. Le programme est consigné dans le tableau 3.

**Tableau1:** Programme du thermocycleur

Étapes	Température	Temps
Reverse-transcription (RT)	48°C	45 mn
Inactivation RT	94°C	2 mn
Dénaturation	94°C	30s
Hybridation	61°C	1mn
Elongation	68°C	2mn
Extension finale	68°C	7mn

Les étapes de dénaturation, d'hybridation et d'élongation ont été refaites 45 fois.

**2.2.3.3. Electrophorèse :**

Les produits de la RT-PCR ont été migrés sur gel d'Agarose EEO LOW 1,5%, préparé à partir d'une solution de TBE 0,5X (Tris, Borate acide, EDTA) et du Bromure d'éthidium 10%.

**2.2.3.4. Révélation des bandes :**

Le gel a été photographié sous UV avec l'appareil E-BoX. Les fragments d'ADNc des ARN apparaissent sous forme de bandes fluorescentes grâce à l'action du bromure d'éthidium et des rayons UV.

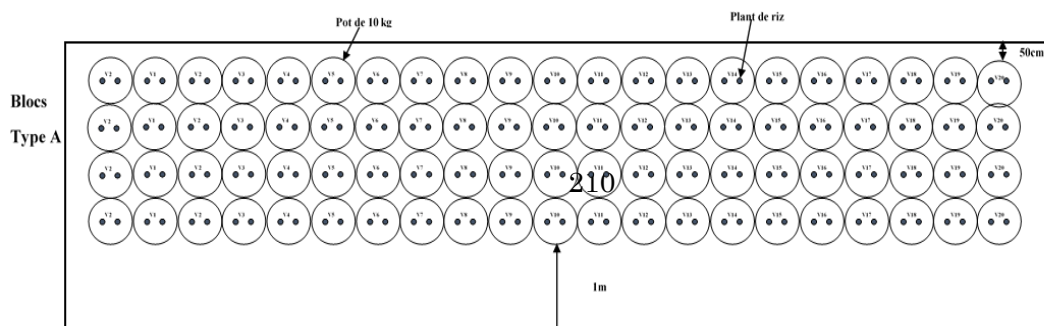
**2.3.1. Détermination de variétés tolérantes à la panachure jaune du riz**

La tolérance est l'aptitude d'une variété à donner une bonne performance malgré qu'elle

présente les symptômes d'une hôte sensible.

**2.3.1.1. Culture des variétés de riz :**

La qualité des graines de vingt une (21) variétés a été vérifiée par méthode d'immersion dans l'eau distillée et trente (30) graines ont été récupérées et incubées dans le bain marie GRANT GD 120 à 53° pendant 30 mn pour les désinfecter. Une pépinière a été mise en place pour chaque variété. Les plants âgés de 15 jours ont été repiqués dans des pots de 10 kg, remplis de terreau stérilisé et placés selon un dispositif en bloc de Fischer, avec comme facteur de blocage les types de virus, à quatre répétitions (figure 5).



### **2.3.1.2. Inoculation des variétés de riz avec les virus de la panachure jaune par friction manuelle**

#### **2.3.1.2.1 Préparation de l'inoculum :**

Un (1) gramme de feuille infestée a été pesé à l'aide de la balance de précision PIONEER™ (OHAUS). L'échantillon de 1g, prélevé de chaque feuille, a été désinfecté avec l'hypochlorite de sodium 10% pendant 30s, l'éthanol 70% pendant 30s puis rincée deux fois avec de l'eau distillée stérile. Chaque échantillon de feuille, ainsi traité, a été séché sur du *Clean Ness* pendant 10 mn et broyé dans un mortier à porcelaine contenant 10 ml de PBS à 0.01M. Le broyat a été filtré et mélangé avec 0,2 g de carborundum puis conservé dans une glacière.

#### **2.3.1.2.2 Inoculation des plants de riz:**

Les plants de riz ont été inoculés 21 jours après semis avec les deux types de virus A et B identifiés par RT-PCR. Pour inoculer les plants, les deux doigts (pouce et index) ont été introduits dans l'inoculum (mélange broyat carborundum) et la feuille a été pincée avec les doigts en les faisant glisser de bas en haut sur

toute sa longueur. Le carborundum crée des blessures sur la feuille pour favoriser la pénétration des virus. Un contrôle composé de carborundum et l'eau distillée a été mis en place pour vérifier si le carborundum n'a pas d'effet sur les plants.

#### **2.3.2. Observation des paramètres tolérance :**

Les observations des paramètres de tolérance ont commencé 15 jours après inoculation : la sévérité des symptômes a été observée 15 jours après l'inoculation, le nombre de talles de chaque pied de riz a été compté à 60 jours après semis, la longueur des plants (par poquet) a été mesurée après l'épiaison, le rendement de chaque variété de riz a été déterminé après récolte, le poids de la matière sèche des racines de chaque traitement a été déterminé à la récolte.

#### **2.3.3. Analyse des données :**

La taille des bandes sur le gel d'agarose a été déterminée avec le logiciel E-cap version. Les données du test de résistance variétale ont été saisies sur Excel puis enregistrées avant analyse statistique. L'analyse de la variance a été réalisée pour chaque paramètre (Blocs et traitements) selon les procédures de "General

Linear Model (GLM)" en utilisant le logiciel SAS 9.1 (SAS, 1999). A chaque fois que le test de Fisher indique un effet significatif des traitements, le test de la plus petite différence significative protégée de Fisher (PPDS ou LSD

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Les virus de la panachure jaune identifiés par la RT-PCR

Les échantillons collectés dans les zones Office du Niger (ON) et Office du Périmètre Irrigué de Baguineda (OPIB), ont été caractérisés de façon moléculaire pour identifier des fragments

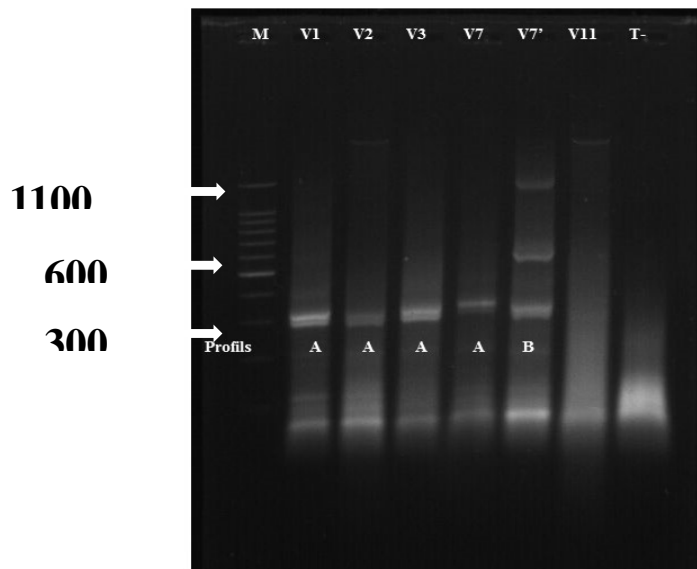
**Tableau 2** fréquence d'échantillons positifs

	<i>RT-PCR (+)</i>	<i>RT-PCR (-)</i>	<i>Total</i>
Nombre d'échantillons	26	4	30
Fréquence	87%	13%	100%

(en Anglais protégé) a été utilisé pour comparer les moyennes à une probabilité de 0,05. Les variétés ont été regroupées et classées selon leur similarité en dendrogramme.

d'ARN (ADNc) spécifiques au virus de la panachure jaune. Sur les trente (30) échantillons analysés, 26 (87%) provenant de l'ON ont été positifs à la *RT-PCR* et ceux de l'OPIB ont été négatifs à la *RT-PCR* 4 (13%), (tableau 4).

Les échantillons positifs ont montré deux profils de migration (figure 2) ce qui correspond éventuellement à deux types de virus A et B dans la zone ON. Les deux types de virus identifiés sont respectivement nommés V38 et V7. Le type A est prédominant (96%) par rapport au type B (26%) (tableau3).



**Figure 2: Gel d'agarose montrant 2 profils : (i) un profil A et (ii) un profil B qui présente 3 fragments de taille respectives de haut en bas, de 1100 pb, 500 pb et 300 pb**

**Tableau3:** fréquence des échantillons en fonction des profils de migration sur gel d'agarose

	Profil A	Profil B	Total positif
Nombre d'échantillon	25	1	26
Fréquence	96%	4%	100%

### 3.2. Variétés de riz tolérantes déterminées

Les résultats de l'analyse de la variance sur les paramètres mesurés sont consignés dans le tableau 6.

**Tableau 4:** Analyse de variances (ANOVA)

Sources de variation	Degré de Liberté	Valeur de Fisher			
		Nombre de talle	Hauteur	Rendement	Poids sec racines
Bloc	2	213,16***	84,11***	194,95***	63,73***
Traitement	20	8,09***	3,66***	6,46***	1,04 NS

\*\*\* : hautement significatif ; \*\* : très significatif ; \* significatif ; NS non significatif respectivement  $P < 0,001$ ;  $P < 0,01$  et  $P < 0,5$ .

Les résultats de l'analyse de l'effet des types de virus sur les variétés SK20-28, Sim2-sumadel, Kogoni91-1 et le témoin sont consignés dans le tableau 5.

**Tableau 5:** Effet des types de virus sur quelques paramètres des variétés SK20-28, Sim2-sumadel, Kogoni91-1 et du témoin.

Types de virus	SK20-28				Sim2-sumadel				Kogoni91-1			
	Nbre . Talle	Haut	Rdt g	Msrg	Nbre . Talle	Haut	Rdt g	Msrg/p	Nbre . Talle	Haut	Rdtg/ p	Msrg
Type A	2,08a	4,21a	3,99a	1,22a	1,61 b	3,89 b	3,39 b	1,35b	1,73c	2,51 b	0,00b	1,85 b
Type B	2,74a	4,24a	4,10a	1,86a	2,08 b	4,64a	4,12a	2,24ba	2,38 b	4,02 a	0,71b	2,14 b
Ctl	3,21a	4,35a	4,17a	2,33a	2,99a	4,84a	4,15a	3,27a	3,49a	4,24 a	4,47a	2,54a

**Légende :** Nbre : Nombre ; Haut : Hauteur/cm ; Rdtg/p : Rendement gramme/pot et Msrg/p : poids racinaire sec en gramme/pot.

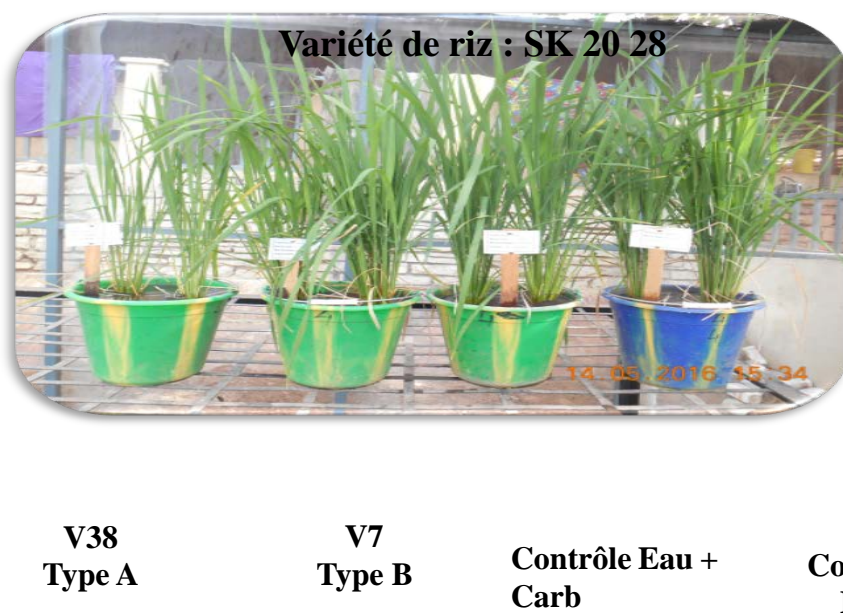
La panachure jaune influe sur un ou plusieurs paramètres selon la variété et le type de virus. L'analyse des effets des deux types de virus n'a pas eu d'effet significatif sur l'ensemble des paramètres mesurés chez la variété SK 20-28 (Tableau 5). En observant l'effet du type A et B

sur les paramètres comparés au témoin ils ne sont pas différents statistiquement. La figure 3 montre l'aspect végétatif de la variété avec les deux types de virus. Ce résultat montre la tolérance de la variété SK 20-28 vis-à-vis des deux types de virus.

Pour la variété Sim2-sumadel, le nombre de talles se différencie de façon significative entre les deux types de virus et le témoin. Par contre

en ce qui concerne la hauteur et le rendement, aucune différence n'a été observée entre les plants traités avec le virus du type B et les plants témoins. Les deux types de virus n'ont pas eu le même effet sur le poids sec racinaire. Comparativement aux plants inoculés avec le virus du type B et aux plants témoins, le virus du type A a réduit la croissance racinaire, le nombre de talles, le rendement et la taille. Ce qui montre la virulence du type A par rapport au type B. Malgré cette différence entre le virus du type A et le virus du type B, la variété de riz Sim2-simadel a donné un rendement acceptable (tableau 5). Ce résultat montre que la variété Sim-sumadel est tolérante à la maladie. Par contre, l'analyse statistique des paramètres mesurés sur la variété Kogoni 91-1 montre une

différence significative au niveau du nombre de talles entre les trois blocs (Virus type A, virus type B et témoin). Comparé au virus du type B et au témoin, le virus du type A a diminué significativement la hauteur de la plante. En ce qui concerne le rendement, il a été significativement baissé par les deux types de virus (A et B) comparé au témoin non inoculé. La virulence du type A a conduit à la perte totale du rendement qui est le signe de la sensibilité (Tableau 5). Cette sensibilité est très remarquable en ce qui concerne le rendement car l'effet du virus a annulé le rendement (tableau 5). La figure 3 montre l'effet des deux types de virus sur cette variété qui s'est révélée sensible au regard des paramètres visuels.



**Figure 3: Aspect général de la variété SK 20-28 aux deux types de virus A et B de la panachure jaune du riz. Carb : carborundum**

#### 4. DISCUSSIONS

L'identification des virus de la panachure jaune a montré que 87% des échantillons de feuilles de riz sont positifs à la RT-PCR présentant deux profils de migrations sur gel d'agarose. Ces profils correspondent à deux types de virus A et B avec une prédominance du type A (96%). Ces résultats rejoignent ceux obtenus par Kouassi et al (2005) qui ont eu deux types S1 et S2 provenant du Mali, avec une prédominance de S1 par une évaluation de la variabilité sérologique. Il serait important de séquencer nos deux virus et ceux de Kouassi de façon à pouvoir les comparer et voir si ces virus sont identiques ou s'il y a eu introduction de nouveaux virus ou modification des anciens.

Le test de tolérance variétale a révélé que SK20-28 et Sim2-sumadel sont tolérantes aux deux types de virus avec des rendements comparables aux témoins. Les autres variétés se sont montrées sensibles mais cette sensibilité varie selon la variété et le type de virus. Il ressort qu'il n'y a pas de corrélation entre la coloration foliaire, le nombre de talles, la hauteur des plants à maturité avec la production. Les variétés comme Nerica L-1-IER et Was62-B-B-14-1 ont produit un nombre de talles significativement égale à celui des plants témoins mais avec une différence très significative par rapport au rendement. Cela est dû à la stérilité des panicules qui constitue un des symptômes de la panachure jaune. Les variétés SK 20 28 et Sim ont montré une tolérance à la maladie avec des rendements comparatifs à ceux des témoins. Cette tolérance est très remarquable chez SK 20 28 où tous les paramètres mesurés étaient comparables à ceux

des témoins. L'analyse statistique a montré aussi qu'il n'y a pas de différence significative entre le rendement des deux variétés tolérantes. Nos résultats concordent avec ceux de Sarra et al., (2011) qui ont classé la variété SK 20 28, créée dans le cadre de la lutte contre la panachure jaune du riz, comme la plus tolérante à la maladie. D'autres auteurs tels qu'Amancho et al. (2009), en effectuant des travaux similaires sur la résistance/tolérance » à la maladie, ont identifié le cultivar traditionnel Morobérékan comme tolérant. Ces mêmes auteurs ont identifié des variétés : WITA7, WITA8, WITA10 et Zagouaglô comme modérément tolérantes. Contrairement à nos résultats qui n'ont montré aucune variété résistante aux types identifiés du virus, les travaux de criblage réalisés par Thiemele Deless al. (2015) ont permis de sélectionner au total 29 accessions *O. glaberrima* hautement résistantes. La résistance de ces accessoires a été confirmée par le test ELISA car aucune charge virale n'a été détectée dans les feuilles infectées. Kam et al. (2013) ont montré que la résistance de la variété Giganté et Tog5681 a été surmontée par des isolats du virus de la panachure jaune (Ng122 et N144).

#### 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Toutes les voies possibles de transmission de la maladie rendent difficile la lutte contre le RYMV qui demeure un danger pour la riziculture en Afrique. L'une des voies prometteuses de cette lutte reste la sélection ou la création de variétés hautement résistantes. L'adoption de telles variétés devrait pouvoir freiner l'expansion de l'épidémie de cette maladie aujourd'hui

considérée comme le "SIDA" du riz en Afrique. Le travail ainsi réalisé, a permis d'obtenir deux types de virus avec une prédominance et agressivité remarquable du type A. Vingt une (21) variétés de riz de la collection de l'Institut d'Economie Rurale (IER) du Mali ont été évaluées par rapport aux deux types de virus provenant de la zone Office du Niger. Les variétés SK20-28 et Sim2-sumadel ont données une production comparable à leurs témoins et sont qualifiées de variétés tolérantes. Il n'existe pas de corrélation entre le nombre de talles, la hauteur, la matière sèche et le rendement. Le rendement dépend de la tolérance des variétés. Dans cette étude, l'effet de cette virose a été plus accentué sur la production de grains parmi les paramètres étudiés. La tolérance de SK20-28 est plus remarquable que celle de Sim2-sumadel. Dans la mesure où il n'existe pas de variétés résistantes idéales, il convient

d'associer les autres méthodes de lutte à la lutte génétique. Cette lutte intégrée semble être de nos jours la meilleure alternative pour juguler cette maladie.

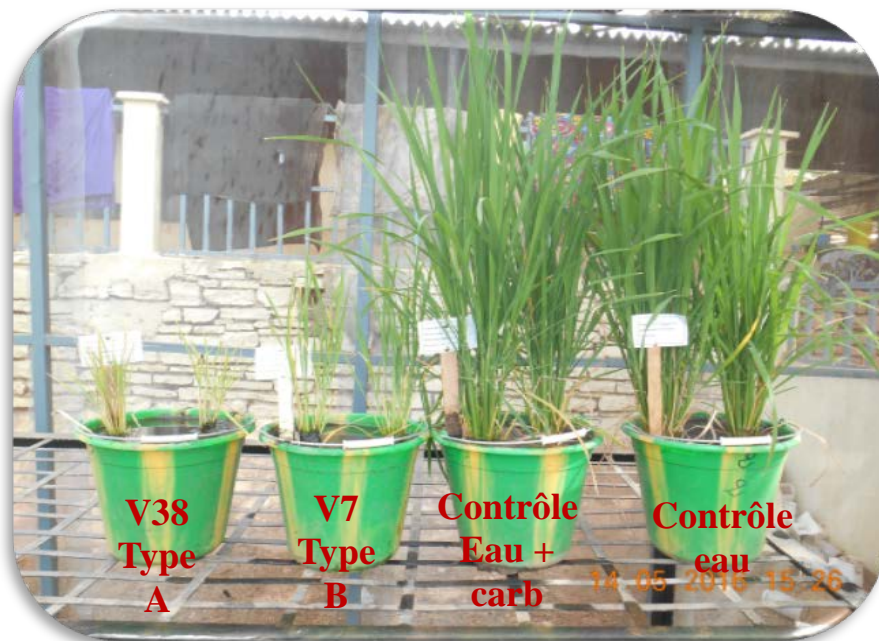
En perspectives, nous demandons :

- la poursuite de l'identification des virus et d'autres variétés tolérantes ou résistantes à la panachure ;
- envisager la lutte biologique à travers l'utilisation des microorganismes endophytes.

#### **Recommandations :**

- L'utilisation des deux variétés tolérantes SK 20-280 et Sim2-sumadel pour lutter contre la panachure ;
- L'association des autres méthodes de lutte à la lutte génétique car l'utilisation seule de cette résistance présente donc des risques élevés d'insuccès ;

### **Variété de riz : Kogoni 91-1**



**Figure 4: Aspect général de la variété Kogoni 91-1 aux deux types de virus A et B de la panachure jaune du riz. Carb : carborundum**

## 6. REFERENCES

- [1] ADRAO. (1995). Rapports annuels p 66-67, Bouake
- [2] ADRAO. (2000). Rapport annuel Points saillants des activités 12p.
- [3] Amancho A.N., Diallo H.A., Kouassi K.N., Bouet A. N'guessan K.P. (2009). Criblage de quelques variétés de riz de Côte d'Ivoire pour la résistance à la panachure jaune du riz : incidence de la maladie sur quelques caractères agronomiques Sciences & Nature Vol. 6 N°1: 27 – 37.
- [4] Anonymes. (1992, 1993). Rapports analytiques Programme Riz Irrigué IER/CRRA/Niono- MALI, 155 p.
- [5] Anonymes. (1994, 1995). Rapports analytiques Programme Riz Irrigué IER/CRRA/Niono-MALI, 160 p.
- [6] Awoderu V.A. (1991). Rice yellow mottle virus in West Africa. Tropical Pest Management, 37(4), 356-362.
- [7] ANONYME (1996). Rapports analytiques Programme Riz Irrigué IER/CRRA-Niono Mali,
- [8] 170 p.
- [9] Bakker W. (1974). Characterization and ecological aspects of Rice yellow mottle virus genus Sobemovirus: a continental problem in Africa. Plant Prot. Sci. 40 (1): 26–36.
- [10] 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.
- [11] Baris P., Zaslavsky J., Perrin S. (2005). La filière riz au Mali : compétitivité et perspectives de marché. 63p.
- [12] Belieres J.F., Barret L., Sama Z.C., Kuper M. (2006). Organisation et rôle de la profession agricole dans le développement des systèmes irrigués Quelques enseignements tirés du cas de l'Office du Niger au Mali 16p.
- [13] Bezançon G. (1993). Le riz cultivé d'origine africaine *Oryza glaberrima* Steud et les formes sauvages et adventices apparentées : diversité, relations génétiques et domestication 249p.
- [14] Buddenhagen I.W., (1983). Disease resistance in rice. NATO-Adv-Study-Inst-Ser-SerA- Life-Sci: New York Plenum Press, v 55P. 401-428.
- [15] Buddenhagen I.W., Persley G.J., (Editors) , Bidaux J.M, Fauquet C. Thouvenel J.C.,(1978). Rice in Africa. London, UK; Academic Press Inc: 356p.
- [16] CABI et l'OEPP pour l'UE. (1990). Fiche informative sur les organismes de quarantaine 8p.
- [17] Camara L., Kanté B., Kienta M.M, Maradan D., Zein K. (2014). Etude économique de l'environnement pour le secteur du riz au Mali. Rapport final de Analyse économique- environnementale du secteur du riz au Mali du projet initiative pauvreté-environnement IPE – MALI, 80p.
- [18] Cellule Nationale CEDEAO. (2010). Plan national d'investissement prioritaire dans le secteur agricole au mali- 2011-2015. 81p.
- [19] Cesarini G. L. (1982). Rice production in Africa International Institute of Tropical
- [20] Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. D+C: Development and Cooperation (Germany F.
- [21] R.) n06 p. 16-17, Nov.
- [22] Chaudhry M.H., Anwar J., Hussain S., and Din S.S.U., (1994). Interrelationships between wheat yield and its components. J. Agric. Res., 32(2): 119-126.
- [23] Cirad, UMR1096, TA40/03, 34398 Montpellier Cedex 5, France 13p.
- [24] Climate Data.Org.
- [25] CNRA INFO. (2008). La maladie de la panachure jaune du riz (RYMV) : état des connaissances et lutte. Le bulletin d'information et de liaison du Centre National de la Recherche Agronomique N°22 de Jan/Fév/Mar 2008 12p.
- [26] Coulibaly M. M'b, Konate .G. et Zongo J. D. (1999). Criblage variétal du riz pour la résistance au RYMV au Sahel Rev. CAMES - Série A, vol. 01, 1999 7p.
- [27] Coulibaly M.M'b. (1999). Etude de la résistance du riz (*Oriza* sp) au virus de la panachure jaune du riz (RYMV): Thèse de Doctorat. 137p.
- [28] Coulibaly M.Y. et Ouologuem A. (2014). Etude sur les chaines de valeur riz au Mali Rapport Final 82p.
- [29] Coulibaly Y. M., Bah S., Traore O.B., et Thiero S. (1994). La panachure jaune du riz ou Rice Yellow Mottle Virus : une nouvelle maladie du riz à l'office du Niger Mali. , République du Mali. 29p.
- [30] Courtois B. (2007). Une brève histoire de l'amélioration génétique du riz 1. 13p.
- [31] Dao K. (2014). Caractérisation moléculaire des lignées en disjonction issues de croisement de dix variétés de riz de fort potentiel de rendement pour leurs composantes de rendement. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso Institut du Développement Rural Mémoire De Fin De Cycle : Master 53p.
- [32] Dembélé S. (2013). Scénarios d'optimisation de l'utilisation des terres agricoles en milieu subsaharien: cas de

- l'office du Niger au mali thèse Du doctorat en sciences de l'environnement Université Du Québec À Montréal 174 p.
- [33] Diarra L. (1991). Contribution à l'étude de la résistance De Quelques espèces fourragères aux phénomènes de salinisation / alcalinisation Mémoire de fin d'études : Présenté pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur des Sciences Appliquées de IPR de Katibougou 43p.
- [34] Diarra S. B., Traore P. et Keita F. (2014). L'inclusion des femmes, des jeunes et des pauvres dans la chaîne de valeur du riz au mali 114p.
- [35] Groth D. LSU AgCenter Rice Research Station, Crowley, Hollier C., Rush, C., LSU AgCenter, Department of Plant Pathology and Crop Physiology, Baton Rouge LA : Rice Disease Identification Photo Link 39p.
- [36] FAO. (2013). Rice Market Monitor Trade and Markets Division Food and Agriculture Organization of the United Nations 41p.
- [37] Fauquet c., Thouvenel j. C. (1978). Identification of rice yellow mottle virus in Ivory Coast. London, UK; Academie Press p 307-310.
- [38] Fauquet C., Thouvenel J.C. (1980). La panachure jaune du riz. Les maladies
- [39] virales des plantes cultivées en Côte d'Ivoire. ORSTOM Paris, 128 p.
- [40] Fomba S.N. (1990). Rice Yellow Mottle Virus (RYMV) in Swamp rice in Guinea.
- [41] West Africa Rice Development Association, Mangrove Swamp Rice Research Program,
- [42] Freetown Sierra Leone. Internatinal Rice Research Newsletter. 15 : 6, 21
- [43] Fomba S. N. (1988). Screening for seedling resistance to rice yellow mottle virus in some rice cultivars in Sierra Leone. Plant Disease. Vol.72 No.7 pp.641-642 ref.13.
- [44] Fargette D, Hébrard E, Pinel-Galzi A. (2008). Virulence domain of the RYMV genome-linked viral protein VPg towards rice rymv1-2-mediated resistance. Archives of Virology 153: 1161–1164
- [45] Galvez G.E. (1969). hoja blanca disease for rice in proc. Symp. On the virus diseases of the rice plant, 25-28 April 1967 Los Bomos. Philippines. Johns Hopking Press. Baltimore. P35-49
- [46] GEDUR. (2009). Etude de référencement sur la productivité agricole au Mali. 103p.
- [47] (<http://www.fao.org/docrep/006/2778f/y2778f00.htm> content 41p).
- [48] HULL R. (1988). Polyhedral virions with monopartite RNA genome. Edited by Renate
- [49] Koenig. New York: Plenum Press, 146 p.
- [50] Houma.Y. (1993). Les contraintes a la riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal rapport de stage pour le DEA de géographie Université Cheikh Anta Diop Faculté des Lettres & Sciences Humaines Département de Géographie 47p.
- [51] INERA. (2003). Programme Riz et Riziculture : Document préparatoire de la relecture du plan stratégique de la recherche scientifique, Programme Riz, INERA/Station de Farako-Bâ, BoboDioulasso (Burkina Faso)
- [52] IITA. (1983). Annual Report for 1982. IITA, Ibadan Nigeria ,pp 201-203
- [53] IRD. (2006). Découverte du premier gène de résistance au virus de la panachure jaune du riz. *Fiche d'actualités scientifiques N° 247 à 206 Aout 2006.*
- [54] IRD. (2008). Actualités Scientifique La traite des esclaves à l'origine des riz sauvages américains Fiche Technique n° 304 Septembre 2008)
- [55] John V.T, Dobson R., Masajo Mt, Janaki D., Roy A.C, Alluri K., Rossel Hw. (1984-1985). Rice Pathology Virology. Annual Report, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria: 17-21.
- [56] Kam H., Laing D.M., Séré Y., Thiémélé D., Ghesquière A., Ahmadi N. and Ndjiondjop N. M. (2013). Evaluation of a collection of rice landraces from burkina faso for Resistance or tolerance to *rice yellow mottle virus*: Journal of Plant Pathology (2013), 95 (3), 485-492 Edizioni ETS Pisa, 2013
- [57] Khush G. S. (1984). Terminology for rice growing environments. Pp 5-10. In Terminology of rice growing environments. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- [58] Kouassi N.K., N'Guessan, P., Albar L., Fauquet C.M., Brugidou C. (2005). Distribution and Characterisation of Rice Yellow Mottle Virus: A Threat to African Farmers; *Plant Disease Vol. 89 N° 2*
- [59] Lançon F. (2009). Politique rizicole et sécurisation alimentaire en Afrique de l'Ouest 11p.
- [60] Lett J.M. (1997). Approche histopathologique de la résistance du riz (*oryza sativa*) au virus de la panachure jaune (RYMV) : diplôme d'études approfondies de phytopathologie Laboratoire de Pathologie Végétale Tropicale (ORSTOM). 44p.
- [61] Mali. (2007). Programme d'Action National d'Adaptation aux changements Climatiques 100p.

- [62] Mcguire J.V., Mcmillian W.W., Lamey H.A. (1960). Hoja blanca disease rice and its insect vector. *The Rice Journal* 63; 15-16-20-24.
- [63] Mérieau C. (2001). Etude des conditions d'intensification des productions bovines de la zone de Niono "Office du Niger", MALI Mémoire d'Ingénieur 183p.
- [64] Ministère de l'agriculture. (2009). Stratégie nationale de développement de la riziculture. 29p.
- [65] Nadie G. (2008). Evaluation multi locale de nouvelles variétés de riz en conditions de bas-fonds et irriguées de l'ouest du Burkina Faso 66p.
- [66] N'gon. A. Yassi, Rimenthaler C., Brugidou C., Fauquet C., Beachy R.N. (1994). Nucleotide and genome characterization of rice yellow mottle Virus rna. *J. Gen.viroi.* Reading: society for general microbiology. Feb. 1994, v 75 (p.2): p. 249-257.
- [67] Nicolas L., Notteghem J.L., Fargette D. (1993). Study on the pathogenicity of certain rice yellow mottle virus (rymv) strains and the resistance of a member of rice Cultivars (*oryza sativa*) to rymv. Doc. Project/cirad/ORSTOM. 27 p.
- [68] ORSTOM. (1987). Orientations et nouvelle organisation scientifiques de l'ORSTOM Actualités n°17-Avril-Mai 1987 Ewelen site archéologique au Niger p16-20
- [69] Ou S.H. (1985). Rice disease. CAB, Commonwealth Mycology Institute, 2nd edition. Pages 52–53.
- [70] Pathak MD, Khan ZR. (1994). Insect pests of rice. International Rice Research Institute, P.O box 933, 10999, Manila, Philippines. 1-17.
- [71] Pernès J. (1984). *Gestion des ressources génétiques des plantes*. Paris, Agence de Coopération culturelle et technique. Tome I : *Monographies*, XVI-212 p.; Tome II : *Manuel*. XII-346 p.
- [72] PYRAH, G.L. (1969). Taxonomic and distributional studies in Leersia (Gramineae). *Iowa State J. Sc.* 44: 215-270 R.) n06 p. 16-17, Nov.
- [73] Rapport PNIP-SA. (2010). Plan national d'investissement prioritaire dans le secteur agricole au mali- 2011-2015 (pnip) 81p.
- [74] Raymundo S. A., Buddenhagen I. W., Fomba S. N. and Akibobetts D. T. (1976). Recent advances in knowledge of rice viruses and resistance to beetle transmitted mottle of rice in west Africa. Seminar Monrovia, Liberia, 9p.
- [75] Raymundo S.A., Konteh I.K. (1980). Distribution, importance, screening methods and varietal reaction to Rice pale yellow mottle disease. *International Rice Commission Newsletter*, 29: 51–53.
- [76] Reckhaus P.M. , Amadou.(1986). Rice disease and their economic importance in the Niger. *FAO. Plant Protection Bulletin*, 34 (2) p. 77-82.
- [77] Reddy, P.R. (1984). Kresiek phase of bacterial blight of rice. *Oryza* 21, 179-187
- [78] République du Mali. (2007). Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques 100p.
- [79] Sarra S., Diarra L., Dembelé M. (2009). Gestion intégrée de la panachure jaune et des bactérioses du riz irrigué, Rapport final, 15<sup>ème</sup> Commission Scientifique du CNRA 25p.
- [80] Sarra S., Diarra L., Dembelé M., Coulibaly M. M., Peters D. (2011). Manuel de gestion intégrée de la panachure jaune du riz (RYMV) en riziculture irriguée 11p.
- [81] Second G. (1985). Relations évolutives chez le genre ORYZA et le processus de domestication des riz 190p.
- [82] Staartz J., Kelly V, Boughton D., Dembelé N. N., Sohlberg M., Berthé A., Skidmore M., Diarra C.O. ; Murekezi A., Richardson R., Simpson B., Perakis S., Diallo A.O. (2011). Évaluation du secteur agricole du Mali 261p.
- [83] Soule B.G. et Gansari S. (2010). La dynamique des échanges régionaux des céréales en Afrique de l'ouest 111p.
- [84] Sy. A.A. (2014). La Panachure jaune du riz en Afrique : importance économique et stratégies de gestion : communication à l'Académie des sciences, inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse. P.1-6.
- [85] Thiemele Deless E. F. Kouassi K. Nazaire I. A. E. Albar L., Ghesquiere.A.S A.(2015). Fiche technique : lutte contre la panachure jaune du riz: Identification des sources de résistance chez le riz africain, *O. Glaberrima* 7p.
- [86] Traoré O., Traoré E.V.S., Allarangaye M.D., Gumedzoé M.Y.D., Fargette D., Konaté G. Identification d'isolats virulents du virus de la panachure jaune du riz : une menace pour la lutte génétique contre le virus : Fiche Technique Maladies virales des plantes cultivées au Sahel 2p
- [87] Villar P.M.D., Bauer J.M., Maiga A., Ibrahim L. (2011). Crise rizicole, évolution des marchés et sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest 61p
- [88] Wopereis M C.S., Toon D., Philip L., Salif D., Marie-Jo. (2008). Manuel technique Référence 24 Les principales maladies du riz 3P.