

ARTICLES ORIGINAUX ORIGINAL ARTICLES

OORSPROKELIJKE ARTIKELS ARTICULOS ORIGINALES

Evaluation participative de variétés de riz dans les zones salées du Senegal, Mali et de la Gambie

O. Nd Faye^{*1}, T. Gueye² & A. Dieng²

Keywords: Salinity- Participatory varietal selection- Rice- Senegal- Mali- Gambia

Résumé

La présente étude s'inscrit dans le cadre du projet STRASA (Stress Tolerant Rice for Africa and South Asia) financé par Bill-et-Melinda-Gates et mis en œuvre par AfricaRice, en partenariat avec l'IRRI et dont l'une des composantes-phares est la recherche de variétés de riz tolérantes à la salinité. Les résultats présentés portent sur 5 essais de sélection variétale participative conduits en une année dans des conditions de salinité différentes au Mali, Sénégal et en Gambie. Le choix par les producteurs de variétés tolérantes à la salinité, soutenu par une analyse statistique des paramètres agronomiques, a permis de sélectionner les variétés présentant les meilleures performances agronomiques. L'analyse de la variance de l'interaction du génotype et de l'environnement a révélé un effet significatif sur le rendement en grains et la hauteur des variétés. Au niveau de chaque site, les performances agronomiques de quelques variétés choisies par les producteurs ont été confirmées par les analyses statistiques : il s'agit des variétés IR 72593-B-3-2-1-2-B; IR 59418-7B-21-3 et WAS 73-B-B-231-4 au Sénégal ; IR 76346-B-B-10-1-1-1 et IR 65192-4B-11-3 et WAS 73-B-B-231-4 au Mali.

Summary

Participatory Varietal Evaluation of Rice Varieties in the salt areas of Senegal, Mali and Gambia

This study is part of the STRASA project (Stress Tolerant Rice for Africa and South Asia) and implemented by AfricaRice, in partnership with IRRI. One of its key components is the search of salinity tolerant rice varieties. The results are related to 5 participatory breeding trials conducted during one year in various salt conditions in Mali, Gambia and Senegal. The choice of the salt tolerant varieties by farmers confirmed by statistical analysis of agronomic parameters allowed to select the varieties with the best agronomic performances. The variance analysis of the interaction Genotype x Environment showed a significant effect on the grain yield and on the plant height. In each site, the agronomical performances of the varieties chosen by the farmers were confirmed by statistical analysis. These varieties are: IR 72593-B-3-2-1-2-B; IR 59418-7B-21-3 and WAS 73-B-B-231-4 in Senegal; IR 76346-B-B-10-1-1-1 and IR 65192-4B-11-3 in Gambia; and WAS 73-B-B-231-4 in Mali.

¹Institut Sénégalais de Recherches Agricoles – Centre de Saint Louis Route de Khor, Saint Louis, Sénégal

²Université de Thiès – École Doctorale Développement Durable et Société, Thiès, Sénégal

*Auteur correspondant: Email: omarndf@yahoo.fr

Reçu le 10.11.15 et accepté pour publication le 03.03.17

Introduction

En Afrique Subsaharienne, le riz fait de plus en plus partie des céréales les plus consommées: en Gambie, la consommation annuelle par tête d'habitant est de 117 kg, au Sénégal 90 kg et au Mali 81,61 Kg (14). Entre 2000 et 2012, le taux d'augmentation annuelle de la consommation du riz était de 5%. Considérant ce taux et tous les autres paramètres influençant la demande intacts, la consommation du riz dans cette partie de l'Afrique devrait augmenter de 24 Mt en 2012 à 36 Mt en 2020. La production en 2020 dans cette partie de l'Afrique serait de 19 Mt de riz blanc et entraînerait un besoin d'importation de 17 Mt (42). Pour faire face à cette situation, les gouvernements africains ont développé des stratégies pour renverser cette tendance malgré les contraintes abiotiques liées aux changements climatiques. La salinité fait partie des problèmes importants qui affectent l'agriculture au niveau mondial, on prévoit dans les prochaines décennies qu'elle fera partie des problèmes les plus sérieux qui entravent les productions végétales (13). Généralement, le terme «salinité» au sens strict inclut tous les problèmes qui sont dus aux sels présents dans le sol. Cependant, trois types de salinité (13, 18) sont distingués:

- les sols sodiques (alcalins) sont caractérisés par une faible teneur en sels solubles, un Pourcentage de Sodium (Na^+) Echangeable (PSE) élevé ≥ 15 et une dégradation de la structure des sols. Le PSE est la quantité relative de l'ion sodium présent sur la surface du sol, exprimée en pourcentage de la capacité d'échange cationique total (CEC). Il traduit ainsi le taux de saturation du complexe absorbant en sodium échangeable par rapport à tous autres cations échangeables;
- les sols salins sont toujours dominés par les cations de sodium avec une conductivité électrique de plus de 4 déci-Siemens par mètre, les anions dominants sont généralement du chlore et du sulfate solubles. -Les valeurs du pH et du Rapport d'Absorption du Sodium (RAS) sont beaucoup plus faibles que dans -les sols sodiques;
- les sols sodique-alcalin ont à la fois de grandes valeurs de PSE et CE.

Plus de 6,2% des terres émergées, soit environ 837 millions d'hectares, sont affectées par la salinité (18). Cette superficie est composée de 48 % de sol salin et 52% sol sodique (9). Le monde perd au moins 3 ha de terres arables chaque minute à cause de la salinité du sol (22). Cette perte est encore estimée à près de 12 billions USD annuellement et ce montant augmente en fonction du niveau élevé de la salinité (18).

La salinité fait partie des facteurs limitant sévèrement la production des céréales, notamment le riz (46). Les plantes réagissent différemment à la salinité suivant leurs différents stades de développement.

Le riz réagit différemment à la salinité suivant les stades de développement:

- diminution de la croissance des plantules (2);
- en floraison, on note une réduction de la photosynthèse et une augmentation du nombre d'épillets vides (26);
- à la phase reproductive, le nombre de talles fertile, le poids des grains et le nombre de grains remplis diminuent (5).

La plante est très tolérante à la germination, peu sensible aux stades de tallage et maturation, mais très sensible en phase plantule et stade reproduction (25).

Les mécanismes de tolérance à la salinité peuvent être répartis en trois groupes:

-Ajustement ionique: la rentrée des ions sodium dans les vacuoles à de fortes concentrations peut entraîner un besoin d'augmenter la pression osmotique des autres compartiments cellulaires, afin de maintenir le volume (4). Quoique la synthèse et l'accumulation de composés solubles compatibles contribuent au maintien de la croissance cellulaire en conditions de stress ionique, les plantes ont développé d'autres moyens non moins efficaces tels que l'ajustement ionique afin de réduire et d'équilibrer la concentration d'ions dans le but d'ajuster la pression osmotique au niveau du cytoplasme (35, 43).

- Exclusion des ions toxiques: l'autre stratégie permettant aux plantes de survivre en condition de stress salin consiste à exclure le sodium du cytoplasme vers l'extérieur de la cellule. Dans ce cas, les plantes limitent l'entrée des éléments salins et les rejettent dans le compartiment apoplasmique (7, 34). La plante évite ainsi leur accumulation à des concentrations toxiques dans les feuilles. Une défaillance de cette exclusion entraîne une toxicité au niveau des feuilles les plus âgées qui meurent prématurément après quelques jours ou semaines selon l'espèce (39);
- La compartimentation vacuolaire: celle-ci consiste à évacuer du cytoplasme les ions Na^+ en excès vers la vacuole, afin d'éviter leur effet toxique et inhibiteur à l'encontre des processus enzymatiques (17). Cette action nécessite un cloisonnement de Na^+ et Cl^- au niveau cellulaire et intracellulaire pour éviter les concentrations toxiques dans le cytoplasme, en particulier dans les cellules de mésophile de la feuille (35).

Chez la variété de riz Nona Borka, les mécanismes tels l'évitement de l'entrée de Na^+ dans les parties aériennes, l'accumulation de Na^+ dans les gaines et le maintien de la croissance ont été mis en évidence (27).

Les méthodes de sélection conventionnelle telles que l'hybridation, la mutation, le «shuttle breeding» (sélection par navette) ont permis de développer les premières variétés tolérantes à partir des variétés traditionnelles tolérantes. Les variétés CSR 10, CSR 13, CSR23, CSR27, CSR30, CSR36, PSBRc48, PSBRc86, PSBRc88 et NSIC Rc106 ont été développées avec des lignées recombinantes (21). Dans le cadre du projet STRASA, quatre variétés ont été homologuées pour leur tolérance à la salinité dans l'écologie de mangrove en Gambie et Sierra Leone avec l'approche de la SVP (Sélection Variétale Participative) parmi lesquelles War 73-1-M2-1 et WAR 77-3-2-2.

La variété de riz traditionnelle POKKALI, tolérante à la salinité et se développe dans les zones de l'Etat du Kerala en Inde, elle a été soumise en culture cellulaire pour l'induction de variation somaclonale. Une des variétés obtenues TCCP 266-2-49-B-B-3 a présenté des caractéristiques plus intéressantes: tolérance à la salinité, péricarpe blanc, meilleure qualité du grain et le rendement s'est amélioré (23). Les variétés mères Nona Borka, I Kong Pao (IKP), Srimalaysia I ont aussi été utilisées avec cette approche pour développer des populations testées au Sénégal, en Côte d'Ivoire et au Maroc (10). La première variété de riz tolérante à la salinité développée par la culture des anthères avec indica x indica en IRRI (International Rice Research Institute) et homologuée en Philippines en 1995, est IR51500-AC11-1 sous le nom de PSBRc50 «Bicol» (43). La Corée du Sud, dans le cadre du projet KAFACI (Korea - Africa Food and Agriculture Cooperative Initiative) est en train de caractériser des variétés obtenues par la culture des anthères avec le croisement des sous espèces japonica et indica pour le rendement et la tolérance aux stress abiotiques (24).

L'utilisation des marqueurs en sélection a permis d'améliorer la rapidité et l'efficacité des programmes de sélection. L'identification du QTL (Quantitative Trait Loci) saltol, responsable du caractère de tolérance à la salinité en stade plantule dans le chromosome 1 du riz, a fait beaucoup avancer la sélection variétale (20). D'autres QTL ont été ainsi détectés dans cette même région: QNa pour l'absorption des Na^+ (16), QTL pour absorption Na^+ , concentration des K^+ et Na/K^+ (25), SKC1 ou OsHKT8, RNTQ1, SDS1 (29), transport Na^+ et Cl^- dans la tige (3), qST1 (28). Des QTL ont été aussi découverts au niveau des chromosomes 3, 4, 10 et 12 (19), chromosomes 4, 6 et 9 (16). L'utilisation des marqueurs moléculaires a ainsi révolutionné la sélection variétale notamment du riz sur les stress abiotiques de façon générale.

Pour lever cette contrainte de la salinité, AfricaRice et l'IRRI, en partenariat avec 12 pays d'Afrique, conduisent le projet STRASA (Stress Tolerant Rice for

Africa and South Asia) depuis 2008. Un des objectifs de ce projet est de développer et diffuser des variétés tolérantes au stress abiotique.

L'approche choisie pour mettre à la disposition des producteurs des variétés de riz tolérantes à la salinité est la Sélection Variétale Participative (SPV). Cette approche permet d'améliorer le taux d'adoption des variétés au niveau des producteurs en impliquant ces derniers dans les premières étapes de sélection. En effet, l'objectif principal d'un programme de sélection doit être de faire adopter les variétés homologuées par les producteurs.

Durant la phase I de ce projet (2008-2010) en 2009, les activités de SPV (première année) ont été conduites en Afrique de l'Ouest dans trois pays Sénégal, Mali et Gambie (AfricaRice, 2009). Il s'agissait d'essais de criblage de variétés dans des conditions de stress salinité. L'objectif principal était de permettre aux paysans de choisir, parmi une gamme de nouvelles lignées/variétés mises en condition de stress de salinité, celles perçues comme les mieux adaptées à leurs propres champs et avec des caractéristiques agronomiques appropriées à leurs activités culturelles.

Méthodologie

Approche de Sélection Variétale Participative

La sélection variétale participative est une approche d'amélioration variétale développée par AfricaRice qui s'organise autour des lignées avancées en fixité, des variétés diffusées et des variétés locales. La stratégie fondamentale a été d'impliquer activement les producteurs et d'autres acteurs dans la recherche et le développement de riz. Le succès d'un développement de l'agriculture doit commencer et terminer avec les paysans (40). La SVP dure 3 ans, en première année, une pépinière d'observation ou un essai de criblage avec un nombre de variétés compris entre 30 et 100, est installé pour permettre aux producteurs et les différents chercheurs de l'équipe de visiter une à trois fois (en phase végétative, reproduction et maturité) l'essai afin d'apprécier les caractères agronomiques et de productivité des variétés. En années deux et trois, les variétés choisies (une dizaine) seront en tests multi locaux (mother trials) et en essais paysans (entièrement conduit par le paysan avec 3 variétés pour chacun) (45). Cette présente étude concerne le criblage en année 1 de la sélection variétale participative.

Sites: les essais ont été installés au Mali, en Gambie et au Sénégal

Au Mali, trois essais ont été conduits dans la zone de production rizicole de l'Office du Niger du Cercle Niono située entre les latitudes 13°30 et 15°45 et les longitudes 50°5 et 6°35 dans la région de Ségou durant l'hivernage 2009.

Le Cercle de Niono présente un relief plat dans l'ensemble, avec des sols bruns rouges constitués de dunes arasées et de plaines sablonneuses des sols hydromorphes à gley. Le climat est de type sahélien avec des précipitations en moyenne de 425 mm. Les ressources en eau sont constituées principalement des « falas » (ancien lit du fleuve Niger), (32). Les trois essais sont installés dans les fermes N9, N1 (casier de RETAIL) et la ferme semencière du casier de Kolodougou.

En Gambie, l'essai a été conduit à Kaiaf (Lower River Region), village situé à 170 km de Banjul entre 13°24'00" Nord, 15°37'00" Ouest (1). La pluviométrie moyenne est de 800 mm sur la moitié Ouest du pays et de 700 mm sur à l'Est. La pauvreté du sol, en raison de l'intrusion de sel, l'acidité, la sécheresse et la non-disponibilité de variétés améliorées à haut rendement sont quelques-unes des principales contraintes de la mangrove pour la production de riz en Gambie. Sous climats très contrastés, quand la salinité de l'eau dépasse celle de l'eau de mer; la mangrove est souvent rabougrie et son étendue, réduite aux dépens de zones nues, sursalées (31). Au Sénégal, l'essai a été installé dans la station expérimentale de recherche de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), du Centre de Recherches Agricoles de Saint Louis situé à 16°14'N, 16°14'W dans le village de Ndiol dans la zone du Delta de la vallée du Fleuve Sénégal. Cette partie du Sénégal se caractérise par une saison des pluies de Juillet à Septembre avec une moyenne de 220 mm, un climat chaud et humide avec une humidité relative très élevée et des températures qui oscillent entre 23°C et 35°C. Le sol de type «Hollaldé» est caractérisé par une forte teneur en argile comprise entre 50 à 75% avec une bonne capacité de rétention en eau.

Matériel végétal

Dans chaque site, le matériel utilisé est constitué de 40 variétés dont 36 à évaluer et 4 témoins composés d'une variété locale choisie au niveau de chaque pays, 2 témoins reconnus pour leur tolérance à la salinité au niveau international et 1 témoin sensible (Tableau 1). Excepté la variété témoin local, toutes les variétés ont été livrées par AfricaRice siège Cotonou avec plus de 60% du matériel venant de l'IRRI.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé était un «augmented design» dans chaque site. Il est composé d'une seule répétition avec 6 blocs au niveau de chaque site. Chaque bloc contenait 10 parcelles élémentaires avec 6 variétés à évaluer et 4 témoins (une variété dans chaque parcelle). Les témoins sont répétés dans chaque bloc sous forme d'un dispositif en blocs de Fisher.

Le dispositif augmenté est recommandé quand le nombre de variétés à tester est élevé et la quantité de semences ne permettant pas de faire une répétition. Les variétés testées sont comparées à des témoins qui possèdent assez de semence pour une répétition (15).

Conduite culturale

Les plants ont été repiqués dans tous les sites après une pépinière d'une vingtaine de jours. Chaque parcelle élémentaire contenait 5 lignes de 5 mètres chacune et les plants repiqués avec un espacement de 20 cm entre deux lignes et 20 cm entre deux pieds.

Au Mali et au Sénégal, les doses de fertilisation minérale utilisées sont composées de N-P avec respectivement de 120–20 et 128–28, apportées sous forme d'urée (46%N) et de DAP (18% N et 46% P).

Visite animée

Une visite guidée avec les producteurs permettant de choisir les variétés les plus performantes a été organisée dans chaque site. Au Mali, deux visites animées ont été organisées dans chaque site aux stades de l'épiaison et de la maturité pour apprécier, avec producteurs les performances des différentes variétés.

La première visite avait pour objectif de mettre en contact les paysans des différents sites avec les nouvelles variétés et de se faire une première opinion avant la maturité. Avec la deuxième visite, les variétés les plus performantes répondant aux critères des producteurs ont été choisies. Les participants ont été aussi soumis à un questionnaire d'évaluation. Ainsi 30 personnes ont été invitées à raison de 10 par village. Les responsables du service conseil rural de l'Office du Niger (zone de Niono) ont également participé à cette visite.

En Gambie, la visite animée de l'essai KAIAP a concerné 24 producteurs pour choisir les meilleures variétés et dégager les critères déterminants.

Au Sénégal, la visite commentée a été organisée à Ndiol, cent trente-trois producteurs et productrices représentant les GIE et autres organisations paysannes de Saint Louis à Kassack ont participé à la sélection des variétés tolérantes à la salinité. Les partenaires Africa-Rice station Sahel de Saint Louis, SAED, DR/DR et ANCAR ont été bien représentés.

Caractérisation de la salinité

Mali

Les mesures de pH et CE, effectuées 9 fois à partir du 25^{ème} jour après repiquage, sont illustrées dans le tableau 2. La conductivité électrique très faible et la variation du pH un peu élevé montre une tendance des sols à une alcalinisation. En effet, au niveau de l'Office du Niger, la contrainte salinité se manifeste sous forme d'une alcalinisation/sodisation plutôt qu'une salinisation proprement dite, (36).

Tableau 1
Généalogie des variétés.

N°	Variétés	Généalogie
1	IR 4630 (témoin tolérant)	PELITA I-1/POKKALI (ACC 8948)//IR 2061-464-2//IR 1820-52-2
2	FL478 (témoin tolérant)	FL478
3	POKKALI (Témoin tolérant)	POKKALI
4	IR 29 (Témoin sensible)	IR 1561-149-1//IR 1737//IR 833-6-2-1-1
5	IR 76346-B-B-10-1-1-1	IRRI 126//IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86)
6	IR 67067-2B-8-2	KHAO DAWK MALI 105//IR 53519-26-4-2-1-3//IR 11141-6-1-4
7	IR 31247-3B-8-2-1	IR 54/WELI HANDIRAN//OM 1630-108-2
8	IR 72593-B-3-2-3-5	IR 20//IR 24//IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86)
9	IR 72593-B-3-2-3-8	IR 20//IR 24//IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86)
10	IR 72593-B-3-2-2-2-B	IR 20//IR 24//IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86)
11	IR 72046-B-R-1-1-2-1-B	IR 31142-14-1-1-3-2*2//IR 31406-333-1
12	IR 73571-3B-11-2	AGAMI M//IR 68003-45-2-2
13	WAS 174-B-1-1	IR 4630-22-2//IR 67418-238-6-2-3-3
14	IR 65192-4B-11-3	IR 9884-54-3-1E-P1 (PSB RC 48)//KUATIK PUTIH
15	WAS 174-B-10	IR 4630-22-2//IR 67418-238-6-2-3-3
16	IR 59418-7B-21-3	IR 31375-3-3-1-1/GETU (ACC 17041)//IR 10198-66-2
17	CSR 89 IR 15	IR 4630-22-2-5-1-3/NONA BOKRA//DAMODAR//IR 9764-45-2-2
18	IR 76393-2B-7-1	IR 71657-5R-B-12 PB//IRRI 126
19	WAS 174-B-1-14	IR 4630-22-2//IR 67418-238-6-2-3-3
20	IR 71991-3R-2-6-1	IR 5//IRRI 126
21	IR 66946-3R-178-1-1	IR 29/POKKALI B
22	IKONG PAO	IKONG PAO
23	ROHYB 6	CCA/RH 2
24	IR 61920-3B-22-2-1 (NSIC RC 106)	IR 32429-47-3-2/WAGWAG
25	ECIA 31-6066 (Sahel 210)	IR 1529-430//IR 759-54-2-2-2
26	IR 72593-B-3-2-1-2-B	IR 20//IR 24//IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86)
27	IR 66401-2B-6-1-3	IR 10206-29-2-1//IR 29337-36-3
28	WAS 73-B-B-253-2	IR 4630-22-2//IR 31785-58-1-2-3-3
29	IR 71895-3R-60-3-1	IR 55182-3B-14-3-2//IR 65185-3B-8-3-2 (PSB RC 84)
30	IR 72593-B-3-2-3-14	IR 20//IR 24//IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86)
31	IR 1829-3R-89-1-1	IR 1366-120-3-1//IR 1539-111
32	WAS 191-7-WAB-1-WAS-1	TOG 5681/4*IR 64//IR 64//IR 64
33	IR 61247-3B-8-2-1	BG 367-4/AT 401
34	IR 64419-3B-13-1	TCCP 266-2-49-B-B-3*2//IR 68
35	WAS 73-B-B-231-4	IR 4630-22-2//IR 31785-58-1-2-3-3
36	WAS 201-B-2	WAS 201
37	D 14	D 14
38	BW 293-2 (SAHEL 201)	IR 2071-586/BG 400-1-SLR
39	NSIC RC 106	IR 32429-47-3-2/WAGWAG
40	SAHEL 108 (Témoin local Sénégal)	IR 30 (BPH S)/BABA WEE//IR 36
41	ROK 5 (Témoin local Gambie)	SR 26 B/WELLINGTON SEL
42	RP KN 2 (Témoin local Mali)	JERAK//IR 8

Généalogie - source (BMS 3.0.8, 2015).

Tableau 2
Evolution du pH du sol et de la
CE de l'eau d'irrigation au Mali /
Ferme N9 et N1.

Sites	Jours Après Repiquage	pH	CE (dS/m)
N9	25	8,21	0,527
	38	7,2	0,238
	53	7,35	0,32
	59	7,71	0,406
N1	24	8,05	0,086
	38	6,8	0,073
	70	7,45	0,068
FMS	21	8,22	0,421
	69	8	0,562

Source (AfricaRice, Sénégal, Mali and
Gambie, 2009).

Tableau 3
Résultats des analyses de sol avant repiquage.

Echantillon	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Moyenne
Ph	5,93	6,01	5,9	5,4	-	5,64	6,05	5,97	6,03	5,86
CE en dS/m	3,98	4	4,36	17,5	4,93	4,77	6,02	12,5	5,49	7,06

Ce phénomène qui a pris naissance avec les aménagements hydro-agricoles a entraîné une destruction des propriétés physico-chimiques des sols.

Gambie

La conductivité électrique n'a pas été mesurée à KAIAF. Cette zone de mangrove est caractérisée par une pauvreté du sol en raison de l'intrusion du sel, l'acidité et la sécheresse.

Sénégal

Le choix de la parcelle a été fait suivant les résultats des analyses de la salinité des échantillons de sol du site (Tableau 3). Le niveau de salinité du sol était assez hétérogène et variait entre 17,5 dS/m et 3,98 dS/m. Finalement, le site a été retenu pour installer l'essai avec une pré-irrigation pour atténuer la salinité jusqu'à 3 dS/m et l'homogénéiser. La salinité a été suivie par parcelle hebdomadairement en mesurant la conductivité électrique (CE) de l'eau d'irrigation. La relation entre la concentration en sel (C) et la conductivité électrique (EC) est approximativement: $C = 640 EC$ (49). Un appareil de conductimètre électrique a été utilisé pour les mesures de salinité (CE) et de Ph. L'appareil a deux électrodes permettant d'effectuer des mesures de Ph et de CE. A Ndiol, les mesures de salinité se faisaient deux fois par semaine avant drainage et après irrigation. Douze mesures par parcelles ont été effectuées, la moyenne de CE des parcelles avant l'installation de l'essai était de 7,06 dS/m.

Paramètres agronomiques

Les paramètres agronomiques étudiés sont le rendement (RDT) en Kg/ha; la hauteur (HM) en cm, du sol à la dernière feuille paniculaire au stade maturité et le nombre de talles (TM) par plant à la récolte. Les données ont été managées avec le «Breeding Management System» et les analyses des interactions génotypes et environnements effectuées avec le «Breeding View». Au niveau de chaque site, les moyennes des paramètres des variétés testées ont été comparées aux 5 références (témoins, tolérants, sensibles et local).

Quant aux observations et mesures, elles ont été effectuées conformément au manuel de IRRI SES (Standard Evaluation System for rice) et concernent (23):

- Nombre moyen de talles: TM;
- Hauteur moyenne des plantes à maturité: HM;
- Taux de stérilité : pourcentage de grains vides: Ster;
- Poids de mille grains: PMG;
- Rendement: Rendt;
- Mesures de conductivité électrique: CE;
- Notation effet du sel «scoring».

Tableau 4
Variétés choisies par les producteurs au Mali.

N°	Variété	Rang	Raisons du choix
V1	Was 73-B-B-231-4	1 ^{ère}	Résistant au sel; bon tallage; bonne épiaison; panicules longues bon rendement ; cycle court.
V17	IR 76346-B-B-10-1-1-1	2 ^{ème}	Résistant au sel; bon tallage; bonne épiaison; panicules longues ; cycle court.
V14	IR 72593-B-3-2-3-8	3 ^{ème}	Résistant au sel; bon tallage; bonne épiaison; bon rendement pas de verse ; cette variété n'est pas attaquée par les oiseaux et grain blanc.

Source (AfricaRice, Sénégal, Mali and Gambie, 2009).

Tableau 5
Variétés choisies par les producteurs en Gambie.

Variétés	Nombre de producteurs qui ont choisis la variété
IR 76346-B-B-10-1-1-1	4
IR 65192-4B-11-3	4
IR 61247-3B-8-2-1	3
IR 72593-B-3-2-3-14	3

Tableau 6
Variétés choisies par les producteurs – Site de Ndiol.

Variétés	Nombre de fois sélectionné	Critères de Choix
D14	19	Bonne épiaison - bon tallage - bonne vigueur - panicule chargée - grains lourds bien remplis
IR 72593-B-3-2-1-2-B	16	Bonne épiaison - bon tallage - épis bien fournis - port gros
WAS 73-B-B-231-4	16	Bon tallage - bonne épiaison - taille moyenne - bonne qualité des grains pas de brisures - des grains très fins
IR 59418-7B-21-3	13	Bonne épiaison - bon tallage - peu attaqué par les oiseaux - pas de verse -bonne charge de l'épi

Résultats

Visites guidées

Mali

Une visite animée dans l'ensemble des sites a permis aux producteurs de choisir les trois meilleures variétés en donnant des raisons pour expliquer leur choix (Tableau 4). Les trois meilleures variétés choisies sont: Was 73-B-B-231-4; IR 76346-B-B-10-1-1-1 et IR 72593-B-3-2-3-8. Les critères qui ont permis aux producteurs de choisir ces variétés sont:

- Le bon tallage;
- La bonne épiaison;
- L'absence de dégâts d'oiseaux;
- Le cycle court;
- Le rendement.

Gambie

En Gambie, les producteurs de la zone de KAIAF ont visité l'essai au stade maturité et choisi les variétés qui répondaient à leurs critères (Tableau 5). Les critères de choix des variétés exprimés par les producteurs sont:

- La vigueur;
- La hauteur entre 90 et 120 cm pour éviter la submersion et faciliter la récolte manuelle;
- La charge de la panicule (nombre de grains);
- La précocité.

Les producteurs du Mali et de la Gambie ont un choix variétal commun sur IR 76346-B-B-10-1-1-1.

Tableau 7
Moyennes du nombre moyen de talles (TM) après analyse de la variance.

Genotypes	FMS	Classe	Gambie	Classe	N1	Classe	N9	Classe	Sénégal	Classe	Moyenne	Classe
BW 293-2 (Sahel 201)			12	2	14,7	17	23	1	27	13	19,175	1
CSR-89IR15	12,3	28,5			8	37,5	13	32	38,6	1	17,975	5
D14	12,7	27			12	32	13	32	20,6	33	14,575	25
ECIA 31-6066 (Sahel 210)	15	10	10	4,5	14,5	18	13	32	21,8	28,5	14,86	21
FL 478	12,2	30	6	15	17,5	6	15,1	18	31,5	7	16,46	11,5
IKP	15,4	8	4	28,5	15,8	14	12,8	34	23,4	25	14,28	29
IR 1829-3R-89-1-1	14	16	9	6,5	20,9	1	11	36,5	20,8	32	15,14	20
IR 29	12,8	26	7	11	11,1	34	11	36,5	25,7	17	13,52	36
IR 31247-3B-8-2-1	7,8	39	5	22,5	12,4	28	6	39	25,4	19,5	11,32	40
IR 4630 (Tolérant)	8,6	37	9	6,5	16	12,5	15,7	15	17,1	38	13,28	38
IR 59418-7B-21-3	11,8	31	6	15	16	12,5	15,7	15	19,4	35	13,78	34
IR 61247-3B-8-2-1	14	16	5	22,5	12	32	17,3	6	32	6	16,06	14
IR 61920-3B-22-2-1	13,9	18			12,3	29	12,4	35	28,8	9	16,85	9
IR 64419-3B-13-3	16,3	5	5	22,5					27,9	10	16,4	13
IR 65192-4B-11-3	14	16	8	9	14	21,5	7,3	38	25,1	21	13,68	35
IR 66401-2B-6-1-3	14,6	12	5	22,5	12,5	26,5	13,1	30	26,9	14,5	14,42	27
IR 66946-3R-178-1-1	13	23,5	5	22,5	13,7	23	13,6	29	21,3	30	13,32	37
IR 67076-2B-8-2	13,4	20	6	15	12	32	17,1	8	27,5	12	15,2	19
IR 71895-3R-60-3-1	17,5	2	5	22,5	19,4	2	14,7	23,5	27,7	11	16,86	8
IR 71991-3R-2-6-1	15	10	8	9	12,2	30	16,1	10	21,8	28,5	14,62	24
IR 72046-B-R-1-1-2-1-B	12,9	25	6	15	12,5	26,5	14	26	25,4	19,5	14,16	30,5
IR 72593-B-3-2-1-2-B	18	1	6	15	14,2	20	17,4	3,5	37,5	2	18,62	2
IR 72593-B-3-2-2-2-B	13,2	21,5	6	15	13,3	25	15,8	13	22,3	27	14,12	32
IR 72593-B-3-2-3-14	16,7	3,5	4	28,5	14	21,5	17,3	6	36,7	3	17,74	6
IR 72593-B-3-2-3-5	13	23,5	10	4,5	17,6	5	14,7	23,5	18,1	36,5	14,68	22
IR 72593-B-3-2-3-8	14,2	14	12	2	15,6	15	15	20,5	16,4	39	14,64	23
IR 73571-3B-11-2	10	34	6	15	15,4	16	14	26	23,9	23	13,86	33
IR 76346-B-B-10-1-11	14,5	13	4	28,5	19,1	3	18,1	2	23,8	24	15,9	16
IR 76393-2B-7-1-13-1	16	7	5	22,5	9,6	36	16	11,5	33	4	15,92	15
NSIC RC 106	16,2	6	5	22,5	7,2	39	15,7	15	26,7	16	14,16	30,5
POKKALI (Tolérant)	9,2	36	8	9	16,2	11	15	20,5	11,1	40	11,9	39
ROHYB 6	13,2	21,5	4	28,5	17,4	7	15	20,5	32,7	5	16,46	11,5
Témoin local	16,7	3,5	12	2	8	37,5	15,5	17	19,5	34	14,34	28
WAS 174-B-1-1	10,1	33			10,5	35	13,9	28	23,3	26	14,45	26
WAS 174-B-1-10	9,9	35			17	8	16,5	9	18,1	36,5	15,375	18
WAS 174-B-1-14	11,7	32			14,3	19	16	11,5	24	22	16,5	10
WAS 191-7-WAB-1-WAS-1	12,3	28,5			16,8	9	17,3	6	26,9	14,5	18,325	4
WAS 201-B-2	15	10			16,4	10	17,4	3,5	25,5	18	18,575	3
WAS 73-B-B-231-4	7,9	38			18,3	4	14	26	30,4	8	17,65	7
WAS 73-B-B-253-2	13,7	19			13,5	24	15	20,5	21,2	31	15,85	17
Moyenne	13.3		6.76		14.2		14.7		25.2			
Probabilité (Génotype x Sites)											<0.001	
Probabilité (Génotype)											0,514	

Tableau 8
Moyennes des hauteurs plants (HM) après analyse de la variance.

Genotypes	FMS	Classe	Gambie	Classe	N1	Classe	N9	Classe	Sénégal	Classe	Moyenne	Classe
BW 293-2 (Sahel 201)			105	2,5	112	14	114	8	61	22	98	6
CSR-89IR15	89	37,5			108	18	73	38	43	40	78	40
D14	93	30,5			113	13	105	26,5	62	20	93	18
ECIA 31-6066 (Sahel 210)	100	20,5	90	5,5	98	31,5	101	31,5	68	14	91	27
FL 478	101	16,5	96	4	102	27	101	31,5	61	23	92	23
IKP	96	27,5	86	9	98	31,5	96	35	58	30	87	33
IR 1829-3R-89-1-1	111	6	70	19,5	118	7	120	4	75	4	99	5
IR 29	108	7	88	8	111	15	123	3	53	36	97	7
IR 31247-3B-8-2-1	90	35	68	23,5	153	1	152	1	81	2	109	2
IR 4630 (Tolérant)	114	4,5	106	1	95	35,5	103	29	50	37	94	17
IR 59418-7B-21-3	93	30,5	72	16,5	85	39	94	36	58	29	80	38
IR 61247-3B-8-2-1	101	16,5	67	26	124	3	108	18	50	38,5	90	30
IR 61920-3B-22-2-1	102	14			114	11,5	102	30	66	16	96	8
IR 64419-3B-13-3	102	14	65	29					73	11	80	39
IR 65192-4B-11-3	91	33	72	16,5	89	38	100	33,5	61	26	83	36
IR 66401-2B-6-1-3	100	20,5	75	15	114	11,5	107	21,5	58	31	91	28
IR 66946-3R-178-1-1	89	37,5	80	11,5	116	9,5	112	11	56	32	91	29
IR 67076-2B-8-2	114	4,5	70	19,5	121	5	119	5	54	35	96	9
IR 71895-3R-60-3-1	106	8	80	11,5	105	23,5	115	7	54	33	92	25
IR 71991-3R-2-6-1	105	9	77	14	110	16	105	26,5	65	17	92	22
IR 72046-B-R-1-1-2-1-B	117	3	66	27	123	4	139	2	74	10	104	3
IR 72593-B-3-2-1-2-B	102	14	68	23,5	116	9,5	109	16	74	7,5	94	16
IR 72593-B-3-2-2-2-B	100	20,5	70	19,5	103	26	100	33,5	63	18	87	32
IR 72593-B-3-2-3-14	98	26	68	23,5	117	8	113	9,5	74	5,5	94	15
IR 72593-B-3-2-3-5	99	24,5	80	11,5	101	28,5	111	12,5	74	9	93	19
IR 72593-B-3-2-3-8	100	20,5	90	5,5	105	23,5	108	18	60	28	93	21
IR 73571-3B-11-2	104	10,5	80	11,5	106	20,5	105	26,5	68	13	93	20
IR 76346-B-B-10-1-11	103	12	65	29	119	6	116	6	74	5,5	95	11
IR 76393-2B-7-1-13-1	99	24,5	70	19,5	105	23,5	105	26,5	62	21	88	31
NSIC RC 106	85	39	68	23,5	96	34	107	21,5	63	19	84	35
POKKALI (Tolérant)	147	1	89	7	149	2	110	14,5	50	38,5	109	1
ROHYB 6	134	2	65	29	101	28,5	107	21,5	104	1	102	4
Témoin local	95	29	105	2,5	95	35,5	78	37	61	25	87	34
WAS 174-B-1-1	100	20,5			97	33	110	14,5	70	12	94	13
WAS 174-B-1-10	100	20,5			108	18	111	12,5	60	27	95	12
WAS 174-B-1-14	90	35			105	23,5	113	9,5	74	7,5	95	10
WAS 191-7-WAB-1-WAS-1	90	35			108	18	108	18	61	24	92	26
WAS 201-B-2	104	10,5			99	30	107	21,5	67	15	94	14
WAS 73-B-B-231-4	92	32			93	37	106	24	78	3	92	24
WAS 73-B-B-253-2	96	27,5			106	20,5	70	39	54	34	82	37
Moyenne	102		78		109		107		64			
Probabilité (Génotype x Sites)											<0.001	
Probabilité (Génotype)											525	

Sénégal

La visite animée des producteurs dans le site de Ndiol a permis de sélectionner quatre variétés les mieux appréciées par les producteurs (Tableau 6). Parmi les critères de choix variétal dégagés par les producteurs on note:

- La précocité;
- Le tallage;
- La charge de la panicule en grains;
- La forme du grain.
- La variété WAS 73-B-B-231-4 a été choisie aussi par les producteurs des trois sites du Mali.

Résultats agronomiques analysés

Le nombre de talles moyen (TM)

L'évolution du TM est influencée significativement par l'interaction des génotypes et des sites ($Pr < 0,001$). Le TM des variétés entre les trois sites du Mali ne se distingue pas de façon significative, la plus petite différence significative étant de 9 talles par plant. Au Sénégal, le tallage moyen des variétés est significativement le plus important avec près de 25 talles par plant en moyenne contre 7 talles/plant en Gambie (voir tableau 7).

Au Mali, sur le site N1, 10 variétés testées se sont mieux adaptées en tallage que le meilleur témoin tolérant POKKALI avec un nombre de talles variant entre 21 et 16 par plant. Quant au site N9, 13 variétés ont une expression en tallage plus important que POKKALI (meilleur témoin dans ce site), le nombre de talles par plant de ces variétés varie entre 23 et 16. Dans le dernier site du Mali (FMS), trois variétés ont développé des performances meilleures que la variété locale (meilleur témoin) avec un tallage compris entre 18 et 17.

Au Sénégal, la variété IR 29, supposée sensible à l'effet du sel, a développé le meilleur tallage parmi les témoins. Sur les 36 variétés, 16 se sont distinguées par leur tallage avec des performances meilleures que les témoins. Le nombre de talles de cette classe de variétés varient entre 39 et 27 par plant.

En zone de mangrove (Gambie), deux variétés seulement se trouvent avec la variété locale (témoin) dans la meilleure classe avec 12 talles par plant. Le témoin tolérant à la salinité IR4630 est à 9 talles par plant.

La Hauteur Moyenne (HM)

L'analyse de l'interaction des variétés (génotypes) et sites (environnements) a révélé un effet hautement significatif sur l'évolution de la hauteur des plants ($Pr < 0,001$). Les hauteurs moyennes des variétés dans les trois sites du Mali sont significativement les plus grandes avec 102, 109 et 107 cm respectivement au niveau de FMS, N1 et N9 que dans les deux autres sites. Au Sénégal, la croissance des plantes semble plus affectée avec une moyenne de 64 cm contre 78 cm en Gambie (Tableau 8).

Mali

La croissance des plantes dans les trois sites du Mali ne semble pas très affectée. Dans le site N1, la variété IR 31247-3B-8-2-1 occupe à elle seule la première classe avec 153 cm de hauteur suivi du meilleur témoin POKKALI. Au niveau de FMS, les variétés évaluées ne sont pas plus performantes en hauteur que le meilleur témoin (POKKALI). Les variétés IR 31247-3B-8-2-1 et IR 72046-B-R-1-1-2-1-B ont les plus grandes hauteurs avec 152 et 139 cm suivies de IR 29 (témoin).

Sénégal

Onze variétés ont développé une hauteur variant entre 101 et 71 cm, plus grande que celle du meilleur témoin (variété locale). Les deux témoins supposés tolérants aux conditions de salinité ont une hauteur de 50 cm.

Gambie

La hauteur des variétés varie entre un maximum de 106 (témoin IR4630) et un minimum de 65 cm avec une moyenne de 78 cm. La Sahel 201 a la plus grande hauteur des variétés testées.

Le rendement (kg/ha)

L'interaction génotype x environnement a un effet significatif sur la variation du rendement dans les cinq sites ($Pr < 0,001$). Les trois sites du Mali ont les rendements les plus élevés avec des moyennes de 4152 ; 3890 et 3970 Kg/ha respectivement à FMS, N1 et N9. Au Sénégal, le rendement moyen est de 2627 kg/ha avec un maximum de 5625 kg/ha. En Gambie, les rendements sont plus faibles avec une moyenne de 988 kg/h et un maximum de 2105 kg/ha (Tableau 9).

Mali

Dans le premier site (FMS), les rendements les plus élevés sont obtenus avec six variétés: D14; ECIA 31-6066 (Sahel 210); IR 64419-3B-13-3; IR 66401-2B-6-1-3; IR 61247-3B-8-2-1 et IR 72593-B-3-2-3-14, variant entre 6208 et 4933 kg/ha. La variété locale a le meilleur rendement des témoins avec 4901 kg/ha. Quant au site N9, la variété WAS 73-B-B-231-4 s'adapte mieux avec 6287 kg/ha, suivi du meilleur témoin (variété locale). Dans le troisième site N1; 17 variétés testées ont des rendements variant de 6343 à 5552 kg/ha et le meilleur témoin est encore la variété locale avec 3790 kg/ha.

Le classement des variétés sur l'ensemble des sites du Mali permet de ressortir trois variétés IR 61920-3B-22-2-1; WAS 73-B-B-231-4 et D14 avec des rendements respectifs de 6343; 6287 et 6208 kg/ha. Le rendement du témoin (variété locale) est à 5570 kg/ha.

Tableau 9
Moyennes des rendement (kg/ha) par variété.

Genotypes	FMS	Classe	Gambie	Classe	N1	Classe	N9	Classe	Sénégal	Classe	Moyenne	Classe
WAS 174-B-1-10	2311	39			2988	32	3541	27	1469	29	2577	33
FL 478	2549	38	1251	8	3015	31	2556	36	3312	10	2537	34
WAS 174-B-1-1	2555	37			2753	35	3632	25	2844	15	2946	26
IR 4630 (Tolérant)	2614	36	2105	1	2686	37	2523	37			2482	36
ROHYB 6	2732	35	1130	13	5552	2	5286	5	2969	13,5	3534	12
CSR-89IR15	3050	34			2824	34	3840	22			3238	19
WAS 174-B-1-14	3077	33			3050	30	3500	28	1562	28	2798	30
IR 29	3251	32	870	19	2732	36	2326	38	5625	1	2961	25
POKKALI (Tolérant)	3351	31	1795	4	3368	26	3884	20	4000	5	3280	18
IR 59418-7B-21-3	3381	30	912	17	4262	13	4347	13	5219	2	3624	9
IR 73571-3B-11-2	3425	29	340	28	3645	21	2756	35	1375	33	2308	38
IR 72593-B-3-2-2-2-B	3818	28	638	20	2977	33	3831	23	1375	33	2528	35
IR 65192-4B-11-3	3832	27	1269	6	3808	17	5111	7	2688	17	3341	16
WAS 191-7-WAB-1-WAS-1	3917	26			3639	22	4226	14	2563	18	3586	10
IR 61920-3B-22-2-1	4262	25			6344	1	5379	3	3906	8	4973	1
IR 31247-3B-8-2-1	4321	24	406	26	3146	28	1608	39	1438	30	2183	40
IR 66946-3R-178-1-1	4380	23	1278	5	4313	12	5052	9	3125	12	3630	8
IR 76346-B-B-10-1-11	4392	22	1969	3	4454	10	3286	29	1313	34	3083	24
IKP	4423	21	298	29			2884	32	1719	27	2331	37
WAS 73-B-B-231-4	4429	20			3853	16	6287	1	3750	9	4580	2
IR 71991-3R-2-6-1	4433	19	1221	10	3566	24	5372	4	2250	20	3368	15
IR 72593-B-3-2-3-5	4460	18	1097	14	3970	15	3121	31	2063	23	2942	27
IR 67076-2B-8-2	4476	17	1174	11	3599	23	2882	33	2063	23	2839	29
IR 72593-B-3-2-3-8	4506	16	1223	9	3565	25	3914	19	2781	16	3198	21
WAS 73-B-B-253-2	4508	15			3213	27	3188	30	1875	25	3196	22
IR 1829-3R-89-1-1	4547	14	899	18	5023	5	4826	11	3938	7	3847	6
IR 72593-B-3-2-1-2-B	4607	13	580	23	3731	20	3624	26	5188	3	3546	11
IR 72046-B-R-1-1-2-1-B	4688	12	629	21	3145	29	2771	34	2219	21	2690	32
IR 76393-2B-7-1-13-1	4701	11	1252	7	4728	9	3804	24	3938	7	3684	7
IR 71895-3R-60-3-1	4760	10	430	25	4204	14	3849	21	1250	35	2899	28
NSIC RC 106	4797	9	292	30	2445	38	3942	18	2500	19	2795	31
WAS 201-B-2	4858	8			4805	8	5256	6	3250	11	4542	4
Témoin local	4901	7	2005	2	3790	18	5570	2	844	38	3422	13
IR 72593-B-3-2-3-14	4934	6	970	15	5280	4	3982	17	5063	4	4046	5
IR 61247-3B-8-2-1	4998	5	594	22	5357	3	4624	12	969	37	3308	17
IR 66401-2B-6-1-3	5039	4	1134	12	4395	11	4947	10	1406	31	3384	14
IR 64419-3B-13-3	5166	3	398	27					1125	36	2230	39
ECIA 31-6066 (Sahel 210)	5284	2	920	16	3783	19	4219	15	1813	26	3204	20
D14	6208	1			4966	6	4060	16	2969	14	4551	3
BW 293-2 (Sahel 201)			558	24	4854	7	5062	8	2063	23	3134	23
Moyenne	4152		988		3890		3971		2627			
Probabilité (Genotype x Sites)											<0.001	
Probabilité (Genotype)											0.0077	

Tableau 10
Pedigree des variétés choisies par les producteurs.

Parents	Variétés	Pays
IR 20/IR 24//IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86)	IR 72593-B-3-2-2-2-B	Sénégal
IR 20/IR 24//IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86)	IR 72593-B-3-2-3-14	Gambie
IR 20/IR 24//IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86)	IR 72593-B-3-2-3-8	Mali
IRRI 126/IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86)	IR 76346-B-B-10-1-1-1	Mali - Gambie
IR 9884-54-3-1E-P1 (PSB RC 48)/KUATIK PUTIH	IR 65192-4B-11-3	Gambie
IR 31375-3-3-1-1/GETU (ACC 17041)//IR 10198-66-2	IR 59418-7B-21-3	Sénégal
IR 4630-22-2/IR 31785-58-1-2-3-3	WAS 73-B-B-231-4	Sénégal - Mali
BG 367-4/AT 401	IR 61247-3B-8-2-1	Gambie
D 14	D 14	Sénégal

Tableau 11
Variétés sélectionnées pour les essais multi locaux (avancés).

Sénégal	Mali	Gambie
IR 72593-B-3-2-3-14	IR 61920-3B-22-2-1	IR 76346-B-B-10-1-11
*IR 72593-B-3-2-1-2-B	WAS 73-B-B-231-4	IR 65192-4B-11-3
IR 59418-7B-21-3	D14	IR 66946-3R-178-1-1
IR 76393-2B-7-1-13-1	ROHYB 6	FL 478
IR 1829-3R-89-1-1	IR 71991-3R-2-6-1	IR 76393-2B-7-1-13-1
IR 61920-3B-22-2-1	IR 61247-3B-8-2-1	IR 71991-3R-2-6-1
WAS 73-B-B-231-4	IR 72593-B-3-2-3-14	IR 72593-B-3-2-3-8
WAS 201-B-2	WAS 201-B-2	IR 67076-2B-8-2
FL 478	IR 76346-B-B-10-1-1-1	IR 61247-3B-8-2-1
D14	IR 72593-B-3-2-3-8	IR 72593-B-3-2-3-14

* Variété choisie par les producteurs

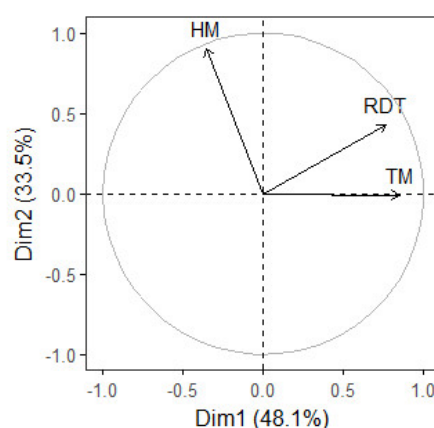


Figure 1: Analyse des composantes principales de rendement - Corrélation entre les différents paramètres étudiés.

Les sept variétés complétant le top des 10 meilleures variétés suivant le rendement sont: ROHYB 6; IR 71991-3R-2-6-1; ECIA 31-6066 (Sahel 210); IR 61247-3B-8-2-1; IR 72593-B-3-2-3-14; WAS 201-B-2 et IR 64419-3B-13-3.

Sénégal

Trois variétés testées: IR 59418-7B-21-3; IR 72593-B-3-2-1-2-B et IR 72593-B-3-2-3-14 ont des rendements plus élevés que le témoin tolérant POKKALI (4000 kg/ha). Les dix variétés testées qui s'adaptent mieux dans ce site d'après les moyennes de rendements du GXE sont : IR 59418-7B-21-3; IR 72593-B-3-2-1-2-B; IR 72593-B-3-2-3-14; IR 1829-3R-89-1-1; IR 76393-2B-7-1-13-1; IR 61920-3B-22-2-1; WAS 73-B-B-231-4; FL 478 et WAS 201-B-2.

Gambie

Les variétés testées ont des rendements plus faibles que les deux meilleurs témoins (IR 4630 et la variété locale avec 2105 et 2005 kg/ha respectivement). Les dix meilleures variétés testées : IR 76346-B-B-10-1-11; IR 66946-3R-178-1-1; IR 65192-4B-11-3; IR 76393-2B-7-1-13-1; FL 478; IR 72593-B-3-2-3-8; IR 71991-3R-2-6-1; IR 67076-2B-8-2; IR 66401-2B-6-1-3 et ROHYB 6 ont des rendements évoluant entre 1969 et 1130 kg/ha.

Discussions

Choix des producteurs

Neuf variétés ont été choisies dans les trois pays. L'analyse de leur généalogie (Tableau 10) permet de constater que:

- trois variétés sont sœurs: IR 72593-B-3-2-2-2-B; IR 72593-B-3-2-3-14 et IR 72593-B-3-2-3-8;
- quatre variétés ont les mêmes donneurs du caractère de tolérance à la salinité PSB RC 86: les 3 variétés sœurs et IR 76346-B-B-10-1-1-1
- la variété IR 65192-4B-11-3 (Gambie) a un parent PSB RC 48.

En fait, les variétés donneurs PSB RC 86 et PSB RC 48 font partie des premières développées en IRRI pedigree modifié (bulk à partir de F2 jusqu'à F4 ou F5, ensuite sélection par panicule comme pedigree) et «shuttle breeding» ou sélection par navette.

La variété IR 59418-7B-21-3 a aussi un parent tolérant à la salinité: GETU qui fait aussi partie des premières variétés de l'IRRI développées par la sélection conventionnelle (46).

La variété WAS 73-B-B-231-4 (Mali et Sénégal) a comme parent récurrent IR 4630 qui est un témoin international tolérant à la salinité.

Quant à la variété IR 61247-3B-8-2-1 (Gambie), son parent donneur AT 401 est un descendant de POKKALI qui fait partie des premières variétés traditionnelles tolérantes à la salinité découverte en Inde (pedigree AT 401: AT 94-1/POKKALI). Ce choix des producteurs traduit donc une expression génétique issue d'un schéma de sélection variétale très riche.

Paramètres agronomiques

L'effet significatif de l'interaction génotype et l'environnement sur la variation des paramètres étudiés traduisent la différence des types de salinité différents entre les pays. Au Mali, la salinité est sous forme d'une alcalinisation caractérisée par une faible teneur en sels solubles, un pourcentage Na^+ échangeables ESP élevé ≥ 15 et dégradation de la structure des sols. Au Sénégal, la salinité est de type salin. Les sols salins sont dominés par les cations de sodium avec une conductivité électrique de plus de 4 dS/m, les anions dominants sont généralement du chlore et du sulfate solubles. Les valeurs du Ph et SAR sont beaucoup plus faibles que dans les sols sodiques (11). En Gambie, les mangroves sont classées dans le type de salinité salin mais se distinguent dans la gestion de la lame d'eau. La non-maîtrise de cette lame d'eau (système pluvial – défaut de drainage) entraîne des remontées salines plus importantes et fatales sur les jeunes plantules. La réaction des variétés riz à la salinité durant la phase de tallage est similaire à celle généralement développée par certaines variétés de riz soumises à un déficit hydrique au stade végétatif. L'effet défavorable du déficit hydrique peut être compensé chez les variétés à stade végétatif long par l'apparition de nouvelles talles après la période de sécheresse, mais lorsque celle-ci devient trop longue et sévère et que certains pieds sont flétris, la compensation n'est plus possible (48).

L'évolution du nombre de talles/plant n'est pas significative entre les variétés ($\text{Pr}=0,514$). Le riz est une plante peu sensible à la salinité au tallage et très sensible en maturité (25).

La hauteur aussi a une variation entre les variétés non significative ($\text{Pr}=0,525$). La croissance du riz en stade plantule est ralentie en condition de salinité (2). Cependant au niveau du rendement, les variétés se distinguent significativement ($\text{Pr}=0,0077$). Le riz est très sensible à la salinité durant la phase de reproduction: diminution du nombre de talles fertiles, des grains remplis (5). Les effets de la salinité sont plus graves au Sénégal et en Gambie. En Gambie, avec la mangrove la gestion de la parcelle devient plus difficile à cause du manque de drainage. L'eau stagne parfois pendant longtemps et n'est renouvelée que pendant la pluie, ce qui entraîne des niveaux de salinité très élevés.

Dans cette zone, le niveau de mortalité des plants est plus important (10 variétés perdues) et les rendements sont les plus faibles. Au Sénégal, les pics de salinité de 7 à 12 dS/m ont entraîné des pertes de rendement considérables. La variété locale comme témoin utilisée est la Sahel 108 qui a une performance en milieu paysan dans des conditions de non stress salinité de 7,5 tonnes / ha n'a donné que 843,75 kg/ha. Ce qui traduit l'incidence de salinité de -87% pour une variété sensible.

Au Mali, le niveau faible de la CE et le pH, pas très basique, a permis aux plantes de mieux s'exprimer en rendement. En moyenne au niveau des trois sites, 28 variétés ont donné des meilleurs que le témoin local.

Combinaison du choix des producteurs et des résultats statistiques

Parmi les critères de choix dégagés par les producteurs, trois seulement sont analysés statistiquement : le rendement, le tallage et la hauteur. L'analyse des composantes principales de rendement permet de montrer la bonne corrélation entre le tallage TM et le rendement RDT (Figure 1). Le critère hauteur a été choisi en Gambie et s'explique par le mode de récolte. Dans ces zones de mangrove, la récolte s'effectue manuellement et les plants de grande taille sont plus faciles à récolter. Ce critère est très déterminant pour faire adopter une variété dans ces zones.

La première variété WAS 73-B-B-231-4 choisie par les producteurs du Mali, se distingue des deux autres par son rendement qui, dans les trois sites, a une moyenne de 6287 kg/ha (supérieur au meilleur témoin). Au niveau du tallage, les variétés IR 76346-B-B-10-1-1-1 et IR 72593-B-3-2-3-8, choisies par les producteurs, ont un nombre de talles par plant moyen de 17 et 14 respectivement. Ce tallage est plus important que les deux témoins tolérants. Au Sénégal, les variétés IR 72593-B-3-2-1-2-B et IR 59418-7B-21-3, choisies par les producteurs ont des rendements respectifs de 5218 et 5187 kg/ha, rendements supérieurs aux deux témoins tolérants. Quant à la variété WAS 73-B-B-231-4, elle se distingue aussi de ses grains longs et fins. Les Sénégalais préfèrent les grains de riz longs et fins. La variété IR 72593-B-3-2-2-2-B choisie par les producteurs, s'exprime aussi en tallage comme le témoin tolérant IR 4630.

En Gambie, les deux variétés choisies par les producteurs ont donné de bonnes performances: IR 76346-B-B-10-1-1-1 (meilleure variété testée) et IR 65192-4B-11-3 (3^{ème} position) dans le classement des moyennes de rendement après GXE. La combinaison du choix des producteurs et des moyennes des paramètres après les analyses combinées de variances permet d'intégrer les critères des producteurs qui ne sont pas souvent pris en compte dans le processus de sélection. En dehors des composantes du rendement, les producteurs, en fonction des pratiques culturelles, des modes alimentaires ou du marché, cherchent d'autres caractères sur le riz liés aux attaques d'oiseaux, la qualité du grain, la taille, la réaction du plant à une pression des mauvaises herbes (capacité du plant à se développer vite). Faisant suite au processus de la sélection variétale participative, les essais multi locaux (45) conduits en année 2 vont être composés 10 variétés sélectionnées par pays (Tableau 11):

Sénégal: 9 variétés suivant les analyses de paramètres agronomiques contenant déjà 3 variétés choisies par les producteurs et la variété D14; Mali: 8 variétés dont une déjà choisie par les producteurs et 2 ajoutées : IR 76346-B-B-10-1-1-1 et IR 72593-B-3-2-3-8;

Gambie: 2 variétés choisies par les producteurs sont déjà dans la liste des 8 meilleures performances agronomiques et 2 autres complètent la dizaine: IR 61247-3B-8-2-1 et IR 72593-B-3-2-3-14.

Conclusion

L'implication des producteurs dans le schéma de sélection de sélection revêt une importance capitale. Elle permet d'avoir les critères majeurs d'appréciation des variétés au niveau producteurs et améliore le taux d'adoption des variétés homologuées. Cette implication des producteurs permet, dès ce stade de la sélection, de prendre en compte leur choix et de diffuser les performances des variétés.

Dans le cadre des activités du groupe d'actions des sélectionneurs de riz en Afrique, le nombre de variétés testées en première année de la SVP est une trentaine et, si la quantité de semence n'est pas un facteur limitant, le dispositif expérimental utilisé est généralement un alpha lattice avec 3 répétitions (15). Les autres essais qui suivent pendant les deux autres années sont essentiellement conduits en milieu paysan, ce qui va permettre aux producteurs de confirmer les performances des variétés dans leur propre champ et de juger le niveau d'adoption. L'objectif de tout programme de sélection est de mettre à la disposition des producteurs des variétés plus productives que les dernières vulgarisées avec un taux d'adoption meilleur. Cependant, la sélection variétale participative, telle qu'utilisée pour intégrer le choix du producteur, connaît quelques limites. En effet, dans un dispositif statistique, le producteur effectue son choix sans tenir compte des répétitions ou des blocs. Dans certains cas, le choix est effectué dans une seule répétition. Au lieu donc d'un choix, un barème de notation simple de chaque parcelle permettrait de faire des analyses statistiquement et ainsi de mieux les intégrer les avis des producteurs. En année 2, les 10 variétés choisies dans chaque pays seront conduites en essais multi locaux et en essais paysans. Les premiers essais doivent être au nombre de 4 dont un site en station pour faire la caractérisation DHS (Distinction Homogénéité et Stabilité) et les 3 autres pour les VATE (Valeur Agronomique et Environnement).

L'homologation des variétés est du ressort du Comité National Semences Plants qui, en son sein, doit disposer d'une unité chargée d'effectuer les tests de caractérisation DHS et VATE.

La variété est une œuvre scientifique de plusieurs années de recherches, elle doit être ainsi être bien identifiée pour une bonne protection.

Références bibliographiques

1. AfricaRice, 2010, *Rapport annuel 2009, Cotonou Bénin*
2. Amirjani M.R., 2010, Effect of NaCl on Some Physiological Parameters of Rice. *EJBS*, **3**, 1, 6-16.
3. Ammar M. 2004, *Molecular mapping of salt tolerance in rice. New Delhi, India*. Ph.D. Thesis, Indian Agricultural Research Institute.
4. Amtmann A. & Leigh R. 2010, *Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation*. In: A. Pareek, S. Sopory, H. Bohnert, & Govindjee, *Ion homeostasis* (pp. 245–262)
5. Asch F., Dingkuhn N. & Dorffling K., 2000, Salinity increases CO₂ assimilation but reduces growth in field-grown, irrigated rice. *Plant Soil*, **218**, 1-10.
6. Assemien N.K., 1984, *Réponse physiologique du riz (Oryza sativa L.) au déficit hydrique. Etude comparée de types culturaux (variété pluviale, variété aquatique)*. Thèse de doctorat ingénieur à Ecole Nationale Supérieure Agronomique.
7. Blumwald E., Grover A. & Good A., 2004, *Breeding for abiotic stress resistance: challenges and opportunities* «New directions for a diverse planet». 4th International Crop Science Congress
8. BMS 3.0.8, 2015, *Manage list*.www.integratedbreedingsystem.net téléchargé 17/03/2015
9. Bot A.J., Nachtergaele F.O. & Young A., 2000, Land resource potential and constraints at regional and country levels. *World Soil Resour. Reports*, **90**. FAO, 113.
10. Bouharmont J., 1991, *Utilisation de la variation somaclonale et de la sélection in vitro à l'amélioration du riz*. In: *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides* (pp. 1-8.). Parus: AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext.
11. Chinnusamy V., Jagendorf A., Zhu J.K., 2005, Understanding and improving salt tolerance in Plants. *Crop Sci.*, **45**, 2, 437(12) (ISSN: 0011-183X)
12. Diagne A., Eyram A.A., Futakuchi K., & Wopereis M.C., 2013, *Estimation of Cultivated Area, Number of Farming Households and Yield for Major Rice-growing Environments in Africa*. In: Wopereis M.C., D. E. Johnson N., Ahmadi E. Tollens, & Jalloh A., *Realizing Africa's Rice Promise* pp. 46-68. CABI, AfricaRice.
13. FAO SOIL PORTAL. <http://www.fao.org/>: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/salt-affected-soils/more-information-on-salt-affected-soils/en/> accédé 06/08/2015
14. FAO, MAFA, SPAAA, 2013, *Analyse des incitations et pénalisation pour le riz au Mali*. <http://www.fao.org/mafap/accueil-du-spaaa/fr/> téléchargé le 03/02/2015
15. Federer W.T., & Raghavarao D., 1975, On augmented Designs. *Biometrics*, **31**, 29-35.
16. Flowers T., Koyama M., Flowers S., Sudhakar C., Singh K. & Yeo A., 2000, QTL: their place in engineering tolerance of rice to salinity, *J. Exp. Bot., Col.*, **51**, 342.
17. Flowers T., Troke P., & Yeo A., 1977, The mechanisms of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **28**, 89-121.
18. Ghassemi F., Jakeman A., & Nix H., 1995, *Salinization of Land and Water Resources*. Canberra, Australia. Univ. New South Wales Press, Ltd.
19. Gregorio G.B., Senadhira D., & Mendoza R.D., 1997, *Screening for salinity tolerance*. IRRI Discussion Paper Series N° 22.
20. Gregorio G., Senadhira D., Mendoza R., Manigbas N., Roxas J., & Guerta C., 2002, *Progress in breeding for salinity tolerance and other abiotic associated stresses in rice*. *Field Crops Res.*
21. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/> (accédé 25/12/2015)
22. IPTRID, 2006. *Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation*. https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Salinisation_irrigation.pdf téléchargé le 31/01/2014
23. IRRI, 1996, *Standard Evaluation System for Rice*. IRRI.
- 23'. IRRI, 2015 Récupéré sur http://www.knowledgebank.irri.org/ricebreedingcourse/Breeding_for_salt_tolerance.htm. (accédé ce 25/12/2015) ».
24. KAFACI, 2012, <http://www.kafaci.org/projects/project.asp> téléchargé le 30/07/2015
25. Koyama M., Levesley A., Koebner R., Flowers T., & Yeo A., 2001, Quantitative trait loci for component physiological traits determining salt tolerance in rice, *Plant Physiol.* **125**, 406-422.
26. Laffitte H.R., Yongsheng G., Yan S., & Li Z.K., 2007, Whole plant responses, key processes, and adaptation to drought stress: the case of rice, *J. Exp. Bot.*, **58**, 2, 169-75.
27. Le Quang H. 2004, *Analyse de la tolérance du riz à la salinité par l'approche SSH-microarrays*. Rennes: ENSAR, XV-175 p: Thèse de doctorat: Biologie et agronomie.
28. Lee S., Ahn J., Cha Y., Yun D., Lee M., Ko J. & Eun M., 2006, Mapping of Quantitative Trait Loci for salt tolerance at the seedling stage in rice. *Mol. Cell.*, **21**, 2, 192-196
29. Lin H., Zhu M., Yano M., Gao J., Liang Z., Su W. & Chao D., 2004, QTLs for Na⁺ and K⁺ uptake of the shoots and roots controlling rice salt tolerance, *Theor. Appl. Genet.* **108**, 253-260.
30. MAER, 2014, *Programme National Autosuffisance en Riz. Rapport, Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural du Sénégal*.
31. Marius C., 1985, *Mangroves du Sénégal et de la Gambie - Ecologie Pedologie Géochimique Mise en valeur et aménagement*. ORSTOM.
32. Mérieau C., 2001, *Etude des conditions d'intensification des productions bovines de la zone de Niono*, "Office du Niger", Mali. Mémoire d'ingénieur.
33. Munns R., 2005, Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol.*, **167**, 3, 645-63.
34. Munns R., & Termaat A. 1986. Whole-plant responses to salinity, *Aus. J. Plant Physiol.*, **13**, 1, 143-160.
35. Munns R., & Tester M., 2008, Mechanism of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, **59**, 651-81.

36. Ndiaye M. & Guindo D. 1998. *Evolution des sols irrigués de la vallée Niger (Mali) Sodisation et alcalinisation sous riziculture*. IER, Mali.
37. Patricio Mendez del Villar, Jean-Martin Bauer, Aliou Maiga & Laouali Ibrahim, 2011, *Crise rizicole, évolution des marchés et sécurité alimentaire en Afrique Ouest. Agence Française de Développement*, <http://www.inter-reseaux.org/ressources/article/etude-crise-rizicole-evolution-des?lang=fr> accédé 02/02/2015.
38. Rana M., & Mark T., 2008, Mechanisms of Salinity Tolerance, *Annu. Rev. Plant Biol.*, **59**, 651-81.
39. Rana Munns & Mark Tester, 2008, Mechanisms of salinity tolerance, *Annu. Rev. Plant Biol.*, **59**, 651-81
40. Rhoades R.E. & Booth R.H., 1982, Farmer-back-to-farmer: a model for generating acceptable agricultural technology. *Agric. Administration*, **11**, 127-137
41. Sairam R., & Tyagi A., 2004, Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Curr. Sci.*, **86**, 407-421.
42. Seck P.A., Touré A.A., Coulibaly J.Y., Diagne A. & Wopereis M.C., 2013, *Africa's Rice Economy Before and After Rice Crisis*. In: M.C. Wopereis, D.E. Johnson, N.T. Ahmadi & A.E. Jalloh, *Realizing Africa's Rice Promise* (pp. 24 - 34). AfricaRice Cotonou Bénin: CAB International 2013.
43. Senadhiraa D., Zapata-Arias F., Gregorio G., Alejar M., Cruz H., Padolina T. & Galvez A., 2002, Development of the first salt-tolerant rice cultivar through indica/indica anther culture. *Field Crop Res.*, **76**, 89-222
44. Shabala S., & Cuin T., 2007, Potassium transport and plant salt tolerance, *Physiol. Plant*, **133**, 4, 651-69.
45. Sié M., Dogbé S. & Diatta M., 2009, *Sélection variétale participative du riz - Manuel du technicien. AfricaRice*.
46. Singh A.K., Ansari M.W., Pareekh A. & Sneh L.S.P., 2008, Raising salinity tolerant rice: recent progress and future perspectives. *Physiol. Mol. Biol. Plant.*, **14**, 1&2.
47. Singh R. & PBGB I., 2015, *Breeding salt tolerant*. Retrieved from R.K. Singh: www.irri.org accédé 02/07/2015
48. Stern W.G. & Voight L., 1959, Effect of salt concentration on growth of red mangrove in culture. *Bot. Gaz.*, **121**, 36-39.

O. Ndaw Faye, Sénégalais, PhD, Chercheur, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles – Centre de Saint Louis, Sénégal.

T. Gueye, Sénégalais, PhD, Enseignant- Chercheur, Université de Thiès, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles – Centre de Saint Louis, Sénégal.

A. Dieng, Sénégalais, PhD, Directeur, Université de Thiès, Ecole Nationale Supérieur d'Agriculture, École Doctorale Développement Durable et Société, Thiès, Sénégal.