

ANALYSE DES APTITUDES GENERALE ET SPECIFIQUE A LA COMBINAISON POUR LE RENDEMENT PADDY DES HYBRIDES DE RIZ EN ZONE OFFICE DU NIGER AU MALI

GENERAL AND SPECIFIC COMBINING ABILITY ANALYSIS OF RICE HYBRID PADDY YIELD IN OFFICE DU NIGER IN MALI

MENIDIOU DOLO^{1*}, OUSMANE NIANGALY², NIABA TEME³

¹Institut d'Economie Rurale, BP 258, Bamako, Mali, dolo_m_1@yahoo.fr

²Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée, BP 224, Katibougou, Mali, ousmanenia2000@yahoo.fr

³Institut d'Economie Rurale, BP 258, Bamako, Mali, niabateme@gmail.com

Résumé

La présente étude a été réalisée pour étudier l'aptitude générale et spécifique à la combinaison de 24 hybrides F1 de riz. Les expérimentations ont été menées à la station de Niono et à la sous-station de Kogoni en zone l'Office du Niger pendant la campagne 2018. Le matériel utilisé dans les deux sites était composé de 24 hybrides de riz. Le dispositif utilisé était Apha Lattice avec trois répétitions donc un modèle de Bloc Incomplet Randomisé (RIBD).

L'analyse de variance pour l'aptitude à la combinaison par site, a concerné cinq paramètres (le nombre de talles, le cycle, la longueur de la panicule, le poids de 1000 graines et le rendement paddy des hybrides). L'analyse indique un effet hautement significatif des femelles pour le cycle à Niono et Kogoni et significatif pour le nombre de talles et la longueur de la panicule à Kogoni. A Kogoni, pour les caractères mesurés, le parent mâle Nenekala a une bonne aptitude générale à la combinaison avec toutes les femelles et deux femelles (IR70369A et IR73328A) se combinent bien avec tous les mâles. A Niono, le parent mâle Wapmo se combine bien avec toutes les femelles et les femelles IR73328A et IR68897A se combinent bien avec tous les mâles. Des parents femelles et mâles avec des effets positifs d'aptitudes générales et spécifiques à la combinaison ont été identifiés. Ces parents tant mâles que femelles peuvent être utilisés pour le développement des hybrides F1 de riz à haut potentiel de rendement.

Mots clés : AGC, ASC, Caractères, Hybride F1, Sélection

Abstract

The present study was carried out to explore the general and specific combining ability of 21 F1 rice hybrids. These F1 hybrids and three high yielding lines as checks were experimented at Niono Agronomic Research Station and Kogoni Substation during 2018 cropping season in the rice production area of the Office du Niger in Mali. Alpha lattice design with three replications, an Incomplete Randomized Block (RIBD) model, was used. Analysis of variance for the combining ability covered five parameters per site: number of tillers, maturity, panicle length, thousand seed weight and paddy yield. Analyses of variance results indicate a highly significant females effects for maturity at Niono and Kogoni and significant for number of tillers and panicles length at Kogoni. At Kogoni, the male parent Nenekala has a good general combining ability with all females and two females (IR70369A and IR73328A) combine well with all males. At Niono, the male parent Wapmo combines well with all females and females IR73328A and IR68897A combine well with all males. Female and male parents with positive general and specific combining effects were identified. These parents, both males and females, can be used for the development of high yield potential F1 rice hybrids.

Keywords: AGC, ASC, Characters, F1 Hybrid, Selection

1. Introduction

Le riz est l'une des principales sources alimentaires des zones urbaines au Mali. Il joue un intérêt commercial assez important tant sur le plan local, national que sous régional. Le riz est assimilé à l'or blanc en zone Office du Niger et constitue une véritable culture de rente. Mais sa production demeure toujours insuffisante pour satisfaire les besoins en consommation nationale (PRI, 2019). C'est ainsi que, suite aux années de sécheresse au Mali, un accent particulier a été mis sur le développement des cultures irriguées pour booster la production agricole et, notamment celle du riz irrigué. En effet, la riziculture irriguée, avec maîtrise de l'eau, est l'une des cultures stratégiques qui contribue à plus de 50 % de la production nationale du riz s'élevant en 2016 à 2 331 053 tonnes (CPS, 2016). Cette contribution est due à l'adoption à grande échelle de variétés productives mises au point par le Programme Riz Irrigué et appréciées par les consommateurs (Dolo, 2009). Cependant, à l'heure actuelle, l'autosuffisance alimentaire en riz passe forcément par la culture d'autres types de variétés qui exploitent mieux la vigueur hybride qui est la manifestation de la supériorité de l'hybride sur ses parents (Hallauer et *al.* 2010).

C'est ainsi qu'il est envisagé la culture à grande échelle des hybrides de riz afin de contribuer à relever ce défi, car cette nouvelle technologie permet une amélioration des rendements de 15 à 20 % soit plus d'une tonne de paddy / ha par rapport aux meilleures variétés déjà disponibles (Courtois, 2007). Les variétés de riz actuellement produites au Mali particulièrement dans la zone Office du Niger ont un rendement moyen de 6 t/ha (Dolo, 2018). La promotion de la culture des hybrides de riz peut contribuer à l'amélioration du niveau de revenu des producteurs et productrices du riz des grands et des petits aménagements hydro agricoles avec maîtrise de l'eau, en l'occurrence de l'Office du Niger (PRI, 2018).

La sélection des parents élites pour une bonne combinaison est capitale pour tout programme de développement des hybrides F1 de riz. Il est important de connaître si une variété, qui possède une valeur intéressante pour un caractère donné, transmet tous les gènes favorables impliqués dans l'expression de ce caractère à sa descendance dans une série de croisements (Fellahi et *al.* 2019).

Le concept des aptitudes à la combinaison, formulé par (Sprague et Tatum, 1942), apporte des éléments très précis quant à la qualité de la transmission des caractères d'un parent à sa descendance. La présente recherche consiste à évaluer les aptitudes à la combinaison générale et spécifique de trois variétés élites du programme Riz Irrigué.

2. Matériel et méthodes

Pendant l'hivernage 2018, à la station de Niono et à la sous-station de Kogoni, le facteur étudié a été la variété à 24 niveaux de variation comprenant 3 témoins de productivité (Wassa, Kogoni 91-1 et Nenekala) et 21 hybrides F1.

Le dispositif expérimental utilisé a été un Alpha Lattice en 3 répétitions avec 3 sous-blocs par répétition. La superficie élémentaire pour l'évaluation agronomique des hybrides F1 a été de 5m² (1m x 5m) soit 6 lignes de 5m/ parcelle. Les plants âgés de 21 jours en pépinière ont été repiqués à 2 plants par poquet aux écartements de 0,20 m entre les lignes et 0, 20 m entre les poquets.

La fertilisation apportée a été de 60 kg/ha de Di-Ammoniac Phosphate et 90 kg/ha de chlorure de potasse une semaine après le repiquage et 325 kg/ha d'urée en 4 fractions. L'urée a été apportée (30% = 97.5 kg/ha) au tallage, (40% = 130 kg/ha) à l'initiation paniculaire, (20% = 65 kg/ha) à la floraison et (10 % = 32,5 kg/ha) au stade laiteux.

Observations et collecte des données

Au cours de la végétation, un certain nombre d'observations et de mesures biométriques ont été effectuées. Elles ont porté sur :

- le nombre de talles/m² : il a été déterminé par comptage sur 1m² en fin de tallage ;
- la date de maturité (cycle semis-maturité) : elle a été notée en nombre de jours du semis à la maturité des grains, lorsque 80 à 90 % des grains de la panicule sont murs (couleur de la glume jaune paille) ;
- la longueur de la panicule : elle est déterminée par mesure de 10 panicules choisies au hasard dans chaque parcelle élémentaire en divisant la somme totale par 10 ;
- le poids de 1000 grains (g) : il est déterminé par comptage et pesée de 1000 grains issus des 10 panicules prélevées dans chaque traitement ;
- le rendement grain parcellaire à 14% d'humidité : il a été évalué par la détermination du taux d'humidité à l'aide d'un humidimètre à chaque pesée et a été obtenu par la formule suivante :

$$\text{Poids Corrigé en g} = \frac{100 - \text{Taux actuel}}{100 - 14} \times \text{Poids br} \quad (1)$$

- Rendement en kilogramme/ha à 14% d'humidité : il a été estimé en extrapolant le rendement parcellaire de chaque traitement sur l'ensemble de la superficie totale d'un ha. Il est obtenu par la formule suivante :

$$\text{Rendement en kg/ha} = \frac{\text{Poids corrigé} \times 10^4}{\text{Surface parcellaire}} \quad (2)$$

- Aptitude Générale à la Combinaison (AGC) : le calcul de l'Aptitude Générale à la Combinaison des parents femelles et mâles a été effectué selon les formules de (Derera et Makanda, 2009).

$$\text{AGCf} = X_f - \mu$$

$$\text{AGCm} = X_m - \mu, \text{ où}$$

AGCf = Aptitude Générale à la Combinaison du parent femelle ;

X_f = Moyenne du parent femelle ;

AGCm = Aptitude Générale à la combinaison du parent mâle ;

X_m = Moyenne du parent mâle ;

μ = Moyenne générale des croisements

Aptitude Spécifique à la Combinaison (ASC) : le calcul de l'Aptitude Spécifique à la Combinaison des parents femelles et mâles a été effectué selon les formules de (Derera et Makanda, 2009).

$$\text{ASCx} = X_x - (\text{AGCf} + \text{AGCm} + \mu)$$

Où

AGCf = Aptitude Générale à la Combinaison du parent femelle
 AGCm = Aptitude Générale à la combinaison du parent mâle
 Xx = Moyenne observée du croisement
 μ = Moyenne générale des croisements.

3. Résultats

3.1 Analyse de variance de l'Aptitude à la Combinaison des parents des hybrides à Niono et à Kogoni en 2018

Cette analyse a été faite avec cinq paramètres agronomiques. La variance est hautement significative pour les femelles à Kogoni et Niono pour le cycle. Les mêmes femelles ont un effet significatif sur le nombre de talles à Kogoni et sur le rendement paddy à Niono. Il y a une interaction significative entre les mâles et les femelles pour la longueur de la panicule à Kogoni (P= 0,028) (*Tableau 1*).

Tableau 1 : Analyse de variance de cinq paramètres agronomiques des parents des hybrides à Niono et à Kogoni pendant l'hivernage 2018

Sites	Source	DLL	NT		Cycle		LP		PMG		RPH	
			MCE	P	MCE	P	MCE	P	MCE	P	MCE	P
Kogoni 2018	Rep	2	5045	0,394	1,750	0,719	4,714	0,082	6,620	0,024	8281575	0,244
	F	3	17077	0,040	113,000	0,000	6,886	0,019	3,704	0,086	8739455	0,220
	M	2	7307	0,266	4,083	0,471	1,351	0,459	1,302	0,430	1189839	0,807
	F*M	6	8952	0,162	11,190	0,089	4,957	0,028	1,940	0,295	2095975	0,883
	Erreur	22	5188		5,235		1,674		1,485		5494682	
Niono 2018	Rep	2	76811	0,000	12,030	0,279	7,069	0,223	6,975	0,172	2184040	0,012
	F	3	4610	0,295	135,100	0,000	2,882	0,589	4,679	0,305	1643394	0,019
	M	2	11316	0,059	8,778	0,388	1,904	0,654	9,986	0,087	686411	0,203
	F*M	6	4474	0,308	10,040	0,377	2,130	0,813	4,347	0,347	103829	0,950
	Erreur	22	3507		8,876		4,402		3,65		400022	

Rep = répétition ; F = femelle ; M = mâle ; DLL = degré de liberté ; NT/m² = nombre de talles ; P = probabilité de signifiante ; MCE = carré moyen erreur ; LP = longueur de la panicule en cm ; PMG = poids de 1000 grains en gramme ; RPH = rendement paddy hybride kg/ha.

3.2 Aptitude générale à la combinaison (AGC) des parents à Kogoni et Niono en 2018

L'analyse des effets de l'AGC a montré que les parents mâles Nenekala à Kogoni avec des effets positifs (363) et Wapmo à Niono avec des effets positifs (246) ont affiché une bonne aptitude générale à la combinaison avec toutes les femelles. Les femelles avec des effets positifs d'aptitude générale à la combinaison IR73328A à Kogoni (1093), IR73328A à Niono (666) et IR70369A (562) à Kogoni se sont bien combinés avec tous les mâles dans les sites respectifs.

La femelle IR73328A s'est bien combinée avec tous les mâles dans les deux sites. La femelle IR70369A s'est bien combinée avec tous les mâles à Kogoni. Aucun mâle n'a donné une bonne combinaison avec toutes les femelles dans les deux sites.

L'analyse des effets de l'AGC a montré que les parents mâles Nenekala à Kogoni avec des effets positifs (363) et Wapmo à Niono avec des effets positifs (246) ont affiché une bonne aptitude générale à la combinaison avec toutes les femelles. Les femelles avec des effets positifs d'aptitude générale à la combinaison IR73328A à Kogoni (1093), IR73328A à Niono (666) et IR70369A (562) à Kogoni se sont bien combinés avec tous les mâles dans les sites respectifs.

La femelle IR73328A s'est bien combinée avec tous les mâles dans les deux sites. La femelle IR70369A s'est bien combinée avec tous les mâles à Kogoni. Aucun mâle n'a donné une bonne combinaison avec toutes les femelles dans les deux sites.

Tableau 2 : Aptitude Générale à la Combinaison (ASC) des parents des hybrides F1 à Kogoni et Niono en hivernage 2018

	Parents femelles	Parents mâles			Moyenne	Effets femelles AGC	
		Wapmo	Wassa	Nenekala			
Kogoni 2018	IR 70369A	12756	10373	11949	11693	562	
	IR 73328A	12026	11957	12689	12224	1093	
	IR 68897A	9336	10689	10494	10173	-958	
	IR 58025A	9783	10679	10842	10435	-696	
	Moyenne	10975	10925	11494	11131		
	Effets AGC PM	-156	-206	363			
	Niono 2018	IR 70369A	9388	9493	9366	9416	-201
		IR 73328A	10944	9766	10138	10283	666
IR 68897A		9703	9596	9567	9622	5	
IR 58025A		9415	9063	8963	9147	-470	
Moyenne		9863	9480	9509	9617		
Effets AGC PM		246	-137	-108			

PM = parents mâles et AGC = aptitude générale à la combinaison

3.3 Aptitude Spécifique à la combinaison (ASC) des parents des hybrides à Kogoni et Niono en 2018.

Les meilleures combinaisons parentales pour l'aptitude spécifique à la combinaison en rendement paddy ont été IR70369A / Wapmo (1219), IR68897A / Wassa (722) et IR58025A/Wassa (450) à Kogoni et IR73328A / Wapmo (415), IR70339A / Wassa (214) à Niono.

Le mâle Wassa a une bonne combinaison spécifique avec les femelles IR68897A et IR58025A à travers les deux sites. Sur les 12 croisements, 5 ont été identifiés comme ayant de bonnes combinaisons spécifiques pour le rendement paddy à Kogoni et 7 l'ont été à Niono.

Tableau 3 : Aptitude Spécifique à la Combinaison (ASC) des parents des hybrides F1 à Kogoni et Niono en hivernage 2018

	Parents femelles	Parents mâles		
		Wapmo	Wassa	Nenekala
		Kogoni 2018		
	IR 70369A	1219	-1114	-107
	IR 73328A	-42	-61	109
	IR 68897A	-681	722	-42
	IR 58025A	-496	450	44
Niono 2018				
	IR 70369A	-274	214	58
	IR 73328A	415	-380	-37
	IR 68897A	-165	111	53
	IR 58025A	22	31	-76

3.4 Comparaison des performances moyennes des parents à celles des hybrides F1 pour le rendement paddy

Les hybrides ont exprimé une forte variabilité en gain par rapport aux meilleurs témoins dans les deux environnements (Kogoni et Niono en 2018).

Pendant l'hivernage 2018 à Kogoni, le gain des hybrides par rapport au témoin le plus productif (Kogoni 91-1) a varié de -19,6% (hybride NIOH1) à 22,4% (NIOH31). A Niono, le gain en rendement paddy des hybrides a varié de - 8,75% (NIOH02) à 15,07% (NIOH11) par rapport au témoin le plus productif (Wassa) malgré les dégâts causés par les chenilles défoliatrices dans ce site.

Les hybrides retenus en fonction des normes requises (15 à 20%) d'augmentation de rendement, sont NIOH31 pour Kogoni et NIOH11 pour Niono sur la base des données de 2018 (Tableau 4).

Tableau 4 : Gain en paddy en kg/ha des hybrides sur le témoin le plus productif en dans les deux environnements.

Hivernage Kogoni 2018			Hivernage Niono 2018		
Hybrides	RPH Kg/ha	GPH sur Kogoni 91- 1(%)	Hybrides	RDP Kg/ha	GPH sur WASSA (%)
NIOH01	9229	-19,6	NIOH01	9806	5,21
NIOH02	9930	-11,1	NIOH02	8546	-8,75
NIOH03	9657	-14,3	NIOH03	9397	1,09
NIOH04	11223	1,7	NIOH04	8969	-3,61
NIOH05	10597	-4,1	NIOH05	9694	4,13
NIOH06	12756	13,5	NIOH06	9388	0,99
NIOH07	10373	-6,4	NIOH07	9493	2,09
NIOH09	11949	7,7	NIOH09	9366	0,76
NIOH11	12026	8,3	NIOH11	10944	15,07
NIOH12	11957	7,7	NIOH12	9766	4,82
NIOH15	12689	13	NIOH15	10138	8,32
NIOH16	9336	-18,2	NIOH16	9703	4,21
NIOH17	10689	-3,2	NIOH17	9596	3,15
NIOH20	10494	-5,1	NIOH20	9567	2,84
NIOH21	9783	-12,8	NIOH21	9415	1,28
NIOH22	10679	-3,3	NIOH22	9063	-2,54
NIOH24	10842	-1,8	NIOH24	8963	-3,69
NIOH26	10021	-10,1	NIOH26	9402	1,14
NIOH27	12321	10,4	NIOH27	9829	5,43
NIOH30	10190	-8,3	NIOH30	9139	-1,69
NIOH31	14213	22,4	NIOH31	9170	-1,35
Kogoni 91-1	11034	-	Kogoni 91-1	9229	-
Wassa	9436	-	Wassa	9294	-
Nenekala	9244	-	Nenekala	8236	-

RDP = rendement paddy, GPH = gain en paddy des hybrides par rapport au meilleur témoin de chaque localité.

4. Discussion

L'analyse de variance a révélé des différences significatives pour plusieurs caractères étudiés (le cycle, la longueur de la panicule, le rendement et le poids 1000 grains), ce qui indique l'existence d'une variabilité génétique suffisante parmi les hybrides testés (Ajayi *et al.*, 2014). De nombreuses recherches sur le niébé (Adewale *et al.* 2010) et (Ajayi *et al.*, 2014) et sur de nombreuses autres cultures (Ibrahim et Hussein, 2006) ont permis d'observer ces schémas de forte variabilité.

Sprague et Tatum, 1942 ont utilisé l'analyse des aptitudes à la combinaison en tant qu'outil efficace d'identification des meilleurs parents pour l'obtention des hybrides performants.

On distingue l'aptitude générale à la combinaison et l'aptitude spécifique à la combinaison. L'aptitude générale à la combinaison (AGC) désigne la performance moyenne des lignées dans les combinaisons hybrides et l'aptitude spécifique à la combinaison (ASC) en tant qu'écart par rapport aux prévisions sur la base de l'aptitude générale à la combinaison (Mohammad *et al.* 2016). Il en ressort que la variance génétique tant additive que non additive est importante pour l'expression des caractères étudiés.

L'analyse des effets de l'aptitude générale à la combinaison (AGC) a révélé des effets positifs pour les femelles IR 70369A, IR 73328A et le mâle Nenekala à Kogoni. A Niono, c'est la seule femelle IR 73328A qui a eu un effet positif important. Dans le même site, c'est le mâle Wapmo qui a un effet positif important (246). Ces résultats sont en accord avec ceux de (Ceng, 1977), (Singh et Nanda, 1977), (Cheema et Awan, 1985), (Geetha, 1998) et (Kumar *et al.* 2007) pour le rendement paddy. Le comportement des parents était une bonne indication de la performance de leurs hybrides tels que rapportés par (Sanghera et Hussain, 2012).

Les croisements avec les effets élevés de l'ASC pour le rendement grain ont été attribués à la dominance et à l'action du gène épistatique et, dans quelques rares cas, aux interactions additives, selon (Pradhan *et al.* 2006) ; (Pradhan et Singh, 2008) ; (Selvaraj *et al.* 2011) et (Roy *et al.* 2012). Les meilleures combinaisons parentales pour l'aptitude spécifique à la combinaison en rendement paddy ont été IR70369A / Wapmo (1219), IR68897A / Wassa (722) et IR58025A/Wassa (450) à Kogoni et IR73328A / Wapmo (415), IR70339A / Wassa (214) à Niono.

Dans les deux environnements il a été observé des gains en paddy des hybrides par rapport au témoin le plus productif de 15,07% et 22,4%. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus dans les tests des hybrides réalisés dans la collaboration IER/ WASA (PRI, 2011) et (PRI, 2012).

5. Conclusion

Au terme de la présente étude, il ressort ce qui suit. L'analyse de variance de l'aptitude à la combinaison des parents a révélé une différence hautement significative pour les femelles à Kogoni et Niono pour le cycle. L'interaction entre les mâles et les femelles est significative pour la longueur de la panicule à Kogoni.

L'analyse des effets AGC a montré que les parents mâles Nenekala à Kogoni et Wapmo à Niono se combinent bien avec toutes les femelles. La femelle IR73328A a eu une bonne

combinaison avec tous les mâles dans les deux sites. A Kogoni la femelle IR70369A s'est bien combinée avec tous les mâles.

Cinq (5) meilleures combinaisons spécifiques ont été identifiées pour le rendement paddy à Kogoni et sept (7) à Niono. Le parent mâle Wassa a donné une bonne combinaison spécifique avec les femelles IR68897A et IR58025A à travers les deux sites.

Sur la base des normes de 15 à 20% d'augmentation de gain par rapport au témoin le plus productif, 2 hybrides ont été retenus. Il s'agit de l'hybride NIOH31 (22,4%) et NIOH11 (15,07%).

Références

ADEWALE B.D, OKONJI C, OYEKANMI A.A, AKINTOBI D.A.C and AREMU C.O.2010: Genotypic variability and stability of some grain yield components of cowpea. African Journal of Agricultural Research, 5 (2010) 874 – 880.

AJAYI A. T.1*, ADEOLA M. O.1, TAIWO B. H.2, AZUH V. O.3: Character Expression and Differences in Yield Potential of Ten Genotypes of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp), pp 64 -71.

CENG M.C. 1977: Diallel analysis of grain size, grain shape and other quantitative characters in rice. Memories of the college of Agri. National Taiwanuniv 17(1977). Pages 78–90.

Cheema A.A, Awan M.A. 1985: Heterosis, gene action and combining ability study of yield and some of the yield components of four-parent diallel cross in rice. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research 28 (1985). Pages 175–178.

COURTOIS B. 2007 : Une brève histoire du riz et de son amélioration génétique, Cirad, France 13 p.

Cellule de Planification et de Statistique. 2016 : Rapport de l'Enquête Agricole de Conjoncture, 133 pages

DERERA J and MAKANDA I. 2009: Data handling Module Notes: North Carolina Designs, 9 p.

Dolo M. 2012 : Introduction des variétés de riz hybride F1 dans la production rizicole au Mali : cas de la zone de Niono à l'Office du Niger. Mémoire de Master 2, Centre de Formation et d'Appui Conseil pour le développement Local DELTA-C, 67pages.

Dolo M. 2009 : L'impact des variétés de riz améliorées sur la production rizicole à l'office du Niger au Mali : cas de la variété Kogoni 91-1 dans la zone de production de Niono. Mémoire de Maîtrise, Centre de Formation et d'Appui Conseil pour le développement Local DELTA-C, 94 p.

Fellahi Z et al. 2018 : Analyse des aptitudes générale et spécifique à la combinaison chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L), Revue Agriculture. 09(1) (2018) 60 – 70, Revue home page : <http://www.revue-agro.univ-setif.dz/>.

Geetha S. 1998: Combining ability analysis of quality characters of rice grains. Agricultural Science Digest Karnal 18(1) (1998) 1–3.

Hallauer A. et al. 2010: Quantitative Genetics in Maize Breeding, New york, Springer, 663 pages.

PRI. 2018 : Création et transfert à la vulgarisation des variétés de riz hybride, rapport de recherche de la campagne, 14 pages.

Ibrahim M.M and Hussein R.M. 2006: Variability, heritability and genetic advance in some genotypes of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). World Journal of Agricultural Sciences, 2(3) (2006) 340 – 345.

Kumar S, Singh H.B, and Sharma J.K. 2007: Combining ability analysis for grain yield and other associated traits in rice. *Oryza*, 44 (2) (2007) 108-114.

Mohamad N. et al. 2016: Assessment of Combining Ability for Productivity and Quality Traits in Aromatic Rice (*Oryza sativa* L).

Pradhan S.K and Singh S. 2008: Combining ability and gene action analysis for morphological and quality traits in basmati rice. *Oryza*, 45 (3) (2008) 193-197.

Pradhan S.K., Bose L.K, Meher J. 2006: Studies on Gene action and Combining ability analysis in Basmati rice. *Journal of Central European Agriculture* 7(2) (2006) 267–272.

PRI. 2019 : Création et transfert à la vulgarisation des variétés de riz hybride, rapport de recherche final, 31 pages.

PRI. 2012 : Test varietal de riz hybride en milieu paysan. Rapport de collaboration IER/WASA, 12 pages.

PRI.2011 : Test des hybrides de riz irrigué. Rapport technique de collaboration IER/WASA, 11pages.

Sanghera G. S, Hussain W. 2012: Heterosis and Combining Ability Estimates using Line x Tester Analysis to Develop Rice Hybrids for Temperate Conditions, *Not Sci Biol*, 2012, 4(3) :131-142.

Selvaraj C.M, Nagarajan P, Nagarajan Thiagarajan K, Bharati M, Bharati R. 2011: Studies on heterosis and combining ability of well known blast resistant rice genotypes with high yielding varieties of rice (*O. sativa*). *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 5(2) (2011) 111–129.

Singh D.P, Nanda J.S. 1977: Inheritance of yield and yield contributing characters in rice. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 37(3) (1977) 384–387.

Sprague G. F and Tatum L. A. 1942: General and specific combining ability in single crosses of corn. *Agronomy Journal*, 34(10) (1942) 923-932.

Roy S.K, Senapati B.K. 2012: Combining ability analysis for grain yield and quality characters in rice (*Oryza sativa*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 82(4) (2012) 293–303.