

Nursery» ont été très décevantes; dans les livres d'observations accompagnant le set de variétés, la bactériose n'est pas reprise alors qu'on la découvre partout en altitude sous les tropiques: à Madagascar (6), au Népal (10) et en Amérique latine (18); les géniteurs que l'IRRI nous a envoyés étaient stériles à plus de 60% à 1550 m (13); l'amplitude de variation journalière des températures y différencie essentiellement la période de culture du riz de celle des pays tempérés où le riz subit un stress dû au froid soit en début et/ou en fin de cycle. Sous les tropiques en altitude, les basses températures (< 13°C) constituent un stress permanent. La limite altitudinale du riz se situe actuellement à 2500 m au Népal, à 2000 m à Madagascar et à 1700 m au Burundi reflétant la continentalité du climat. Enfin, les conditions requises pour le développement de la pyriculariose sont épidémiques.

2. Matériel et méthodes

Une cinquantaine de géniteurs aux origines très diverses (tableau 1), réputés tolérant aux basses températures, ont été croisés en diallele. Les Facagro-acronyme "Faculté des sciences agronomiques" sont en très grande majorité des populations (bulk ou population hybride sans intervention du sélectionneur) qui ont été conduites en génération rapide à basse altitude (800 m) à la station ISABU-Imbo à climat tropical (fig. 1 site 2) et où trois générations par an sont réalisables avec une levée de dormance. Cette phase de multiplication des semences permet aux gènes de se restructurer tout en progressant vers l'homozygotie. Les populations sont brusquement soumises en F4 ou plus tard à la sélection naturelle en altitude où celle-ci agit au niveau des basses températures, de la bactériose et de la pyriculariose, alternativement en zone froide et chaude (isotherme des 18°C ou des 22°C), en vue de conférer à ces populations une large adaptabilité. L'origine génétique et géographique des variétés sont précisées dans le tableau 1. Certaines, comme les 57, 59 et 71, ont rapidement acquis un rendement acceptable. D'autres populations ont mis plusieurs cycles de sélection naturelle pour émerger; d'autres encore ont subi une sélection anthropique pour la précocité ou la taille. La majorité des variétés Facagro sont de type moderne; c'est-à-dire semi-naines à cause du gène *sd1* du *Dee-geo-woo-gen*, à feuilles érigées, à fort tallage, à petites panicules et au poids de mille grains peu élevé. Ce type de variété a une bonne architecture et, en général, une très bonne résistance à la verse. Elles répondent ainsi très bien à l'azote. Les variétés traditionnelles de haute taille versent dès que le rendement dépasse les quatre tonnes.

Les essais ont été menés en blocs aléatoires complets (repiquage à 2 plants/poquet aux écartements de 15 - 20 cm - parcelle élémentaire de 2 x 3 m) avec trois répétitions dans les trois sites représentatifs des grandes zones écologiques de moyenne altitude (fig. 1) avec une fumure de base de 30-30-30 unités et une lame d'eau (10 cm). Trente unités complémentaires d'azote ont été apportées à la montaison. Les plants ont passé un mois en pépinière et de quatre à cinq mois en rizière.

Tableau 1 : Origine génétique et géographique des meilleures créations citées

Facagro 18 (Shua Nan Tsan / Tatsumi mochi)
Facagro 35 (Br 51-315-4 / YR 1805-17-3-2)
Facagro 36 (IR 24312 -R-R 193 / Se Lin, Acc. 4767)
Facagro 45 (IR 9202-33-4-2-1/ IR 24312-R-R- 19-3)
Facagro 46 (IR 9202-6-1-1 / YR 2379-79-2)
Facagro 53 (B2980-B-Sr-2-6-2 / L9)
Facagro 56 (IR 9202-33-4-2-1/ RP 1848-54-2-3-1)
Facagro 57 (IR 24312-R-R-19-3-B / B 2980-B-Sr-2-6-2-3-2)
Facagro 59 (NR 10041-66-3-1/ B 2980-B-Sr-2-6-2-3-2)
Facagro 64 (K 443-106 / L9)
Facagro 67 (YR 2379-87-2/ Swat)
Facagro 71 (IR 15579-24-2 / K 288)
Facagro 78 (IR 15579-135-3 / RP 1848-54-2-3-1)
Facagro 142 (RP 1848-109-2-1-1/ Swat 1)
Facagro 234 (B 2980 B-Sr-2-6-2 / K 433-106)
Facagro 240 (IR 2061-588-6-9 / Inconnu)
Facagro 243 (BR 2983-B-Sr-85-3 / IR 15636-8-3)
Facagro 252 (Barkat K 78-13 / RP 1848-109-2-1-1)
Facagro 304 (IR18476-55-2 / Shua Nan Tsan)
Facagro 344 a-doré (IR 15579-24-2 / RP 1848-109-2-1-1)
Facagro 344 b-paille (IR 15579-24-2 / RP 1848-109-2-1-1)
Facagro 348 (IR 24312 R-R-19-3 / RP 1848-54-2-3-1)
Facagro 369 (IR 5716-18-1 / Yung Keng 9)
Facagro 372-6 (Barkat K 78-13 / Ambalalava)
Facagro 372-9 (Barkat K 78-13 / Ambalalava)
Facagro 374 (K 288/ K 433-106)
Facagro 386 (YR 1641- GH 59-7 /Yung Keng 9)
Facagro 394 (Yung Keng 9 / IR 22623-R-R-4-3)
Facagro 420 (K 288 / RP 1848-54-2-3-1)
Facagro 422 (IR22623-R-R-4-3 / IR 9202-33-4-2-1)
Facagro 430 (IR 24312-R-R-4-3 / IR 5716-18-1)
Facagro 441 (YR 2379-47-2 / IR 15636-B-3)
Facagro 567 = 344-a précoce (RP 1848-109-2-2-1/ IR 15529-24-2)
Facagro 802 (Yunnan 3 / IRAT 13)= 700-R-R-R-8-8-4
Facagro 811 (Yunnan 3 / IRAT 13)= 700-R-R-R-8-8-6
Facagro 906 (Kirundo 3/ Facagro 59)
Facagro 907 b-indica (Kirundo 3/ Ambalalava)
Facagro 908 a: nain (Kirundo 9 / Facagro 59)
Facagro 909 (Yunnan 3 / Facagro 57)
Facagro 911 a: nain (pedigree perdu)

IR = IRRI. RP ou K = Indes. B = Indonésie, Swat = Pakistan, NR = Népal, Tatsumi mochi = Japon, YR = Corée du sud, Se Lin, Shua Nan Tsan (SNT), K 5 = Corée du nord, Yung keng. Yunnan 3 = Chine. L 9= Burundi, Barkat = Bengladesh, Ambalalava, FoFifa 64 (FO64) = Madagascar, Kirundo 3 et 9 sont des hors-types collectés en 1987 en région de Kirundo, IRAT 13 = Côte d'Ivoire.

- Le site de Mishiha (1300 m, site 3) en province de Cankuzo est installé dans la région naturelle du Buyogoma au centre d'une dépression proche de la crête de partage Congo-Nil avec des collines culminant à 1900 m. La montmorillonite prédomine sur la kaolinite dans la fraction argileuse du sol.

- Le site de Muramba (1450 m, site 4) est une tête de marais au milieu du Bugesera, région naturelle des hauts plateaux la plus chaude et la moins arrosée (900 mm). Le sol kaolinique est très fertile grâce à un aménagement correct.

- Le site de Akagoma (1550 m, site 5), dans la région naturelle du Buyenzi, est une vallée très encaissée d'orientation nord-sud et flanquée d'une importante colline à l'ouest (1750 m), quotidiennement envahie

par le brouillard jusqu'à 9 heures du matin; le sol kaolinique est épuisé par une exploitation en continu depuis une dizaine d'années, une irrigation en cascade provoquant un lessivage des éléments nutritifs et un mauvais drainage en saison sèche entraînant par une alternance d'oxydoréduction une ferrollyse du sol et une disparition de l'azote par dénitrification (5).

Deux indices ont été développés pour suivre la pression de l'inoculum: l'incidence ou installation du parasite (pathogénicité) et la sévérité (degré de virulence) sur une variété particulière: l'incidence traduit en % le nombre de talles atteintes sur un échantillon de 10 plants prélevés systématiquement sur la diagonale de la parcelle. La sévérité de la maladie est mesurée par la différence de poids des grains de 25 panicules saines et de 25 panicules malades et est exprimée en %. L'indice de sévérité est en fait une estimation de la sensibilité d'une variété particulière ou d'un individu à un inoculum global. Les pertes sont calculées en multipliant l'incidence par la sévérité. Ces indices ont été appliqués à la pyriculariose et à la bactériose. La stérilité est mesurée sur les panicules saines et est exprimée en %; elle résulte de la stérilité intrinsèque à toute culture liée à l'état nutritionnel et à laquelle il faut ajouter la stérilité due aux basses températures nocturnes. Les composantes du rendement ainsi que ses contraintes sont estimées à partir du même échantillon.

La vitrosité a été déterminée suivant l'échelle visuelle de Ed. François et est exprimée en classe déterminant en % l'importance de la couche périphérique translucide par rapport au noyau central opaque.

Les analyses sont réalisées par les logiciels SPSS ou Stat-ITCF. Les groupes de moyennes homogènes selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5% sont précisés. Les données entre parenthèses ne font pas partie de l'analyse de la variance pour cause de donnée manquante.

3. Résultats et discussion

Exemple de l'hétérogénéité des familles

La vitrosité est un caractère important dans la sélection du riz. La vitrosité est déterminée par le pourcentage d'amylose dans l'amylopectine du grain. Les molécules d'amylopectine sont solubles dans l'eau chaude et sortent du grain à la cuisson d'autant plus facilement que le taux d'amylose est bas. En se refroidissant, elles forment des liaisons avec les molécules des autres grains donnant un riz plus ou moins collant. Les Thaïlandais du nord aiment les riz gluants, les habitants du sud-est asiatique aiment les riz collants qu'ils mangent avec des baguettes, la majorité des occidentaux préfèrent un riz long, poli et glacé! Les habitants des hauts plateaux du Burundi, n'ayant aucune tradition rizicole, ne sont pas exigeants sur les qualités organoleptiques des variétés; ils sont contents d'avoir du riz et ils acceptent ainsi des variétés où les six classes de vitrosité de la méthode de Ed. François sont représentées comme dans la 71 (fig. 2).

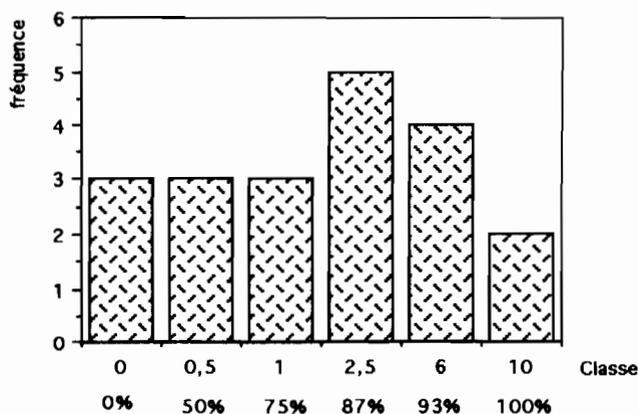


Figure 2 Histogramme de la vitrosité de la Facagro 71.

Le rendement

Les tableaux 2, 3 et 4 relatifs au multilocal et 5 et 6 relatifs aux confirmations en 1994-95 donnent le rendement, ses composantes que sont le tallage utile par m², le poids de mille grains en g à 14% d'humidité et le nombre de grains par panicule ainsi que ses principales contraintes que sont la stérilité, la pyriculariose et la bactériose. Il faut signaler que le multilocal et la confirmation 1 à Mishiha ont été repiqués avec un mois de retard sur le calendrier habituel, ce qui a provoqué une épiaison en saison sèche.

Le rendement et ses composantes

En phase finale d'un programme de sélection, il n'y a plus de différence significative entre les moyennes des variétés pour le rendement à moins que ne survienne un fait nouveau comme une pathogénicité ou qu'on impose des conditions marginales dans le but de mieux identifier les variétés à large adaptabilité, cas de l'Akagoma (tableau 2).

Les rendements sont faibles à l'Akagoma reflétant l'épuisement du sol. La principale contrainte est en effet la stérilité d'origine nutritionnelle. Ces conditions marginales permettent aux variétés d'exprimer leur rusticité. Les moyennes variétales discriminent en trois groupes. La 57 se dégage des autres par sa rusticité. La plus exigeante est la 394. Les rendements sont très bons à Muramba, mettant en évidence l'extraordinaire potentiel de productivité des variétés modernes de riz avec une faible dose d'intrants, particulièrement chez la 908, la 430 et la 57. Les rendements sont moyens à Mishiha où les 394 et 422 montrent une adaptation spécifique par leur performance dans ce site moyen.

Le tallage ramené au nombre de talles fertiles/m² est bon dans les trois sites montrant l'intérêt d'une application d'azote au repiquage. Le nombre de grains par panicule ainsi que le poids de mille grains diminuent normalement avec l'altitude.

Le rendement et ses contraintes

La stérilité

La stérilité due au froid résulte d'un stress lors de la mise en place des organes reproducteurs et/ou à

Tableau 2 : Synthèse du multilocal à l'Akagoma (1550 m)

Multilocal	Rendements et ses composantes					Contraintes principales du rendement					
	RDT.	Tallage	Nb.Grains	Poids (g)	Stérilité	Pyriculariose			Bactériose		
	Total	Utile	Total/ Panicule	1000 Grains Pleins		Incidence	Sévérité	Pertes	Incidence	Sévérité	Pertes
Akagoma (Ngozi) 94-95	(t/ha)	(Pan./m ²)			(%)	(%)	(%)	Rdt. (%)	(%)	(%)	Rdt. (%)
Variétés											
FacA. 018	1.73 bc	209 a	66 a	22.35 a	46.2 ab	29.6 a	0.0 a	0.0 a	6.3 a	(41.1)	2.6 a
FacA. 035	2.06 abc	264 a	56 a	22.12 a	57.1 ab	38.7 a	0.0 a	0.0 a	5.1 a	0.0	0.0 a
FacA. 036	2.49 abc	289 a	69 a	22.29 a	44.3 ab	42.4 a	0.0 a	0.0 a	13.6 a	46.2 a	5.9 a
FacA. 046	2.67 abc	290 a	81 a	22.54 a	54.4 ab	36.0 a	0.0 a	0.0 a	5.2 a	47.8 a	2.8 a
FacA. 056	2.78 abc	274 a	101 a	20.72 a	45.7 ab	36.4 a	0.0 a	0.0 a	11.5 a	33.6 a	4.2 a
FacA. 057	3.94 a	300 a	86 a	21.62 a	30.3 b	14.3 a	0.0 a	0.0 a	51.5 a	15.9 a	5.9 a
FacA. 059	2.59 abc	278 a	80 a	20.37 a	44.0 ab	17.2 a	0.0 a	0.0 a	46.3 a	5.3 a	2.6 a
FacA. 064	2.93 ab	248 a	81 a	20.87 a	25.2 b	18.4 a	3.5 a	0.6 a	40.8 a	36.9 a	15.3 a
FacA. 071	2.75 abc	326 a	81 a	23.60 a	53.3 ab	32.5 a	0.0 a	0.0 a	23.8 a	47.3 a	9.6 a
FacA. 234	3.03 ab	267 a	87 a	21.53 a	40.3 ab	57.8 a	5.4 a	2.1 a	25.3 a	27.3 a	8.0 a
FacA. 394	1.03 c	229 a	68 a	23.21 a	73.1 a	29.7 a	0.0 a	0.0 a	27.8 a	28.6 a	6.8 a
FacA. 422	2.20 abc	233 a	91 a	22.22 a	57.2 ab	24.5 a	0.0 a	0.0 a	30.7 a	29.3 a	9.8 a
FacA. 430	2.85 abc	264 a	87 a	20.29 a	29.9 b	16.3 a	0.0	0.0 a	44.0 a	30.8 a	19.3 a
FacA. 441	2.56 abc	230 a	76 a	20.44 a	32.0 b	7.2 a	10.4	0.4 a	38.8 a	21.6 a	8.4 a
FacA. 567	1.40 bc	223 a	86 a	21.49 a	71.4 a	44.6 a	3.1 a	1.5 a	9.1 a	42.8 a	3.2 a
FacA. 908a	2.99 ab	264 a	74 a	20.65 a	32.9 b	18.8 a	0.0 a	0.0 a	37.3 a	25.9 a	5.4 a
Moyenne	2.50	262	79	21.64	46.1	29.0	1.4	0.3	26.1	30.0	6.9
CV %	25.9 %	22.1 %	19.8 %	6.4 %	29.4 %	59.2 %	298.4 %	393.3 %	59.3 %	82.0 %	127.8 %

Les chiffres suivis d'une même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Tableau 3 : Synthèse du multilocal à Muramba (1450 m)

Multilocal	Rendements et ses composantes					Contraintes principales du rendement					
	RDT.	Tallage	Nb.Grains	Poids (g)	Stérilité	Pyriculariose			Bactériose		
	Total	Utile	Total/ Panicule	1000 Grains Pleins		Incidence	Sévérité	Pertes	Incidence	Sévérité	Pertes
Muramba (Kirundo) 94-95	(t/ha)	(Pan./m ²)			(%)	(%)	(%)	Rdt. (%)	(%)	(%)	Rdt. (%)
Variétés											
FacA. 018	5.96 a	256 a	126 abc	24.13 abcd	17.5 ab	8.4 b	1.2 a	0.2 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 035	6.18 a	333 a	96 bcd	23.24 abcd	18.9 ab	5.5 b	10.6 a	0.6 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 036	6.04 a	309 a	109 abcd	24.38 abcd	20.8 ab	2.0 b	0.0 a	0.0 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 046	5.93 a	296 a	107 abcd	23.93 abcd	22.7 ab	12.8 b	0.4 a	0.0 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 056	6.61 a	308 a	136 a	23.09 abcd	18.7 ab	14.6 b	0.6 a	0.1 a	4.8 abc	23.8	0.2 a
FacA. 057	6.99 a	327 a	112 abcd	21.79 cd	18.4 ab	7.5 b	0.0 a	0.0 a	11.4 abc	8.0 a	1.1 a
FacA. 059	6.05 a	288 a	118 abcd	21.95 bcd	11.3 b	7.8 b	0.0 a	0.0 a	13.9 ab	6.5 a	0.8 a
FacA. 064	5.13 a	261 a	104 abcd	22.48 bcd	11.9 b	12.2 b	0.0 a	0.0 a	8.4 abc	0.8 a	0.1 a
FacA. 071	5.66 a	251 a	114 abcd	25.14 ab	17.0 ab	15.9 b	7.1 a	1.4 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 234	5.80 a	251 a	142 a	21.16 d	16.5 ab	9.5 b	0.0 a	0.0 a	4.1 bc	20.2	0.8 a
FacA. 394	4.58a	239 a	88 d	25.83 a	35.2 a	3.7 b	0.0 a	0.0 a	4.8 abc	4.8 a	0.3 a
FacA. 422	5.64 a	316 a	123 abcd	23.44 abcd	24.8 ab	23.5 b	0.0 a	0.0 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 430	7.21 a	277 a	130 ab	22.82 abcd	9.8 b	14.4 b	13.3 a	1.8 a	10.0 abc	10.9 a	1.2 a
FacA. 441	6.55 a	324 a	116 abcd	22.71 abcd	7.5 b	12.2 b	0.2 a	0.0 a	15.6 a	6.8 a	1.6 a
FacA. 567	4.72 a	253 a	90 cd	24.80 abc	22.1 ab	40.2 a	4.1 a	1.1 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 908a	7.36 a	307 a	132 ab	21.58 cd	8.3 b	13.5 b	0.0 a	0.0 a	9.4 abc	8.5	0.8 a
Moyenne	6.02	287	115	23.28	17.6	12.7	2.5	0.3	5.2	5.6	0.4
CV %	18.3 %	16.6 %	11.3 %	4.9 %	40.9 %	59.9 %	273 %	251 %	80.8 %	162 %	242 %

Les chiffres suivis d'une même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Tableau 4 : Synthèse du multilocal à Mishiha (1300 m)

Multilocal Mishiha (Cankuzo) 94-95	Rendements et ses composantes					Contraintes principales du rendement					
	RDT. Total (t/ha)	Tallage Utile (Pan./m ²)	Nb.Grains Total/ Panicule	Poids (g) 1000 Grains Pleins	Stérilité (%)	Pyriculariose			Bactériose		
						Incidence (%)	Sévérité (%)	Pertes Rdt. (%)	Incidence (%)	Sévérité (%)	Pertes Rdt. (%)
Variétés											
FacA. 018	3.98 a	276 a	78 a	26.11 abc	21.8 a	21.6 a	0.0	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 035	4.78 a	352 a	95 a	26.55 ab	23.0 a	18.3 a	(39.7)	1.4 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 036	4.37 a	280 a	112 a	26.84 a	27.7 a	9.8 a	2.5 b	0.2 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 046	2.77 a	340 a	118 a	24.74 abcde	26.6 a	23.1 a	36.4 a	9.2 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 056	5.18 a	238 a	95 a	26.02 abc	23.9 a	12.3 a	0.0	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 057	4.54 a	329 a	90 a	23.85 bcde	25.5 a	21.0 a	3.0	0.7 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 059	3.10 a	278 a	90 a	24.70 abcde	21.8 a	23.5 a	4.8 b	0.6 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 064	5.04 a	382 a	147 a	23.32 cde	36.3 a	20.3 a	0.0	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 071	4.75 a	314 a	116 a	25.71 abcd	21.2 a	23.5 a	12.1 b	3.7 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 234	4.56 a	307 a	136 a	22.19 c	25.7 a	27.5 a	0.1 b	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 394	5.11 a	269 a	109 a	26.57 ab	31.2 a	22.9 a	3.3 b	0.3 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 422	6.10 a	307 a	108 a	25.74 abcd	25.2 a	7.4 a	39.7	2.5 a	2.0	0.0	0.0
FacA. 430	3.91 a	362 a	117 a	23.43 cde	23.0 a	13.5 a	31.7	4.9 a	2.0	(60.2)	1.2
FacA. 441	4.25 a	334 a	106 a	23.10 de	26.4 a	12.7 a	8.4	1.4 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 567	4.11 a	310 a	84 a	25.48 abcd	29.6 a	36.8 a	0.0 b	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 908a	4.78 a	347 a	98 a	23.35 cde	26.8 a	15.7 a	4.7	0.4 a	0.0	0.0	0.0
Moyenne	4.46	314	106	24.86	25.9	19.4	12.7	1.7	0.1		0.1
CV %	27.3 %	20.6 %	22.8 %	4.1 %	20.2 %	58.9 %	125 %	234 %			

Les chiffres suivis d'une même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Tableau 5 : Synthèse de la confirmation 1

Confirmation 1 Mishiha (Cankuzo) 94-95	Rendements et ses composantes					Contraintes principales du rendement					
	RDT. Total (t/ha)	Tallage Utile (Pan./m ²)	Nb.Grains Total/ Panicule	Poids (g) 1000 Grains Pleins (hum=14%)	Stérilité (%)	Pyriculariose			Bactériose		
						Incidence (%)	Sévérité (%)	Pertes Rdt. (%)	Incidence (%)	Sévérité (%)	Pertes Rdt. (%)
Variétés											
FacA. 045	4.76 a	412 a	80 a	22.68 e	27.1 abc	7.1 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 053	4.85 a	333 a	93 a	23.23 de	20.7 bc	14.9 a	4.6 a	0.8 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 059	4.67 a	337 a	94 a	23.28 de	21.4 bc	14.4 a	12.0 a	1.7 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 067	4.82 a	361 a	76 a	25.36 bcd	18.9 bc	12.6 a	9.5 a	0.8 a	1.8	(53.7)	1.0
FacA. 078	5.46 a	328 a	97 a	27.06 b	18.1 bc	15.0 a	12.3 a	2.1 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 252	5.00 a	279 ab	107 a	25.40 bcd	39.5 a	18.4 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 304	4.39 a	242 ab	90 a	23.46 de	20.9 bc	17.1 a	4.4 a	0.4 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 348	4.16 a	358 a	105 a	24.08 cde	29.8 abc	11.1 a	12.3 a	1.1 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 369	3.91 a	379 a	85 a	25.87 bc	35.0 ab	16.1 a	11.1 a	1.7 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 372-6	5.07 a	318 a	89 a	26.49 b	36.4 ab	16.3 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 372-9	5.13 a	302 ab	84 a	27.02 b	24.6 abc	20.4 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 374	5.12 a	379 a	79 a	22.86 e	25.4 abc	26.3 a	0.0 a	0.0 a	0.6	(12.7)	0.1
FacA. 386	4.98 a	303 ab	98 a	23.50 de	31.1 abc	37.5 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 906	4.77 a	364 a	92 a	23.43 de	26.2 abc	14.0 a	1.7 a	0.2 a	0.0	(0.0)	0.0
FacA. 907b	4.13 a	107 b	100 a	34.33 a	16.4 c	1.4 a	0.0 a	0.0 a	6.9	(0.0)	0.0
FacA. 909	5.39 a	328 a	97 a	23.81 de	22.9 abc	14.4 a	22.9 a	3.5 a	0.0	0.0	0.0
Moyenne	4.79	325	92	25.12	25.9	16.1	6.0	0.8	0.6		0.1
CV %	15.7 %	18.3 %	16.9 %	3.3 %	23.9 %	61.8 %	158 %	176 %			

Les chiffres suivis d'une même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Tableau 6 : Synthèse de la confirmation 2

Confirmation 2 Mishiha (Cankuzo) 94-95	Rendements et ses composantes					Contraintes principales du rendement					
	RDT. Total (t/ha)	Tallage Utile (Pan./m ²)	Nb.Grains Total/ Panicule	Poids (gr) 1000 Grains Pleins	Stérilité X (%)	Pyriculariose			Bactériose		
						Incidence (%)	Sévérité (%)	Pertes Rdt. (%)	Incidence (%)	Sévérité (%)	Pertes Rdt. (%)
Variétés											
FacA. 059	4.72 a	347 ab	79 b	23.61 ab	25.5 b	33.2 a	3.6 a	1.1 b	7.3 ab	0.0	0.0 b
FacA. 078	4.66 ab	338 ab	82 b	26.06 a	27.9 b	66.9 a	0.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b
FacA. 142	3.24 cd	261 ab	72 b	21.52 b	27.4 b	52.8 a	0.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b
FacA. 240	4.08 abc	359 ab	80 b	24.42 ab	31.7 ab	33.5 a	8.5 a	2.2 b	0.0 b	0.0	0.0 b
FacA. 243	3.30 bcd	304 ab	69 b	24.67 ab	55.6 a	32.6 a	0.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b
FacA. 344a	3.56 abcd	239 ab	80 b	25.08 ab	26.4 b	51.0 a	6.9 a	3.8 b	0.0 b	0.0	0.0 b
FacA. 344b	4.17 abc	270 ab	100 ab	25.49 ab	36.9 ab	43.9 a	3.5 a	1.5 b	0.0 b	0.0	0.0 b
FacA. 369	2.72 d	312 ab	75 b	24.87 ab	36.9 ab	68.7 a	31.9 a	22.2 a	8.4 a	(64.2)	4.0 a
FacA. 420	4.31 abc	270 ab	82 b	26.74 a	36.9 ab	32.0 a	2.9 a	1.9 b	1.9 b	9.0	0.2 b
FacA. 430	4.28 abc	290 ab	67 b	23.06 ab	21.6 b	67.2 a	0.0 a	0.0 b	1.9 b	(21.1)	0.4 b
FacA. 567	3.75 abcd	336 ab	70 b	25.13 ab	36.3 ab	64.3 a	0.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b
FacA. 802	4.62 ab	247 ab	123 a	22.59 ab	39.7 ab	40.5 a	3.3 a	2.1 b	0.0 b	0.0	0.0 b
FacA. 811	3.14 cd	204 b	78 b	22.52 ab	43.6 ab	28.4 a	24.4 a	9.8 b	0.0 b	0.0	0.0 b
FacA. 911a	4.45 abc	369 a	65 b	22.86 ab	27.8 b	70.0 a	0.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b
F064	3.37 abcd	318 ab	66 b	25.41 ab	25.4 b	60.9 a	6.3 a	3.7 b	0.0 b	0.0	0.0 b
SNT	4.72 a	270 ab	89 b	22.64 ab	28.7 b	62.6 a	9.7 a	5.0 b	0.0 b	ind.	0.0 b
Moyenne	3.94	296	80	24.17	33.0	50.5	6.3	3.3	1.2		0.3
CV %	12.2 %	18.2 %	17.9 %	6.0 %	29.4 %	35.3 %	199 %	202 %	210 %		363 %

Les chiffres suivis d'une même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

l'anthèse (11). Cependant, la stérilité n'est qu'un aspect de la tolérance aux basses températures. En effet, celle-ci est contrôlée par plusieurs systèmes polygéniques (16, 17); en pareil cas, le sélectionneur n'a d'autre moyen que de laisser agir la sélection naturelle sur une population en ségrégation pour éliminer les inadaptés à l'un ou l'autre stade phénologique. On constate, en effet, une augmentation régulière des rendements et de l'adaptation générale de la population au fil du temps.

La sélection naturelle est très efficace contre la stérilité due aux basses températures (fig. 3) sur des familles en ségrégation dans le site de l'Akagoma;

Ambalalava est une variété traditionnelle d'origine malgache, fixée et bien adaptée aux basses températures, les hybrides étaient représentés par la moyenne de la 57 et 59 en F6 en 1989 et dont les parents avaient une stérilité supérieure à 66% en moyenne. Elles avaient déjà subi deux épreuves de sélection naturelle en altitude et leur stérilité était déjà inférieure à celle d'Ambalalava. La stérilité restante est la stérilité intrinsèque à toute culture et celle qui est générée par une faim en fin de cycle, comme ce fut le cas en 1992 et à l'Akagoma (tableau 2). La stérilité augmente avec la diminution des rendements et avec les exigences de la variété.

La pyriculariose

Problème crucial pour l'avenir de la riziculture au Burundi! Bahama (2) en étudiant les souches isolées sur les variétés qui étaient ravagées a démontré que les résistances de Te-tep, Tadukan et Zenith étaient surmontées, qu'il y avait à l'Akagoma une super race surmontant pratiquement tous les gènes de résistance connus et pourtant 57, 59 et 71 résistent toujours, confrontées avec cet inoculum depuis 10 ans. De temps à autre, on relève une faible incidence et une forte sévérité dans ces populations, comme par exemple les cas de la 35, 420 et 430 dans le multilocal à Mishiha, cela résulte d'une mauvaise combinaison de gènes chez quelques individus de la population. Très généralement, ces populations sont assainies l'année suivante. La pression de pyriculariose a été plus faible que la saison passée. La diminution des pertes attribuées à la pyriculariose est principalement due au fait que les variétés sensibles ont été éliminées des essais. De plus, le repiquage tardif à Mishiha de l'essai multilocal et de la confir-

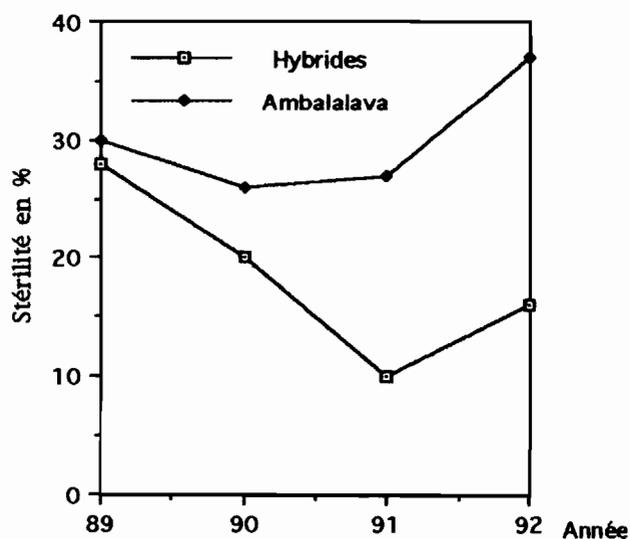


Figure 3 Evolution de la stérilité en %.

mation 1 a eu une influence défavorable sur l'incidence; en effet l'épiaison s'est réalisée en saison sèche, entraînant une diminution de la période d'humectation, facteur limitant à l'infection. La sévérité diminue elle aussi d'une manière générale; ceci peut s'expliquer par une augmentation de l'amplitude de la variation journalière de la température en saison sèche dépassant tantôt vers le bas tantôt vers le haut la fourchette des températures optimales définies par Detry (9) pour le développement d'une épidémie. Le cas de la 369 dans les deux confirmations est parlant, mais il y a, comme à toute règle, des exceptions, notamment la 430 dans le multilocal où la sévérité de la maladie augmente par rapport à celle de la confirmation 2 qui était nulle.

La bactériose

Cette maladie anéantit toute récolte chez les variétés qui ne sont pas armées contre elle; elle provoque une pourriture brune de la gaine foliaire et un raccourcissement de la tige paniculaire et spécialement du dernier entre-noeud; il en résulte une moins bonne sortie paniculaire et la stérilité de la partie non-émergée de la panicule. Le stade sensible à la maladie est le gonflement. Toutes les variétés sont sensibles à cette maladie avec des différences variétales, ce qui laissait présager un système polygénique de tolérance. Effectivement, la sélection naturelle est aussi très efficace (15). Cette action de la sélection naturelle est illustrée à la figure 4 et 5 où l'on compare les indices sur Ambalalava, tolérante à la maladie et sur les familles hybrides 57 et 59 en ségrégation dans le site de l'Akagoma et qui sont en F5 en 1988. En suivant l'incidence sur Ambalalava, on voit une variation inter annuelle de la pression traduisant des fluctuations climatiques (T°); plus les températures sont basses, plus forte est la pression. L'incidence n'a pratiquement pas varié sur les familles hybrides en 1988-89, mais les pertes ont chuté de 55 à 25% et se situent au niveau des pertes enregistrées chez Ambalalava. C'est le résultat de l'action de la sélection naturelle qui a éliminé en 1988 les individus manifestant une grande sévérité. En 1990, l'incidence et les pertes sur Ambalalava furent nulles alors que l'incidence reste forte chez les familles hybrides, au même niveau que chez Ambalalava l'année précédente, mais les pertes sont tombées en dessous de 5%. En 1991, une augmentation de 10% de l'incidence se traduit chez Ambalalava par des pertes de 7% et de 22% chez les familles hybrides. Cette discordance trouve son explication dans le gène *sd1* qui est responsable d'une mauvaise sortie de la panicule. Detry (8) a démontré que la sensibilité variétale et les pertes étaient corrélées à une réduction du dernier entre-noeud paniculaire, elle-même liée à la taille de la population bactérienne, de sorte que même une faible pression se traduit par une incidence élevée et des pertes chez les variétés modernes. En voyant les résultats actuels, avec une incidence de 46% (tableau 2), la 59 n'accuse que 2,6% de perte, montrant que l'action de la sélection naturelle s'est encore poursuivie. Les 64 et 430 sont à déconseiller dans la zone la plus froide parce que trop sensibles à cette maladie.

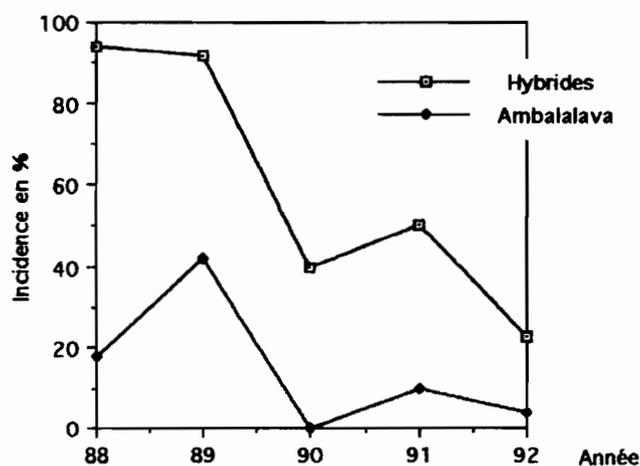


Figure 4 Incidence de la bactériose en %.

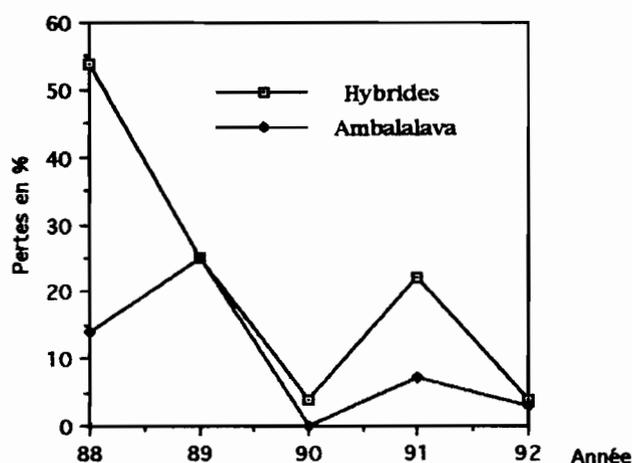


Figure 5 : Pertes dues à la bactériose en %.

4. Conclusions

La technique des populations hybrides (bulk) soumise à la sélection naturelle permet d'obtenir rapidement des génotypes de mieux en mieux adaptés aux basses températures et à la bactériose.

Devant une situation aussi menaçante que la pyriculariose, quelle stratégie adopter? Dans les pays industrialisés, on organise une rotation de gène de résistance pour éviter de pyramider les gènes de virulence chez le parasite comme cela arrive dans les stations d'essai où l'on affronte au parasite plusieurs gènes de résistance, autre stratégie de lutte qu'on qualifie de culture en mosaïque avec le danger de voir apparaître la super race! Crill et al. (7) ont appliqué la rotation de gène avec succès en Corée du Sud. Il faut pour cela un service semencier à la hauteur, ce qui est loin d'être le cas au Burundi. Comment atteindre à temps des milliers de petits exploitants qui par tradition ressemment la meilleure partie de leur récolte? La seule alternative possible face à la pyriculariose est de lui opposer le maximum d'hétérogénéité au niveau variétal (population), à mélanger les variétés; ce qui équivaut à un déploiement condensé de gènes de résistance.

Les paysans mélangent spontanément les variétés et

ils prennent soin d'éliminer de leurs semences les variétés devenues sensibles. Cette pratique des mélanges variétaux semble être la règle en dehors des pays industrialisés (3): "Vary Tsindilaly" à Madagascar, "Chhalangpa" à 2000 m au Bhoutan sont les exemples les mieux connus de cette sagesse paysanne en matière de riziculture. Dans ces vieilles civilisations du riz, ils ne mélangent pas n'importe quoi.

Un décalage des semis d'un bon mois est possible en dessous de 1500 m, cela permettrait de réduire considérablement la pression de pyriculariose.

Il ressort que le bras de fer du couple riz-Pyricularia n'est pas terminé et que sans un programme actif de croisements dirigés, il n'y aurait plus de riziculture en altitude au Burundi.

Remerciement

Le programme est financé depuis 1985 dans le cadre du STD (Science, technique et développement) de la DG-XII de l'U.E. Il s'intègre dans un réseau multidisciplinaire "Etude des contraintes de la riziculture d'altitude et développement de variétés adaptées".

Références bibliographiques

1. Autrique A. & Maraite H., 193. La pourriture brune de la gaine foliaire du riz causée par *Pseudomonas fuscovaginae*. Bulletin phytosanitaire de la F.A.O. **31**, 94.
2. Bahama, J.B., 1990. Criblage variétal pour la pyriculariose. p.p.113-120. In: Contraintes de la riziculture d'altitude et amélioration variétale. J. Bouharmont et J.-P. Tilquin Eds. U.C.L.-C.T.A., Louvain-La-Neuve.
3. Bonman J.M., Estrada B.A. & Denton R.I., 1986. Blast management with upland rice cultivar mixtures. p.p. 375-382. In: Progress in upland rice research. International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Philippines. P.O. Box 933, Manila, Philippines.
4. De Brabandere J., 1982. Synthèse des premiers essais de riziculture dans le plateau central du Burundi. p.p. 2-14. In: Rapport annuel de l'ISABU, Bujumbura: ISABU 1982.
5. De Datta S.K., 1981. Principles and practices of rice production. John Wiley and Sons, New York, Singapore, 618 p.
6. Duveiller E., Notteghem J.-L., Rott P., Snacken F. & Maraite H., 1990. Bacterial sheath brown rot of rice caused by *Pseudomonas fuscovaginae* in Malagasy. Tropical Pest management **36**: 151-153.
7. Crill P., Ham Y.S. & Beachel H.M., 1982. The rice blast disease in Korea and its control with race prediction and gene rotation. p.p. 123-130. In: Evolution of gene rotation concept for rice blast control; a compiled of 10 research papers. International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Philippines. P.O. Box 933, Manila, Philippines.
8. Detry J.-F., 1990. Criblage variétal pour la résistance à *Pseudomonas fuscovaginae* au Burundi. p.p. 105-112. In: Contraintes de la riziculture d'altitude et amélioration variétale. J. Bouharmont et J.-P. Tilquin Eds. U.C.L.-C.T.A., Louvain-la-Neuve.
9. Detry J.-F., 1994. Protection intégrée contre la pyriculariose et la pourriture brune des gaines foliaires du riz en moyenne altitude au Burundi. Thèse de doctorat. U.C.L., Faculté des Sciences agronomiques, Louvain-La-Neuve. 210 p.
10. Jaunet T., 1992. Rapport de mission au Népal du 17 au 28 septembre 1992. Contraintes de la riziculture d'altitude au Népal. CIRAD-CA, Montpellier, 12 p.
11. Nizigiyimana A., 1993. Détermination et caractérisation des phases de sensibilité aux basses températures chez le riz (*Oryza sativa* L.). Thèse de doctorat en Sciences, U.C.L. Louvain-la-Neuve. 131 p.
12. Tilquin J.-P., 1987. Bilan de trois années de sélection en riziculture pluviale au Burundi. Publication ISABU n° 111, 80 p.
13. Tilquin J.-P. 1989. Screening for cold tolerance in Burundi. IRRN **14** (1): 14-15.
14. Tilquin J.-P., Detry J.-F. & Chapeaux J.-P., 1990. Les contraintes de la riziculture d'altitude au Burundi. p.p. 54-61 in: Contraintes de la riziculture d'altitude et amélioration variétale. J. Bouharmont et J.-P. Tilquin Eds. U.C.L.-C.T.A., Louvain-La-Neuve.
15. Tilquin J.-P. & Detry J.-F., 1993. Efficiency of natural selection for bacterial sheath rot (BSR) in bulked families. IRRN **18** (1) 23-24.
16. Tilquin J.-P. & Detry J.-F., 1993. Efficiency of natural selection against cold-induced sterility in bulked families. IRRN **18** (1): 33.
17. Tilquin J.-P., Sibomana C., Evrard D., Busogoro J.-P. & Detry J.-F., 1994. Phénologie et rendement de deux variétés de riz dans deux écosystèmes contrastés au Burundi. Cahiers d'études et de recherches francophones, Agricultures **3**: 309-314.
18. Zeigler R.S. & Alvarez E., 1987. Bacterial sheath brown rot of rice caused by *Pseudomonas fuscovaginae* in Latin America. Plant disease **71**: 592-597

J.-P. Tilquin, Belge, Docteur en Sciences, ex-CTU à l'Université du Burundi, consultant free lance.

J.-F. Detry, Belge, docteur en sciences agronomiques, ex-chercheur du STD à l'ISABU.

A. Nizigiyimana, Burundais, Docteur en sciences, Professeur à la faculté des sciences agronomiques de l'Université du Burundi.

Ch. Boels, Belge, Ingénieur agronome, chercheur au programme STD.

A. Ndayiragije, Burundais, ingénieur agronome, chercheur au programme STD