Bas-fonds et riziculture

CIRAD

ORSTOM

Actes
du séminaire
d'Antananarivo
Madagascar
9-14 décembre
1991

Bas-fonds et riziculture
Antananarivo, 9-14 décembre 1991
CIRAD, 1993

Amélioration variétale pour la riziculture de bas-fond à l'IRAT : de la situation de nappe à l'inondation profonde et de 0 à 2 000 m d'altitude

C. POISSON [1], N. AHMADI [2]

Résumé — Depuis 30 ans l'IRAT, en coopération avec ses partenaires (structures nationales de recherche agronomique africaines, malgache, brésilienne), a mené un important programme d'amélioration variétale du riz. C'est surtout dans le domaine de la riziculture pluviale, riziculture la plus fréquente en Afrique de l'Ouest, que ses travaux et acquis ont été les plus importants. De nombreuses variétés améliorées ont été obtenues et sont aujourd'hui largement cultivées en Afrique et au Brésil. Toutefois, en riziculture aquatique, ses actions n'ont pas été négligeables et ont été organisées en tenant le plus grand compte du mandat et des travaux des centres internationaux de recherche agronomique et des organismes régionaux ou nationaux impliqués dans la recherche rizicole. Historiquement, c'est d'abord la riziculture irriguée qui a fait l'objet de travaux de création variétale par l'IRAT, au cours des années 60 et 70, à Madagascar, au Sénégal ainsi qu'au Mali (pour ce dernier, spécifiquement l'inondation profonde). De 1970 à 1983, l'accent a été mis sur la riziculture pluviale, avec des retombées sur la riziculture de nappe, grâce aux travaux menés à partir de la Côte-d'Ivoire. Enfin, depuis 1983, outre la poursuite des travaux sur la riziculture pluviale, la création variétale a surtout été orientée vers la riziculture irriguée d'altitude à Madagascar (Antsirabe-Vinaninony), la riziculture inondée sans aménagements coûteux en Afrique de l'Ouest (Sikasso, Mali) et la riziculture irriguée intensive (Mana, Guyane). A cet effet, des méthodes nouvelles de sélection ont été utilisées pour mieux exploiter la variabilité génétique, comme la sélection récurrente ; des outils modernes ont été adaptés pour mieux analyser cette variabilité génétique, comme l'électrophorèse d'isozymes, et des techniques bien maîtrisées pour fixer plus rapidement les variétés, comme l'haplodiploïdisation. Des variétés performantes pour les différentes situations étudiées ont été obtenues et des produits nouveaux sont en cours de l'être, comme des hybrides F1.

Mots clés : bas-fond, riz, amélioration variétale, variété.

Introduction

La riziculture de bas-fond représente près de 2 % des superficies rizicoles mondiales, avec 3 millions d'hectares, si on limite la définition de la riziculture de bas-fond à la riziculture pratiquée dans les petites vallées en conditions aquatiques mais sans contrôle de la lame d'eau. Ce type de riziculture représente 40 % des superficies rizicoles à Madagascar, avec 500 000 ha, et 10 % des superficies rizicoles pour l'Afrique seule, avec 410 000 ha (GARRITY *et al.*, 1986 ; RAUNET 1985).

Le potentiel des bas-fonds rizicultivables est en revanche très élevé : il est estimé pour l'Afrique seule à 130 millions d'hectares (RAUNET, 1985) dont 85 millions pour l'Afrique de l'Ouest (ANDRIESSE, 1985), ce qui représente la presque totalité des superficies rizicoles actuellement cultivées dans le monde.

Depuis 30 ans, l'IRAT a mené un important programme d'amélioration de la riziculture en coopération avec ses partenaires — structures nationales de recherche agronomique africaines, malgache, brésilienne... En amélioration variétale, c'est surtout dans le domaine de la riziculture pluviale que ses travaux et acquis ont été les plus importants. De nombreuses variétés améliorées ont été obtenues et sont largement cultivées en Afrique et au Brésil. Toutefois, en riziculture aquatique, ses actions n'ont pas été négligeables et ont été menées en tenant le plus grand compte du mandat et des travaux des centres internationaux de recherche agronomique et des organismes régionaux ou nationaux impliqués dans la recherche rizicole.

Historiquement, c'est d'abord la riziculture irriguée qui a fait l'objet de travaux de création variétale par l'IRAT, au cours des années 60 et 70 à Madagascar, au Sénégal ainsi qu'au Mali (pour ce dernier, spécifiquement pour l'inondation profonde). De 1970 à 1983, l'accent a été mis sur la riziculture pluviale, avec des retombées sur la riziculture de nappe grâce aux travaux menés à partir de la Côte-

[1] CIRAD-CA, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France.
[2] CIRAD-CA/IER, Sikasso, Mali.

d'Ivoire. Enfin, depuis 1983, outre la poursuite des travaux sur la riziculture pluviale, la création variétale a surtout été orientée vers la riziculture irriguée d'altitude à Madagascar (base à Antsirabe-Vinaninony), la riziculture inondée sans aménagements coûteux en Afrique de l'Ouest (Sikasso, Mali) et la riziculture irriguée intensive en Guyane (Mana).

Objectifs et méthodes de travail ont été fixés en fonction des contraintes identifiées dans les différentes formes de riziculture pratiquées.

Contraintes

Riziculture inondée et de nappe

L'aléa hydrologique, dû à la grande variabilité de l'inondation dans le temps et dans l'espace, constitue la contrainte la plus importante pour l'intensification de la riziculture inondée. Les alternances de situations exondées et inondées entraînent souvent chez le riz des désordres physiologiques et pathologiques préjudiciables à une bonne croissance de la plante. L'irrégularité du régime hydrologique des bas-fonds ne permet pas toujours d'optimiser le calage des cycles végétatifs du riz, d'où un choix difficile des dates de semis et des variétés.

En l'absence de dispositifs ou d'aménagements permettant la régularisation des crues, la hauteur de la lame d'eau et la durée de son maintien sont d'autant plus contraignantes qu'elles sont importantes et que le riz est au stade jeune et peu développé.

L'installation irrégulière du régime des pluies, particulièrement en début de cycle avant l'appui ou le relais, pour l'alimentation hydrique, d'une nappe proche ou d'une lame d'eau permanente, pénalise également une bonne croissance du riz.

La baisse de fertilité des sols, bien que moins importante qu'en riziculture pluviale, se retrouve souvent en bordure des bas-fonds où l'on pratique une riziculture de nappe, ainsi que dans les sols de bas-fond les plus perméables, où un lessivage excessif diminue l'efficacité de l'azote.

La toxicité du fer est également très fréquente dans ces milieux hydromorphes où l'absence de maîtrise de l'eau ne permet pas d'effectuer des drainages périodiques pour oxyder la forme ferreuse du fer plus soluble et plus toxique pour la plante que la forme ferrique. Le milieu réducteur favorise également d'autres toxicités en fonction de la richesse du sol en certains composants soufrés notamment.

Parmi les contraintes biologiques, l'enherbement, important dans ce milieu pseudo-aquatique, dissuade souvent le paysan de mener une culture intensive.

Parmi les maladies, la pyriculariose reste la plus grave de par les dégâts qu'elle peut provoquer, notamment dans le cas d'une alimentation hydrique déficitaire, mais la panachure jaune du riz, dont des foyers importants ont été identifiés récemment au Togo, au Mali, au Burkina Faso, en Côte-d'Ivoire, en Guinée et à Madagascar, est la plus préoccupante pour toutes les formes de riziculture aquatique.

Riziculture irriguée

C'est la forme la plus intensive de riziculture, où la maîtrise de l'eau permet, avec l'utilisation de variétés productives et d'intrants en rapport, d'accéder à des niveaux élevés de rendement. Ce type de riziculture, aujourd'hui très répandu de par le monde et en particulier en Asie, a connu en Afrique un développement important au cours des années 70. Mais les coûts des aménagements ont aujourd'hui atteint des niveaux tels qu'ils fragilisent la rentabilité des périmètres irrigués.

Hormis l'aléa hydrologique, on retrouve dans cette forme de riziculture les mêmes contraintes physiques et biologiques qu'en riziculture inondée, avec toutefois un accent particulier sur la pression souvent forte des insectes parasites du riz. Les foreurs de tiges (*Maliarpha separatella, Chilo* sp.) peuvent être responsables de pertes de rendement de 20 à 30 %, mais *Orseolia oryzivora* reste l'insecte le plus dangereux, ses attaques ayant anéanti des récoltes entières, en particulier dans le sud du Burkina Faso et du Mali.

Dans les zones sahéliennes ou de latitude élevée, les froids nocturnes durant la saison sèche représentent une contrainte importante pour la pratique de la double culture.

Mais c'est surtout en zone tropicale d'altitude que le froid est le plus contraignant pour la riziculture irriguée de saison, associé à une pression particulièrement forte, dans cette écologie, de maladies bactériennes comme *Pseudomonas fuscovaginae*.

Objectifs et méthodes

Pour identifier un matériel végétal à la fois adapté aux contraintes des divers types de riziculture inondée et conforme aux exigences des producteurs, riziers et consommateurs, les sélectionneurs de l'IRAT, en association avec leurs partenaires, ont élaboré des méthodes qui ont évolué dans le temps pour aboutir à des stratégies visant une exploitation raisonnée de la variabilité génétique du riz.

C'est ainsi que de nombreuses actions ont été entreprises pour rassembler la variabilité génétique exis-

tante, pour créer une variabilité nouvelle et pour apprécier cette variabilité en vue de son utilisation.

Rassemblement de la variabilité génétique

Ce rassemblement a été réalisé par de nombreuses introductions en provenance de différents continents et tout particulièrement d'Asie et d'Afrique, et par des séries de prospections organisées en Afrique de l'Ouest.

Au Sénégal, en Casamance, les premières prospections, qui remontent à 1959, ont permis d'entreprendre aussitôt un travail d'évaluation basé sur plus de 200 écotypes locaux.

Des prospections plus systématiques ont été réalisées dans les années 70 sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest par l'ORSTOM, l'IRAT et les structures nationales de recherche sous l'égide de l'IBPGR.

A Madagascar, pour la seule zone d'altitude, plus de 550 écotypes ont été prélevés au cours des prospections réalisées conjointement par le FOFIFA, l'IBPGR, l'IRAT et l'ORSTOM. Parmi ces prospections, 90 sont encore en observation en collection testée à Vinaninony (1 800 m d'altitude), et comparées au témoin local Latsidahy.

En zone de plateau, les écotypes collectés ont confirmé au fil des ans leur grande valeur puisque des variétés comme Makalioka 34 et Rojofotsy 1285 sont aujourd'hui encore très largement cultivées sur l'île.

Au Mali, pour la riziculture en eau profonde pratiquée dans le delta du Niger, un accent particulier a été donné à la collecte des espèces *O. glaberrima* cultivées dans ce biotope depuis plusieurs milliers d'années. Environ 180 écotypes ont pu être ainsi sauvegardés et étudiés sous différents régimes hydrologiques.

L'enrichissement des ressources génétiques s'est également fait par de nombreuses introductions de variétés régulièrement effectuées d'un pays à un autre ainsi que par l'intermédiaire des centres internationaux de recherche agronomique, et enfin grâce à la conduite de pépinières internationales. Plus de 9 500 variétés ont ainsi été introduites en Côte-d'Ivoire, 2 500 au Sénégal, 1 500 au Burkina Faso depuis les années 60. Ces prospections et introductions ont été évaluées et triées au sein de collections de travail.

Création de variabilité génétique

Croisements intra-*sativa*

Les croisements intra-*sativa* ont été le moyen le plus largement utilisé par les sélectionneurs de l'IRAT pour élargir la variabilité génétique afin de l'exploiter à bon escient.

C'est à Madagascar que le plus grand nombre de croisements a été réalisé pour la riziculture aquatique (période 1960-1977) en travaillant essentiellement au sein du groupe *indica*. La recherche de variétés à paille courte, plus adaptées à une riziculture aquatique intensive, a constitué un des objectifs de sélection du moment. L'utilisation du gène de demi-nanisme n'ayant abouti que rarement à l'obtention de variétés performantes, la méthode visant à rechercher des transgressions pour la taille courte parmi les descendants des croisements ou parents génétiquement éloignés a souvent été préférée.

En Côte-d'Ivoire, les croisements entre groupes distants et plus particulièrement entre *indica* et l'ensemble *japonica* ont d'abord été exploités pour la riziculture pluviale mais les retombées d'un tel programme ont rapidement profité à la riziculture inondée, du fait de l'obtention de variétés de type intermédiaire entre la riziculture pluviale et aquatique. Les travaux ont surtout été orientés vers la recherche de solutions pour minimiser voire supprimer la stérilité initiale observée en F1. Il a été ainsi mis en évidence l'intérêt pour les croisements distants d'utiliser des géniteurs compatibles — croisements G3 x G5 ou AUS x G5, groupes morphophysiologiques définis par JACQUOT et ARNAUD (1979) — ou de restaurer la fertilité après plusieurs cycles d'autofécondation.

Mutagenèse

La mutagenèse n'a été utilisée que très ponctuellement, pour des actions précises, comme au Sénégal pour l'obtention de variétés à paille courte et au cycle plus précoce. Dans ce cas, c'est principalement la voie physique qui a été utilisée (rayons gamma du cobalt 60), avec la collaboration de l'INRA (France). Cependant, à Madagascar, la voie chimique, avec l'emploi de méthane sulfonate d'éthyle sous forme gazeuse, a été préférée pour son efficacité, sa simplicité et pour l'absence d'effets secondaires.

Sélection récurrente

Cette méthode a été introduite récemment en Afrique de l'Ouest, au Mali pour la riziculture irriguée, et à Madagascar pour la riziculture d'altitude, après sa mise au point au Brésil pour le riz (J. TAILLEBOIS). Par alternance de phases de recombinaison et de sélection au sein d'une population, ce type de sélection permet d'augmenter la fréquence des gènes favorables pour un ou des caractères polygéniques.

A Madagascar, la population a été constituée par 13 variétés locales de type *japonica* adaptées aux zones d'altitude, introduites au sein d'une population étrangère *japonica* du Brésil porteuse d'un gène de stérilité mâle. L'objectif de ce type de sélection vise l'obtention d'un matériel végétal performant stable et plus tolérant à *Pseudomonas fuscovaginae* que les populations Latsika locales. Les cycles d'intercroisement seront achevés en 1991 et la sélection créatrice pourra débuter pour la zone d'altitude dès 1992.

Au Mali, c'est une population étrangère *indica*, créée également au Brésil, qui a été utilisée comme source de stérilité mâle, et des variétés *indica* locales et introduites bien adaptées à la région sud, comme variétés fondatrices de la population. Il s'agit d'obtenir par cette voie des variétés performantes avec une bonne résistance à la submersion au stade jeune.

Pour des conditions intermédiaires de riziculture, entre les formes pluviale et aquatique, une autre population a été créée, également au Mali, avec du matériel *japonica* et *indica*.

Hybrides F1

La maîtrise complète de l'eau en riziculture de bas-fond peut autoriser un haut niveau d'intensification et justifier le recours à des variétés hybrides F1. Un programme a été initié dans ce sens avec du matériel *indica* à partir de la base IRAT en Guyane. Le cytoplasme WA inducteur de stérilité mâle a été utilisé pour ce type de matériel. S'il a été aisé de trouver des variétés restauratrices, il a été plus délicat d'identifier le matériel mainteneur, toujours très rare chez le riz de type *indica*. Néanmoins, les premiers hybrides ont été obtenus et la production semencière en vraie grandeur est actuellement en test à Mana en Guyane pour évaluer les coûts de production.

Biotechnologies

Le recours à l'androgenèse pour fixer plus rapidement les lignées est aujourd'hui pratiqué de façon routinière par l'ensemble des équipes de sélection de l'IRAT ainsi que par les équipes nationales d'Afrique de l'Ouest associées au sein du programme de sélection régionale CORAF, commun sur huit pays.

Cette technique, qui a nécessité de nombreux travaux de mise au point sur la composition des milieux de culture, et les facteurs physiques influant sur les différentes phases, présente aujourd'hui un gain de temps de deux à trois années par rapport aux méthodes classiques. L'amélioration de son rendement, en particulier pour les croisements *japonica* x *indica* très utilisés pour l'amélioration variétale en riziculture inondée, fait actuellement l'objet d'une recherche particulière.

D'autres actions sont actuellement en cours au centre de Montpellier, dont le transfert de gènes agronomiquement intéressants.

Analyse de la variabilité génétique

La connaissance du génome des variétés que l'on utilise, l'estimation de la variabilité exploitable, la connaissance du déterminisme génétique des principaux caractères à sélectionner, l'appréciation de l'aptitude à la combinaison des géniteurs pour un ou plusieurs caractères permettent une exploitation raisonnée des ressources génétiques et favorisent l'obtention au moindre coût de variétés ajustées aux idéotypes préalablement fixés.

Une telle démarche a été suivie par les équipes IRAT de sélection.

Analyse morphophysiologique

Réalisée par JACQUOT et ARNAUD (1979) et pratiquée sur des caractères très divers, cette analyse fournit une classification utile pour le sélectionneur, en particulier pour l'ensemble *japonica*. Quatre grands groupes ont été définis parmi *O. sativa* dont trois pour l'ensemble *japonica* (G2, G3, G4), avec des sous-groupes et des groupes spéciaux. Une détermination grossière mais calculée automa-tiquement au moyen d'un logiciel de gestion des collections riz, créé au CIRAD, est en cours de développement.

Analyse isozymique

Cette technique a permis de traduire un polymorphisme génétique que l'on ne pouvait atteindre par des méthodes biométriques et d'évaluer les distances génétiques entre les groupes mis en évidence (GLASZMANN 1982 ; SEGOND, 1982). Six groupes enzymatiques ont pu être ainsi déterminés sur la base du polymorphisme génétique de 15 loci.

La connaissance de l'appartenance des géniteurs à l'un des groupes enzymatiques vient en complément de leur évaluation morphologique et agronomique. Cet ensemble représente une base rationnelle pour le choix des stratégies d'hybridation. La classification enzymatique concordant avec divers autres schémas permet de prévoir, dans une large mesure, le comportement des géniteurs dans un programme d'amélioration variétale. C'est ainsi que la diversité des origines des géniteurs contribue à augmenter la probabilité d'apparition de recombinants originaux et intéressants. L'effectif des populations à cribler et l'intensité de sélection à exercer sont variables en fonction de l'éloignement génétique des géniteurs. Cet outil a

été particulièrement utile pour l'élaboration et la gestion des croisements *indica* x *japonica*.

Environ 4 000 variétés et lignées ont déjà été classées, dont plus d'un millier à la demande des sélectionneurs d'Afrique de l'Ouest.

Analyses diallèles

Le choix des géniteurs peut être également orienté par la connaissance des modalités de transmission des caractères et des qualités individuelles. Des travaux ont été réalisés dans ce domaine en Côte-d'Ivoire, en particulier sur le déterminisme génétique de la longueur du grain, de l'égrenage, de l'ouverture des glumelles, de la translucidité du grain (CLEMENT et POISSON, 1984, 1986).

A Madagascar (CHATEL et DECHANET, 1980), l'analyse a porté sur 20 croisements issus de 5 variétés différentes et a permis l'étude de 13 caractères quantitatifs selon la méthode proposée par HAYMAN (1954). Des indications utiles ont été notamment obtenues sur l'intérêt du choix des parents pour maintenir ou améliorer le tallage utile des variétés de riz.

Utilisation de la variabilité génétique

L'obtention de variétés adaptées aux contraintes identifiées reste la finalité de tout programme de création variétale. A partir des outils d'appréciation de la variabilité génétique, la plupart des approches utilisées par les sélectionneurs ont convergé pour rechercher un progrès génétique optimal.

Parmi les différentes méthodes de sélection, la sélection généalogique a été la plus largement utilisée. Toutefois, pour la riziculture d'altitude à Madagascar, la méthode bulk massale s'est avérée plus adaptée pour maintenir une nécessaire variabilité au sein des lignées-populations.

En Afrique de l'Ouest, la sélection pour la riziculture inondée a été régionalisée au même titre que la riziculture pluviale, avec aujourd'hui sept pays impliqués dans ce programme commun (Côte-d'Ivoire, Mali, Burkina Faso, Ghana, Togo, Bénin, Sénégal). Cette méthode permet de cribler des lignées simultanément avec différentes pressions de sélection dans l'espace qu'on serait en droit de retrouver dans le temps au sein d'un même milieu. Au Mali, à Sikasso, une bonne maîtrise de l'eau sur le site d'expérimentation permet de simuler une submersion au stade jeune et de sélectionner les lignées les plus résistantes à cet aléa. En Côte-d'Ivoire, les lignées sont criblées en conditions pluviales avec une pression artificielle pour la pyriculariose ; au Ghana, le matériel végétal est placé en conditions de nappe avec alternance d'inondations et d'exondations. Les chances pour obtenir des variétés à large adaptabilité sont ainsi accrues (coopération CIRAD-CORAF).

Quant à l'évaluation agronomique des variétés nouvelles créées, les dispositifs ont été variables d'un pays à un autre. Un dispositif commun, conçu pour mieux apprécier la nature et l'intensité des maladies et identifier avec plus de sûreté les variétés résistantes, est en cours de développement en Afrique de l'Ouest (coopération CIRAD-CORAF).

Les pépinières internationales du type INGER-Africa complètent avantageusement ce dispositif en offrant une grande diversité d'environnements aux lignées et aux variétés à tester (essais ARLRESS, ARYMVESS, AIRPSS...)

Résultats

Innovation variétale

C'est surtout dans le domaine de la riziculture pluviale que les acquis en matière d'innovation variétale ont été les plus importants à l'IRAT. De nombreuses variétés améliorées ont été obtenues et sont aujourd'hui largement cultivées en Afrique et au Brésil. Toutefois, des résultats non négligeables ont été obtenus pour toutes les formes de riziculture aquatique pratiquée en bas-fonds, depuis la situation de nappe jusqu'à l'inondation profonde et de 0 à 2 000 m d'altitude.

Riziculture de nappe

Ce sont les résultats les plus récents obtenus, en Côte-d'Ivoire, essentiellement comme retombées des travaux sur la riziculture pluviale.

La variété IRAT 216 (IDSA 6) représente la plus grande réussite variétale pour ce type de riziculture. Issue d'un croisement entre Colombia 1 (intermédiaire *indica/japonica*) et M 312 A *(japonica)*, cette variété s'accommode aussi bien du régime pluvial strict que d'un régime faiblement inondé ou de nappe proche. Son port érigé, sa sénescence retardée, son tallage utile assez élevé, son format de grain apprécié ont contribué à l'extension rapide de cette variété aujourd'hui vulgarisée dans de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest et cultivée sur de très larges superficies au Brésil (elle a été récemment dénommée Rio Verde pour ce pays).

D'autres variétés, issues de croisements *indica* x *japonica* en cours d'évaluation agronomique sous différents régimes hydriques, devraient convenir à un

système intensif pratiqué dans ce type de riziculture ; c'est le cas notamment des variétés IRAT 312, IRAT 332, IRAT 333, toutes issues du croisement IRAT 177 x Apura, qui possèdent, en outre, un format de grain très long et fin.

Citons également l'intérêt des variétés pluviales améliorées à cycle court pour ce type de riziculture. Au Cameroun, dans la région du sud-est du Bénoué, s'est développée depuis 1975 une riziculture intensive sur nappe, sur des sols hydromorphes de bas de pente, avec des variétés pluviales comme IRAT 133, IRAT 110 et IRAT 112.

Autre résultat au crédit de la recherche : l'identification et la diffusion dans les années 60-70, au Burkina Faso (Haute-Volta à l'époque), de la variété locale Fossa, remarquablement bien adaptée à la riziculture de nappe dans un système faiblement intensif.

Riziculture inondée ou irriguée

Pour ce type de riziculture pratiqué le plus communément dans les bas-fonds, les premiers résultats ont été obtenus en Casamance, au Sénégal, avec l'obtention des variétés IRAT 6 et IRAT 7, plus connues sous le nom de DJ 346D et DJ 684D. Il s'agit de variétés à cycle court (115 à 120 jours) et à paille courte, adaptées à une riziculture intensive. Si les créations variétales obtenues à Richard-Toll, dans la vallée du fleuve Sénégal, également au cours de la décennie 1960-1970 comme H 821-3, étaient surtout destinées à la riziculture irriguée mécanisée, un certain nombre de variétés introduites connurent un grand succès en riziculture de bas-fond dans toute l'Afrique de l'Ouest. Il s'agit notamment de D 52/37 ou D 9/9, originaires de Guyane britannique, variétés à paille longue et convenant pour un système de riziculture faiblement intensif, ou même de SR 26B, originaire d'Inde. D 52/37 connaît aujourd'hui un nouveau développement en Afrique de l'Est.

Au Burkina Faso, la variété C 74 introduite des Philippines et proposée à la vulgarisation à la fin des années 60 connut un large développement dans le pays en riziculture de bas-fond, aussi bien en conditions d'inondation qu'en conditions d'irrigation avec la maîtrise de l'eau. L'aire de culture de cette variété s'est étendue par la suite au Mali, où elle est toujours cultivée, en particulier dans la région sud, sur les périmètres à contrôle partiel de l'eau.

A Madagascar, c'est à la station du lac Alaotra que la plupart des variétés destinées à ce type de riziculture furent créées. Il s'agit des variétés MADIRAT 36 (IRAT 118), MADIRAT 123 (IRAT 120), MADIRAT 187 (IRAT 125)...

Parmi les variétés introduites, la variété Chianan 8, connue à Madagascar par son numéro d'introduction (1632), a connu une large diffusion. Elle est aujourd'hui cultivée sur plusieurs dizaines de milliers d'hectares. Plus récemment et toujours depuis la station du lac Alaotra, deux variétés introduites, 2787 (B54/BKN/112/2) et 2798 (Tché Kouaï), se sont révélées plus intéressantes que la variété locale Makalioka 34 pour leur capacité de tallage, leur cycle plus court et surtout leur tolérance à des repiquages tardifs, qui permettent une plus grande souplesse du calendrier cultural.

En conditions de haute altitude, les travaux de création variétale sont encore trop récents pour proposer des variétés nouvelles pour ce biotope. Il a été mis toutefois en évidence que, en année climatique favorable, les types intermédiaires *japonica/indica* avaient d'excellents rendements, supérieurs à ceux des témoins locaux. Par contre, en année sélective, seuls les types *japonica* maintiennent des rendements comparables à ceux des témoins, ce qui a permis de mieux orienter les travaux de sélection. Dans l'immédiat, compte tenu de leur stabilité de rendement et de leur niveau de production, les variétés locales Latsidahy et Latsibavy ont été proposées à la diffusion.

En Côte-d'Ivoire, les variétés créées dans le cadre de la sélection régionale, IRAT 308 (IDSA 29), IRAT 309 (IDSA 30), IRAT 310 (IDSA 31), IRAT 311 (IDSA 32), se sont révélées bien adaptées à une riziculture de bas-fond à régime hydrique fluctuant. Le parent *japonica* (IRAT 104) de ces variétés devrait leur apporter une meilleure tolérance aux maladies cryptogamiques et en particulier à la pyriculariose, notamment lorsque les conditions hydriques sont limitantes. Le Togo et le Bénin ont, pour leur part, nommé des variétés nouvelles parmi d'autres descendances de ces mêmes croisements exploités dans le cadre du programme commun coopération de sélection régionale CORAF-CIRAD.

Riziculture d'immersion profonde

Les travaux concernant ce type de riziculture n'ont été réalisés qu'au cours de la décennie 1960-1970, et ceci à la station Ibétémi-Mopti, au Mali.

IRAT 17 (Malabadian X D52-35), connue également sous le nom de DM 16, et IRAT 16 (Mali Sawn x Pharcomen), également nommée MPS11, sont les deux principales obtentions de ce programme.

Qualité de grain, résistance à la sécheresse à différentes époques du cycle végétatif et tolérance à une lame d'eau allant jusqu'à 50 cm constituent les principales caractéristiques de ces variétés améliorées. L'expérimentation agronomique pour ce type de riziculture est aujourd'hui poursuivie en Guinée.

Stabilité de rendement

Résistance à la panachure jaune RYMV

Cette maladie grave s'étend actuellement de façon inquiétante sur plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest (Côte-d'Ivoire, Mali, Burkina Faso, Togo, Guinée) et surtout à Madagascar.

Des criblages variétaux réalisés dans plusieurs pays ont mis en évidence la plus forte sensibilité à cette maladie des variétés *indica*, par rapport aux variétés *japonica*.

Un sérum a été fabriqué à l'IRAT (Montpellier) en 1989. Il sert au diagnostic ELISA et à des tests d'évaluation de la résistance variétale. Une collaboration avec l'IITA est en cours au Nigeria pour tester le matériel résistant avec des souches de différents pays.

Résistance à la pourriture bactérienne

Cette maladie due à une bactérie, *Pseudomonas fuscovaginae*, sévit principalement dans les zones tropicales d'altitude de 1 500 à 2 000 m et constitue, avec le froid, le principal facteur limitant de ce type de riziculture. Les recherches entreprises par l'IRAT dans le cadre d'un projet de recherche financé par la CEE ont permis de mettre au point des méthodes fiables pour diagnostiquer la présence du pathogène. Un test ELISA est également opérationnel pour ce diagnostic et permet de traiter de façon rapide un grand nombre d'échantillons.

Résistance à la pyriculariose

La création de variétés résistantes à la pyriculariose a constitué l'objectif prioritaire des équipes IRAT impliquées dans l'amélioration variétale du riz pluvial. Si le problème est plus secondaire pour le riz aquatique, il n'en est pas pour autant négligeable ; la résistance à cette maladie cryptogamique représente un critère important de sélection. Les croisements *indica* x *japonica* répondent à ce souci et les variétés nouvelles créées ont un niveau plus fort de résistance à la pyriculariose que le parent aquatique d'origine (IRAT 308 et IRAT 309 par rapport à C 74, notamment en conditions limitantes d'alimentation hydrique).

Résistance à la sécheresse

Là encore, les recherches menées pour la riziculture pluviale ont eu des retombées sur la riziculture inondée, dans la mesure où la plante connaît très souvent une situation de déficit hydrique en début de cycle dans les systèmes d'exploitation en semis direct.

Parmi les mécanismes d'adaptation de la plante à la sécheresse, celui permettant l'évitement du stress interne par maintien d'absorption d'eau et limitation des pertes d'eau a constitué un axe majeur de recherche. La profondeur d'enracinement ayant été identifiée comme une des meilleures adaptations de la plante aux aléas hydriques, différentes méthodes ont été mises au point pour faciliter l'enracinement profond : sonde à neutrons (F.N. Reyniers), semelle artificielle de labour (L. Seguy), herbicide appliqué en profondeur (P. Siband, L. N'Cho).

Ce critère d'enracinement profond a été déterminant dans le choix des géniteurs de riz pluvial dans des croisements *japonica* x *indica* (IRAT 104, IRAT 216...)

Adaptation à l'inondation

Les travaux de physiologie menés en collaboration par l'IRAT et le CEA de Cadarache ont montré que l'aptitude du riz à supporter l'inondation était fortement liée à la capacité de transport de l'oxygène des feuilles aux racines. Une variabilité importante de cette capacité d'oxygénation a été mise en évidence, en précisant que les variétés *indica* étaient plus adaptées que les variétés *japonica* pour effectuer ce transport d'oxygène (Puard *et al.*, 1986).

L'hypothèse a été émise que l'installation précoce de ce mécanisme prédisposait une variété à une bonne adaptation à l'inondation. Ce critère a été utilisé au Mali avec une submersion précoce pour cribler les lignées à partir de la 3e ou 4e génération. Les variétés IRAT 308, IRAT 309, IRAT 310 et IRAT 311 sont issues d'un tel criblage.

Toutefois, un tel test mériterait d'être affiné, dans la mesure où il convient de tenir compte des interactions avec un certain nombre de facteurs du milieu, comme l'acidité du sol ou la fertilisation.

Perspectives

Les premiers résultats de création variétale sont encourageants, en particulier pour la riziculture de nappe praticable en tête de bassin versant ou sur les marges supérieures des bas-fonds, avec des variétés comme IRAT 216 (IDSA 6), qui se sont révélées remarquablement bien adaptées à cette situation. La diffusion de telles innovations est aujourd'hui relativement rapide.

Ces résultats restent cependant insuffisants pour la riziculture inondée, aujourd'hui pratiquée sur de très larges superficies.

L'aménagement permettant d'avoir le contrôle parfait de l'eau est une des formes d'intensification de ce type de riziculture. Lorsque le site autorise un aménagement quaternaire à coût raisonnable ou que le paysan peut être associé à sa réalisation, c'est une voie recommandable pour accroître la production et le revenu du producteur. Variétés hautement productives, techniques culturales, fumures sont aujourd'hui disponibles.

Cependant, on assiste à une véritable inflation du coût des aménagements, qui contraint le paysan à intensifier davantage sa culture sans pour autant en augmenter la rentabilité.

Dans ce contexte, la riziculture inondée sans aménagements coûteux mais avec contrôle partiel de l'eau est une alternative intéressante à la riziculture irriguée, pourvu qu'elle puisse être améliorée.

L'IRAT s'est engagé dans cette voie de recherche. Différentes conditions devront être réunies pour faire aboutir un tel programme à des résultats concrets.

En premier lieu, une approche pluridisciplinaire associant notamment hydrauliciens, agronomes, physiologistes, sélectionneurs et phytopathologistes semble indispensable pour aboutir au meilleur compromis entre milieu amélioré et plante améliorée, avec, bien sûr, l'appui des socio-économistes pour obtenir des produits adaptés aux environnements socio-économiques (variables dans le temps et l'espace). Une démarche systémique doit d'autre part être privilégiée si l'on veut créer des variétés mieux adaptées aux contraintes identifiées, tout en préservant l'environnement. Cette approche prend toute sa valeur pour la situation de nappe, dans laquelle d'autres cultures que le riz sont possibles et dont il convient d'étudier en interaction les différents facteurs de production, ou dans le cas où l'on pratique une culture de contre-saison autre que le riz, qui bien souvent fait la véritable valeur du bas-fond (pâturage, maraîchage).

Il convient également de ne pas limiter l'étude au seul bas-fond, mais de prendre en compte le bassin versant qui le domine et le terroir villageois qui l'inclut. Cela suppose donc l'étude de la mise en valeur des cultures pluviales comprises dans les systèmes de production du terroir.

Enfin, le paysan et l'encadreur doivent être associés aux chercheurs dans l'élaboration et la mise au point des innovations, afin d'aboutir à des solutions adaptées et transférables.

Concernant l'amélioration variétale proprement dite, il conviendra de mettre l'accent sur une bonne identification des caractères d'adaptation de la plante aux aléas hydriques, d'en étudier la variabilité génétique ainsi que leur héritabilité, afin d'orienter en conséquence les stratégies de sélection.

La qualité du riz, et tout particulièrement sa qualité culinaire, est un aspect qui devra être pris en compte dans tout programme d'amélioration variétale, ce qui renforce l'idée de la nécessaire pluridisciplinarité pour aborder une telle problématique.

Références bibliographiques

AHMADI N., CHARPENTIER H., FEAU C., RABARY E., 1988. Amélioration variétale du riz pour la région du lac Alaotra à Madagascar. L'Agron. Trop., 43 (2) : 91-98.

ALLURI K., ZAMAN S.M.H., KAUNG ZAN, SESHU D.V., 1985. Cooperation between Africa, Asia and Latin America. The International Rice Testing Program. *In* : The wetlands and rice in Subsaharian Africa, Ibadan, Nigeria, 4-8 novembre 1985. Ibadan, IITA, p. 133-137.

ANDRIESSE W., 1985. Area and distribution. *In* : The wetlands and rice in Subsaharian Africa, Ibadan, Nigeria, 4-8 novembre 1985. Ibadan, IITA, p. 15-30.

ARRAUDEAU M., 1975. Réflexions sur le choix des géniteurs et sur certaines voies d'obtention de variétés nouvelles chez le riz *(O. sativa)*. L'Agron. Trop., 30 (1) : 7-17.

ARRAUDEAU M., 1977. La sélection du riz irrigué à Madagascar. *In* : Rice in Africa, Ibadan, Nigeria, 7-11 mars 1977. Ibadan, IITA, 7 p.

ARRIVETS J., 1973. Résultats de riziculture sans aménagement en zone soudanienne. L'exemple de bas-fonds du centre Haute-Volta. L'Agron. Trop., 28 (1) : 34-53.

BIDAUX J.M., 1971. La riziculture en eau profonde au Mali. L'Agron. Trop., 26 (10) : 1100-1114.

BONO M., MARCHAIS L., 1966. Le point des recherches rizicoles au Mali. L'Agron. Trop., 21 (4) : 520-557.

CHABROLIN R., 1970. Perspectives actuelles de l'amélioration variétale en riziculture tropicale. L'Agron. Trop., 25 (10-11) : 909-914.

CHATEL M., DECHANET R., 1980. Analyse diallèle de quelques caractères quantitatifs chez le riz. L'Agron. Trop., 35 (4) : 402-414.

CLEMENT G., POISSON C., 1984. Analyse de croisements intra- et intergroupes chez *O. sativa*. Application à la sélection du riz pluvial en Côte-d'Ivoire. Montpellier, IRAT, 78 p. (Mémoires et travaux, n° 8).

CLEMENT G., POISSON C., 1986. Les problèmes de la stérilité dans les croisements *indica* par *japonica* pour l'amélioration du riz (*O. sativa* L.) I. La recherche de la compatibilité hybride. II. L'évolution de la stérilité initiale au cours des générations d'autofécondation. L'Agron. Trop., 41 (1) : 27-49.

DE CARVALHO FERREIRA NEVES P., TAILLEBOIS J., VEILLET S., 1990. Présentation d'une stratégie de sélection de variétés hybrides de riz utilisant la sélection récurrente au Brésil. *In* : 17e session de la Commission internationale du riz, Goiana, Brésil, février 1990. Rome, FAO, p. 1-16.

DECHANET R., RAKOTONIRAINY R., RAVATOMANGA J., 1990. L'amélioration du riz d'altitude à Madagascar. *In* : Séminaire sur les contraintes liées à la riziculture d'altitude et amélioration variétale, Bujumbura, Burundi, avril 1990. Louvain-la-Neuve, UCL, p. 45-53.

DUMONT C., 1966. Les recherches rizicoles en Haute-Volta de 1959 à 1965. L'Agron. Trop., 21 (4) : 558-565.

GARRITY D.P., OLDEMAN L.R., MORIS R.A., LENKA D., 1986. Rainfed lowland rice ecosystems : characterization and distribution. *In* : Progress in rainfed lowland rice. Los Baños, IRRI, p. 3-52.

GLASZMANN J.C., 1982. Variabilité enzymatique du riz (*Oryza sativa* L.). Son importance pour la compréhension de la structure écogéographique de l'espèce. Thèse de doctorat, sciences agronomiques, INA, Paris, 128 p.

GLASZMANN J.C., BENOIT H., ARNAUD M., 1984. Classification des riz cultivés (*Oryza sativa* L.). Utilisation de la variabilité enzymatique. L'Agron. Trop., 39 (1) : 51-66.

GUIDERDONI E., COURTOIS B., DECHANET R., FELDMANN P., 1986. La production de lignées haploïdes doublés de riz (*Oryza sativa* L.) par culture d'anthères *in vitro*. L'Agron. Trop., 41 (3-4) : 250-257.

HAYMAN B.I., 1954. The theory and analysis of diallel crosses. Genetics, 39 : 789-809.

JACQUOT M., ARNAUD M., 1979. Classification numérique des variétés de riz. L'Agron. Trop., 34 (2) : 157-173.

JAUNET T., ROTT P., NOTTEGHEM J.L., 1990. Diagnostic et résistance à *Pseudomonas fuscovaginae*. *In* : Séminaire sur les contraintes liées à la riziculture d'altitude et amélioration variétale, Bujumbura, Burundi, avril 1990. Louvain-la-Neuve, UCL, p. 121-127.

MAGNE C., 1976. Amélioration variétale du riz au Sénégal. *In* : Séminaire ADRAO sélection et amélioration variétale du riz, Monrovia, Liberia, janvier 1976. Monrovia, ADRAO, p. 152-163.

MASAJO T.M., ALLURI K., ABIFARIN A.O., JANAKIRAM D., 1985. Breeding for high and stable yields in Africa. *In* : The wetlands and rice in Subsaharian Africa, Ibadan, Nigeria, 4-8 novembre 1985. Ibadan, IITA, p. 115-132.

NOTTEGHEM J.L., 1989. La création de variétés résistantes : cas du riz et de la pyriculariose. Bull. Soc. Bot. Fr. Act. Bot., 136 (3-4) : 227-236.

POISSON C., 1989. Amélioration variétale du riz en Afrique de l'Ouest. *In* : Revue annuelle de la riziculture, Bouaké, Côte d'Ivoire, 24-26 avril 1989. Bouaké, ADRAO, 15 p.

PUARD M., COUCHAT P., LASCEVE G., 1986. Importance de l'oxygénation des racines du riz *(Oryza sativa)* en culture inondée. L'Agron. Trop., 41 (2) : 119-123.

RAUNET M., 1985. Bas-fonds et riziculture en Afrique. Approche structurale comparative. L'Agron. Trop., 40 (3) : 181-200.

RAUNET M., 1985. Les bas-fonds en Afrique et à Madagascar. Géomorphologie, géochimie, pédologie, hydrologie. Z. Géomorph. N.F., 52 : 25-62.

SEGOND G., 1982. Origin of the genetic diversity of cultivated rice *(Oryza* sp.) : study of the polymorphism scord 40 isozyme loci. Japan. J. Genet., 57 : 25-57.

VERNIER P., 1985. Le développement de la riziculture sur nappe phréatique au Nord-Cameroun. Un exemple de transfert de technologie. L'Agron. Trop., 40 (4) : 323-336.

VERNIER P., HAMASSELBE A., 1988. Amélioration de la riziculture sur nappe phréatique. Cinq années de recherche au Nord-Cameroun. L'Agron. Trop., 43 (1) : 3-17.