

Sélection du riz pour les systèmes irrigués à potentiel élevé

Environ 50 % de la surface cultivée en riz dans le monde est de type irrigué et cette superficie produit plus de 75 % du riz mondial. Les chiffres équivalents pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre peuvent ne pas être aussi impressionnants, mais il ne fait pas de doute que les systèmes irrigués ont le potentiel de fournir les rendements les plus élevés, et sélectionner des plants de riz pour ces systèmes peut induire des avantages pour le reste des bas-fonds sans maîtrise totale de l'eau.

Priorités évolutives

« A l'ADRAO, l'histoire de la sélection pour les systèmes irrigués est compliquée du fait que jusqu'en 1997, le programme n'avait pas une structuration simple en système irrigué et système pluvial », explique Kouamé Miézan, sélectionneur riz irrigué et Chef du Programme riz irrigué. Au départ, la station du Sahel était un programme en lui-même, et ce n'est qu'en 1997 qu'il est devenu la base principale d'un programme élargi sur le riz irrigué pour toute l'Afrique de l'Ouest. Ainsi, lorsque nous examinons les activités de sélection, nous commençons par examiner seulement le système irrigué au Sahel.

« Lorsque je suis arrivé au Sénégal en 1990 », poursuit Miézan, « notre préoccupation majeure était d'accroître les options de double culture disponibles. » C'est-à-dire, faire deux cultures de riz dans le même champ au cours d'une même année, une en saison pluvieuse et une en saison sèche. « Nous recherchions soit des variétés tolérantes aux températures extrêmes dans le Sahel soit des variétés à cycle permettant d'éviter ces températures extrêmes. » La nécessité de comprendre de manière détaillée les réponses variétales aux différences climatiques a amené l'équipe du Sahel à développer le modèle cultural RIDEV (*Rice development*) en vue de prédire le développement d'une

variété et le niveau de stérilité induite par la température en fonction de sa localisation et de sa date de semis.

L'autre préoccupation majeure du Sahel est la salinité qui constitue un problème majeur dans le delta du fleuve Sénégal – principale zone de production rizicole de la région, où les variétés tolérantes peuvent contribuer directement à réduire les pertes de rendement.

Une différence majeure entre les systèmes irrigués et les systèmes pluviaux, c'est que les premiers sont invariablement orientés vers le marché. Les producteurs de riz irrigué cherchent donc des profits. Ils sont prêts à investir dans leur culture à des seuils que les paysans des systèmes de subsistance peuvent rarement se permettre, en particulier dans les engrais minéraux et les herbicides. Par conséquent, toute variété répondant bien à de tels intrants sera prisée par rapport aux autres, de sorte que les paysans puissent maximiser leurs retours sur investissements. Un autre aspect important de la commercialisation est la préférence des consommateurs ou plutôt comment les paysans peuvent accroître la valeur marchande de leur produit. Même sur les marchés locaux, les consommateurs sont prêts à payer une prime pour le riz de qualité, comme les grains longs, minces ou aromatisés.

Depuis 1997, l'équipe Riz irrigué s'intéresse aussi au Sud de la savane et aux zones forestières. Là où l'eau est

bien maîtrisée, les considérations sont semblables à celles des systèmes sahéliens puisque les systèmes entièrement irrigués ne sont rentables qu'en conditions de haut niveau d'intrants, de production d'orientation sur le marché. Cependant, des problèmes supplémentaires surgissent dans les zones humides (à la fois au Sud de la savane et en forêt) : la cécidomyie africaine des galles du riz et la toxicité ferreuse.

L'une des complications majeures au Sud du Sahel est la définition des 'systèmes irrigués'. Le degré de maîtrise de l'eau peut varier d'un paysan à l'autre ou d'une année à l'autre dans le même champ. Comme la gestion de l'eau devient moins 'rigoureuse' et que les risques augmentent, il est nécessaire d'ajuster les stratégies de gestion dont l'utilisation de variétés adaptées et dotées de caractéristiques telles que la compétitivité contre les adventices, une bonne taille (en cas d'inondation) et une bonne capacité de tallage.

Matière première

« Au tout début », poursuit Miézan, « on pensait en général que le riz irrigué en Afrique de l'Ouest – en particulier dans le Sahel – est semblable au riz irrigué comme partout ailleurs. » En conséquence, la stratégie consistait à introduire des variétés qui ont eu du succès ailleurs et à les tester dans les conditions du Sahel. Le Réseau international pour l'évaluation génétique du riz (INGER) sous les auspices de l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI) a été un acteur clé de cette stratégie. INGER a fourni beaucoup de matériels provenant de toute l'Asie, mais aussi d'ailleurs (par exemple du Brésil). L'IRRI a aussi fourni un second lot de matériel, comme Miézan avait des contacts avec leur sélectionneur principal, Dr Gurdev Khush, qui envoyait du matériel à tester au Sahel.

L'ADRAO n'était cependant pas la seule institution à introduire et tester des variétés exotiques de riz pour les systèmes irrigués ; les autres acteurs dans les années 1970 et 1980 incluaient l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), l'Institut de recherches agronomiques tropicales (IRAT) et les instituts nationaux de recherches agricoles (INRA). Ainsi, une pléthore de riz exotique a fait son entrée dans le Sahel.

Evolution de la stratégie de sélection

Première stratégie ou stratégie à court terme : *Introduction* de matériel exotique d'Asie et d'ailleurs ; d'abord pour une homologation directe, puis pour servir de matière première dans le programme de sélection (croisement). Caractéristiques : précocité (pour la double culture), tolérance aux températures extrêmes et à la salinité.

Deuxième stratégie ou stratégie à moyen terme : *Croisement* des matériels introduits (*Oryza sativa* subsp. *indica*) ; pour combiner les caractéristiques utiles. Caractéristiques : même chose que pour la stratégie à court terme plus la qualité des grains.

Troisième stratégie ou stratégie à long terme : *Croisement intra- et interspécifique* des *indica* introduits avec les *O. sativa* subsp. *japonica* (intraspécifiques) traditionnels et les variétés indigènes *O. glaberrima* (interspécifiques) pour les caractéristiques non disponibles au niveau du matériel *indica* et générer la diversité pour le programme de sélection. Caractéristiques : résistance au virus de la panachure jaune du riz.

Par la suite, les programmes de test de l'ADRAO, de l'IITA, de l'IRAT et de l'IRRI en Afrique ont été fusionnés en un seul Programme international de test du riz (IRTP *International Rice Testing Program*), connu maintenant sous le nom de Réseau international pour l'évaluation génétique du riz en Afrique, INGER-Afrique).

Les variétés Sahel : Sahel 108 (IR 13240-108-2-2-3) de l'IRRI, Sahel 201 (BW 293-2) du Sri Lanka et Sahel 202 (ITA 306) de l'IITA sont des succès notables des activités d'introduction et de criblage de l'ADRAO. Ces variétés dominant maintenant la riziculture irriguée de la Vallée du fleuve Sénégal du Nord (Mauritanie) jusqu'au Sud (Sénégal). La variété Sahel 108 a été aussi homologuée au Burkina Faso et Sahel 202 au Cameroun, au Ghana et au Nigéria. Notre rapport de l'an dernier a abordé l'adoption de ces variétés (*voir* Encadré 'Sahel 108 et autres variétés de riz au Sahel,' *Rapport annuel ADRAO 2000*, page 11).

« Même à ce jour », fait remarquer Miézan, « les introductions sont toujours d'une grande importance et le resteront encore longtemps. Nous ne recherchons plus du matériel uniquement pour l'homologation directe, dans la mesure où le matériel exotique peut apporter d'importantes caractéristiques et de la diversité dans le programme de

sélection. » En fait, l'équipe continue de cribler environ 300 de ces introductions, chaque année.

Sélection ardue

Au début des années 1990, lorsque la Station Sahel a été établie, elle ne disposait ni d'infrastructures ni de personnel pour faire les croisements ou manipuler les populations en disjonction. En conséquence, lorsque Miézan a lancé ses activités de sélection, il a été obligé d'utiliser une voie plutôt indirecte. « J'identifiais des parents appropriés ici au Sénégal », explique-t-il, « mais ensuite je les envoyais pour croisement au sélectionneur riz de bas-fonds de l'ADRAO basé à Ibadan au Nigeria [le siège de l'IITA abrite la Station de l'ADRAO au Nigeria]. Je recevais ensuite du matériel de deuxième génération que je cultivais et sélectionnais ici à N'Diaye [Station Sahel de l'ADRAO] ». Ces sélections étaient baptisées séries 'WAT' pour montrer qu'elles sont des croisements WARDA-ADRAO faites à l'IITA.

Ces premiers croisements réalisés à l'IITA étaient entre des parents exotiques des sous-espèces *indica* d'*oryza sativa*, utilisant essentiellement le matériel venu d'Asie. Un programme de croisement similaire s'est poursuivi à N'Diaye, une fois que la Station Sahel a eu des ressources pour faire le travail. Ces croisements 'indigènes' sont



Intraspecific (*indica-indica*) line at
N'Diaye, Senegal

désignés sous le sigle 'WAS' pour WARDA-ADRAO Sahel.

Les principaux objectifs de ces croisements *indica-indica* étaient d'améliorer le type de plant (hauteur et exsertion paniculaire), tolérance à la salinité, qualité des grains et pour réduire le cycle sans affecter considérablement le potentiel de rendement.

Pousser plus loin

La panachure jaune du riz (RYMV) est l'une des principales maladies virales de la riziculture irriguée et des bas-fonds pluviaux en Afrique. Aucun des cultivars populaires largement cultivés en Afrique de l'Ouest n'est résistant à cette maladie.

« Lorsque nous avons commencé à penser véritablement à sélectionner pour la résistance au RYMV, nous avons rencontré un problème », explique Miézan. « Au milieu des années 1990, nous n'avions qu'une seule variété *indica* [Gigante (Tete) du Mozambique] très résistante au RYMV, mais avec un type de plant médiocre (trop haut et grains de mauvaise qualité), sensible à la pyriculariose et à faible rendement. »

« Et pour rendre les choses plus compliquées », explique Yacouba Séré, le phytopathologiste de l'ADRAO, « le RYMV lui-même est très variable, donc nous ne pouvions et ne pouvons toujours pas nous fier à une seule source de résistance. » Heureusement, les activités de criblage à l'IITA (Ibadan) et à l'ADRAO (M'bé) ont permis d'identifier du matériel résistant et tolérant à la fois chez les sous-espèces *japonica* de *Oryza sativa* que chez *Oryza glaberrima*.

Ainsi, la base était en place pour un programme de sélection pour la résistance au RYMV en riziculture irriguée. « Le seul obstacle restant était le croisement lui-même », déclare Miézan en riant. En ce moment là, le programme de sélection interspécifique de plateau de l'ADRAO (impliquant les sous-espèces *japonica* de *Oryza sativa* et de *Oryza glaberrima* était encore à ses tous débuts – les premiers NERICA n'étaient pas encore développées. Cependant, l'IRRI, l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM, maintenant Institut de recherche pour le développement, IRD) et les institutions japonaises avaient fait des croisements

expérimentaux, essentiellement pour des études génétiques. L'ORSTOM a en particulier trouvé que les hybrides *glaberrima-sativa* étaient très stériles. Cependant, l'équipe Sahel de l'ADRAO n'a pas baissé les bras, et les fruits de ses efforts ont fait l'objet d'un article dans le rapport de l'année dernière ('Le virus de la panachure jaune du riz', *Rapport annuel ADRAO 2000*, pages 27-37). Même si quelques-unes des NERICA initiales de 'plateau' se sont montrées prometteuses dans les bas-fonds, les évaluations – par Miézan et son équipe – de plusieurs descendances interspécifiques (*sativa-glaberrima*) ont montré que les descendances basées sur les *indica* se prêtent mieux aux bas-fonds irrigués et pluviaux.

« L'un des avantages majeurs du travail d'hybridation interspécifique », s'enthousiasme Miézan, « c'est la diversité qu'il a générée. » Un seul croisement peut générer une variation stupéfiante entre les descendances, mais les croisements interspécifiques apportent des gènes précédemment inconnus en riziculture irriguée. « Quelque peu surprenante, mais plus utile, est la variété du type de plant que le travail interspécifique a permis de produire », déclare Miézan. « Des plantes de stature et de structure différentes ouvrent des perspectives pour l'utilisation de ce matériel dans les bas-fonds 'pluviaux' où la maîtrise de l'eau n'est pas idéale. Ainsi, *Oryza glaberrima* peut contribuer de manière significative à améliorer la riziculture irriguée et

de bas-fonds dans la région. Cependant, le problème de la stérilité des hybrides avec *Oryza sativa* demeure. » Sigrid Heuer s'occupe présentement de ce problème (*voir* Encadré 'Examiner la stérilité des hybrides au niveau moléculaire', page 20).

Trier dans la masse de matériel

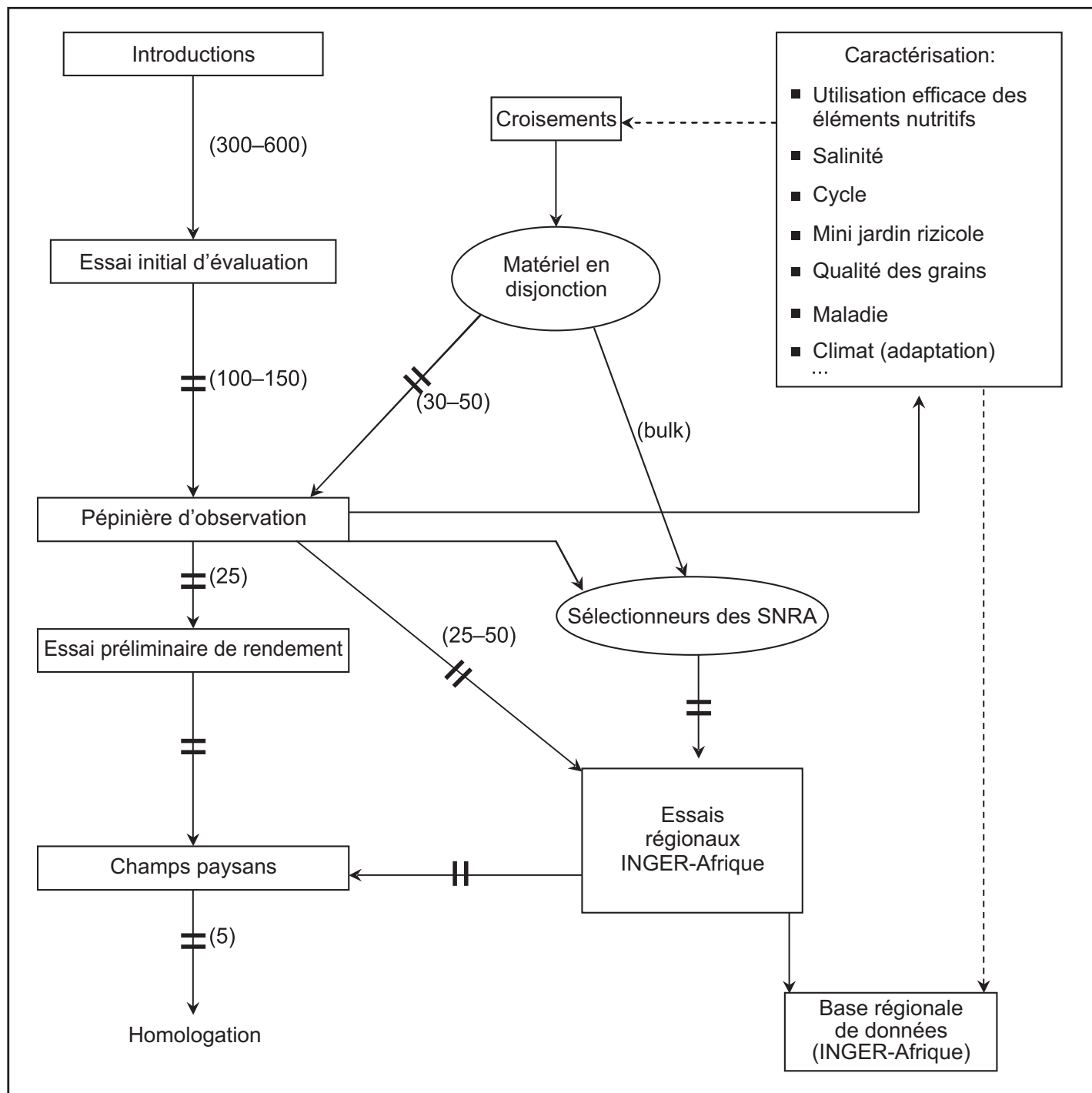
Compte tenu de l'abondance du matériel maintenant disponible pour le programme au cours d'une même année, Miézan et son équipe ont beaucoup de travail de criblage et sélection à faire. Le schéma de travail est décrit en Figure 1. « Le système semble très compliqué », explique Miézan, « tout simplement parce que nous voulons faire une meilleure utilisation du matériel disponible – nous ne voulons rien perdre de potentiellement précieux. En fin de compte, nous cherchons à introduire entre 300 et 600 nouvelles lignées dans le système tous les ans, et espérons voir cinq à dix d'entre elles homologuées directement dans au moins un de nos pays cibles. »

Le processus commence à N'Diaye. La vallée du fleuve Sénégal est considérée comme un bon endroit pour démarrer parce que la pression de sélection n'est pas forte. La philosophie du criblage initial (Essai d'évaluation initiale) n'est pas tellement de sélectionner le meilleur matériel, mais d'éliminer le plus mauvais qui n'est pas du tout approprié à l'environnement. De cette façon, les 300 à 600 entrées



Deux lignées interspécifiques dérivées d'un seul croisement : l'une avec des barbes (à gauche) et l'autre avec des glumes longues (à droite)

Figure 1. Sélection et tri de nouvelles variétés de riz irrigué par l'ADRAO et ses partenaires



Examiner la stérilité des hybrides au niveau moléculaire

L'un des problèmes majeurs de l'hybridation interspécifique est la très mauvaise fertilité de la première génération d'hybrides et de ses descendance. Cela s'est révélé non seulement vrai pour la production des NERICA de plateau de l'ADRAO mais aussi dans les croisements réalisés par l'équipe de riz irrigué impliquant les variétés *indica* et *Oryza glaberrima*.

Au début de 2000, Sigrid Heuer a obtenu une bourse de recherche post-doctorat de *Deutscher Akademischer Austauschdienst* (DAAD) pour étudier les processus sous-tendant les barrières de croisement entre les deux espèces de riz cultivé. « Mon premier problème », a-t-elle expliqué, « a été d'obtenir quelques plantes stériles sur lesquelles travailler. » Pour des raisons évidentes, les sélectionneurs ne sélectionnent que des plantes fertiles. « Ayant criblé les hybrides pour la stérilité pendant la saison sèche », poursuit Heuer, « nous avons voulu re-vérifier nos résultats en saison pluvieuse - la chaleur aussi induit la stérilité, et il fait très chaud pendant la saison sèche dans le delta du fleuve Sénégal. » L'un des avantages majeurs de travailler dans la zone sahélienne est de pouvoir faire avancer le matériel de sélection de deux générations par an, en cultivant et pendant la saison pluvieuse et pendant la saison sèche. Mais, les plantes de la saison sèche risquent toujours la stérilité induite par la chaleur (et le froid). « Pendant la saison sèche 2001 », poursuit Heuer, « j'ai eu le privilège de pouvoir utiliser les serres contrôlant la température et les installations de laboratoire du Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse (CERAAS) à Thiès (Centre-ouest du Sénégal). » Avec le contrôle du climat, la température peut être maintenue inférieure à des niveaux qui induisent la stérilité.

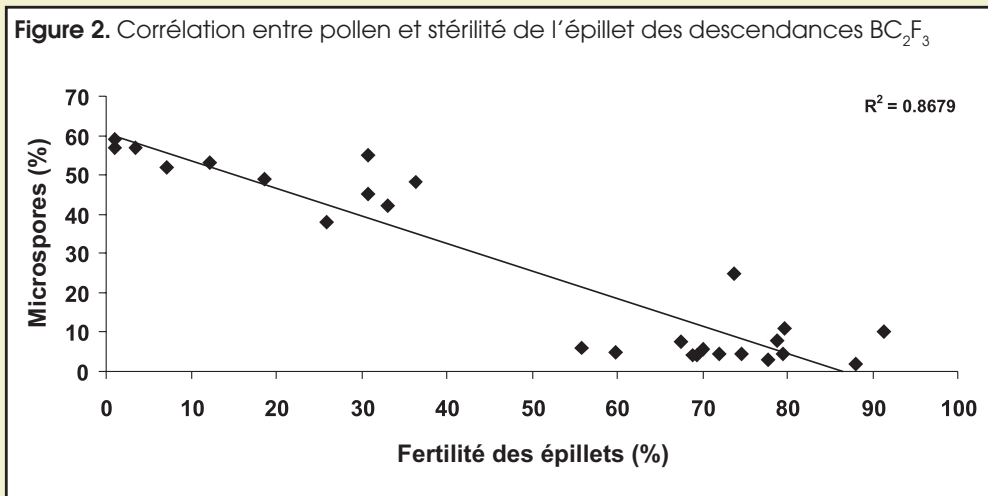
Des études détaillées se sont finalement concentrées sur une lignée qui était en disjonction pour la stérilité - c'est-à-dire qu'elle produisait encore un mélange de descendance fertiles et stériles à la troisième génération après le deuxième retro-croisement avec les parents. « J'ai classé les 33 plants sur lesquels je travaillais », explique Heuer, « en plantes fertiles (>60 % de graines formées), semi-fertiles (30-60 % de graines formées), et très stériles (<30 % de graines formées).

En analysant le pollen, il était clair qu'il y avait une corrélation entre la stérilité des épillets et celle du pollen » (voir Fig. 2). Une grande proportion du pollen des plantes stériles cesse de se développer à un stade précoce et entraîne donc la stérilité. Plus le nombre de grains de pollen stériles était élevé (microspores), plus la quantité de graines formées était faible.

« En plus de notre intérêt pour la compréhension des processus qui sous-tendent les barrières de croisement », poursuit Heuer, « nous avons voulu identifier des marqueurs qui nous permettraient de prédire si les hybrides vont être fertiles ou pas. Ces marqueurs nous permettraient aussi d'identifier les parents dont on pourrait tirer des hybrides fertiles. » En Asie, il a été montré qu'un locus de gène particulier pour la stérilité, connu sous le nom de *S5* joue un rôle important dans la stérilité de *indica-japonica*. Des analyses récentes réalisées par l'Institut de recherche pour le développement (IRD) à Montpellier, France, ont suggéré qu'un autre locus, appelé *S10* est lié à la stérilité chez les hybrides de *sativa-glaberrima*.

« Sur la base de ces informations », déclare Heuer, « plusieurs marqueurs proches du locus *S10* ont été testés pour déterminer s'il y avait une corrélation entre les marqueurs et la stérilité de notre matériel. Les deux marqueurs fournis par l'IRD sont bien associés à la stérilité : avec un marqueur, nous pouvons clairement distinguer les plantes très stériles des plantes semi-stériles et des plantes fertiles. Avec le deuxième marqueur, nous pouvons en plus différencier deux groupes de plantes semi-stériles, en l'occurrence celles pourvues de microspores et celles dépourvues de microspores (grains de pollen non mûrs). » Cela confirme le rôle que joue *S10* dans la stérilité des hybrides *glaberrima-indica*.

Pour tester si d'autres gènes de stérilité étaient impliqués, Heuer a obtenu 'des variétés de grande compatibilité' (WCV) de l'IRRI. Ce sont des lignées qui ont des allèles neutres au niveau des loci de différents gènes de stérilité (ex. *S5*). « La théorie est simple », explique Heuer, « si certains de ces autres gènes étaient impliqués dans le processus de stérilité de nos croisements, alors les descendance issues des croisements impliquant les WCV seraient fertiles. Nous avons obtenu 112 graines à partir de 165 croisements entre diverses accessions de *O. glaberrima* et



cultivé un sous-ensemble des hybrides au CERAAS. Tous les hybrides obtenus étaient stériles à 100 % et nous n'avions obtenu aucune graine. Ces expériences nous rassurent que *S10* joue un rôle plus important dans la stérilité des hybrides *glaberrima* par rapport aux loci WCV qui étaient si importants en Asie. »

Pourquoi se donner tant de peines ? Le 'trésor' du *glaberrima*

Avec ce problème de stérilité, pourquoi donc l'équipe de sélection se donne tant de peine avec un matériel si difficile ?

Tout comme l'équipe de sélection de plateau l'a découvert au siège de l'ADRAO, l'équipe de sélection du riz irrigué découvre beaucoup de choses intéressantes dans leur travail d'hybridation interspécifique. « Certains caractères sont sujets à la distorsion induite par la disjonction (c'est-à-dire un biais chez les hybrides à exprimer le caractère comme le fait un seul des parents). A titre d'exemple, toutes les graines hybrides sont blanches, quelle que soit la couleur des graines *glaberrima* », explique Heuer, « tandis que d'autres caractères font ressortir une disjonction transgressive. » C'est-à-dire le caractère diffère quantitativement ou qualitativement des deux parents. « Par exemple », continue Heuer, « beaucoup de descendance ont des barbes (de longues projections semblables à des cheveux sur les graines), tandis qu'aucun des parents que nous avons utilisés n'en possède. » En elles-mêmes, les barbes sont neutres – certains paysans les aiment parce qu'elles empêchent aux oiseaux d'atteindre les graines, tandis que d'autres se plaignent du fait que la barbe rend le battage plus difficile. D'autres exemples de disjonction transgressive déjà vus chez les NERICA sont le nombre de branches secondaires et le nombre de graines.

« La stérilité réduit le rendement », déclare Heuer, « mais autrement, les interspécifiques recèlent un grand potentiel pour l'amélioration du rendement de la riziculture irriguée. En plus, un seul retro-croisement avec le parent *sativa* peut restaurer la fertilité des plants individuels. Un deuxième retro-croisement avec *O. sativa* augmente généralement la fertilité et les sélectionneurs préfèrent ce type de plants puisque les caractères recherchés de *sativa* sont mieux représentés. » La valeur de ce matériel interspécifique ne peut pas être sous-estimée compte tenu du succès des premiers groupes de NERICA.

« L'utilité du travail de Dr Heuer est là », déclare Kouamé Miézan. « Elle a montré que le locus *S10* est (au moins en partie) responsable de la stérilité des hybrides. Donc, si nous voulons maintenant améliorer la fertilité des futurs croisements interspécifiques, nous devons retrouver les *Oryza glaberrima* qui sont dépourvus de l'allèle de stérilité à *S10*, pour que dans leur croisement avec les *indica* ou même avec les *japonica*, les hybrides obtenus ne soient pas stériles. » La recherche se poursuit.

Dans le même temps, l'équipe continue de développer du matériel de conditions ardues. « La compétitivité contre les adventices et la résistance aux maladies sont des objectifs majeurs du programme de sélection », explique Heuer. Comme chez les NERICA de plateau, l'équipe de sélection de riz irrigué veut transférer la croissance rapide et précoce des feuilles touffues du *glaberrima* à leur nouveau matériel ; dans l'espoir que les plantes étoufferont les herbes, et les mettront hors de compétition.

En ce qui concerne la résistance à la panachure jaune du riz (RYMV), l'équipe a utilisé son approche de sélection alternative. « Le RYMV ne constitue pas un problème sérieux dans le delta et la vallée du fleuve Sénégal », explique Miézan. « Nous faisons donc le criblage initial ici pour le type de plant et les autres caractéristiques. A la longue, nous comptons faire un criblage rigoureux pour le RYMV au siège de l'ADRAO, mais ce travail a été remis à plus tard à cause du retard dans la construction des installations de confinement là-bas. Entre temps, nos partenaires des SNRA du Mali et du Burkina Faso sont mieux placés pour faire le criblage du matériel en conditions naturelles d'infection au RYMV, et nous espérons qu'ils joueront un rôle actif dans le travail de sélection lorsque les nouvelles interspécifiques irriguées seront envoyées dans les pépinières en 2002 et après. »



Comparaison de pollen fertile (à gauche) et stérile (à droite)

sont réduites à 100 et 150. Ces sélections sont divisées en deux groupes sur la base de la durée du cycle : cycle court ou moyen.

Le matériel de cycle court est soumis au traitement le plus rude parce que c'est dans ces lignées que l'équipe sélectionne les variétés de saison sèche. Ces lignées sont re-semées presque immédiatement pendant la saison sèche qui suit. La pression de sélection est forte et beaucoup de ces lignées ne fleuriront même pas. Celles qui survivent et produisent des semences retournent s'ajouter aux sélections de cycle moyen pour une pépinière d'observation plus poussée au cours de la saison humide subséquente. Le cycle d'observation de pépinières se poursuit pendant trois ans – c'est-à-dire trois saisons pour le cycle moyen et six pour le cycle court. Les lignées avec les meilleurs rendements sont celles retenues – généralement environ 10 sélections dans chaque groupe de maturité – et qui sont ensuite 'promues' aux essais de rendement préliminaires.

Partenariat et caractérisation

Nous avons mentionné plus haut que le but était de maximiser l'utilisation du matériel. Pour ce faire, le même matériel qui va dans la pépinière d'observation est aussi envoyé aux programmes nationaux qui disposent de sélectionneurs ayant les ressources pour gérer une quantité importante de matériel. Ces programmes nationaux 'puissants' reçoivent également du matériel bulk en disjonction (non sélectionné) – c'est-à-dire du matériel non encore fixé – à partir du programme de sélection. Entre temps, les entrées de la pépinière d'observation sont aussi soumises à une caractérisation détaillée, à N'Diaye et au siège de l'ADRAO (principalement pour le RYMV).

« Le travail de caractérisation détaillé à un tel stade précoce présente deux avantages », explique Miézan. Premièrement, il fournit des données importantes sur les entrées qui sont envoyées pour un criblage régional à travers INGER-Afrique et, deuxièmement, il fournit au programme de criblage des informations permettant de sélectionner les parents appropriés pour les nouveaux croisements. »

Dans le même temps, l'approche réseau vient d'elle-même dans la sélection du matériel de sélection. « Nous faisons effectivement ce que nous appelons 'une sélection

alternative' », explique Miézan. « Si vous regardez certaines de nos lignées les plus avancées, vous verrez dans les noms, un mélange d'acronymes, indiquant l'endroit où elles ont été sélectionnées. » Ainsi, une lignée désignée WAS122-IDS-10-WAS-3-B-1, indiquerait un croisement fait par la Station Sahel de l'ADRAO, ensuite sélectionné par le programme national de Côte d'Ivoire (précédemment appelé IDESSA), et re-sélectionnée à la Station Sahel. Des détails de la façon dont le processus a fonctionné avec un programme national – celui du Burkina Faso – sont donnés dans l'encadré 'Le travail en commun : l'ADRAO et le Burkina Faso'.

Les programmes nationaux qui ne disposent pas de capacités suffisantes pour le criblage et la sélection bénéficient du programme détaillé mené par l'ADRAO et ses partenaires 'puissants'. Et tous les programmes nationaux bénéficient du programme de croisement mené par l'équipe du riz irrigué de l'ADRAO, puisque aucun d'eux n'aurait toute la capacité – infrastructures ou finances – pour gérer un si grand nombre de croisements comme Miézan et son équipe.

Retour au champ

Cela veut-il dire que l'équipe exclut les paysans du processus de développement des variétés ? « En aucun cas ! » répond Miézan, « mais dans le processus de sélection initiale pour des centaines de variétés, nous devons nous fier à notre bonne compréhension des besoins paysans. » En plus du fait que l'écologie irriguée elle-même est plus homogène que les autres écologies de la région, l'orientation du marché limite les caractéristiques recherchées et la plupart des paysans recherchent le rendement, le cycle court ou moyen et la qualité des grains. Ensuite, pour le delta du fleuve Sénégal (Sénégal et Mauritanie) et des sites côtiers semblables, la tolérance à la salinité est essentielle.

Puis, la sélection participative d'un nombre réduit de variétés est coordonnée par les institutions nationales. Prenons par exemple le mécanisme tel qu'il fonctionne au Sénégal. C'est l'Institut national de recherche (ISRA) qui reçoit et multiplie les semences de variétés prometteuses et coordonne les essais en milieu paysan avant l'homologation de toute variété. « En effet », explique Miézan, « un mécanisme d'homologation participatif a été mis en place

Le travail en commun : L'ADRAO et le Burkina Faso

En termes de sélection de riz, le Burkina Faso dispose de l'un des SNRA les plus 'puissants' de la région. L'étroite collaboration entre les deux équipes de sélection illustre l'importance qu'accordent l'ADRAO et les programmes nationaux au partenariat.

Dans le cadre des travaux de recherche d'un doctorat, Sié Moussa de l'Institut de l'environnement et des recherches agricoles (INERA), Farako-Bâ, a initié un certain nombre de croisements *indica-indica* à la Station Sahel de l'ADRAO entre 1994 et 1996. Ces croisements avaient essentiellement pour but d'étudier la génétique des constantes photo-thermiques (telles qu'utilisées dans RIDEV - voir texte principal, page 15). Cependant, comme plusieurs croisements semblaient prometteurs sur le plan agronomique, ils ont été avancés à l'aide de méthodes de sélection normales.

Après l'obtention de son doctorat, Sié est revenu à la Station Sahel en 1998 pour une année supplémentaire en qualité de chercheur visiteur. L'un des points saillants du travail de Sié a été la quasi-intégration sans faille des activités qu'il a menées sous les auspices de l'ADRAO avec celles de son programme national. Sié a identifié trois sortes de sélectionneurs sur la base de leur expérience et des ressources dont ils disposent. Il s'agit des SNRA faibles, des SNRA forts et de l'ADRAO. « Les chercheurs de l'ADRAO sont équipés », indique Sié, « il y a la biotechnologie, le personnel, l'infrastructure et l'environnement scientifique. Cela leur permet d'entreprendre des travaux de recherche en profondeur. Mes séjours à l'ADRAO m'ont permis d'initier un travail que je n'aurais pas pu réaliser dans mon pays. » Ce travail inclut les croisements intraspécifiques *indica-japonica* et interspécifiques *glaberrima-indica* qui commencent à produire des descendances qui semblent prometteuses aux champs.

L'objectif du programme de recherche en cours de Sié peut être résumé comme étant « d'accroître la diversité génétique du riz irrigué dans la sous-région à travers une combinaison d'introductions directes et de croisements intra- et interspécifiques. » Des objectifs plus spécifiques incluent les variétés spécifiquement adaptées à la double culture, l'amélioration de la qualité des grains, l'amélioration de la tolérance à la salinité, et l'introduction de la tolérance à la panachure jaune du riz (RYMV).

En 2000, Sié a évalué 571 lignées fixes à partir du matériel intra- et interspécifique sous différents degrés de gestion de l'eau des bas-fonds et le long de la toposéquence du Sud-Ouest du Burkina Faso - riz irrigué à Banzan et Karfiguela et pluvial à Banfora. Au stade de l'épiaison, l'Assistant de recherche de la Station Sahel, Souleymane Gaye, a visité le Burkina Faso et a aidé Sié dans le processus de sélection. Ces sélections ont été dupliquées à la Station Sahel pour avancement et sélection plus poussée. Les lignées fixes obtenues forment la série WAS-FKR-WAS. Par exemple, WAS161-B-6-FKR-1-WAS-1 et WAS122-IDSA-6-WAS-B-FKR-1-WAS-1. Dans la lignée WAS122, la désignation 'IDSA' montre que la première sélection d'un SNRA de cette lignée a été faite en Côte d'Ivoire (à l'IDESSA), et montre l'importance accordée au 'recyclage' du matériel entre les SNRA, à la recherche du meilleur matériel.

« La participation des sélectionneurs des SNRA dans les activités de sélection du programme a contribué énormément à accélérer le processus de sélection et à accroître l'efficacité », déclare Kouamé Miézan, Chef du Programme Riz irrigué. « Cela nous a permis de faire avancer les générations plus rapidement et d'obtenir beaucoup d'excellentes nouvelles lignées fixes *indica* ». Certaines de ces lignées issues de ce processus de sélection alternatif ont été choisies pour évaluation dans les pépinières régionales d'observation du rendement à travers le réseau INGER-Afrique.



Criblage
de lignées
interspécifiques
à Banzan,
Burkina Faso.

au Sénégal avant même l'arrivée de l'ADRAO. A ce jour, les essais de pré-homologation coordonnés par l'ISRA impliquent non seulement les paysans, mais aussi l'agence locale de vulgarisation (SAED) et nous-mêmes. Après deux ou trois années de ces essais, nous nous sommes rencontré pour faire des recommandations au comité national d'homologation. »

Lorgner vers le Sud

En 1997, le Programme riz irrigué dans le Sahel de l'ADRAO était devenu tout simplement Programme riz irrigué. Cela signifiait un élargissement des horizons pour l'équipe basée au Sénégal.

A certains égards, les systèmes irrigués dans la savane et dans les zones forestières de la région étaient largement ignorés avant 1997, au moins en termes de sélection ciblée. Le sélectionneur riz de bas-fonds d'alors basé à Ibadan produisait du matériel pour les bas-fonds pluviaux, mais beaucoup des variétés développées par ce programme s'étaient révélées appropriées pour les systèmes totalement irrigués (voir encadré 'Les variétés de riz WITA'). Malheureusement, les variétés de riz irriguées développées dans le Sahel n'étaient pas évaluées dans les zones humides à cette époque.

Avec l'expansion du mandat du programme irrigué aux zones humides, le matériel développé pour les systèmes irrigués dans le Sahel a été de plus en plus testé à la station de recherche principale de l'ADRAO dans la zone de transition forêt-savane de la Côte d'Ivoire. « Beaucoup de ces variétés sont prometteuses », déclare Marco Wopereis, Coordinateur scientifique du Consortium Bas-Fonds, qui a supervisé le criblage initial à M'bé, « et nous attendons de les voir dans les tests multiloaux, au moins en Côte d'Ivoire, au Burkina Faso, au Mali et au Nigeria, en 2002 ».

Un aspect majeur noté lorsqu'on se déplace vers la zone humide est le problème de la maîtrise de l'eau. Pierrick Fraval, économiste en gestion de l'eau de l'Institut internationale de management de l'eau (IWMI)/Cemagref/ADRAO travaillant à la Station Sahel de l'ADRAO explique : « Alors que dans le Sahel, l'irrigation est essentielle pour la riziculture et que les systèmes irrigués sont clairement définis – soit vous avez une maîtrise totale de

l'eau ou vous n'avez pas de riz – les systèmes irrigués dans les zones humides (savane et forêt) ne peuvent pas toujours être clairement définis. Dans ces zones agro-écologiques, le terme 'irrigué' est parfois utilisé strictement pour les bas-fonds irrigués avec maîtrise totale de l'eau, des fois il inclut les grandes surfaces de bas-fonds avec un certain niveau de maîtrise de l'eau. En plus, il est possible d'avoir un champ où un paysan gère bien l'approvisionnement en eau à côté d'un autre où le paysan n'a presque aucune maîtrise de l'eau. La même chose peut se produire d'une année à l'autre dans le même champ, en fonction des ressources d'un paysan particulier et de l'approvisionnement global en eau. » Cette gamme de conditions environnementales rend un peu plus compliquée la sélection de riz irrigué pour les zones humides et peut nécessiter une stratégie un peu différente.

« Pour cette raison », poursuit Miézan, « nous tenons de plus en plus compte des systèmes irrigués dans les zones humides en tant que continuum intensifié basé sur le niveau de maîtrise de l'eau dans les bas-fonds » (voir Figure 3). Même si une variété de riz irrigué peut bien pousser dans n'importe quelle zone où il y a une maîtrise de l'eau, le moment – ou la saison – où l'approvisionnement en eau n'est plus sous contrôle à cause de l'insuffisance des infrastructures d'irrigation, la culture peut être exposée aux contraintes traditionnelles des bas-fonds pluviaux. Par conséquent, les variétés aussi bien que les options de gestion des cultures doivent être ajustées.

« En ce qui concerne les systèmes irrigués dans les zones humides », explique Miézan, « ce que nous recherchons est un type de plant de riz irrigué avec une plus grande adaptabilité aux systèmes de bas-fonds. » Cela nécessitera une collaboration étroite entre la sélection riz irrigué et la sélection riz de bas-fonds pluviaux pour le partage du matériel génétique et le développement de nouvelles méthodologies de criblage. « Par exemple », déclare Howard Gridley, sélectionneur riz de bas-fonds de l'ADRAO, « certains des interspécifiques basées sur les *indica* pourraient être trop hautes pour les écologies pleinement irriguées, mais utiles pour les bas-fonds pluviaux prédisposés aux inondations. »

Les variétés du riz WITA

« Jusqu'en 1997, la Station Sahel de l'ADRAO ne sélectionnait que des variétés de riz irrigué pour la seule écologie sahélienne », explique le Directeur adjoint de la recherche, Monty Jones. « Cependant, l'effort de sélection pour les bas-fonds pluviaux – basé à l'IITA au Nigeria – générerait du matériel qui était approprié pour les bas-fonds irrigués des zones de forêt et de savane dans la région. »

« Les variétés de bas-fonds d'avant 1997 sont connues sous le nom de WITA, pour la sélection de l'ADRAO à l'IITA », explique le sélectionneur riz de bas-fonds de l'ADRAO, Howard Gridley qui est arrivé à l'ADRAO en 2001. Plusieurs variétés WITA ont été homologuées en Côte d'Ivoire en 1998, la plupart d'entre elles pour la riziculture irriguée et la riziculture pluviale. Le tableau ci-après donne plus de détails.

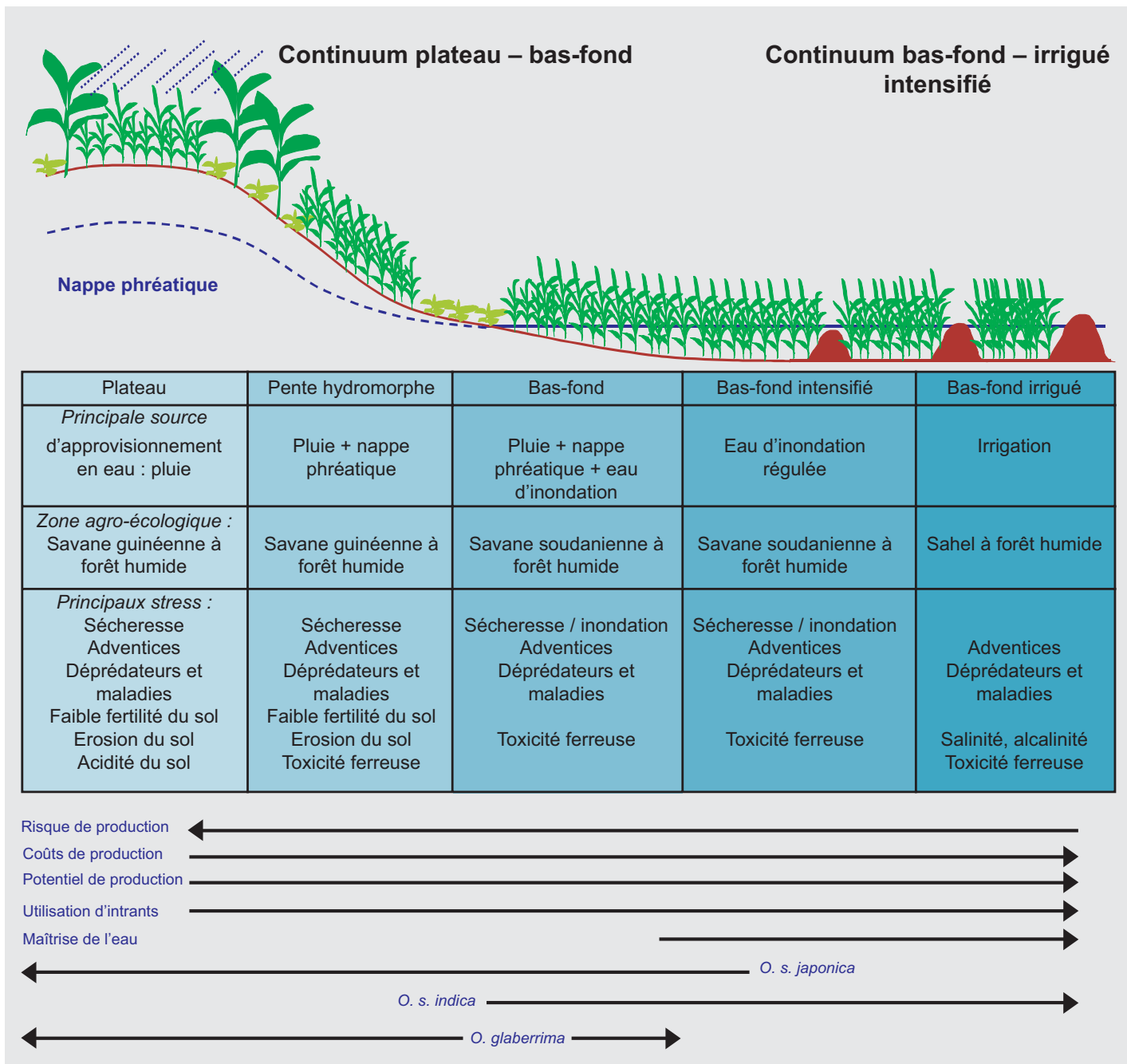
Nom (local)	Rendement potentiel (irrigué, t/ha)	Taille (Cm)	Cycle (jours)	Caractéristiques
WITA 1 (Yabra)	9	110	130	Tolérante à la toxicité ferreuse, résistante à la pyriculariose
WITA 3 (Kossou)	9	90	125	Tolérante à la toxicité ferreuse
WITA 7 (Gagnoa)	8	115	125	Bonne qualité de grains
WITA 8 (Sandela)	8,5	120	120	Tolérante au RYMV
WITA 9 (Nimba)	10	92	120	Précoce, résistante au RYMV

Présent dynamique et futur prometteur

Au cours des dernières années, le succès des trois variétés 'Sahel' homologuées en 1994 a été l'un des impacts majeurs du travail de 'sélection' pour les systèmes irrigués, mais il y a encore des choses plus intéressantes à venir. En 2002, le Sénégal va homologuer cinq nouvelles variétés du programme de sélection. Il s'agit de deux variétés à cycle court introduites de l'IRRI et trois variétés à cycle moyen dont deux de l'IITA et une de Cuba. Les mêmes variétés produisent bien aussi en Mauritanie et devraient être homologuées la-bas, en fin 2002 ou en 2003. Les croisements interspécifiques et intra-spécifiques réalisés par l'équipe ont commencé aussi à porter leurs fruits. « Pendant la campagne 2002/03 », explique le Coordinateur INGER-Afrique, Robert Guei, « nous aurons, pour la première fois, des lignées interspécifiques basées sur les *indica* de la Station Sahel dans des essais régionaux de rendement par le biais de INGER-Afrique, en même temps que des lignées intra-spécifiques (*indica-indica*). »

Parmi les nouvelles cibles du travail de sélection du riz irrigué se trouvent l'utilisation efficace et accrue des éléments nutritifs à différents niveaux d'intrants (*ex.* azote et phosphore) et la bonne compétitivité contre les adventices. Là, un lien étroit entre sélectionneurs et agronomes est nécessaire. Stephan Hafele, l'agronome spécialiste des systèmes irrigués à l'ADRAO explique : « Actuellement, avec le processus de sélection, nous avons caractérisé environ 30 variétés chaque saison pour l'utilisation efficace des éléments nutritifs, la compétition contre les adventices, la tolérance à la salinité et les contraintes photo-thermiques. Les résultats nous permettront plus tard de choisir les variétés appropriées pour différents environnements. Par exemple, nous avons trouvé que le rendement de Sahel 108 est très faible en cas de pression d'adventices, bien que ce soit l'une de nos meilleures variétés à cycle court et à rendement élevé. En conséquence, nous n'allons pas recommander cette variété dans des zones hautement enherbées ou des zones où les paysans ont des problèmes de gestion des adventices. Mais là où les adventices

Figure 3. Modèle conceptuel des continuums topographiques et intensification des écologies rizicoles



peuvent être contrôlés, Sahel 108 donne en effet les rendements les plus élevés avec une très bonne qualité de grain. »

L'équipe a découvert des variétés qui sont très compétitives contre les adventices. L'utilisation des variétés très compétitives contre les adventices permettra aux paysans de faire des économies en réduisant les quantités d'herbicides appliquées, ce qui en retour protégera l'environnement. Les résultats des premières évaluations sont prometteurs – certains cultivars tels que Jaya et les nouvelles descendances interspécifiques basées sur les *indica* n'ont enregistré que de petites pertes de rendement lorsque cultivées sans désherbage. Ces caractéristiques sont très utiles en particulier dans les systèmes de semis directs où les adventices constituent une contrainte majeure limitant le rendement.

Les producteurs de riz irrigué expriment de plus en plus le besoin de variétés qui peuvent utiliser efficacement les

engrais afin qu'ils puissent accroître leur production et leur revenus à partir de leur investissement. Les évaluations préliminaires ont montré que les descendances des croisements intra- et interspécifiques ont un grand potentiel de réponse à ce besoin.

« L'espoir d'une révolution agricole africaine réside dans l'intensification et la diversification des bas-fonds », indique, pour sa part, le Directeur général Kanayo F. Nwanze. Les systèmes entièrement irrigués qui sont la cible des efforts de sélection discutés ci-dessus devraient représenter le sommet de l'intensification des bas-fonds pour la production rizicole. « Le potentiel de la riziculture de bas-fonds est estimé entre 20 et 40 millions d'hectares dans la seule région d'Afrique de l'Ouest et du Centre, » poursuit Nwanze. « Notre stratégie à long terme s'attèle à l'utilisation des NERICA dans cet écosystème plus robuste et plus prometteur. »

