

Le virus de la panachure jaune du riz

LA PANACHURE jaune du riz (*rice yellow mottle virus*, RYMV) est la maladie posant le plus de problèmes à la riziculture irriguée en Afrique de l'Ouest et du Centre ; elle affecte aussi la riziculture pluviale de bas-fonds. Quand cette maladie est apparue pour la première fois dans la vaste zone d'irrigation de l'Office du Niger, au centre du Mali, les paysans, ne voyant pas d'autre solution, s'en sont remis à Dieu et ont prié pour une délivrance contre cette calamité. L'ADRAO et ses partenaires ont investi beaucoup de temps et de fonds dans la recherche de variétés de riz résistantes et d'autres aspects de la biologie de la maladie en vue de trouver une solution pour les paysans de la région.

Quoi ... où ... degré d'infestation ... et comment ?

Quoi ? La panachure jaune du riz – généralement connue sous son abréviation anglaise RYMV – est une maladie virale des plantes. Elle est endémique en Afrique, elle a été découverte au Kenya en 1966. Elle pénètre dans les plants de riz à travers les lésions causées par les insectes (qui agissent aussi comme vecteurs) ou mécaniquement au cours de la culture, par exemple, par la houe pendant le sarclage.

Où ? La présence de la panachure jaune du riz a été enregistrée pour la première fois en 1975, en Sierra Leone, Afrique de l'Ouest. Vers 1990, elle a été signalée dans tous les pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre, à l'exception de la Mauritanie. La maladie a fait aussi son apparition à Madagascar et en Tanzanie. Au cours de ces quelques vingt dernières années, la panachure jaune du riz est devenue un problème majeur dans les systèmes de riz irrigué, particulièrement, au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire, au Mali et au Niger et dans les systèmes de bas-fonds au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire, au Sénégal et en Sierra Leone. Cependant, elle attaque le riz en toutes situations de bas-fonds.

Degré d'infestation ? La panachure jaune du riz peut être dévastatrice. Au Mali, par exemple, des pertes majeures de 64

à 100 % ont été enregistrées et au Niger des pertes de 58-68 %. Ce sont des quantités importantes de riz, en tout cas beaucoup plus que ne peuvent se permettre les paysans. Il n'est pas surprenant que les paysans qui ont souffert de l'épidémie



Champ de riz dévasté par le virus de la panachure jaune du riz (RYMV), Karfiguéla, Burkina Faso, août 1990

catastrophique qui a touché 50 000 ha de l'Office du Niger (Mali) au début des années 1990 aient eu à prier pour une délivrance contre ce fléau. Mais, la panachure jaune du riz est imprévisible, par exemple le programme de riz irrigué à Karfiguéla, près de Banfora au Burkina Faso, a subi de graves symptômes en 1990 et n'a enregistré que des pertes allant de 0,4 à 1,6 t/ha, mais en 1993, la maladie s'était limitée à quelques petites poches dans les champs paysans. Yacouba Séré, phytopathologiste à l'ADRAO ne se fait pas d'illusions quant à la menace de la panachure jaune du riz : « La panachure jaune du riz a le potentiel de dévaster le riz de bas-fonds partout en Afrique, les pertes de rendement semblent être plus élevées dans les grands périmètres irrigués de monoculture du Sahel que dans les périmètres plus petits de la zone humide. » Si nous nous basons sur cette constatation, il y a plus de 3 millions d'hectares de riz irrigué et de bas-fonds qui sont potentiellement sous la menace de la panachure jaune du riz en Afrique subsaharienne.

Comment ? Il y a deux aspects à la question. Premièrement : comment est-ce que la maladie s'incruste ou qu'est-ce qui met un champ de riz en péril de la panachure jaune du riz ? Deuxièmement, comment la maladie affecte-t-elle la plante et provoque les pertes de rendement ? Nous avons

une idée de ce qui encourage la maladie en observant la catastrophe épidémique de l'Office du Niger, et Séré poursuit : « La panachure jaune du riz était intervenue presque comme une résultante immédiate des changements dans la gestion de la culture de riz irrigué. En particulier, le remplacement du semis direct par la transplantation. » L'action de déraciner les plants et de les transplanter provoque inévitablement des dommages sur les racines. S'il y a un virus dans le champ où le riz est transplanté, il peut facilement pénétrer le plant par les racines endommagées. « Et la maladie s'est très vite répandue parce que 70 à 90 % des surfaces dans chaque pays étaient semées avec les mêmes variétés à haut rendement, des variétés malheureusement sensibles à la maladie. » Ainsi, lorsque la panachure jaune du riz n'était pas un problème, le fait que les variétés préférées soient sensibles à la maladie n'avait pas de conséquence. Mais, aussitôt après l'introduction de la transplantation, occasionnant un tremplin à la panachure jaune du riz, la sensibilité des variétés causait la ruine des paysans ! « Les symptômes de la panachure jaune du riz ont quatre caractéristiques principales sur un plant de riz », explique Séré, « et ce sont elles qui montrent comment s'effectue la perte de rendement : il s'agit de la chlorose des feuilles, du rabougrissement, de la réduction de l'exsertion paniculaire, et

En arrière plan du riz sain et au premier plan du riz infecté par le RYMV. Noter la couleur pâle des feuilles (chloroses) et la petite taille des plants (rabougrissement)



Les panicules de plants infectés (à gauche) n'ont pas une exsertion appropriée



Il n'y a rien dans les grains stériles !



de la stérilité des panicules ». La chlorose des plants est la réduction de la pigmentation verte. Comme la pigmentation verte des feuilles est l'indispensable chlorophylle qui capte l'énergie, la chlorose réduit la photosynthèse et par conséquent une croissance de la plante. Le rabougrissement se réfère à une réduction sévère de la taille de la plante : les plants de riz infectés sont beaucoup plus courts que les plants sains. Les panicules portent les grains de la plante et sont donc essentielles à un bon rendement. Dans les champs infestés de panachure jaune du riz, les panicules ne poussent pas normalement. En outre, beaucoup de grains des panicules infestées sont stériles : c'est-à-dire où les grains ne sont pas formés ou ils sont vides.

Avec un tel potentiel de faire des ravages dans les champs de riz de bas-fonds et une telle imprévisibilité, la panachure jaune du riz est une cible évidente pour la recherche de l'ADRAO. Avec le leadership de l'ADRAO, la recherche prend une perspective régionale et les pays individuellement affectés ne travailleront de manière isolée.

Travail de base et développement d'une stratégie de recherche pour la panachure jaune du riz

L'ADRAO n'a pas conduit ses premières expériences sur la panachure jaune du riz, toute seule. « Avant de rejoindre le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) en 1987 », explique Monty Jones, Directeur adjoint de la recherche, « l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), à Ibadan au Nigeria, avait aussi un mandat pour le riz en Afrique de l'Ouest ». Ainsi, des enquêtes régionales sur la panachure jaune du riz avaient été menées conjointement par l'ADRAO et l'IITA. Ce sont ces enquêtes qui ont détecté la maladie dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest. Cependant, c'était bien avant que la panachure jaune du riz n'occupe une place de choix sur l'agenda de l'ADRAO.

Au début des années 1990, Yacouba Séré travaillait pour le programme national du Burkina Faso, il était aussi membre du Groupe d'action nouvellement formé de l'ADRAO sur la gestion intégrée des déprédateurs. « En février 1992, nous avons eu notre première réunion, où les priorités de recherche régionale sur les maladies, les déprédateurs et les adventices du riz ont été identifiées. La panachure jaune du riz et la pyriculariose ont été identifiées comme des priorités majeures », explique-t-il.

En septembre 1995, plusieurs bailleurs de fonds ont parrainé un symposium régional sur la maladie pour passer en revue la situation et déterminer les priorités de recherche. Les représentants des programmes nationaux du Mali et du Niger et de l'Office du Niger, parmi tant d'autres, ont clairement indiqué que la panachure jaune du riz était leur priorité de recherche principale. Les résultats du symposium ont été utilisés par l'ADRAO et son Groupe d'action IPM pour développer la première stratégie de recherche régionale sur la panachure jaune du riz. « Une proposition de projet basée sur cette stratégie a été développée puis acceptée par le *Department for International Development* (DFID), et depuis le travail en cours a été principalement financé par DFID », explique Séré. La stratégie de recherche développée vers le milieu des années 1990, reste encore appropriée aujourd'hui :

- il est nécessaire d'identifier des variétés de riz résistantes ou tolérantes à la panachure jaune du riz pour remplacer les variétés sensibles cultivées par la plupart des paysans ;
- il est nécessaire d'identifier des variétés de riz résistantes à la panachure jaune du riz – même si elles ne sont pas adaptées à la diffusion – pour les utiliser dans les programmes de sélection de résistance à la panachure jaune du riz, et il doit y avoir une caractérisation de leur résistance ; puis, de nouvelles variétés résistantes pourront être sélectionnées à partir de ce matériel ;
- la recherche stratégique se concentre à combler le fossé sur la connaissance de la maladie, en particulier en ce qui concerne l'épidémiologie, en vue de développer une gestion intégrée de la panachure jaune du riz dans les bas-fonds d'Afrique de l'Ouest.

L'importance du criblage

Les trois pays qui constituent la cible du projet de criblage financé par le DFID ont un problème commun : la plupart de leurs paysans pratiquant la riziculture irriguée utilisent des variétés qui se sont montrées très sensibles à l'attaque et à l'expansion épidémique de la panachure jaune du riz. Ce sont notamment Bouaké 189 en Côte d'Ivoire, BG90-2 au Mali et IR 1529-680-3 au Niger.

Le criblage pour la résistance à la panachure jaune du riz a effectivement commencé au milieu des années 1980 à l'IITA. En raison de la sévérité du fléau et du besoin urgent de trouver

Diagnostiquer la maladie

Les symptômes ne sont pas toujours des indicateurs du RYMV et les chercheurs ont besoin d'un test simple pour déterminer la présence du virus dans les tissus de la plante.

Le fait que les particules virales provoquent une réponse immunitaire de la part des animaux et des plantes est utilisé par les pathologistes pour aider à identifier les maladies virales. Des anticorps peuvent être produits par l'inoculation du virus dans un hôte approprié (souvent le lapin). Ces anticorps peuvent être isolés, purifiés, concentrés, puis utilisés comme test de sensibilité au virus dans le tissu de la plante. Des anticorps « polyclonaux » du RYMV ont été développés au laboratoire de pathologie de l'ADRAO. Ils s'attachent à la capside de la protéine, sont faciles à produire et ne sont pas fortement spécifiques aux pathotypes. Ces anticorps ont été mis à la disposition des partenaires de l'ADRAO dans les pays qui ont besoin d'un outil de diagnostic rapide du RYMV.



Inauguration de la serre construite au Mali dans le cadre du projet de criblage, financé par DFID

des variétés résistantes, de grandes pépinières ont été installées et réparties à travers INGER-Afrique auparavant géré par l'IRRI à travers l'IITA, mais re-localisé et géré par l'ADRAO depuis 1997.

Pour assurer une forte pression de la maladie sans risquer d'initier une épidémie, le criblage pour la résistance à la maladie se fait en isolation dans des serres. Avec cette méthode, les plants testés ne sont pas laissés à la merci de l'extension naturelle de la maladie qui varie dans l'espace et le temps mais ils restent artificiellement soumis à une forte pression de la maladie. En même temps, le virus est confiné à l'intérieur de la serre et ne peut déclencher une épidémie dans les rizières proches. Les serres sont aussi utilisées pour les plants non inoculés ou témoins pour les garder à l'abri d'une possible infection externe.

Au début, ces serres ne se trouvaient qu'à l'ADRAO et le criblage des « zones fortement infestées » par les programmes nationaux dépendait de la répartition naturelle de la maladie. Mais, le projet DFID a établi des infrastructures de criblage au Mali et au Niger. L'efficacité du criblage est ainsi améliorée, surtout qu'il y avait de plus en plus de matériel de sélection à tester.

Pathotypes : variations sur un thème

« Le premier criblage contre la panachure jaune du riz a eu lieu dans des serres au centre de recherche principal de l'ADRAO

à M'bé », poursuit Séré, « nous avons utilisé un isolat du virus venant de Gagnoa (centre-sud de la Côte d'Ivoire) et avons identifié un bon nombre de lignées résistantes et tolérantes ». Le problème c'est que lorsque ces lignées ont été amenées sur d'autres sites en Côte d'Ivoire pour un test en milieu paysan, plusieurs d'entre elles n'étaient plus résistantes. « Voilà pourquoi la panachure jaune du riz est la maladie la plus problématique du riz irrigué en Afrique de l'Ouest, le virus est très variable ; celui d'une localité n'est pas nécessairement le même que celui d'une autre », explique Séré. Les différents types de virus de la panachure jaune du riz sont connus sous le nom de pathotypes. Ceci complique singulièrement la question de la résistance du riz à la panachure jaune du riz, puisqu'une variété résistante à un pathotype dans une localité donnée peut être sensible dans une autre où il y a un autre pathotype.

Un pathotype très virulent est défini comme celui attaquant beaucoup de différentes variétés. A l'opposé, un pathotype peu virulent attaque seulement quelques variétés (Tableau 1). L'isolat du virus de Gagnoa, utilisé dans les premiers essais de criblage, était peu virulent et les lignées sélectionnées ont été attaquées par des pathotypes plus virulents dans des sites comme Danané et Odienné.

« Avec la variation individuelle au sein des pathotypes et des variétés, nous sommes parvenus à une matrice ou grille pathotypes/variétés, où nous regardons quels pathotypes

Tableau 1. Virulence de deux pathotypes RYMV sur une gamme de variétés différentielles.

Différentiel	Réaction avec le pathotype†	
	Hypervirulent (d'Odienné)	Hypovirulent (de Korhogo)
Gigante (Tete)	-	-
Bouaké 189	+	+
Faro 11	+	-
Morobérékan	+	-
Lac 23	+	-
ITA 305	+	-
PNA 647 F4-56	+	-
H 232-44-1-1	+	-

† + = symptômes, - = pas de symptômes.

Une autre source de variation de pathotype

Une variété de riz cultivée dans un site où elle est résistante au pathotype local, peut perdre sa résistance si un nouveau pathotype se répand dans la zone. Mais, ce phénomène n'est pas la seule source de variation. Le pathologiste Yacouba Séré explique : « Le code génétique de la panachure jaune du riz se trouve sur une frange unique d'ARN, donc toute mutation est vraisemblablement traduite dans la composition virale. » La plupart des organismes ont deux franges d'ADN de sorte qu'une mutation dans l'une peut éventuellement être masquée (c'est-à-dire, être empêchée de s'exprimer) par le gène dominant de la même caractéristique sur l'autre frange de la paire. « Donc, les pathotypes ont le potentiel de changer par mutation », indique Séré. Cette hypothèse n'a pas encore été prouvée sur le terrain, mais l'ADRAO a commencé à étudier la stabilité de la structure des populations de virus dans certains sites.

attaquent quelles variétés et inversement, quelles variétés sont sensibles à quels pathotypes. » Ainsi, un ensemble de variétés peut être utilisé pour différencier une gamme de pathotypes, et ceci est reconnu comme un ensemble de « variétés différentielles ».

« Actuellement, nous avons un ensemble différentiel de huit variétés pour la caractérisation des pathotypes du virus en Afrique de l'Ouest et du Centre », indique Séré, « mais cet

ensemble est en train d'être raffiné en collaboration avec nos partenaires des SNRA. De "nouveaux" isolats de virus sont collectés dans chaque pays et testés (dans le même pays) sur un ensemble de 15 à 20 variétés – les huit différentielles sont utilisées dans tous les ensembles comme élément de référence. En Côte d'Ivoire, nous avons identifié six pathotypes sur les huit variétés de riz différentielles ».

Les différences entre les pathotypes de virus doivent se déceler au niveau moléculaire. Nos partenaires de l'Institut de recherche pour le développement (IRD, France) et d'International Laboratory for Tropical Agricultural Biotechnology (ILTAB, Etats-Unis) sont en train de travailler sur le séquençage du code génétique de plusieurs isolats du virus de la panachure jaune du riz, dans le but de développer des tests spécifiques pour le pathotype à utiliser dans les zones d'épidémies.

Premiers fruits de la recherche de matériel résistant

Le criblage qui s'effectue depuis environ quinze ans a connu un certain succès : du matériel résistant ou tolérant a été identifié dans les trois principaux types de riz (voir encadré « Résistance contre tolérance »).

- Plusieurs *Oryza glaberrima* (riz africain), mais ceux-ci sont sensibles à la verse et à l'égrenage et ont donc un faible niveau de rendement.

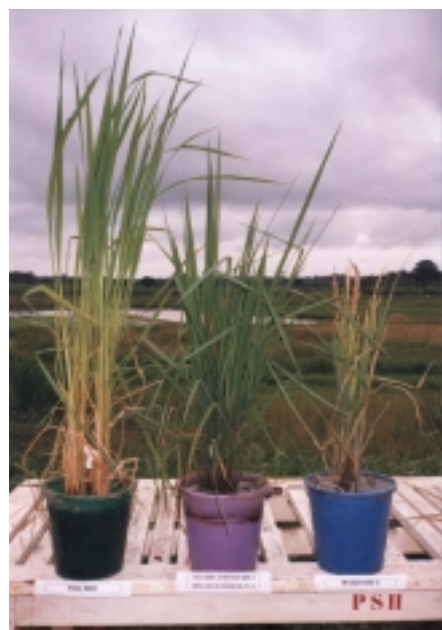
- Plusieurs *Oryza sativa* sous-espèce *japonica* (riz pluvial traditionnel ou « riz de plateau ») potentiellement adaptés pour le système pluvial de bas-fonds à semis direct, mais non adaptés aux conditions d'irrigation.
- Une variété d'*Oryza sativa* sous-espèce *indica* (riz irrigué traditionnel ou riz de « bas-fonds ») est très résistante à la panachure jaune du riz : Gigante, un cultivar traditionnel de Mozambique. Il est sensible à la pyriculariose et n'a pas un haut rendement.
- Onze autres variétés résistantes ou tolérantes à l'isolat de Gagnoa ont été identifiées depuis 1998.

« Dans la sélection et l'amélioration des plantes, le “court terme” ne correspond pas forcément à la définition de tout le monde », dit Séré. « En 1999, nous avions ces 11 variétés qui ont été résistantes/tolérantes dans des sites de forte infection dans trois pays. Deux ou trois d'entre elles ont donné des rendements proches de ceux des variétés homologuées en conditions de non-infestation. » Notre raisonnement est que comme ces plantes sont tolérantes à la panachure jaune du riz, elles doivent avoir un meilleur rendement que les variétés homologuées sensibles, en cas d'épidémie ; elles doivent être testées en milieu paysan en Côte d'Ivoire, au Mali et Niger en 2001. « En outre, nous avons récemment identifié au moins quatre *japonica* qui ont un type de grain *indica* – en semis direct, avec un petit espacement, elles se comportent plus ou moins comme des *indica* adaptés aux bas-fonds – et donnent, en conditions d'infestation, des rendements comparables à ceux des variétés populaires en l'absence de panachure jaune du riz », explique Séré.

Sélection pour la résistance

« Nous avons obtenu le matériel résistant et tolérant *glaberrima*, *japonica* et la Gigante *indica* en 1996 », explique Kouamé Miézan, chef du programme riz irrigué et sélectionneur, « nous avons commencé à cibler des croisements inter et intra spécifiques pour développer du matériel résistant à la panachure jaune du riz. En particulier des cultivars populaires mais sensibles comme IR 1529-680-3, BG90-2, Bouaké 189 et IR64 ont été croisés avec Gigante, mais aussi des *glaberrima* résistants ». Le criblage contre l'inoculum de la panachure jaune du riz en serres a montré que les deux types de croisements ont transféré avec succès la résistance dans les variétés populaires.

« Au fil des ans, nous avons de plus en plus de composantes pour le programme de sélection », dit Miézan. « Nous avons des plantes qui sont résistantes à un pathotype et d'autres qui sont résistantes à plusieurs. Nous avons aussi les moyens de différencier les lignées résistantes des lignées simplement tolérantes (voir encadré « Résistance contre tolérance »). Mais



Comme les autres NERICA, le croisement (au centre) entre le *glaberrima* TOG 5681 et la variété populaire IR 1529-680-3 du Niger, combine les meilleures caractéristiques de ses parents, y compris dans ce cas, la résistance au RYMV de la TOG 5681

la sélection est un processus lent, jusqu'à récemment, le développement d'une nouvelle variété prenait jusqu'à 10 ans. » Puis arriva la biologie moléculaire.

Dans le rapport de l'année dernière, nous avons indiqué que nos partenaires de l'IRD avaient identifié un gène qui conférait de la résistance à la panachure jaune du riz aussi bien dans *Oryza glaberrima* qu'*O. sativa*, ainsi que les marqueurs moléculaires associés (Infrastructures de biologie moléculaire à l'ADRAO, *Rapport annuel de l'ADRAO 1999*, page 20). Et c'est à Marie-Noëlle Ndjondjop, biologiste moléculaire à

Résistance contre tolérance

Une variété de culture est dite résistante à une maladie lorsque celle-ci a moins d'effet nuisible sur elle que sur d'autres variétés dites sensibles. La résistance peut résulter de l'incapacité de la maladie à infecter la plante (c'est-à-dire entrer dans ses tissus), à se multiplier ou à circuler à l'intérieur d'une plante de la variété ; elle peut être due à la capacité de la variété à mieux pousser et donner de meilleurs rendements que les variétés sensibles malgré qu'elle soit infectée. Cette dernière forme de résistance est connue sous le nom de « tolérance » (Tableau 2).

Tableau 2. Effets de la maladie sur les rendements (g/m²) de variétés de riz sensibles, tolérants et très tolérants à la panachure jaune du riz. Notez comment le rendement de la variété tolérante dépasse celui de la variété sensible à une forte pression de la maladie ; le rendement de la variété très tolérante dépasse également celui de la variété sensible à un faible niveau d'infestation.

Variété	Réaction à la RYMV	Degré d'infestation (RYMV)		
		Aucune	Faible	Forte
Bouaké 1989	Sensible	590	164	38
WITA 11	Tolérante	294	168	107
IR 47686	Très tolérante	274	268	136

Le problème avec la tolérance

Le problème avec le criblage aux champs c'est que les symptômes n'expliquent pas tout. En vue d'un niveau d'évaluation additionnelle, des plants classifiés comme résistants ou tolérants sur la base des symptômes ont été soumis à des tests pathologiques en laboratoire pour déceler la présence de particules virales à l'intérieur du plant. « Au laboratoire, nous avons constaté que tout le matériel résistant n'était pas le même. Certaines lignées qui n'avaient que peu ou pas de symptômes en serres avaient très peu de virus en elles et pouvaient, à juste titre être classées comme résistantes. Mais, d'autres lignées qui avaient le même comportement que les lignées résistantes en serre étaient en fait pleines de particules virales. Et, en plus, lorsqu'on laisse les plants se développer jusqu'à la maturité en serres, on découvre que ceux du dernier groupe ont, en fait, un rendement réduit. » Ces plants peuvent être considérés comme tolérants, mais pour Séré, ce groupe n'a pas beaucoup d'avenir : « Les plants de ce groupe seraient peut être tolérants, mais ils fournissent une source d'inoculum qui peut infecter les plants adjacents ou les champs voisins. Comme un de nos objectifs est de réduire le degré d'infestation dans les champs, je ne veux pas de ces types plants à côté et ce serait de même pour tout paysan consciencieux », conclut-il.

l'ADRAO de prendre le relais : « Avec un gène et les marqueurs appropriés pour suivre son patrimoine héréditaire et voir ce qu'il lègue aux descendances d'un croisement, nous avons des moyens de mener une sélection assistée par marqueurs pour la résistance à la panachure jaune du riz. » Les grands avantages de la sélection assistée par marqueurs sont, premièrement, que le matériel n'a pas besoin d'être criblé aux champs ou en serres aux générations initiales et, deuxièmement, que les marqueurs peuvent être détectés dans les jeunes plants, donc, on ne perd

pas du temps et de l'espace à cultiver de grands nombres de plants chaque saison ; seuls les plants ayant le gène requis sont cultivés jusqu'à maturité pour leurs graines. « Lorsque nous combinons ceci avec d'autres outils, comme la sélection à double-haploïdes, nous pouvons considérablement accélérer la production de lignées utiles », poursuit Ndjiondjop.

Mais la sélection ne s'arrête pas là. « Une variété avec un seul gène de résistance reste très vulnérable », explique Miézan. « Si le pathotype de virus local opère une mutation ou qu'un

autre pathotype arrive dans la région, la résistance de la variété peut s'estomper. Dans le pire des cas, on sait que la résistance à la maladie des variétés à venir s'estompe avant même l'homologation de la variété. Et là, c'est le retour à la case de départ et des années de travail sont perdues ! » C'est pourquoi l'ADRAO parle de résistance « durable » ; le but du programme de sélection est de combiner plusieurs gènes de résistance dans les variétés pour qu'elles soient armées contre les mutations et les invasions de nouveaux pathotypes. De nouveau Ndjondjop : « Une fois que nous connaissons le type de résistance opérant dans une variété ou lignée particulière, et la génétique de son patrimoine héréditaire, alors les mêmes outils qui permettent le transfert d'un gène, peuvent être utilisés pour accélérer le processus de combinaison des gènes de résistance. »

Entre temps, le *John Innes Centre* du Royaume-Uni a développé la résistance transgénique à partir de la protéine de capside de la particule de la panachure jaune du riz elle-même. Ce transgène a été incorporé avec succès dans des variétés populaires comme Bouaké 189 et BG90-2, qui seront disponibles pour des tests dans la région, une fois les conditions de bio-sécurité mises en place. (Voir encadré « Transgène et bio-sécurité »).

Epidémiologie – le comment et pourquoi des épidémies

« Nous ne voulons pas nous limiter à utiliser des plants résistants », proclame Séré, « après tout, cela fait plus de quinze ans que nous le faisons et nous n'avons toujours pas trouvé des variétés très résistantes dans les champs paysans » !

« Ce qui nous a apparu parfaitement clair au symposium de 1995 », poursuit-il, « c'est que nous avions si peu de connaissances sur l'épidémiologie de la maladie et beaucoup de questions attendaient des réponses ». Comprendre les composantes de l'épidémiologie de la panachure jaune du riz, était et continue d'être un des principaux objectifs de la recherche sur la panachure jaune du riz à l'ADRAO.

Un des premiers résultats était que la panachure jaune du riz était dépendant de l'inoculum : plus il y a de virus dans l'environnement, plus la maladie affecte la culture. Donc si on a un champ avec une variété sensible, la pression de la maladie sera plus forte et il y aura une plus grande production du virus, c'est un cercle vicieux.

Les transgéniques et la bio-sécurité

Les riz transgéniques développés par le *John Innes Centre* au Royaume-Uni sont des organismes génétiquement modifiés (OGM). En tant que tels ils ont besoin d'un traitement spécial. A travers le monde entier, on se préoccupe, à juste titre, des effets potentiels des OGM sur le milieu « naturel », explique le pathologiste Yacouba Séré. La fondation Gatsby, basée au Royaume-Uni a non seulement financé la recherche initiale sur le RYMV au *John Innes Centre*, mais soutient aussi les efforts de l'ADRAO pour une bonne manipulation et réglementation des plantes si elles devaient arriver en Afrique de l'Ouest.

« Gatsby finance la construction d'un bâtiment de confinement à M'bé », poursuit Séré. L'objectif de cette infrastructure est de permettre de tester le nouveau matériel dans un climat approprié, avec les agents pathogènes locaux en minimisant le risque de fuite. L'installation de confinement va isoler efficacement le matériel transgénique de la végétation avoisinante. Non seulement elle se trouve loin des parcelles d'expérimentation, mais elle constitue, en elle-même, une barrière contre le flux de pollen : les groupes luttant pour la préservation de l'environnement craignent un flux de pollen de ces transgéniques vers les espèces cultivées et sauvages, et une « fuite » subséquente. « Ainsi, nous pourrions tester le matériel et nous assurer de sa stabilité contre les pathotypes de virus locaux, et de ce qu'il n'a pas d'effets indésirables dans les conditions climatiques prévalentes, tout en veillant à sauvegarder l'environnement avoisinant, d'une possible contamination. »

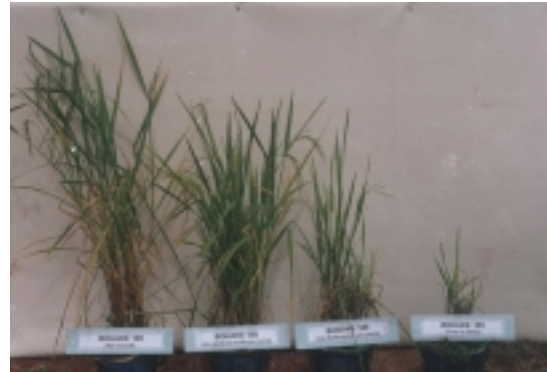
« En outre, nous travaillons avec les pays membres de l'ADRAO sur le problème global de la bio-sécurité », continu-t-il. Tout d'abord, les gouvernements doivent connaître tous les enjeux liés à la question des OGM, puis ils ont besoin d'une réglementation appropriée. Ce n'est pas une bonne chose d'avoir une réglementation sur la bio-sécurité dans un pays ou seulement quelques pays, les paysans peuvent facilement aller d'un pays à un autre comme n'importe qui, et le commerce transfrontalier de semences est un phénomène bien connu dans notre région. L'ADRAO a été activement impliquée dans le développement d'une législation sur la bio-sécurité en Côte d'Ivoire et ceci a des implications régionales : elle peut servir de base pour une réglementation régionale et peut être promue au niveau des décideurs politiques des autres états membres comme base de législation nationale dans la sous-région. « Sans application générale de la réglementation de bio-sécurité pour l'exploitation, la diffusion et la commercialisation des plantes transgéniques, on ne peut envisager l'introduction de ces plantes dans les pays à titre individuel », explique le Directeur général de l'ADRAO, Kanayo F. Nwanze.

« Ce qu'il nous faut, ce sont des options pour réduire la pression de la maladie dans les champs. Planter des variétés résistantes n'est qu'une de ces options. »

La première question que toute personne s'intéressant à la lutte contre les déprédateurs poserait est : « Où est-ce que l'organisme vit durant la contre saison ? » Dans le cas du virus de la panachure jaune, le riz n'est pas continuellement cultivé durant 12 mois, donc le virus doit vivre quelque part lorsqu'il n'y a pas de riz dans les champs. Trois groupes d'hôtes alternatifs ont été identifiés : les résidus de cultures, les plants de riz spontanés et les adventices. Les résidus des cultures c'est ce qui reste après la récolte, comme racines, tiges et paille. Le virus peut survivre sur chacun de ces éléments, la destruction des résidus pourrait régler le problème à ce niveau. Les plants spontanés sont des plants qui poussent durant la contre saison à la suite des grains qui tombent lors de récolte. Ils posent plus de problèmes que les résidus, parce qu'ils doivent être gérés quelques temps après la récolte, ce qui constitue une requête supplémentaire sur les paysans. Mais, l'élimination des plants spontanés peut être combinée avec un labour post-récolte, ce qui réglerait le problème du troisième réservoir d'inoculum de virus de contre saison.

Une fois que nous savons où le virus passe la contre saison, la seconde question est : comment est-il transmis ? « L'aspect essentiel de l'épidémiologie de la panachure jaune du riz est le rôle des lésions mécaniques sur les plantes – toute lésion mécanique en présence de particules du virus », explique Séré. En plus des dégâts sur les racines au cours du repiquage, les plants de riz sont prédisposés à des dégâts au cours du sarclage à la houe par les paysans, lorsqu'un plant de riz infecté est endommagé durant le sarclage, le virus se retrouve sur la houe et lorsqu'un plant sain est endommagé par la même houe, le virus pénètre à travers la lésion fraîche. Le virus peut également survivre dans l'eau d'irrigation, ainsi, tout dégât infligé à un plant dans un champ inondé, l'expose à une infection du virus par le contact avec l'eau contaminée. Et puis, il y a la question entière de tous les insectes vecteurs.

Francis Nwilene prend le relais : « Depuis 1974, nous savons que les insectes vecteurs transmettent mécaniquement la panachure jaune du riz. C'est-à-dire que les insectes se nourrissent de plants infectés, collectent des particules du virus, et contaminent le plant suivant qu'ils mangent – le virus ne



« Dépendance de l'inoculum » : calibrage des symptômes du RYMV, des plants de Boudaké 189 non-inoculés (à gauche) aux plants inoculés en un endroit, puis les plants inoculés uniquement sur la feuille et enfin les plants complètement inoculés

subit aucun changement à l'intérieur de l'insecte, il l'utilise simplement comme véhicule. » On sait que quelque 12 espèces d'insectes transmettent la panachure jaune du riz aux plants de riz et des plants de riz à d'autres hôtes (adventices), entre autres les coléoptères et les sauterelles qui se nourrissent sur les plantes et des punaises qui sucent les feuilles. Une autre voie de lutte contre la maladie est donc le contrôle des vecteurs, ce qui a été la cible de la recherche en entomologie à l'ADRAO en 2000 (voir encadré « Lutte contre les vecteurs de maladie »).

Gestion intégrée de la panachure jaune du riz et l'avenir

Comme pour beaucoup de problèmes affectant les cultures, une seule méthode d'approche à la panachure jaune du riz ne nous débarrassera de cette maladie insidieuse. Nous devons plutôt combiner les éléments pour avoir le soulagement adéquat. Comme c'est souvent le cas quand nous avons affaire aux petits producteurs, la première approche des chercheurs est le développement de variétés résistantes ; l'ADRAO et ses partenaires ont fait un long chemin avec ce travail, mais beaucoup reste encore à faire, comme indiqué ci-dessus. Ce travail est appuyé par d'autres interventions : l'utilisation de pratiques culturales appropriées pour minimiser la diffusion de la maladie, l'arrachage hôtes alternatifs où les populations de virus peuvent survivre et se multiplier en contre saison, et la

Lutte contre les vecteurs de maladie

A l'exception des vecteurs insectes, tous les mécanismes d'infection virale nécessitent la présence du virus ou dans la parcelle où le riz est transplanté ou dans la pépinière. Et l'entomologiste Francis Nwilene de poursuivre : « Lorsqu'une parcelle est débarrassée de tout virus durant la contre saison, à travers, par exemple, la destruction des résidus de cultures, des repousses, des plantes spontanées et des hôtes alternatifs, alors l'unique source de RYMV ne peut se trouver qu'en dehors de la parcelle et il n'y a que les insectes pour l'introduire dans la culture. Il est donc justifié de chercher des méthodes de lutte contre ces insectes. »

Comme pour la maladie, il n'y a pas de méthode de lutte unique suffisante en elle-même. « Nous avons laissé la voie de recherche sur la résistance de la plante-hôte aux sélectionneurs et pathologistes », explique Nwilene, « et nous nous concentrons sur les méthodes culturales et les bio-pesticides ». La logique sous-tendant la décision sur la résistance de la plante se trouve dans le criblage extensif qui a été fait et qui va permettre de sélectionner pour des types de plants résistants aux insectes autant que des types purement résistants au virus.

Parmi les pratiques culturales, la gestion de l'eau peut jouer un rôle clé durant la saison sèche. « Durant la saison sèche, les vecteurs ont tendance à quitter les plateaux où il y a peu nourriture et l'air est trop sec pour eux », explique Nwilene. Si les bas-fonds sont également drainés à ce moment, l'humidité y serait réduite et par conséquent l'approvisionnement en nourriture aussi, ce qui va avoir un impact sur les populations de vecteurs au démarrage de la saison culturale.

« Une tendance positive est l'évolution vers le semis direct », poursuit Nwilene. Cette tendance est induite par les coûts de main d'œuvre et a deux avantages dans la lutte contre le RYMV. Premièrement, elle évite les dégâts sur la racine occasionnés par le repiquage, deuxièmement, les populations de vecteurs passent toute la saison en phase interactive avec leurs ennemis naturels (prédateurs, parasites), les vecteurs ne se déplacent pas avec les plantules et on atteint un certain degré de lutte naturelle.

Mais, c'est surtout le rôle potentiel des bio-pesticides qui a attiré l'attention de Nwilene cette dernière saison. « Nous avons comparé les effets des extraits de neem et de papaye avec l'insecticide commercial Decis », il explique, « je suis ravi de rapporter que l'extrait de neem était plus efficace dans la lutte contre les trois types de vecteurs (coléoptères, sauterelles et les punaises suceuses de feuilles) que l'extrait de papaye, mais aussi l'insecticide Decis ! Et qui plus est, les résultats préliminaires suggèrent que l'extrait de neem aurait moins d'impact sur les ennemis naturels des vecteurs que chacun des deux autres insecticides ». La recherche sur ce rôle potentiel de l'extrait de neem va se poursuivre pendant la saison humide 2001.

gestion des insectes vecteurs. « En 2001 », explique Séré, « nous commencerons à analyser le rôle de la gestion globale des cultures, y compris, les engrais dans l'épidémiologie de la maladie et ceci pourrait donner un autre point d'entrée dans la lutte contre la panachure jaune du riz ».

Toujours en 2001, l'ADRAO doit commencer un projet en collaboration avec l'université de Louvain, Belgique sur le renforcement de la durabilité de la production rizicole dans les zones infestées par la panachure jaune du riz. Des conseillers des programmes nationaux et des paysans seront formés dans la lutte contre le virus. En outre, le projet vise à développer de nouveaux outils pour l'identification du virus au sein des plantes, les insectes vecteurs, et dans les champs, et pour le suivi de la maladie en milieu naturel (en relation avec le climat).

Une autre approche de lutte existe à travers le Projet d'hybridation interspécifique de l'ADRAO. Les domaines d'intérêts spécifiques sont : l'identification des types de résistance dans les trois grands groupes de riz, *Oryza glaberrima*, et les sous-espèces *indica* et *japonica* d'*O. sativa*, l'étude continue de la variabilité de la panachure jaune du riz en Afrique de l'Ouest, du Centre et de l'Est, et un plus grand renforcement de la collaboration avec les programmes nationaux sur le criblage du nouveau matériel. Ce dernier élément comportera des croisements plus ciblés entre des variétés populaires locales *O. sativa* et *O. glaberrima*, qui vont être criblées et faire l'objet d'avancement à l'ADRAO. Cependant, ce ne seront pas les produits finaux de la sélection qui seront envoyés aux programmes nationaux pour criblage contre les plus virulents isolats locaux dans les serres. Ceci permettra aux sélectionneurs nationaux de sélectionner pour l'adaptation aux conditions locales et à la résistance à la panachure jaune du riz.

« Nous sommes à un stade passionnant des travaux sur la panachure jaune du riz », affirme Kanayo F. Nwanze, Directeur général de l'ADRAO. « Nous avons presque atteint notre objectif à court terme de voir des variétés de riz améliorées résistantes au virus dans les champs paysans dans les zones infectées et nous avons identifié un certain nombre de composantes pour initier une gestion intégrée de la maladie en milieu paysan. Au cours des années à venir, il y aura une augmentation du nombre de variétés résistantes et certaines

Renforcement des capacités des partenaires nationaux

Dès son démarrage, le travail sur le RYMV a été effectué à travers les partenariats. Le besoin de criblage multilocal, en lui-même, nécessite des partenariats. Cependant, au fil de l'avancement du criblage, et en particulier avec l'avènement du projet DFID de criblage *in-situ*, il s'est avéré nécessaire de renforcer les capacités de certains de nos partenaires à travers la formation des techniciens des programmes nationaux à la conduite du criblage en serres. En plus, avec le développement des anticorps polyclonaux pour la détection du RYMV dans les tissus des plantes, il fallait former les techniciens de laboratoires des pays participants dans cette nouvelle technique.

En assurant la formation de nos partenaires, nous rendons service non seulement aux pays concernés, mais aussi à toute la région. L'information obtenue du criblage *in-situ* est introduite dans tout le processus de recherche RYMV qui va en fin de compte bénéficier à tous les riziculteurs des bas-fonds infestés de RYMV en Afrique subsaharienne.

Et, nous ne nous intéressons pas seulement aux chercheurs d'aujourd'hui, mais, nous contribuons aussi à la formation des pathologistes de demain. Après tout, les systèmes riz et le RYMV sont des entités biologiques ; le virus peut éventuellement s'adapter à n'importe quelle mesure de lutte que nous arriverions à mettre en place, ou bien une autre maladie peut s'installer dans les niches du RYMV, si tant est que nous réussissions un jour à être sur le point de l'éradiquer. C'est pourquoi nous avons besoin de nouveaux pathologistes pour faire face aux maladies des plantes de demain. Des liens ont été établis avec des universités en Côte d'Ivoire et au Mali en vue de méthodologies de base pour le criblage et la notation ainsi que des thèmes de recherche comme la variation pathogénique (virulence) des isolats RYMV ivoiriens.

d'entre elles auront non seulement une résistance durable, mais seront aussi attractives pour les paysans sur d'autres points comme les types de grains et de plantes et le cycle de croissance.

Nous sommes confiants que plus jamais les paysans ne seront désespérés de voir leurs champs dévastés par la panachure jaune du riz. »

