

# RADIOGRAPHIE DE LA COOPERATION TECHNIQUE

Agence internationale de l'énergie atomique



Mai 1996 vol. 2, n° 1

## SOMMAIRE

Un fléau du bétail . . . . .	1
L'orge à l'assaut des Andes . . . . .	1
Un bétail bien nourri . . . . .	2
Riz flottant . . . . .	3
La méthode de l'insecte stérile . . . . .	4
L'atome nourricier . . . . .	5
En bref . . . . .	7
Au Zimbabwe . . . . .	8

## L'orge à l'assaut des Andes

Sur les hauts plateaux du Pérou et de Bolivie, entre 3 400 et 4 000 mètres d'altitude, le paysan des Andes vit misérablement et se nourrit très mal. La faible pression d'oxygène et les contraintes dues aux variations journalières de la température et à l'intense rayonnement ultraviolet sous un ciel sans nuage interdisent la culture des céréales essentielles. Et pourtant, une variété précoce d'orge, sans doute venue d'Europe il y a plusieurs siècles, parvient à survivre, quoique mal acclimatée, mais la récolte est maigre.

Comme au temps des Incas, ce paysan des hauteurs cultive toujours une amarante riche en protéine, ainsi que le quinoa, quelques variétés de pommes de terre, et la fève qui sait fixer l'azote atmosphérique et enrichir ainsi le sol. Mais peut-être récoltera-t-il bientôt une orge de bonne qualité.

## Un fléau du bétail mis en échec

L'élevage est généralement indispensable à l'économie rurale des pays en développement, car il produit du fumier, du combustible et des peaux, ainsi que de la viande et du lait, et procure des animaux de trait pour les travaux des champs et le transport. Or, dans une vaste région d'Afrique centrale et méridionale et sur Unguja, la principale île de Zanzibar, l'élevage est gravement compromis par la

mouche tsé-tsé qui attaque le bétail. Maintes campagnes de destruction de cet insecte, à grand renfort de pièges, d'insecticides et autres moyens classiques, ont échoué jusqu'à présent, mais il semble que l'éradication est possible, tout au moins à Zanzibar, du fait de son isolement.

*Zanzibar, située à 35 kilomètres au large de la côte orientale de l'Afrique, comprend l'île d'Unguja et quelques îlots satellites et s'est jointe à la République-Unie de Tanzanie en 1964. A part l'unique espèce d'insecte qui y sévit, les conditions qui règnent sur l'île sont idéales pour l'élevage — riche végétation, terrain vallonné, pluviosité stable et abondante. Et pourtant, 10 000 têtes de bétail plus 250 000 dollars de produits laitiers doivent être importés chaque année pour compléter l'alimentation de la population déficiente en protéine.*

La mouche tsé-tsé (*Glossina*) se nourrit exclusivement de sang. Certaines variétés transmettent la maladie du sommeil à l'être humain, tandis que d'autres communiquent à l'animal une affection analogue, la *nagana*, les deux étant dues à un organisme uni-



*Prise de sang sur l'animal pour dépister la maladie. (Photo: U. Feldmann)*

suite page 4

En effet, grâce à l'aide de l'AIEA, le Pérou s'est familiarisé avec les techniques nucléaires et s'en sert désormais pour créer des variétés de céréales et légumineuses plus résistantes, permettant non seulement de nourrir la population des hauts plateaux, mais aussi d'installer une production durable à grande

échelle. Un mutant d'orge — *UNA-La Molina 95* — a été mis à l'essai au champ en mai 1995 et se multiplie sur plusieurs parcelles expérimentales de la région.

La sélection exige un gros effort: il faut être persévérant, appliqué et sur-

suite page 6

# Un bétail bien nourri doit prospérer

Dans tout l'espace rural du centre et de l'ouest de Java, on aperçoit de plus en plus souvent de petits groupes, surtout de femmes, occupés à pétrir de gros tas d'une masse pâteuse peu ragoûtante et malodorante. En fait, leur activité est parfaitement fondée économiquement et scientifiquement, car ils confectionnent des pains faits d'un mélange d'urée, de molasses et de multivitamines et destinés à compléter l'alimentation de leurs bestiaux — bovins, caprins et ovins.

Une alimentation de qualité pour le bétail fait généralement défaut dans presque toute l'Asie où l'on consacre peu de terres aux pâturages ou à la culture de fourrages. La plupart du temps, le cheptel se répartit entre petits fermiers qui élèvent deux ou trois têtes, rarement plus d'une douzaine, et font également de la culture de rapport. Ces bêtes se nourrissent de ce qu'elles trouvent au bord des chemins et dans les champs — herbe, paille, détritiques agricoles et résidus de denrées alimentaires. Le lait et la viande sont d'un faible rendement et de médiocre qualité.

Améliorer l'alimentation du bétail tout en épargnant l'argent et le travail du petit fermier est le but recherché, depuis le début des années 80, par une équipe de scientifiques dirigée par Mme Cornelia Hendratno, au Centre des applications des isotopes et des rayonnements de l'Agence de l'énergie atomique d'Indonésie (BATAN). L'équipe a reçu des fonds du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et dispose d'une infrastructure et de compétences créées au cours des années avec l'aide de l'AIEA. La technique

Cornelia Hendratno a été spécialement formée aux techniques nucléaires et associées de production animale, au Laboratoire de l'Agence, à Seibersdorf, et elle a dirigé l'équipe du BATAN qui a mis au point le complément alimentaire. Elle a été chargée des premiers essais de ce produit en milieu rural et a montré aux paysans comment confectionner les pains. Le produit s'étant avéré efficace, elle a encouragé le Ministère de l'agriculture à le vulgariser. Après avoir également travaillé en liaison étroite avec l'Agence en qualité de coordonnateur technique puis de chercheur principal dans le cadre de projets de l'AIEA, elle dirige actuellement l'équipe de recherche en nutrition animale du BATAN.



pratiquée utilise des indicateurs isotopiques inoffensifs qui permettent de suivre les composants alimentaires dans l'appareil digestif des ruminants.

Les pains composés d'un mélange de divers éléments nutritifs et de vitamines que Mme Hendratno et son équipe ont mis au point après des années de recherche en laboratoire et d'essais sur l'animal ont été accueillis avec enthousiasme par les paysans de Java. Cette alimentation complémentaire a fait augmenter de 30 % la production de lait et de plus de 100 % la croissance des bovins, caprins et ovins. Le succès est peut-être dû à ce que les composants se trouvent sur place: paille et son, gâteaux de graines de coton, déchets de poisson et même fumier de volaille, le tout mélangé en proportions convenables avec de l'urée, des molasses et divers minéraux.

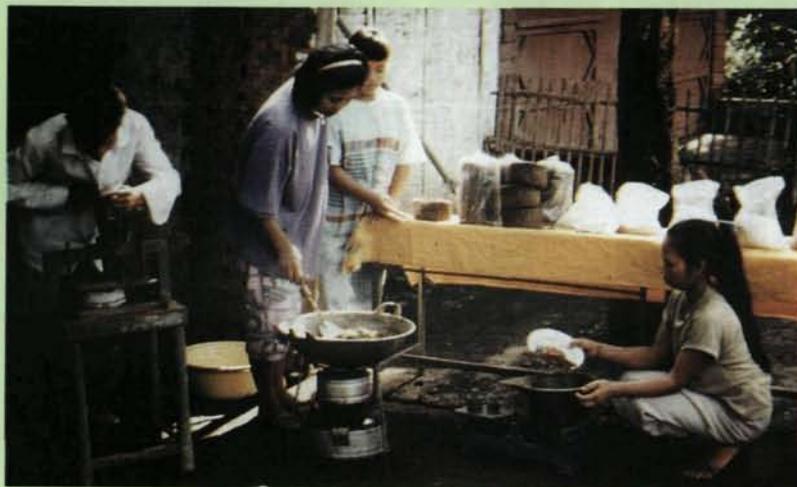
Le mélange est pressé dans des moules puis séché, pour donner un pain en forme de brique dont la consis-

tance est spécialement étudiée pour que l'animal puisse le lécher sans toutefois le manger en une seule fois. Cette propriété a été soigneusement mise au point pour diverses compositions de sorte que le paysan, après avoir fait son mélange, n'a plus besoin d'y mettre le pouce pour vérifier la consistance.

L'urée fournit l'azote protéinique pour la croissance; les molasses sont la source d'énergie et le soufre facilite l'assimilation de l'azote et la formation de protéines microbiennes qui produisent les acides aminés. Des minéraux, tels le calcium et le phosphore, essentiels pour les animaux laitiers, peuvent être ajoutés. Les pains sont de taille suffisante pour éviter la corvée d'une distribution trop fréquente et constituer des stocks. Il est prévu que chaque animal lèche entre 500 et 700 grammes de cet aliment par jour, en moyenne.

Pendant les premiers essais en campagne sur le cheptel local pour juger de l'efficacité des diverses formules, Mme Hendratno et son équipe ont constaté que les paysannes en particulier souhaitaient apprendre à préparer le mélange et à confectionner les pains. Les familles de fermiers se sont bientôt constituées en coopératives de production et de distribution et, depuis quelques années, le Ministère de l'agriculture se charge de la vulgarisation de la technique, enseigne aux paysans à préparer l'aliment avec des produits locaux et encourage la formation de coopératives.

Dans le cadre d'un projet de coopération technique de l'AIEA entrepris en 1994, le BATAN a inauguré l'an dernier des cours de formation dans l'est de Java, le sud de Sulawesi et l'ouest de Sumatra et procédé à des essais de



# Riz flottant et sorgho géant

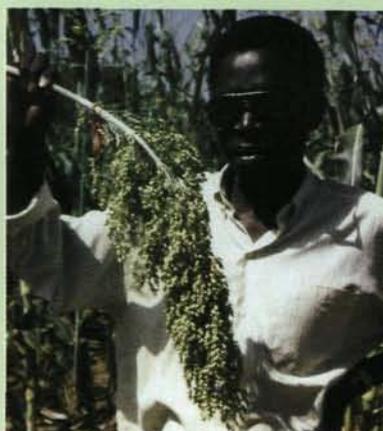
Le petit exploitant est le soutien de l'économie agricole du Mali, mais les rendements des céréales principales — millet, sorgho, riz, maïs et fonio — n'ont pas suivi la croissance démographique et les importations de céréales, toujours plus coûteuses, absorbent désormais 6,5 % du PIB. L'amélioration des récoltes a toujours été presque exclusivement tributaire de la sélection des semences faite par le cultivateur lui-même, la sélection systématique n'étant intervenue que récemment. L'amélioration de la productivité du riz et du sorgho est le grand problème d'aujourd'hui.

Les scientifiques maliens ont créé des mutants de riz et de sorgho qui profiteraient au petit fermier et à l'économie nationale si leur culture se généralisait. Jusqu'à récemment encore, ces variétés n'avaient pas quitté le laboratoire. Grâce aux nouvelles initiatives de la coopération technique de l'Agence, elles seront mises à la disposition des fermiers par un programme de vulgarisation de l'Etat qui implique la participation de la collectivité.

Sur les vastes étendues de terres inondées du bassin du Niger, le paysan malien cultive le riz depuis des siècles. Ce riz africain bien particulier — *Oryza glaberrima* — est apparu là avant l'homme. Ses caractéristiques génétiques lui ont permis de survivre: sa tige pousse à mesure que les eaux montent de sorte que la panicule reste à flot; il résiste aussi à la déshydratation lorsque les eaux se retirent et ses grains se dispersent à maturité.

Le sorgho autochtone ne peut compter que sur l'eau du ciel mais il résiste à la sécheresse. Le paysan cultive une variété qui pousse en hauteur, parfois jusqu'à 3,5 mètres, car il utilise les tiges pour nourrir le bétail ou confectionner des toits de chaume, des nattes et même les petits abris où il garde son grain.

Les sélectionneurs cherchent à améliorer la productivité de ces variétés tout en conservant leurs principales caractéristiques. Deux scientifiques maliens, Fousseyni Cisse et Al Houseni Bretaudeau, respectivement de l'Institut d'économie rurale et de l'Institut polytechnique rural, dirigent des équipes de chercheurs qui travaillent sur des variétés mutantes de riz et de sorgho. Au titre d'un récent PRC FAO/AIEA financé par l'Italie et visant à améliorer les cultures alimentaires locales de base, ils ont irradié des variétés traditionnelles aux rayons



Panicule géant de sorgho malien.  
(Photo: B. Ahloowalia)

gamma selon les méthodes prescrites. La coopération technique de l'AIEA avait déjà pris soin de la formation et du matériel qui devaient donner à ces deux instituts les moyens d'appliquer les techniques nucléaires mutagènes pour améliorer les rendements et autres caractéristiques des espèces cultivées traditionnelles.

Au cours de ce PRC de cinq ans, l'équipe de Cisse, spécialiste du riz, n'a pas pu créer la variété à grains persistants qu'elle recherchait, mais a obtenu quelques types nouveaux très productifs et de coloration blanche. En Afrique, le riz blanc se vend deux fois plus cher que le riz rouge, ce qui représente un gain appréciable pour le paysan, plus le bonus d'un bon rendement. Quant à l'équipe de Bretaudeau, elle a obtenu des mutants de sorgho poussant toujours aussi haut mais résistant à la verse, dont l'un donne même des panicules de 50 cm, c'est-à-dire deux fois la taille normale (voir la photo).

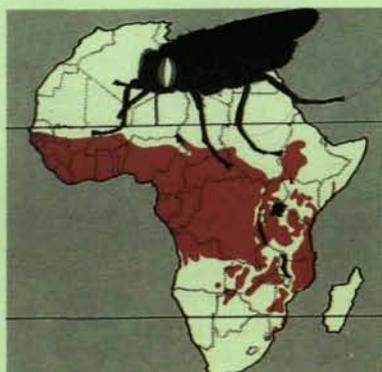
Ces premiers succès ont incité l'Agence à lancer un projet modèle de coopération technique pour continuer la sélection par mutation, mettre à l'essai au champ les variétés créées en laboratoire dans l'intérêt des cultivateurs, et développer les moyens de recherche appliquée sur les cultures de tissus végétaux en installant un laboratoire spécialisé accompagné d'une formation de haut niveau.

Au titre de ce projet modèle à fins multiples, la culture expérimentale de mutants de riz et de sorgho a déjà commencé, parallèlement à des expériences pédologiques à l'aide de méthodes isotopiques à l'azote stable

(<sup>15</sup>N) mises au point par la Division mixte FAO/AIEA, essentiellement pour déterminer l'assimilation optimale de l'engrais, étant donné que chaque génotype nouveau a ses propres exigences nutritionnelles. Les études de densité d'ensemencement permettront de préciser d'autres paramètres de culture variables selon les régions.

Tout ce travail exploite un ensemble impressionnant de haute technologie et de formation très spécialisée, mais peut-il vraiment servir le paysan pauvre qui probablement ne sait même pas lire? Les experts disent que oui, car le principe du projet modèle est d'orienter la technologie et ses avantages vers l'utilisateur final. Les premiers essais au champs montrent une augmentation du rendement de 10 % pour le sorgho et de 15 % pour le riz, et l'on pense étendre encore la phase de démonstration cette année et l'an prochain. De nouvelles techniques de sélection combinant les formules classiques, la biotechnologie et les mutations améliorent les chances de voir les nouvelles variétés concurrencer favorablement les souches locales. L'arsenal agronomique mis en œuvre aidera le paysan à obtenir de meilleurs rendements avec les méthodes de gestion des engrais issues de l'expérimentation pédologique à l'aide de techniques isotopiques à l'azote stable. L'une d'elles a recours aux légumineuses pour fixer l'azote (voir l'article sur les engrais biologiques au Zimbabwe) et peut se substituer à moindre coût, et même gratuitement, aux engrais azotés.

Le service de vulgarisation du Ministère de l'agriculture enseignera ces pratiques de pointe aux cultivateurs et fera la preuve de leurs avantages. Grâce à l'aide maintenant fournie par la Banque mondiale à un établissement national de reproduction de semences à l'échelle industrielle, les paysans maliens pourront bientôt réaliser le rêve de ces deux chercheurs inspirés qui ont vaincu les limitations des cultivars autochtones, contribuant ainsi grandement à la stabilité du ravitaillement de leurs concitoyens.



cellulaire, le trypanosome. La seule variété présente sur l'île (*Glossina austeni*) ne s'en prend qu'aux animaux. La nagana, signalée pour la première fois au début de ce siècle, a décimé les troupeaux de cette île de 1 650 kilomètres carrés et, récemment encore, jusqu'à 80 % des bêtes survivantes étaient contaminées.

Les premières tentatives de destruction de la mouche par des méthodes écologiques ont commencé il y a plus de 20 ans, étayées par un programme de recherche mené en Tanzanie continentale et financé par l'Office des Etats-Unis pour le développement international. Un labora-

toire équipé pour l'élevage en masse de mouches tsé-tsé a été installé à Tanga. Cette initiative a favorisé l'acquisition d'une certaine expérience, mais on a dû finalement y renoncer. Depuis lors, une série d'activités ont été entreprises sur Zanzibar grâce à une assistance bi-et multilatérale, et les méthodes classiques utilisées ont permis de réduire très sensiblement la population de mouches tsé-tsé et de contenir ses déplacements.

Les conditions semblaient donc favorables à une campagne de destruction lorsque le projet modèle de l'AIEA fut lancé en 1994. La densité de l'insecte a pu être radicalement réduite, dans certaines zones au-dessous du seuil de détection par piégeage. La réinfestation était improbable du fait de la distance séparant l'île du continent et aussi parce que les foyers de mouches tsé-tsé se trouvaient essentiellement dans trois secteurs boisés du sud de l'île, séparés du nord par une zone assez large principalement constituée de rizières. De nouvelles techniques, tels les lâchers aériens, visant à lutter contre d'autres ravageurs, ont pu être mises en œuvre à Zanzibar.

Le projet modèle de l'AIEA se fonde sur la méthode de l'insecte stérile qui consiste à élever en masse des insectes mâles, à les stériliser pour ensuite les lâcher en nombre suffisant dans le milieu où ils rivalisent avec les mâles fertiles de la population naturelle au moment de féconder les femelles. La méthode est bien au point et a été utilisée avec succès contre diverses mouches des fruits en Amérique du Nord et du Sud. Son application à d'autres insectes, comme la mouche tsé-tsé, est une innovation que l'on doit au programme de coopération technique assisté par le Division mixte FAO/AIEA.

Après tout juste deux ans de lâchers de mâles stériles, les femelles prélevées dans le milieu montrent déjà un taux élevé de stérilité qui devrait atteindre 65 % pendant le premier trimestre de cette année. De grands progrès sont faits (voir l'encadré) en matière d'élevage et d'identification des sexes. Pour vulgariser la méthode, l'AIEA a organisé sur Unguja un cours/séminaire de quatre semaines, à la fin de 1995, pour enseigner la méthode à des scientifiques d'autres pays africains infestés.

L'Agence a commencé à aider Zanzibar dès 1983 en formant des scientifiques tanzaniens, dans son labora-

## La méthode de l'insecte stérile

Cette technique particulière consiste à élever en masse, à stériliser et à lâcher des mâles de l'insecte cible afin qu'ils surpassent de loin en nombre les mâles de la population naturelle et s'accouplent avec les femelles qui, de ce fait, pondent des œufs stériles. Avec le temps, l'activité de reproduction de la population visée diminue et finit par cesser. Reste le risque de réinfestation du secteur traité par des insectes venant de l'extérieur.

Le problème crucial est que la mouche tsé-tsé se nourrit de sang. Or, il n'est pas possible d'alimenter des colonies suffisamment nombreuses sur des animaux vivants et, par surcroît, l'insecte n'absorbe normalement le sang qu'à travers la peau. Les scientifiques du Laboratoire de l'AIEA de Seibersdorf ont dû résoudre ce double problème. Dès le début des années 80, ils ont mis au point une technique d'élevage industriel consistant à offrir du sang à l'insecte à travers une membrane; la mouche ainsi dupée se croit sur un animal vivant.

A l'horizon se dessine un système automatique informatisé qui éliminera les nombreuses manipulations consistant à congeler les insectes nouvellement éclos, à trier manuellement les mâles et les femelles, pour les décongeler ensuite. Ce travail prend actuellement plus de 40 % du temps nécessaire à produire des mâles stériles. La congélation affaiblit les deux sexes et peut tuer les femelles ou les rendre stériles si elle est

excessive. La manipulation peut aussi endommager l'insecte. Le nouveau système séparera les sexes à la sortie des compartiments d'éclosion ou d'accouplement et les guidera dans des cages distinctes. Il pourrait être opérationnel dans trois ans. Il produira des insectes de meilleure qualité et épargnera le temps et l'effort des quatre techniciens actuellement nécessaires pour produire 100 000 mouches, n'exigeant plus qu'un seul technicien pour deux millions d'insectes.

En outre, on prévoit de manipuler génétiquement les femelles pour qu'elles ne produisent que des mâles, ou encore d'exploiter la réaction différentielle des pupes au froid ou à la chaleur; l'un ou l'autre sexe serait éliminé par une simple variation de température. En résumé, réduire l'effectif des femelles mais augmenter leurs progénitures mâles.



toire de Seibersdorf, à une technique d'élevage en masse de la variété de mouches présente sur Unguja, par alimentation de l'insecte à travers une *membrane*, technique mise au point par le laboratoire. Les installations de Tanga ont été systématiquement modernisées et développées si bien que, vers la fin de 1995, elles représentaient, avec une colonie de 400 000 femelles, le plus grand centre mondial de production de mouches tsé-tsé. La colonie atteindra bientôt 500 000 exemplaires, ce qui permettra des lâchers hebdomadaires de 50 000 mâles stériles (60 000 avec l'appoint venant de Seibersdorf). Grâce aux apports de plusieurs donateurs, le projet promet un succès.

Pour reconstituer le cheptel mixte de Zanzibar, on développe actuellement l'élevage familial. Les éleveurs des régions encore récemment infestées ont désormais la possibilité d'acquérir du bétail grâce à un programme de l'Etat offrant des prêts à des conditions très intéressantes. Les dispositions prises par le gouvernement pour encourager l'élevage familial dans des conditions durables et écologiques se fondent sur la probabilité très réelle d'une élimination totale de la mouche tsé-tsé lorsque le projet modèle de l'AIEA prendra fin en 1997.

La campagne s'est concentrée au début sur les foyers présents dans les forêts du sud — Jozani, Muyuni central et Muyuni maritime — où l'on ne peut utiliser aucune autre méthode, mais elle sera menée sur toute l'île. Depuis septembre 1994, les lâchers de mâles stériles ont été faits exclusivement par avion. Au Zimbabwe comme ailleurs, l'expérience a montré que la pulvérisation d'insecticides par avion est souvent inefficace et même dangereuse. En revanche, une mouche de 30 milligrammes n'est pas emportée loin de son objectif par les vents légers ou les courants ascensionnels, de sorte que l'avion peut se maintenir à une altitude suffisante au-dessus des cimes, ce qui permet de procéder à des lâchers rentables pendant toute la journée, au lieu d'être obligé d'attendre la nuit pour que le sol se rafraîchisse.

Les autorités nationales ont fourni des services de scientifiques et de techniciens, ainsi qu'une infrastructure et des fonds pour le projet; elles ont aussi intégré celui-ci dans les plans de développement nationaux, pour en faire profiter ceux qui exploiteront les secteurs précédemment infestés. Zanzibar met au point un système intégré de petits élevages, avec l'aide du Fonds international de développement agricole (FIDA), afin que l'élevage familial soit le principal bénéficiaire et que les terres libérées soient utilisées de façon durable.

## L'atome nourricier

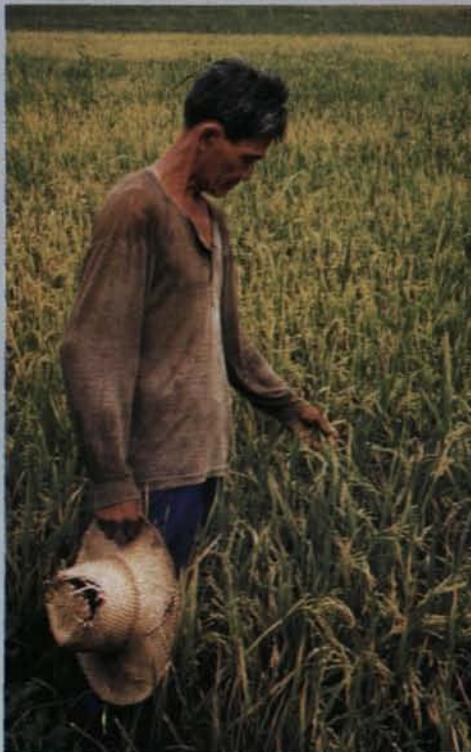
Malgré les grands pas en avant et les «révolutions» agricoles, nombre de pays se heurtent encore à d'énormes difficultés pour ravitailler leurs populations. En Afrique, par exemple, on prévoit que la production agricole devra tripler au cours des 30 prochaines années. La faculté de produire des excédents alimentaires reste le critère qui distingue les pays avancés des pays en développement. La course à la maîtrise des ressources mondiales ne fait que creuser le fossé.

Comment les paysans du monde en développement vont-ils pouvoir répondre à cette flambée de la demande alimentaire? Quelles solutions agricoles permettront de doubler la production, sans même parler de la tripler?

On n'y parviendra qu'en développant les ressources agricoles ou en trouvant des formules plus productives. Les «ressources», ce sont les terres, l'eau, les compétences humaines, la technologie et l'appui des institutions. Le programme d'alimentation et d'agriculture de l'AIEA est géré en collaboration avec la FAO et vise à aider les Etats Membres à recourir aux techniques nucléaires pour améliorer ces ressources tant *en qualité* qu'*en quantité*. Les surfaces cultivables et l'approvisionnement en eau

sont en expansion grâce à l'application de méthodes écologiques et durables, dont la destruction biologique, par la méthode de l'insecte stérile, de fléaux tels que la mouche tsé-tsé qui nuit si gravement à la production animale dans de vastes régions d'Afrique, ainsi que des techniques isotopiques pour l'étude de l'irrigation et de la dynamique des eaux souterraines. Par ailleurs, la qualité des ressources agricoles s'améliore grâce à l'adoption de meilleures techniques de production: la sélection par mutation, par exemple, vise à donner aux végétaux des propriétés nouvelles telles que la résistance à la sécheresse ou l'augmentation du rendement. Les pratiques culturales comme le recours au rhizobium inoculé au sol pour en améliorer la fertilité sont plus écologiques et plus économiques que l'emploi des engrais classiques. La gestion de l'humidité du sol et des éléments nutritifs progresse grâce aux méthodes agrochimiques qui accroissent la productivité et améliorent la qualité des denrées. Quant à la production et à la santé animales, les techniques nucléaires ont permis de percer le secret des processus biologiques responsables de la croissance, de la santé et de la reproduction du bétail. L'importance des procédés de conservation des aliments, telle l'irradiation, se mesure à la réduction progressive des pertes après la récolte qui représentent actuellement un quart de la production alimentaire mondiale.

La coopération technique de l'AIEA dans le domaine agricole joue un rôle catalyseur encore modeste dans le développement durable de l'agriculture. Ce numéro de la Radiographie de la CT montre comment s'organise un nouveau partenariat entre scientifiques et responsables du développement, qui a pour objet de renforcer les moyens de la communauté agricole grâce à la vulgarisation et à tout un choix de techniques spécialisées et de pratiques plus rationnelles.



tout très patient. L'irradiation gamma des semences accélère le processus et favorise des modifications génétiques qui deviennent héréditaires. L'origine du nouveau mutant remonte à plus de 15 ans, lorsque le sélectionneur Marino Romero Loli devint chef du Département des céréales de l'Université agronomique nationale de La Molina. Lui-même originaire des hauts plateaux, Romero Loli a entrepris de produire, par mutation, de nouvelles variétés d'orge et de blé cultivables en haute altitude.

Son premier souci était d'améliorer le régime alimentaire, la santé et l'économie de la population de ces régions. Cela dit, les quelque trois millions d'hectares de terres réputées arables, partagés entre les hauts plateaux du Pérou et de Bolivie, laissaient entrevoir la possibilité d'une culture industrielle intensive. L'entreprise pouvait paraître un peu folle car le précurseur local essentiel pour produire un mutant faisait défaut: il n'y avait ni blé ni avoine, et l'orge mal acclimatée était impropre de toute évidence. Toutefois, une aide extérieure est bientôt arrivée et la collaboration de la Division mixte FAO/AIEA ne s'est pas fait attendre.

L'opération a commencé par les essais au champ de toute une collection de plasmas germinatifs de blé, d'orge et d'avoine. En quelques années, une dizaine de milliers de variétés fournies par des établisse-

ments internationaux et nationaux du monde entier ont été cultivées sur de petites parcelles pour savoir lesquelles résisteraient le mieux au climat inhospitalier. A partir des plus prometteuses, l'équipe de Romero Loli a produit une nouvelle variété d'orge par des méthodes de sélection classique. Après culture et sélection sur huit générations, la variété a été mise sur le marché en 1990, sous le nom de *Buena Vista*.

Tout était prêt pour créer des mutants sous irradiation. Depuis plus de dix ans, l'AIEA s'employait à améliorer systématiquement l'infrastructure, le matériel et les compétences du Pérou pour la sélection par mutation. Un don des Etats-Unis de 1,5 million de dollars destiné à la région a permis à l'Agence de faire plus pour le Pérou que fournir du matériel et assurer une formation. A La Molina, les activités furent coordonnées avec d'autres opérations FAO/AIEA, dont un programme régional en Amérique latine pour l'amélioration des céréales par mutation et un programme de recherche coordonnée (PRC) connexe.

L'équipe de La Molina a donc irradié des semences de *Buena Vista* et obtenu la variété mutante UNA-La Molina 95 qui présente trois avantages par rapport à son précurseur: elle vient à maturité environ trois semaines plus tôt, ce qui permet la maturation de l'épi avant la saison

sèche; la tige est plus courte, ce qui évite la verse sous l'effet du vent ou de la grêle; le grain est nu, c'est-à-dire sans glume, et plus riche en protéine, donc plus facile à cuire et plus commode pour nourrir les animaux.

Ces trois qualités en font un mutant très prometteur, mais la preuve de sa viabilité demeure la culture. Lorsque la phase de multiplication aura produit deux ou trois tonnes de semences (probablement dès cette année), celles-ci seront distribuées à des fermiers de villages choisis pour leur bonne réputation, en vue de l'ensemencement de parcelles expérimentales. Le mutant sera cultivé parallèlement à son précurseur et c'est alors seulement que l'on pourra juger de sa qualité. La preuve de son succès ne sera faite qu'après deux ou trois ans, lorsque les fermiers auront pu récolter sur des milliers d'hectares, mais il y a de bonnes chances que le XXI<sup>e</sup> siècle inaugure la première céréale cultivable dans les Andes et ouvre de nouvelles perspectives de développement agricole.

Le secteur privé est maintenant acquis à la sélection par mutation. La brasserie péruvienne *Malteria Lima SA* assiste financièrement et techniquement l'Université agronomique de La Molina pour activer la multiplication des semences de la variété mutante et leur distribution aux fermiers des hauts plateaux, bien que cette orge soit différente de celle qu'utilisent les brasseurs. Rappelons que UNA-La Molina 95 est riche en protéine et dépourvue de glume, alors que les brasseurs veulent une orge aussi pauvre que possible en protéine, donc toujours pourvue de glume. *Malteria Lima* juge que les autres caractéristiques du mutant — sa maturation précoce et sa courte tige — sont favorables à une culture intensive en haute altitude. S'il s'avère que la variété «95» pousse bien au-dessus de 3 000 mètres et dans des conditions par ailleurs hostiles, rien n'empêche que l'on puisse créer de la même façon une autre variété pauvre en protéine et pourvue de glume.



Inspection d'un champ d'orge près de Huancayo. De gauche à droite: C. Ampuero (IPEN); B. Radischat (AIEA); L. Gamara (IPEN); et M. Romero Loli (Université agronomique de La Molina). (Photo: M. Maluszynski)

## En bref: Précisions et nouveautés

### AGFAX — Les paysans du Zimbabwe à l'écoute

«L'interview sur la méthode de l'insecte stérile et la mouche tsé-tsé a ouvert les yeux, surtout si l'on sait que cette mouche crée de sérieux problèmes au Zimbabwe. L'entretien a fait l'objet d'un programme local diffusé par Radio 2» — Annonce de la Société de radiodiffusion du Zimbabwe.

Le recours à la technologie pour le développement dépend des attitudes, lesquelles sont influencées à leur tour par l'éducation et l'information. Le Département de la coopération technique s'efforce d'informer le public des activités relatives à ses projets modèles par une série de courts bulletins adressés au service médiatique AGFAX. Des articles de presse et des interviews de fonctionnaires de l'AIEA sur les grands problèmes agricoles sont enregistrés et distribués chaque mois à des stations de radio-diffusion et à des journaux d'Afrique anglophone ainsi qu'aux principaux émetteurs européens et nord-américains qui couvrent le monde entier. La destruction de la mouche tsé-tsé par la méthode de l'insecte stérile, l'amélioration du riz africain par mutation et l'analyse radio-isotopique de l'azote dans les végétaux figurent parmi les thèmes choisis.

Vous ou vos collègues pourriez nous aider à élargir notre auditoire. Les organisations nationales de radio-diffusion obtiennent gratuitement sur demande des enregistrements ou des transcriptions intégrales de ces interviews. Les reportages enregistrés sur cassettes audio, d'une durée de cinq minutes, sont prêts pour passer sur l'antenne. Pour de plus amples informations, s'adresser à la Section de coordination des programmes du Département de la coopération technique, à l'AIEA.

AGFAX est une production de World Radio for Environment (WREN), organisation médiatique basée au Royaume-Uni.

### Mutants de riz cultivés en Asie

Neuf variétés de riz précoce, obtenues par mutation à partir de variétés locales, ont été officiellement homo-



Toute l'Asie cherche à améliorer le rendement des rizières. (Photo: M. Maluszynski)

loguées et cultivées sur 598 100 hectares dans cinq provinces riveraines du Yang-Tseu, en Chine, soit 11 % environ des 5,5 millions d'hectares cultivés en rizières dans ces provinces. Le rendement de chaque mutant dépend des conditions agrométéorologiques de la province où il est cultivé. D'après les résultats d'essais en ordre dispersé, le rendement à l'hectare des neuf variétés était supérieur en moyenne de 440 kg à celui des variétés témoins.

L'Institut national chinois de riziculture estime à 263 000 tonnes l'augmentation totale de la récolte dans la zone cultivée. A raison de 200 dollars la tonne, au prix du marché, le gain pour les cultivateurs s'élèverait à plus de 50 millions de dollars. La vulgarisation a été activement soutenue par les distributeurs de semences aux niveaux provincial, départemental et municipal. Vu le succès du programme de multiplication, il est prévu, pour 1996, d'augmenter de 990 000 hectares la superficie cultivée en rizières.

Selon les renseignements récemment communiqués par le Ministère de l'agriculture du Myanmar, le mutant de riz *Shwewartun* s'avère plus productif et plus précoce, et donne un grain de meilleure qualité que son précurseur. Entre 1990 et 1993, cette variété a été cultivée sur près de un million d'hectares, soit 17 % de la superficie des rizières.

Une étroite collaboration avec des instituts nationaux de Chine et de Myanmar — par l'intermédiaire des PRC et des projets d'assistance technique — a permis d'obtenir ces variétés mutantes très réussies. L'expérience acquise lors de ces activités favorise la sélection par mutation dans d'autres régions (voir l'article intitulé «Riz flottant et sorgho géant»).

### Accord régional de coopération à l'honneur

Vers la fin de l'an dernier, le Corps commun d'inspection de l'ONU, organe d'enquête indépendant, a comparé les résultats obtenus sur place par dix projets multinationaux parrainés par les Nations Unies dans la région Asie et Pacifique, dont un visait à recommander l'emploi de la technologie nucléaire par les industries régionales pour favoriser leur compétitivité (voir «Les pionniers de la coopération régionale», Radiographie de la CT, février 1996). Ce projet a été classé en tête avec 96 points sur 100, un des meilleurs résultats jamais obtenus par un projet en science et technologie. L'engagement résolu des homologues nationaux et la spontanéité de la collaboration active des gouvernements participants avec le secteur privé sont apparus comme les points forts du projet et la liaison entre les Etats Membres coopérants a été jugée un modèle de coopération technique entre pays en développement. Le projet était cofinancé par le PNUD et les contributions des pays suivants: Australie, Chine, Indonésie, Japon, Malaisie, Nouvelle-Zélande, Philippines, République de Corée et Thaïlande. Les parties à l'accord de coopération préparent actuellement un projet de la troisième génération pour examen par l'Agence et le PNUD, qui prévoit l'application des techniques isotopiques et des rayonnements dans le but d'améliorer la gestion de l'environnement et des ressources naturelles et de stimuler la croissance industrielle.

# Au Zimbabwe, fertilisation biologique à la portée du petit fermier

Nombre de pays en développement ont les moyens d'exploiter les bactéries responsables des nodules de la racine des légumineuses, et cela pour produire de l'azote, élément nutritif de première importance. Toutefois, dans la plupart d'entre eux, ce sont les grandes exploitations pratiquant la culture industrielle — du soja, par exemple — qui en ont récolté tous les avantages. Le petit fermier de subsistance serait le plus indiqué pour en profiter, mais il n'en a quasiment rien eu. Or, grâce à un projet modèle de coopération technique de l'Agence qui doit démarrer en 1997, près de un demi-million de petits exploitants du Zimbabwe auront accès à cette technique.

*On a pu dire que les bactéries de la famille du rhizobium étaient un don de la nature à l'agriculture durable. Elles provoquent en effet la formation de nodules au niveau des racines des légumineuses et fixent l'azote atmosphérique sous une forme assimilable par les plantes. Le procédé est analogue à celui que l'industrie chimique utilise pour produire des engrais à l'urée, à cela près que les nodules le font gratuitement. Bien que la nodulation n'intervienne qu'en symbiose avec la légumineuse, l'azote fixé est suffisant pour alimenter ultérieurement des plantes non légumineuses. En quelques années, une technique de production en masse d'un «inoculant» spécifique des souches de rhizobium a été mise au point. De fait, la voie biologique assure actuellement plus d'un tiers de tout l'azote utilisé dans le monde pour l'agriculture, mais consommé pratiquement en totalité soit dans les pays avancés, soit par les grandes cultures industrielles des pays en développement.*

Cette technique est retenue dans près d'une trentaine de projets agricoles de l'Agence dans le monde entier. Le premier projet modèle qui lui est consacré a été lancé l'an dernier au Bangladesh (voir «De meilleures récoltes avec moins d'engrais», Radiographie de la CT, novembre 1995). Il vise la production industrielle de l'inoculant. Assisté depuis 1988 par des projets de l'AIEA et utilisant une méthode à l'isotope stable  $^{15}\text{N}$  mise au point pour l'essentiel par la Division mixte FAO/AIEA, l'Institut d'agronomie nucléaire du Bangladesh a sélectionné des souches

Inaugurée par la Division mixte FAO/AIEA, la technique à  $^{15}\text{N}$  est essentielle pour le dosage

des quantités d'azote fournies par l'air, le sol et les apports d'engrais. Relativement simple, la méthode consiste à cultiver des plantes qui fixent l'azote parallèlement à des plantes qui ne le fixent pas. Son grand intérêt est de mesurer quantitativement et intégralement l'azote fixé, pendant des périodes différentes, dans des conditions différentes et dans des sols différents. Elle est préférable aux méthodes non isotopiques car elle précise bien les facteurs qui déterminent la fixation dans diverses légumineuses et donc le «rendement», en particulier les effets de l'inoculation d'une souche sélectionnée de rhizobium.



de rhizobium et des variétés affines de légumineuses dont l'association fixerait parfaitement l'azote dans les sols locaux.

Le projet proposé pour 1997/98 utilisera la technique à  $^{15}\text{N}$  pour sélectionner les meilleures souches de rhizobium, maximiser les rendements des principales variétés de légumineuses cultivées au Zimbabwe et créer éventuellement des variétés par mutation radio-induite. Le pays dispose déjà d'une grande installation pour multiplier le rhizobium et le conditionner en vue de sa distribution aux exploitations agricoles, et il serait possible d'en accroître la production à l'intention des petits fermiers.

Le plan du programme pour le Zimbabwe, établi par l'AIEA et le gouvernement, se limite à des activités prioritaires de coopération technique fondées sur des technologies d'un intérêt évident, le gouvernement s'engageant à fournir l'essentiel de l'infrastructure. La mise au point de

la fixation biologique de l'azote pour l'agriculture de subsistance à l'échelon communal est l'une de ces activités. Les rendements de la petite exploitation, au Zimbabwe, sont très faibles, surtout parce que les sols sont pauvres, en azote et en phosphore notamment. Le programme implique que les compétences techniques et les structures mises en place pour entreprendre ces activités sont solides et dispose des résultats de précédents travaux de coopération technique sur la fixation de l'azote par trois légumineuses cultivées localement. Une équipe multidisciplinaire de chercheurs est maintenant formée et prête à se mettre à l'œuvre.

Vu ces conditions prometteuses et l'expérience acquise au Bangladesh, le Département de la coopération technique ne doute pas que le projet envisagé contribuera dans une large mesure à la production alimentaire et à la prospérité du petit fermier du Zimbabwe.

## Un bétail bien nourri (suite de la page 2)

compléments alimentaires composés de produits disponibles sur place.

Pendant ce temps, le Ministère s'est chargé de la vulgarisation de cette technique dans tous les districts de l'ouest et du centre de Java et a patronné plusieurs cours pratiques destinés à des chefs de groupes de fermiers. Un de ces cours, organisé dans l'ouest de Java en 1995, a réuni 236 paysans pendant trois mois et permis d'évaluer 395 vaches laitières, 80 bœufs de boucherie et 100 moutons. Un cours analogue achevé l'an dernier dans le centre de Java a porté sur 180 têtes de bétail. L'ensemble des résultats de ces essais montre que, grâce au complément alimentaire, le revenu mensuel net des éleveurs de vaches laitières et de bœufs de boucherie pourrait augmenter de 200 % et celui des éleveurs de moutons de 100 %.

**RADIOGRAPHIE de la coopération technique est un produit de Maximedia pour l'AIEA. Les articles de cette série peuvent être librement utilisés. Pour tous renseignements, s'adresser à la Section de coordination des programmes, Département de la coopération technique, Agence internationale de l'énergie atomique, B.P. 100, A-1400 Vienne, Autriche. Tél: +43 1 2060 26005 Fax: +43 1 2060 29633 CE: foucharp@tcpo1.iaea.or.at**