Les techniques nucléaires en agriculture

Les projets de coopération technique appuyés par le PNUD dans la région Asie et Pacifique portent leurs fruits

par L. LaChance, J. Aslam et C. Langer

Les applications des isotopes et des rayonnements à l'agriculture sont l'un des domaines de coopération technique les plus importants de l'AIEA. Durant les dix dernières années, le programme de coopération technique de l'AIEA a alloué environ 20% de l'ensemble de ses ressources à ce domaine, en en faisant ainsi son principal secteur d'activité.

Dans la région Asie et Pacifique, l'agriculture est l'un des trois domaines d'activité les plus importants, après les applications des isotopes à l'industrie, à l'hydrologie et au génie et à la technologie nucléaires. L'Agence exécute actuellement 48 projets dans 13 des 15 Etats Membres de la région qui reçoivent son assistance technique.

Les projets par pays portent sur des problèmes tels que la production agricole, les engrais et les pratiques de gestion des sols, la lutte contre les insectes ravageurs, l'impact environnemental des résidus de pesticides et la production et la santé animales. Le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) finance quatre de ces projets en Chine, en Indonésie, en République de Corée et en Thaïlande, ainsi que deux projets régionaux. Ces projets sont exécutés par la Division mixte FAO/AIEA de l'application des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture, en collaboration étroite avec le Département de la coopération technique de l'AIEA. Trois organisations internationales (le PNUD, l'AIEA et la FAO) travaillent donc ensemble. A l'exception des projets exécutés en Chine, tous les projets pluridisciplinaires du PNUD ont été approuvés après l'achèvement de 20-30 projets de coopération technique de l'AIEA de moindre envergure concernant l'application des techniques nucléaires à l'agriculture.

Nous présentons ci-après quelques projets importants mis en œuvre en République de Corée, en Chine, en Thaïlande et en Indonésie ainsi que deux projets régionaux.

République de Corée: Amélioration de la production alimentaire et agricole

Après l'achèvement d'un certain nombre de projets de coopération technique de l'AIEA en République de Corée, un projet du PNUD a été entrepris en juin 1986. L'administration du développement rural et six établissements qui en dépendent en sont la contrepartie. Le budget de ce projet, qui s'achève cette année, est de 634 000 dollars des Etats-Unis, plus un appui du gouvernement qui s'élève à environ 6 milliards de won.

Au titre de ce projet, 33 missions d'experts ont été effectuées, 19 boursiers ont reçu une formation à l'étranger, huit chercheurs coréens ont bénéficié de voyages d'étude et un laboratoire de radio-isotopes bien équipé a été créé avec des fonds coréens. Les six établissements participants ont mené 16 grandes activités réparties sur trois domaines — sélection des plantes, pédologie et nutrition des plantes, et recherche sur les pesticides. Les études concernent essentiellement les applications des techniques nucléaires à l'induction de mutations utiles chez des plantes présentant un intérêt commercial, l'utilisation rationnelle des engrais azotés, leur comportement dans les sols et les plantes dans différentes conditions climatiques, l'introduction de méthodes isotopiques efficaces de mesure de l'activité racinaire, la dynamique des pesticides dans l'écosystème des rizières et la mise au point de produits chimiques agricoles plus sûrs et plus faciles à utiliser.

Sélection des plantes et sériciculture. Dans le domaine de la sélection des plantes et de la sériciculture, sept sous-projets ont été exécutés par cinq établissements. Les recherches ont porté sur des céréales (riz, orge et blé), des légumineuses (soja), des oléagineux (sésame), des plantes horticoles (ail, chou chinois et pomme), et la sériciculture (mûrier et ver à soie). Elles ont abouti à des variétés de riz et d'orge à maturation précoce et à tige courte, résistantes aux maladies et aux insectes ravageurs. En outre, une variété de sésame, l'*Ansan gae*, à haut rendement et résistante aux maladies, a été mise au point et diffusée parmi des agriculteurs.

Pédologie. Dans le domaine de la fertilité du sol et de la nutrition des plantes, des résultats ont été obtenus à

M. LaChance est directeur adjoint de la Division mixte FAO/AIEA de l'application des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture. M. Aslam et Mme Langer sont membres du Département de la coopération technique de l'AIEA.

l'aide d'engrais marqués à l'azote 15 en ce qui concerne l'utilisation des engrais azotés, notamment pour les plantes de montagne, et les pertes d'azote dues au ruissellement et à la lixiviation. De même, des études menées avec le phosphore 32 ont permis d'améliorer certaines pratiques culturales en facilitant l'utilisation du phosphate par des plantes telles que le riz, le soja et la laitue, en particulier lorsqu'elles sont cultivées sur des terrains en pente. On compte que ces études permettront de réduire la quantité d'engrais phosphatés épandus, en particulier sur les sols de montagne récemment défrichés où des quantités élevées ont été appliquées afin de maintenir la production sur des superficies arables réduites. D'autres études sur les facteurs limitatifs de la production agricole (notamment la structure et la fonction des racines, le froid et d'autres contraintes environnementales) ont également été entreprises.

Pesticides. Le comportement et les résidus finals de mancozeb marqué au carbone 14 ainsi que les produits de dégradation de ce pesticide sur les plants de tomate ont été étudiés, principalement en suivant la concentration et le devenir d'un résidu hautement toxique, l'éthylèneéthio-urée. La dynamique, la distribution et les résidus finals de deux pesticides d'emploi très répandus, le carbofuran et le BPMC, ont été étudiés dans des systèmes rizicoles à l'aide de traceurs. Du BPMC marqué au carbone 14 a également permis de déterminer sa bio-accumulation dans le poisson. Des débuts modestes ont été faits dans l'application de pesticides à effet retardé. Les travaux ont surtout porté sur les méthodes d'application dans les rizières inondées, impliquant la mise au point d'une nouvelle formule à effet très retardé composée d'herbicides, de polyéthylène et d'acétate d'éthylvinyle. Ces formules devraient améliorer la sûreté des produits chimiques et contribuer sensiblement à la protection de l'environnement.

Tout au long du projet, la formation de personnel, la collaboration des experts et l'apport de matériel et de fournitures ont beaucoup contribué au développement de la recherche agricole coréenne.

Chine: Application des rayonnements et des isotopes à l'alimentation et à l'agriculture

Ce projet est exécuté par l'Université d'agronomie du Sud-Ouest, à Chongqing (Sichuan). Il vise essentiellement à renforcer les structures en aidant les professeurs de l'Université à introduire des programmes d'enseignement et de recherche faisant appel aux applications des rayonnements et des isotopes à l'alimentation et à l'agriculture. Contrairement à d'autres établissements d'agronomie des régions côtières de la Chine — dont certains ont commencé des travaux sur l'emploi des techniques nucléaires en agriculture il y a plusieurs années et ont fait de grands progrès — l'Université d'agronomie du Sud-Ouest n'a abordé cette discipline que plus récemment. Or, le Sichuan, où elle est située, est l'une des principales régions agricoles de Chine. Il approvisionne en produits agricoles non seulement ses 100 millions d'habitants, mais aussi d'autres provinces chinoises. Y implanter un projet visant à

introduire de nouvelles technologies afin d'augmenter la production agricole est donc particulièrement opportun.

Avec un budget de 415 000 dollars des Etats-Unis pour 1988-1990, il a permis de donner une formation utile aux professeurs dans le cadre de voyages d'étude en groupe dans des centres de recherche de pointe des Pays-Bas, d'Italie, de République fédérale d'Allemagne et d'Autriche, dont les Laboratoires de l'Agence à Seibersdorf, aux environs de Vienne. Du matériel scientifique évalué à 147 000 dollars a été fourni et huit jeunes chercheurs bénéficient d'une formation à l'étranger.

Le projet doit s'achever fin 1990 avec la fourniture de services d'experts dans le domaine de la nutrition des plantes et de la sélection par mutations, et l'organisation de deux cours sur la sélection par mutations et la conservation des aliments.

Thaïlande: Amélioration de la production alimentaire et agricole

Ce projet de cinq ans, commencé en janvier 1986 et financé par le PNUD à raison de 1,5 million de dollars, vise à regrouper des activités de coopération technique menées antérieurement par l'AIEA et à promouvoir les utilisations pacifiques des techniques nucléaires et connexes par les établissements agronomiques qui s'y prêtent. Le Département thaïlandais de l'agriculture est l'organisme gouvernemental chargé d'exécuter le projet, avec le Département du développement agricole, le Département de l'élevage et les Universités de Chang Mai, Khon Kaen, Chulalongkorn, Kasetsart et l'Office de l'énergie atomique pour la paix. Plus de 50 activités de recherche ont été entreprises dans les domaines de la production et de la santé animales, de la fertilité des sols et de l'amélioration des plantes.

Le projet vise à lancer la recherche et à améliorer la rentabilité de l'agriculture thaïlandaise. Un examen à mi-parcours a été effectué pour le PNUD, en 1988, par une équipe de trois experts venant du Royaume-Uni, d'Inde et de Thaïlande, qui a conclu que le projet reposait sur des bases rationnelles et qu'il progressait vers ses objectifs initiaux dans trois domaines de l'agriculture thaïlandaise. L'examen a également montré que, dans de nombreux cas, les travaux en laboratoire s'intensifient et comportent désormais des expériences au champ.

Reproduction animale. L'équipe a également conclu que le projet avait déjà un effet économique réel sur l'organisation de la production animale des villages. En effet, le radio-immunos dosage de la progestérone est d'un intérêt capital pour la surveillance des fonctions de reproduction du buffle et autre bétail. Il permet de suivre le cycle ovarien des animaux et de les marquer en vue de leur accouplement au moment le plus favorable. De même, les animaux stériles peuvent être dépistés à un stade précoce, de telle sorte que des mesures correctives peuvent être prises. C'est avec enthousiasme que les paysans des villages adoptent ces techniques et accueillent les services de l'équipe de chercheurs.

Les recherches ont eu pour effet secondaire d'éclairer les causes principales de la faible fécondité du bétail dans les conditions d'élevage traditionnelles. Ce projet est désormais intégré aux programmes du gouvernement

visant à moderniser l'élevage des bovins et accroître le cheptel.

Sélection des plantes. Une réussite remarquable a été obtenue dans ce domaine avec une variété de dolique combinant la résistance aux virus et à la pourriture de la racine avec une maturation précoce et un bon rendement.

Pédologie. Dans le domaine de la fertilité des sols et de la production agricole, des études par marquage à l'azote 15 ont permis d'améliorer l'absorption des engrais par les plantes, notamment dans les zones pluvieuses où le riz et le soja sont cultivés simultanément ou successivement. Des analyses de l'efficacité de la phosphorite locale à l'aide de phosphore 32 ont donné des résultats prometteurs qui permettront de réduire les importations d'engrais phosphatés.

De même, des études à l'azote 15 sur les engrais biologiques ont indiqué qu'il est possible d'utiliser *Azolla* comme engrais vert pour la culture de riz irrigué, ce qui permettrait de moins dépendre des engrais azotés chimiques. Ces recherches ont donné une foule de renseignements qui ont été publiés par la suite et présentés à des ateliers nationaux, en novembre 1988 et décembre 1989.

Le projet a déjà offert des stages de perfectionnement à 29 boursiers scientifiques et des voyages d'étude à trois autres. Il a également patronné un certain nombre de réunions techniques, notamment le premier Colloque sur la reproduction et la parasitologie des ruminants qui s'est tenu à Chiang Mai en novembre 1989 et auquel ont assisté 74 participants venant de divers établissements et universités. Un atelier sur la sélection des plantes par mutations induites a également été organisé à Chiang Mai à l'intention de spécialistes.

Ce projet doit s'achever fin 1990. Des démarches en vue d'obtenir un appui du PNUD pour un projet complémentaire qui viserait à tirer parti des résultats obtenus sont déjà bien avancés.

Indonésie: Augmentation de la production agricole

Ce projet a été précédé d'une phase préparatoire de cinq ans, de 1982 à 1987, pendant laquelle les installations nécessaires à la recherche sur des problèmes agricoles pratiques ont été renforcées au Centre pour l'application des isotopes et des rayonnements. Les techniques isotopiques et nucléaires ont servi à l'étude de la sélection des plantes, des pratiques agricoles, de la gestion du sol et des engrais, de la lutte contre les insectes ravageurs, notamment de l'efficacité et de l'innocuité des pesticides, et enfin de la nutrition et de la reproduction animales.

Les agriculteurs bénéficient déjà de certains résultats de ces études. Par exemple, des variétés améliorées de riz de plaine, de soja, de riz de montagne et de haricot mungo sont cultivées; des aliments complémentaires pour le bétail, mélasses solides et blocs de sels minéraux dérivés de sous-produits de l'industrie agro-alimentaire, ont été mis au point; un meilleur contrôle de l'humidité du sol et de meilleures pratiques de fertilisation azotée ont été introduits dans des systèmes de cultures

pluviales, alternées ou simultanées. *Azolla* est utilisé comme source d'azote biologiquement fixé pour les rizières. La recherche entomologique a fourni des renseignements précieux sur la dispersion des insectes ravageurs du riz et l'on sélectionne des variétés de soja résistant aux insectes nuisibles. Dans ces domaines, une coopération active s'est instaurée entre le Centre pour l'application des isotopes et des rayonnements, d'autres instituts nationaux de recherche agronomique du Ministère de l'agriculture et les universités.

Une variété de riz mutant, *Atomita-1*, a été diffusée officiellement en 1982 et l'*Atomita-2* l'a été en 1983. Ces nouvelles variétés ont témoigné d'une résistance au biotype 1 de la sauterelle brune. Cette réussite a été suivie par la diffusion en 1987 de la variété mutante de soja, *Muria*, qui se caractérise notamment par une maturation précoce, un rendement élevé et une tolérance à la rouille.

Un deuxième volet, dont le budget s'élève à 470 000 dollars des Etats-Unis, a commencé en 1988. Il vise à consolider les acquisitions préalables, notamment dans le domaine de la production et de la santé animales.

Un certain nombre de variétés mutantes prometteuses de riz, de soja et de haricot mungo ont été soumises à des essais officiels au champ, en divers lieux, par la Direction des cultures alimentaires du Ministère de l'agriculture. Des études à l'aide de l'azote 15 visant une meilleure utilisation des ressources du sol en régime de polyculture soja-riz-maïs ont abouti à l'élaboration d'une technologie complète qui permet de réduire la quantité d'engrais azotés appliquée tout en conservant un rendement maximal. De même, les résultats d'études sur le potentiel du système symbiotique *Azolla-Anabaena* comme source d'azote pour le riz de plaine ont été évalués. Cette technique peut désormais être mise à l'essai en divers endroits par des cultivateurs.

Depuis peu, un nouveau système consistant en une combinaison riz-*Azolla*-poisson est soumis à des essais avec l'azote 15 en vue de son application dans des systèmes de culture ruraux.

Une des réussites les plus spectaculaires du projet est la mise au point de blocs à base d'urée, de mélasse et de divers éléments nutritifs constituant un complément alimentaire économique pour le bétail. Il a été clairement démontré que ce complément améliore la production (croissance, lait) et la fécondité d'animaux ayant des régimes alimentaires de faible valeur nutritive. Après de nombreux essais en divers endroits, la technique de fabrication de ces pains a été simplifiée et adaptée aux conditions locales.

Elle vient d'être présentée à des groupes d'agriculteurs de l'Ouest et du Centre de Java, avec l'aide de la Direction générale des services zootechniques et de ses antennes dans les différentes provinces. Les fermiers adoptent avec enthousiasme cette méthode d'alimentation complémentaire du bétail et certains confectionnent eux-mêmes le produit avec les moyens du bord.

Les résidus d'insecticides dans les écosystèmes riz/poisson ont fait l'objet d'études visant à mettre au point des méthodes d'application et des formules de pesticides permettant d'obtenir des rendements maximaux de poisson (le produit le plus rentable) et de riz. Ces études ont fait progresser sensiblement la mise au point de pesticides à effet retardé. La technique

consiste essentiellement à immobiliser partiellement le pesticide avec du latex d'hévéa irradié. On développe par ailleurs une technique de protection du soja contre la mouche du haricot, dont les essais préliminaires au champ avec un pesticide au latex révèlent une efficacité nettement supérieure à celle des formules habituelles.

Projets régionaux du PNUD

Le PNUD vient d'entreprendre deux projets régionaux dans le domaine de l'agriculture.

Le premier porte sur l'augmentation du rendement de légumineuses communes et de leur capacité de fixation de l'azote. Il permettra aux pays participants d'améliorer leurs récoltes de légumineuses — notamment pois chiche, soja, arachide, haricot mungo et dolique — tout en réduisant au minimum les apports d'engrais azotés, ce qui permettra aux cultivateurs peu fortunés de cultiver ces légumineuses à bon compte. Le projet se fonde sur la constatation que certaines variétés de légumineuses fixent des quantités d'azote atmosphérique plusieurs fois supérieures à celles fixées par d'autres légumineuses. Le projet identifiera les bonnes variétés pour les recommander aux cultivateurs et aux sélectionneurs, afin que ces derniers les incluent dans leurs travaux.

Le Bangladesh, la Chine, l'Inde, la Malaisie, le Pakistan, la République de Corée, Sri Lanka et la Thaïlande participent à ce projet. La participation d'établissements philippins et indonésiens est en cours de négociation. L'ensemble du budget de ce projet s'élève à 970 000 dollars des Etats-Unis sur cinq ans.

Le deuxième projet régional porte sur l'irradiation des aliments et plus particulièrement sur son contrôle et son acceptation. L'objectif est d'aider les autorités nationales de pays en développement participant à l'Accord régional de coopération de l'AIEA à assurer le transfert de la technologie, ainsi que la formation de personnel dans ce domaine, en vue d'applications pratiques. Des activités de recherche et de développement seront menées et leurs résultats seront mis à la disposition des entrepreneurs intéressés. Des chercheurs, des ingénieurs

et des inspecteurs de l'hygiène alimentaire seront formés pour assurer le respect des normes et des pratiques recommandées par le Codex Alimentarius de la FAO/OMS.

L'Australie, le Bangladesh, la Chine, l'Inde, l'Indonésie, le Japon, la Malaisie, le Pakistan, les Philippines, la République de Corée, Sri Lanka, la Thaïlande et le Viet Nam participent à ce projet. (L'Australie et le Japon y participent sans frais pour les organisations qui financent le projet.) Une allocation de 650 000 dollars des Etats-Unis a été faite pour une période de quatre ans.

Une bonne formule de coopération

Le déroulement de ces projets montre qu'une formule permettant d'améliorer la recherche et la productivité agricoles est en train d'apparaître. Dans un premier temps, l'Agence fournit, sur la demande d'Etats Membres, une formation, des avis d'experts et du matériel aux établissements de contrepartie dans diverses disciplines de l'agronomie. Des contrats de recherche sont également accordés afin de parfaire la formation des chercheurs. Il est parfois nécessaire de mettre en œuvre jusqu'à 30 projets différents sur une longue période. Dans un deuxième temps, lorsqu'un nombre substantiel de chercheurs ont été formés et que les infrastructures institutionnelles ont été mises en place, les établissements nationaux peuvent absorber une aide plus substantielle du PNUD, qui réunit alors un certain nombre de disciplines scientifiques dans un programme intégré. Cette formule a très bien marché en Asie. Il faut espérer qu'elle s'avérera également efficace ailleurs. L'une des conditions est que les organisations, les établissements et les chercheurs coopèrent en bonne entente et que la coordination soit excellente au niveau national.

Les résultats de ces projets assistés par le PNUD, ainsi que les efforts préalables de l'Agence, montrent toute l'importance de la continuité de l'assistance pendant de longues périodes en vue d'atteindre des objectifs valables.