l'énergie atomique et l'alimentation

Les activités qui, sur le plan international, visent à améliorer et à accroître les approvisionnements en denrées alimentaires et à assurer leur bonne conservation sont encouragées de plusieurs façons par la Division mixte de l'énergie atomique dans l'alimentation et l'agriculture, créée par l'Agence et par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Messieurs Maurice Fried et Björn Sigurbjörnsson, respectivement Directeur et Directeur adjoint de la Division mixte, donnent ici un aperçu des diverses phases de la production des denrées alimentaires et des procédés utilisés dont les techniques nucléaires ont permis la mise au point.

La Division mixte fait partie intégrante du Département de l'agriculture de la FAO et du Département de la recherche et des isotopes de l'Agence.

Scène de vacances sur l'île de Procida (Italie). Le bac transporte toutefois un chargement de mouches méditerranéennes des fruits irradiées pour une campagne destinée à montrer comment on peut utiliser l'insecte radiostérilisé pour détruire la population naturelle qui s'attaque aux agrumes. Cette opération complète les travaux exécutés conjointement avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, le Ministère italien de l'agriculture et l'Agence italienne pour l'énergie atomique.

Cet article reprend l'exposé que les auteurs présenteront en juillet au colloque de Kinshasa (République démocratique du Congo); ce colloque, réuni par l'Organisation de l'Unité africaine avec la collaboration de l'Agence sera consacré aux utilisations pacifiques de l'énergie atomique en Afrique.

Du point de vue technique, l'alimentation et l'agriculture reposent sur la transformation contrôlée des matières minérales en matières organiques, lesquelles sont ensuite transformées en produits alimentaires que l'on doit conserver jusqu'à ce qu'ils parviennent au consommateur.

La base de toute production de denrées alimentaires et même de toute vie sur terre est l'utilisation de la lumière solaire par les plantes chlorophylliennes pour fabriquer des molécules de glucides en combinant l'anhydride carbonique de l'air avec de l'eau; c'est ce qu'on appelle la photosynthèse. Toutes les autres formes de matières organiques sont dérivées des produits de la photosynthèse. Mais les plantes chlorophylliennes ont besoin non seulement de soleil, d'eau et d'anhydride carbonique, mais aussi de toute une série d'éléments nutritifs minéraux pour se développer et fabriquer les divers acides aminés, les protéines, les corps gras et les glucides. La plante, comme tous les autres organismes, a aussi besoin d'énergie pour entretenir ses diverses réactions chimiques; elle tire cette énergie de l'oxydation de composés organiques assurée par une véritable respiration.

Les plantes chlorophylliennes captent du soleil, augmentant ainsi leur niveau énergétique, ce qui leur permet de produire des aliments que l'homme utilise comme source d'énergie indispensable à la vie.

Les produits végétaux peuvent, bien entendu, être consommés directement sous forme de céréales, de fruits et de légumes; ils peuvent aussi être utilisés pour l'élevage ou la pisciculture. L'aliment, qu'il soit végétal ou animal, est rarement consommé immédiatement: il faut le conserver et le transporter jusqu'au consommateur. Ainsi, l'alimentation et l'agriculture impliquent une longue chaîne de transformations physiques et chimiques complexes et aussi d'échanges commerciaux, dont chaque maillon est important.

Le rendement de la production alimentaire dépend principalement de trois facteurs: les végétaux et les animaux doivent recevoir une quantité

suffisante d'éléments nutritifs convenables; ils doivent posséder les caractéristiques génétiques leur permettant d'utiliser rationnellement les éléments nutritifs; enfin, ils doivent être protégés contre les dommages et les détériorations, aussi bien pendant leur croissance que lorsqu'ils sont stockés sous forme de produits alimentaires. En bref, une agriculture rationnelle comporte trois aspects: l'alimentation, la sélection et la protection.

Afin d'assurer un apport alimentaire rationnel, diverses techniques sont appliquées à tous les échelons, depuis la molécule minérale jusqu'au produit fini consommable. Pour cela, il faut connaître à fond tous les facteurs physiques, chimiques et biologiques qui interviennent et être capable d'appliquer la science et la technique aux méthodes de production elles-mêmes.

On peut se demander ce que vient faire ici la méthode nucléaire. Le fait est que, pour atteindre les objectifs visés, on doit appliquer toutes les techniques connues. La méthode nucléaire n'est qu'un des nombreux outils mis au point par l'homme; dans la courte période qui s'est écoulée depuis l'avènement de l'ère nucléaire, on a constaté que les isotopes et les rayonnements sont un moyen exceptionnel, souvent indispensable, pour étudier et assurer la production et la conservation des aliments à tous les stades du processus. Des exemples des applications de la méthode nucléaire dans les grands domaines de l'alimentation et de l'agriculture sont présentés ci-après, ainsi qu'une description des activités de la Division mixte FAO/IAEA de l'énergie atomique dans l'alimentation et l'agriculture, visant notamment à assurer une bonne coordination à l'échelon international.

Le sol et l'eau

La croissance des plantes dépend principalement de l'apport des éléments nutritifs dont elles ont besoin et d'eau en quantité suffisante.

Les trois éléments nutritifs qui font le plus souvent défaut sont l'azote, le phosphore et le potassium. Le calcium, le soufre, le magnésium et certains autres éléments nutritifs nécessaires en plus petite quantité peuvent également manquer à la plante dans des circonstances données. Les sol à l'état naturel contient ces éléments nutritifs en quantités variables: c'est ce qui détermine sa fertilité. Mais, pour obtenir le rendement maximal d'une plante, on doit habituellement ajouter des éléments nutritifs au sol sous forme d'engrais.

Le cultivateur doit acheter ces engrais, et, dans les pays en voie de développement, cet achat représente parfois le seul débours en espèces pour l'exploitant, mais constitue en même temps un élément du passif de la balance des comptes de son pays en devises fortes. Il est donc indispensable que l'engrais ne soit pas gaspillé. Il doit être appliqué au moment voulu, placé convenablement dans le sol et se trouver sous la forme chimique la plus appropriée pour assurer sa meilleure absorption par le système radiculaire. Les deux avantages des formes isotopiques des éléments nutritifs, à savoir a) l'aptitude à être détectés en quantité infime et b) la possibilité de distinguer l'engrais ajouté de celui qui est présent dans le sol, fournissent une méthode sans pareille pour étudier le sort des engrais dans le sol et leur passage dans la plante. Les isotopes fournissent le seul moyen de mesurer directement la quantité d'engrais absorbée par la plante.

Comme exemple de ces techniques, on peut citer l'étude de l'application de l'engrais qui correspond à son absorption maximale par la plante. En marquant un engrais phosphaté avec ^{32}P (radioisotope du phosphore), on peut déterminer quantitativement l'endroit où il faut placer l'engrais pour que la plante puisse absorber le mieux l'élément nutritif ainsi ajouté. Cela est possible uniquement parce que le phosphore radioactif peut être destingué du phosphore naturel du sol.

Employant cette méthode pour étudier le meilleur endroit et le meilleur moment pour l'application ainsi que la composition chimique la plus favorable, la Division mixte a organisé plusieurs programmes coordonnés à l'échelon international pour le riz, le maïs, le blé et l'arboriculture. Les résultats de ces programmes ont fourni des réponses à maintes questions sur la gestion des engrais qui ont, dans certains cas, déjà pu être communiqués aux exploitants.

En ce qui concerne l'humidité des sols, les techniques nucléaires fournissent également un moyen rapide et efficace de la mesurer. Il est fondé sur le principe de la mesure de la diffusion des neutrons. La Division mixte a aidé à appliquer cette technique dans plusieurs pays dont les ressources en eau sont limitées.

Dans le domaine du sol et de l'eau, la Division a organisé plusieurs réunions scientifiques et a été chargée de la responsabilité technique de plusieurs projets d'assistance technique dont on parlera plus loin.

Sélection des végétaux

Afin d'obtenir le meilleur rendement des plantes de grande culture, il faut sélectionner celles qui peuvent utiliser rationnellement de grandes quantités d'engrais et qui sont capables de résister aux maladies et aux parasites. Les plantes de culture doivent également avoir une valeur nutritive élevée et posséder plusieurs autres qualités répondant à la préférence du consommateur ou aux exigences pratiques de la manutention.

La sélection des plantes consiste à combiner une série de caractères utiles pour obtenir une variété qui les possède tous. Le succès de la sélection dépend beaucoup de la variabilité des caractères que l'on peut recombiner et sélectionner. Or, chez les plantes comme chez les animaux et même chez l'homme, la variabilité provient des mutations qui sont des modifications soudaines du code génétique, survenues pendant l'évolution de l'espèce, sous l'effet des rayons cosmiques ou d'autres facteurs. Les formes actuelles de la vie sont le résultat de sélections naturelles et artificielles d'innombrables mutants qui sont apparus au cours des temps, et de la recombinaison de ces mutants.

Pendant l'évolution naturelle des plantes, seules ont été sélectionnées les mutations qui rendaient la plante plus apte à survivre et à donner une descendance. L'agriculture primitive a opéré inconsciemment une sélection qui a abouti aux plantes de grande culture, comme les céréales.

L'agriculture moderne, utilisant des quantités considérables d'engrais, pratiquant la motoculture et exigeant des normes particulières, portant sur la composition chimique des produits (composition équilibrée en acides aminés notamment), fait appel à une sélection totalement nouvelle. Beaucoup de mutants qui auraient pu répondre à ces exigences et qui ont existé pendant l'évolution ne se retrouvent pas dans les espèces actuelles.

Si la sélection des plantes se bornait à tirer parti de la variabilité actuelle, il y aurait peu d'espoir de faire des progrès soutenus en matière d'amélioration des plantes. Heureusement, nous avons maintenant des instruments nouveaux, principalement les rayonnements ionisants et certains produits chimiques radiomimétiques, qui augmentent considérablement le taux des mutations naturelles. En appliquant rationnellement ces instruments à la sélection des plantes, la science a mis longtemps pour obtenir des résultats; mais maintenant, trente ans après la découverte de la mutagenèse artificielle, cette méthode est devenue un puissant moyen de sélection.

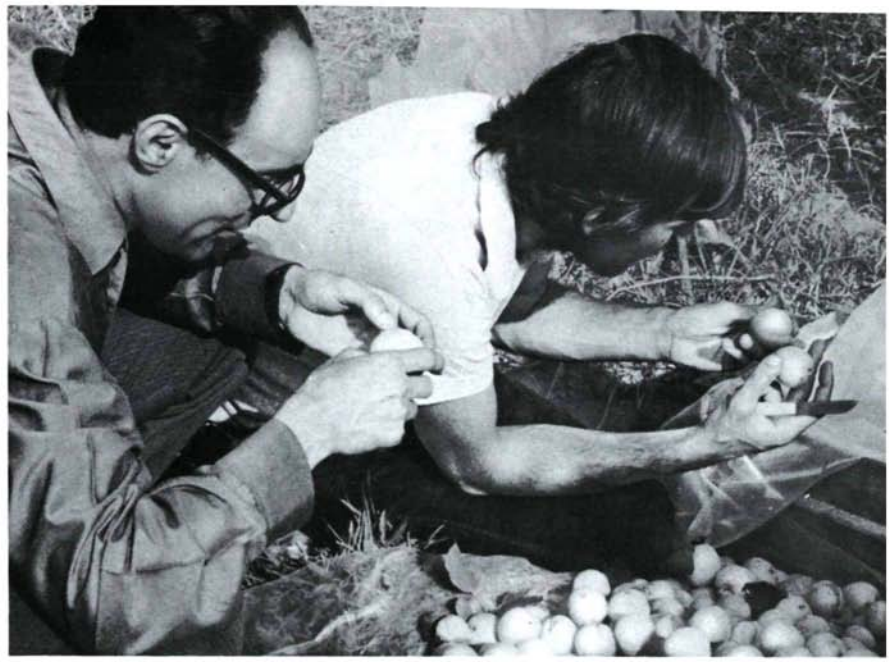
L'un des principaux avantages de la sélection par mutations est la possibilité d'améliorer un caractère dans une variété sans modifier de façon appréciable l'ensemble des caractères d'intérêt agronomique que l'on veut conserver. Par exemple, une variété locale bien adaptée et acceptée dont les talles sont trop faibles peut être raccourcie et renforcée, ce qui permet d'augmenter considérablement le rendement. Beaucoup de variétés de plantes de culture sont le résultat de ce genre de sélection; par exemple, la variété Reimei de riz qui a le rendement le plus élevé de toutes les variétés cultivées au Japon, trois variétés de blé dur en Italie, des variétés d'orge en Suède et aux Etats-Unis. On peut citer aussi des exemples de mutants précoces: un soya japonais, un orge suédois et un riz japonais.

Les mutations sont également utilisées pour pallier certains défauts des espèces à fort rendement qui sont cultivées dans certains pays. Ainsi, en Inde, une des variétés mexicaines à rendement élevé, "Sonora 64", a été adaptée aux préférences des consommateurs indiens (grains couleur ambrée) grâce à un traitement par les rayonnements: on a obtenu ainsi la variété Sharbati Sonora.

Un autre avantage de la sélection par mutations est la possibilité d'augmenter la variabilité et d'élargir ainsi la base de sélection. Le temps relativement court dans lequel on peut obtenir une nouvelle variété par cette méthode est un avantage extrêmement important. Ainsi la variété Sharbati Sonora a été mise en vente trois ans et demi après le traitement aux rayons gamma, soit environ la moitié du temps qui eût été nécessaire avec une autre méthode. Pour conclure, la sélection par mutation constitue la méthode la plus rationnelle pour les plantes à propagation végétative, et la seule méthode possible pour les plantes à reproduction asexuée qui ne se prêtent pas à l'hybridation.

A la suite des récents progrès de la sélection par mutation, on constate actuellement que la plus grande partie de l'orge d'hiver cultivé aux Etats-Unis, par exemple, provient d'un mutant radioinduit. Il en est de même de la plus grande partie des haricots blancs cultivés aux Etats-Unis. Les mutants induits constituent actuellement un élément de presque tous les programmes de sélection de l'orge en Europe septentrionale, et les variétés de mutants sont en passe de devenir les variétés les plus cultivées - riz au Japon et blé en Inde et en Italie.

La Division mixte Agence/FAO a organisé des programmes internationaux de recherches ayant pour but de perfectionner les méthodes de sélection par mutation, y compris l'emploi plus rationnel des neutrons pour l'irradiation des semences. L'un de ces programmes porte sur l'emploi des mutations induites pour la sélection du riz, un autre sur l'essai, par plus de 20 pays, de variétés mutantes de blé dur. Un programme en préparation concerne l'emploi des rayonnements et des radioisotopes pour l'amélioration et la sélection des plantes de grande culture du point de vue de la quantité et de la qualité des protéines



Des abricots recoltés sur l'île de Procida (Italie), sont examinés en vue de déceler les dommages causés par la mouche méditerranéenne des fruits. Les expériences destinées à vérifier l'efficacité de la lutte contre ce parasite par des lâchers massifs de mouches radiostérilisées ont été étendues à cette île.

qu'elles contiennent. La Division a également organisé des réunions scientifiques et fourni une assistance technique dans ce domaine.

Les animaux

Les rayonnements et les radioisotopes jouent un rôle important dans divers problèmes de production et de santé animales, mais contrairement à ce qui se passe pour les végétaux, on ne peut pas utiliser les rayonnements (du moins pas encore) pour la sélection du bétail. L'un des problèmes importants de la production du bétail, notamment dans les régions subtropicales, réside dans l'existence d'une multitude de parasites qui diminuent considérablement les possibilités de production et, dans certains cas, interdit presque complètement l'élevage rentable du bétail.

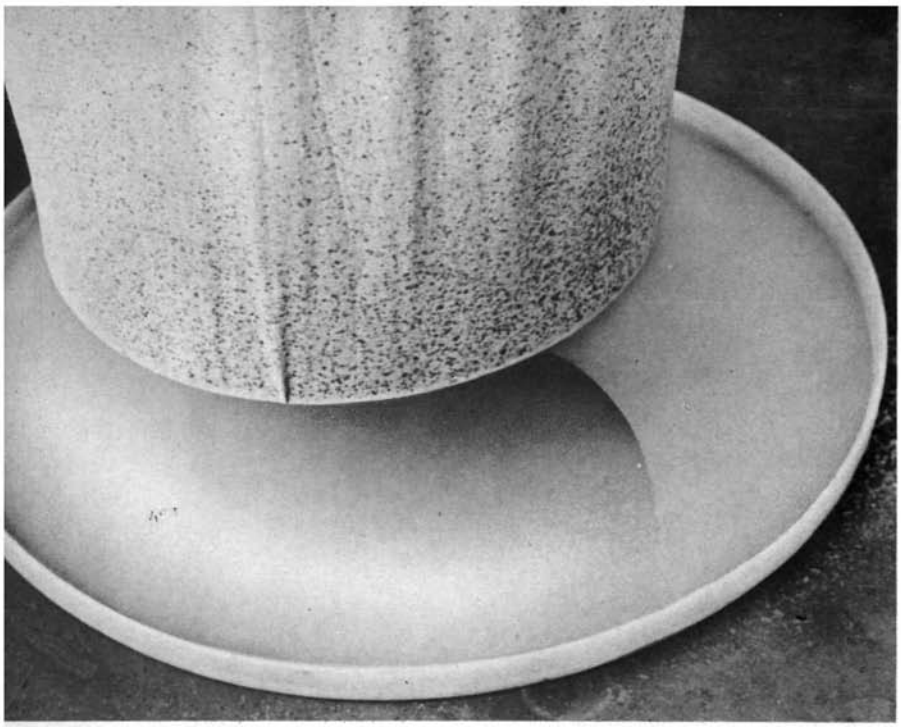
La lutte contre les parasites est extrêmement difficile. On ne peut pas recourir à des vaccins semblables à ceux que l'on emploie contre les maladies microbiennes et virales. En fait, la seule méthode connue pour produire des vaccins contre les helminthiases consiste à atténuer le parasite par irradiation. Les vaccins produits au moyen du rayonnement existent déjà sur le marché et la Division encourage des études coordonnées sur le plan international pour étendre ces applications à d'autres parasites nuisibles.

Un autre problème pour lequel les radioisotopes jouent un rôle important est la nutrition animale et en particulier le métabolisme des minéraux. Les indicateurs isotopiques servent à suivre le métabolisme d'un élément nutritif particulier contenu dans le fourrage à partir de son entrée dans l'organisme de l'animal et jusqu'à sa fixation dans les divers tissus et produits.

Les travaux assistés et coordonnés par la Division portent notamment sur les sujets suivants: le métabolisme du phosphore, et son dépôt dans les os; le métabolisme du fer et les recherches sur le sang; l'iode

Carte des contrats et accords de recherche dans l'alimentation et l'agriculture pour 1969. Amérique du Nord: Canada et Etats-Unis; Amérique centrale et Amérique du Sud: Argentine, Brésil, Colombie, El Salvador, Mexique, Pérou, Porto Rico et Venezuela. Europe: Autriche, Belgique, Bulgarie, Danemark, Espagne, Finlande, Hongrie, Islande, Pays-Bas, Portugal, République fédérale d'Allemagne,

Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Tchécoslovaquie, Union des Républiques socialistes soviétiques et Yougoslavie. Afrique: Côte-d'Ivoire, Ghana, Kenya, Madagascar, Maroc et République Arabe Unie; Moyen-Orient: Irak, Iran, Israël, Liban et Turquie; Asie: Birmanie, Ceylan, Chine, Corée, Inde, Indonésie, Japon, Malaysia et Pakistan (oriental et occidental). Des contrats ont également été passés en Australie.



Les oeufs de mouches des fruits pondus dans cette cage en mousseline tombent sur le plateau où ils seront récoltés. Cette expérience fait partie d'un programme de recherches visant à établir les meilleurs procédés d'élevage en masse des insectes en vue de les stériliser par irradiation pour les lâcher ensuite dans les régions infestées.

Partie du laboratoire créé à San Jose (Costa Rica) pour l'élevage massif de mouches méditerranéennes des fruits dans le cadre d'une vaste campagne de démonstration que l'Agence exécute au titre du Programme des Nations Unies pour le développement, en coopération avec sept pays d'Amérique centrale et l'Organisation régionale pour la protection des plantes et des animaux.

et la fonction thyroïdienne; l'azote et le soufre dans la synthèse des protéines. En outre, la Division a organisé plusieurs réunions scientifiques et a surveillé l'exécution de projets d'assistance technique, comme on le verra plus loin.

Destruction des animaux nuisibles

Les denrées alimentaires doivent être protégées sur pied et pendant le stockage. On a déjà parlé de la destruction par irradiation de certains parasites animaux, mais il y a plusieurs autres secteurs dans lesquels les techniques nucléaires peuvent être très utiles. Les principales pertes de denrées alimentaires sont causées par divers insectes. Les insectes attaquent aussi bien les cultures que le bétail, et cela à tous les stades de la production. La mouche tsé-tsé n'est pas seulement un vecteur de maladie dangereux pour l'homme, mais elle interdit l'élevage du bétail sur de vastes superficies de terres africaines. Un autre parasite particulièrement nuisible est la lucilie bouchère.

Parmi les insectes qui s'attaquent aux récoltes, on peut citer le mineur de la tige du riz, la mouche méditerranéenne des fruits, la mouche de l'olive et la pyrale de la pomme. Contre ces insectes, la méthode nucléaire peut fournir un moyen efficace de lutte ou même de destruction complète. La lucilie bouchère a déjà été virtuellement exterminée aux Etats-Unis. Les essais de destruction d'autres espèces au moyen de méthodes nucléaires en sont à divers stades.

Ces méthodes impliquent l'utilisation de rayonnements pour stériliser des insectes en grand nombre. Les insectes ainsi traités ne sont pas véritablement stériles, mais ils transmettent des germes léthaux dominants. On les lâche dans les zones infestées où ils se trouvent en concurrence avec la population naturelle pendant la période nuptiale. Comme les accouplements avec des insectes stériles ne donnent pas de descendance, la population d'insectes se trouve diminuée à la génération suivante. Des lâchers successifs d'insectes stériles supérieurs en nombre peuvent, au bout de quelques générations et si la campagne est bien menée, aboutir à la suppression complète de l'espèce dans la région considérée, comme ce fut le cas pour la lucilie bouchère. Les principaux avantages de cette méthode sont les suivants:

1. Une seule espèce d'insectes est touchée; les autres insectes utiles et le reste de la faune en général sont respectés;
2. Il ne reste aucun résidu chimique nuisible puisque la méthode n'est pas chimique;
3. On peut compter sur la destruction totale de l'espèce dans la zone traitée:

Les principales difficultés rencontrées sont les suivantes:

1. Il faut élever d'énormes quantités d'insectes, ce qui n'est pas toujours facile;
2. Les frais généraux d'une vaste campagne sont élevés;
3. Il est difficile de se procurer les fonds nécessaires pour des opérations-pilotes;
4. Mettre sur pied l'organisation rationnelle nécessaire au succès d'une campagne.

La technique dite du lâcher de mâles stérilisés est une des principales activités de la Division mixte en matière d'entomologie; cette division

participe notamment à des opérations en Amérique centrale et en Italie pour détruire la mouche méditerranéenne des fruits. Elle coordonne, d'autre part, des recherches sur divers insectes, et étudie l'emploi des radioindicateurs pour se renseigner sur l'écologie, la dispersion et les habitudes des insectes. Plusieurs réunions scientifiques de radioentomologie ont été organisées.

D'autres aspects de la protection des denrées alimentaires reçoivent également l'attention de la Division mixte. Par exemple, le grave problème des résidus de produits chimiques nuisibles qui peuvent subsister dans les aliments à la suite du traitement des plantes par divers pesticides. Bien qu'ils puissent constituer un sérieux danger pour la santé de l'homme, ces résidus et leurs produits métaboliques sont souvent présents en quantité tellement infime qu'on ne peut les détecter ni les étudier par les méthodes analytiques classiques. L'analyse par activation par les neutrons est une technique irremplaçable pour la détection de ces résidus, et les indicateurs radioactifs sont indispensables pour étudier leur cheminement et leurs transformations. La Division mixte s'apprête à lancer des programmes internationaux dans ce domaine.

Un autre aspect de la protection des denrées alimentaires porte sur la contamination provoquée par la radioactivité elle-même. Il s'agit notamment de la contamination par les retombées des explosions nucléaires, par les accidents de réacteurs et par les rejets de déchets nucléaires. En coopération avec d'autres organismes responsables, la Division surveille constamment ces contaminations du milieu ambiant et envoie des rapports à l'Organisation des Nations Unies.

Conservation des aliments

Les techniciens de l'alimentation ont depuis longtemps été frappés par l'aptitude des rayonnements ionisants à pénétrer dans la matière en y tuant cellules et tissus. Pour de nombreux produits alimentaires périssables, notamment certains fruits que l'on ne peut ni préparer par la cuisson, ni traiter par d'autres méthodes classiques de conservation, le traitement par les rayonnements apparaît comme le seul moyen d'augmenter la durée de conservation. Pour d'autres produits, comme les céréales, le traitement par les rayonnements permet de les désinsectiser sans laisser de résidus; enfin, pour d'autres produits, comme le poisson et certaines viandes, l'irradiation augmente suffisamment la période pendant laquelle on peut les vendre à l'état pratiquement frais.

L'irradiation peut inhiber la germination des pommes de terre ou, au contraire, provoquer leur germination immédiate selon la méthode utilisée. Les oignons se prêtent également à ce mode de conservation, et on peut retarder la maturation des fruits comme les bananes et les poires.

Les difficultés que l'on rencontre en matière de radioconservation sont les mêmes qu'avec toutes les autres méthodes de traitement des denrées alimentaires. Il faut en effet réduire au minimum les conséquences du traitement sur la couleur, le goût et la qualité des produits; on doit aussi s'assurer que le produit n'est pas plus altéré par l'irradiation que par d'autres traitements comparables (produits fumés, salés, surgelés ou cuits).

Pendant longtemps l'activité de la Division mixte a porté principalement sur la technologie de l'irradiation des denrés alimentaires, l'exploitation d'installations pilotes, diverses études sur les effets du rayonnement sur les denrées alimentaires, et sur des questions concernant la législation des produits alimentaires irradiés. Elle s'intéresse maintenant davantage aux essais de comestibilité des denrées irradiées et elle s'efforce de créer un centre d'échange de renseignements sur les formalités à accomplir pour obtenir l'autorisation de vendre des produits alimentaires irradiés.

M. Adeke H. Boerma, Directeur général de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), a profité du séjour qu'il a fait à Vienne en juillet pour discuter des travaux courants avec des membres de la Division mixte FAO/AIEA de l'énergie atomique dans l'alimentation et l'agriculture. Au centre, M. Maurice Fried, Directeur de la Division mixte.

Autres activités

Les diverses activités qui viennent d'être décrites constituent l'essentiel du travail de la Division mixte. La plus grande partie des recherches scientifiques font l'objet, comme on l'a déjà indiqué, de programmes coordonnés dans divers pays comportant des contrats de recherche et des accords de recherche. Pour assurer la cohérence de ces programmes, la Division a organisé des réunions de coordination en différents endroits. Le Laboratoire de l'AIEA à Seibersdorf, près de Vienne, exécute un vaste programme agronomique dont la Division assure la direction technique. Les activités du Laboratoire font partie intégrante du programme de recherches coordonnées et permettent de rendre des services divers aux Etats Membres et de dispenser un enseignement sur les applications nucléaires. La Division assure également la direction technique de plusieurs activités relevant du programme ordinaire d'assistance technique de l'Agence et du Programme des Nations Unies pour le développement. Elle a dirigé plusieurs cours de formation et elle est responsable, du point de vue technique, de trois projets du Fonds spécial. L'un de ces projets vient d'être achevé en Yougoslavie. Il a permis

de monter un laboratoire nucléaire bien équipé et de constituer un personnel très compétent qui exécute actuellement un programme de recherches scientifiques particulièrement actives. Un projet analogue, beaucoup plus vaste, est en cours d'exécution en Inde. En Amérique centrale, on démontre actuellement la façon d'appliquer la méthode du lâcher de mâles stérilisés pour la destruction de la mouche méditerranéenne des fruits.

L'idée maîtresse qui guide les travaux de la Division mixte est que le meilleur moyen d'assurer un progrès économique et social constant dans les pays en voie de développement est de rendre ces pays capables de travailler par eux-mêmes par une formation systématique, un appui à la recherche locale pour résoudre des problèmes locaux, mais en même temps d'encourager la coopération et la coordination des travaux des spécialistes de différents pays, développés et en voie de développement, qui rencontrent des difficultés analogues, afin de les maintenir en contact avec les milieux scientifiques.

Les moyens nucléaires ont une grande importance dans la recherche et la production agricoles, où ils complètent fort utilement les moyens classiques. La Division déconseille leur utilisation dans les cas qui ne s'y prêtent pas, aussi vivement qu'elle encourage leur emploi chaque fois qu'elle pense qu'ils permettent de résoudre des problèmes mieux et plus vite que les autres moyens ou, ce qui est parfois le cas, qu'ils offrent la seule possibilité de les résoudre.