

Sélection des plantes: mutations induites pour de meilleures récoltes

*Les spécialistes des Laboratoires de l'AIEA
aident les sélectionneurs à créer des variétés améliorées*

par F.J. Novak
et
H. Brunner

Toutes les formes actuelles de vie sont dues à trois facteurs:

- les mutations, sources essentielles des variations transmissibles;
- l'environnement, qui influence la sélection des mutants qui survivent et se reproduisent;
- la durée, pendant laquelle génotype et environnement interagissent constamment, réalisant le changement évolutif.

La diversité génétique que l'on rencontre dans la nature ne représente pas tout le spectre initial des mutations spontanées. Elle est plutôt le résultat de la recombinaison des génotypes au sein des populations et de leur interaction continue avec les conditions environnementales.

Les végétaux à chlorophylle sont, en dernière analyse, la ressource primordiale de l'être humain qui lui assure la vie, l'alimentation, l'habillement et l'approvisionnement en énergie. Dans les temps préhistoriques, l'être humain était tributaire de son adresse à la chasse et exploitait le monde végétal naturel qui lui donnait des fruits nourrissants et non vénéneux, des graines, des tubercules et autres denrées comestibles. A mesure que les populations humaines augmentaient, il fallait trouver un ravitaillement plus abondant et plus sûr; des moyens de production fondés sur la domestication des végétaux se développèrent progressivement.

Cette domestication a été influencée de tout temps par les conditions écologiques et culturelles ainsi que par les préférences alimentaires. Les génotypes qui s'adaptèrent à la plus grande diversité de conditions climatiques et édaphiques sont ceux qui ont été choisis le plus généralement pour la culture. L'amélioration des rendements a facilité la croissance démographique, la sédentarité et le développement. Le choix des plantes pour la culture dépendait non seulement du nombre de leurs graines ou de la taille de leurs fruits, mais aussi de la comestibilité, du goût et d'autres facteurs.

Des quelque 200 000 espèces végétales qui peuplent notre planète, une faible proportion seulement s'est prêtée à la domestication; les humains en ont

utilisé environ 3000 pour en tirer des denrées alimentaires, des fibres, des épices, etc., dont 200 finirent par être domestiquées comme plantes de culture. De nos jours, 15 à 20 d'entre elles sont les principales espèces cultivées.

La recherche de nouvelles variétés pour la culture et la consommation humaine est devenue ce que l'on appelle la sélection. Auparavant, il s'agissait essentiellement d'un choix entre les bonnes et les mauvaises plantes. L'homme a appris à ne pas manger tous «les meilleurs fruits» mais à semer les graines de certains d'entre eux.

La génétique devint le fondement de la sélection après que le moine morave J.G. Mendel eut découvert les lois de l'hérédité vers le milieu du XIX^e siècle. Cette pratique fit un pas en avant avec la mise au point des méthodes d'hybridation, qui cherchaient à combiner les divers caractères souhaitables de plusieurs plantes en une seule, au lieu de se contenter de choisir simplement entre les bons et les mauvais sujets. Ce procédé, souvent assisté par le plasma germinatif provenant de mutations induites, est devenu la méthode la plus courante de sélection par reproduction sexuée.

Quelques plantes cependant, dont le bananier, le pommier, le manioc et la canne à sucre, sont à reproduction végétative, en particulier celles qui sont totalement stériles faute de graines. Pour ce groupe important, il a fallu mettre au point d'autres méthodes, notamment les techniques de manipulation de tissu somatique, l'induction de mutation et la biotechnologie.

Sélection par mutations

Ce mode de sélection implique une variation génétique visant à dégager des caractères utiles. En fait, il arrive souvent que la variation souhaitée ne se produise pas. On peut alors avoir recours à des agents mutagènes, rayonnements ou certains produits chimiques, pour provoquer mutations et variations génétiques et choisir ensuite les mutants intéressants.

Les mutations induites sont désormais un moyen sûr de provoquer des changements dans une même variété. Elles permettent de provoquer l'apparition de caractères souhaités qui ne se rencontrent pas

M. Novak est chef de la section de la sélection des plantes, aux Laboratoires de l'AIEA de Seibersdorf, et M. Brunner est un de ses collaborateurs.



Cocotier nain mutant:
bel exemple de
variation génétique
par évolution naturelle.

dans la nature ou se sont perdus au cours de l'évolution. Lorsque le patrimoine génétique ne contient pas le ou les gènes de la résistance à telle maladie ou aux contraintes, les sélectionneurs n'ont vraiment pas d'autres solutions que le recours aux mutations induites.

Les traitements mutagènes modifient les gènes ou brisent les chromosomes. Des mutations géniques se produisent naturellement s'il se glisse une erreur dans la réplication de l'acide déoxyribonucléique (ADN). La plupart de ces erreurs se corrigent mais certaines peuvent franchir la mitose suivante et s'installer dans la descendance du sujet en tant que mutation spontanée.

La mutation d'un gène particulier est rare, mais il y a une centaine de milliers de gènes dans la cellule d'un végétal supérieur, de sorte que toute plante peut transmettre une ou plusieurs mutations spontanées à la génération suivante. Les mutations de gènes sans manifestation phénotypique, c'est-à-dire visible, passent généralement inaperçues. Il s'ensuit que la variabilité génétique apparaît assez limitée, ce qui oblige à recourir aux mutations induites. Il n'y a pas d'autres moyens économiques de modifier les gènes, sinon la longue attente de mutations spontanées.

L'induction artificielle de mutations par des rayonnements ionisants remonte au début du XX^e siècle, mais il fallut attendre une trentaine d'années pour démontrer que ces mutations pouvaient servir à la sélection des plantes. Les premières tentatives faisaient appel la plupart du temps aux rayons X. Par la suite, à l'aube de l'ère atomique, les rayons gamma et les neutrons ont pris la relève à mesure que ce type de rayonnements pouvait être couramment obtenu dans les centres d'étude nucléaire nouvellement installés.

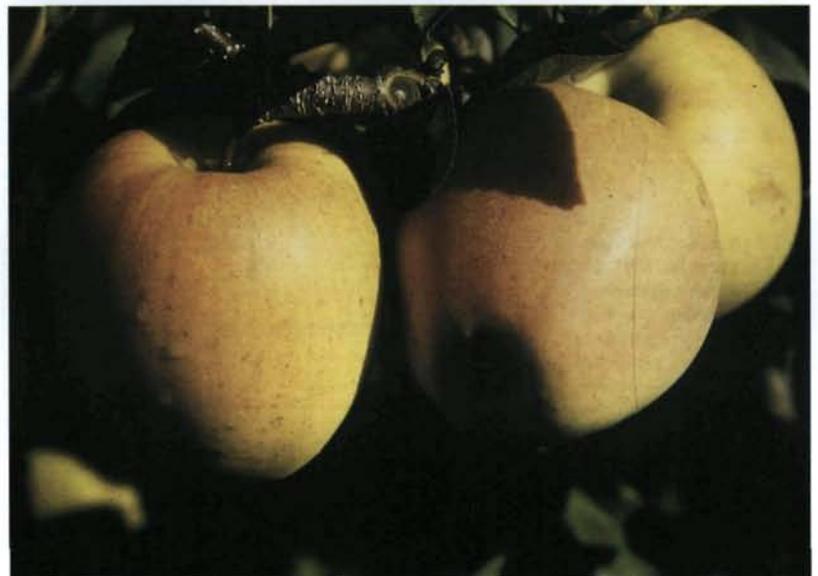
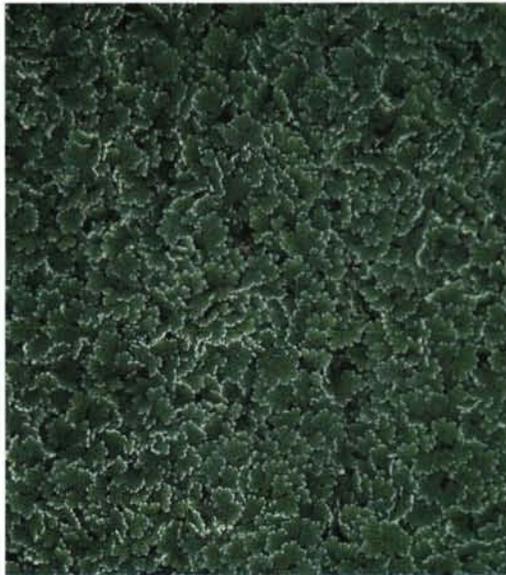
Dans les premiers temps, on s'est surtout efforcé de définir les conditions optimales de traitement qui

assuraient la reproductibilité. Les chercheurs tentaient en particulier de changer la production de mutation «aléatoire» en une mutagenèse dirigée en vue d'obtenir des mutations plus souhaitables et plus utiles économiquement, mais ils n'ont pu obtenir les variations recherchées du spectre de mutant, à cause des lésions concomitantes causées au sujet traité par la dose croissante de rayonnements et par la faible fréquence des mutations économiquement utiles. Ils ont donc été amenés à rechercher des mutagènes mieux adaptés, et ont pu mettre au point de nouvelles méthodes d'irradiation ainsi que des agents chimiques ayant des propriétés mutagènes.

Biotechnologie végétale

La recherche de cultivars améliorés obéit à deux principes: la variation génétique et la sélection. C'est un exercice extrêmement laborieux qui demande beaucoup de temps, de réflexion et de travail manuel (*voir l'encadré*). Quoiqu'il en soit, la réalisation de cultures de cellules et de tissus végétaux, au cours des vingt dernières années, a permis de faire passer du champ au laboratoire une partie du travail de sélection.

Grâce à l'extension de la recherche, de nouvelles disciplines, tels la «biotechnologie végétale» et le «génie génétique», se sont mises au service de la sélection des plantes. Ces techniques sont fondées sur la totipotence cellulaire, c'est-à-dire la faculté qu'ont des organes isolés (méristèmes), des fragments de tissus, des cellules isolées et des protoplastes de recréer une plante entière et florissante. Ces fragments sont cultivés dans des conditions aseptiques dans des tubes à essai sur des milieux artificiels de composition chimique connue (culture *in vitro*). Dans des conditions strictement contrôlées



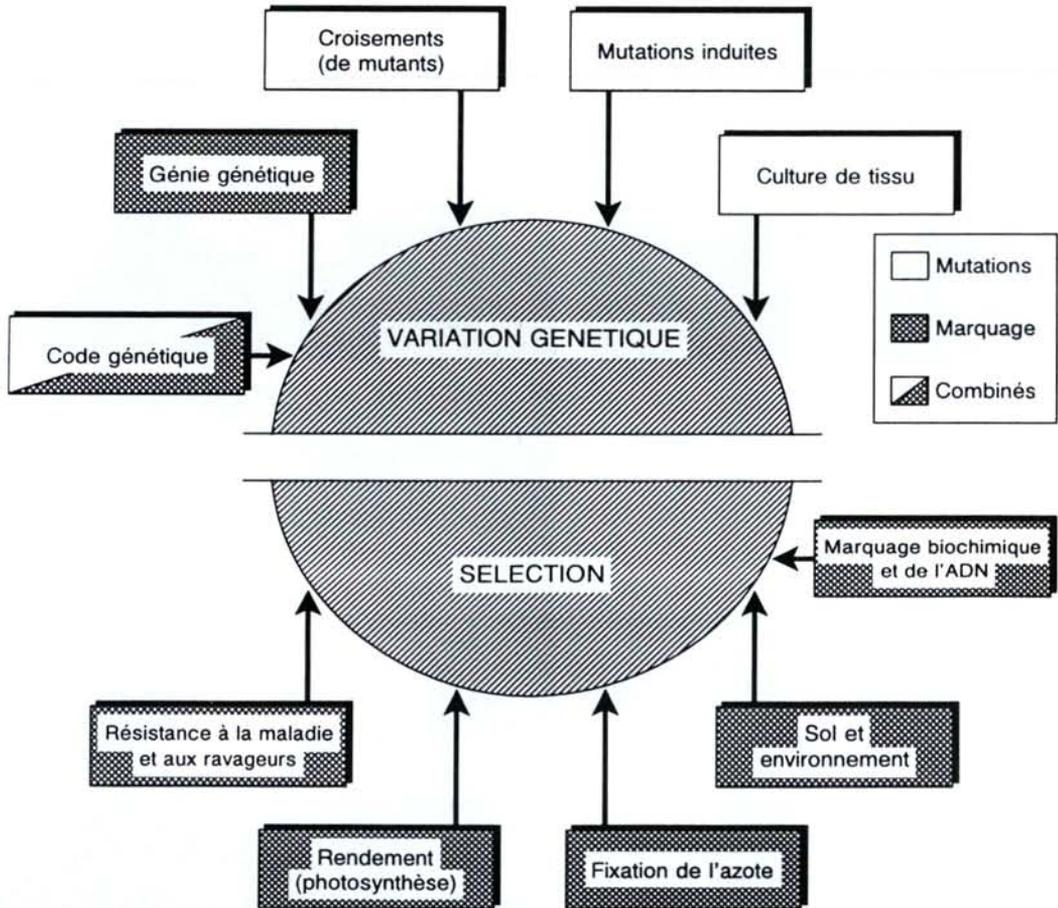
Produits et outils de la sélection (de gauche à droite):
 riz muté par irradiation; l'igname et autres plantes
 à racines et à tubercules peuvent être génétiquement
 améliorées par des mutations; *Azolla* est
 une fougère aquatique servant d'engrais biologique
 dans les rizières, dont la résistance aux contraintes de
 l'environnement a été améliorée par la sélection;
 culture et mutagenèse *in vitro* sont deux moyens
 biotechnologiques essentiels d'améliorer les plantes;
 la pomme «Golden Haldegg», d'une valeur
 marchande supérieure, a été obtenue aux
 Laboratoires de Seibersdorf par irradiation de boutures
 de «Golden Delicious».

Schéma sommaire d'une sélection par mutation

Créer une nouvelle variété demande entre 12 et 15 ans de travail assidu. En voici les principales étapes:

Génération	Opérations
$M_1(M_1V_1)$	Graines, pollen, parties de la plante ou cultures de tissu traitées par mutagènes physiques (rayonnement) ou chimiques.
$M_2(M_1V_2)$	Cultures à partir des semences traitées (M_1) ou des propagules végétatives (M_1V_1).
M_3-M_8 ($M_1V_3-M_1V_8$)	Population cultivée à partir de semences (M_2) ou de fragments végétatifs (M_1V_2) provenant de M_1 ou de M_1V_1 respectivement. La sélection des mutants peut commencer dès cette génération, ou plus tard.
Les deux ou trois générations suivantes	Continuation de la sélection, confirmation génétique, multiplication et stabilisation du comportement au champ des lignées mutantes.
Les deux ou trois générations suivantes	Etudes comparatives des lignées mutantes au cours de différentes années et à différents emplacements.
	Essais officiels avant l'homologation comme nouvelle variété.

Techniques nucléaires utilisées en sélection des plantes



La variation génétique et la sélection sont les deux facteurs essentiels de l'amélioration des plantes. Deux procédés indispensables interviennent dans les diverses opérations: la mutagenèse par irradiation et le marquage isotopique.

se développent les plantules que l'on peut ensuite transplanter dans un sol où elles peuvent croître jusqu'à maturité.

La culture de tissu a été pratiquée commercialement en vue de la micropropagation de plantes horticoles saines (fraises, pommes de terre et plantes d'ornement). Les techniques *in vitro* sont également utiles à divers stades du processus de sélection, tels que la préservation du plasma germinatif, la multiplication par clones et l'hybridation entre spécimens éloignés.

Les mutations radio-induites et les techniques isotopiques combinées aux cultures de tissus ont considérablement facilité la sélection des plantes. Ces méthodes offrent de nouveaux moyens de provoquer des variations génétiques, améliorant ainsi la technologie de la sélection et abrégant les délais (voir l'encadré).

D'autres méthodes, dites cultures d'anthères ou de pollen, permettent de régénérer une plante à partir de gamètes mâles n'ayant que la moitié des chromosomes (haploïdes). Par rapport aux sujets ayant leur jeu complet de chromosomes (diploïdes), les haploïdes ont l'avantage de permettre la détection des mutations immédiatement après leur induction. La méthode s'est avérée bien plus expéditive dans la sélection de nouvelles variétés de riz, d'orge et de légumes.

Les techniques de génie génétique permettent de transférer du matériel génétique (ADN) d'une cellule d'une espèce à une cellule d'un organisme génétiquement sans rapport. Par exemple, un fragment d'ADN d'une cellule bactérienne peut s'intégrer dans le génôme d'une cellule végétale pour donner une plante «transgénique». Le nouvel ADN (gène) se manifeste dans le phénotype de la plante ainsi régénérée. Les techniques nucléaires fondées sur les bases d'acide nucléique marquées par des isotopes sont utilisées en génie génétique pour isoler les gènes bons à transférer, pour introduire les gènes dans les cellules réceptrices et pour détecter du matériel génétique nouveau dans les organismes récepteurs.

Le génie génétique a déjà produit des plantes présentant de nouveaux caractères souhaitables, tels que la résistance aux insectes et aux maladies virales et de meilleures propriétés de maturation. Toutefois, l'enthousiasme des premiers temps se tempère, car on parle de plus en plus des risques potentiels de l'introduction de plantes transgéniques dans l'environnement.

Un autre problème s'est posé en ce qui concerne la commercialisation de cette technologie et son acquisition par les pays en développement. L'évolution récente de la biotechnologie végétale a provoqué une vague d'investissements et la concentration de ressources humaines hautement qualifiées dans le secteur commercial de nombreux pays industriels. De ce fait, les connaissances scientifiques et leurs applications technologiques font de plus en plus l'objet de la législation commerciale en matière de brevets, de secret industriel et d'homologation. Les

pays en développement se heurtent alors à des difficultés lorsqu'ils veulent accéder aux connaissances biotechnologiques et à leurs applications dans leurs programmes nationaux.

Les institutions spécialisées des Nations Unies — l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) et l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI), ainsi que l'AIEA — jouent un rôle important à cet égard. Elles ont mis sur pied des programmes qui visent essentiellement à déterminer et à transférer les biotechnologies appropriées, et à former du personnel dans les pays en développement. Les moyens nationaux de recherche et de développement sont ainsi renforcés dans ce domaine.

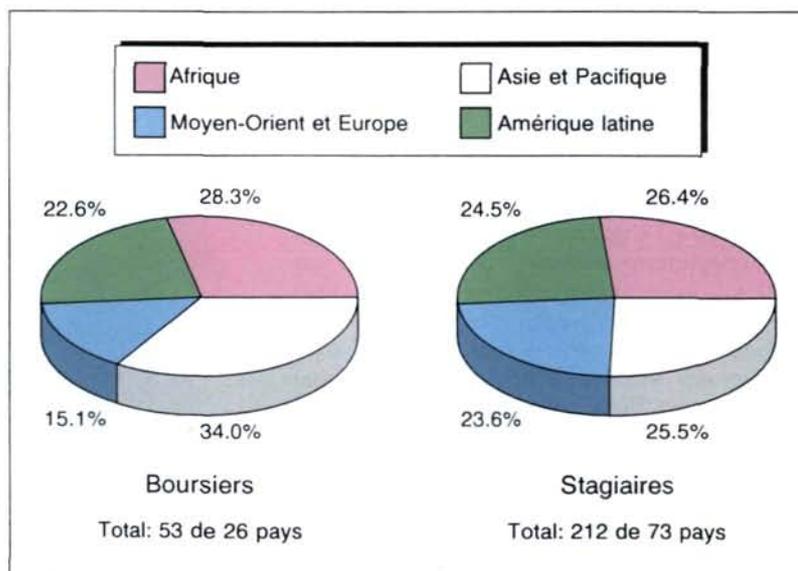
La sélection au service d'une agriculture durable

La sélection des plantes et la biotechnologie végétale contribuent largement à rendre l'agriculture inoffensive pour l'environnement. L'essentiel, c'est de constituer une réserve générale de gènes pour l'amélioration des plantes de culture.

De nouvelles techniques ont été étudiées pour mettre fin à la raréfaction des espèces. Les cultures de tissu de manioc, de bananier et de plantain, de pomme de terre, d'igname, de patate douce et de cocotier, par exemple, sont de plus en plus pratiquées pour sauvegarder le plasma germinatif et alimenter l'échange international de clones. Des techniques de marquage moléculaire sont utilisées pour classer et analyser génétiquement des cultivars et des espèces sauvages apparentées. Les méthodes d'hybridation et d'induction de mutation *in vivo* et *in vitro* comportent souvent une intervention nucléaire. On y a recours pour enrichir les ressources génétiques par mutation induite, recombinaison et sélection.

La plupart des travaux visent à obtenir des cultivars plus résistants à la maladie et tolérant mieux l'agression des ravageurs que la plante de départ. Ces variétés sont moins dépendantes des produits agrochimiques, propriétés essentielles dans l'intérêt d'un développement agricole durable aussi bien dans les pays industriels que dans les pays en développement. Le gain de résistance à la maladie peut contribuer à prévenir les épiphyties dans les plantations, notamment la prolifération d'une mosaïque du cacaoyer au Ghana et la maladie de Panama dans les bananeraies de plusieurs pays tropicaux et subtropicaux.

La politique durable de sélection se heurte aujourd'hui à quelques difficultés majeures, notamment en ce qui concerne l'amélioration de la fixation de l'azote et du pouvoir d'assimilation des éléments nutritifs. Un effort intégré de recherche auquel participent pédologues et sélectionneurs a déjà permis de dégager des génotypes souhaitables chez



Activités de formation de la section de la sélection des plantes des Laboratoires de Seibersdorf, 1982-1992

les légumineuses (soja, haricot commun) et d'autres espèces y compris des arbres.

Pour nombre de pays en développement, l'obtention de plantes tolérant la salinité et l'acidité des sols est une priorité. Les procédés actuels (dont l'induction de mutations et la sélection *in vitro*) ont nettement réussi à conférer certains degrés de tolérance à différentes espèces. Le recours au génie génétique pour obtenir des plantes résistantes aux contraintes de l'environnement dépendra de l'isolement des gènes spécifiques qui régissent l'adaptation à certaines de ces contraintes.

Dans les pays tropicaux, les rendements de différentes espèces ont été maintenus par la rotation des cultures et non par le renforcement des monocultures. Cultiver des plantes à des fins multiples — par exemple la production de biomasse, l'utilisation plus rationnelle des sols et de l'eau, et le compostage — favorise opportunément une agriculture durable dans les pays en développement. Les pratiques

Statistiques du service d'irradiation, 1967-1992

Echantillons traités	20 329
Espèces traitées	217
Cultivars traités	1 134
Etats membres bénéficiaires	108
Echantillons de semences	17 872
Plantes à multiplication végétative	1 046
Traitements gamma au cobalt 60	14 382
Traitements aux neutrons rapides	5 416
Autres traitements mutagènes	531

Note: Quelques unes des principales espèces traitées: céréales (riz, blé, orge, triticale, millet, teff); légumineuses (soja, arachide, haricot commun, dolique, haricot mungo); racines et tubercules (manioc, igname, taro, pomme de terre); espèces fruitières (citrus, pommier, abricotier, pêcher, vigne); plantes d'ornement (chrysanthème, antirrhinum, achimènes, tulipe); divers (colza, sésame, amarante, quinoa, nigelle romaine).

mixtes consistant en une culture principale avec culture secondaire de couverture (légumineuses fourragères ou herbes) permettent de réduire au minimum le recours aux herbicides.

Rôle des Laboratoires de Seibersdorf

La section de la sélection des plantes du Laboratoire d'agronomie de l'AIEA a été créée à Seibersdorf vers le milieu des années 60 pour venir en aide au programme de la Division mixte FAO/AIEA sur l'amélioration génétique des plantes cultivées. Des techniques nucléaires sont adaptées et transférées aux divers pays par le biais des travaux de recherche et développement sur les mutations et les procédés biotechnologiques associés, de la formation de scientifiques venant de pays en développement et de la fourniture de services d'irradiation et de conseils techniques.

La section a commencé par mettre au point des méthodes d'induction des mutations par les rayonnements ionisants et les agents mutagènes chimiques. Le but était le rendement, c'est-à-dire une fréquence élevée de mutations souhaitables avec lésions minimales du sujet et reproductibilité maximale. Il fallait pour cela définir les caractéristiques de la source radioactive quant à l'homogénéité de la dose et mesurer exactement la dose absorbée dans les cibles biologiques par une dosimétrie adaptée. L'irradiation gamma et neutronique des semences était couramment pratiquée, étant donné la facilité de l'opération et de la normalisation des facteurs modifiant la radiosensibilité, et la bonne reproductibilité. La mise au point de méthodes de contrôle des effets dus à l'oxygène dans la réponse radiobiologique aux rayonnements électromagnétiques fut un grand succès. Le Laboratoire participa activement à la normalisation de l'irradiation neutronique des semences dans les réacteurs en mettant au point des dispositifs spéciaux à cette fin, connus sous les sigles de SNIF (Standard Neutron Irradiation Facility) auprès des réacteurs piscines, et de USIF (Uranium Shielded Irradiation Facility) auprès des réacteurs Triga.

Cette recherche est à l'origine du service mondial d'irradiation des semences du Laboratoire de l'AIEA utilisant des faisceaux intenses de neutrons rapides et thermiques dosés avec précision et dont les effets sont reproductibles. Par ailleurs, des procédés efficaces et précis de traitement des semences à l'aide de mutagènes chimiques, surtout des alkylants et des azides, ont été étudiés à l'aide de composés marqués par des isotopes et comparés avec l'induction de mutation par irradiation. La section a également entrepris d'utiles travaux de recherche pour la sélection par mutation de céréales, de légumineuses, de plantes industrielles et de plantes à multiplication végétative.

La fécondité (effectif de la progéniture) varie d'une espèce à l'autre, ainsi que le mode de repro-

duction (sexué par autofécondation ou pollinisation croisée, ou non sexué), de sorte qu'il est impossible d'appliquer une méthode universelle de sélection; il faut recourir à des procédés spécifiques selon les espèces. La plupart des espèces à multiplication végétative ou non sexuée sont difficiles à améliorer génétiquement par les méthodes classiques de croisement et de mutation. Il est plus facile de recourir à la biotechnologie combinée avec les mutations induites; la section a donc commencé à travailler sur les mutations *in vitro* vers le milieu des années 80. Le Laboratoire a consacré l'essentiel de ses activités de recherche-développement et son enseignement dans le domaine de la sélection par biotechnologie à plusieurs espèces cultivées tropicales très importantes pour le ravitaillement alimentaire des pays en développement.

Recherche-développement

La section appuie surtout les programmes de recherche coordonnée et de coopération technique de la Division mixte FAO/AIEA. Elle aide de nombreux projets en fournissant des services d'experts pour l'installation du matériel nécessaire aux cultures de tissus végétaux et au traitement mutagène, au contrôle de la qualité de la dosimétrie de l'irradiation et à la mise au point et au transfert de techniques nucléaires pour l'amélioration des plantes.

Les travaux en cours portent sur l'application des méthodes nucléaires et techniques de pointe associées telles les cultures *in vitro* et la génétique moléculaire, pour améliorer le rendement d'une longue série de plantes par les mutations. La priorité est donnée à l'étude de méthodes biotechnologiques pour améliorer des plantes de culture à multiplication végétative particulièrement importantes pour les pays en développement.

Actuellement, les domaines suivants sont à l'étude:

- **Variations somaclonales et induites par mutagenèse.** La variation génétique provenant d'une culture de tissu (somaclonale) et la variation induite par irradiation et par agent chimique font l'objet d'études comparatives systématiques. La section étudie en particulier la variation parmi des plants de maïs obtenus à partir d'une culture *in vitro* par embryogenèse somatique, afin de connaître la nature exacte de la variation somaclonale et induite et ses possibilités d'emploi pour la sélection.

- **Mutations induites et technologie de sélection pour le bananier et le plantain.** La faible variabilité génétique et la stérilité font obstacle à l'amélioration génétique du bananier et du plantain (*Musa*) par les méthodes de sélection classiques. La culture de pointes de rejet et la régénération *in vitro* sont à l'étude en vue de leur emploi pour provoquer des mutations et sélectionner des mutants. L'embryogenèse somatique et la régénération à partir de suspensions de cellules de *Musa* servent à mettre au

point des méthodes de manipulation de cellules somatiques pour l'amélioration du bananier et du plantain. Des méthodes de triage des sujets résistants à la maladie de Panama sont étudiées sur des cultures de tissus et des indicateurs biochimiques (peroxydase) servent à reconnaître les génotypes tolérants. L'ADN marqué permet de reconnaître les mutants et de déterminer les caractères des cultivars et des espèces de *Musa*. Des clones mutants sélectionnés à Seibersdorf sont testés en pleine terre dans des pays tropicaux.

- **Amélioration par mutations de la tolérance des contraintes environnementales par *Azolla*.** *Azolla* est une petite fougère aquatique qui vit en symbiose avec un organisme fixateur d'azote: la cyanobactérie *Anabaena*. Dans son milieu et dans des conditions favorables, *Azolla* peut doubler de poids tous les trois à cinq jours. Le système symbiotique *Azolla-Anabaena* fournit de l'engrais vert aux cultures inondées, en particulier aux rizières. Par mutagenèse induite, on a obtenu des variantes d'*Azolla* qui tolèrent de hauts degrés de salinité ainsi que des niveaux élevés de toxicité due à l'aluminium ou aux herbicides. Ces nouvelles variétés sont étudiées dans le milieu pour s'assurer que la meilleure tolérance des contraintes environnementales est bien due à une variation transmise.

- **Méthodes de sélection par mutations induites de plantes tropicales à racines et à tubercules (manioc et igname).** Le manioc et l'igname sont les principales denrées alimentaires des plaines tropicales. Une technique d'amélioration par mutations est à l'étude pour obtenir une variation de taille, de la teneur en cyanure et de la résistance à la maladie et aux ravageurs. Les méthodes *in vitro* sont utilisées pour la multiplication de plants sains et de clones améliorés. Une embryogenèse somatique est mise au point pour l'amélioration de ces deux végétaux par des méthodes *in vitro* et ultérieurement par manipulation de cellules somatiques. Des clones mutants et polyploïdes sont en préparation en vue d'essais au champ dans des Etats membres.

- **Culture de tissu de cacaoier pour faciliter la sélection par mutations.** Jusqu'à présent, les tentatives d'amélioration de la résistance du cacaoier à la maladie ont donné de piètres résultats. La principale limitation est due à la faible variabilité des cultivars actuels. Une méthode d'embryogenèse somatique est à l'étude pour la reproduction de génotypes souhaitables et, avec l'aide de la mutagenèse *in vitro* et de la mutagenèse pollinique, pour obtenir des cacaoiers résistants aux maladies virales au Ghana.

A Seibersdorf, la recherche en sélection des plantes est spécifique du problème à résoudre et du client. Il arrive souvent que des résultats positifs soient l'œuvre de jeunes scientifiques de pays en développement titulaires de bourses du programme de formation de l'AIEA. Des cultivars et du matériel génétique propres aux pays tropicaux sont envoyés aux Laboratoires de Seibersdorf, où l'on en fait des cultures de tissus destinées aux expériences. Les

procédures et les techniques spécialement étudiées pour une espèce et pour un génotype particulier sont directement utilisées dans le cadre des programmes nationaux. Un matériel biologique provenant de lignées et de clones mutants prêts pour des essais en pleine terre est envoyé par le Laboratoire dans les pays membres en développement pour les aider à mettre en œuvre leur programme de sélection.

Formation des sélectionneurs

Cette activité des Laboratoires de Seibersdorf est la principale composante du transfert de technologie. Depuis 20 ans, la section de sélection des plantes assiste les programmes de bourses de l'Agence et organise des cours interrégionaux de formation. L'enseignement est étroitement associé aux travaux de recherche-développement sur l'amélioration des plantes et sur l'application des techniques nucléaires à la sélection (*voir les graphiques*). Pendant une période de trois à 12 mois, les boursiers travaillent généralement sur la mutagenèse par les rayonnements ou les produits chimiques chez des espèces cultivées dans leurs pays d'origine. Lorsque cela est possible, des petits groupes de travail de deux à cinq boursiers sont formés pour résoudre des problèmes d'intérêt commun. Les expériences sont personnalisées, pourrait-on dire, afin que les boursiers puissent appliquer directement la méthode et ses résultats dès leur retour dans leurs établissements.

Grâce à leurs travaux, nombre d'entre eux ont rédigé des articles scientifiques qui ont paru dans des publications de classe internationale et dans des comptes rendus de colloques. Très souvent, à la suite de leur stage à Seibersdorf, les anciens boursiers participent à des projets de recherche coordonnée et de coopération technique de l'AIEA.

Un cours interrégional FAO/AIEA sur l'induction et l'emploi des mutations en sélection des plantes est organisé dans les Laboratoires de Seibersdorf depuis 1982. Il s'agit d'un cours intensif qui dure généralement entre six et huit semaines et auquel assistent chaque année 20 participants venant d'Etats membres de la FAO et de l'AIEA. Conférences, exercices pratiques de laboratoire, analyse d'expériences au champ, colloques et excursions sont autant d'activités qui permettent aux participants de se familiariser avec les techniques de pointe en matière de mutations, de biotechnologie et de biologie moléculaire. Un cours spécial est donné sur la manipulation des sources radioactives, des radioisotopes et des produits chimiques mutagènes particulièrement dangereux. A la fin de chaque session, les participants sont en mesure de discuter et d'évaluer le rôle que les mutations induites et les biotechnologies de pointe pourront jouer dans leurs programmes nationaux de sélection et d'amélioration des plantes concernant les céréales, les légumineuses, les oléagineux, les fourrages, les légumes,

les fruits, les plantes à racines et à tubercules, les palmiers, le hévée et autres espèces.

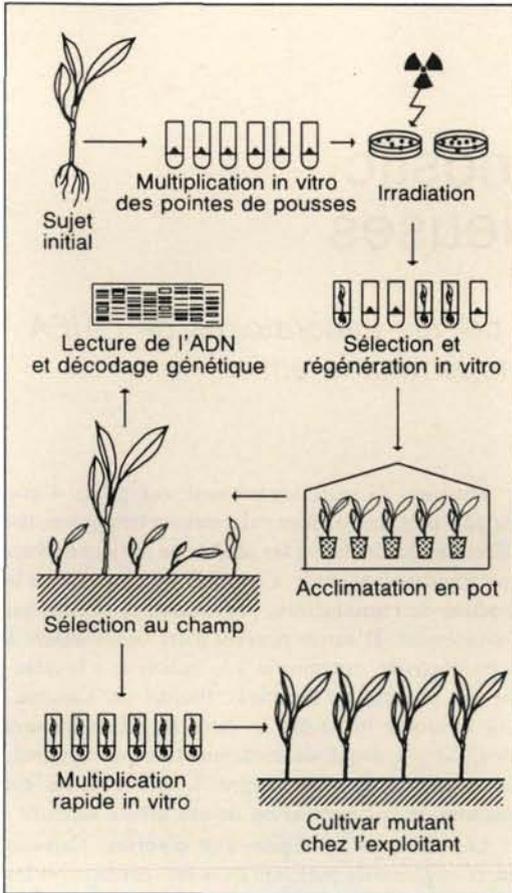
Aide aux programmes nationaux

Un service d'irradiation est gratuitement offert aux Etats membres de la FAO et de l'AIEA pour faciliter l'application des techniques nucléaires dans leurs programmes d'amélioration des plantes et pour assister directement les sélectionneurs des pays en développement. Un traitement mutagène est prévu pour les semences, les grains, les tubercules, les pousses, les boutures et les cultures de tissus (matériel *in vitro*) avec des doses très précises de rayons gamma et de neutrons rapides. Les doses doivent être en effet soigneusement mesurées pour donner des effets reproductibles. Les bénéficiaires de ce service sont invités à justifier leurs projets de mutagenèse et à fournir un matériel biologique quantitativement suffisant pour maximiser la probabilité des mutations induites souhaitées. En outre, un test préalable de radiosensibilité est fréquemment pratiqué en serre pour déterminer les doses utiles de rayonnements à appliquer, vu la grande diversité des échantillons biologiques à traiter. Après irradiation, ce matériel est envoyé aux destinataires, accompagné d'un protocole détaillé d'irradiation et d'une demande de compte rendu des effets du traitement sur les deux premières générations de mutants. Cette information en retour est indispensable pour évaluer plus précisément la radiosensibilité d'espèces et de cultivars provenant de divers environnements.

Au cours des 25 dernières années, la section a traité plus de 20 000 échantillons provenant de la plupart des Etats membres de la FAO et de l'AIEA (*voir le tableau*). Ces échantillons étaient en majorité des semences qui furent soumises à une irradiation aux rayons gamma du cobalt 60.

Ces derniers temps, les demandes de traitement mutagène de matériel *in vitro* et d'irradiation par les neutrons rapides se sont multipliées, ce qui montre que la biotechnologie et la génétique moléculaire prennent de plus en plus d'importance dans les programmes d'amélioration des plantes.

Avant la création de ce service, moins de 80 variétés mutantes avaient été officiellement homologuées, alors qu'au cours du dernier quart de siècle plus de 1500 cultivars de plantes de culture et d'ornement ont été agréés après une amélioration notable de leurs caractéristiques — rendement, qualité, valeur marchande, résistance à la maladie et tolérance des contraintes. Certaines de ces variétés mutantes sont l'œuvre du service d'irradiation du Laboratoire de Seibersdorf.



Bananier muté par irradiation.
(A gauche): Schéma de sélection d'un bananier.

Bananiers, plantains, et autres cultivars et variétés appartiennent au genre *Musa*. Ce ne sont en fait que des herbes géantes qui produisent un fruit, à manger cru ou frit, qui est une des denrées alimentaires les plus importantes pour des centaines de millions d'habitants des pays en développement. La production mondiale de bananes dépasse 70 millions de tonnes par an, dont 90% environ sont consommées dans le pays d'origine. Pour les pays en développement exportateurs, l'industrie bananière représente un revenu d'environ 1,7 milliard de dollars par an.

Le bananier et le plantain sont gravement menacés par diverses maladies provoquées par des champignons, bactéries, virus et nématodes pathogènes. Certains peuvent être combattus à l'aide de pesticides, mais le plus virulent d'entre eux, *Fusarium*, prolifère dans le sol et cause la maladie de Panama. Aucune préparation chimique ne peut avoir raison de lui ni l'empêcher de se propager. La maladie de Panama a dévasté plusieurs centaines de milliers d'hectares de bananeraies en Amérique centrale et a créé de sérieux problèmes en Afrique où la banane à fritre fait partie du menu quotidien de nombreuses populations. Le seul moyen de résoudre le problème consiste à créer des variétés résistantes.

Dans le monde entier, la banane est produite par un très petit nombre de clones non améliorés génétiquement qui ont été choisis parmi des variétés naturelles et ensuite domestiqués. Bien que des croisements aient contribué dans une faible mesure à leur amélioration, la plupart des principales variétés sont entièrement stériles et donc impossibles à améliorer par les techniques classiques de sélection.

Des travaux de recherche sur l'induction de mutations chez le bananier par irradiation avec l'aide de techniques de culture de tissu ont été entrepris par les Laboratoires de Seibersdorf en 1985. Des pointes de rejets ont été prélevées sur divers cultivars de bananiers et de plantains d'importance économique et micropropagées sur des milieux artificiels en tubes à essai. Divers radiotraitements mutagènes (rayons gamma et neutrons rapides) ont été appliqués aux cellules actives de la pointe des pousses, lesquelles sont devenues des plantes. Les travaux ont abouti à des clones mutants du principal cultivar qui donne la banane de dessert «Grand Nain». Ces variétés sont actuellement à l'essai dans plusieurs pays pour déterminer leurs qualités agronomiques, telles que le rendement, la qualité du fruit et la précocité de la maturation.

Le Laboratoire de Seibersdorf assiste un programme de recherche coordonnée sur l'amélioration de *Musa*, ainsi que plusieurs projets de coopération technique menant à des programmes nationaux de sélection en Colombie, au Panama, au Costa Rica, à Cuba, au Ghana, en Malaisie, et en Thaïlande.

Les récents progrès de la biologie moléculaire ont permis de définir des génomes et de trouver des indicateurs effectivement utilisables en sélection. Le relevé du code génétique des cultivars et mutants du bananier offre de nouvelles possibilités d'amélioration de cette grande herbe génétiquement récalcitrante dont le fruit est si vital pour les populations des pays en développement.

Vive le bananier!