

# La fertilité des sols: recherche et formation (FAO/AIEA) au laboratoire de Seibersdorf

*Les techniques nucléaires en pédologie et en phytotechnie  
se développent et se vulgarisent*

par F. Zapata et G. Hardarson

Notre siècle assiste à une explosion démographique sans précédent et l'on prévoit que la population mondiale atteindra quelque huit milliards d'individus en 2015. Cela explique la croissance ininterrompue de la demande de denrées alimentaires d'origine végétale, d'aliments pour les animaux, de fibres et de combustibles biologiques, alors que les terres exploitables sont en fait limitées. Plusieurs solutions ont été proposées. Dans les pays en développement, la formule la plus prometteuse pour le proche avenir consiste à accroître la production agricole sur les terres habituellement cultivées, en intensifiant l'exploitation ou en améliorant les rendements.

L'agriculture intensive qui résulte de la révolution verte implique l'étude de nouvelles techniques et l'amélioration des méthodes de culture, ainsi que l'emploi de variétés à haut rendement, la mécanisation, l'irrigation et plus particulièrement l'emploi de produits agrochimiques. En culture intensive, les récoltes prélèvent d'importantes quantités d'aliments nutritifs qu'il faut remplacer par des engrais. Or, on s'est rendu compte au cours des dix dernières années que la révolution verte n'a pas eu beaucoup d'influence sur le petit exploitant des pays en développement. Vu l'insuffisance des ressources et le renchérissement des apports, on s'est mis à l'étude de méthodes de culture exigeant peu d'apports extérieurs, en vue de les perfectionner et de tirer un meilleur profit des modestes ressources. Compte tenu de ces facteurs, on a recommandé une systématisation de la nutrition des plantes afin d'intégrer toutes les sources d'éléments nutritifs et les facteurs de production dans un système cultural qui permette d'améliorer la fertilité des sols, le rendement des cultures et la rentabilité. Ce système intégré implique à la fois une rationalisation maximale de l'emploi des engrais chimiques disponibles sur le marché et le recours, dans la plus large mesure possible, aux autres sources d'éléments nutritifs que sont les engrais organiques, les phosphates naturels et la fixation biologique de l'azote.

### **Les techniques nucléaires au service de la pédologie et de la productivité végétale: aperçu historique**

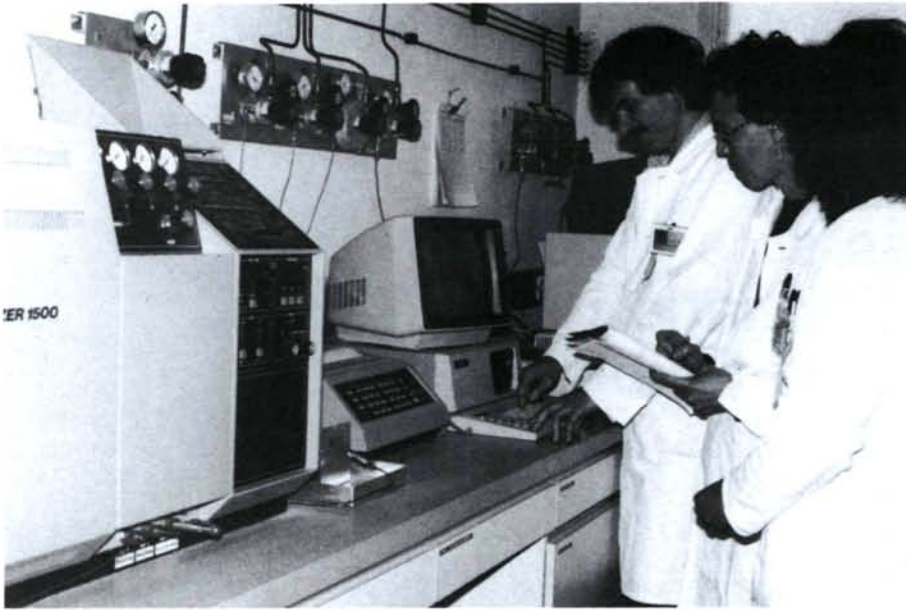
Depuis sa fondation en 1964, la Division mixte FAO/AIEA de l'application des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture s'est efforcée en collaboration avec le laboratoire agronomique de Seibersdorf (AIEA) de favoriser l'étude, le développement et le transfert des techniques nucléaires afin d'aider les pays à améliorer la situation de l'agriculture et de l'élevage. En ce qui concerne la pédologie et la productivité végétale, les travaux ont été menés dans le cadre de programmes de recherche coordonnée et de projets de coopération technique émanant de la section de la fertilité des sols, de l'irrigation et de la production agricole (Division mixte). On procède à un marquage à l'aide d'isotopes, par exemple pour déterminer les quantités et le mouvement des éléments nutritifs, dans les plantes et dans les sols, notamment de ceux qui proviennent des engrais. Des méthodes nucléaires fondées sur l'emploi d'appareils tels que l'humidimètre à neutrons et le densimètre gamma permettent de suivre les variations de l'humidité et de la densité apparente des sols, et cela d'une manière fiable et non destructive, tout en épargnant le temps, l'effort et l'argent.

### **Les isotopes et l'emploi rationnel des engrais**

Il est bien connu que, dans la plupart des sols, les plantes cultivées répondent à l'application des engrais. Celle-ci doit être pratiquée régulièrement si l'on veut conserver ou améliorer la fertilité des sols en vue d'obtenir de bons rendements. Les engrais permettent par exemple d'augmenter d'environ 50% le rendement en grains de céréales. Sur les 130 millions de tonnes d'engrais consommées en 1984-1985, l'azote (N) représentait 54%, le phosphore (P) 26% et le potassium (K) 20%. En 1985, les pays en développement ont consommé 48 millions de tonnes d'engrais d'une valeur approximative de 4950 millions de dollars, soit 38% de la consommation mondiale. Leur consommation a augmenté d'environ 6% par an entre 1980 et 1985, alors

---

M. Zapata est chef de la section de pédologie des laboratoires de Seibersdorf et M. Hardarson est membre de cette section.



L'instrumentation perfectionnée dont dispose la section de pédologie, comme cet analyseur automatique d'azote couplé à un analyseur de rapport isotopique, permet d'effectuer à un rythme accéléré les analyses de routine à l'appui des projets relevant du programme FAO/AIEA.

qu'elle n'augmentait parallèlement que de 1,8% dans les pays industriels. Pour répondre à la demande alimentaire mondiale, la consommation d'engrais N-P-K doit être multipliée par 4 ou 5 au cours des 20 prochaines années. Cette projection donne une idée du rôle que les engrais seront appelés à jouer pour assurer l'alimentation d'une population mondiale toujours plus nombreuse.

Cela dit, une fraction seulement des engrais épandus sur le sol est assimilée par les cultures; le reste demeure dans le sol, ou bien est emporté par la lixiviation, le ruissellement, ou est fixé par le sol, ou encore libéré dans l'atmosphère par les processus chimiques et microbiologiques. Il est donc nécessaire de se renseigner sur les mérites relatifs des diverses pratiques de fertilisation, c'est-à-dire les méthodes et le calendrier des applications, ainsi que l'origine de l'engrais. On est alors en mesure de rechercher le rendement maximal de l'engrais et son application la plus économique, donc de réduire les coûts de production.

On peut déterminer la meilleure combinaison de pratiques (quantité, épandage, calendrier et source de l'engrais) pour un système cultural déterminé, en faisant des expériences au champ dans différentes conditions environnementales (sol, climat). Les méthodes classiques utilisées à cette fin sont indirectes, car elles consistent à mesurer les variations de rendement après différents traitements fertilisants. L'expérimentation à l'aide d'engrais marqués avec des isotopes stables et radioactifs permettent de déterminer directement, rapidement et avec certitude, quand, où et sous quelle forme l'engrais doit être appliqué. Depuis 20 ans, les programmes FAO/AIEA de recherche coordonnée sur le riz, le maïs et le blé utilisent couramment des engrais marqués avec  $^{32}\text{P}$  et  $^{15}\text{N}$ . La technique isotopique consiste à épandre un engrais marqué et à déterminer la proportion de l'élément nutritif présent dans la plante qui provient de l'engrais. On dispose heureusement de

nombreux isotopes utilisables comme marqueurs pour l'étude des relations sol-plante et des problèmes connexes. La section de pédologie du laboratoire de Seibersdorf a été la cheville ouvrière de ces programmes en mettant au point des techniques isotopiques, en fournissant des services d'analyse et en enseignant cette technologie à des spécialistes venus de pays membres. Ces pratiques améliorées sont adoptées par de nombreux pays du monde entier et permettent de faire des économies d'engrais qui se chiffrent par millions de dollars chaque année.

Les techniques isotopiques permettent aussi d'obtenir rapidement des renseignements fiables sur la distribution des racines actives, la localisation des zones où la densité des racines absorbantes est la plus forte, et leurs variations saisonnières. L'épandage de l'engrais à proximité des zones à forte concentration radiculaire et au moment où les racines sont le plus actives présentent donc un intérêt immédiat si l'on veut rationaliser les pratiques de fertilisation des plantations d'arbres. Un procédé d'injection dans le sol d'engrais phosphaté marqué avec  $^{32}\text{P}$  a été utilisé pour déterminer l'enracinement de plusieurs sortes d'arbres dont la culture est économiquement importante pour les pays en développement. Les techniques d'injection et d'échantillonnage ont été étudiées expérimentalement dans le détail au laboratoire de Seibersdorf afin de réduire la marge d'erreur dans les expériences. Le laboratoire a ensuite contribué à l'exécution du programme en expédiant des milliers d'ampoules contenant la solution marquée avec  $^{32}\text{P}$  préparée par ses soins.

#### Les rayonnements et la gestion des ressources en eau

Outre les éléments minéraux nutritifs, l'eau est un des principaux facteurs de la production agricole dont la pénurie se fait sentir dans nombre de régions du monde.



La section de pédologie du laboratoire, tout en assurant la formation de boursiers, exécute des travaux pour le programme de recherche coordonnée sur la culture fertilisante des arbres fixateurs d'azote.

Il est donc essentiel de mettre au point des méthodes de gestion des eaux qui permettent de mieux exploiter les eaux de pluie dans les zones d'agriculture sèche ou de rationaliser l'emploi de l'eau dans les zones irriguées. Les techniques nucléaires fondées sur l'humidimètre à neutrons et le densimètre gamma ont été également utilisées pour améliorer l'exploitation de l'eau dans les zones arides et semi-arides.

Le rendement de l'eau et des engrais en culture irriguée et en culture sèche dans les régions semi-arides a été étudié en vue de déterminer dans quelles conditions les cultures tiraient le meilleur profit de produits coûteux comme les engrais industriels et l'eau d'irrigation.

#### Etude d'engrais de remplacement

Les engrais minéraux peuvent être remplacés dans une certaine mesure par d'autres sources d'éléments nutritifs moins onéreuses ou disponibles à l'échelon local. Seuls certains végétaux, telles les légumineuses et quelques autres familles, sont capables, en symbiose avec certains micro-organismes, d'assimiler directement l'azote atmosphérique  $N_2$ . C'est ce qu'on appelle la fixation biologique de l'azote. L'apport de cet élément, tant aux sols qu'aux végétaux, moyennant une bonne gestion de la fixation de  $N_2$ , est une des solutions possibles les plus prometteuses pour compléter les engrais azotés chimiques introduits dans les écosystèmes agricoles.

Au cours de la dernière décennie, plusieurs programmes de recherche FAO/AIEA ont porté plus spécialement sur la mesure et l'activation du processus naturel de fixation biologique de l'azote, et notamment sur la fixation symbiotique de  $N_2$  par les légumineuses dans divers systèmes. Par ailleurs, les programmes en cours cherchent surtout à améliorer à la fois le rende-

ment et la fixation d'azote chez les légumineuses à graines, en recourant à des solutions intégrées.

Si l'on veut maximiser la fixation biologique de l'azote, il faut absolument mesurer les quantités de  $N_2$  fixées au champ. Parmi toutes les méthodes possibles, celles qui sont fondées sur l'isotope  $^{15}N$  sont les plus sûres pour quantifier globalement l'azote fixé aussi bien dans les systèmes à l'état naturel qu'en régime de culture. C'est la seule méthode qui permette de déterminer la contribution relative du sol, de l'engrais et de l'atmosphère à l'azote total contenu dans la légumineuse. Elle est maintenant universellement acceptée comme la plus pratique et la plus utile pour tirer le meilleur parti de la fixation biologique.

Cette méthode est pratiquement l'œuvre du laboratoire d'agronomie de Seibersdorf; elle a été ensuite adaptée à d'autres systèmes fixateurs de  $N_2$  tels que les pâturages et les légumineuses arborescentes, les arbres à racines aériennes et les fougères du genre *Azolla*.

Quant au phosphore, les phosphates naturels peuvent devenir une source importante de cet élément dans de nombreux pays. L'application directe de phosphate naturel finement broyé provenant de gisements locaux est peut-être le moyen le plus économique d'alimenter en phosphore les cultures en sols acides des zones tropicales. Là encore, le laboratoire a mis au point des méthodes fondées sur le radio-isotope  $^{32}P$  pour évaluer la fraction libre du phosphore des phosphates locaux dans le sol. Ces méthodes sont couramment utilisées dans le cadre du programme FAO/AIEA d'évaluation agronomique des phosphates naturels en rapport avec les projets du programme de la FAO sur les engrais. La recherche actuelle se concentre sur la mesure des variations génotypiques de l'absorption du phosphore des phosphates naturels chez les arbres fixateurs d'azote, afin d'optimiser la fixation de ce dernier élément et d'accroître la fertilité des sols.

**Un colloque FAO/AIEA  
sur l'emploi des isotopes stables  
est prévu pour 1990**

L'AIEA et la FAO ont pris conjointement l'initiative d'un colloque international sur l'emploi des isotopes stables pour l'étude de la nutrition des plantes, de la fertilité des sols et de l'environnement, dont la réunion est prévue pour octobre 1990. Les études géologiques ont été les premières à faire usage des isotopes stables. Au cours des quelques dernières années, les progrès de l'instrumentation et la recherche de pointe à l'aide de divers isotopes stables ont favorisé l'adoption de ces méthodes dans les sciences biologiques, en agriculture et pour l'étude de l'environnement.

Ce colloque aura pour objet de faciliter l'échange de connaissances scientifiques et de documentation sur les principales réalisations dans ces importants domaines. On peut supposer que les participants trouveront de nouveaux sujets d'étude, de nouvelles possibilités d'application et des moyens de développer et de transférer la technologie en vue d'assurer le développement continu d'une agriculture qui ménage l'environnement.

Le colloque se réunira à Vienne (Autriche) du 1er au 5 octobre 1990. Pour tous renseignements complémentaires, s'adresser par écrit à la section de la fertilité des sols, de l'irrigation et de la production agricole, Division mixte FAO/AIEA.

### Contribution du laboratoire de l'AIEA

La section de pédologie du laboratoire de Seibersdorf apporte une aide précieuse, grâce à ses travaux de recherche et développement, aux programmes de recherche coordonnée et aux projets extérieurs de coopération technique coordonnés par la section de la fertilité des sols, de l'irrigation et de la production agricole. Dès la mise en œuvre du programme de la Division mixte, en 1964, la section de pédologie du laboratoire a joué un rôle essentiel dans la mise au point et le transfert des techniques nucléaires appliquées à la science des sols et à la productivité végétale.

**Travaux en cours.** La recherche que fait actuellement la section de pédologie englobe une grande variété de sujets que l'on peut classer en deux grandes catégories:

- La première comprend les travaux sur la régénération des sols par la fixation biologique de l'azote, en vue d'améliorer la productivité. Les études à l'appui des programmes de recherche coordonnée sur l'emploi rationnel des arbres fixateurs d'azote en vue de régénérer les sols et de conserver leur fertilité portent sur les sujets suivants: variations génétiques de la formation des nodosités et de la fixation de l'azote chez diverses espèces d'arbres; choix de micro-organismes actifs (*Rhizobium/Frankia*) pour certaines espèces d'arbres et se prêtant à l'inoculation; étude de méthodes isotopiques pour la mesure de la fixation de l'azote par les arbres; effets des facteurs environnementaux (sol et climat) sur la nodulation et la fixation de l'azote par les arbres; effet des pratiques culturales sur la fixation de l'azote; choix des souches de *Rhizobium* les plus efficaces pour la fixation de l'azote par les légumineuses arborescentes tropicales; mouvement des diverses

souches de *Rhizobium* dans la rhizosphère des légumineuses.

La recherche à l'appui de ces divers programmes se poursuit. Elle vise principalement à perfectionner les méthodes <sup>15</sup>N de quantification de la fixation biologique d'azote au champ et en serre, et à étudier l'écologie du *Rhizobium*, bactérie responsable des nodosités des racines dans la rhizosphère des légumineuses. Voici quelques exemples du travail du laboratoire: quantification de la fixation de N<sub>2</sub> par diverses méthodes <sup>15</sup>N; effet de l'inoculation sur le mouvement du *Rhizobium* dans la rhizosphère, la formation des nodosités et la fixation de N<sub>2</sub> par le soja, le haricot commun et les légumineuses arborescentes; chronologie de la fixation de N<sub>2</sub> par les légumineuses à graines et effet sur celles-ci des contraintes environnementales telles la sécheresse, la salinité et l'acidité.

- La seconde catégorie comprend les travaux sur l'amélioration de la fertilité des sols salins, acides et autrement délétères. Cette recherche vient à l'appui de deux programmes de recherche coordonnée: 1) emploi des techniques nucléaires pour améliorer la fertilité végétale des sols salins; 2) accroissement et stabilisation de la productivité végétale des sols à faible teneur en phosphates, semi-arides et subhumides, des régions tropicales et subtropicales.

Il s'agit surtout de déterminer les géotypes particulièrement aptes à utiliser les ressources lorsque les apports sont faibles: sélection et essai au champ de géotypes adaptables à certains sols nocifs (salins ou acides, par exemple), ou ayant une forte capacité d'absorption et d'assimilation de l'eau et des éléments nutritifs; biologie racinaire et bonne exploitation des ressources du sol (eau et éléments nutritifs). Des méthodes isotopiques sont utilisées pour étudier l'absorption (paramètres radiculaires) et l'assimilation de ces éléments par la plante (paramètres physiologiques).

Tous ces travaux sont d'une grande importance, non seulement pour soutenir l'agriculture, mais aussi pour régénérer les sols et entretenir leur fertilité en vue d'une meilleure productivité.

### Orientations futures de la recherche

Les techniques nucléaires seront toujours les protagonistes du développement agricole durable. En décembre 1988, une réunion de consultants a étudié les possibilités d'application des méthodes de biologie moléculaire et de biotechnologie moderne dans le cadre des programmes de pédologie de l'Agence. Les consultants ont recommandé de commencer à travailler dans ce sens, en précisant que la section compétente pouvait apporter une aide inestimable aux recherches sur l'ADN en écologie microbienne notamment, à titre de complément des programmes très actifs sur la fixation de l'azote par les arbres et les légumineuses, en cours dans les pays en développement.

De même, les membres d'un comité de suivi du programme FAO/AIEA, réuni du 28 novembre au 2 décembre 1988, ont recommandé d'accorder plus d'attention aux problèmes de l'exploitation rationnelle des ressources en eau et aux méthodes à appliquer pour préserver et améliorer la qualité de l'eau. Nombreux sont les pays en développement où la production de

denrées alimentaires est gravement compromise par l'inefficacité de l'irrigation et la mauvaise gestion des ressources en eau dont on se soucie peu de préserver la qualité. Les effets à distance sur le poisson et la faune terrestre de la pollution des eaux résultant des pratiques agricoles et de l'érosion des sols sont un sujet de grave préoccupation. Les estuaires, les lacs et la plate-forme continentale deviennent stériles. Cette situation est lourde de conséquences pour l'économie et la santé publique.

### Activités de formation

Outre ces travaux de recherche, la section de pédologie du laboratoire de Seibersdorf assure en permanence la formation de stagiaires par des cours et des bourses dans le domaine des applications des techniques nucléaires en pédologie et phytotechnie. Cette activité prépondérante a son histoire et découle des travaux scientifiques de recherche et développement du laboratoire.

● **Cours.** Depuis 1978, des cours interrégionaux sur l'emploi des isotopes et des rayonnements dans l'étude des relations sol-plante ont lieu chaque année au laboratoire de Seibersdorf. En outre, deux cours spéciaux sur la fixation biologique de l'azote ont été organisés en 1985 et 1986. Chaque cours dure entre 4 et 8 semaines et peut être suivi par une vingtaine de stagiaires. Une formation supérieure à l'emploi des isotopes stables et radioactifs et des rayonnements est donnée à des scientifiques de pays en développement qui travaillent activement dans divers domaines de la science des sols — fertilité des sols, nutrition des plantes, fixation biologique de l'azote, emploi rationnel de l'eau et irrigation. En 1988, le laboratoire a pris une importante initiative en organisant un cours sur l'étude du système racinaire, en particulier à l'aide de techniques nucléaires et apparentées.

La section de pédologie met également ses compétences et ses ressources au service de cours régionaux et nationaux et de diverses autres activités de formation.

### Manuel sur l'emploi des techniques nucléaires pour l'étude des relations sol-plante

L'AIEA prépare actuellement un manuel d'enseignement des techniques nucléaires applicables à la recherche sur la fertilité des sols et la nutrition des plantes. Il remplacera les ouvrages antérieurs parus en 1964 et 1967 qui commencent à dater et bénéficieront de l'expérience technique acquise dans le cadre du programme FAO/AIEA. Voici un aperçu de la table des matières:

- Isotopes stables et radioactifs
- Méthodes de dosage de  $^{15}\text{N}$
- Les techniques isotopiques et l'étude de la fertilité des sols et de la nutrition des plantes
- Les méthodes fondées sur  $^{15}\text{N}$  appliquées à l'étude de la fixation biologique de l'azote
- La photosynthèse et la productivité végétale
- Emploi de l'humidimètre à neutrons et du densimètre gamma pour mesurer la teneur en eau des sols

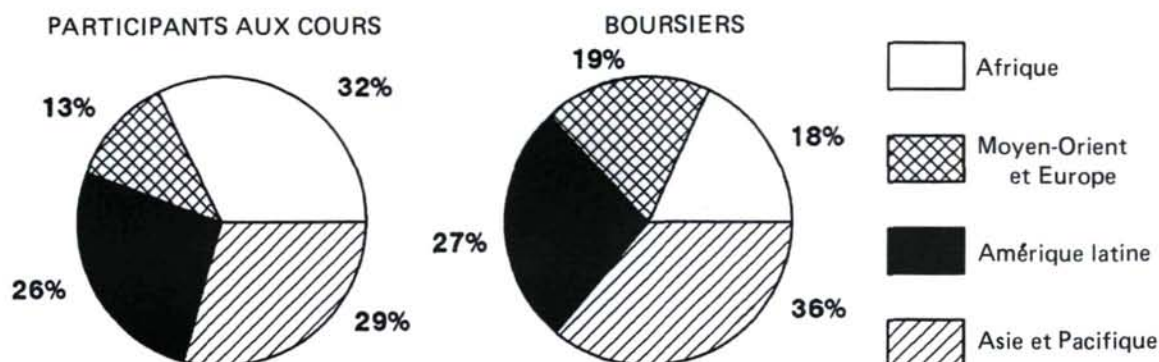
Ce manuel est destiné aux jeunes scientifiques des pays en développement qui souhaitent se familiariser avec l'emploi des techniques nucléaires pour améliorer la nutrition des plantes et contribuer ainsi à améliorer la production de denrées alimentaires dans leur pays.

Pour tous renseignements complémentaires, s'adresser à la section de la fertilité des sols, de l'irrigation et de la production agricole, Division mixte FAO/AIEA, ou à la section de pédologie des laboratoires de l'AIEA, A-2444 Seibersdorf (Autriche).

Elle forme le personnel d'autres centres, établit les programmes des cours, offre des conférences et fournit du matériel d'enseignement sous forme de manuels, de brochures et de films vidéo.

● **Bourses.** La section s'occupe aussi activement de la formation de stagiaires, qui est un excellent moyen de transférer son expérience en recherche et développement aux pays en développement. Chaque année une dizaine de boursiers de l'AIEA suit des stages d'une durée de trois à 12 mois, représentant environ 55 mois de boursiers.

Activités de formation de la section de pédologie du laboratoire de Seibersdorf



Un total de 243 participants venant de 72 pays membres ont suivi les cours organisés entre 1978 et 1988; en outre, 90 boursiers ont été formés entre 1962 et 1988, ce qui représente 635 mois de stagiaires.

Les boursiers se divisent en deux catégories: les *analystes* dont les stages de courte durée — de 2 à 4 mois — consistent à étudier les méthodes d'analyse isotopiques utilisées en pédologie et phytotechnie. Ces stages comportent des cours techniques et des travaux pratiques. Une importance particulière est accordée aux méthodes spécifiques utilisées pour la recherche dans le cadre de projets de coopération technique, c'est-à-dire les méthodes de dosage de  $^{15}\text{N}$  par spectrométrie d'émission. Chaque fois que les circonstances s'y prêtent, une formation par groupe de deux à quatre boursiers est organisée une ou deux fois par an. La seconde catégorie comprend les boursiers qui se spécialisent dans la *recherche*; les stages durent de six à 12 mois et portent sur des questions inscrites au programme de recherche de la section. Les stagiaires apprennent à préparer et à réaliser des expériences, et à utiliser les techniques isotopiques associées adaptées au domaine particulier dans lequel ils travailleront lorsqu'ils seront de retour dans leur pays. Chaque boursier est tenu d'achever un travail déterminé et d'en faire un compte rendu par écrit. Ce genre de bourse donne donc l'occasion à son bénéficiaire de s'exercer à l'emploi des techniques nucléaires pour la solution de tel ou tel problème de recherche.

Enfin, le laboratoire accueille pour une ou deux semaines des scientifiques en voyage d'étude qui veulent se tenir au courant des dernières acquisitions de la science pédologique. La possibilité est également offerte aux spécialistes de se perfectionner dans le service en qualité d'internes à titre gratuit.

### **Services d'appui**

Pour assister les réseaux constitués à l'échelon international et régional par les programmes de recherche coordonnée de la Division mixte, la section se charge de faire des analyses d'échantillons de végétaux, de sols et d'engrais pour plus de 100 titulaires de contrats de

recherche participant aux divers programmes. A ce titre, quelque 15 000 dosages d'isotopes et autres analyses ont été faits l'an dernier. En outre, des engrais marqués avec  $^{15}\text{N}$  sont préparés et envoyés aux chercheurs titulaires de contrats de recherche pour leur permettre de faire leurs expériences.

La section fait aussi des analyses pour les laboratoires des pays membres en développement bénéficiaires de l'assistance technique de l'AIEA, qui ne disposent pas des moyens nécessaires.

Elle est aussi au premier rang quand il s'agit de mettre au point de nouveaux instruments et de nouvelles techniques de mesures ou de perfectionner ceux que l'on utilise déjà couramment. Les projets d'assistance technique de l'Agence sont les premiers à bénéficier de ces améliorations. Citons à titre d'exemple les rampes à vide métalliques conçues et réalisées par la section pour préparer les échantillons servant au dosage de  $^{15}\text{N}$  par spectrométrie d'émission. Ce matériel est destiné aux projets de coopération technique exécutés dans les Etats Membres.

### **Diffusion de l'information scientifique et technique**

La section de la fertilité des sols, de l'irrigation et de la production agricole, en collaboration avec la section de pédologie du laboratoire, a publié toute une documentation sur les principaux travaux scientifiques réalisés dans le cadre des programmes de recherche coordonnée et sur les résultats pratiques importants des projets d'assistance technique.

De même, la section de pédologie fait publier chaque année dans diverses revues scientifiques entre dix et 15 mémoires exposant les résultats les plus intéressants de ses travaux de recherche à l'appui des divers projets et programmes.

Elle s'occupe aussi tout spécialement de la préparation de manuels et de films vidéo à l'intention des participants aux cours et aux stages.

