

# LES ENGRAIS EN RIZICULTURE

## EVALUATION AU MOYEN DES RADIOISOTOPES DE DIVERS MODES DE CULTURE

Le programme de recherches sur l'utilisation des radioisotopes en riziculture, entrepris il y a plus d'un an par l'Agence internationale de l'énergie atomique, commence à porter ses premiers fruits. En effet, les recherches exécutées au titre de contrats octroyés par l'Agence dans le cadre de ce programme ont permis d'obtenir des renseignements intéressants sur les mérites respectifs des différentes méthodes d'application des engrais phosphatés à la culture du riz.

L'étendue et la nature des recherches que les radioisotopes ont rendues possibles en agriculture sont maintenant bien connues. D'une façon générale, on peut dire que l'emploi de ces substances a permis d'acquérir progressivement des connaissances détaillées sur les processus chimiques, biologiques et autres qui déterminent le succès ou l'échec d'une entreprise agricole; ces connaissances, à leur tour, fournissent certains éléments de base pour l'amélioration des pratiques culturales. Rien n'illustre peut-être mieux ce rôle des radioisotopes que leur emploi pour étudier la quantité disponible d'éléments nutritifs et leur mouvement dans le sol, ainsi que leur assimilation et leur métabolisme chez les plantes.

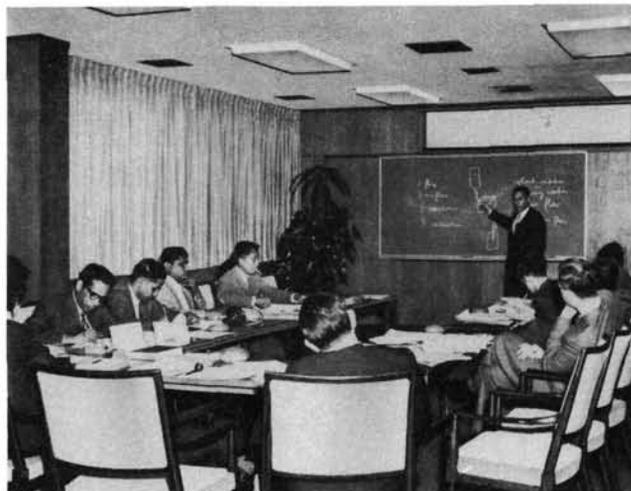
Toute modification importante des pratiques culturales doit, de toute évidence, être précédée d'une étude approfondie de tous les processus en jeu; cependant, les résultats de recherches partielles peuvent revêtir un intérêt pratique immédiat. C'est ainsi que tout renseignement sur l'efficacité relative des diverses méthodes d'apport d'engrais - par exemple, sur le point de savoir si l'engrais doit être répandu à la surface du sol ou enfoui à une certaine profondeur - peut présenter un intérêt direct pour les agriculteurs.

Il est particulièrement urgent d'obtenir de tels renseignements en ce qui concerne l'apport de phosphates aux plants de riz. Les expériences faites en pleine terre pendant plusieurs années avec les méthodes classiques n'ont pas donné de résultats vraiment certains sur l'efficacité relative des différentes méthodes d'application des engrais phosphatés en riziculture. Toutefois, ceci n'est pas surprenant. Les variations de rendement entre les parcelles de terrain où ont lieu les expériences ne sont pas très importantes. Bien que l'assimilation du phosphate puisse être entièrement différente d'une parcelle à l'au-

tre, les rendements sont généralement si proches de la réponse optimum aux phosphates qu'il n'est pas possible, en les comparant, de déterminer exactement les variations de l'efficacité des phosphates selon les diverses méthodes d'apport. Toutefois, l'usage de superphosphates marqués au phosphore radioactif (phosphore-32) permet de mesurer la fraction de phosphates que la plante a puisée dans l'engrais. L'assimilation des phosphates peut ainsi être évaluée directement et indépendamment de la croissance des plants ou du rendement de la culture.

Lors de la huitième réunion de la Commission internationale du riz, qui a eu lieu à la Nouvelle-Delhi en décembre 1961, un certain nombre de chercheurs ont fait connaître au représentant de l'AIEA qu'ils souhaiteraient utiliser les radioisotopes pour comparer diverses méthodes d'apport d'engrais phosphatés en riziculture. Trois mois plus tard, le Service des applications agricoles des radioisotopes de l'Agence a mis au point, en coopération avec des chercheurs de plusieurs Etats Membres, une série d'expériences en pleine terre et a pris des dispositions en vue de la livraison des engrais nécessaires sous forme de phosphates marqués. Sept contrats de recherche ont été passés avec des spécialistes de Birmanie, de Hongrie, du Pakistan oriental, du Pakistan occidental, des Philippines, de la Thaïlande et de la République Arabe Unie. Neuf séries d'expériences en pleine terre absolument identiques et réalisées avec des engrais marqués de même origine ont été menées simultanément sur des sols de types très variés et dans des conditions climatiques différentes. Des échantillons de feuilles prélevés à intervalles réguliers ont été envoyés pour analyse au Laboratoire de l'Agence, ou analysés par les chercheurs eux-mêmes.

A la fin de 1962, des représentants du Service des applications agricoles des radioisotopes de l'Agence ont assisté avec les bénéficiaires des contrats de recherche et un certain nombre d'autres experts à une réunion qui s'est tenue à l'Institut international de recherche sur le riz de Los Baños (Philippines) et au cours de laquelle ils ont comparé et interprété les résultats de leurs expériences et élaboré le programme de travail pour l'année suivante. On trouvera ci-après un résumé du rapport sur les résultats obtenus à la suite des expériences réalisées en 1962, qui a été présenté à la cinquième Conférence



Réunion organisée à Los Baños (Philippines) pour faire le bilan des résultats obtenus à l'issue d'expériences sur les méthodes d'application des phosphates dans la riziculture

japonaise sur les radioisotopes, tenue à Tokyo en mai 1963.

## Description et résultats des expériences en pleine terre

Tous les contractants ont exécuté les mêmes expériences en pleine terre, qui comprenaient l'application des méthodes ci-après :

- 1) Epandage de superphosphates marqués à la surface du sol ;
- 2) Epandage puis introduction par binage dans la couche superficielle du sol ;
- 3) Enfouissement à une profondeur de 10 cm au point de plantation ;
- 4) Enfouissement à une profondeur de 20 cm au point de plantation ;
- 5) Enfouissement à une profondeur de 10 cm entre les rangées ;
- 6) Enfouissement à une profondeur de 20 cm entre les rangées.

A côté des parcelles ainsi traitées étaient ménagées des parcelles témoins sans engrais. Chaque méthode a été appliquée sur huit parcelles choisies au hasard sur une aire expérimentale ; il y avait donc en tout 56 parcelles (y compris huit parcelles témoins sans engrais).

Toutes les opérations de préparation du sol pour les semis, telles que la fertilisation au moyen d'azote et de potassium et le repiquage, ont été exécutées suivant une procédure normalisée. Le superphosphate marqué avait une activité spécifique initiale de

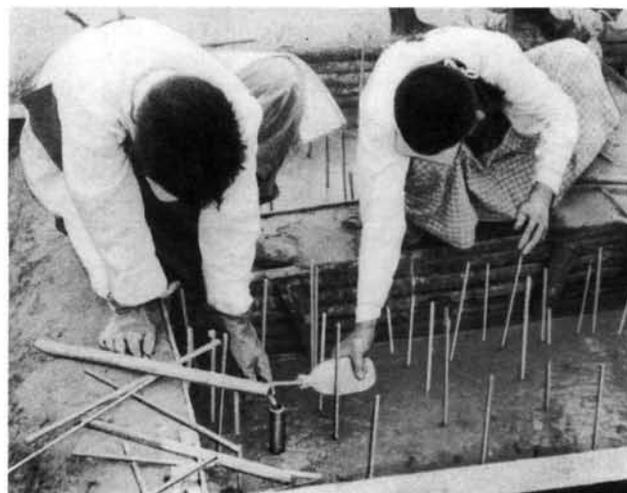
0,4 millicurie par gramme de phosphore et a été répandu à raison de 40 kg de phosphore par hectare.

Les plants de riz ont été récoltés 20, 40, 60 et 80 jours après le repiquage. L'influence de la méthode d'apport sur l'assimilation de l'engrais a été évaluée d'après l'analyse des échantillons récoltés après 60 jours. Le tableau ci-après indique l'efficacité relative des diverses méthodes, déterminée d'après la quantité de phosphore assimilée par les plants à partir de l'engrais (et non à partir du phosphore se trouvant naturellement dans le sol).

Traitement	Assimilation selon la méthode d'apport
Epandage	100
Epandage et binage	109
Enfouissement à 10 cm au point de plantation	54
Enfouissement à 20 cm au point de plantation	39
Enfouissement à 10 cm entre les rangées	44
Enfouissement à 20 cm entre les rangées	35

Ce tableau montre qu'en moyenne l'épandage en surface, avec ou sans binage, donne de bien meilleurs résultats que les autres méthodes. Pour ce qui est des sols, on a enregistré des différences marquées d'assimilation selon la méthode employée. Cependant, dans tous les cas, les deux méthodes d'é-

Dans l'expérience effectuée en Birmanie, l'engrais radioactif est introduit dans la terre, à une profondeur de 10 cm, à l'aide d'un tube plongeant et d'un piston fabriqués localement





Culture dans un champ expérimental en Hongrie; quelques échantillons ont été prélevés au centre



Récolte finale dans un champ expérimental, au Pakistan oriental

pannage en surface ont donné de meilleurs résultats que les quatre méthodes d'enfouissement. Ceci est particulièrement intéressant eu égard aux différences qui existaient entre les sols (dont la teneur en phosphate naturel était très variable), entre les milieux de culture et les variétés de riz, et au fait que l'une des méthodes consistait à placer l'engrais au point de plantation, ce qui assure généralement la meilleure assimilation chez la plupart des espèces végétales. En l'espace d'une année, donc, cet effort coopératif a permis de donner une réponse concrète à un problème pratique important. (L'une des lacunes de ce projet, toutefois, est qu'aucune des expériences n'a été faite sur un sol latéritique.)

Les expériences ont également révélé que le rythme d'assimilation du phosphate n'était pas constant pendant la période de croissance de la plante. Des échantillons ont été prélevés à des intervalles de 20 jours et on a mesuré leur teneur en phosphore provenant des engrais. Le tableau ci-après permet de comparer les résultats moyens obtenus pour les diverses parcelles, en ce qui concerne l'assimilation à différentes périodes (base 100, correspondant à l'assimilation enregistrée 20 jours après le repiquage, dans le cas de l'épandage en surface).

Traitement	Nombre de jours après repiquage			
	20	40	60	80
Epandage	100	96	89	114
Epandage et binage	138	124	97	111
Enfouissement à 10 cm au point de plantation	146	71	45	58

Enfouissement à 20 cm au point de plantation	109	61	34	48
Enfouissement à 10 cm entre les rangées	72	72	45	46
Enfouissement à 20 cm entre les rangées	50	48	37	40

Ces résultats permettent de constater que l'enfouissement de l'engrais au point de plantation est très efficace au début mais laisse à désirer par la suite. A 10 cm de profondeur, en particulier, l'assimilation proportionnelle de l'engrais diminue très rapidement à mesure que le système racinaire se développe, alors que le temps n'a pratiquement pas d'influence sur l'assimilation dans le cas de l'épandage, avec ou sans binage. Pour les méthodes d'enfouissement entre les rangées, l'assimilation diminue avec le temps beaucoup moins brusquement que dans le cas de l'enfouissement au point de plantation. Donc, la faible efficacité relative de l'enfouissement au point de plantation, que révèle le tableau précédent, est fonction à la fois de la méthode elle-même et du temps.

Il ressort des expériences susmentionnées que l'épandage du phosphate, avec ou sans binage, donne de meilleurs résultats que les méthodes d'enfouissement; d'autres expériences sont cependant nécessaires pour déterminer l'influence que l'assimilation du phosphate à divers stades de croissance peut avoir sur le rendement final de la culture.

### Expériences réalisées au Laboratoire de l'AIEA

Tous les contractants ont envoyé au Laboratoire de l'Agence d'importants échantillons de sols prélevés

sur chacun des terrains d'expérience, pour qu'ils puissent servir à des études comparatives en pot, avec divers types de sols, dans un milieu constant. On avait pensé en effet que les différences de climat et de sol et les variétés du riz pouvaient influencer sur le degré d'assimilation du phosphore contenu dans les engrais. Les facteurs qui ont paru les plus importants étaient l'état du sol (oxydation ou réduction\*) et l'infiltration de l'eau à travers le sol.

Les études en pot - faites avec neuf types de sols différents - avaient pour but d'évaluer l'assimilation du phosphate dans diverses conditions : 1) terrain sec ; 2) submersion sans courant ; 3) courant intermittent et assèchement ; 4) submersion avec courant continu, avec, dans chaque cas, application de deux méthodes différentes d'apport de l'engrais : épandage ou incorporation complète au sol.

Les opérations ont été réalisées en serre. Tous les pots ont reçu des superphosphates marqués et une ration de base d'azote, de potassium, de magnésium et de quelques éléments nutritifs secondaires. Deux mois après la germination, on a récolté les plants de riz et analysé leur teneur en phosphore-31 (stable) et en phosphore-32 (radioactif). Le tableau ci-après indique le pourcentage moyen du phosphore assimilé par les plants en provenance de l'engrais.

Régime d'alimentation en eau	Pourcentage du phosphore provenant de l'engrais par rapport à la teneur totale en phosphore du plant	
	Mode d'apport de l'engrais	
	Epandage	Incorporation
Terrain sec	57,6	38,5
Submersion sans courant	45,5	34,5
Courant intermittent	47,6	37,1
Submersion avec courant	45,4	34,5

On constate que lorsque l'engrais est incorporé au sol le régime d'alimentation en eau n'a pas d'effet appréciable sur l'assimilation du phosphate et que lorsque l'engrais est répandu en surface l'assimilation du phosphore de l'engrais n'est supérieure à celle du phosphore du sol qu'en terrain sec. Les résultats obtenus en cas de submersion avec courant et d'oxydation intermittente du sol ne diffèrent guère de

\* La réduction est l'élimination de l'oxygène d'un composé chimique, c'est-à-dire l'inverse de l'oxydation. La submersion des rizières, pratiquée dans de nombreux pays, produit la réduction du sol.

ceux qui l'ont été dans les cas de submersion sans courant, ce qui laisserait supposer que :

- 1) la réduction du sol qui se produit sous l'effet de l'eau ne modifie pas de façon appréciable la quantité de phosphate assimilable du sol ;
- 2) le courant d'eau n'augmente pas l'assimilation du phosphate provenant de l'engrais par rapport à l'assimilation du phosphate du sol ;
- 3) en terrain sec, fortement oxydé, la quantité de phosphate assimilable de l'engrais est supérieure à celle du phosphate du sol ;
- 4) l'épandage en surface est plus efficace que l'incorporation au sol, ce qui concorde avec les résultats des expériences en pleine terre (il y a lieu de noter, cependant, que les expériences d'apport d'engrais faites en serre peuvent rarement être appliquées directement à la culture en pleine terre et doivent être interprétées avec prudence).

La cohérence des résultats de ces expériences est particulièrement frappante car il s'agit d'une moyenne de résultats obtenus sur neuf sols différant non seulement par leurs caractéristiques chimiques mais aussi par leur teneur initiale en phosphate. Le tableau ci-après indique la quantité relative de phosphore du sol assimilable par les plantes (connue sous le nom de valeur de A), pour les neuf catégories de sols utilisés dans les expériences.

Sol No	Valeur de A (milligrammes de phosphore par kilogramme de sol)
1	4
2	12
3	13
4	14
5	15
6	35
7	49
8	68
9	210

## Recherches futures

Le choix du moment propice pour l'épandage de l'engrais est un autre problème très important pour la solution duquel les techniques radioisotopiques conviennent tout particulièrement. Des expériences

seront exécutées cette année dans le cadre du programme de recherches de l'Agence sur le riz en vue de déterminer quel est le meilleur moment pour l'application des superphosphates en riziculture. Ces expériences auront lieu dans divers pays - Birmanie, Corée, Hongrie, Pakistan (oriental et occidental), Philippines, République Arabe Unie, Thaïlande et peut-être Japon.

Les expériences comprendront a) l'apport de trois quantités différentes de phosphate avant le repiquage, b) l'apport de phosphate à trois stades successifs, c) l'apport de la même quantité de phosphate en une fois et en plusieurs fois. Les résultats permettront de juger l'efficacité de chacune de ces méthodes, d'après l'assimilation du phosphate par les plantes. Des études seront également entreprises en vue de déterminer si l'assimilation du phosphate à des stades tardifs de développement peut encore agir sur le métabolisme des plantes.

Il est prévu qu'un certain nombre d'expériences connexes seront faites au Laboratoire de l'Agence sur des échantillons de sols où sont exécutées des expériences en pleine terre. Le Laboratoire mettra également au point des techniques pouvant être utilisées par la suite pour des expériences en pleine terre.

Un autre problème qui devra être étudié dans le cadre du programme de recherches est celui de l'efficacité des engrais azotés en riziculture. Bien que l'azote soit l'élément nutritif le plus important pour le riz, relativement peu de travaux lui ont été consacrés jusqu'à présent. Une difficulté se pose du fait qu'il n'existe pas de radioisotope de l'azote qui puisse convenir et qu'il faut utiliser de l'azote enrichi en azote-15 (isotope stable mais qui se distingue de l'azote ordinaire par sa masse supérieure). Ceci suppose que le chercheur dispose d'un spectromètre de masse, ce qui est rarement le cas dans les établissements de recherche agronomique des régions rizicoles.

Le Laboratoire de l'Agence à Seibersdorf possède un spectromètre de masse qui permet de faire l'analyse courante d'échantillons. On envisage d'y faire prochainement des expériences pour étudier dans quelle mesure l'assimilation de l'azote par les plants de riz est influencée par les transformations de l'azote dans le sol, les interactions de l'azote et des autres éléments du sol, et les méthodes d'apport des diverses catégories d'engrais azotés en terrain sec et en terrain submergé. Les expériences de laboratoire et en pots ainsi que les expériences en pleine terre avec des composés marqués à l'azote-15 seront exécutées dans le cadre d'un programme coordonné de contrats de recherche et les échantillons seront, au besoin, analysés au Laboratoire de Seibersdorf. Celui-ci a déjà commencé des expériences préliminaires visant à mettre au point les techniques voulues.

Pour ce qui est de la quantité et du mouvement des éléments fertilisants dans les sols à rizières, on étudiera surtout les mécanismes qui influent sur la composition chimique de la solution du sol au voisinage des racines lorsque les éléments nutritifs sont assimilés par la plante de manière continue.

L'Agence envisage de poursuivre les recherches sur le riz au moyen des radioisotopes afin de résoudre des problèmes présentant un intérêt pratique direct pour les agriculteurs. Les plus importants de ces problèmes sont l'assimilation et le métabolisme des éléments nutritifs. Il est bien connu, par exemple, qu'en Asie du Sud-Est les variétés de riz Indica bien souvent ne réagissent pas aux engrais azotés et ont un rendement faible par rapport à celui des variétés Japonica cultivées dans les régions subtropicales. Une étude détaillée de l'assimilation et du métabolisme de l'azote et de sa contribution à la formation des acides aminés, chez les variétés Indica et Japonica, pourrait expliquer ce phénomène et permettre ainsi d'améliorer les pratiques de fertilisation à l'aide d'engrais azotés dans l'Asie du Sud-Est. Or, l'expérience l'a montré, de telles recherches ne peuvent être menées à bien que dans le cadre d'un programme coordonné comme celui qui a été entrepris par l'Agence.