



HAL
open science

Détermination du coefficient d'utilisation du potassium d'un engrais potassique : emploi de 40K

Jean-Claude Fardeau, Jocelyne Jappe, Jacques Quemener

► To cite this version:

Jean-Claude Fardeau, Jocelyne Jappe, Jacques Quemener. Détermination du coefficient d'utilisation du potassium d'un engrais potassique : emploi de 40K. *Agronomie*, 1984, 4 (7), pp.663-669. <hal-00884684>

HAL Id: hal-00884684

<https://hal.science/hal-00884684v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Détermination du coefficient d'utilisation du potassium d'un engrais potassique : emploi de ^{40}K

Jean-Claude FARDEAU, Jocelyne JAPPE & Jacques QUEMENER (*)

C.E.N. de Cadarache, Département de Biologie, Service de Radioagronomie,
B.P. 1, F 13115 Saint-Paul-lez-Durance

(*) S.C.P.A., Station agronomique, F 68700 Aspach-le-Bas

RÉSUMÉ

Le coefficient d'utilisation du potassium d'un engrais potassique (KCl) a été mesuré directement avec du potassium 40 comme traceur. L'expérience a été réalisée en cases lysimétriques pour trois espèces végétales sur un sol argilo-calcaire. On décrit d'abord les conditions d'emploi de cet isotope naturel un peu particulier, puis on montre que le coefficient d'utilisation du potassium de l'engrais a été de 6 p. 100 avec du blé dur, de 11,3 p. 100 avec le maïs et de 5,4 p. 100 avec la pomme de terre. On compare ces données à celles observables pour les engrais phosphatés.

Mots clés additionnels : Blé, maïs, pomme de terre, mauvaises herbes.

SUMMARY

Measurement of the utilization coefficient of potassium fertilizer by crops : use of ^{40}K .

The utilization coefficient of potassium as fertilizer has been directly determined using potassium 40 as tracer. The isotopic excess of the ^{40}K used was 0.065 %. The experiment was carried out in lysimeters (1 m²-1 m³) with three different crops on a calcareous silt loam. The determination of the ^{40}K isotopic excess in the yield is described. The utilization coefficient of the fertilizer, applied as KCl, was close to 6 % for winter wheat, 11.3 % for corn and 5.4 % for potatoes. These results are compared with those observed for phosphorus fertilizers.

Additional key words : *Wheat, maize, potatoes.*

I. INTRODUCTION

La justification la plus fréquente des apports d'engrais repose sur l'existence d'augmentations de rendements qui créent des bénéfices financiers supplémentaires pour l'agriculteur.

Seul, un critère explicatif, indépendant des conditions économiques variables d'un pays à l'autre et, dans un pays donné, d'une période à l'autre, serait susceptible de rationaliser l'emploi des engrais ; le coefficient d'utilisation des engrais par la culture est l'un d'eux puisqu'il autorise parfois à relier cause (épandage) et effet (rendement).

Il faut distinguer 2 coefficients d'utilisation : l'apparent et le réel. Le premier est calculé à partir des quantités d'éléments prélevées par une même culture sur des parcelles d'un même essai, ayant reçu ou non un engrais comportant le ou les éléments étudiés ; l'hypothèse implicite de ce calcul est que la plante prélève la même quantité d'éléments à partir du sol, en

présence ou en l'absence d'engrais. Quant au coefficient d'utilisation réel, il est mesuré par emploi d'un traceur et ne repose pas sur l'hypothèse précédente.

Pour l'azote, à partir de 1943 (NORMAN & WERKMAN, 1943), grâce à l'azote 15, et, pour le phosphore, avec le ^{32}P ou le ^{33}P depuis 1948 (DEAN *et al.*, 1948), les résultats expérimentaux ont fait apparaître que le coefficient apparent est très généralement supérieur au coefficient réel. Ainsi, on peut relever, dans le cas de l'azote (LINDEMANN *et al.*, 1983), un coefficient apparent supérieur à 100 p. 100 alors que l'utilisation de l'azote 15 indique un coefficient réel de 50 à 80 p. 100 ; de même, pour le phosphore, CHAMINADE *et al.*, 1978 citent un coefficient apparent proche de 100 p. 100 alors qu'aucune mesure directe du coefficient réel par emploi de ^{32}P ou ^{33}P n'a donné un chiffre supérieur à 20 p. 100 (BLANCHET *et al.*, 1965). Il résulte de ces données qu'en règle générale, la plante prélève plus à partir du sol en présence d'engrais qu'en son absence tant pour N que pour P.

Aucune mesure du coefficient d'utilisation réel n'a été réalisée pour le potassium par manque d'isotopes aisément utilisables en agronomie ; les rares coefficients d'utilisation apparents publiés peuvent sembler suspects, certains dépassent significativement 100 p. 100 (DRAKE *et al.*, 1970). L'objectif de cette première expérience en cases lysimétriques est de commencer à combler cette lacune en employant du potassium 40 comme traceur de l'engrais, qui jusqu'alors n'a été utilisé qu'en vases de végétation (FARDEAU & JAPPE, 1979 ; SLUTSKAYA *et al.*, 1980 ; MEDVEDEVA *et al.*, 1983).

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. Isotopes du potassium

Le potassium naturel est composé de 3 isotopes, le ^{39}K , le ^{40}K et le ^{41}K dont les fréquences respectives sont 0,931, 0,000 12 et 0,069. Utilisés quelquefois en physiologie végétale, le ^{42}K (CHAMEL, 1973 ; NUTALL *et al.*, 1967) et le ^{43}K (FARDEAU & JAPPE, 1979) ont respectivement des périodes de 12,3 et 23,4 h trop restreintes pour aborder des études agronomiques à l'échelle annuelle. L'emploi du ^{86}Rb comme traceur du potassium n'est pas correct (FRIED *et al.*, 1959). L'unique possibilité pour les marquages reste donc de faire appel à un couple des isotopes naturels. Le choix dépend surtout des moyens analytiques des laboratoires ; on peut soit réaliser les déterminations des teneurs isotopiques par spectrométrie de masse (HARMS, 1964 ; REUTERSWARD, 1956), soit associer un comptage de ^{40}K , radioisotope naturel de période $1,3 \times 10^9$ ans, à un dosage chimique du potassium total des échantillons. C'est cette dernière solution que nous avons retenue.

B. Protocole de mesure du potassium 40 dans les végétaux

Deux à 3 g de poudre végétale sont calcinés et les cendres obtenues sont reprises par 10 ml d'acide nitrique dilué au 1/10. Après ébullition brève, l'ensemble est filtré et complété à 50 ml en fiole jaugée. Le potassium est alors dosé par absorption atomique. On prélève un volume de solution qui contienne au minimum 33 mg de K. Dans cette solution amenée à pH entre 4 et 5, on ajoute très progressivement 15 ml de tétraphénylbonate de sodium à 0,2 p. 100 (VAN NIEUWENBURG, 1963) qui précipitent exactement 33 mg de K. La précipitation du K-TBP présente le double intérêt d'éliminer l'ensemble des autres radioéléments dont la présence est toujours possible à ces niveaux de radioactivité très faibles et de concentrer sous un faible volume une quantité importante de potassium. Le précipité est retenu sur une membrane en acétate de cellulose de 40 mm de diamètre et à pores de $0,2 \mu\text{m}$; il est lavé à l'eau glacée, puis séché à 50°C et pesé. La quantité de potassium retenue est calculée en multipliant le poids du précipité par 0,109. L'ensemble membrane-précipité est placé dans une fiole pour comptage par scintillation liquide, puis dissous au moyen de 20 ml de solution scintillante (Unisolve I). Chaque échantillon est compté 2 fois pendant 20 mn avec estimation du quenching, ce qui assure en règle

générale des valeurs à 3 p. 100 près. Il faut noter ici que la membrane ne se dissout pas en totalité, mais que sa présence ne modifie pas le rendement du comptage.

La teneur isotopique du ^{40}K utilisé dans cette expérience était faible et proche de la teneur naturelle ; il était donc indispensable de prendre en compte le bruit de fond lié à la radioactivité naturelle ^{40}K des échantillons de plantes enrichies en ^{40}K .

En désignant par :

— BF le comptage d'un témoin ne contenant que du liquide scintillant

— N_K celui d'un échantillon contenant 33 mg de potassium naturel provenant soit d'un sel de potassium, soit de la précipitation du potassium d'une récolte non marqué en excès de la teneur naturelle

— et N celui d'un échantillon de 33 mg de potassium très légèrement enrichi en ^{40}K , le comptage net du ^{40}K présent a pour valeur : $N_{\text{net}} = N - N_K$.

Si l'échantillon légèrement enrichi contient une quantité de potassium inférieure à 33 mg K, ce qui arrive pour les fractions des végétaux à faible teneur en potassium, le calcul est conduit comme suit : soit N_A le comptage d'un échantillon contenant Y mg K ; le bruit de fond ^{40}K naturel associé à ces Y mg K a pour valeur :

$$(N_K - \text{BF}) \frac{Y}{33}.$$

Le comptage net d'un tel échantillon a pour valeur :

$$N_{\text{net}} = N_A - \text{BF} - (N_K - \text{BF}) \frac{Y}{33}.$$

On note ici que :

— Si $Y = 33$, c'est-à-dire le cas que l'on cherche à obtenir le plus souvent pour être assuré de la reproductibilité des taux de quenching, on a bien $N_{\text{net}} = N_A - N_K$.

— La validité de l'interpolation linéaire utilisée a effectivement été contrôlée sur des quantités de potassium naturel précipitées inférieures à 33 mg, ce qu'avait d'ailleurs fait également d'autres auteurs (HABIB *et al.*, 1983) avec une autre technique de comptage faisant appel aux compteurs proportionnels.

— Les comptages ^{40}K retenus dans les calculs sont des valeurs de ^{40}K en excès sur la teneur naturelle, ce qui permet d'utiliser les formules de dilution isotopique simples.

— Les valeurs obtenues pour BF et N_K sont de 1 500 et 2 600 ipm 20 mn^{-1} , et N est généralement voisin de 3 400 imp 20 mn^{-1} . Les valeurs BF et N_K permettent de calculer le rendement de comptage pour le ^{40}K : il est de 89,5 p. 100.

C. Méthodes de calcul utilisées

Elles sont celles décrites antérieurement (FARDEAU & GUIRAUD, 1972). En désignant par B la quantité d'engrais introduite, par B* la quantité de radioactivité ^{40}K apportée en excès sur la teneur naturelle, b* la quantité de radioactivité ^{40}K présente dans les récoltes, par b la quantité de potassium de la plante originaire de l'engrais et par a la quantité de potassium de la

plante originaire du sol, le coefficient d'utilisation réel, k , de l'engrais a pour valeur :

$$k = \frac{b}{B} = \frac{b^*}{B^*} \quad (1)$$

Il est donc mesuré uniquement à partir des déterminations de radioactivité contenue dans l'engrais et les récoltes.

Le pourcentage, y , de potassium trouvé dans la récolte et provenant de l'engrais a pour valeur :

$$y = \frac{b}{a + b} \times 100 \quad (2)$$

Soit :

$$y = \frac{\frac{b}{b^*}}{\frac{a + b}{b^*}} \times 100$$

De (1) on déduit :

$\frac{b^*}{b} = \frac{B^*}{B} = \text{RAS } K_E$ qui représente la valeur de la radioactivité spécifique du potassium de l'engrais.

D'autre part $\frac{b^*}{a + b}$ est la radioactivité spécifique du potassium de la récolte, $\text{RAS } K_{\text{plante}}$.

On déduit donc :

$$y = \frac{\text{RAS } K_{\text{pl}}}{\text{RAS } K_E} \times 100 \quad (3)$$

qui est la formule la plus généralement utilisée.

Mais il faut signaler aussi que :

$$y = \frac{b}{a + b} \times 100 = \frac{\frac{b}{B}}{\frac{a + b}{B}} \times 100 = \frac{k}{\frac{K_{\text{pl}}}{K_E}} \times 100 \quad (4)$$

Cette dernière formule est plus simple d'utilisation si la quantité de K dans la récolte est connue, donnée qui n'est pas nécessaire si l'on fait appel à la formule (3).

Toutes les valeurs de radioactivité spécifique présentées dans les tableaux, sont calculées en ramenant la radioactivité introduite dans les parcelles à la valeur 100. Cette présentation est la plus efficace qui puisse exister pour comparer les divers résultats.

D. Cultures et sol

Les cultures choisies sont celles de la région du Val de Durance. Il s'agit de blé dur « Bidi 17 », de maïs « INRA F7 × F2 » et de pommes de terre « Bintje » qui ont été cultivés dans des cases lysimétriques de $1 \times 1 \times 1$ m, situées à l'intérieur du site du Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache. Le blé a été semé à raison de 16 g.m^2 , le maïs à raison de 18 pieds au m^2 mais 9 ont été arrachés 4 semaines après la levée et les pommes de terre ont été plantées à raison de 5 au m^2 .

Le sol des cases est un limon calcaire contenant 39,0 p. 100 de CaCO_3 , 1,00 p. 1 000 d'azote total, 300 p.p.m. de K échangeable et ayant un C/N de 13,6 et un pH de 8,1.

Le phosphore a été apporté en une seule fois sous forme de phosphate monocalcique à la dose de 20 g P.m^{-2} juste avant la mise en place de l'essai. L'azote a été apporté en une seule fois à la plantation des pommes de terre et en 3 fois au cours de la végétation de chaque céréale. L'engrais potassique, marqué au ^{40}K a été amené sous forme pulvérulente sur les sols des cases lysimétriques qui ont été aussitôt bêchées, et ce, la veille du semis ou de la plantation, c'est-à-dire le 27 novembre pour le blé, le 5 mai pour le maïs et le 5 avril pour les pommes de terre. Le potassium a été apporté sous forme de KCl à la dose de 12, 16 et 22 g K.m^{-2} pour le blé, le maïs et la pomme de terre respectivement. Les engrais marqués au ^{40}K , ont été préparés de telle manière qu'une même quantité de ^{40}K en excès sur la teneur naturelle a été apportée à chacune des cases. La teneur isotopique de ^{40}K en excès était environ de 0,05 p. 100 dans la case blé, c'est-à-dire 40 fois plus faible que la teneur retenue par les agronomes soviétiques (MEDVEDEVA *et al.*, 1983).

Au total 6 cases ont été utilisées : 3 avec du ^{40}K et 3 sans ^{40}K , ces dernières portant les mêmes cultures avec les mêmes doses d'engrais que les cases avec ^{40}K mais permettant d'obtenir pour chaque plante le bruit de fond lié au potassium naturel. L'impossibilité de disposer, l'année de ces cultures, de cases supplémentaires, nous a empêchés de conduire 3 cases sans apport de potassium et nous a ainsi privés de la comparaison coefficient d'utilisation apparent-coefficient d'utilisation réel du potassium.

Enfin, en raison du manque de précipitations régulières dans la région, les cultures ont été régulièrement arrosées, mais sans contrôle de l'irrigation ni de l'état hydrique des sols. Il a été procédé à la récolte de l'ensemble des cultures et de leurs résidus à maturité, ainsi qu'à celles des mauvaises herbes sur la case « pommes de terre » avant la pousse de celles-ci (essentiellement *Papaver rhoeas*) et sur la case maïs, en décembre, 2 mois après la récolte.

III. RÉSULTATS

A. Matière sèche récoltée

Les récoltes de grains sont très faibles. Ce résultat a pour origine le fait que l'intérieur du site de Cadarache est une zone de chasse protégée : les grains ont été consommés quelques jours avant maturité complète par des prédateurs tels que rats, mulots et oiseaux malgré la présence de grillages protecteurs. C'est pourquoi nous présentons, colonnes (4) et (5) du tableau 1 les récoltes que nous aurions pu réaliser pour les céréales et que nous avons calculées sur la base des rendements régionaux et du rapport paille-grain. Il faut cependant noter que, dans tous les cas, les récoltes ne témoignent pas d'une grande réussite des cultures.

TABLEAU 1
Matière sèche récoltée ($g.m^{-2}$).
Dry matter yield ($g.m^{-2}$).

		Récolte effective		Récolte calculée	
		Grains ou tubercules (2)	Résidus culturaux (3)	Grains ou tubercules (4)	Résidus culturaux (5)
Case 2	Blé dur	69	345	350	345
Case 3	Jeunes maïs	/	26,8	/	26,8
	Maïs	258	713	540	713
	Mauvaises herbes (Automne)	/	27,9	/	27,9
Case 4	Pommes de terre	196,5	94,4	196,5	94,4
	Mauvaises herbes (coquelicots)	/	133	/	133

B. Potassium exporté et coefficient d'utilisation réel de l'engrais

Pour chaque culture et pour les adventices, nous avons mesuré le potassium exporté et le coefficient d'utilisation du KCl. Des valeurs observées au tableau 2, on déduit les informations suivantes :

1) Le coefficient d'utilisation est faible et resterait inférieur à 20 p. 100 de l'apport, même si la récolte avait été 2 fois plus importante. On est donc très loin de la valeur de 100 p. 100 parfois citée comme coefficient d'utilisation apparent.

2) Les valeurs obtenues dans cette expérience sont inférieures à celles de SLUTSKAYA *et al.* (1980). Cette différence peut avoir de multiples origines, par exemple, la nature des sols et leur teneur en potassium assimilable. Cependant, la cause la plus probable serait liée au fait que ces auteurs ont expérimenté en pots de culture de volume très limité, ce qui conduit généralement à des rendements culturaux par unité de surface ou de volume supérieurs à ceux obtenus au champ, entraînant par là même des coefficients d'utilisation plus élevés des éléments fertilisants (BLANCHET *et al.*, 1965).

TABLEAU 2
Potassium exporté en $mg K.m^{-2}$ et coefficient réel d'utilisation de l'engrais.
Potassium in crop ($mg K.m^{-2}$) and utilization coefficient of fertilizers.

Récolte			Récolte effective		Récolte calculée	
			K mg	^{40}K % introduit	K mg	CU%
Case 2	Blé dur	Balle	135,6	0,13	135,6	0,13
		Paille	4 638	4,52	4 638	4,52
		Grain	276	0,27	1 400	1,36
		Total	5 049	4,92	6 173	6,01
Case 3	Maïs	Jeunes maïs (4 semaines)	1 499	1,75	1 499	1,75
		Tiges + Feuilles	10 962	7,97	10 962	7,97
		Spathes	814	0,58	814	0,58
		Rafles	1 341	1,09	1 341	1,09
		Grains	1 032	0,81	2 160	1,70
		Total	14 149	10,45	15 277	11,34
	Mauvaises herbes (Automne)	929	0,73	929	0,73	
Case 4	Pommes de terre	Mauvaises herbes (coquelicots)	4 090	2,57		
		Parties aériennes	2 423	1,28		
		Tubercules	6 522	4,11		

C. Potassium originaire du sol et de l'engrais présent dans les récoltes

Le pourcentage, y , du potassium des récoltes originaires de l'engrais (tabl. 3), le complément à 100 correspondant au pourcentage du potassium de la récolte originaire des réserves assimilables du sol, est faible dans tous les cas et, à l'exception près constituée par les plants de maïs retirés à 4 semaines, il peut être considéré comme constant. Si cette exception semble logique puisque les jeunes maïs n'ont exploité que la zone de 0 à 25 cm de profondeur où l'engrais avait été enfoui, il est plus étonnant, *a priori*, que la RAS du K des mauvaises herbes récoltées en décembre ne soit pas significativement différente de celle des maïs récoltés en septembre. L'interprétation d'un tel résultat ne pourra être abordée qu'à l'issue des récoltes prochaines.

TABLEAU 3

Calcul du pourcentage du potassium de la plante originaire de l'engrais.
Potassium derived from fertilizer.

Case	Plantes	RAS K engrais	RAS K récolte	K plante originaire engrais y %
2	Balle	8,33	0,96	11,5
	Paille		0,97	11,6
	Grain		0,97	11,6
	Jeunes maïs		1,17	18,7
3	Tiges + feuilles	6,25	0,72	11,5
	Spathes		0,71	11,3
	Rafles		0,81	13,0
	Grains		0,78	12,4
	Mauvaises herbes d'automne		0,78	12,4
	Mauvaises herbes		0,53	11,6
4	Parties aériennes	4,54	0,63	13,8
	Tubercules		0,62	13,6
	Pommes de terre			

IV. DISCUSSION

La réalisation de cette expérience, conduite avec un engrais marqué localisé dans les 25 premiers cm de sol, permettait d'envisager l'utilisation de la formule de FRIED & DEAN (1952) pour calculer une quantité, A , de potassium assimilable du sol.

Certes, ces auteurs insistent sur la nécessaire localisation de l'engrais pour éviter les réactions engrais-sol. L'absence de réaction entre l'ajout et le sol n'est certainement pas respectée dans le cas d'un apport de chlorure de potassium puisque l'on sait que des granulés de scories potassiques, qui correspondent à la forme physique des engrais potassiques la plus persistante dans le sol, perdent en quelques jours le potassium qu'ils contiennent, même en sol très peu humide, du seul fait de la présence de vapeur d'eau. Cependant, la localisation n'est pas, pour tous les agronomes, une condition indispensable puisque certains (BROESHART, 1974) calculent, après apport de nitrate ou d'ammonium marqué à l'azote 15 c'est-à-dire de formes particulièrement réactives ou mobiles, des quantités, A , d'azote disponible des sols. La difficulté majeure pour appliquer le concept de FRIED & DEAN est ailleurs. En effet, ces auteurs font l'hypothèse que le coefficient d'utilisation de l'élément de l'engrais et des réserves assimilables du sol sont égaux ; partant de là, on met parfois en évidence des quantités fictives d'éléments assimilables présents dans le sol, tant pour le phosphore (FARDEAU & GUIRAUD, 1972) que pour l'azote. C'est pourquoi il paraît plus judicieux d'utiliser les résultats obtenus pour calculer, non pas les quantités A de potassium assimilable du sol, mais les quantités originaires du sol et de l'engrais (tabl. 4). Les quantités ainsi extraites des réserves du sol par les récoltes sont à comparer aux teneurs en potassium assimilable du sol. Parmi les multiples méthodes d'analyse (QUEMENER, 1979), 2 ont été utilisées : l'extraction à l'acétate d'ammonium et la dilution isotopique selon un protocole décrit antérieurement (FARDEAU *et al.*, 1977). En effet nous avons montré (FARDEAU & JAPPE, 1979) que, dans ce même type de sol, les plantes puisaient effectivement leur potassium à partir de l'ensemble isotopiquement diluable. Dans

TABLEAU 4

Origine du potassium prélevé.
K-soil and K fertilizer in the crop.

Case	Plantes	K originaire sol mg	K originaire engrais mg	K sol K engrais	K total mg	K apporté mg
2	Blé dur	4,46	0,59	0,13	5,05	12
	Maïs	12,67	1,48	0,12	14,15	—
3	Mauvaises herbes	0,78	0,12	0,15	0,9	—
	Total case	13,45	1,60	0,12	15,05	16
	Mauvaises herbes (coquelicots)	3,52	0,57	0,16	4,09	—
4	Pommes de terre	7,75	1,19	0,15	8,94	—
	Total case	11,27	1,76	0,16	13,03	22

le cas présent, les teneurs en K échangeable et en K isotopiquement diluable sont égales entre elles et sont de 300 ± 15 p.p.m. K. Il aurait donc suffi au blé dur d'exploiter à 100 p. 100 environ 14,5 g de sol, au maïs 45 g de sol et aux pommes de terre 37,50 g de sol. Mais un tel résultat peut également s'interpréter, par exemple, comme une exploitation à 1 p. 1 000 de 14,5 kg de sol pour le blé, 45 kg pour le maïs et 37,5 kg pour les pommes de terre.

Une autre remarque qu'il est possible de faire à partir de ces résultats concerne l'association du faible coefficient d'utilisation de l'engrais et le pourcentage constant de potassium originaire de cet engrais et présent dans la récolte. Cette observation semble largement confirmer une conclusion, obtenue à partir d'un raisonnement très différent, émise par BOSC (comm. pers., 1983) qui estime que la réponse à un apport est apparue plus comme une caractéristique agronomique du sol que liée à la richesse estimée à partir du potassium échangeable. A l'image des résultats obtenus avec le phosphore, on peut raisonnablement faire l'hypothèse que cette caractéristique doit illustrer l'aptitude du sol à retenir les ions potassium. Il semble en particulier possible de faire appel à la méthode des cinétiques de dilution isotopique et plus précisément à une des caractéristiques : la fraction de la radioactivité restant en solution après 1 mn de contact entre la radioactivité injectée et le mélange sol-solution. Dans le cas de notre sol, cette donnée a pour valeur 0,18 : c'est-à-dire que, si nous tentions de résoudre un problème phosphore, nous serions en présence d'un sol à fort pouvoir fixateur peu modifiable par des apports d'engrais. Cette analyse s'appuie également sur des observations antérieures faites à partir de l'analyse d'échantillons provenant des parcelles centenaires DEHÉRAIN de Grignon (FARDEAU *et al.*,

1977) où sont régulièrement épandus des engrais potassiques. Certes l'approche du pouvoir fixateur des sols en potassium, par la méthode isotopique copiée sur celle relative au phosphore, diffère de celle décrite par VAN DER MAREL (1954) pour lequel le pouvoir fixateur est illustré par le passage de potassium à l'état non échangeable à la suite d'un apport important d'engrais potassique. Mais ces 2 approches sont certainement complémentaires dans la mesure où la première permet de décrire le système sans ajout et la seconde après un apport.

V. CONCLUSION

Les résultats présentés ne portent que sur un seul sol.

Le coefficient d'utilisation réel du potassium du chlorure de potassium par les parties aériennes à la récolte, n'a pas dépassé 15 p. 100, la 1^{re} année de culture. Nous nous trouvons donc dans une situation, certes, un peu meilleure, mais quand même assez proche de celle rencontrée pour le phosphore ce qui pourrait orienter les travaux de recherches ultérieures.

Le faible coefficient d'utilisation du potassium engrais est associé à un faible pourcentage du potassium de la plante originaire de l'engrais. Cette observation autorise à penser qu'une fraction importante de l'apport a réagi avec le sol. Il doit donc exister une caractéristique du sol liée au pouvoir fixateur qui régle le comportement du sol vis-à-vis des apports d'engrais potassiques et, par voie de conséquence, la réponse des cultures.

Reçu le 17 avril 1983.
Accepté le 24 mars 1984.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blanchet R., Morizet J., Chaumont C., Maertens C., 1965. Quelques exemples d'utilisation d'un engrais phosphaté radio-actif pour l'étude de l'alimentation phosphorique des plantes dans le sol. *Ann. Agron.*, **16**, 535-551.
- Broeshart H., 1974. Quantitative measurement of fertilizer uptake by crops. *Neth. J. Agric. Sci.*, **22**, 245-254.
- Chamel A., 1973. *Etude à l'aide du ⁴²K de la pénétration et de la migration du potassium fourni par voie foliaire*. Thèse Doctorat, Grenoble, 136 p.
- Chaminade R., Roche P., Grière L., 1978. La carence en phosphore dans les sols tropicaux. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 479-482.
- Dean L. A., Nelson W. L., Mackenzie A. J., Armiger W. H., Hill W. L., 1948. Application of radioactive tracer technic to studies of phosphatic fertilizer utilisation by crops. I. Greenhouse experiments. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **12**, 107-112.
- Drake M., Colby W. G., Oohara H., Yoshida N., Fukunaga K., Oohara Y., 1970. Effets obtenus au cours de 5 ans de fertilisation par des engrais phosphatés et potassiques sur le rendement et la composition d'un mélange luzerne/dactyle pelotonné et d'un mélange de trèfle ladino-dactyle pelotonné (1960-1964). *Revue de la Potasse*, **16**, 47, 120.
- Fardeau J.-C., Guiraud G., 1972. Determination of available soil and fertilizer phosphorus by isotopic dilution method. *Phosphorus in agriculture*, **60**, 19-26.
- Fardeau J.-C., Chabouis C., Hétiér J. M., Jappe J., 1977. Méthode des cinétiques de dilution des ions PO_4^{3-} et K^+ : application à l'analyse des modifications de fertilité dans les essais de très longue durée. *Sci. Sol, Bull. Assoc. Fr. Etud. Sol*, (2), 111-122.
- Fardeau J.-C., Jappe J., 1979. Potassium assimilable : identification au pool des ions isotopiquement diluables. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, **288**, 1039-1042.
- Fried M., Dean L. A., 1952. A concept concerning the measurement of available soil nutrients. *Soil Sci.*, **73**, 263-271.
- Fried M., Hawks G., Mackie W. Z., 1959. Rubidium-potassium relations in the soil-plant system. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **23**, 360-362.
- Habib R., Ariès F., Guennelon R., 1983. Caractérisation des faibles niveaux de radio-activité d'échantillons végétaux par étude de la décroissance. Application au double marquage $^{32}P/^{35}S$. *Agronomie*, **3**, 473-481.
- Harms G., 1964. *Etude des isotopes du potassium. Datage par la méthode Argon Potassium*. Thèse Doctorat Université Toulouse.

- Lindemann Y., Guiraud G., Chabouis C., Christmann J., Mariotti A.**, 1983. Cinq années d'utilisation de l'isotope 15 de l'azote sur des betteraves sucrières en plein champ. *Colloq. Inst. Techn. Better., Bruxelles*, 110-115.
- Medvedeva O. P., Slutskaya L. D., Shirsmova R. A., Lobanova T. V.**, 1983. Availability of potassium of soils and fertilizers to plant on various types of soils using trials with ⁴⁰K. *Agrokimiya* (9), 23-35.
- Norman A. G., Werkman C. H.**, 1943. The use of nitrogen isotope ¹⁵N determining nitrogen recovery from plant materials decomposing in soil. *J. Am. Soc. Agron.* **35**, 1023-1025.
- Nutall W. F., Warkentin B. P., Carter A. L.**, 1967. A value of potassium related to other indexes of soil potassium availability. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **31** (3), 344-348.
- Quemener J.**, 1979. The measurement of soil potassium. *Inst. Potas. Intern., Res. Top.*, **4**, 48 p.
- Reutersward C.**, 1956. On the isotopic constitution of potassium. *Ark. Fys.*, **11**, 1-54.
- Slutskaya L. D., Medvedeva O. P., Shirsmova R. A.**, 1980. Study of the potassium nutrition of plants using ⁴⁰K. *Agrokimiya* (7), 30-38.
- Van der Marel H. W.**, 1954. Potassium fixation in Dutch soils : mineralogical analysis. *Soil Sci.*, **78**, 168-179.
- Van Nieuwenburg C. J.**, 1963. *Quantitative chemical micro-analysis*. Elsevier Publishing Company, 175 p.