

DETERMINATION DU PHOSPHORE ISOTOPIQUEMENT ECHANGEABLE DE 4 TYPES DE SOLS MAROCAINS *

A. SQALLI

SOMMAIRE

- I. INTRODUCTION
- II. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL
 - 1. Les sols
 - 2. Essais en petits vases de végétation
- III. LES ANALYSES
 - 1. Essais en vases de végétation
 - 2. Essais de laboratoire
 - 3. Formules de calcul
- IV. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION
 - 1. Essais de laboratoire
 - 2. Essais en vases de végétation
- V. CONCLUSION

* En accord avec la D.R.A. Marocaine, l'étude présente a été réalisée en 1972 au cours du stage que j'ai effectué au Laboratoire de Radicagronomie du C.E.N. de Cadarache, je précise que ce travail a été fait sous la conduite de M. FARDEAU, responsable de la Recherche sur le phosphore du Laboratoire cité ci-dessus.

I. - Introduction

Du phosphore total présent dans un sol, la fraction réellement assimilable est difficile à évaluer, les méthodes chimiques pour un même type de sol donnant des résultats non comparables (7,15); la même méthode donne des résultats variables avec le pH du sol et non concordants avec le test biologique c'est-à-dire la culture en vases de végétation ou en plein champ, en se référant au rendement et à la teneur en phosphore de la matière sèche; ce phosphore prélevé par la plante ne représente en fait que la partie assimilée par la plante et non la réserve assimilable. Ainsi, les méthodes chimiques et même expérimentales semblent insuffisantes pour évaluer cette réserve dite assimilable et le problème phosphore restera insoluble si on ne recourt pas à d'autres méthodes qui, espérons-le, nous conduiront à des résultats satisfaisants.

Ce sont les méthodes physico-chimiques basées sur le principe de la dilution isotopique qui aboutissent au calcul des 3 valeurs définies par leurs auteurs.

— Valeurs E de CUNARSSON et FREDERIKSON: P. échangeable déterminé par agitation du mélange sol-eau dans un rapport bien défini et pendant un temps assez long.

— Valeur A de FRIED et DEAN: P assimilable déterminé en présence d'une plante et d'un engrais localisé.

— Valeur L de LARSEN: P assimilable déterminé en vases de végétation en l'absence d'engrais.

Si ces valeurs diffèrent par leur concept de base et leurs formules de calcul, elles aboutissent au même objectif, l'évaluation d'une façon ou d'une autre du p₀ assimilable du sol, tel est le but principal de cette étude.

II. - Protocole expérimental

1. Les sols

Il s'agit de 7 sols provenant de régions différentes prélevés à 2 niveaux 0-30 et 30-60 cm et appartenant à 4 groupes pédologiques caractéristiques et représentatifs de nos sols marocains: brun-calcaire, rouge méditerranéen-lessivé, Dess et Tirs (voir caractéristiques de ces sols au tableau 1).

TABLEAU 1

**Quelques précisions sur les échantillons de sols utilisés,
tirés des cahiers de la Recherche Agronomique n° 25, année 1967**

Types de sols	Profils	Régions et lieu de prélèvements	Caractéristiques pédologiques
Brun Calcaire	4	Tadla : partie Sud du périmètre irrigué des Béni-Moussa à 14 km à l'W de Béni-Me'jal par R.N. n° 24	Sol brun isohumique subtropical modal sur argile, peu calcaire en surface
	5	Tadla : à 13 km au S-E de Fquih Ben Salah au bord de la route secondaire 133, en face du Douar des Ouled Amor.	Sol brun isohumique subtropical modal sur argile limono-sableuse à concrétions stalactiformes
	19	Sais : à 9 km à l'E de Meknès et à l'E du douar Aït-Ali Moussa	Sol brun-isohumique subtropical à croûte calcaire
Dess	22	Gharb : berge de l'Oued Sébour à 1,5 km en aval d'El Moghrane situé sur la route n° 2 de Rabat-Tanger.	Sol peu évolué d'apport, calcimorphe en profondeur, sur alluvions complexes
Tirs gris	23	Basse plaine du Gharb Occidental à 14 km à l'E d'El Moghrane, entre les oueds El Hebiri et Ziane	Vertisol topo-lithomorphe peu développé
Tirs noir	25	Basse plaine du Gharb Occidental à 7 km à l'E d'El Moghrane	Vertisol topo-lithomorphe mdoal
Rouge-méditerranéen léssivé	18	Sais : Carrières de Meknès, à 4 km au Sud de cette ville	à caractères isohumiques.

2. Essais en petit vases de végétation

a. Le but est double

— déterminer les 2 valeurs L et A du phosphore pour chaque type de sol;

— préciser l'influence de la forme de l'engrais phosphaté sur l'estimation de cette valeur.

b. Description de la technique de marquage du sol par P radioactif

— Préparation d'un entraîneur à partir d'une solution de sol obtenue en agitant sol-eau dans un rapport 1/10 pendant 24 h ; après centrifugation à 10 000 g (10 mn) on sépare le surnageant dans lequel on ajoute l'isotope en question à la dose de 0,5 m Ci de ^{32}P par kg de sol

— Le sol préalablement tamisé à 2 mn et enrichi en N, K, Mg suivant les doses de Chaminade est entièrement mélangé à la solution marquée à raison de 80 ml par kg de sol, ensuite et afin de réaliser un marquage homogène, le sol est retamisé.

— L'application de l'engrais phosphaté ; la localisation consiste à apporter à la mi-hauteur du sol contenu dans chaque pot destiné à la détermination de la valeur A, soit 2 granules de superphosphate simple à 18 % de P_2O_5 , soit 4 granules de polyphosphate à 61 % de P_2O_5 , chaque dose équivaut à 10 mg de P par pot de 200 g de sol.

Mise en pot et semis

Dans chaque pot, 200 g de sol radioactif repose sur une couche de laine de verre et au-dessus, 300 mg de semences de ray-grass ont été épandues sur le sol puis recouvertes par une fine couche de sable bien lavé.

Répétitions :

— 4 pour les pots destinés à la détermination de la valeur L.

— 6 pour les pots destinés au calcul de la valeur A, 3 avec le polyphosphate et 3 avec le superphosphate simple.

3. *Essais de Laboratoire*

a. **But**

- établir une cinétique d'échange isotopique des ions PO_4
- déterminer le P échangeable (valeur E).

b. **Technique d'agitation**

On agite pendant 24 h d'une part 90 g de sol dans 890 ml d'eau, d'autre part 5 g du même sol dans 50 ml d'eau ; après centrifugation, cette dernière solution sera marquée au ^{32}P ; 10 ml seront prélevés et ajoutés au premier mélange qui a déjà subi une préagitation. On remet de nouveau le mélange en agitation et à des temps définis, on effectue sur les mêmes échantillons des prélèvements de 10 ml chacun qu'on soumet à la centrifugation, la solution résultante étant analysée en P radioactif. L'analyse de P chimique sera effectuée sur la même solution, mais après 15 jours d'agitation, le but étant d'atteindre l'équilibre de l'échange isotopique nécessaire pour la détermination de la valeur E.

III. **Les analyses**

1. *Essais en vases de végétation*

Malgré les conditions favorables de la serre ($t^\circ 25^\circ \text{C}$ et humidité 60 %), la croissance du ray-grass a été lente d'une manière générale et très différente d'un sol à un autre, ce qui nous a conduit à effectuer moins de coupes mieux espacées dans le temps ; au total, 3 coupes ont été faites à intervalle de 30 jours.

Après chaque coupe et afin de stimuler la végétation, on apporte dans chaque pot une dose de 30 mg d'N/kg de sol sous forme de NO_3K (technique Chaminade).

La matière sèche de chaque coupe et de chaque répétition est analysée en :

- P stable suivant la méthode colorimétrique de Misson.
- P radioactif compté par effet cerenkov dans un scintillateur liquide.

2. *Essais de Laboratoire*

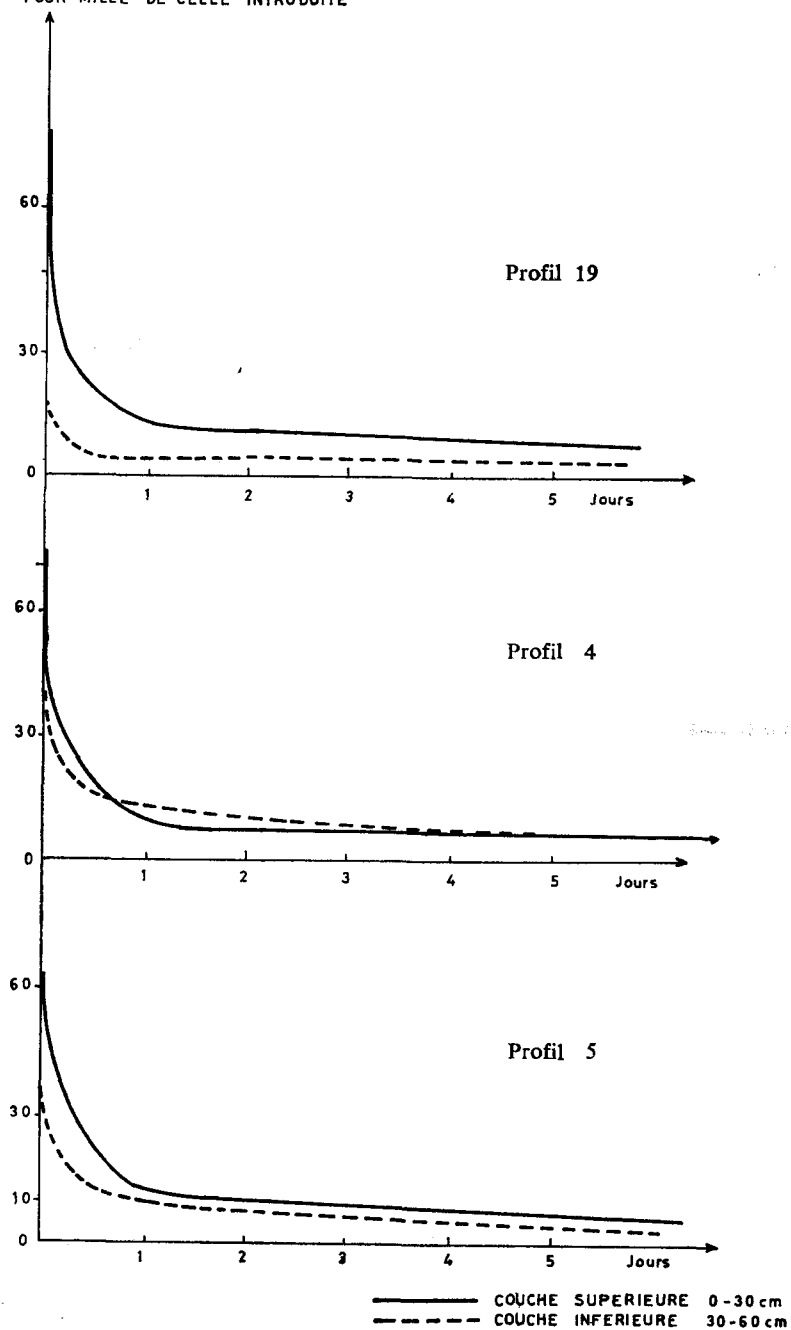
— Le P stable total des sols est analysé par la méthode Fogg et Wilkinson.

TABLEAU 2
Cinétique d'échange isotopique :
Radioactivité de la solution des sols pour 1 000 introduit

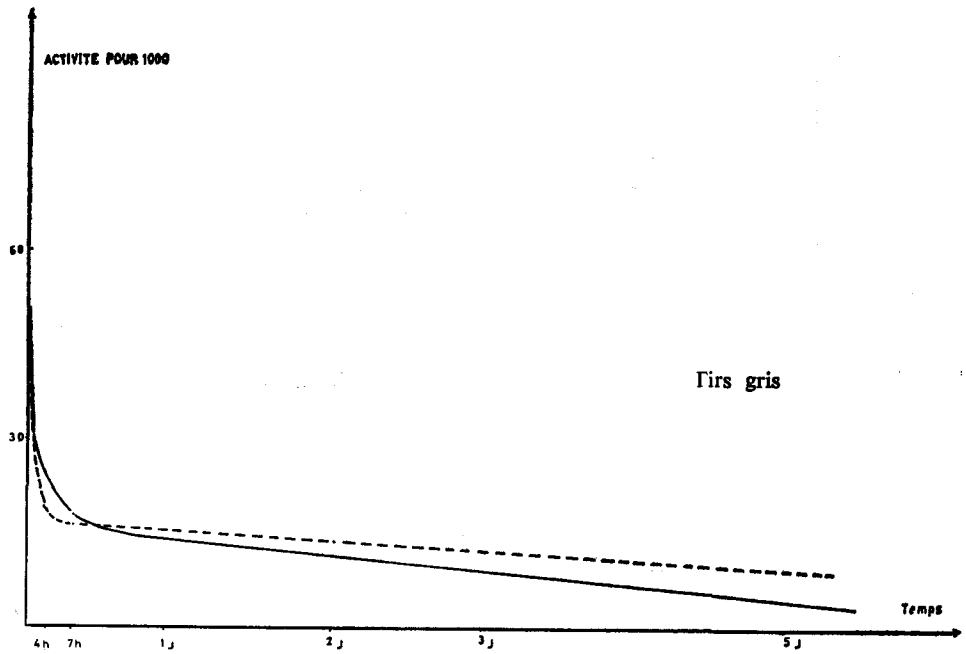
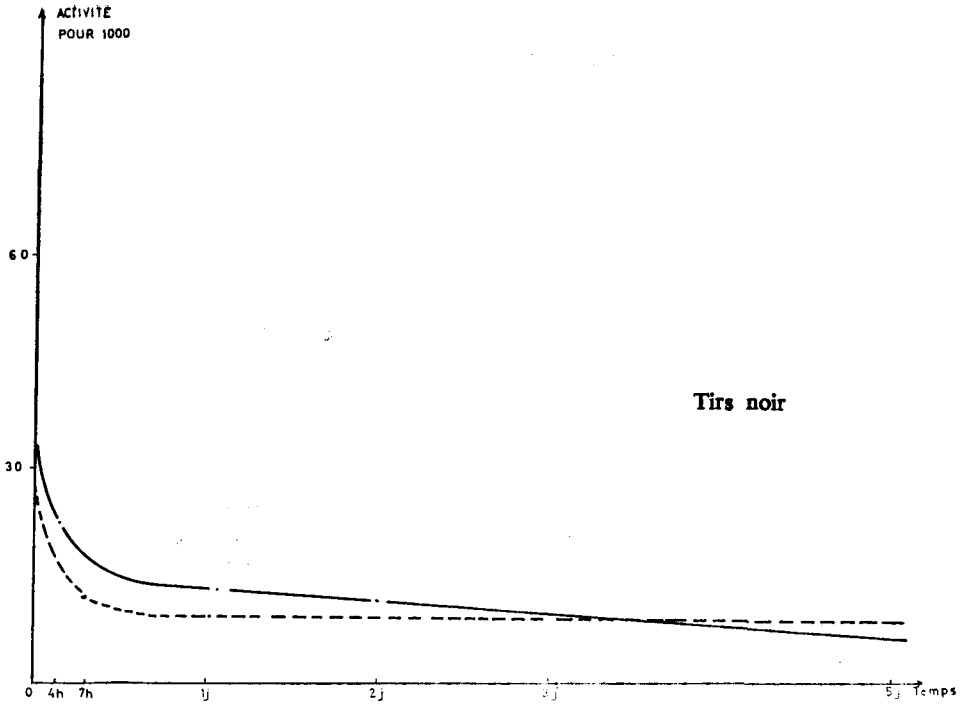
Types de sols	Couches	1/2 heure	1 heure	4 heures	7 heures	1 jour	2 jours	5 jours	15 jours
4	0 - 30	69	52	30	23	9	9	6	7
	30 - 60	60	59	22	19	12	9	7	6
5	0 - 30	113	62	40	33	9	10	6	6
	30 - 60	49	35	20	16	10	7	4	4
19	0 - 30	63	47	29	25	13	11	8	8
	30 - 60	18	12	9	7	4	5	4	6
Rouge méditerranéen lessivé	0 - 30	118	80	52	32	12	11	10	10
	30 - 60	16	13	5	5	5	7	5	7
Dess	0 - 30	104	89	62	43	30	24	21	19
	30 - 60	93	68	47	28	21	15	13	11
Noir	0 - 30	36	31	25	15	18	9	4	4
	30 - 60	41	35	14	15	17	14	7	5
Gris	0 - 30	31	28	24	18	14	12	6	4
	30 - 60	24	35	23	12	10	7	10	5

Cinétique d'échange de P (Sols brun-calcaire)

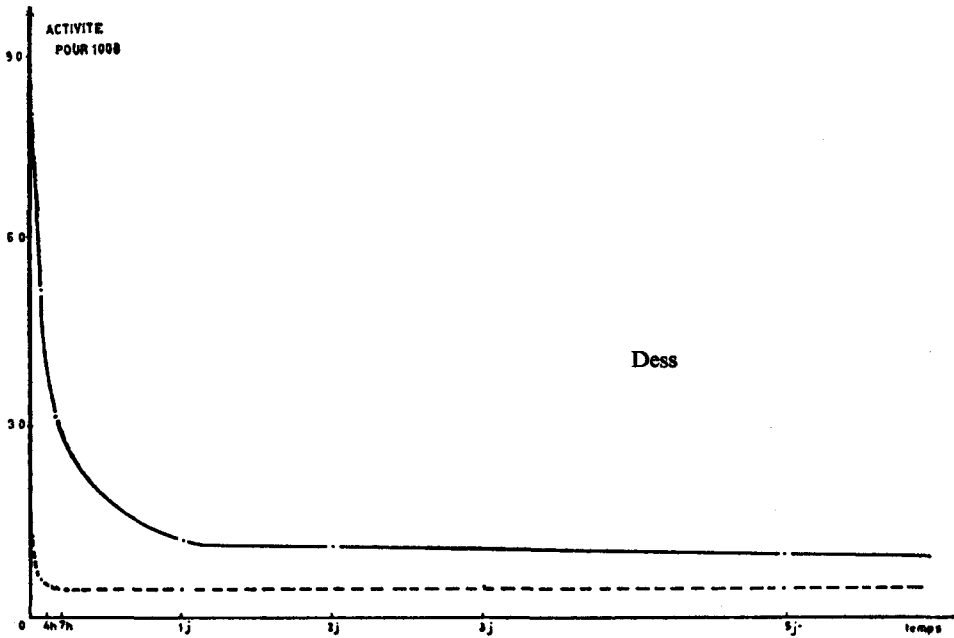
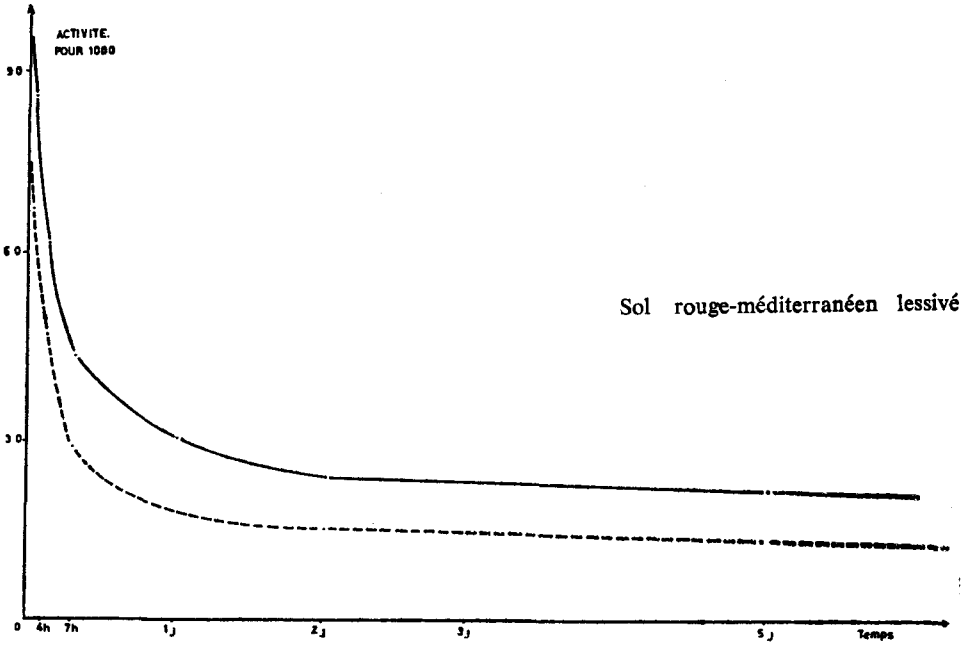
ACTIVITE EN SOLUTION
POUR MILLE DE CELLE INTRODUITE



Cinétique d'échange de P



Cinétique d'échange de P



— Le P stable de la solution des sols étant donné sa faible concentration est déterminée à la fin de l'agitation par la méthode du vert malachite.

— Le P radioactif des solutions de sols est déterminé aux différents temps d'agitation par effet cerénkov.

3. Formules de calcul

Elles dérivent toutes du principe de la dilution isotopique ; dans tous les cas, l'entraîneur utilisée est la solution du sol dont la teneur en P est pratiquement négligeable. Dans ces conditions :

$$\text{— valeur E ou L} = \frac{32 \text{ P introduite}}{31 \text{ P retrouvé}} \times P$$

avec P = P chimique de la solution de sol (E)
 = P relevé par la plante (val. L.)

$$La = \text{valeur A} = B \left(\frac{\text{As plante}}{\text{As sol} - \text{As plante}} \right)$$

B = dose d'engrais appliqué.

AS = radio activité spécifique (la formule est valable dans le cas de l'application d'un engrais non marqué à un sol marqué au 32-P.

As est estimé par le biais des plantes ayant poussé sans engrais.

IV. Résultats et interprétation

A — Essais de Laboratoire

1. Etablissement des cinétiques d'échanges isotopiques de P des différents sols, l'examen du tableau n° 2 plus l'observation des courbes de cinétiques montrent que, déjà au bout d'un temps de contact court (30 mn), en moyenne plus de 90 % de P radioactif ont été transférés sur ou dans les particules de sol, ce qui met en évidence le pouvoir fixateur élevé de ces sols en P ; ce phénomène est beaucoup plus prononcé dans le cas du Tirs puisque dès 30 minutes il reste dans la solution du sol moins de 5 % de radioactivité. Toutes ces courbes ont une allure hyperbolique caractéristique de la cinétique d'échange isotopique du système sol-eau avec la distinction des 3 phases.

- 1^{re} phase (de 0 à 30 mn) : vitesse d'échange rapide
- 2^e phase (de 30 mn à 24 h) : échange modéré
- 3^e phase (de 24 h à 5 jours) : échange lent.

L'équilibre d'échange semble atteint pratiquement entre 5 et 15 j; pour le rouge méditerranéen, le palier est atteint rapidement (1 j); par contre, pour le Dess et le Tirs, l'échange se poursuit longtemps (probablement plus de 15 jours).

Pour un même sol, la cinétique d'échange de la couche supérieure (0-20 cm) est distincte de la couche inférieure à (20-40 cm) à l'exception du Brun-Calcaire n° 4 et du Tirs

2. Détermination de P échangeable (valeur E)

La valeur E est déterminée après 15 jours d'agitation afin d'être sûr d'atteindre l'équilibre (voir tableau n° 3).

Dans tous les cas, ce phosphore échangeable est nettement inférieur au P total et le rapport entre les 2 varie dans une large mesure avec le type de sols.

La valeur E tout en restant faible, croît sensiblement avec la teneur en P total du sol qui, remarquons-le, augmente avec le %

TABLEAU 3
Résultats des analyses des sols

Types de sols	Brun-calcaire			Rouge-médit. léssivé	Dess	T i r s	
	4	5	19			Gris	Noir
pH en (1)	8,2	8,6	8,2	7,9	7,9	7,7	7,9
(2)	8,3	8,7	8,2	7,6	8,2	7,9	8,0
Mat. organique *	1,74	2,00	2,88	0,88	3,34	1,78	1,82
en %	0,76	0,94	1,08	0,88	2,50	1,28	1,32
P total	970	2 140	420	170	1 860	280	290
en ppm.	670	1 750	150	140	1 670	270	280
Valeur E	86	183	59	50	114	85	76
en ppm.	74	74	52	41	112	58	65

(1) Résultats de l'horizon 0-30 cm

(2) » » 30-60 cm

* Evaluation à partir du dosage de l'N total des sols.

TABLEAU 4
Rendement en matière sèche et phosphore exporté
Résultats moyens des 3 coupes en mg

Les sols	Traitement	Couche 0-30 cm			Couche 30-60 cm		
		Mat. sèche totale mg	P. prélevé	P. prélevé %/100 M.S.	Mat. sèche totale mg	P. prélevé	P. prélevé %/100 M.S.
4	T	733	1,01	1,38	430	0,70	1,64
	SPS	760	1,51	1,99	516	1,07	2,06
	PPA	865	1,55	1,79	816	1,25	1,45
Brun Calcaire	T	707	1,03	1,45	467	0,72	1,54
	SPS	733	1,37	1,87	563	1,04	1,85
	PPA	812	1,73	2,12	679	1,24	1,83
19	T	744	1,24	1,66	537	0,70	1,29
	SPS	728	1,46	2,00	599	0,86	1,44
	PPA	800	1,39	1,74	744	0,97	1,30
Rouge-méditerranéen lessivé	T	476	0,87	1,82	388	0,63	1,63
	SPS	735	2,28	3,10	770	2,21	2,87
	PPA	454	2,54	3,34	660	2,79	4,18
Dess	T	1 054	4,02	3,81	842	2,25	2,67
	SPS	1 028	4,37	4,25	851	2,79	3,28
	PPA	1 139	4,22	3,70	959	2,74	2,86
Noir	T	935	1,34	1,75	861	1,08	1,48
	SPS	1 072	2,47	2,33	1 046	2,63	2,34
Tirs	T	1 093	1,49	1,36	698	1,05	1,25
	SPS	1 219	2,97	1,42	1 042	2,44	2,51

de matière organique du sol mais dans des proportions variables avec le type de sol. Ainsi, c'est le rouge-méditerranéen lessivé qui est le plus pauvre, le Dess le plus riche ainsi que le Brun-calcaire n° 5 ; les autres sols ont une teneur variable en P et relativement faible ; c'est d'autre part le cas pour tous les sols, pour l'horizon inférieur par rapport à l'horizon supérieur.

B — *Essais en vases de végétation*

1. Rendement en matière sèche

En général, le rendement en matière sèche a augmenté avec l'application de l'engrais phosphaté et pour un même sol, cette augmentation est plus sensible pour la couche inférieure, ce qui traduit en quelque sorte une différence de fertilité entre les 2 niveaux des sols. Parmi les 2 formes de P appliqué au sol, le polyphosphate d'ammonium a marqué une action nettement supérieure, cela est dû vraisemblablement à la contribution de l'azote de l'engrais dans l'alimentation de la plante.

Dans l'interprétation on ne tiendra pas compte des résultats du rouge-méditerranéen où dès le départ, la végétation a plus ou moins séché.

2 Prélèvement de P par la plante

a. P stable

Son importance est en rapport étroit avec le rendement en matière sèche ; l'apport d'engrais phosphaté a permis non seulement un rendement élevé mais aussi un prélèvement par unité de matière sèche supérieur au témoin. Aussi, l'apport phosphaté a joué non seulement sur la quantité de production mais aussi sur la qualité de celle-ci et parmi les 2 traitements phosphatés c'est le superphosphate simple qui a marqué une action qualitative supérieure.

b. P radioactif (TABLEAU V)

Puisque le phosphore du sol est marqué et l'engrais phosphaté appliqué a permis l'augmentation du rendement, le P radioactif prélevé par la plante devrait diminuer avec le traitement phosphaté ; c'est ce qui s'est produit généralement pour tous les sols expérimentés, excepté 2 cas :

— Le dess dont le prélèvement en ^{32}P n'est pas différent du

TABLEAU 5
Pourcentage de 32-P prélevé par la plante et par pot
par rapport au 32-P introduit

Types de sols	Traitement	Couche : 0-30 cm					Couche : 30-60 cm				
		1 ^{re} coupe	2 ^e coupe	3 ^e coupe	Total	1 ^{re} coupe	2 ^e coupe	3 ^e coupe	Total		
Brun Calcaire	T	3,8	3,6	2,1	9,5	0,6	0,6	0,4	1,6		
	SPS	3,1	3,2	0,9	7,2	1,0	1,0	0,4	2,4		
	PPA	3,1	3,4	1,4	7,9	0,9	1,0	0,4	2,3		
5	T	0,7	4,8	2,1	7,6	1,2	2,4	1,2	4,8		
	SPS	0,8	2,8	1,7	5,3	1,8	2,2	1,2	5,2		
	PPA	1,2	3,8	1,9	6,9	1,5	1,9	1,3	4,7		
19	T	5,0	4,7	1,8	11,5	2,1	2,6	1,2	5,9		
	SPS	4,9	4,0	1,5	10,4	2,5	2,6	0,9	6,0		
	PPA	3,2	3,8	1,5	8,5	1,5	2,0	1,0	4,5		
Rouge- méditerranée lessivé	T	6,5	6,6	4,7	17,8	1,2	0,7	0,4	2,3		
	SPS	10,7	6,1	3,3	20,1	2,2	1,4	0,8	4,4		
	PPA	10,7	8,2	3,0	21,9	3,2	1,8	0,6	5,6		
Dess	T	6,7	6,2	1,9	14,7	7,1	3,7	1,2	12,0		
	SPS	7,5	5,6	1,9	15,0	6,3	4,2	1,5	12,0		
	PPA	6,9	6,3	2,2	15,4	5,5	5,1	1,6	12,2		
Tirs	Noirs	T	4,9	5,1	3,1	13,1	5,5	3,5	11,6		
		SPS	5,3	3,7	2,0	11,0	6,0	2,9	10,4		
	Gris	T	6,2	5,0	3,2	14,4	4,4	3,3	9,4		
		SPS	5,6	3,8	2,2	11,6	3,8	2,4	7,4		

témoin ce qui semble indiquer que l'engrais phosphaté appliqué n'est pas ou très peu utilisé par la plante, du fait d'une réserve du sol largement suffisante et plus accessible que l'engrais appliqué.

— Le rouge-méditerranéen lessivé où l'action de l'engrais phosphaté est nettement positive (excepté le rendement en matière sèche de la couche 0-30) ; le prélèvement radioactif tout en étant le plus fort de tous les sols, a augmenté avec le rendement. Cette évolution un peu anormale pour un milieu aussi pauvre laisse penser à une action synergique du soufre du superphosphate et de l'azote du polyphosphate sur le phosphate disponible du sol.

C — Détermination de la valeur L

Elle est calculée pour chaque coupe (voir tableau VII) afin d'évaluer sa variation au cours du temps.

A la 1^{re} coupe, cette valeur est largement surestimée en raison de l'intervention du P de la graine ; de la 2^e à la 3^e coupe, pour l'ensemble des sols. La diminution est faible sinon inexistante, ce

TABLEAU 6

Evaluation de L. en fonction des coupes (L. exprimé en mg/kg de sol)

Types de so's	Couche 0-30 cm			Couche 30-60 cm			
	1 ^{re} coupe	2 ^e coupe	3 ^e coupe	1 ^{re} coupe	2 ^e coupe	3 ^e coupe	
Brun	4	65	51	36	360	231	67
Calcaire	5	258	47	41	166	46	41
	19	62	46	46	108	36	28
Rouge méditerranéen lessivé		37	18	17	202	74	55
Dess		144	131	133	92	98	95
Tirs noir		81	52	50	62	38	34
Tirs gris		60	44	48	75	43	35

qui signifie que l'effet graine est réduit et l'équilibre de l'échange isotopique est atteint ou presque ; cependant il y a une exception, le brun-calcaire n° 4. Ainsi pour échapper à ces variations et pour être sûr d'atteindre l'équilibre, la bonne estimation de la valeur L se situe à la 3^e coupe. *Dans ces conditions, les conclusions d'inter-*

prétation des valeurs L sont identiques à celles des valeurs E, à savoir que la réserve échangeable du Dess est la plus importante, suivies de celles des Tirs ; les brun-calcaire ont une réserve moyenne, par contre celle du rouge-méditerranéen est faible ; c'est le cas aussi pour chaque sol, où l'horizon inférieur a une valeur L plus faible que celle de l'horizon supérieur à l'exception du brun-calcaire n° 4 et le rouge-méditerranéen lessivé.

D — Détermination de la valeur A

Comme pour la valeur L et pour les mêmes raisons, la valeur A prise en considération est celle de la 3^e coupe ; pour un même sol, ces valeurs A et L sont nettement différentes ; ce qui n'est pas étonnant si on cherche la signification de chaque valeur à partir de la définition posée par chacun des auteurs : la valeur L (de LARSEN) représente la réserve totale du sol utilisable par la plante ; la valeur A de FRIED renseigne sur l'efficacité alimentaire des réserves du sol utilisables par la plante en présence d'engrais. En fait, la valeur A est une mesure relative par opposition à la valeur L qui est une mesure absolue désignant une quantité dans le sol disponible à un temps déterminé, alors que la valeur A est le produit de cette quantité par un facteur fonction de l'efficacité d'utilisation de cette réserve du sol. Il ressort une liaison étroite entre ces 2 valeurs ; cette relation est démontrée et calculée par J.C. FARDEAU (5) et le coefficient de liaison est constant et propre au type de sol et traduit en quelque sorte le degré d'assimilabilité du phosphore du sol.

— Du fait de ces remarques, le classement est légèrement modifié, le Dess vient toujours en tête mais suivi du brun-calcaire et des Tirs.

— La forme de l'engrais influence l'estimation de la valeur A.

— Enfin pour un même type de sol, le rapport A/L de l'horizon inférieur est toujours plus faible que celui de l'horizon supérieur ce qui correspond à une moindre assimilabilité de l'horizon de profondeur.

Discussion

Pour un sol donné, la valeur E est différente des 2 valeurs L et A ; l'explication est que la valeur E caractérise l'élément d'une autre manière ; de plus elle est obtenue dans des conditions artificielles in-vitro, par agitation d'un système sol-eau. En fait, la valeur E est

déterminée après réalisation d'une cinétique d'échange (isotopique) afin de se rendre compte du niveau de l'élément échangeable d'un sol ; son grand mérite est d'être déterminée plus rapidement que les 2 valeurs L et A.

Conclusion

Etant donné la variation, pour un même type de sol, des valeurs calculées E, L, A, même en écartant les facteurs qui influencent leur détermination : quantité d'entraîneur, « effet graine » ; forme de l'engrais, etc..., l'interprétation des résultats doit être conduite avec le maximum de précautions et d'attention.

En résumé, un classement des sols étudiés, aussi sommaire qu'il soit est utile pour situer et comparer ces sols, entre eux au point de vue richesse en phosphore assimilable ; ce classement est basé sur la quantité de P disponible dans le sol (valeur L) et le rapport A/L qui traduit en quelque sorte le coefficient d'utilisation de ce phosphore par la plante. Enfin pour simplifier, ce classement ne comporte que les résultats de la couche supérieure des sols et ne tient pas compte des valeurs A des sols en présence de polyphosphate. Cependant en tenant compte de tous ces résultats, les conclusions ne seraient pas sensiblement différentes.

Par ces restrictions et ces considérations, le classement, par ordre de fertilité décroissante est le suivant :

N° d'ordre	Types de sols	Stock disponible de P (valeur L)	Stock d'utilisation P (A/L)
I	Dess	Elevé	Elevé
2 a	Brun-calcaire n° 19	Moyen	Elevé
2 b	» » n° 5	Moyen	Elevé
2 c	» » n° 4	Très moyen	Moyen
3 a	Tirs noir	Moyen	Très moyen
3 b	gris	Moyen	Faible
4	Rouge-méditerranéen lessivé	Faible	Faible

ملخص

ان هدف هذه الدراسة هو تحديد فسفور التربة القابل للتحويل بطريقة مادية وكهوية تعتمد على المزج الاشعاعي ولقد استعملت لهذه الغاية طريقتان :

1 - في المخبر : طريقة التعويض الاشعاعي لمرتب « ماء - تربة » يؤدي الى تحديد قدر (e) .

2 - في الطبيعة : تجربة في انبات للنبات أضيف الى تربتها الفسفور (32 p) وتسمح هذه الطريقة بتحديد قدر (L و A) .

وبين تخطيط المنحنيات لحركة التعويض ، أن امكانية التدخير لجميع التربة وخصوصا التيرس (tirs) مرتفعة .

وتظهر قيمة (e) المحددة لكل تربة أن الديس (dess) يحتوي على كمية وافرة من الفسفور ، بينما تكتفي التربة الحمراء للبحر الابيض المتوسط بكمية ضعيفة من نفس المادة ، كما يؤكد ذلك تحديد قدر (L) لكن محصولات الاحتصاد الاول تبين لنا أن (L) وحتى (A) لهما قدر وافر زيادته ناتجة عن تدخل فسفور البذور .

ويظهر أيضا أن قيمتي (L و A) يمكنهما أن تكونا مختلفتين لنفس التربة ، ويصدر ذلك عن كونهما لا تدلان عن نفس الاصطلاح .

RÉSUMÉ

L'étude a pour objet de déterminer de P assimilable des sols par une méthode physico-chimique basée sur le principe de la dilution isotopique. Deux techniques ont été utilisées :

1. In-Vitro = technique d'échange isotopique d'un système sol-eau qui aboutit au calcul de la valeur E.
2. In-Vivo = essai en vases de végétation où le sol est marqué au 32-P conduisant à la détermination des 2 valeurs L et A.

L'établissement des courbes de cinétiques d'échange met en évidence le pouvoir fixateur élevé de tous les sols, les tirs en premier lieu.

La valeur E, calculée pour chaque sol, indique une teneur élevée pour le Dess, une teneur très faible pour le rouge-méditerranéen lessivé, ce qui est confirmé par le calcul de la valeur L, à l'exception des résultats de la 1^{re} coupe qui, même pour la valeur A, sont surestimés à cause de l'intervention de P de la graine. Il est à remarquer aussi pour un même type de sol que les 2 valeurs A et L sont différentes, cette différence est due au fait que ces 2 valeurs n'ont pas la même signification.

RESUMEN

El estudio tiene por objeto la determinación del P asimilable de suelos por un método físico-químico basado sobre el principio de la disolución isotópica. Dos técnicas han sido utilizadas :

1. In-Vitro = técnica de intercambio isotópico de un sistema suelo-agua que conduce al cálculo del valor E.
2. In-Vivo = ensayo en mazetas donde el suelo es marcado con ^{32}P conduciendo a la determinación de los 2 valores L & A.

El establecimiento de las curvas cinéticas de intercambio pone en evidencia el elevado poder de fijación de todos los suelos, los Tirs en primer lugar. El valor E, calculado para cada suelo, indica un elevado contenido para « Dess », un contenido muy débil para el (rouge-mériditerranéen lessivé) lo que está confirmado por el cálculo del valor L, a la excepción de los resultados del primer corte que son igualmente sobre estimados para el valor A a causa de la intervención de P del grano. Es de observar también para un mismo tipo de suelo de 2 valores A & L son diferentes, esta diferencia es debida al hecho de que estos 2 valores no tienen la misma significación.

SUMMARY

This study has as objective the determination of available soil P using a physico-chemical method based on the principle of isotopic dilution : Two techniques were used :

1. In vitro = Technique of isotopic exchange of a soil-water system that leads to the calculation of the E value.
2. In vivo = Trial in pots where the soil is marked with ^{32}P and that leads to the determination of the two values L and A.

The establishment of exchange kinetic curves shows the high fixating of all the soils, the Tirs in first place. The E value, calculated for each soil, indicates a high content for the Dess, a very low content for the Washed Red-Mediterranean which is confirmed by calculating the L value, except for the results of the cut, which, even for the A value, are overestimated because of the interference of the grain P. It's also noteworthy that for the same type of soil, the two values A and L are different which is due to the fact that these 2 values dont have the same meaning.

BIBLIOGRAPHIE

1. AMER, F. & *al.* — 1969. Limitation in isotopic measurement of labile phosphorus in soils. — *Journal of soil sci.*, vol. 20, n° 1.
2. BARBIER, G. — 1965. Contribution à l'étude de l'influence du pH sur la mobilité des ions phosphoriques du sol. — *Annale*, vol 16, n° 6, pp. 603-622.
3. BLANCHET, R. & *al.* — 1965. Quelques exemples de l'utilisation d'un engrais phosphaté radioactif pour l'étude de l'alimentation phosphorique des plantes. — *Ann. Agron.*, vol. 16, n° 5.
4. FARDEAU, J.C. & P. MARINI — 1968. Sur la détermination des cinétiques d'échanges isotopiques des ions phosphate du sol. — *C.R. Acad. Sci., Paris*, t. 267.
5. FARDEAU, J.C. — 1971. Détermination simultanée des valeurs A et L du phosphore d'un sol, à l'aide de 32-P et 33-P. — *Colloque de Vienne*, 13-17 décembre, I.E.A. - S.M. 151/20.
6. FRIED, M. & L.A. DEAN — 1952. A concept concerning the measurement of available soil nutrients. — *Soil Sci.*, vol. 73, p. 263.
7. GACHON, L. — 1966. Observation sur la mesure de P isotopiquement diluable des sols et pouvoir fixateur des sols en relation avec la croissance des plantes. — *Acad. Agric.*, 9 novembre et 11 décembre, pp. 1103-1313.
8. GERVY, R. — 1970. Le phosphore et le sol. — *Les phosphates et l'agriculture*, pp. 118-166, édition Dunot, Paris.
9. GUNARSSON & FREDERIKSON — 1952. *Bull. Soc. Inter. Nat. Fab. superphosphate*, 42, 11, pp. 16-20.
10. HAGIN, J. — Assimilabilité de P du sol et des engrais. — *Bull. de document*, n° 56, octobre, 63, pp. 1-9.
11. LARSEN, S. — 1967. *Adv. Agron.*, 19, p. 15.
12. LARSEN, S. & D. CUNARY — 1964. The determination of labile soil phosphate as influenced by the time of application of labelled phosphate. — *Plant and soils*, XX, n° 2, april.

13. LARSEN, S. & S.D. SUTTON — 1963. The influence of soil volume on the absorption of soil P by plants and the determinant of labile soil P. — *plant and soils*, XVIII, n° 1.
14. MEKHAEL, D. & *al.* — 1965. Comparaison of isotope dilution methods for estimation plant available soil. — P A.I.E.A./F.A.O., Symposium, Anker, 26 June - 2 July.
15. METWALLY, S.Y. — 1969. A comparison of seven methods for measuring labile soil phosphorus, *Soil Sci., U.R.A.*, 9, n° 2, pp. 165-173.
16. RUSSEL, R.S. — 1965. The value of measurement of isotopic dilution in the study of soil (plant relationships). — 84, (129) Band Helf 1-3.
17. RENNIE, D.A. — 1962. Factors affecting and the significance of « A » values using band placement. — *Proc. FAO/IAEA symps. Radio isotopes in Soil - Plant Nutrition Studies*, Bombay, 329 p.
18. D.R.A. — 1967. Congrès de pédologie méditerranéenne, tome II. — *Cahier de la Recherche Agronomique*, n° 25, Rabat.