

ETUDE COMPARATIVE DE LA
FERTILITE PHOSPHORIQUE DE QUATRE TYPES DE
SOLS MAROCAINS ET DU POUVOIR FERTILISANT
DE 3 TYPES D'ENGRAIS PHOSPHORIQUES SUR
LES MEMES SOLS PAR L'INTERMEDIAIRE
DE LA VALEUR «A» *

R'KIEK C. & SUTEU G.

1. Introduction :

Cette expérience a été conçue pour estimer la fertilité relative de 4 types de sols marocains par l'utilisation de la valeur « A » du phosphore et aussi pour apprécier le pouvoir fertilisant de trois types d'engrais phosphatés (superphosphate simple, superphosphate triple et diammonium phosphate) par une application particulière de la valeur « A » du phosphore.

La valeur « A » du phosphore d'un sol représente la quantité de phosphore du sol accessible à la plante. Cette valeur est estimée selon le concept de FRIED, c'est-à-dire : si une plante est en présence

* Note communiquée à Rabat au 1^{er} séminaire sur les applications des techniques nucléaires.

Al-Awamia, 51, pp. 55-71, avril, 1974.

de deux sources différentes de phosphore, elle prélève à chacune des sources une quantité proportionnelle au phosphore accessible dans chaque source (1) (3) (4).

1. La valeur « A » du phosphore peut être alors calculée selon la formule de la dilution isotopique :

$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b}$$

d'où $A = \frac{B(a)}{b} = \frac{B(1-a)}{a+b} / \frac{b}{a+b}$

si $\frac{b}{a+b} = Y$

$$A = \frac{B(1-Y)}{Y} \quad (1)$$

où :

A = quantité de phosphore du sol accessible à la plante

B = quantité de phosphore apporté comme engrais de référence et marqué au P-32.

b = quantité de phosphore radioactif dans la plante provenant de l'engrais

a = quantité de phosphore non radioactif dans la plante provenant du sol

y = rapport du phosphore trouvé dans la plante provenant de l'engrais au P total de la plante (sol + engrais).

Après détermination de la valeur « A » de plusieurs sols, la comparaison des résultats peut aboutir à un classement des sols en fonction de leur fertilité en phosphore.

2. L'estimation de la meilleure forme d'engrais est réalisée en appliquant la méthode connue sous le nom de la méthode de la différence des valeurs « A » appliquée par FRIED (2). Si un sol est fertilisé avec un engrais B 1 marqué au P-32, la valeur « A » sera :

$$A_1 = B_1 \frac{(1 - Y_1)}{Y_1} \quad (2) \quad \text{où } Y_1 = \frac{b}{a_1 + b}$$

a_1 = quantité de phosphore provenant du sol.

Si le même sol est fertilisé en premier lieu avec un engrais B_2 , et en supposant que B_2 est une quantité de phosphore faisant partie du sol et qu'ensuite ce sol reçoit le même engrais que le cas précédent, soit B_1 , on peut alors écrire la formule suivante :

$$A_3 = B_1 \frac{(1 - Y_2)}{Y_2} \quad (3) \quad \text{où } Y_2 = \frac{b}{a_2 + b}$$

a_2 = quantité de phosphore qui provient du sol plus celle qui provient de l'engrais B_2 .

La valeur A_3 représente la quantité de phosphore qui se trouve dans le sol et accessible à la plante provenant de l'engrais (B_2). Cette dernière quantité peut être appelée valeur A_2 d'où

$$A_3 = (A_1 + A_2)$$

Puisque la valeur « A » est une valeur constante pour un temps donné et dans des conditions déterminées, elle subit les mêmes lois que toutes les constantes, c'est-à-dire, elle peut être additionnée ou soustraite. En faisant la soustraction des formules (3) - (2), on obtient :

$$A_3 - A_1 = (A_1 + A_2) - A_1 = A_2 = B_1 \frac{1}{Y_2} - \frac{1}{Y_1}$$

Cette valeur permet l'estimation de la quantité de phosphore assimilable qu'un engrais donné met à la disposition de la plante.

Donc, si les opérations expérimentales sont réalisées dans les mêmes conditions en utilisant comme engrais B_2 différents types d'engrais, et en comparant les valeurs A_2 obtenues, il sera donc possible de classer les engrais selon leur degré fertilisant dans un sol déterminé, en se basant sur le fait qu'un engrais est mieux utilisé qu'un autre si sa valeur A_2 est supérieure.

2. Méthodologie :

L'expérience a été menée dans des vases de végétation de 5 kg en utilisant comme plante-test le ray-grass. Les 4 types de sol choisis sont :

- Dess de Sidi Allal Tazi
- Brun calcaire de Meknès
- Châtain d'alluvions de Tassaout
- Sableux du Guich.

3. TRAITEMENTS EXPERIMENTAUX

Pour chaque type de sol, quatre traitements répétés 3 fois ont été envisagés.

1. Dans tous les traitements, l'engrais « B₁ » a été appliqué à une dose d'un équivalent d'un gramme de P₂O₅, sous forme de super-phosphate simple marqué au P-32 avec une activité totale de 15,46 μ Ci/pot suffisante pour toute l'expérience.
2. En plus, l'engrais « B₂ » a été apporté à la dose de l'équivalent d'un gramme de P₂O₅/pot sous les différentes formes chimiques reprises dans le tableau ci-dessous.

Traitements	B ₁	B ₂
T ₁ - SE	Super simple - P-32	
T ₂ - SS	Super simple - P-32	Super simple
T ₃ - ST	Super simple - P-32	Super triple
T ₄ - NP	Super simple - P-32	Diammonium phosphate

3. Une fumure complémentaire N, K, S a été apportée dans tous les pots pour satisfaire les besoins du ray-grass.

Chaque sol a été mélangé homogénéisé avec les engrais, placé dans un pot et ensemencé avec 2 grammes de graines de ray-grass.

Cinq échantillonnages ont été effectués au cours de la végétation, par coupes successives espacées par des intervalles de 10 jours.

Dans chaque échantillon, le phosphore radioactif et le phosphore total ont été analysés.

Selon les résultats, la valeur « A » a été calculée pour les 4 types de sol, ainsi que la valeur A₂ des trois types d'engrais. Enfin, il a été possible de comparer les différents sols et les différentes sources d'engrais.

On a calculé aussi pour le traitement T_2 la valeur « A » du sol en considérant que tout l'engrais $B_1 + B_2$ était radioactif avec une activité spécifique égale à la moitié de celle de $B_1 + B_2 = 2 B_1$. Ces résultats ont été comparés aux résultats du traitement T_1 pour voir si la valeur « A » du sol reste constante quand la dose d'engrais appliquée est différente.

4. Résultats et discussion :

TABLEAU I — *Discussion* : 1. La production de la Matière Sèche est influencée par la nature du sol quelque soit la forme de l'engrais.

— *Remarque* : 2. La nature de l'engrais n'influence pas la production de la matière quelque soit le sol.

Pour le sol de Tassaout, la production de la matière sèche est affaiblie du fait que le traitement du sol pour la mise en pot a entraîné une asphyxie partielle des racines.

TABLEAU II — *Discussion* : La quantité de phosphore exporté par le Ray-grass dépendant de la nature du sol, est influencée par la production de la matière sèche. Le Super simple et le diammonium phosphate apparaissent comme étant statistiquement les meilleurs.

— *Remarque* : Pour le Tassaout, la série des traitements avec NP est à écarter du fait que ces pots ont présenté des anomalies d'origines culturelles.

TABLEAU III — *Discussion* : La quantité de phosphore provenant de l'engrais exporté par ray-grass dépend de la nature du sol et est influencée par la production de la matière sèche... Le super simple et le diammonium phosphate apparaissent comme étant statistiquement les meilleurs.

— *Remarque* : Pour le Tassaout, la série des traitements avec NP est à écarter du fait que ces pots ont présenté des anomalies d'origines culturelles.

TABLEAU IV — *Discussion* : 1. La valeur « A » varie en fonction des coupes et présente un maximum pour la première coupe quelque soit le sol et l'engrais.

2. En prenant les coupes 3 et 4 en préférence, on peut classer les sols selon la valeur « A » dans l'ordre suivant :

— Meknès > Tassaout > Tazi \geq Guich. Les deux premières coupes sont à écarter probablement à cause du sol du guich qui est pauvre; le P de la graine influence fortement la teneur en P de la plante et pour le Tassaout le démarrage de la culture a été difficile.

TABLEAU 1

Matière sèche en fonction du sol, de l'engrais et du nombre de coupes

Lieux	Matière sèche en g/pot						Total
	Coupes	1	2	3	4	5	
Sidi Allal Tazi	SE	2,12	2,92	2,61	3,60	2,26	13,51
	SS	3,11	3,55	2,95	3,64	1,86	15,11
	ST	2,99	3,45	2,75	3,27	2,41	14,87
	NP	2,11	3,23	2,71	3,11	2,46	13,70
Meknès	SE	3,83	5,09	5,69	4,21	3,14	21,96
	SS	3,23	4,39	5,06	3,78	3,18	19,64
	ST	3,12	4,44	5,60	4,04	2,85	20,05
	NP	3,88	6,23	6,40	5,26	3,05	24,82
Tassaout	SE	0,27	1,57	2,25	3,21	2,35	9,65
	SS	0,54	1,58	2,21	3,16	1,85	9,34
	ST	1,34	2,71	2,90	3,53	2,15	12,63
	NP	—	0,22	0,63	1,23	0,67	2,75
Guich	SE	2,65	4,07	4,50	3,84	2,66	17,72
	SS	1,70	4,13	4,42	3,72	2,52	16,49
	ST	2,01	4,22	4,73	3,66	2,39	17,01
	NP	1,48	4,33	5,44	4,16	2,77	18,18

TABLEAU 2

Phosphore total prélevé par coupe en fonction des sols et des engrais

Lieux	mg P ₂ O ₅ total prélevé dans la plante par pot						Total
	Coupes	1	2	3	4	5	
Sidi Allal Tazi	SE	34,28	27,83	18,03	22,97	16,50	119,61
	SS	74,08	42,77	20,06	28,57	13,80	179,28
	ST	71,34	38,51	18,75	23,81	14,96	167,37
	NP	44,84	33,02	18,24	22,72	13,36	132,18
Meknès	SE	75,63	40,94	29,46	38,12	16,81	200,96
	SS	86,37	45,47	31,81	38,27	21,35	223,27
	ST	71,68	33,63	35,12	33,44	17,08	192,95
	NP	96,68	51,60	37,85	41,31	17,59	245,03
Tassaout	SE	5,60	18,34	16,69	28,27	13,26	82,16
	SS	12,68	22,30	20,71	37,45	14,12	107,26
	ST	34,03	32,58	22,21	36,97	23,78	149,57
	NP	—	2,78	6,38	11,84	4,71	25,71
Guich	SE	70,75	61,95	19,76	22,28	18,26	193,00
	SS	46,61	65,21	28,41	25,96	24,39	190,85
	ST	49,99	67,57	29,59	24,61	14,81	186,57
	NP	38,27	62,05	32,53	23,69	19,10	175,64

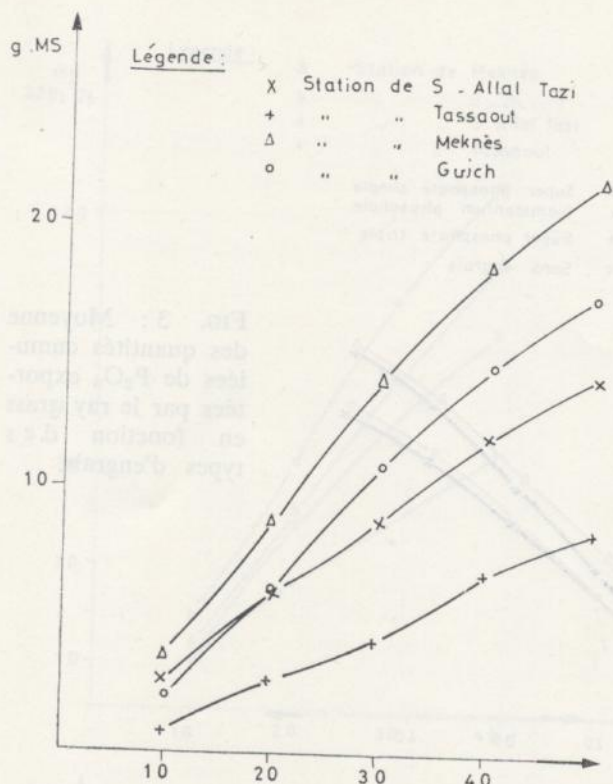


FIG. 1 : Moyenne cumulée par coupe en fonction des types de sol.

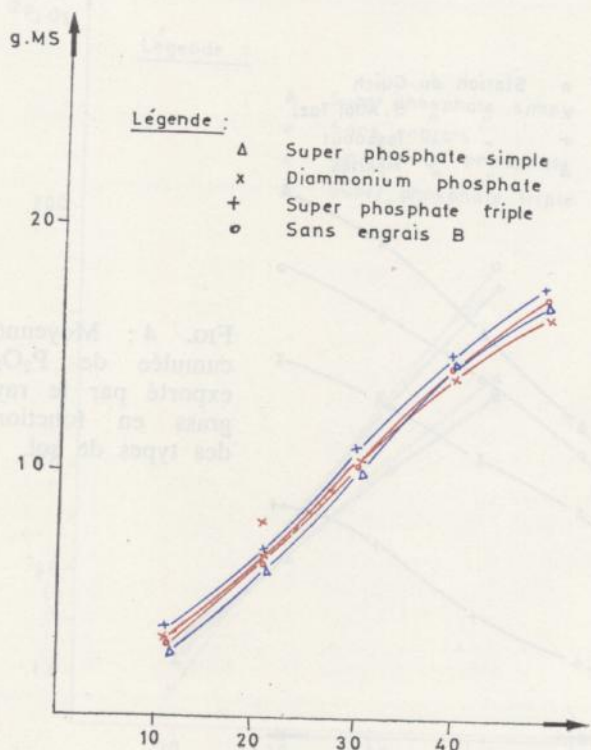


FIG. 2 : Moyenne cumulée par coupe en fonction de la nature chimique des engrais.

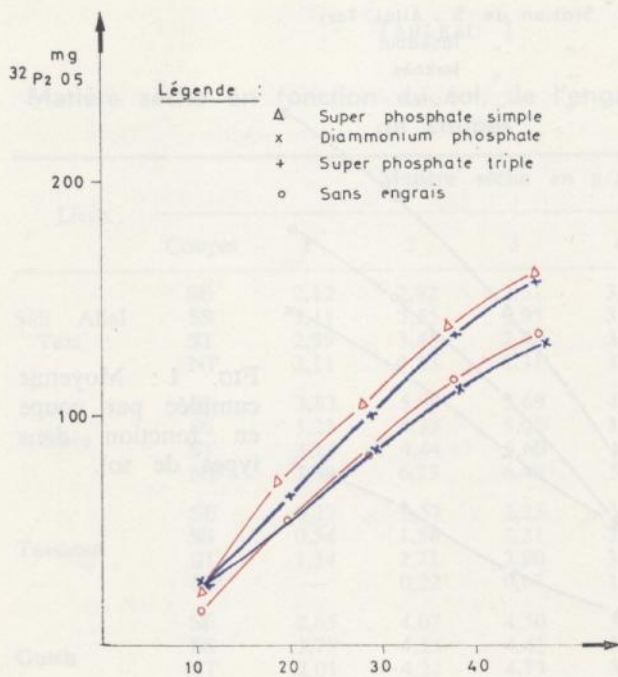


FIG. 3 : Moyenne des quantités cumulées de P_2O_5 exportées par le ray grass en fonction des types d'engrais.

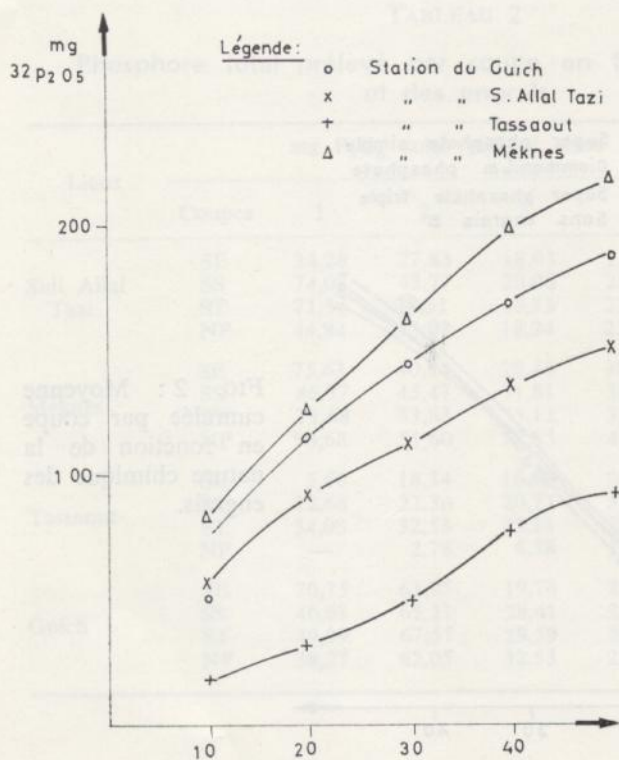


FIG. 4 : Moyenne cumulée de P_2O_5 exporté par le ray grass en fonction des types de sol.

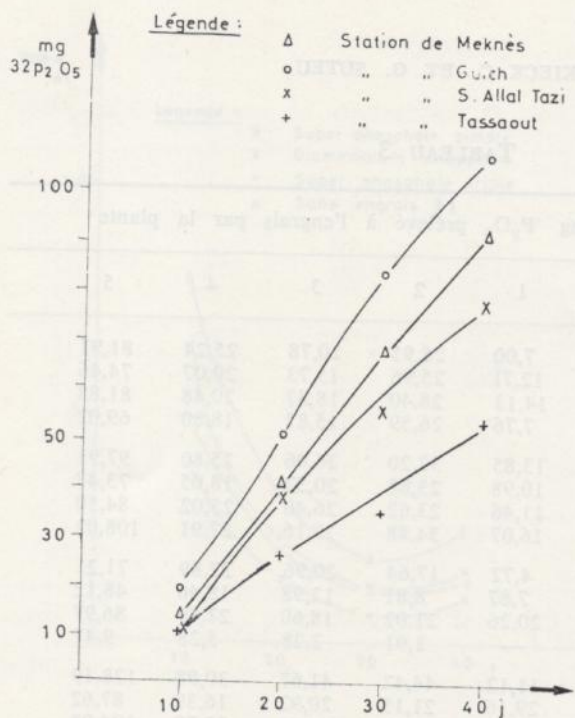


FIG. 5 : Moyenne cumulée de P_2O_5 provenant de l'engrais en fonction du type d'engrais.

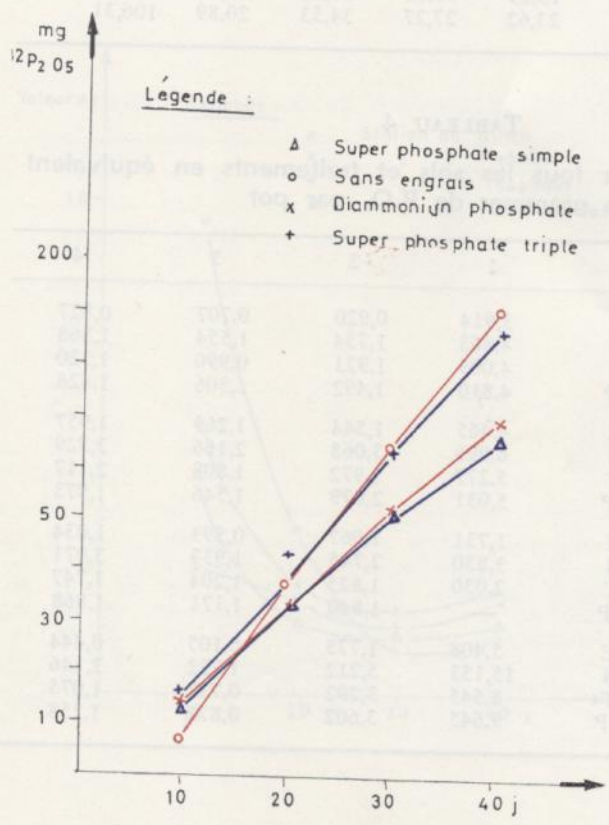


FIG. 6 : Moyenne cumulée de P_2O_5 provenant de l'engrais en fonction des types de sol.

TABLEAU 3

		mg P ₂ O ₅ prélevé à l'engrais par la plante				
Lieux	Coupes	1	2	3	4	5
Sidi Allal Tazi	SE	7,00	28,95	20,78	25,24	81,97
	SS	12,71	25,96	15,73	20,07	74,46
	ST	14,13	28,40	18,87	20,48	81,88
	NP	7,76	26,59	15,87	18,80	69,02
Meknès	SE	13,85	32,20	26,06	25,80	97,91
	SS	10,98	23,88	20,52	18,05	73,47
	ST	11,46	23,62	26,40	23,02	84,50
	NP	16,07	34,88	29,16	27,91	108,02
Tassaout	SE	4,72	17,64	20,96	27,89	71,21
	SS	7,87	8,81	12,98	18,46	48,12
	ST	20,26	21,02	18,60	27,09	86,97
	NP	—	1,91	2,28	5,28	9,47
Guich	SE	11,12	44,42	41,67	30,98	128,19
	SS	29,16	21,15	20,92	16,39	87,62
	ST	15,29	31,71	34,21	23,77	104,98
	NP	23,62	27,27	34,53	20,89	106,31

TABLEAU 4

Valeur « A » pour tous les sols et traitements en équivalent de grammes de P₂O₅ par pot

Lieux	Coupe	1	2	3	4
Meknès	S E	3,914	0,920	0,707	0,827
	S S	4,863	1,754	1,554	1,868
	S T	4,009	1,921	0,990	1,320
	N P	4,810	1,492	1,306	1,426
Tassaout	S E	4,465	1,544	1,269	1,957
	S S	6,996	3,068	2,166	3,329
	S T	5,277	1,972	1,808	2,117
	N P	5,031	2,079	1,546	1,973
Guich	S E	1,731	1,067	0,593	1,034
	S S	3,830	2,745	1,939	3,071
	S T	2,030	1,825	1,204	1,747
	N P	—	1,840	1,171	1,868
Sidi Allal Tazi	S E	5,408	1,775	0,105	0,444
	S S	15,153	5,212	1,722	2,146
	S T	8,545	3,292	0,737	1,075
	N P	9,645	3,602	0,872	1,258

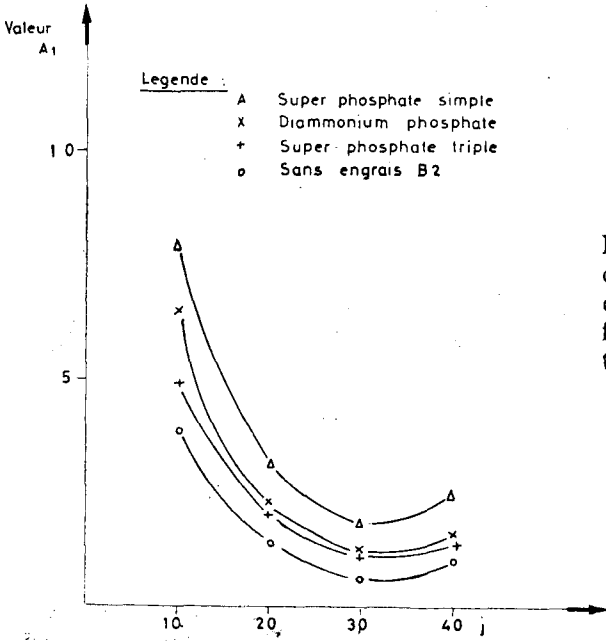


FIG. 7 : Moyenne des valeurs « A » du P par coupe en fonction de la nature des engrais.

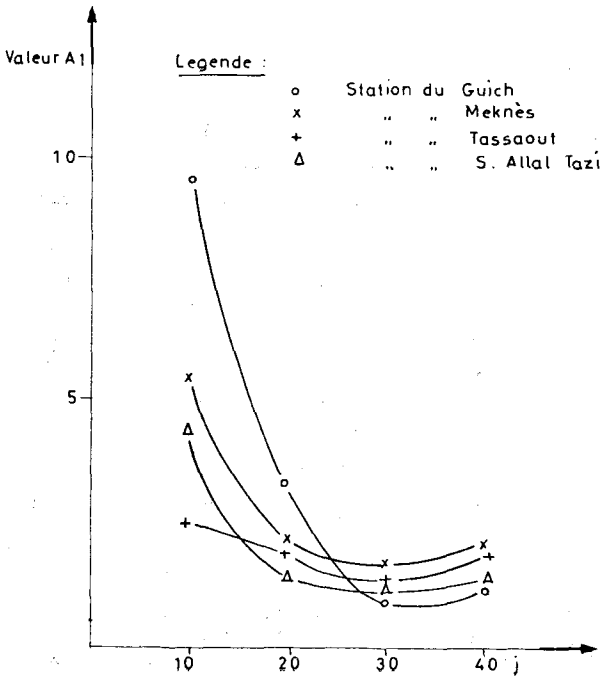


FIG. 8 : Moyenne des valeurs « A » du P par coupe en fonction des types de sol.

TABLEAU 5

Valeur A_2 de tous les sols et traitements en grammes P_2O_5 / POT

Lieux	Coupes	1	2	3	4
Sidi Allal Tazi	SS	0,949	0,834	0,847	1,041
	ST	0,095	1,001	0,283	0,494
	NP	0,896	0,572	0,599	0,599
Meknès	SS	2,531	1,524	0,897	1,372
	ST	0,812	0,428	0,539	0,160
	NP	0,566	0,535	0,277	0,016
Tassaout	SS	2,099	1,680	1,346	2,037
	ST	0,299	0,759	0,611	0,713
	NP	—	0,773	0,578	0,834
Guich	SS	9,745	3,437	1,617	1,702
	ST	3,137	1,517	0,632	0,631
	NP	4,237	1,827	0,767	0,814

Discussion : En appliquant l'hypothèse de travail de la valeur A_2 pour classer les engrais utilisés en fonction de leur degré de fertilité relative, on obtient le classement suivant : SS > NP > ST qui est le même classement obtenu par la valeur A_1 .

TABLEAU 6

Valeur « A » du sol en fonction de la dose d'engrais

Lieux	Coupes	1	2	3	4
Sidi Allal Tazi	Dose I	3,914	0,920	0,707	0,827
	Doble dose II	3,862	0,752	0,554	0,868
Meknès	I	4,465	1,544	1,269	1,957
	II	5,996	2,066	1,164	2,328
Tassaout	I	1,731	1,067	0,593	1,034
	II	2,830	1,604	0,938	2,070
Guich	I	5,408	1,775	0,105	0,444
	II	14,146	4,210	0,722	1,146

Discussion : Si dans le traitement SE il y a l'équivalent d'un g de P_2O_5 (B_1) sous forme du super simple marqué avec une activité de $15,46 \mu\text{Ci}/\text{pot}$ et que dans le traitement SS il y a l'équivalent de 1 g de P_2O_5 (B_1) sous forme de super simple marqué avec une activité de $15,46 \mu\text{Ci}/\text{pot}$ plus l'équivalent d'un g de P_2O_5 (B_2) sous forme de super simple non-marqué, c'est-à-dire l'équivalent de 2 g marqué avec une activité de $15,46 \mu\text{Ci}/\text{pot}$, et en calculant la valeur « A » selon la formule (1), on obtient pour certains sols, une valeur « A » différente lorsque la dose d'engrais B, appliquée l'est aussi.

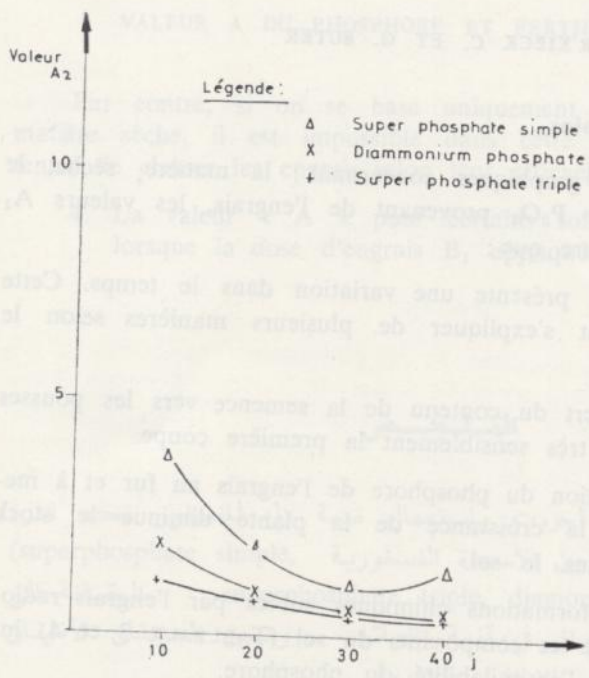


FIG. 9 : Valeur A₂ moyenne par coupe en fonction de la nature des engrais.

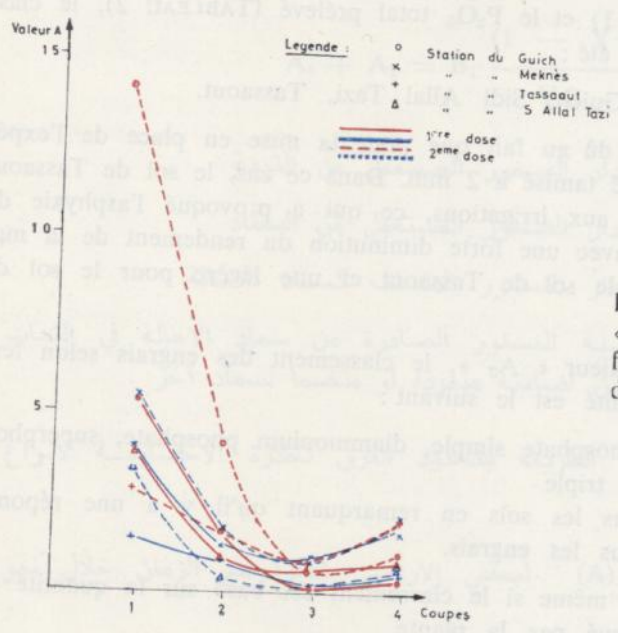


FIG. 10 : Valeur « A » du sol en fonction de la dose d'engrais.

5. Conclusions générales

Des tableaux et graphiques concernant : la matière, sèche, le P_2O_5 total prélevé, le P_2O_5 provenant de l'engrais, les valeurs A_1 et A_2 , on peut conclure que :

1. La valeur A présente une variation dans le temps. Cette variation peut s'expliquer de plusieurs manières selon le cas :
 - a. Le transfert du contenu de la semence vers les pousses influence très sensiblement la première coupe.
 - b. L'exportation du phosphore de l'engrais au fur et à mesure de la croissance de la plante diminue le stock du P dans le sol.
 - c. Les transformations chimiques subies par l'engrais radioactif avec les composants du sol (TABLEAUX 3 et 4) influencent l'assimilabilité du phosphore.
2. Par la valeur « A », on peut classer les quatre sols selon leur fertilité relative dans l'ordre suivant : Meknès, Tassaout, Sidi Allal Tazi, Guich, alors que pour le rendement (TABLEAU 1) et le P_2O_5 total prélevé (TABLEAU 2), le classement a été :

— Meknès, Guich, Sidi Allal Tazi, Tassaout.

Cet effet est dû au fait que pour la mise en place de l'expérience, le sol a été tamisé à 2 mm. Dans ce cas, le sol de Tassaout a été tassé suite aux irrigations, ce qui a provoqué l'asphyxie de quelques racines avec une forte diminution du rendement de la matière sèche pour le sol de Tassaout et une légère pour le sol de Sidi Allal Tazi.

3. Par la valeur « A_2 », le classement des engrais selon leur assimilabilité est le suivant :

— Superphosphate simple, diammonium phosphate, superphosphate triple

et cela pour tous les sols en remarquant qu'il y a une réponse positive pour tous les engrais.

Il en est de même si le classement est basé sur la quantité de P_2O_5 , total prélevé par la plante.

Par contre, si on se base uniquement sur la production de matière sèche, il est impossible dans cette expérience de vouloir tenter de classer les engrais selon leur efficacité (TABLEAU 1).

4. La valeur « A » pour certains sols n'est pas la même lorsque la dose d'engrais B_1 appliqué est différente.

المخلص

ان التجربة التي أجريت باستعمال قيمة (أ) للفسفور تحدد قدرة الاخصاب لثلاثة نماذج من الاسمدة الفسفورية (superphosphate simple, superphosphate triple, diamonium phosphate). المضافة الى أربعة تربة مزروعة بالزوان في آنية النباتات . وتبين الصغتان الآتيتان أن فرق يوجد في خصب الاراضي الاربعة .

$$A_1 = B_1 \frac{(1 - Y_1)}{Y_1}$$

$$A_1 + A_2 = B_1 \frac{(1 - Y_2)}{Y_2}$$

(A 1) = مقدار الفسفور المستعمل من التربة

(A 2) = مقدار الفسفور المستعمل من السماد

(B 1) = مقدار الفسفور المضاف كسماد للاحالة

($Y_1 - Y_2$) = نسبة الفسفور الصادرة من سماد الاحالة في النبات حين اضافته منفردا أو منضمًا لسماد آخر .

لقد تسمح هذه الطريقة بتحديد الفرق للقدرة الاخصابية لانواع الاسمدة .

وتظهر قيمة (A) لبعض الاراضي تغيرا مع الزمان خلال نمو النبات .

Recherche de la meilleure forme d'engrais et de la fertilité relative de 4 sols marocains par le moyen de la valeur A. du phosphore

par

Mlle R'KIECK Cautar

RÉSUMÉ

Par l'utilisation de la valeur A du phosphore, l'expérience a été menée pour apprécier le pouvoir fertilisant de 3 types d'engrais phosphoriques (superphosphate simple, superphosphate triple, diammonium phosphate) appliqués sur quatre sols cultivés avec du ray-grass en vases de végétation. Grâce aux deux formules suivantes :

$$A_1 = B_1 \frac{(1 - Y_1)}{Y_1}$$

$$A_1 + A_2 = B_1 \frac{(1 - Y_2)}{Y_2}$$

A_1 = quantité du phosphore utilisable dans le sol

A_2 = quantité du phosphore utilisable dans le fertilisant

B_1 = quantité du phosphore apporté comme engrais de référence

Y_1 ou Y_2 = proportion du phosphore dans la plante dérivée de l'engrais de référence dans le cas où celui-ci est appliqué seul ou en présence d'un autre engrais.

Il s'est avéré qu'il y a une différence de fertilité des quatre sols. Par cette méthode des différences de pouvoir fertilisant entre les formes d'engrais ont été mises en évidence. Et dans cette expérience la valeur A présente pour certains sols une variation dans le temps au cours de la croissance de la plante.

Investigación sobre la mejor forma de abono y sobre la fertilización relativa de cuatro tipos de suelos marroquíes, mediante el uso del valor A del fósforo

par

la Señorita R'KIECK Cautar

RESUMEN

Mediante la utilización del valor A del fósforo, esta experiencia ha sido llevada a cabo para apreciar el poder fertilizante de tres

tipos de abonos forfóricos (superfosfato simple, superfosfato triple y fosfato diamónico) aplicados sobre cuatro tipos de suelos, puestos en macetas y cultivados con (ray-grass).

Gracias a las dos fórmulas siguientes :

$$A_1 = B_1 \frac{(1 - Y_1)}{Y_1}$$

$$A_1 + A_2 = B_1 \frac{(1 - Y_2)}{Y_2}$$

A_1 = Cantidad del fósforo utilizable en el suelo

A_2 = Cantidad del fósforo utilizable en el fertilizante

B_1 = Cantidad del fósforo que ha sido añadido como abono de referencia.

Y_1 o Y_2 = proporción del fósforo en la planta, derivado del abono de referencia, en el caso en que, este abono, esté aplicado solo, o en presencia de otro abono.

Se ha demostrado de esta experiencia que :

1. hay una diferencia de fertilidad entre los cuatro tipos de suelo;
2. existen algunas diferencias del poder fertilizante entre las diferentes formas de abono;
3. el valor A presenta para algunos suelos una variación con el tiempo durante el período de crecimiento de la planta.

Researches concerning the best fertiliser form and the relative fertility of 4 moroccan soils by means of phosphorous a value

by

Miss R'KIECK Cautar

SUMMARY

An essay has been conducted appreciate the fertilising power of three phosphoric fertiliser types (simple superphosphate, triple superphosphate, diammonium phosphate). The fertilisers were applied to 4 soils with ray-grass in pots.

With the two following aquations :

$$A_1 = B_1 \frac{(1 - Y_1)}{Y_1}$$

$$A_1 + A_2 = B_1 \frac{(1 - Y_2)}{Y_2}$$

Wehere :

A_1 = amount of usable soil phosphorous

A_2 = amount of usable fertiliser phosphorous

B_1 = amount of phosphorous brought as reference fertiliser

Y_1 or Y_2 = phosphorous ratio in plants derived from reference fertiliser either applied alone or in the presence of another fertiliser.

The existence of a difference in fertility was proved in the 4 soils. By this method the difference of fertilising power has been detected between different fertiliser forms. In the discribed investigation the A value represented for certain soils a variation in time during plant growth.

REMERCIEMENTS

Que messieurs : RODERBOURG, FILALI, FARAJ et HAJJI trouvent dans ces quelques lignes l'expressions de nos sincères remerciements pour la précieuse collaboration qu'ils ont apportée à la réalisation de ce travail.

Nous adressons également notre sincère gratitude aux responsables du laboratoire des séances du sol de l'Institut National d'Agromonie de Rabat et au Chef du laboratoire de Chimie Général de la D.R.A. pour avoir mis à notre disposition leurs installations.

BIBLIOGRAPHIE

1. TECHNICAL REPORTS — 1964. Determination of A value. — Série n° 2, pp. 151-154, Vienna.
2. MAURICE FRIED — 1954. Journal of Argicultural and food chemistry Fertilizer evaluation. — pp. 241-244, vol. 2, n° 5, mars.
3. SMITH, S.J. & J.O. LEGG — 1971. Reflection on the A value concept of soil nutrient availability. — Soil Science, vol. 112, n° 5, pp. 373-375, novembre.
4. THE SOIL PLANT SYSTEME — 1967. Principe of Fertilizer Application. — Chapitre 7, pp. 220-235, Académie Press, New-York and London.