

CN0100258

P330

NDI JPN/KG

REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

1977-83

DELEGATION GENERALE
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE



ESSAI DE SYNTHÈSE DES RECHERCHES
EFFECTUÉES SUR LE PHOSPAL AU SENEGAL

Par

3. P. NDIAYE
Ingénieur de Recherches ISRA

AOÛT 1977

Centre National de Recherches Agronomiques
- BAMBEY -

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(I.S.R.A.)

 **O M M A I R E**

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION	1
I - NATURE ET COMPOSITION DU PHOSPAL	2
II - APTITUDE DU PHOSPAL A RELEVER LA TENEUR DU SOL EN PHOSPHORE ASSIMILABLE	3
III - COMPORTEMENT DU PHOSPAL DANS LE SOL ET LA REMISE A LA DISPOSITION DE LA PLANTE DES QUANTITES DISSOUTES TENUES EN "RESERVES"	4
IV - UTILISATION DU PHOSPAL PAR LES PLANTES ET SON EFFET SUR LE RENDEMENT DES CULTURES	5
4.1 - Utilisation en fumures annuelles	5
4.2, Phosphatage de fond	6
4.3. Comparaison de formes de phosphates	9
V - CONCLUSION	11

INTRODUCTION

décennies

Il y a plusieurs décennies que le Centre de Recherches agronomiques de Bambey a effectué au Sénégal les premières études sur la fumure des plantes cultivées. Pour redresser la carence initiale des sols on s'orientait tout naturellement, en ce qui concerne le phosphatage, vers l'emploi des produits d'origine locale : phosphates tricalciques de Civé découverte dans la région de Matam, puis phosphates de chaux et d'alumine de Thiès. En 1937 SAGOT et BOUFFIL mirent à l'étude le phosphate de Civé et suivirent son action pendant dix ans sur des cultures d'arachide et de mil. Ainsi il fut possible de mettre en évidence une action positive très nette de cet engrais se traduisant par des accroissements de rendement de l'ordre de 20 à 30 %, qui se maintiennent pendant plusieurs années. Cependant du fait que les gisements de Civé ne furent pas exploités il ne fut malheureusement pas possible de vulgariser cette pratique.

Quelques années plus tard la découverte des phosphates de Thiès allait susciter un vif intérêt chez les agriculteurs car l'utilisation de ces phosphates allait être peu onéreuse du fait de la proximité de la voie ferrée du Dakar-Niger qui facilite leur écoulement. Depuis lors l'efficacité du phospal comme engrais phosphaté a été étudié avec succès pendant plusieurs décennies dans de nombreux essais agronomiques. Ces essais ont été toutefois réalisés principalement dans le bassin arachidier et pour cette culture d'arachide.

Sur la demande de la Société Sénégalaise des phosphates de Thiès la Division de fertilisation et de chimie des sols a entamé cette année une expérimentation pour une durée de quatre ans en vue de tester à nouveau la valeur de cet engrais dans de nouvelles conditions de sols et de cultures. Nous avons alors estimé nécessaire de faire une synthèse des recherches effectuées jusqu'à ce jour au Sénégal sur l'utilisation du phospal pour mieux comprendre les problèmes qui s'attachent à son emploi.

1 - NATURE ET COMPOSITION DU PHOSPAL

Le phoepal provient d'un minerai extrait à Lam-Lam et qui est un phosphate double de chaux et d'alumine. Sa formation s'explique par l'action des eaux dans le sol sur des phosphates de chaux déposés au début de l'ère tertiaire, parmi les sédiments argileux.

Les minéralogistes y ont distingué des phases cristallines complexes telles que la pallite et la pseudowavellite ($\text{Ca Al}_3 (\text{PO}_4)_2 (\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Ce minerai est concentré et enrichi par criblage puis subit une calcination à 600° au four tournant. Après refroidissement le produit calciné est finement broyé (95 % à 160 microns)* Ce produit nouveau est le phoepal, engrais minéral phosphaté dont la composition moyenne est la suivante (1) :

P_2O_5	34,6 %	(dont 26,4 % soluble au citrate d'ammonium)
CaO	10,9 %	
Al_2O_3	35,9 %	
Fe_2O_3	9,1 %	
SiO_2	2,9 %	
TiO_2	1,9 %	
MgO	0,3 %	
Divers	1,8 %	
Pertes au feu	2,6 %	

L'analyse des teneurs en oligo-éléments de ce minerai a fourni les résultats moyens suivants :

(Exprimer en ppm)

Zn : 373	Mo : 10	Ni : 227	Sn : 151
CU : 117	V : 483	Co : 61	B : 157
Mn : 133	Cr : 3400	Pb : 10	

La bonne alimentation du végétal en acide phosphorique est liée à la satisfaction de ses besoins à tout moment de sa croissance. Cette alimentation se fait à partir des solutions du sol qui doivent contenir environ 0,2 à 0,5 mg d'acide phosphorique par litre pour que soit réalisée la bonne nutrition des plantes (2).

Le phospal étant un engrais insoluble à l'eau ceci donne à penser, par analogie avec certains résultats obtenus en pays tempérés que son assimilation par les plantes n'est pas immédiate. Cependant les $\frac{3}{4}$ du P_2O_5 contenu dans le phospal sont solubles au citrate d'ammonium. On peut donc s'attendre à ce que la solubilité du phoepal soit supérieure à cette concentration de 0,2 - 0,5 mg par litre grâce à l'action des acides du sol qui feront prendre au phosphore une forme assimilable.

Les essais et les études entrepris sur le phospal depuis plusieurs années ont eu pour but de vérifier :

- son aptitude à relever la teneur du sol en phosphore assimilable
- son comportement dans le sol et la remise à la disposition de la plante des quantités dissoutes tenues en "réserves"
- son utilisation par les plantes et son effet sur le rendement des cultures.

Notre étude bibliographique sera donc axée sur ces trois points.

II - APTITUDE DU PHOSPAL A RELEVER LA TENEUR DU SOL EN PHOSPHORE ASSIMILABLE

Les sols du Sénégal, à de rares exceptions près, peuvent être considérés comme carencés à l'origine en phosphore. Les teneurs en P₂O₅ dit "assimilable" obtenu par extraction citrique sont rarement supérieures à 0,1 % ; le plus souvent elles ne dépassent même pas 0,02 ‰. C'est pourquoi l'apport d'engrais phosphates susceptibles d'élever cette teneur peut avoir un effet bénéfique se traduisant par un accroissement de rendement des cultures,

Dans un essai d'enrichissement du sol par phosphatage Bouyer (3) constate dans tous les cas une augmentation très nette de la teneur en P₂O₅ assimilable. Les résultats de cet essai de fumure annuelle avec baylifos et phospal furent les suivants :

Traitements	Teneur moyenne en P ₂ O ₅ assimilable six mois après, phosphatage
Témoin sans phosphate	0,01 ‰
Baylifos (30 kg P ₂ O ₅ /ha)	0,03 ‰ (haute- ment significatif)
Phospal (30 kg P ₂ O ₅ /ha)	0,03 ‰ (haute- ment significatif)

On remarque dans cet essai que l'effet du phospal est identique à celui du Baylifos.

L'aptitude du phospal à relever la teneur du sol en P₂O₅ assimilable a été une fois de plus mise en évidence par BEYE (4). En effet dans un essai mené sur sol limoneux très sableux et très acide il a été montré après deux années de culture qu'avec l'apport d'une dose de 1000 kg/ha de P₂O₅ sous forme de supertriple la quantité de P₂O₅ assimilable augmente de 3 ppm. L'effet de la même dose de phospal fut identique à celui du supertriple. Le phosphore total sous l'effet du phospal passait de 0,21 ‰ à 0,29 ‰, ce qui est hautement significatif. Les résultats qui figurent sur le tableau 4 en annexe illustrent bien cette aptitude du phospal à relever la teneur du sol en P₂O₅ assimilable.

L'augmentation de la quantité de phosphore total par apport de phospal mérite une attention particulière car comme l'a fait remarquer BOUYER (5) le meilleur critère d'appréciation de la fertilité des sols du Sénégal en ce qui concerne P₂O₅ n'est certainement pas la fraction obtenue par l'extraction citrique. En effet les recherches effectuées montrent qu'il existe une corrélation assez nette entre la productivité et la teneur en P₂O₅ total, extrait par l'acide nitrique concentré à chaud. Au point de vue pratique il apparaît donc que le phosphatage est d'une nécessité impérieuse dans les sols carencés en phosphore, ce qui a d'ailleurs été démontré par de nombreuses recherches effectuées dans différentes régions du Sénégal.

Cependant si l'enrichissement du sol par le phosphatage s'avère très bénéfique (augmentation de la quantité de P_{2O_5} total et assimilable) il reste que certains problèmes peuvent surgir selon qu'il est réalisé par rapport de tel ou tel autre engrais naturel, d'où la nécessité d'étudier le comportement de ces engrais dans le sol.

III - COMPORTEMENT DU PHOSPAL DANS LE SOL ET LA REMISE A LA DISPOSITION DE LA PLANTE DES QUANTITES 'DISSOUTES TENUES EN' "RESERVES".

La teneur moyenne de l'horizon de surface des sols du Sénégal en P_2O_5 total et Al_2O_3 total oscille entre 0,20 et plus de 5% pour chacun des deux éléments, ce qui représente pour l'horizon 0-20cm une quantité de 6 à 150 tonnes de P_2O_5 /ha ou de Al_2O_3 /ha (6). Un apport de 500 kg de phosphate naturel à 1,5% de P_2O_5 et 4,5% Al_2O_3 (c'est un maximum pour le phosphate de Taïba) tous les quatre ans augmente donc le stock du sol de chacun de ces deux éléments d'environ 7 à 8kg. On voit mal l'influence d'une quantité aussi infime.

Le problème de toxicité due à l'aluminium a été étudié de près à propos de phospal (6) qui titra plus de 34% en cet élément. Aucun effet toxique n'a été observé à la suite d'apports importants de cet engrais. On a attribué une action toxique à certains sels d'aluminium (nitrates et sulfates essentiellement). Ceux-ci n'apparaissent que dans les sols très acides à pH inférieur à 4,5. A des pH compris entre 4,7 et 8,7 (la presque totalité des sols du Sénégal), les sels solubles d'aluminium sont précipités à l'état d'hydroxydes, dépourvus totalement d'action toxique.

Il est à noter que les recherches effectuées dans ce domaine n'ont révélé aucune toxicité du Baylifos couramment employé, bien que sa teneur en foral soit le double de celle du phosphate de Taïba.

Le processus d'acidification des terres cultivées au Sénégal s'étend au-delà de la zone Nord où il cause des chutes de rendements agricoles pour atteindre les sols beige et rouges des plateaux de la Casamance. D'où la nécessité soulignée par PIERI (7) de trouver une solution urgente à ce problème. Les phosphates naturels ayant dans la plupart des cas une teneur assez élevée en CaO des considérations agronomiques et économiques militent donc en faveur de leur utilisation afin de remonter prudemment le pH au-dessus du seuil 5,5. Cependant si cela est vrai avec certains phosphates naturels il n'en est pas de même avec le phospal, ce que montrent bien les résultats d'un essai (8) mené sur sol de canne à Richard-Toll dont le but était de relever le pH acide de ces sols lourds très argileux, dits Houlal de ballère. En effet il a été démontré que le phospal, malgré sa richesse relative en CaO (10,9%), même utilisé à très forte dose de 48 T/ha ne réagit pas sur le pH au bout de deux ans, phénomène lié de toute évidence à sa neutralité chimique. Les recherches effectuées ont montré que le pH d'une suspension de phospal dans l'eau conserve sa valeur initiale de 7,1 au bout de 48 heures.

Cette neutralité peut donc avoir pour conséquence :

- de permettre le mélange avec tout engrais azoté ou potassique sans risque de pertes ou de réaction défavorable,

- la facilité de manipuler le phospal sans inconvénient pour le personnel, pour les semoirs.

IV - UTILISATION DU PHOSPAL PAR LES PLANTES ET SON EFFET SUR LE RENDEMENT, DES CULTURES

Il est à noter que la plupart des recherches effectuées sur le phospal ont porté essentiellement sur son effet sur le rendement des cultures. Ceci explique que dans cet essai de synthèse cette quatrième partie soit plus développée que les autres.

4.1, Utilisation en fumures annuelles

Le phospal contenant une forte proportion de P_2O_5 soluble au citrate, il convenait de l'essayer d'abord en fumure annuelle. Les premiers résultats furent assez décevants (tableaux 1 et 3 en annexe).

Contrairement à ce que l'on pouvait espérer, le phospal employé seul n'était pas plus efficace que le phosphate de chaux les deux premières années, et ce n'est que sur la troisième culture que son action devenait très nette. Dans une deuxième série d'essais, effectués en 1950 à Eambey, Niort-du-Rip et Sinthiou-Malème BOUYER (3) ne notait encore que de légères plus-values arithmétiques, d'ailleurs non significatives.

Par contre, dans un troisième essai, réalisé en 1951 à Oambey, et comportant en particulier une formule dans laquelle l'élément phosphore était apporté uniquement sous forme de phospal, on a enregistré l'année même de l'épandage, un surcroît de rendement hautement significatif, de 15,1 %, mais dans ce cas le phospal avait été mélangé au chlorure de potassium avant l'épandage.

Dans un essai de longue durée (9) (1958-1961) sur mil on a suivi par diagnostic foliaire l'évolution des teneurs en phosphore de cette plante en fonction des doses croissantes de cet élément appliquées annuellement (0 - 10 - 20 - 40 kg P_2O_5 /ha) sous la forme de deux engrais phosphates (Phospal et Baylifor).

Les résultats obtenus figurent sur le tableau suivant,

Dose	B a y l i f o r		P h o s p a l	
	Teneurs des feuilles en PO_4 (me/100g)	Rendement (kg/ha)	Teneurs des feuilles en PO_4 (me/100g)	Rendement (kg/ha)
P0	24,4	671	26,0	,856
P10	26,8	861	27,5	989
P20	30,9	940	28,0	1.145
P40	35,3	1004	31,9	1.167

La lecture de ce tableau montre que dans cet essai l'effet du phospal sur le rendement du mil est statistiquement supérieur à celui du baylifos pour toutes les doses apportées.

D'autres essais agronomiques ont donné des résultats semblables très intéressants. Nous reproduisons ci-dessous les résultats d'un essai de réponse de l'arachide et du mil aux doses croissantes de phosphates (10).

4.2. Phosphatage de fond

Comme il a été souligné plus haut la plupart des sols du Sénégal sont fortement carencés en phosphore. Pour corriger cette carence initiale il a été proposé de procéder à un phosphatage de fond appliqué en début de rotation. De nombreuses études ont été effectuées à cet effet pour tester la valeur fertilisante de différents phosphates extraits au Sénégal. C'est ainsi qu'en 1962 un essai fut conduit (11) pour comparer des formes d'engrais phosphatés pouvant être utilisés en présence ou non de phosphate de fond épandu en couverture sur la première arachide en tffe d'assolement. Les formules adoptées sur arachide et mil étaient la 6 - 20 - 10 et la 14-7-7 à 150 kg/ha. Seule la forme de phosphore varie, l'essai fut conduit dans le cadre d'une succession culturale Jachère-Arachide-Mil-Arachide.

Nous reproduisons sur le tableau suivant les résultats de cet essai.

Formule annuelle 150 kg/ha 6-20-10 150 kg/ha 14-7-7	571 mm Ar. 1 gousses	580 mm Mil sanio grains	484 mm Ar. 2 gousses	Plus-value par rapport à NK
N K	1481	777	1152	0
NPK super triple	1847	1003	1286	730
NPK phosphate NH4	1834	750	1197	570
NPK super simple	1829	1079	1147	650
NPK scories	1769	920	1223	500
NPK hyperpotassique	1650	945	1108	290
NPK phospal	1645	8977	1237	370
NPK schlamm	1591	917	1253	350
WPK bicalciqua	1689	990	1248	520

Les plus-values de rendement enregistrées par l'apport d'engrais annuels en présence de phosphate épandu en couverture sont faibles sauf en première année pour la majorité des engrais solubles. Le bilan établi montre que les phosphates naturels (schlamm et hyperpotassique) utilisés aux doses annuelles ont peu d'intérêt. L'accroissement de rendement apporté par le phospal bien que supérieur à celui des schlamm et hyperpotassique est faible vis-à-vis de celui procuré par le supertriple et le bicalcique. On retrouve les mêmes observations dans un autre essai (12) de comparaison entre le phospal et le bicalcique. C'est ainsi qu'à Louga (pluviométrie moyenne 400mm) l'effet moyen de 800 kg/ha a été nul sur 5 ans (1956-1960) bien que la même dose soit à nouveau appliquée après deux ans. Il en a été de même à Tivaouane (pluviométrie moyenne 500 mm). Par contre dans le Sud du pays BOYER (13) note qu'en fumure de fond et à fortes doses (600 à 700 kg/ha) la phosphate d'alumine est supérieur pendant trois ans au moins à une fumure annuelle de 60 à 80 kg de phosphate bicalcique.

10. REPONSE DE L'ARACHIDE AUX BASES DE PHOSPHATES

Bambey 1956

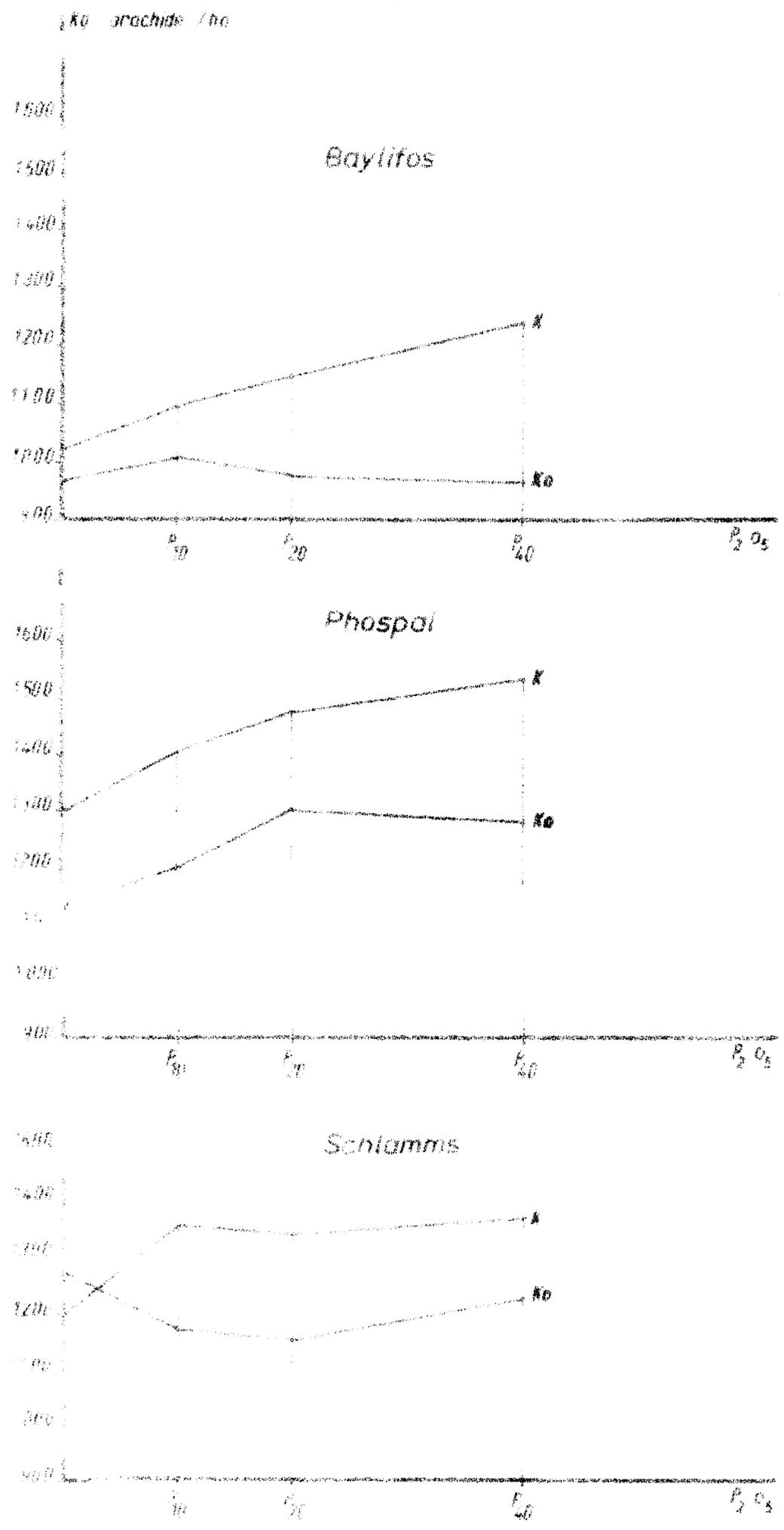
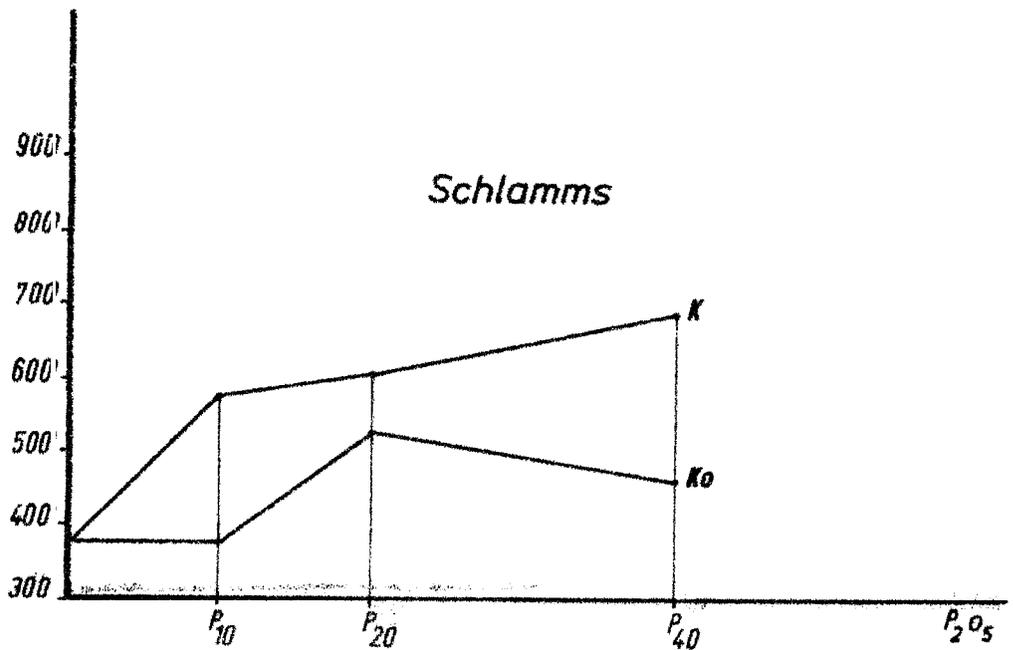
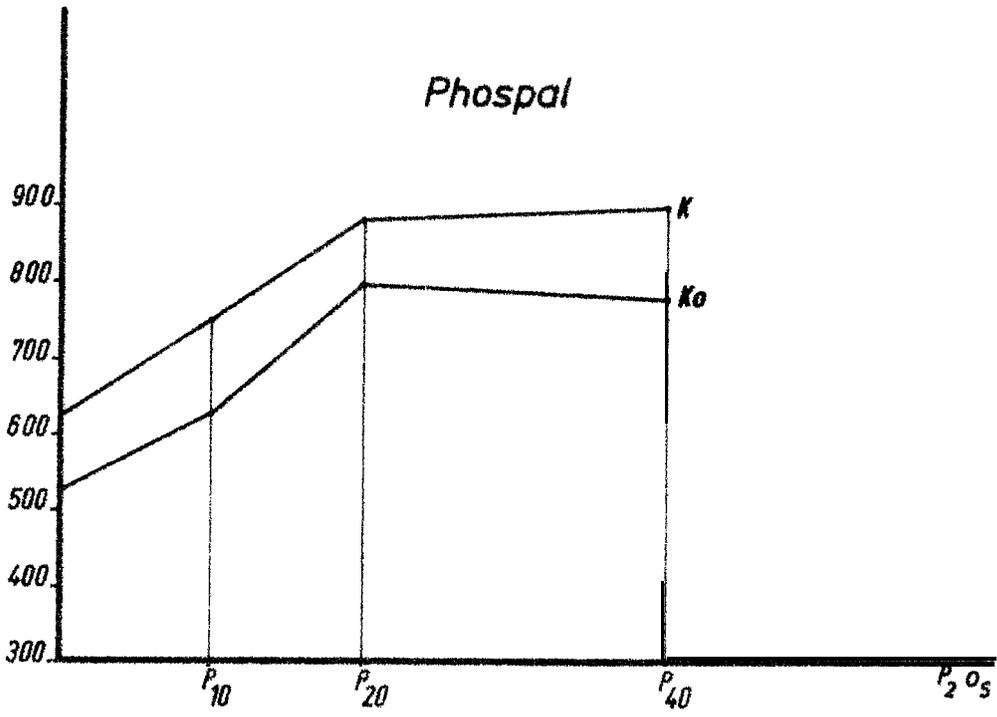
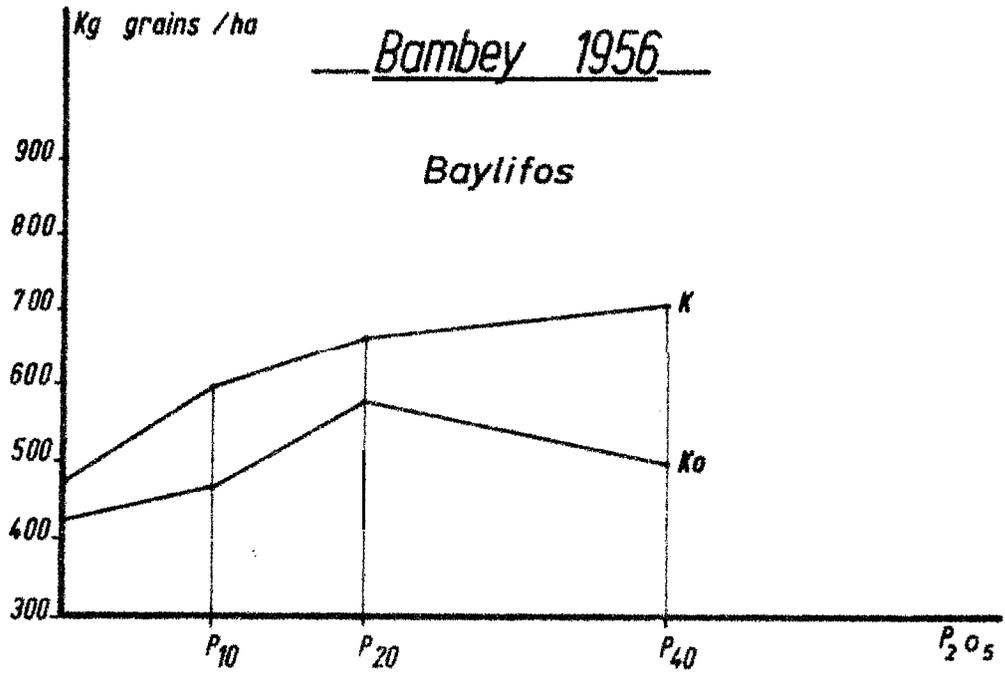


Fig. 2. ACTION DE LA FUMURE PHOSPHATEE SUR LE MIL



A la suite de ces essais, on considère que l'étude du phosphatage de fond est surtout intéressante pour les zones dont la pluviométrie moyenne est supérieure à 600 mm et qui ont des sols mieux pourvus en argile et matière organique (14). C'est le cas de Darou (Sine-Saloum). Le tableau suivant indique pour l'arachide et le sorgho les suppléments de récolte dus au phospat pendant les quatorze années de l'essai (1953-1966).

Doses de phospat	Plus-values arachide en kg (7 cultures)	Plus-value sorgho en kg (7 cultures)
Témoin	12050	2 905
100	310	1 315
200	2710	180
400	3255	190
800	4205	1 905
1600	5605	2 085

Les résultats d'un essai de phosphatage effectué en 1948 à Bamboey et que nous reproduisons sur le tableau 2 en annexe montrent que les accroissements de rendement de 1950 à 1951 et celui de la dose de l'année 1952 sont significatifs ou hautement significatifs. A la dose pl (90 kg P₂O₅/ha) le phospat n'agit que pendant quatre ans.

4.3. Comparaison de formes de phosphates

Malgré les besoins généralisés des sols sénégalais en engrais phosphates, ceux-ci sont encore peu utilisés par les agriculteurs. Néanmoins ces engrais ont fait l'objet d'une large expérimentation (15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23) dans les Stations de recherche. Cependant les résultats obtenus sont souvent difficiles à relier dans un schéma d'ensemble. En 1948-1949 un essai conduit par BOUYER (24) et mis en place avec les phosphates naturels n'a donné que peu de résultats.

Par contre en 1950 sur mil saïno le phosphato d'alumine solubilisé et le phosphate tricalcique assuraient respectivement des surcroits de rendement de 38 et 32 p. 100.

Le tableau suivant donna les résultats d'un essai de comparaison entre le phospal et le phosphate de Taïba broyé (à même dose de P₂O₅)

Formes de phosphatos	Gousses (kg/ha)	Paille (kg/ha)
Phospal	1 356	3 955
Taïba	1 147	1 939

On notera particulièrement le doublement de la production de paille en présence de phospal (25).

Les résultats qui figurent sur le tableau 5 en annexe montrent que le phosphate d'ammoniaque, le supertriple et le bicalciqum sont équivalents de même qu'avec les scories THOMAS, qui sont inférieures au Phosphate d'ammoniaque dans les conditions de cet essai. Le phospal est équivalent aux scories THOMAS, au tricalcique de Taïba et aux schlamms mais est inférieur au bicalcique.

Quant à l'efficacité du phospal par rapport au supertriple (tableau 6 en annexe) elle s'élève en moyenne à 90,3 %.

L'on sait que le coût de l'engrais au Sénégal est assez élevé pour le monde paysan. C'est pourquoi dans le souci de réduire le coût des fumures vulgarisées dans le cadre d'une rotation quadriennale des essais de mélanges de phosphates furent conduits en 1963 (11). Les résultats de ces essais permettant de conclure à la possibilité sans souci de gros risques de remplacer une fraction du bicalcique par du phospal ou même du tricalcique. Le meilleur résultat fut obtenu avec 2/3 bicalcique 1/3 phospal.

Los résultats de différents essais agronomiques montrent que les phosphates naturels produits au Sénégal ont une bonne valeur fertilisante. L'effet du phospal sur le rendement des cultures s'avère bénéfique dans la plupart des cas,

Il semble que dans le centre du pays (600 - 800 mm) l'efficacité du phospal utilisé annuellement, bonne en année très humide, diminue grandement si l'année connaît un déficit de pluie. En fumure de fond et à fortes doses le phospal est supérieur dans le Sud, à une fumure annuelle de 60 à 80 kg de phosphate bicalcique. Cependant on doit aussi reconnaître que les résultats de certains essais de comparaison de formes de phosphates sont souvent contradictoires (cas du phospal et du tricalcique) ce qui est dû certainement à la variabilité des conditions dans lesquelles ces essais ont été conduits.

V. CONCLUSION

Nous avons vu que des résultats très intéressants avaient été obtenus avec le phospal. Cependant il est toujours nécessaire de poursuivre les recherches sur l'emploi de cet engrais car le choix de la meilleure fumure phosphatée parmi les diverses possibilités offertes par l'industrie sénégalaise dépend de considérations très variées telles que l'efficacité sur la culture de rente, l'arrière-action sur les cultures vivrières, les possibilités du mélange etc..

L'expérimentation phospal mise en place dans le Sénégal-oriental d'une durée de quatre ans nous apportera certainement un supplément de références sur le phospal.

B I B L I O G R A P H I E

1. Société sénégalaise des Phosphates de Thiès (S. S. P. T.)
Lam-Lam Août 1971

2. SMIRNOV P.M & PETERFURGSKII A.V. 1975
Agrochimie
Moscou, éditions Koloss 1975 p. 204

3. BOUYER S., 1954.- L'emploi des phosphates de Thiès dans l'agriculture sénégalaise. Extrait des comptes rendus de la 2ème Conférence Inter-africaine des sols. Léopoldville, 9-14 Août 1954
pp. 1399, 7403 - 1405

4. BEYE (G).- 1973. Etude comparative de différents engrais phosphatés pour la fumure Phosphatée du riz an sols de rizière très acides de Basse-Casamance.
Extrait du vol. XXVIII, n°10 Octobre 1973 - pp. 938, 942, 343.

5. BOUYER S., 1950.- phosphates et arachide. Annales du Centre de Recherches agronomiques de Bambey, 1950 - p.30

6. POULAIN (J.F).- et CHARAEAU (C).- Quelques remarques sur la teneur en ferai des phosphates extraits du Sénégal - p.4

7. PIERI (C).- 1974. Mémoire sur l'orientation des recherches en matière de fertilisation et de chimie des sols au Sénégal - Mai 1974 p.5

8. BEYE (G) et DUTAYRE (J), 1965.- Actions de trois amendements calciques sur certaines propriétés chimiques d'un sol de canne à Richard-Toll, 1965 pp. 2,3

9. VIDAL (P).- 1963. Croissance et nutrition minérale des mils Pennisetum cultivés au Sénégal. Thèse présentée à la faculté des Sciences de l'Université de Dakar, 1963 - p. 73

10. PICHOT (J), 1964.- Rapport de stage - Etude des possibilités d'emploi des phosphates naturels sénégalais, 1964 - pp. 10-16

11. POULAIN (J.F.), 1968. Bilan des essais réalisés de 1962 à 1965 sur les engrais phosphates annuels - Avril 1968 - pp. 2,3,4

12. BOCKELER - MORVAN (A).- 1967. Fumure annuelle et fumure de fond en zona arachidière du Sénégal. Communication présentée au Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. - Tananarive (Madagascar) 19-25 Décembre 1967 - Tome 1 - pp. 1238, 1242 - 1244

13. BOYER (J).- 1970. Essai de synthèse des connaissances acquises sur les facteurs de fertilité des sols en Afrique intertropicale francophone. Comité des sols tropicaux. London 8-12 Juin 1970 - p.81

- **** IRHO - Secteur expérimental du Sénégal, 1973. Etudes de fumure minérale et de travail du sol ,- Janvier **** - p.4

15. GILLIER (P).- 1960, Fumures minérales de l'arachide au Sénégal. Oléagineux 1960, 15, II, 783-791

16. ROCKELER-MORVAN (A).- 1961, Recherches de l'IRHO sur l'utilisation des phosphates du Sénégal en fumure de fond pour l'arachide. Oléagineux 1961, 16, II - 685-691

17. BOCKELER-MORVAN (A).- 1966. Efficacité des diverses formes d'apport des éléments minéraux sur l'arachide - Oléagineux 1966, 21, 3. 163-166

18. BOUYER (S).- 1965. L'expérimentation en matière de fertilisation - Agronomie Tropicale 1965, XX, 10, 1025-1028

19. TINTIGNAC (J.P.), 1966.- L'emploi des phosphates de Thiès dans la production d'arachide du Sénégal. Oléagineux 1966, 21, 8-9, 525-530.

20. GAUTREAU (J).- 1966.- Influence du régime des eaux sur l'efficacité des engrais dans la culture de l'arachide au Sénégal. Oléagineux 1966, 21,4 217-227

21. TOURTE (R), NICOU (R), CHARREAU (C), POCHIER (G), POULAIN (JF).- 1967 La fumure minérale "étalée" au Sénégal. Comparaison avec la fumure annuelle. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. Tananarive, 1967, 12-25 Nov. I, 1058-1075

22. BLONDEL (O), POULAIN (JF), 1970.- Premier; résultats sur la réponse du maïs aux éléments principaux de la fumure minérale en Moyenne Casamance. Proposition de fumure. 3ème séminaire sur l'Agriculture en Afrique de l'Ouest, organisée par la Fondation Fcrod, IITA, et IRAT. Ibadan 27 Avril 1er Mai 1970.

23. POULAIN (J.F).- 1970 b, Comparaison du phospal et du phosphate de Taïba en fumure de fond. Document interne CRA Bambey inédit.

24. BOUYER (S).- 1951. Phosphates et arachide Résultats de la campagne 1951. - pp. 56-57.

25. Synthèse des activités et résultats 1968 de l'IRAT au Sénégal et sur la rive Mauritanienne du Fleuve Sénégal - Mai 1968 - p.35.

[-) N N E X E

TABLEAU 1 : Efficacité d'une fumure annuelle au phospal

Années	Cultures	(10kg P ₂ O ₅ /ha)	(40kg P ₂ O ₅ /ha)
1948	Arachide	110,7	106,8
1949	Arachide	100,8	102,8
1950	Mil souna (tiges enfouies comme engrais vert)	134,1	110,7
1951	Arachide	120,3	123,8
1952	Arachide	128,1	145,4
1953	Engrais vert	Pas de récolte	
1954	Arachide	Campagne en cours	

TABLEAU 2 : Efficacité d'une fumure de fond au phospal

Années	Cultures	Dose p1 (90kg P ₂ O ₅ /ha)	Dose p2 (360kg P ₂ O ₅ /ha)
1948	Arachide	11,8	106,4
1949	Arachide	109,0	102,8
1950	Mil souna (tiges enfouies comme engrais vert aussitôt après la récolte des épis)	137,3	138,2
1951	Arachide	114,1	130,8
1952	Arachide	102,1	128,4
1953	Mil engrais vert	Pas de récolte	
1954	Arachide	Campagne en cours	

TABLEAU 3 : Résultats d'un essai mis en place à Darou en 1957

Apport du phosphate	Plus-value arachide kg (3 ans)	Plus-value sorgho kg (5 ans)
Bicalcique annuel (60 kg/ha)	4.475	1.165
Phospal annuel (70 kg/ha)	3.455	865
700 kg phospal en 1957	4.550	660

TABLEAU 4 : Evolution du sol après un essai de comparaison de formes de phosphates.

Traitements	pH eau susp. 1/2,5	P ₂ O ₅ total ‰	P ₂ O ₅ assimilable ppm
Témoin	5,73	0,054	3,9
NK	5,45	0,058	2,9
NPK bicalcique	5,36	0,065	9,6
NPK phospal	5,46	0,066	7,6
NPK tricalcique	5,44	0,063	13,6

On notera la baisse sensible du pH avec l'apport d'engrais (Cl.3 unités). La fumure NK en est responsable et les fumures phosphates n'ont aucune influence en ce domaine,

TABLEAU 5 : Rendements moyens de paddy, variété IR8 (en 9/ha, 14% d'humidité)

Traitements	Hivernage 1970	Contre-saison 1971	Hivernage 1971	Hivernage 1972	Moyenne
T1 (supertriple)	69,68a	77,80ab	56,45a	73,47ab	69,24ab
T2 (phosphate d'ammon.)	66,00ab	82,00a	57,27a	76,00a	71,72a
T3 (bicalci que)	64,87ab	78,70a	57,38a	68,43b	68,17abc
T4 (Tricalci que Taiba)	49,58c	70,20bc	52,48a	70,17ab	64,28cd
T5 (scories Thomas)	60,72ab	73,80abc	53,63a	68,66b	65,36bcd
T6 (Schlamms)	48,00c	69,10c	53,45a	69,80ab	64,20 cd
J7 (phospal)	55,85bc	68,35c	51,20 a	68,20 b	62,138 d
Ta (témoin sans phosphoré)	32,00d	38,72d	11,86b	31,71c	27,44 e
Ta (témoin sans engrais)	35,26d	42,43d	11,85b	40,10d	33,123

Deux moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % en utilisant le test de DUNCAN.

TABLEAU 6 : Efficacité des différents engrais par rapport au supertriple (Rendement exprimé en % de celui obtenu avec le supertriple)

Traitements (types d'engrais)	Hivernage 1970	Contre-saison 71	Hivernage 1971	Hivernage 1972	Moyenne
T1 (supertriple)	100	100	100	100	100
T2 (phosph. d'ammoniaq.)	94,7	105,3	101,4	103,3	103,5
T3 (bicalci que)	93,1	101,1	101,6	93,1	98,4
T4 (phosphate tricalci que de Taiba)	71,1	90,2	92,7	95,5	92,8
T5 (scories Thomas)	87,7	94,8	95,1	93,4	94,4
T6 (Schlamms)	68,8	88,8	94,6	94,9	92,5
T7 (phospal)	80,1	87,8	90,6	92,8	90,3
To (témoin sans phosphore)	45,8	49,7	21,0	43,1	39,6
Ta (" " engrais)	50,6	54,5	29,8	54,5	47,8