

REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

CN010556

SECRETARIAT D'ETAT
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE

3

ETUDE DE L'EFFICACITE DU PHOSPAL SUR QUELQUES
CULTURES PLUVIALES AU SENEGAL ORIENTAL

Résultats de la Campagne 1979-1980

par

J.P. NDIAYE

Mars 1980

Centre National de Recherches Agronomiques
de BAMBEY

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

A W R N T - P R O P O S

AVANT - PROPOS

Une expérimentation pluriannuelle portant sur la recherche de doses de phospal optimales à appliquer (sur les plans agronomique et économique) ainsi que sur la comparaison de l'efficacité de différents types d'engrais phosphatés a été mise en place en 1977. Les coefficients de variation très élevés des essais (23 - 26%) de 1977 ont contribué à rendre peu interprétables des résultats (NDIAYE, 1970) qui ne se distinguaient pas sur le plan statistique. En 1978 les résultats (NDIAYE, 1979) obtenus ont mis en évidence :

- une supériorité de l'effet résiduel de la dose de 300 kg/ha de phospal à Sinthiou-Malème aussi bien sur maïs que sur cotonnier;
- une supériorité de la dose de 450 kg/ha de phospal sur cotonnier et de celle de 300 kg/ha sur riz pluvial à Missirah;
- une réponse irrégulière des cultures aux différentes formes d'engrais phosphatés; la supériorité des formes solubles sur les phosphates naturels n'étant pas toujours statistiquement significative.

Les essais ont été reconduits sur le même terrain en 1973 et le propos du présent rapport est de présenter les résultats obtenus au cours de cette troisième année d'expérimentation.

INTRODUCTION

La majeure partie des sols du Sénégal, et en particulier les sols **bleux**, accusent une carence en **acide phosphorique**, tout au moins dans sa **forme assimilable**; l'analyse^{le} met en évidence au laboratoire et l'expérimentation **directe au champ le confirme**. Or, il se trouve **que** le territoire sénégalais possède **précisément dans son sous-sol ces phosphates** si nécessaires à son agriculture. Ce sont les **phosphates de la région de Thiès**. La **solution** au problème de la **fumure phosphatée** paraît donc simple. Cependant l'utilisation des **phosphates naturels comme engrais phosphates** requiert un certain nombre de **références agronomiques**: efficacité sur les cultures de rente, arrière-action sur les cultures vivrières, **effet sur** les propriétés physico-chimiques des sols, etc.. Malheureusement les résultats des expérimentations antérieures sont souvent difficiles à relier dans un schéma d'ensemble, ce qui est dû certainement à la variabilité des conditions dans lesquelles ces essais ont été **conduits**. Le **but** de la présente expérimentation est de tester la valeur fertilisante du **phosphate alumino-calcaïque de Thiès (Phospal)** dans les **conditions pédoclimatiques du Sénégal Oriental**.

1 - METHODE D'ETUDE

Afin de déterminer les doses de phospal optimales (sur les plans agronomique et économique) à appliquer un essai "Courbe de réponse à cinq **niveaux de phosphore sous forme de phospal en présence de compléments minéraux**" a été mis en place en 1977. Les différents traitements mis en comparaison **sont** les suivants :

- 1- 0 + Complément minéral (C.M.)
- 2- 150 kg/ha phospal + C.M.
- 3- 300 " " + C.M.
- 4- 450 " " t C.M.
- 5- 600 " " t C.M.

L'engrais phospal a été apporté **une fois pour toutes en 1977**. C'est donc l'effet résiduel des différentes doses qui a été étudié cette année, L'essai est réalisé avec 6 répétitions et 2 séries **annuelles** correspondant aux cultures suivantes :

- à **Sinthiou-Malème** : Maïs - Cotonnier
- à **Missirah** : Riz pluvial - Cotonnier.

Les compléments minéraux suivants ont été apportés sur les **différentes cultures** :

- sur maïs: 100 kg/ha $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 200 kg/ha $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; 100 kg/ha KCl
- sur cotonnier: 60kg/ha $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 50kg/ha $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; 150kg/ha KCl
- sur riz pluvial: 100kg/ha $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 150kg/ha $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; 150kg/ha KCl.

D'autre part un essai portant sur une étude comparative de l'efficacité de différentes formes d'engrais phosphatés a également été mis en place en 1977. Le dispositif expérimental de cet essai en blocs de Fisher à 6 répétitions est le suivant :

- 1- Fumure forte vulgarisée NPKS
- 2- Fumure forte NKS + P supertriple annuel (45% P_2O_5)
- 3- Fumure forte NKS + P tricalcique annuel (37% P_2O_5)
- 4- Fumure forte NKS + P phospal annuel (34% P_2O_5)
- 5- Fumure forte NKS + P tricalcique tous les 4 ans
- G- fumure forte NKS + P phospal tous les 4 ans.

L'essai comporte deux séries annuelles correspondant aux cultures suivantes :

- à Sinthiou-Malème : Maïs - Cotonnier
- à Missirah : Sorgho - Cotonnier.

Les différentes doses d'engrais apportées selon les cultures sont consignées dans le tableau 1.

CULTURE	MAÏS	COTONNIER	SORGHO
variété	BUS	BJA 592	51-69
Fumures nitro-potassiques annuelles	77 kg/ha $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	57kg/ha $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	71.5kg/ha $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
	1200 kg/ha $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	50kg/ha $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	150kg/ha $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
	90 kg/ha KCl	68 kg/ha KCl	52.5 kg/ha KCl
Fumure forte vulgarisée	200 kg/ha 8-18-27	150 kg/ha 8-18-27	150 kg/ha 10-21-21
P supertriple annuel	80 kg/ha	60 kg/ha	70 kg/ha
P tricalcique annuel	97,5 kg/ha	73 kg/ha	85 kg/ha
P phospal annuel	106 kg/ha	79 kg/ha	93 kg/ha
P tricalcique tous les 4 ans	400 kg/ha	1400 kg/ha	1400 kg/ha
P phospal tous les 4 ans	435 kg/ha	435 kg/ha	435 kg/ha

Tableau 1: Doses d'engrais selon les cultures.

Deux traitements portant sur la comparaison de deux modes d'apport du Baylifos (apport annuel et apport tous les 4 ans) ont été ajoutés à cet essai en 1978.

Les résultats de la deuxième année d'expérimentation avec le Phospal avaient mis en évidence sur les différentes courbes de réponse l'existence d'une zone dépressive générale pour les rendements utiles. Pour expliquer le phénomène ainsi observé il a été émis l'hypothèse d'un déséquilibre minéral et notamment d'une interaction négative entre phosphore et oligo-éléments. En effet de nombreuses études et observations indiquent que P peut avoir une interaction avec des oligo-éléments dans le sol ou à l'intérieur de la plante (OLSEN, 1972). Généralement ces interactions se produisent dans le cas de hauts niveaux de P disponible ou à la suite d'applications récentes d'engrais phosphatés. C'est ainsi donc qu'une expérimentation en vases de végétation fut mise en place pour tester cette hypothèse. Elle comportait trois courbes de réponse au phospal :

- Une courbe de réponse au phospal sans oligo-éléments
- Une courbe de réponse au phospal avec apport de Zn (15 ppm)
- Une courbe de réponse au phosphore avec apport de Cu (15 ppm).

Les doses de phospal étaient de 0,50, 100, 150 et 200 ppm par vase correspondant respectivement à 0,150, 300, 450 et 600 kg/ha de phospal. Chaque vase contenait 3 kg de terre tamisée à 2 mm et maintenue aux $\frac{2}{3}$ de la capacité de rétention durant toute la durée de l'expérimentation.

Sur le sol de Sinthiou-Malème on a semé du maïs à raison de cinq graines par vase. Après la levée un démariage à un pied par vase a été réalisé. Sur le sol de Missirah l'étude a été réalisée avec du riz pluvial comme plante test.

Le zinc et le cuivre ont été appliqués sous forme de $\text{Zn SO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$ et de $\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ aussi bien sur maïs que sur riz pluvial.

Sur Maïs on a appliqué 0,1g/vase de $(\text{NH}_4)_2 \text{ SO}_4$ et de KCl. Au quinzième jour après la levée du maïs on a effectué un deuxième apport d'azote. Sur riz pluvial l'apport d'azote et de potasse a été réalisé sous forme de $(\text{NH}_4)_2 \text{ SO}_4$ et de KCl. Au quinzième jour après la levée un apport complémentaire d'azote sous forme d'urée a été réalisé à raison de 0,15g $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ par vase. L'essai a été récolté après 45 jours de végétation.

2.1- Localisation

Les essais au champ sont mis en place à la station ISRA de Sinthiou-Malème sur la parcelle N2 Nord et ou PAPEM de Missirah sur la parcelle de multiplication d'arachide 1976 .

2.2- Pluviométrie

Aussi bien à Sinthiou-Malème qu'à Missirah l'année 1979 a accusé un déficit pluviométrique assez important. De plus comme le montrent les graphiques 1 et 2 la répartition des précipitations est assez mauvaise, Les périodes de sécheresse relativement longues enregistrées en août et septembre n'ont pas manqué d'affecter le développement végétatif des cultures.

2.3- S o l s

Les sols des sites d'expérimentation ont déjà fait l'objet d'une description assez détaillée et leurs principales caractéristiques physico-chimiques ont été données dans des rapports antérieurs (NDIAYE, 1973; 1979).

2.4- Conduite des cultures

Sur les graphiques 1 et 2 figurent les dates de semis, d'apport d'urée et de récolte des différentes cultures. Pour le maïs et le cotonnier un deuxième semis a été effectué et malgré cela la levée a été mauvaise dans le cas du cotonnier. Les traitements phytosanitaires sur cotonnier ont été réalisés avec du Péprothion. Le maïs et le sorgho ont été traités avec du Thimol -35.

III - RESULTATS DE L'ESSAI EN VASE DE VEGETATION

Les résultats obtenus avec le maïs sont reportés sur la figure 3. On enregistre en l'absence d'oligo-éléments un effet très hautement significatif des apports de phospal par rapport au témoin, sans toutefois qu'il n'y ait de différence statistiquement significative entre les doses 50, 100, 150 et 200 ppm de phospal.

Avec un apport de Zn on note une amélioration de la production de matibre sèche, l'interaction entre P et Zn étant très significative, au seuil de 99%. Cependant l'effet zinc ne se fait plus sentir à la dose de 200 ppm ce qui correspond à un apport de 600 kg/ha de phospal. Le cuivre a un effet plus ou moins dépressif sur la production de matière sèche.

Les chiffres du tableau 2 montrent l'influence des doses croissantes de phospal sur la composition minérale du maïs. Sans apport de Zn ou de Cu on note une diminution des teneurs en oligo-éléments avec l'augmentation des doses de phospal. En présence de phospal l'apport de Zn a significativement accru la concentration de cet élément dans la partie aérienne du maïs. Malgré les faibles teneurs en Zn enregistrées des symptômes caractéristiques de la carence en cet élément n'ont pas été observés sur le maïs.

D'autre part les fortes doses de phospal (600 kg/ha) n'ont pas induit une diminution statistiquement significative de la quantité de matière sèche produite.

Les résultats obtenus avec le riz pluvial sont regroupés sur la figure 4. En l'absence d'oligo-éléments il n'y a pas d'effet significatif des doses croissantes de phospal.

L'interaction P x Zn n'est pas significative. L'apport de cuivre a un effet dépressif sur la production de matière sèche. Les chiffres du tableau 3 montrent l'influence des doses croissantes de phospal sur la composition minérale de la partie aérienne du riz pluvial. Comme dans le cas du maïs et en l'absence d'oligo-éléments les doses croissantes de phospal ont entraîné une diminution des teneurs en zinc du riz pluvial. Par contre l'apport de zinc a très fortement augmenté la teneur du riz on cet élément.

Les résultats de cette expérimentation en vase de végétation sont en accord avec ceux obtenus par HALIM et al. (1960). Les concentrations en zinc traduisent des différences réelles d'absorption de cet élément plutôt que les effets de variation dans la production de matière sèche. Il semble que le degré de gravité de déficience en zinc varie avec le génotype de la plante.

TRAITEMENTS	Sans Oligo-éléments					Avec Zn					Avec Cu				
	P%	Mn ppm	Fe ppm	Zn ppm	S%	P%	Mn ppm	Fe ppm	Zn ppm	S%	P%	Mn ppm	Fe ppm	Zn ppm	S%
1) 0 ppm de Phospal	0,144	189	137	71	0,177	0,155	205	129	59	0,170	0,163	163	133	37	0,161
2) 50 ppm "	0,134	177	115	33	0,130	0,129	132	113	78	0,153	0,129	155	107	32	0,111
3) 100 ppm "	0,136	139	106	39	0,115	0,119	120	113	54	0,103	0,154	165	137	49	0,148
4) 150 ppm "	0,159	135	108	31	0,108	0,133	154	99	74	0,127	0,147	156	122	31	0,137
5) 200 ppm "	0,141	140	104	29	0,114	0,143	160	104	70	0,125	0,144	190	120	54	0,122

Tableau 2: Influence des doses croissantes de phospal sur la composition minérale du maïs.

TRAITEMENTS	Sans Oligo-éléments				Avec Zn				Avec Cu			
	P%	Mn ppm	Fe ppm	Zn ppm	P%	Mn ppm	Fe ppm	Zn ppm	P%	Mn ppm	Fe ppm	Zn ppm
1) 0 ppm de Phospal	0,101	149	136	40	0,089	132	733	95	0,100	165	158	81
2) 50 ppm de Phospal	0,089	137	192	32	0,111	166	118	73	0,125	231	165	30
3) 100 ppm "	0,111	161	123	33	0,115	146	132	91	0,122	189	131	33
4) 150 ppm "	0,140	154	135	30	0,126	148	115	104	0,140	217	130	67
5) 200 ppm "	0,145	164	131	29	0,139	152	123	64	0,147	149	111	34

Tableau 3 : Influence des doses croissantes de Phospal sur la composition minérale du riz pluvial

En effet VIETS et al. (1953) travaillant sur le maïs ont montré que les plantes déficientes avaient une teneur en zinc dans les feuilles de 9,00 à 9,30 ppm tandis que les plantes normales (saines) avaient une teneur moyenne de 31,10 à 35,00 ppm. Par contre BROWN et KRANTZ (1966) ont trouvé une teneur de 6,5 ppm dans les feuilles des plantes ne montrant aucun symptôme de déficience en zinc.

Les résultats de cette expérimentation ne semblent pas confirmer l'hypothèse d'une interaction négative entre phosphore et zinc qui serait à l'origine de la baisse de rendement observés aussi bien sur maïs que sur riz pluvial.

Ceci nous a incité à faire un diagnostic foliaire sur maïs sur les essais au champ de 1979.

Les résultats seront discutés plus loin.

IV - RESULTATS DE L'ESSAI "COURBE DE REPONSE AU PHOSPAL"

Sinthiou-Malème

Le coefficient de variation de l'essai maïs montre une variation aléatoire faible et un essai de bonne précision. La lecture du tableau 4 montre une réponse très forte au phosphore dès la première dose de phospal (150 kg/ha), le rendement maximum étant atteint avec une application de 300 kg/ha de phospal. L'augmentation de la dose de phospal au-delà de 300 kg/ha n'apporte, par rapport au témoin, qu'une plus-value arithmétique d'ailleurs statistiquement non significative. Les effets des traitements mis à l'épreuve sur le poids de paille de maïs ne diffèrent pas significativement.

Si l'on reporte sur graphique les rendements obtenus en fonction des doses de phospal appliquées, on obtient des points dont la disposition autorise à rechercher une corrélation entre ces deux valeurs.

Traitements	Nombre de pieds/ha	Nombre d'épis/ha	Poids M.S. épis kg/ha	Rendement grain kg/ /ha	Poids M.S. paille kg/ha
1) 0+Complément (.C.M.)	39 117	35 117	3 404	2 582	3 233
2) 150kg/ha Phospal t C.M.	38 846	35 521	4 026	3 147	3 130
3) 300 " " + CM	39 505	36 762	4 022	3 172	3 444
4) 450 " " t CM	37 860	34 842	3 666	2 894	3 201
5) 600 " " t CM	39 835	34 842	3 731	2 900	3 821
ppds , kg			435	340	
C.V. %		0,54	9,55	9,60	14,32

Tableau 4 : Courbe de réponse du maïs au phosphore. Sinthiou-Malème
Dispositif en blocs de Fisher. 5 traitements X 6 répétitions
Fumure de fond en 1977 : Phospal doses croissantes de 0 3 600 kg/ha

La "fonction de production" de type parabolique suivante a été calculée (fig. 5).

$$Y = 2659,48 + 2,96 X - 0,0045 X^2$$

Cette courbe admet un maximum $Y = 3146$ kg/ha pour $X = 326$ kg phospal/ha.

Pour ce qui est du cotonnier, bien que le nombre de pieds soit sensiblement le même pour les différents traitements, les densités à la récolte sont relativement faibles par rapport à la normale. Les résultats de cet essai qui sont consignés dans le tableau 5 ne montrent pas de différences significati-

vos entre les traitements mis à l'épreuve, aussi bien pour les rendements en coton-graine que pour le poids de tiges à l'hectare.

Traitements	Nombre de pieds/ha	Rendement coton-graine kg/ha	Poids M.S. tiges kg/ha
1) 0 + Complément minéral (C.M.)	31 839	1 247	1 354
2) 150 kg/ha Phospal + C.M.	32 164	1 390	1 516
3) 300 " II + C.M.	29 240	1 364	1597
4) 450 " " + C.M.	31 839	1 325	1 538
5) 600 " II + C.M.	32 489	1 436	1 467
ppds, kg			
C.V. %		14,04	29,56

Tableau 5 : Courbe de réponse du cotonnier au phosphore. Sinthiou-Malèmo
Dispositif en blocs de Fisher: 5 traitements x 6 répétitions.
Fumure de fond en 1977: Phospal doses croissantes de 0 à 600 kg/ha.

Traitements	Nbre pani- cules/m ²	Poids pani- kg/ha	Rendt grain kg/ha	Poids M.S. paille kg/ha
1) 0+Complément minéral (C.M.)	295	2953	1530	5029
2) 150 kg/ha Phospal + C.M.	289	3041	2037	4873
3) 300 " " + C.M.	303	2866	1666	4912
4) 450 " " + C.M.	290	2904	1774	5045
5) 600 " " + C.M.	261	2753	1861	4795
ppds, kg				
C.V. %	15,05	13,03	21,10	11,29

Tableau 6: Courbe de réponse du riz au phosphore: Missirah.

Dispositif en blocs de Fisher: 5 traitements x 6 répétitions
Fumure de fond en 1977: Phospal doses croissantes de 0 à 600 kg/ha

Missirah

Les résultats obtenus avec le riz pluvial et le cotonnier sont consignés dans les tableaux 6 et 7. Les coefficients de variation élevés de ces deux essais s'ajoutant au manque de signification statistique rendent ces résultats peu interprétables.

Traitements	Nombre de pieds/ha	Rendement coton graine kg/ha	Poids M.S. tiges kg/ha
1) 0+Complément minéral(CM)	43 404	1644	1670
2) 150kg/ha Phospal + C.M.	49 835	1559	1793
3) 300 " " + C.M.	48 620	1520	1423
4) 450 " " + C.M.	48 993	1709	1670
5) 600 " " + C.M.	49 252	1644	1650
ppds, kg	-	-	-
C.V. %	-	16,81	16,32

Tableau 7 : Courbe de réponse du cotonnier au Phosphore : Missirah
 Dispositif en blocs de Fisher: 5 traitements x 6 répétitions.
 Fumure de fond en 1977: Phospal doses croissantes de 0 4 600 kg/ha

V - RESULTATS DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE . DISCUSSION

Les résultats obtenus avec le maïs peuvent être interprétés à la lumière de ceux du diagnostic foliaire (tableau 9). Une exploitation de ces résultats par la méthode des valeurs critiques montra que les teneurs en N, P, K, Ca et Mg trouvées sont supérieures aux seuils que donne par exemple LOUE (N= 2,20%; P= 0,2%; K= 0,7%; Ca= 0,3%; Mg= 0,15%).

Cependant ce type de diagnostic comme l'indique SUMNER (1978) ne permet pas d'établir un ordre d'importance des différents éléments nutritifs limitant le rendement. Pour découvrir les déséquilibres nutritionnels il nous a semblé préférable d'utiliser le Système Intégré de Diagnostic et de recommandation (SIDR) mis au point par BEAUFILS (1973). Dans ce système les relations entre les facteurs plante, sol et environnement ainsi que leurs relations avec le rendement sont étudiées sans tenir compte si un facteur particulier peut exercer un effet sur le rendement, étant donné que chacun de ces facteurs de rendement peut devenir le facteur limitant dans un cas donné. Chaque élément présent dans la plante est exprimé sous le plus grand nombre de formes possibles, par exemple pourcentage d'azote dans la matière sèche, N/P, N/K etc.... Comme le montre le tableau 8. Pour l'ensemble des traitements on a calculé la moyenne, la déviation standard et le coefficient de variation pour chaque forme d'expression (tableau 8).

Les indices SIDR utilisés dans la discussion suivante sont des évaluations quantitatives du degré relatif de déséquilibre entre les éléments nutritifs étudiés et ils sont calculés à l'aide des équations suivantes (SUMNER, 1977) :

$$\text{Indice N} = \left[f(N/P) + f(N/K) + f(Mg/N) + f(Ca/N) \right]$$

$$\text{Indice P} = \left[f(P/Mg) + f(N/P) + f(K/P) + f(Ca/P) \right]$$

$$\text{Indice K} = \left[f(K/P) + f(N/K) + f(Ca/K) + f(Mg/K) \right]$$

$$\text{Indice Ca} = \left[f(Ca/N) + f(Ca/P) + f(Ca/K) + f(Mg/Ca) \right]$$

$$\text{Indice Mg} = \left[f(Mg/N) + f(Mg/K) + f(P/Mg) + f(Mg/Ca) \right]$$

où $f(N/P) = 100 \left(\frac{N/P}{n/p} - 1 \right) \frac{10}{CV}$ lorsque la valeur effective de N/P $> n/p$
ou $f(N/P) = 100 \left(1 - \frac{n/p}{N/P} \right) \frac{10}{CV}$ lorsque la valeur effective de N/P $< n/p$.
(n/p représente la valeur moyenne de N/P et CV = coefficient de variation).

Forme d'expression	Moyenne du paramètre	Déviatiion standard	Coofficiant de variation
N (% M.S.)	3,40	0,131	3,85
P (% M.S.)	0,334	0,026	6,64
K (% M.S.)	2,002	0,123	6,14
Ca (% M.S.)	0,500	0,041	8,25
Mg (% M.S.)	0,226	0,023	10,04
n/P	8,00	0,702	7,91
n/K	1,70	0,145	8,50
K/P	5,23	0,495	9,46
Ca/n	0,147	0,013	8,64
Ca/P	1,306	0,130	9,93
Ca/K	0,251	0,031	12,53
mg/n	0,0667	0,007	10,83
P/mg	1,72	0,229	13,29
mg/K	0,113	0,015	13,05
mg/Ca	0,452	0,033	7,40

Tableau 3: Paramètres statistiques pour différentes formes d'expression des teneurs des feuilles de maïs en N, P, K, Ca et Mg

Les autres termes N/K , K/P , Ca/N , etc... sont obtenus de façon similaire. Ces indices ont des valeurs positives et négatives dont la somme donne toujours zéro étant donné qu'ils sont une mesure de l'équilibre relatif entre N, P, K, Ca et Mg. L'indice le plus petit correspond à l'élément le plus limitant.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau Y pour les traitements de phospal mis à l'épreuve. Pour les traitements sans phospal, le phosphore est diagnostiqué comme étant l'élément le plus limitant. Avec une application de 150 kg/ha de phospal le rendement augmente mais 10 phosphore reste toujours l'élément le plus nécessaire. Lorsque l'on applique 300 kg/ha de phospal le rendement augmente très légèrement et l'azote devient l'élément le plus limitant. L'application de 450 kg/ha de phospal n'entraîne pas une augmentation du rendement par rapport à la dose précédente, le magnésium limitant le rendement dans ce cas. Enfin avec une dose de 600 kg/ha de phospal l'azote devient à nouveau l'élément le plus limitant et on n'enregistre aucune augmentation de rendement. Ainsi l'application du Système Intégré de Diagnostic et de recommandation montre qu'au-delà de 300 kg/ha de phospal 10 phosphore n'est plus l'élément le plus nécessaire mais plutôt l'azote et le magnésium.

Ces résultats apportent un éclairage nouveau sur la chute de rendement observée sur maïs en deuxième année d'expérimentation pour des doses supérieures à 300 kg/ha de phospal.

Comme sur le maïs un diagnostic foliaire a été effectué sur le cotonnier à Sinthiou-Malenc. Les différentes formes d'expression des teneurs des feuilles (limbes) en N, P, K, Ca et Mg sont présentées dans le tableau 10. Les indices SIDR calculés à partir des résultats de ce tableau sont consignés dans le tableau 11. On remarque que si l'hétérogénéité de l'essai a contribué à le rendre peu précis, le manque de signification statistique entre les doses croissantes de phospal sur le rendement en coton-graine peut être expliqué aussi par les déséquilibres minéraux enregistrés.

Traitements	Composition des feuilles %					Indices S I D R					Ordre des besoins en éléments minéraux
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	
0° + Complément minéral (C.M.)	3,36	0,361	2,052	0,484	0,222	2,133	-5,486	5,151	-2,304	0,505	P Ca Mg N K
15° kg/ha Phospal + C.M.	3,42	0,367	1,945	0,497	0,225	4,295	-3,805	-1,908	-0,483	1,900	P K Ca Mg N
30° kg/ha Phospal + C.M.	3,38	0,401	2,022	0,521	0,231	-3,256	3,010	-1,353	2,111	-0,520	N K Mg Ca P
45° kg/ha Phospal + C.M.	3,38	0,386	1,992	0,496	0,222	-0,779	1,52	0,066	0,150	-0,99	Mg N K Ca P
60° kg/ha Phospal + C.M.	3,42	0,406	2,002	0,502	0,230	-2,248	5,112	-2,120	-1,348	0,603	N K Ca Mg P

Tableau 9 : Effet des doses croissantes de Phospal sur la composition des feuilles du maïs et les indices SIDR.

Forme d'expression	Moyenne du paramètre	Déviati on standard	Coefficient de variation, %
N (% m.s.)	4,910	0,409	8,33
P (% m.s.)	0,301	0,037	12,19
K (% m.s.)	1,494	0,215	14,36
Ca (% m.s.)	3,167	0,503	15,89
Mg (% m.s.)	0,741	0,031	10,96
n/p	16,48	2,080	12,62
n/k	3,32	0,420	12,65
k/p	5,04	0,940	18,65
Ca/n	0,65	0,077	11,78
Ca/p	10,66	2,015	18,90
Ca/k	2,15	0,379	17,61
mg/n	0,15	0,015	9,91
p/mg	0,41	0,052	12,65
mg/k	0,51	0,098	19,17
mg/Ca	0,24	0,028	11,50

Tableau 10: Paramètres statistiques pour différentes formes d'expression des teneurs des feuilles de cotonnier en N, P, K, Ca, Mg

	Composition des feuilles %					Indices S I D R					Ordre des besoins en éléments minéraux
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	
0 + Complément minéral (C.M.)	4,86	0,278	1,543	2,995	0,702	2,15	-3,39	5,60	-1,67	-2,48	P Mg Ca N K
150 kg/ha Phospal + C.M.	4,91	0,298	1,53	3,048	0,724	0,41	0,15	4,38	-2,86	-2,09	Ca Mg P N K
300 kg/ha Phospal + C.M.	4,90	0,304	1,482	3,382	0,756	-2,54	-0,08	-1,18	4,29	-0,49	N K Mg P Ca
450 kg/ha Phospal + C.M.	5,06	0,315	1,495	3,087	0,740	1,86	3,27	-0,89	-3,17	-1,86	Ca Mg K N P
600 kg/ha Phospal + C.M.	4,81	0,308	1,388	3,322	0,785	-3,80	1,91	-5,35	3,40	4,13	K N P Ca Mg

Tableau 11 : Effet des doses croissantes de Phospal sur la composition des feuilles du cotonnier et les indices SIDR.

VI - RESULTATS DE L'ESSAI "ETUDE COMPARATIVE DE L'EFFICACITE DE DIFFERENTES FOR@ES D'ENGRAIS PHOSPHATES SUR LES CULTURES"

Sinthiou-Malème

Lo coefficient de variation de l'essai maïs indique une variation aléatoire faible et un essai de bonne précision. Les résultats de cet essai qui figurent au tableau 12 montrent qu'en fumure annuelle 10 phospal est équivalent au phosphate de Taïba et à la fumure vulgarisée sur maïs (9-18-27). Par contre son effet est significativement inférieur à celui du supertriple. En fumure de fond et dans les conditions de cette expérimentation le phospal procure par rapport au phosphate de Taïba une plus-value de 341 kg/ha, ce qui est statistiquement significatif,

Puant à l'essai cotonnier sa précision est très mauvaise (CV= 25%), ce qui s'est traduit par un manque de différence statistiquement significative entre les effets des traitements rais en comparaison aussi bien sur les rendements en coton-grain que sur le poids de tiges à l'hectare.

Traitements	Nombre de pieds/ha	Nombre d'épis par ha	Poids MS épis kg/ha	Rendement grain kg/ha	Poids MS paille kg/ha
Fumure forte vulgarisée NPKS	39 835	35 501	3 764	2 930	3 002
NKS + P supertriple annuel	40 823	35 720	4 023	3 033	2 853
NKS + P tricalcique annuel	41 481	36 818	3 649	2 782	3 100
NKS + P phospal annuel	39 506	33 141	3 479	2 613	2 673
NKS+P trical tous les 4 ans	38 189	35 379	3 445	1 537	1 714
NKS+P Phospal tous les 4 ans	41 152	36 488	3 692	2 876	2 763
ppds, kg			375	326	
C.V. %		7,31	8,61	9,83	10,86

Tableau 12: Efficacité de différentes formes d'engrais phosphatés sur le maïs - Sinthiou-Malème - Dispositif en blocs de Fisher 6 traitements X 6 répétitions.

Traitements	Nombre de pieds/ha	Rendement coton-grai- nes kg/ha	Poids M.S. tiges kg/ha
Fumure forte vulgarisée NPKS	20 265	1 191	1 175
NKS + p supertriple annuel	25 341	1 362	1 272
NKS + P tricalcique annuel	20 915	1 302	1 267
NKS + P phospal annuel	20 915	1 329	1 223
NKS+P tricalcique tous les 4 ans	29 240	1 481	1 137
NKS+P Phospal tous les 4 ans	20 915	1 457	1 143
ppds, kg			
C.V. %		25,20	18,78

Tableau 13 : Efficacité de différentes formes d'engrais phosphates sur le cotonnier.

Sinthiou-Malèmo. Dispositif en blocs de Fisher
6 traitements x 6 répétitions.

Missirah

Comme à Sinthiou-Malèmo l'essai cotonnier de Missirah est assez hétérogène. Ses résultats qui figurent au tableau 74 ne se distinguent pas sur le plan statistique.

Il en est autrement avec le sorgho. En effet les densités à la récolte et le coefficient de variation enregistré montrent une bonne homogénéité et un essai de bonne précision. L'examen des chiffres du tableau 15 montre que le phospal est équivalent au phosphato tricalcique de Taïba et à la fumure vulgarisée (10-21-21).

En fumure de fond le phospal ne diffère pas significativement du tricalcique de Taïba.

Traitements	Nombre de pieds/ha	Rendement Coton grai- ne kg/ha	Poids M.S. tiges kg/ha
Fumure forte vulgarisée NPKS	42 127	1 543	1 140
NKS + P suportriple annuel	47 812	1 375	1 154
NKS + P tricalcique annuel	47 217	1 478	1 080
NKS + P phospal annuel	41 856	1 451	1 048
NKS + P trical. tous les 4 ans	47 108	1 300	991
NKS + P phospal tous les 4 ans	52 306	1 429	1 094
ppds, kg			
C.V. %		18,06	16,15

Tableau 14: Efficacité de différentes formes d'engrais phosphates sur le cotonnier - Missirah. Dispositif en blocs de Fisher.
6 traitements x 6 répétitions.

Traitements	Nombre de touffes/ha	Nombre de panic./ha	Rendement grain kg/ha	Poids M.S. paille kg/ha
Fumure forte vulgarisée NPKS	23 510	54 425	1916	11 105
NKS + P supertriple annuel	23 332	62 802	2147	13 608
NKS + P tricalcique annuel	23 332	60 548	1917	11 997
NKS + P phospal annuel	23 832	56 039	1825	12 641
NKS + P trical. tous les 4 ans	23 832	53 784	1675	10 950
NKS + P phospal tous les 4 ans	23 510	50 564	1535	10 306
ppds, kg			317	
C.V. %			14,34	10,74

Tableau 15 : Efficacité de différentes formes d'engrais phosphatés sur sorgho. Missirah. Dispositif en blocs de Fisher 6 traitements x 6 répétitions

Le manque de signification statistique observé aussi bien à Sinthiou-Malème qu'à Missirah dans le cas du cotonnier est dû à l'hétérogénéité et par voie de conséquence au manque de précision de ces essais.

En effet malgré les ressemis qui ont été effectués les densités enregistrées à la récolte sont faibles à Flissirah et assez médiocres à Sinthiou-Malème, ce qui en partie explique les faibles rendements obtenus.

D'autre part les périodes de sécheresse observées aux mois d'août et septembre n'ont pas manqué d'affecter le développement du cotonnier. Par contre le maïs et le sorgho ont eu un développement assez normal. Il convient de noter que pour ces deux cultures les résultats de cette année sont dans l'ensemble en accord avec ceux de la deuxième année d'expérimentation: les effets cumulatifs des fumures vulgarisées sur maïs et sorgho ne diffèrent pas significativement de ceux du phospal et du phosphate tricalcique de Taïba selon les standards de la statistique, bien que la solubilité (solubilité-eau, solubilité-citrate) de ces trois sources de phosphore soit différente. Ces résultats sont en accord avec d'autres obtenus dans des conditions pédoclimatiques très variées (NOKWUNYE, 1979, VAN RAIJ, 1979).

Ce fait est sans doute à rapprocher avec celui déjà signalé par FIERI (1975). En effet malgré l'aridité du climat du Sénégal et même en sols peu ou pas acides, le phosphore apporte sous forme de phosphates tricalciques notamment; est très disponible pour l'alimentation minérale des cultures, ce qui peut s'expliquer par la présence de silice active qui améliorerait l'absorption du phosphore par les plantes.

Les résultats de l'essai Baylifos sont consignés dans les tableaux 16 et 17. Les coefficients de variation enregistrés dans cet essai montrent

une assez bonne précision aussi bien à Sinthiou-Malèmc qu'à Missirah. Les résultats obtenus ne montrent, pour cette deuxième année d'expérimentation, aucune différence statistiquement significative entre les deux doses de Baylifos mises à l'épreuve aussi bien sur sorgho et cotonnier que sur maïs.

Traitements	M A I S				COTONNIER		
	Nombre de pieds /ha	Nombre d'épis /ha	Rendement grain kg/ha	Poids MS paille kg/ha	Nombre de pieds par ha	Rendement coton graine kg/ha	Poids MS tiges kg/ha
Baylifos annuel	34 765	27 523	2 120	2 689	38 093	792	1 405
Baylifos en fumure de fond	32 000	31 144	2 303	2 729	40 367	849	1 300
ppds, kg							
C.V. %		10,13	12,05	16,44		9,26	20,97

Tableau 16: Comparaison de l'efficacité de différents modes d'application du Baylifos : Sinthiou-Malèmc 1979.

TRAITEMENTS	COTONNIER			SORGHO			
	Nombre pieds/ha	Rendt coton grain kg/ha	Poids MS tiges kg/ha	Nombre touffes par ha	Nombre panicules par ha	Rendt grain kg/ha	Poids MS paille kg/ha
Baylifos annuel		1505		22 276	58 400	2 271	
Baylifos en fumure de fond		1548		23 564	52 339	2 220	
ppds, kg							
C.V. %		9,97				5,42	

Tableau 17: Comparaison de l'efficacité de différents modes d'application du Baylifos : Missirah 1979.

C O N C L U S I O N

Le déficit pluviométrique enregistré en 1979 aussi bien à Sinthiou-Malème qu'à Missirah a sérieusement affecté le développement végétatif du cotonnier et du riz pluvial,, La très grande hétérogénéité de ces essais a contribué à rendre peu interprétables des résultats qui ne se distinguent pas sur le plan statistique.

A Sinthiou-Malème et sur maïs les résultats de cette troisième année d'expérimentation ont mis en évidence la supériorité de l'effet résiduel de la dose de 300 kg/ha de phospal. Au-delà de cette dose le phosphore semble ne plus limiter les rendements comme le montrent les indices SDR calculés à partir des résultats du diagnostic foliaire.

L'étude comparative de l'efficacité des différentes formes d'engrais phosphatés montre que le phospal et le phosphate tricalcique de Taïba sont équivalents à la fumure vulgarisée sur maïs (S-18-27) et sur sorgho (10-21-21). En fumure annuelle le phospal est équivalent au tricalcique de Taïba aussi bien sur maïs que sur sorgho. Par contre en fumure de fond et sur maïs le phospal s'est révélé supérieur au tricalcique de Taïba pour cette troisième année d'expérimentation.

FIGURE 1

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE 1979 SINTHIOU MALEME

TOTAL PRECIPITATIONS 698 mm

PLUIES
EN MM

00

00

00

00

00

00

00

00

00

COTONNIER

SEMIS

RESEMIS

UREE

RECOLTE

MAIS

SEMIS

RESEMIS

UREE

UREE

RECOLTE

MAI

JUIN

JUILLET

AOUT

SEPTEMBRE

OCTOBRE

NOVEMBRE

MOIS

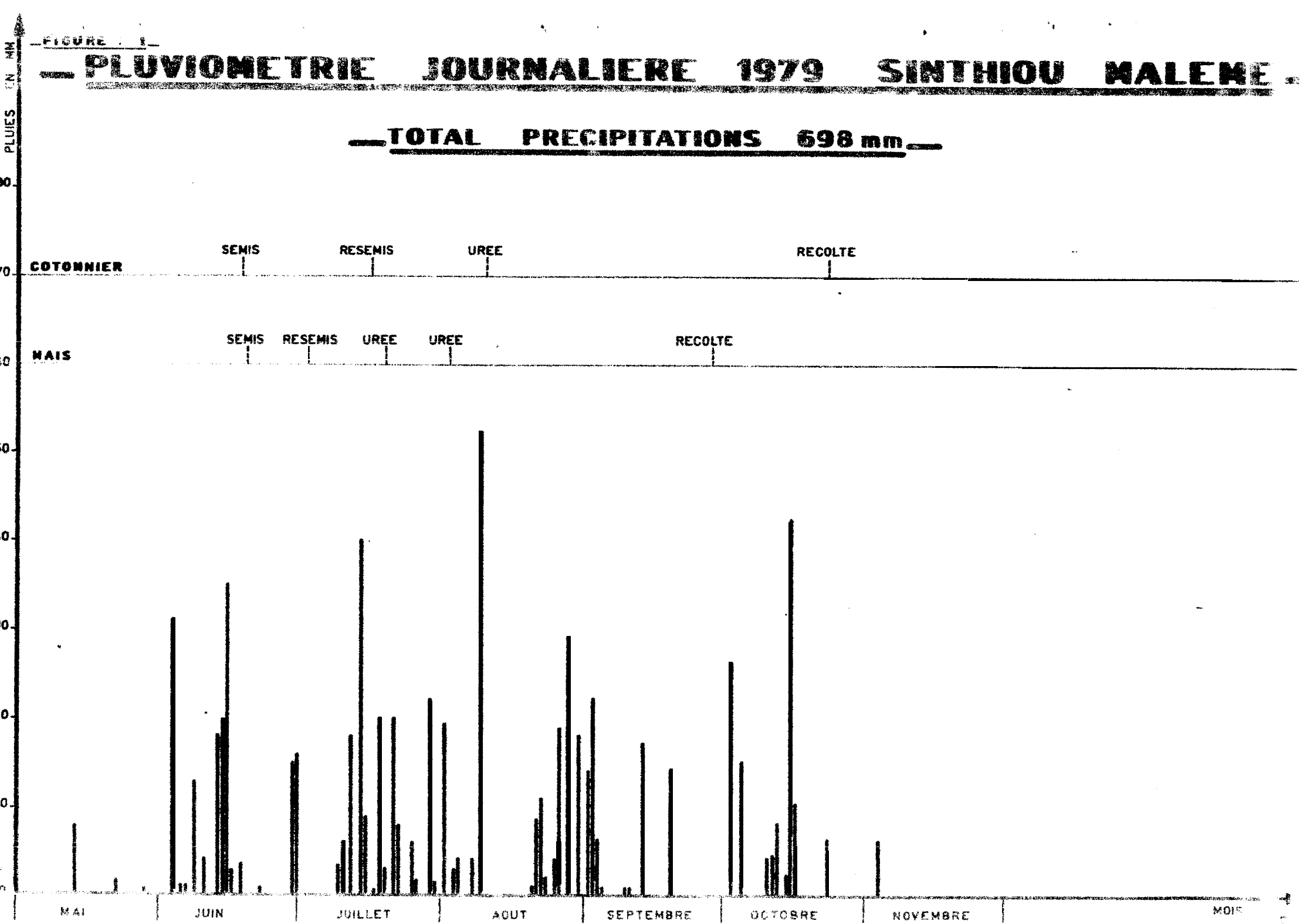
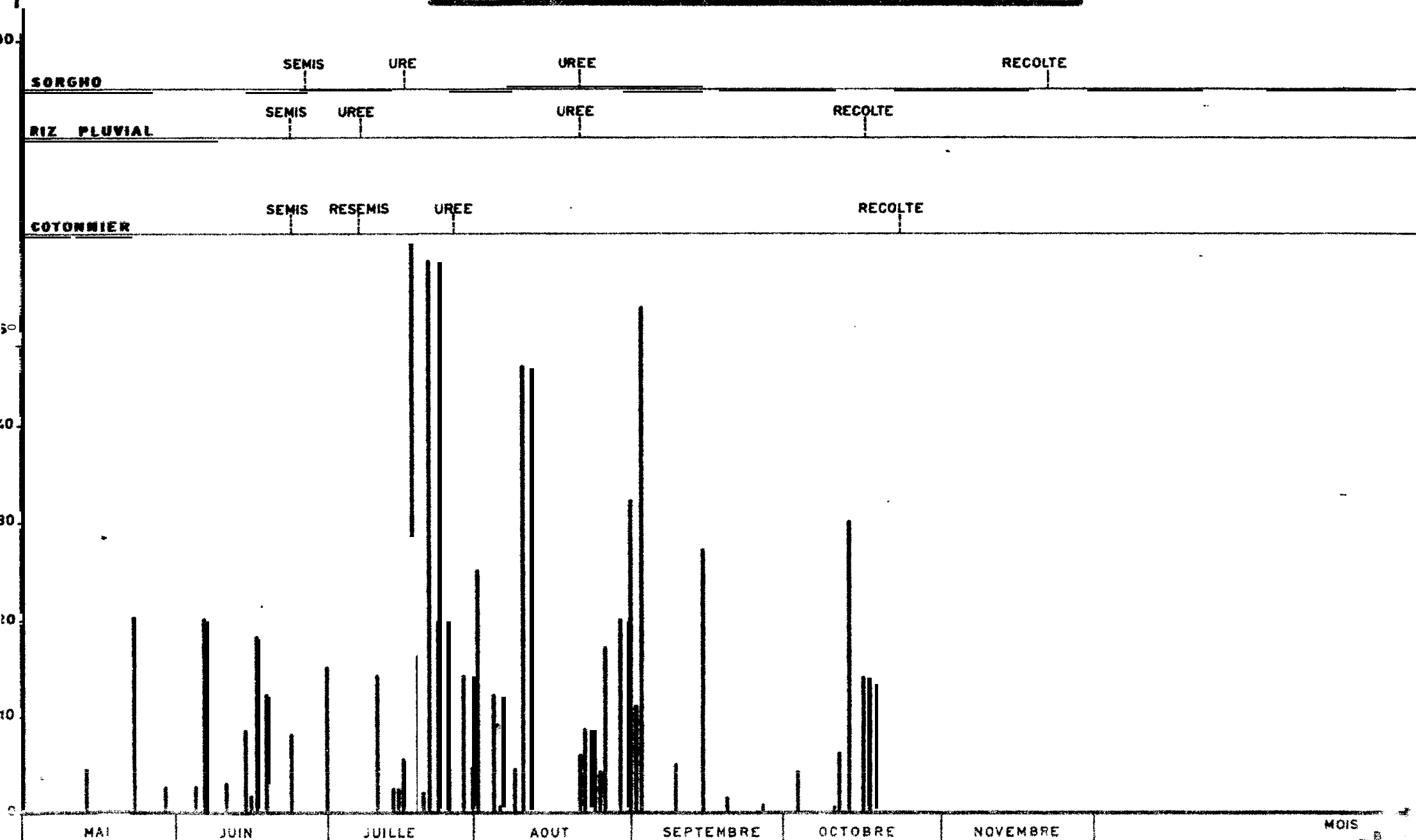


FIGURE 2

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE 1979 MISSIRA

TOTAL PRECIPITATIONS 675,80 mm



REPONSE DU MAIS AUX DOSES CROISSANTES D E PHOSPAL

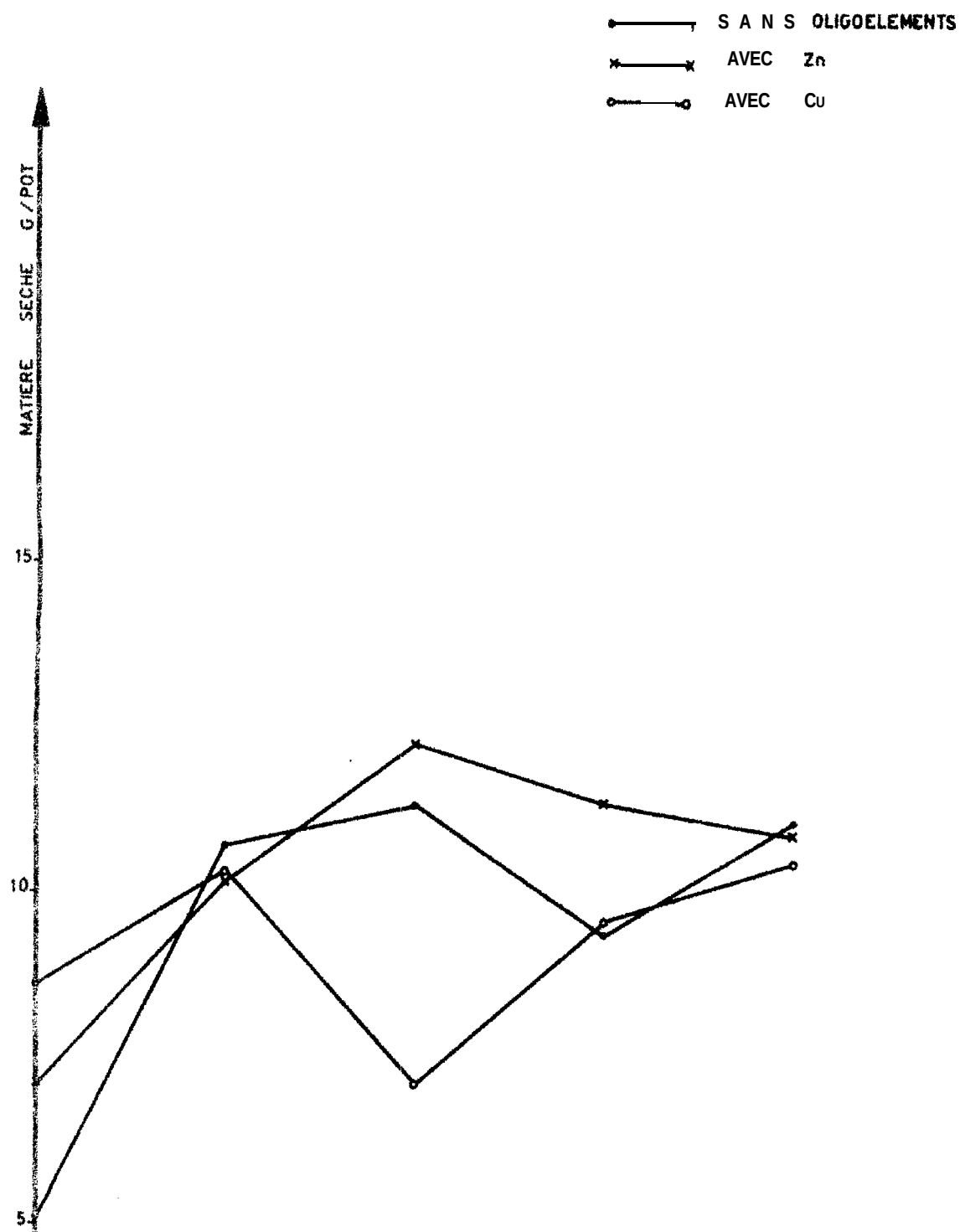
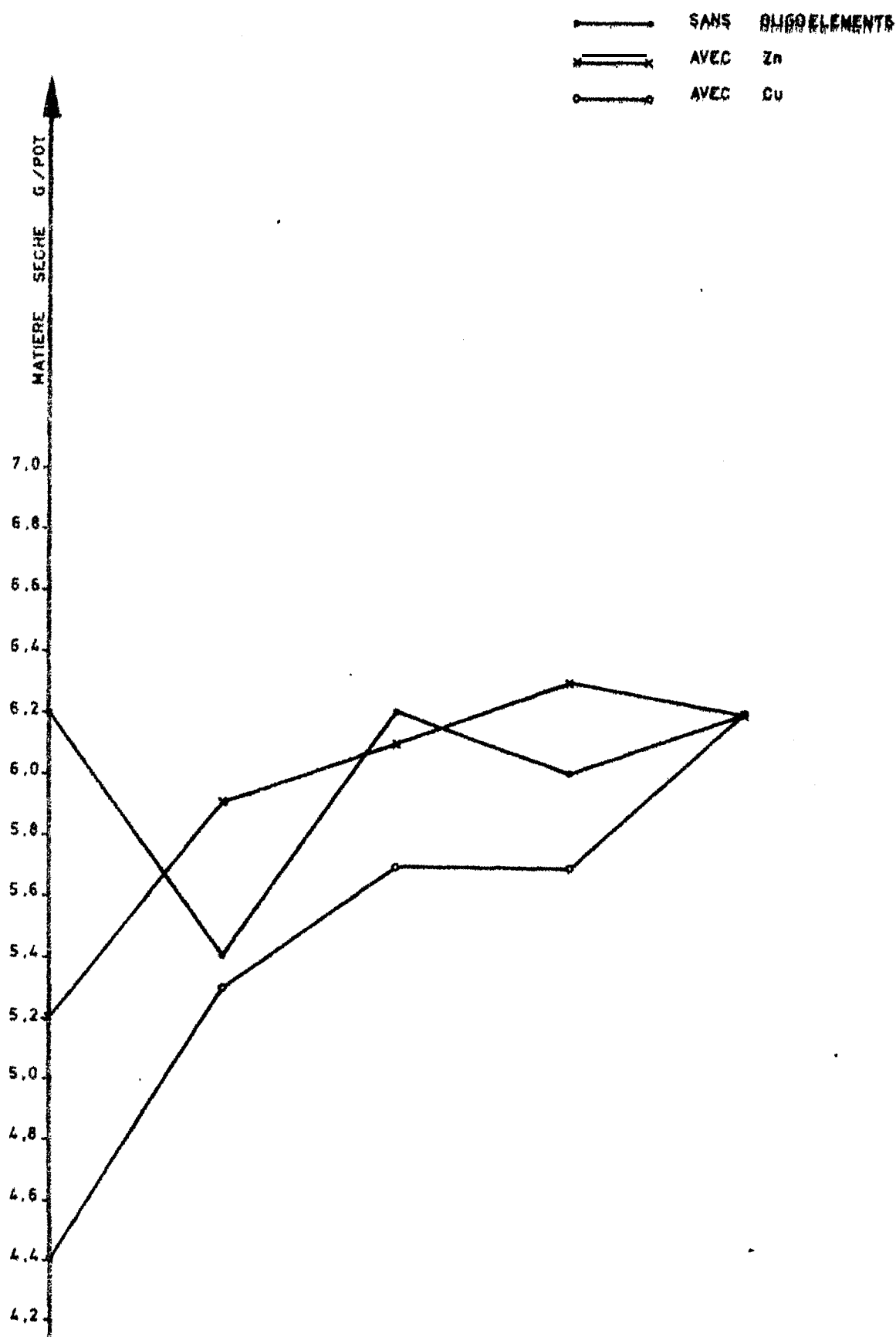
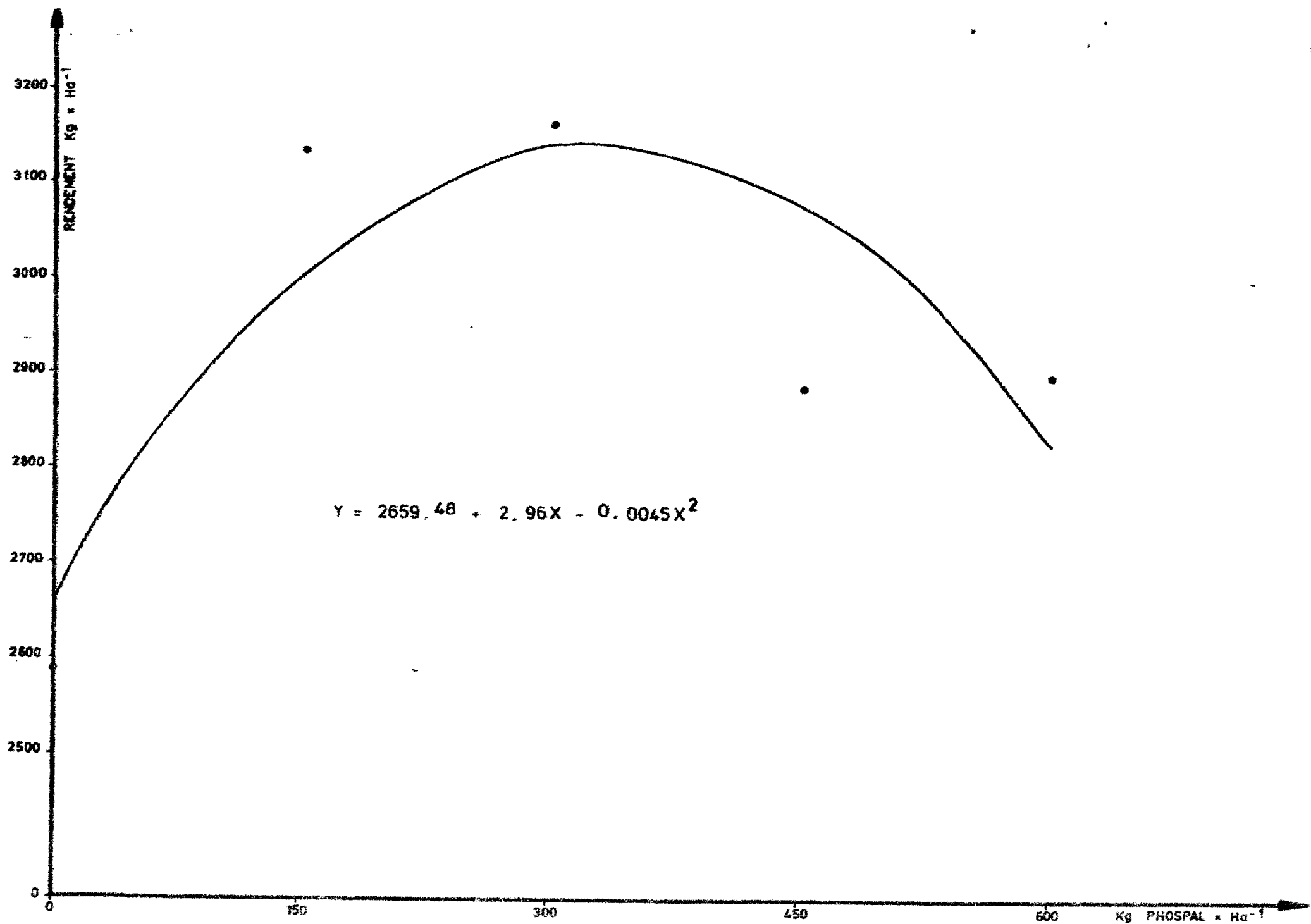


FIGURE 4

REPONSE DU RIZ PLUVIAL AUX DOSES CROISSANTES DE PHOSPAL





5 : COURBE DE REPONSE DU MAIS AU PHOSPAL, VARIETE BDS SINTHIOU - MALEME 1979

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

DEAUFILS (E.R.), 1973

Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition

Soil Sci. Bul. 1, University of Natal; Pietermaritzburg, South Africa

BROWN (A.L.) and KRANTZ (B.A.), 1966.

Source and placement of zinc and phosphorus for corn (Zea mays L.).

Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30: 86-89.

HALIM (A.H.), WASSON (C.E.) and ELLIS (R.), 1968.

Zinc deficiency symptoms and zinc and phosphorus interactions in several strains of Corn - Agronomy Journal vol. 60 N°3.

HOKWUNYE (U.), 1979.

Besoins en phosphore des sols et des cultures des zones de savane du Nigeria.

Phosphore et Agriculture n° 76.

NDIAYE (J.P.), 1970

Etude de l'efficacité du phospat sur quelques cultures pluviales au Sénégal Oriental, - Résultats de la campagne 1977-1978.

Doc. ronéo, ISRA CNRA de Bambo.

NDIAYE (J.P.), 1979.

Etude de l'efficacité du phospat sur quelques cultures pluviales au Sénégal Oriental - Résultats de la campagne 1978-1979.

Doc. ronéo, ISRA CNRA de Bambo.

OLSEN (S.R.), 1972.

Micronutrients in Agriculture Pp 243-264. In J.J. Mort-Vodt, P.M. GIORDANO and W.L. Lindsay (ed). Micronutrients in Agriculture SSSA, Madison, Wis.

PIERI (C.), 1975.

Minéralogie et propriétés de surface de deux sols sableux du Sénégal.

Doc. ronéo. ISRA CNRA de Bambo.

SUMNER (M.E.), 1977.

Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca and Mg content and calculated DRIS indices.

Commun. in Soil Science and plant analysis 8(3) 269-280.

SUMNER (M.E.), 1978,

Normes préliminaires du diagnostic foliaire pour N, P, et K chez le soja.
Revue de la Potasse N°1 Section 5.

VAN RAIJ (B.), 1979.

L'utilisation des engrais phosphatés sur les principales cultures au Brésil.

Phosphore et Agriculture n° 76.

VIETS (F.G., BOAWN (L.C.) and al., 1953.

Zinc deficiency in corn in Central

Washington. Agronomy Journal 45 : 559-565.