

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU
INSTITUT DES SCIENCES DE LA NATURE
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE
INSTITUT D'ETUDES ET DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.N.E.R.A.)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du diplôme
d'Ingénieur du Développement Rural

OPTION : **AGRONOMIE**

T H E M E :

Valorisation des Phosphates naturels
de Kodjari en RIZICULTURE.

JUIN 1990

OUEDRAOGO Karim

* A mon père, décédé lors de la confection de ce mémoire ! *
* *
* *
* son fils Karim *

TABLE DES MATIERES

	PAGE
AVANT PROPOS	3
RESUME	4
INTRODUCTION	6
1ère PARTIE : GENERALITES	8
I - PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE	9
1.1. Localisation	9
1.2. Climat	9
1.3. Végétation	12
1.4. Sols	12
II - MATERIELS ET METHODES	15
2.1. Matériels d'étude	15
2.1.1. Matériel végétal	15
2.1.1.1. Essais au champ	15
2.1.1.2. Essais en vases de végétation	15
2.1.2. Les sols	16
2.1.2.1. Essais au champ	16
2.1.2.2. Essais en vases de végétation	16
2.1.3. La fumure	16
2.1.3.1. Essais au champ	16
2.1.3.2. Essai en vases de végétation	17
2.2. Méthodes d'étude	17
2.2.1. Expérimentations au champ	17
2.2.2. Essai en vases de végétation	18
2.3. Méthodes d'analyse	18
2.3.1. Le pH	18
2.3.2. Dosage du carbone	18
2.3.3. Dosage de l'azote	18
2.3.4. Dosage du phosphore	18
2.3.5. Bases échangeables.	19
IIè PARTIE : RESULTATS - DISCUSSION	20
A - EXPERIMENTATIONS AU CHAMP	21
I - EFFICACITE DU BURKINAPHOSPHATE EN RIZICULTURE IRRIGUEE	22

1.1. Résultats	22
1.1.1. Première campagne	22
1.1.2. Deuxième et troisième campagne	22
1.1.2.1. Rendements	22
1.1.2.2. Efficacité agronomique relative des phosphates	29
1.2. Discussions	29
1.3. Conclusion	30
II - EFFICACITE DU BURKINAPHOSPHATE EN RIZICULTURE PLUVIALE	30
2.1. Résultats	30
2.1.1. Rendements	34
2.1.2. Efficacité agronomique relative des phosphates	36
2.2. Discussion	36
2.3. Conclusion	37
III - EFFETS DES PHOSPHATES SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHEMIQUES DU SOL.	37
3.1. Le ph	38
3.2. Les bases échangeables	38
3.3. Le phosphore assimilable	39
3.3.1. Sol ferrugineux hydromorphe	39
3.3.2. Sol faiblement ferrallitique	39
B - ESSAI EN VASES DE VEGETATION	41
I - TEST EN VASES DE VEGETATION	42
1.1. Effet des phosphates sur la production de biomasse	42
1.1.1. Sol ferrugineux hydromorphe	42
1.1.2. Sol faiblement ferrallitique	44
1.2. Effet des phosphates sur la nutrition phosphatée	44
1.3. Conclusion.	46
CONCLUSION GENERALE	47
BIBLIOGRAPHIE	48
ANNEXES.	53

AVANT - PROPOS

La réalisation de ce travail qui s'est déroulé à l'INERA, Station Agricole de Farako-Bâ, a été rendue possible grâce au soutien de nombreuses personnes. Pour ce faire, nous tenons à remercier tous ceux qui ont bien voulu consacrer une part de leur temps pour faciliter le travail présenté ici, par leur accueil, leur disponibilité par les entretiens et discussions qu'ils nous ont accordé et leur contribution aux éléments développés dans ce document.

Nous remercions particulièrement les Camarades :

- BADO B. Vincent, notre maître de stage pour son approche facile, sa compréhension, ses conseils et tout l'enseignement scientifique qu'il nous a prodigué lors de ce stage.
- ZOMBRE P. et Mr DO CAO T., enseignants à l'ISN-IDR pour leur assistance et leurs précieuses indications dans la confection de cet écrit.
- ASIMI S. et OUEDRAOGO M. respectivement Chef de Station de Farako-Bâ et Chef d'antenne de la Vallée du Kou.

Ces remerciements vont aussi à Mr MORANT P.; SANOU J., OUEDRAOGO S., SERE Y., et TRAORE O. pour leurs conseils et leurs encouragements.

Il nous est agréable de témoigner de notre amitié aux techniciens de la section ESFIMA : TRAORE T., IDO M, SANOU A., SAWADOGO J. C et à tous les manoeuvres de l'équipe fertilité-fertilisation.

Nous remercions très vivement Mme DERA née ZIO Mariam qui a assuré avec bienveillance la mise en forme de ce mémoire.

Enfin, nous demeurons particulièrement sensible moral des parents et amis.

Puisse cette oeuvre, quoique modeste, être une contribution dans notre pays.



R E S U M E

Une étude a été réalisée à Farako-Bâ et à la Vallée du Kou, en vue de tester l'efficacité du Burkinaphosphate en riziculture (pluviale et irriguée).

Bien que des travaux antérieurs sur les analyses chimiques et minéralogiques ne le rangent pas dans la catégorie des phosphates tendres, les études faites en serre et au champ dans des sols acides hydromorphes et ferrallitiques révèlent une efficacité intéressante.

Sur les cultures de riz, Oryza sativa L., les rendements obtenus en appliquant les phosphates de Kodjari sont assez équivalents à ceux obtenus avec un engrais soluble, le TSP.

Cette efficacité accrue dans ces sols acides et pauvres en phosphore, offre une perspective intéressante pour ce produit local qui peut contribuer à réduire les coûts des fumures au niveau des paysans rizicoles.

Mots-clé : Burkina Faso - Riziculture - Phosphate naturel - faiblement ferrallitique - hydromorphe - acidité - fumure phosphatée - burkinaphosphate - burkinaphosphate amélioré - phosphate supertriple - riz, Oryza sativa L. - efficacité - absorption.



SIGLES ET ABREVIATIONS

- B.P : Burkinaphosphate
- B.P.A : Burkinaphosphate amélioré ou acidulé
- T.S.P : ~~Phosphate~~ supertriple ou superphosphate triple
- IFDC : International Fertilizer Development Center
- BUNASOL : Bureau National des Sols
- INERA : Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles
- IRAT : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières.
- ISMA : Association Internationale de l'Industrie phosphatée
- IMPHOS : Institut Mondial du Phosphate
- GERDAT : Groupement d'Etudes et de Recherches pour le Développement de l'Agronomie Tropicale.
- AIEA : Energie Atomique Internationale dans l'Alimentation et l'Agriculture.

INTRODUCTION

Le Burkina Faso est un pays à vocation essentiellement agricole. Pourtant, situé en zone sahélienne, le secteur agricole reste largement tributaire des aléas climatiques causes principales de la situation alimentaire précaire dans le pays.

A cela, s'ajoutent les conséquences des pratiques ancestrales telles les brûlis et les feux de brousse qui contribuent à accélérer les phénomènes d'érosion et de dégradation des sols.

Ces facteurs induisent une faible productivité agricole aggravée par une forte croissance démographique n'autorisant plus la jachère, moyen traditionnel de régénération des sols.

Le maintien de la capacité de production des sols et la maîtrise d'un certain nombre de facteurs de productions tels les techniques culturales et l'usage des engrais devient nécessaire à l'intensification de l'agriculture.

En effet, les sols tropicaux comme l'ont déjà souligné beaucoup d'auteurs (DEMOLON, 1966 ; GAUCHER, 1968 ; DE GEUS, 1973 ; MENON et al 1988 ; SOLTNER, 1988) présentent des caractéristiques chimiques défavorables (faible richesse minérale, faible teneur en matière organique, généralement inférieure à 1 %)

Parmi les éléments minéraux, le phosphore, premier facteur limitant la productivité agricole de nos sols (IRAT, 1969 ; DOMMERGUE et MANGENOT, 1970 ; DABIN, 1971 ; TISDALE and NELSON, 1975 ; ROCHE et al 1980 ; VLEK and MOKWUNYE, 1985), a fait l'objet de nombreuses études.

Des expérimentations multilocales menées par divers auteurs (JENNY, 1965 ; DUPONT DE DINECHIN, 1967 ; SEDOGO, 1981) sur l'utilisation des engrais minéraux sur les cultures vivrières, ont montré que le phosphore est le premier élément fertilisant limitant pour la plupart des sols au Burkina.

Compte-tenu des coûts élevés des engrais importés et la nécessité de valoriser les ressources locales, les phosphates de Kodjari ou Burkina-phosphate, ont fait l'objet de nombreux travaux (BIKIENGA, 1980 ; SEDOGO, 1981 ; BADO, 1985 ; MORANT, 1985 ; SEDOGO et LOMPO, 1986).

Ils ont révélé leur faible solubilité dans les sols, due particulièrement à leur génèse et à leur composition minéralogique assez complexe marquée par la présence pénalisants comme le fer, l'aluminium et la silice.



Les principales conclusions ont surtout fait ressortir que :

- Ces phosphates sont fortement cristallisés et de nature apatitique.

- La solubilité des phosphates est lente et ne sont efficaces que dans les zones à pluviométrie supérieure à 800 mm.

- Le burkinaphosphate est plus intéressant en fumure de correction qu'en fumure annuelle.

- La plupart des nombreux travaux réalisés en pluvial font surtout ressortir entre autres que, la réactivité du burkinaphosphate est fonction de la nature physico-chimique des sols.

Il est donc possible d'améliorer la solubilité des phosphates naturels par des méthodes agronomiques. Ainsi, de nombreux auteurs ont noté que ces phosphates sont relativement plus solubles en sols acides que sur les sols neutres ou alcalins. (FARDEAU et GUIRAUD, 1971 ; CHIEN, 1977 ; 1978 ; PICHOT, TRUONG. B. et BURDIN, 1978 ; DE DATTA, 1981 ; TRUONG. B. 1984 ; BADO, 1985 ; ROESCH et PICHOT, 1985 ; FROSSARD, TRUONG B. et JACQUIN, 1986 ; MOREL et FARDEAU, 1987).

Il y a eu cependant très peu de travaux pour tester le burkinaphosphate en riziculture, souvent pratiquée sur des sols hydromorphes et acides.

Les conditions acides de ces sols pourraient être favorables à une bonne efficacité des burkinaphosphates.

C'est l'objet de ce présent travail qui a pour but essentiel d'évaluer l'efficacité des burkinaphosphates dans les conditions acides des sols hydromorphes des rizières qui, avec l'extension des plaines rizicoles, constituent un potentiel assez important pouvant permettre de mieux valoriser ce produit et de réduire les coûts des fumures au niveau des producteurs. Les grandes lignes de notre travail s'articulent autour des points suivants :

- Une première partie comprenant les généralités dont la présentation du cadre de travail, les méthodes et matériels d'étude et d'analyses.

- Une deuxième partie regroupant les résultats et discussions qui seront présentés selon deux axes :

* le bilan des études sur les effets comparés des différentes formes de phosphate sur les rendements au niveau des deux (2) types de riziculture (pluviale et irriguée).

* les résultats des tests en vases de végétation permettant d'évaluer l'efficacité des burkinaphosphates sur la croissance et le développement du riz.



Ière PARTIE : GENERALITES

I - PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

Les facteurs régissant les conditions climatiques et agro-pédologiques sont des paramètres dont la connaissance est indispensable pour traiter et comprendre les données agronomiques. Dans cette partie, nous présenterons très brièvement, les caractéristiques des sites d'expérimentation, le matériel et les méthodologies utilisés pour cette étude.

1.1. Localisation

L'étude au champ a porté principalement sur deux essais dont :

- Un essai, à la Station de Recherche Agronomique de Farako-Bâ, situé à 10 km au Sud-Ouest de Bobo-Dioulasso. Les coordonnées géographiques sont les suivantes : longitude 04° 20' Ouest
latitude 11° 06' Nord avec
une altitude de 405 m.

- Un autre essai est réalisé sur le périmètre irrigué de la Vallée du Kou, situé à 25 km au Nord-Ouest de Bobo-Dioulasso. Ce périmètre est localisé par les données suivantes :
longitude 04° 20' Ouest
latitude 10° 20' Nord avec
une altitude de 450 m.

1.2. Climat

Les conditions climatiques sont celles de la zone Sud-soudanienne (GUINKO, 1984), à saison humide assez longue (Mai à Octobre). Cependant, des particularités s'observent en fonction des sites d'étude.

- Station de Farako-Bâ

La pluviométrie subit des variations aussi bien inter-annuelles qu'intermensuelles. La Station bénéficie d'une pluviométrie moyenne de 1007 mm calculée sur les 10 dernières années (Figure 1a).

La température moyenne annuelle est de 27°C. Mais, comme on peut l'observer sur la figure 2a, les amplitudes thermiques sont grandes entre le jour et la nuit (maxima et minima) et cela en fonction des saisons.

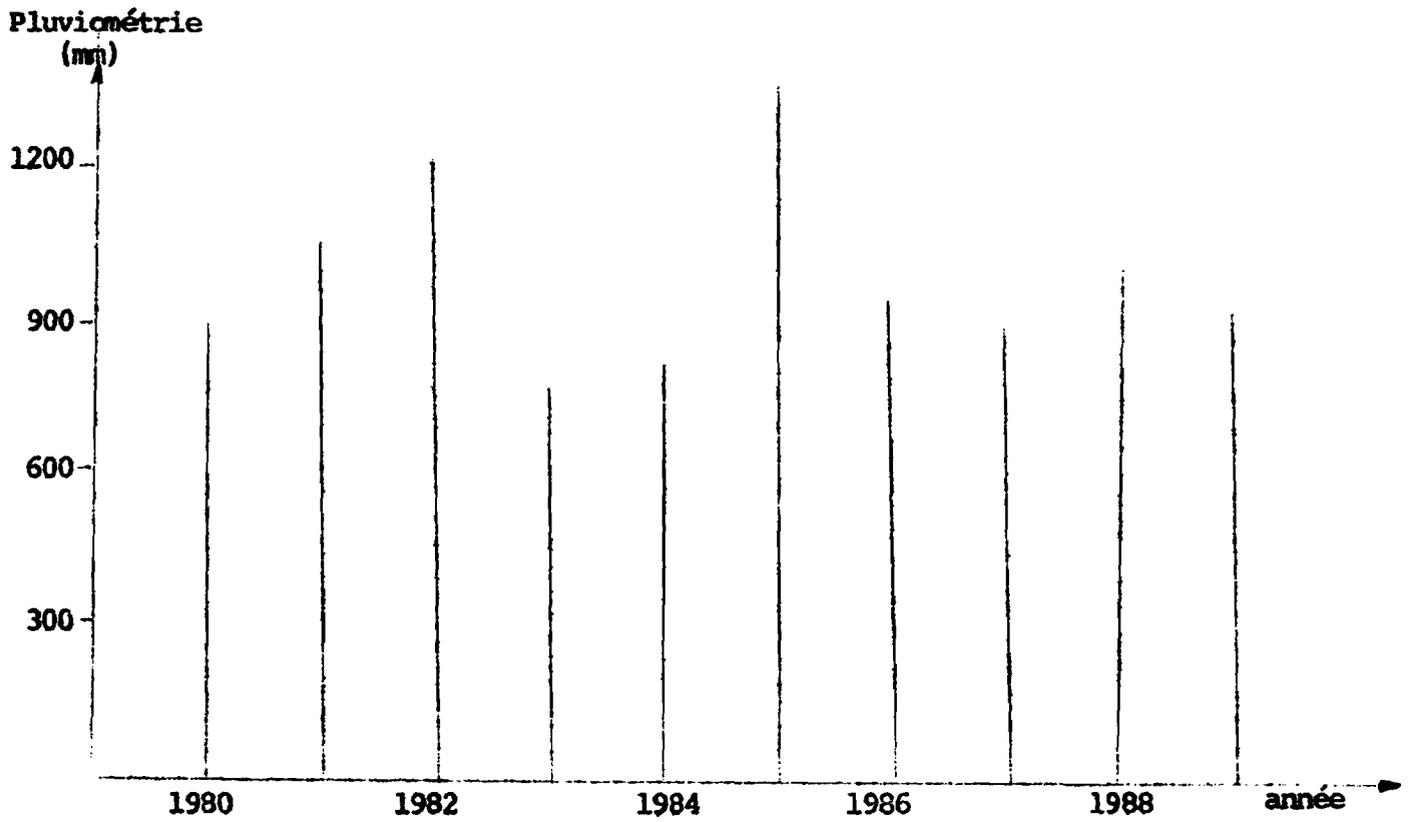
Les amplitudes sont beaucoup plus élevées pour les températures au sol : + 25°C pour les mois de Janvier - Février et en moyenne 20°C pour les autres mois de l'année.

L'humidité relative de l'air sous abri, est faible pendant la saison sèche et très élevée en saison pluvieuse (64 à 80 % de Juin à Octobre).



FIGURE 1 : Evolution annuelle de la pluviométrie (1980 - 1990)

a. - FARAKO-BA



b. - VALLEE DU KOU

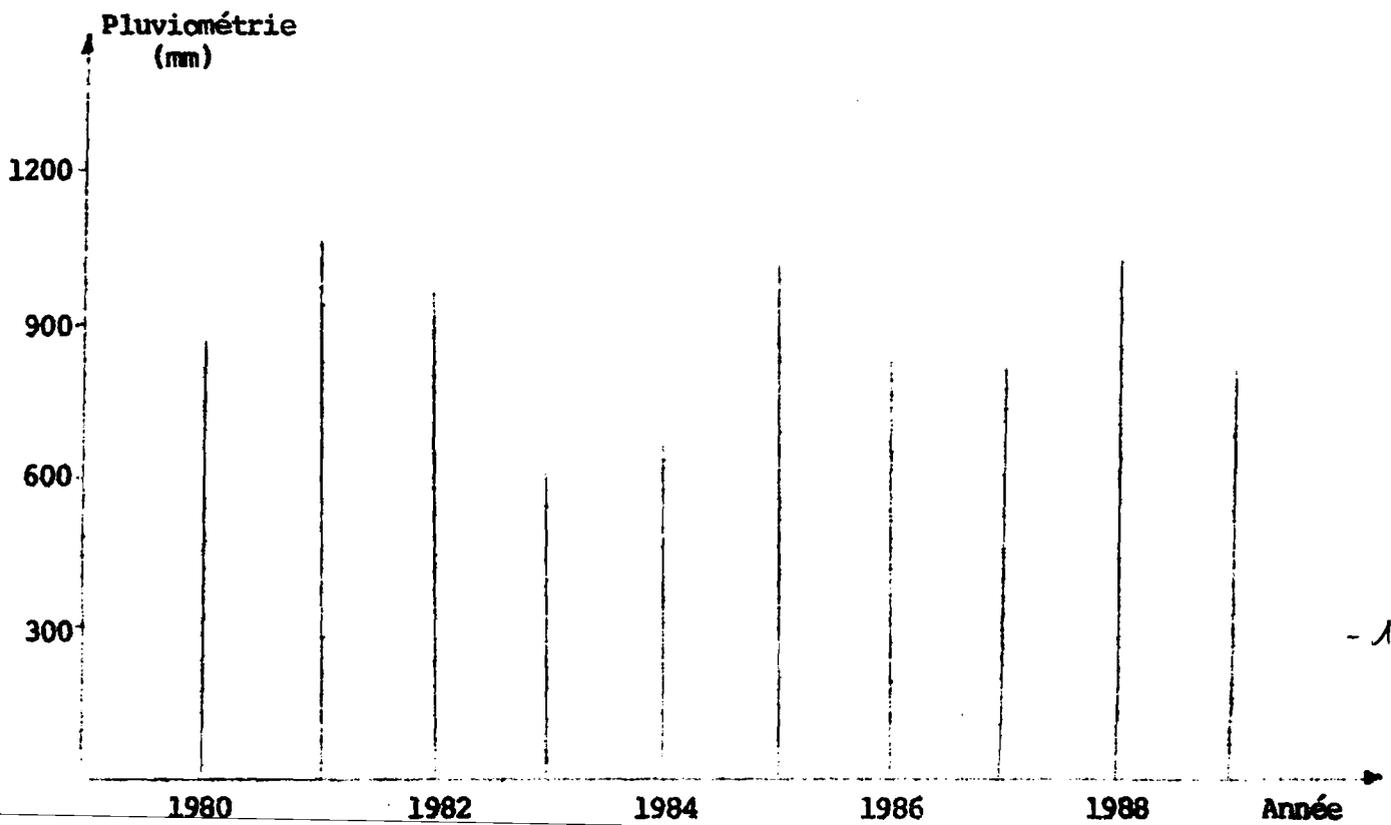
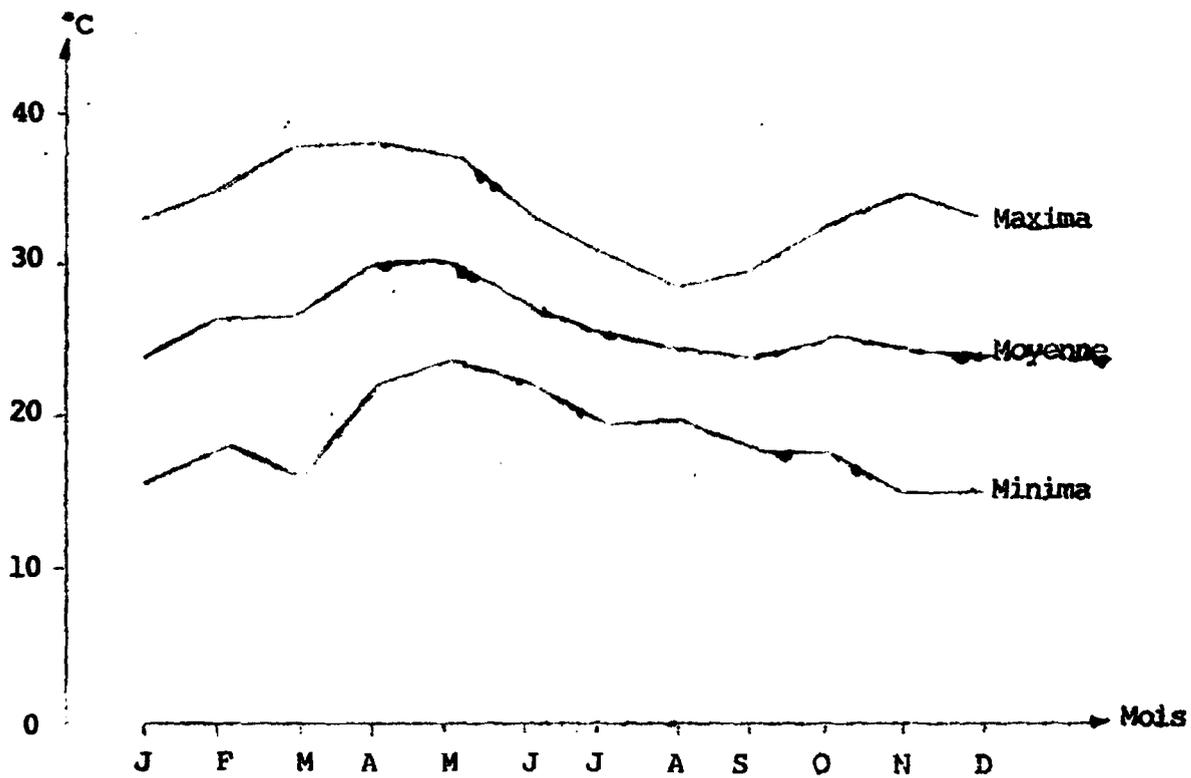
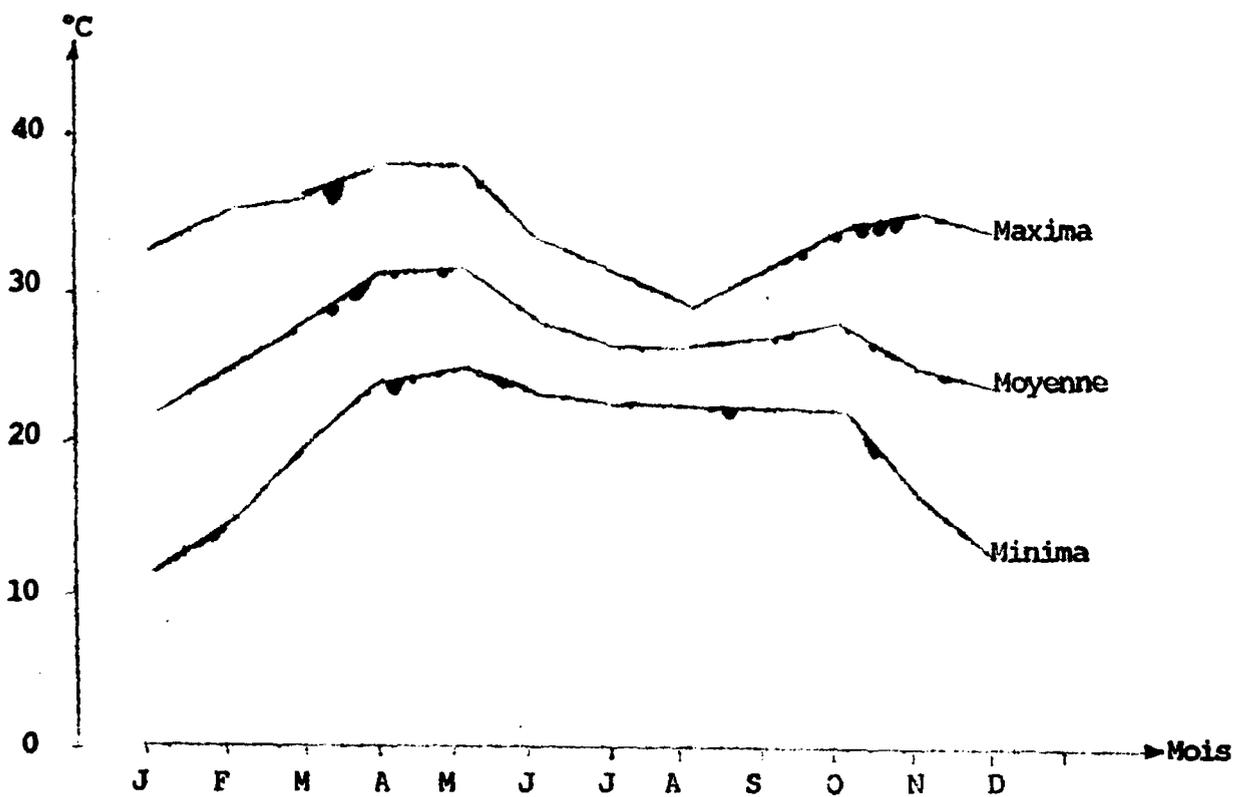


FIGURE 2 : Evolution mensuelle des températures : 1989

a. - FARAKO-BA



b. - VALLEE DU KOU



L'évaporation connaît elle-aussi, des variations saisonnières allant de 9,1 mm/j en Janvier - Février à 3,4 mm en Août. Sauf en Juillet - Août - Septembre, (Figure 3a), l'ETP est toujours supérieure à la pluviométrie.

- Périmètre de la Vallée du Kou

Tout comme à la Station de Farako-Bâ, les hauteurs d'eau recueillies varient d'une année à l'autre (Figure 1b), ainsi qu'au cours d'une même saison, avec un maximum très marqué en Août.

Les températures minima et maxima de l'atmosphère au cours de l'année 1989, sont presque identiques à celles de Farako-Bâ (Figure 2b), avec une moyenne annuelle de 27°C.

L'humidité relative connaît aussi des fluctuations au cours de la saison. Elle atteint plus de 70 % de Juillet à Octobre et descend jusqu'à 30 % en Janvier - Février.

L'évaporation est forte pendant la saison sèche 5,7 mm/j contre 2,8 mm/j en Août, dont la conséquence immédiate se ressent sur l'ETP (figure 3b).

1.3. Végétation

De type savane boisée assez dense, à forêt-galerie aux abords des bas-fonds, les formations végétales de la strate arborée se composent en grande partie d'essences telles que : Butyrospermum parkii, Khaya senegalensis, Parkia biglobosa et aussi des espèces comme Sclerocarya birrea, Detarium microcarpum et Tamarindus indica.

La strate herbacée est riche en Andropogon gayanus et Andropogon pseudapricus. On y trouve aussi des espèces comme le Pennisetum pedicellatum, Eragrostis tremula.

1.4. Sols

Les caractéristiques physiques et chimiques des sols de l'étude sont présentées au tableau n° 1.

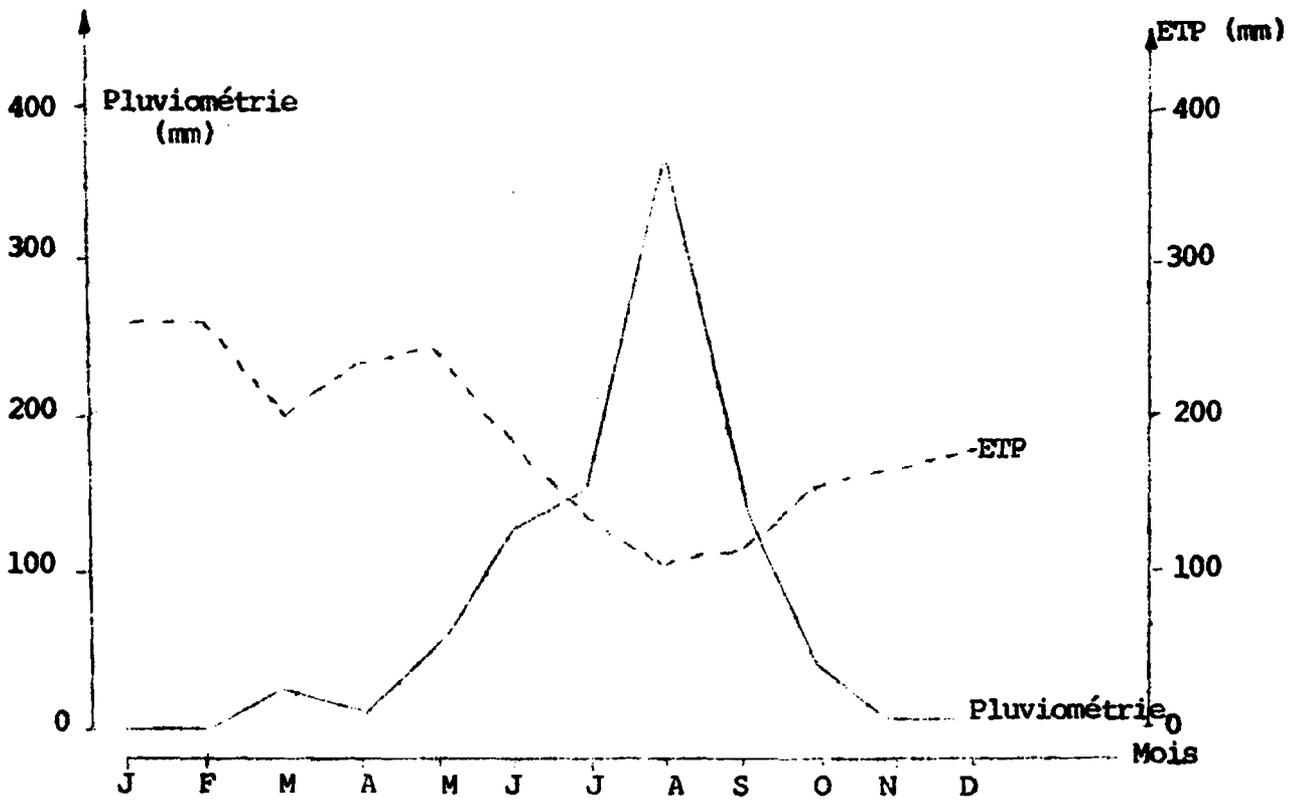
- Site de Farako-Bâ

Selon une étude agro-pédologique réalisée par JENNY (1965), le sol de FARAKO-Bâ est classifié comme sols rouges faiblement ferrallitiques modaux sur grès. Une étude récente faite par le BUNASOL (1985), fait ressortir que ce sont des sols ferrallitiques faiblement désaturés appauvris, modaux.

La proportion des éléments de la structure, nous indique une richesse en sables fins (58,2 %) et une faible teneur en argiles (7,2 %) marquée par une prédominance de Kaolinite-Illite (SEDOGO, 1981). Ce sont des sols sablo-limoneux en surface à argilo-sableux en profondeur et sensibles à l'érosion.

FIGURE 3 : Evolution mensuelle de la pluviométrie et de l'ETP : 1989

a. - FARAKO-BA



b. - VALLEE DU KOU

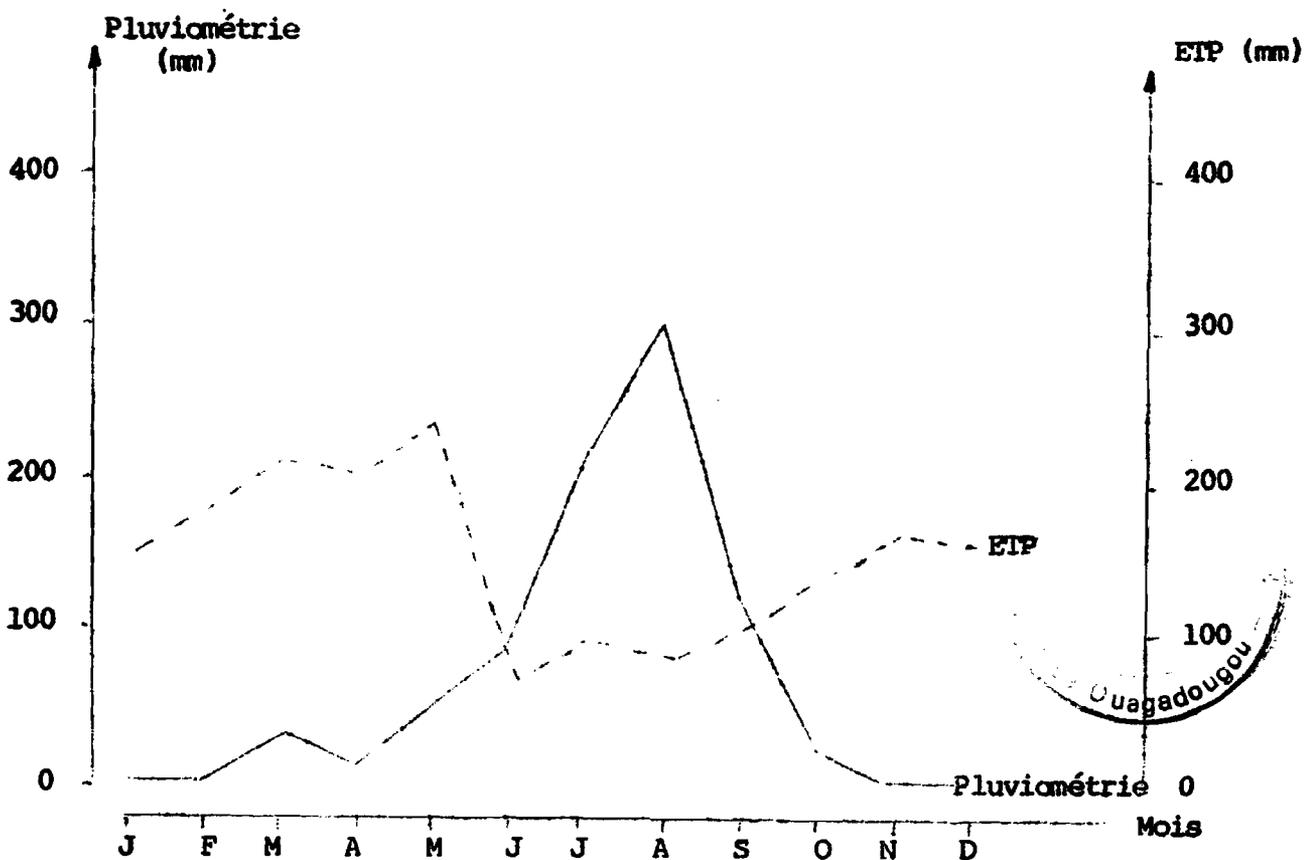


Tableau n°1 : Caractéristiques physiques et chimiques des
sols de Farako-Bâ et de la Vallée du Kou
(Profondeur 0-20 cm)

	Faiblement ferrallitique (FARAKO-BA)	Ferrugineux hydromorphe (VALLEE DU KOU)
<u>GRANULOMETRIE %</u>		
Argiles	7,2	32,4
Limons fins	(4,7	(19,3
Limons grossiers	18,5)	36,7)
	(13,8	(17,4
Sables fins	(58,2	(23,0
Sables grossiers	74,3))
	(16,1	(7,9
<hr/>		
pH	Eau 5,00	5,95
	ACIDE	ACIDE
	Kcl 4,15	4,90
<hr/>		
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u> (meq/100g)		
(T) CEC	0,95	4,91
(Ca	0,35	2,75
(S) Mg	0,20	1,75
(K	0,12	0,18
)Na	0,01	0,01
V = (S/T) x 100	71 %	95,5 %
<hr/>		
<u>PHOSPHORE (PPM)</u>		
Total	-	-
Assimilable	6,3	9,6
<hr/>		
<u>MATIERE ORGANIQUE</u>		
Carbone (C) %	0,60	1,00
Azote (N) %	0,056	0,011
C/N	11	8,93
<hr/>		
* Argiles dominantes	Kaolinite-illite	-

Source : Laboratoire de Montpellier

* SEDOGO, 1981.

Avant la mise en culture, nous avons mesuré un pH eau de 5,00, dénotant une évolution de l'acidité de ces sols d'autant plus que les mesures de 1965, donnaient un pH de 5,5.

Très pauvres en matière-organique (inférieur à 1 %), ces sols possèdent une faible capacité d'échange cationique (0,95 meq/100 g sol) et de faibles teneurs en phosphore.

- Site de la Vallée du Kou

Recensés comme des sols ferrugineux tropicaux, très hydromorphes par endroits (BUNASOL, 1985), ils se distinguent par une texture plus limoneuse (36,7 %). Ce sont des sols limono-sableux à argilo-limoneux marqués par un lessivage actif des éléments nutritifs causant un problème de fertilité au niveau de la Vallée du Kou. Ils sont sujets à des problèmes de toxicités ferriques. Ce sont des sols acides (pH eau variant de 5,5 à 6,5), avec une concentration en bases échangeables relativement élevée, une capacité d'échange cationique de 4,9 meq/100 g sol et une faible teneur en phosphore.

II - MATERIELS ET METHODES

2.1. Matériels d'étude

2.1.1. Matériel végétal

2.1.1.1. Essais au champ

L'espèce de riz utilisée, Oryza sativa L, appartient au groupe variétal indica. Les variétés utilisées sont :

- FARAKO-BA

Variété IRAT 144 : c'est une variété pluviale sélectionnée au Burkina. Son cycle semis-maturité est de 110 jours. La plante a une hauteur de 120 cm ; son potentiel de rendement est de 4T/ha la variété présente une assez bonne résistance à la verse. Elle est résistante à la pyriculariose ; elle a cependant un faible tallage.

- VALLEE DU KOU

Variété IR 4456 : c'est une variété de riz irrigué originaire de l'Inde. Son cycle semis-maturité est de 130 jours ; la plante a une hauteur de 110 cm et possède un bon tallage. Elle a un potentiel de rendement de 6-7 t/ha. La variété présente une assez bonne résistance à la verse et à la pyriculariose.

2.1.1.2. Essai en vases de végétation

Il a été conduit avec les mêmes variétés de riz dans des pots de 2500 g de contenance.

2.1.2. Les sols

2.1.2.1. Essais au champ

Les essais ont été réalisés sur deux types de sols correspondant aux deux sites :

- VALLEE DU KOU : sur sol hydromorphe : La première année d'étude 1988, a été conduite sur une jachère.

- Afin d'étendre les conclusions de cette étude à l'évaluation de la réponse du riz au burkinaphosphate le même type d'essai est implanté en riziculture pluviale stricte sur sol faiblement ferrallitique acide à Farako-Bâ. L'essai est installé en 1988 sur une jachère d'au moins trois ans.

Les caractéristiques physiques et chimiques de ces sols, à l'implantation des essais, sont consignées au tableau n° 1.

2.1.2.2. Essai en vases de végétation

Le sol de l'essai en vases, est prélevé dans un traitement témoin sans engrais, de l'essai au champ. Chaque vase reçoit 2500 g de terre fine de l'un des sols testés (ferrallitique, hydromorphe). Les caractéristiques physico-chimiques des sols sont données par le tableau n° 1.

2.1.3. La fumure

2.1.3.1. Essais au champ

Les engrais phosphatés utilisés sont :

- le phosphate naturel du Burkina (BP) :
à 25 % de P205 ;
- le burkinaphosphate amélioré (BPA)* :
à 28 % de P205 ;
- le phosphate supertriple (TSP) :
à 47 % de P205.

Une fumure de couverture N, K, S a été appliquée avec :

- de l'urée ordinaire à 46 % d'azote (N)
- de l'urée soufrée à 40 % d'azote (N) et 5 % de soufre (S)
- du chlorure de potassium à 60 % de potasse (K20).

* Il est à noter qu'avec cette contrainte que constitue la faible solubilité des burkinaphosphates, est apparue la nécessité de les améliorer pour accroître leur efficacité :

- la voie chimique : par adjonction du soufre minéral aux phosphates (UV5) ; ainsi que l'acidulation partielle (BPA) testée par l'IFDC aux USA et la TIMAC en FRANCE et dont le principe consiste en des attaques partielles par un acide (sulfurique ; nitrique ou phosphorique).

Mentionnons aussi, la voie agronomique utilisant les techniques de travail du sol afin d'améliorer les conditions hydriques ; ainsi que l'utilisation combinée des phosphates naturels et matières organiques.

2.1.3.2. Essai en vases de végétation

Les engrais ont été apportés aux doses suivantes :

- Phosphore : 50 ppm
- Azote : 100 ppm

Chaque vase reçoit une fumure uniforme N, K, Ca, Mg, Zn aux doses respectives de 100, 25, 10, 10, 10 ppm/pot.

2.2. Méthodes d'étude

2.2.1. Expérimentations au champ

Le dispositif expérimental utilisé est celui des blocs de FISHER avec quatre (4) répétitions, douze (12) variantes, chaque parcelle élémentaire couvrant 30 m² (6 m x 5m).

Le dispositif comprend :

- un témoin sans engrais
- un témoin sans phosphore
- le BP à cinq (5) doses : 30-60-90-120 et 240 kg/ha de P205
- le BPA en deux (2) doses : 60-90 kg/ha de P205
- le TSP en trois (3) doses : 30-60-90 kg/ha de P205.

La fumure de couverture appliquée à tous les traitements à l'exception du témoin sans engrais, s'est faite aux doses suivantes :

- 60 kg/ha de N, 30 kg/ha de K20 et 5 kg/ha de S sur riz pluvial à Farako-bâ
- 120 kg/ha de N, 40 kg/ha de K20 et 6 kg/ha de S sur riz irrigué à la Vallée du Kou.
- L'apport d'azote (N) a toujours été fractionné ; soit 2/3 au semis et 1/3 à l'initiation paniculaire.

2.2.2. Essai en vases de végétation

L'étude consiste en un essai réalisé en petits vases de végétation dans lequel, on apprécie l'action des traitements sur la production de matière sèche et l'absorption de phosphore d'une plante test (Oryza sativa l), afin d'évaluer l'efficacité relative du BP par rapport au TSP. Le dispositif expérimental utilisé est un factoriel 3 x 2 en 4 répétitions.

Les traitements étudiés sont :

- | | |
|---------------------------|--|
| - Témoin sol (T) | - Sol ferrallitique (Farako-Bâ) |
| - Burkinaphosphate (BP) x | |
| - Supertriple (TSP) | - Sol hydromorphe acide (Vallée du Kou). |

2.3. Méthodes d'analyse

2.3.1. Le pH

Le pH est mesuré selon la méthode électrométrique à l'électrode de verre, à l'aide d'un pH-mètre Tacussel dans un rapport sol-solution de 1/2,5.

Les solutions utilisées sont l'eau distillée (pH-eau) et du KCl 1N (pH-KCl).

2.3.2. Dosage du carbone

Nous avons utilisé la méthode WALKEY and BLACK. Sur un échantillon de terre fine par une oxydation à froid, en présence d'acide sulfurique concentré, on fait agir du bichromate de potassium 1N, dont l'excès est titré par un sel de Mohr 0,5 N.

La réaction d'oxydation par le bichromate de potassium n'est pas complète mais correspond à 76 % de la matière organique. Aussi, on multiplie le résultat du dosage par un terme correctif de 1,33.

2.3.3. Dosage de l'azote

A l'aide de la minéralisation KJELDHAL : attaque oxydative par l'acide sulfurique bouillant en présence du catalyseur DUMAZERT et MARCELET de toutes les formes d'azote du substrat en azote ammoniacal.

L'aliquote, en présence de Soude 10N, est distillée permettant ainsi le déplacement de l'ammoniac qui est recueilli dans une solution d'acide borique à 2 % et d'indicateur coloré (rouge de méthyl et vert de bromocrésol). Le dosage est effectué ensuite par de l'acide sulfurique N/10.

2.3.4. Dosage du phosphore

- Phosphore total des végétaux

Après une calcination dans un four à moufle à 550°C pendant 90 mn de 0,5 g de substrat séché, suivi d'une extraction à l'acide nitrique concentré, 1 ml de l'extrait est prélevé et ajouté à 10 ml de réactif vanado-molybdique.

Le tout est ramené à 25 cc avec de l'eau distillée. La lecture au spectro-photomètre donne les absorbances et ainsi, les résultats du phosphore en ppm sont obtenus de la courbe de concentration précédemment établie.

- Phosphore assimilable du sol

La méthode BRAY II, largement pratiquée sur les sols acides a été utilisée. Elle combine l'extraction du phosphore en milieu acide à la complexation par le fluorure d'ammonium, de l'aluminium lié au phosphore.

L'échantillon de sol (1 à 5 g) auquel l'on a ajouté 35 ml du réactif BRAY II, est agité pendant 40 secondes et filtré immédiatement. Le dosage est fait par colorimétrie à l'aide d'un spectro-photomètre à 630 mn.

2.3.5. Bases échangeables

Les cations métalliques fixés par le sol, sont déplacés par percolation avec une solution d'acétate d'ammonium neutre et normal. Après 10 mn d'une centrifugation à 2000 t/mn, le surnageant du mélange (sol 10 g + solution d'extraction 25 ml) est recueilli dans une fiole jaugée de 100 ml. Une répétition de l'opération a lieu trois fois, puis on ajuste à 100 ml avec l'acétate d'ammonium.

Ca, K et Na sont déterminés au spectro-photomètre à flamme tandis que Mg est déterminé au spectro-photomètre à absorption atomique.

Une extraction du Ca des plantes est effectuée après digestion des échantillons avec 4 ml d'acide perchlorique, 25 ml d'acide nitrique concentré et 2 ml d'acide sulfurique concentré. Le mélange chauffé sous hotte jusqu'à apparition d'une fumée blanche épaisse est ensuite refroidi puis après ajout de 50 ml d'eau distillée, le tout est rechauffé à feu doux. Ca est alors déterminé par spectro-photométrie à flamme.

II - RESULTATS - DISCUSSIONS

A - EXPERIMENTATIONS AUX CHAMPS

I - EFFICACITE DU BURKINAPHOSPHATE EN RIZICULTURE IRRIGUEE

I.1. Résultats

Les résultats sur les rendements grains et les analyses de variance sont regroupés sur les tableaux 2 et 3 et représentés par les figures 4, 5, 6. Pour mieux comprendre l'évolution des rendements, il convient de les examiner par campagne agricole.

I.1.1. Première campagne (saison humide 1988)

Les rendements sont très élevés (4,5 T/ha en moyenne). Sans apport d'engrais, on obtient 3,5 T/ha de riz, ce qui témoigne de la richesse de la jachère sur laquelle l'essai a été installé. Cet effet de la jachère a "masqué" les effets des phosphates qui n'ont pas pu se distinguer par le test de Newman-Keuls.

I.1.2. Deuxième et troisième campagne (saison sèche 1989, saison humide 1989)

I.1.2.1. Rendements

Les résultats de ces deux campagnes sont assez analogues. Il y a une diminution générale des rendements, due à la disparition ou à la diminution de l'effet jachère observé en première campagne. On note maintenant des effets significatifs des fumures appliquées sur les rendements.

L'effet des phosphates sur les rendements s'expliquent beaucoup mieux par l'ajustement des rendements et des doses de phosphore à des équations de régression pour chaque type de phosphate donné (figure 7).

Tableau n° 2 : Effets des fumuresphosphatées appliquées
Rendements en kg/ha et indices par rapport au témoin.

	C	A	M	P	A	G	N	E	S
	Humide	1988	Sèche	1989	Humide	1989	rendt.	indice	rendt.
	rendt.	indice	rendt.	indice	rendt.	indice	rendt.	indice	rendt.
1. Témoin absolu	3524	050	1175	124	581	57			
2. Témoin NK	4975	100	944	100	1020	100			
3. BP à 30P205/ha	5122	103	1216	129	1023	100			
4. BP à 60 "	5131	103	1461	155	1214	119			
5. BP à 90 "	4807	97	1817	192	1133	111			
6. BP à 120 "	4519	91	1846	196	1240	121			
7. BP à 240 "	5036	101	1702	180	928	91			
8. BPA à 60 "	5157	104	1177	125	1568	154			
9. BPA à 90 "	4493	90	1660	176	1030	101			
10. TSP à 30 "	4634	93	1726	183	1676	164			
11. TSP à 60 "	4979	100	1390	147	1389	136			
12. TSP à 90	4556	92	1707	181	1268	124			
Coefficient variation(%)	6,0		18,1		32,4				
Significat.(5%)	Hautement significatif		Hautement significatif		Significatif				

Tableau n° 3 : Analyse de variance et test de NEWMAN-KEULS
sur les rendements.

Saison humide 1988 (1ère campagne)	Saison sèche 1989 (2ème campagne)	Saison humide 1989 (3ème campagne)
BPA 60	BP 120 a	TSP 30 a
BP 60	BP 90 ab	BPA 60 a
BP 30	TSP 30 abc	TSP 60 ab
BP 240	TSP 90 abc	TSP 90 ab
TSP 60	BP 240 abc	BP 120 ab
Témoin NK	BPA 90 abc	BP 60 ab
BP 90	TSP 60 abcd	BP 90 ab
TSP 30	BP 60 bcd	BPA 90 ab
TSP 90	BP 30 bcd	BP 30 ab
BP 120	BPA 60 cd	Témoin NK ab
BPA 90	Témoin absolu cd	BP 240 ab
Témoin absolu	Témoin NK d	Témoin absolu b
FBloc : N.S	FBloc : N.S	FBloc : N.S
FTraitement : H.S	FTraitement : H.S	FTraitement : S
CV (%) : 6,0	CV (%) : 18,1	CV (%) : 32,4

N.S : Non Significatif H.S : Hautement Significatif
S : Significatif.

N.B : Il n'y a pas de différence significative entre les traitements portant la même lettre au seuil de 5 %.

FIGURE 4 : Effets des phosphates sur les rendements grains
 (Première campagne - VALLEE DU KOU)

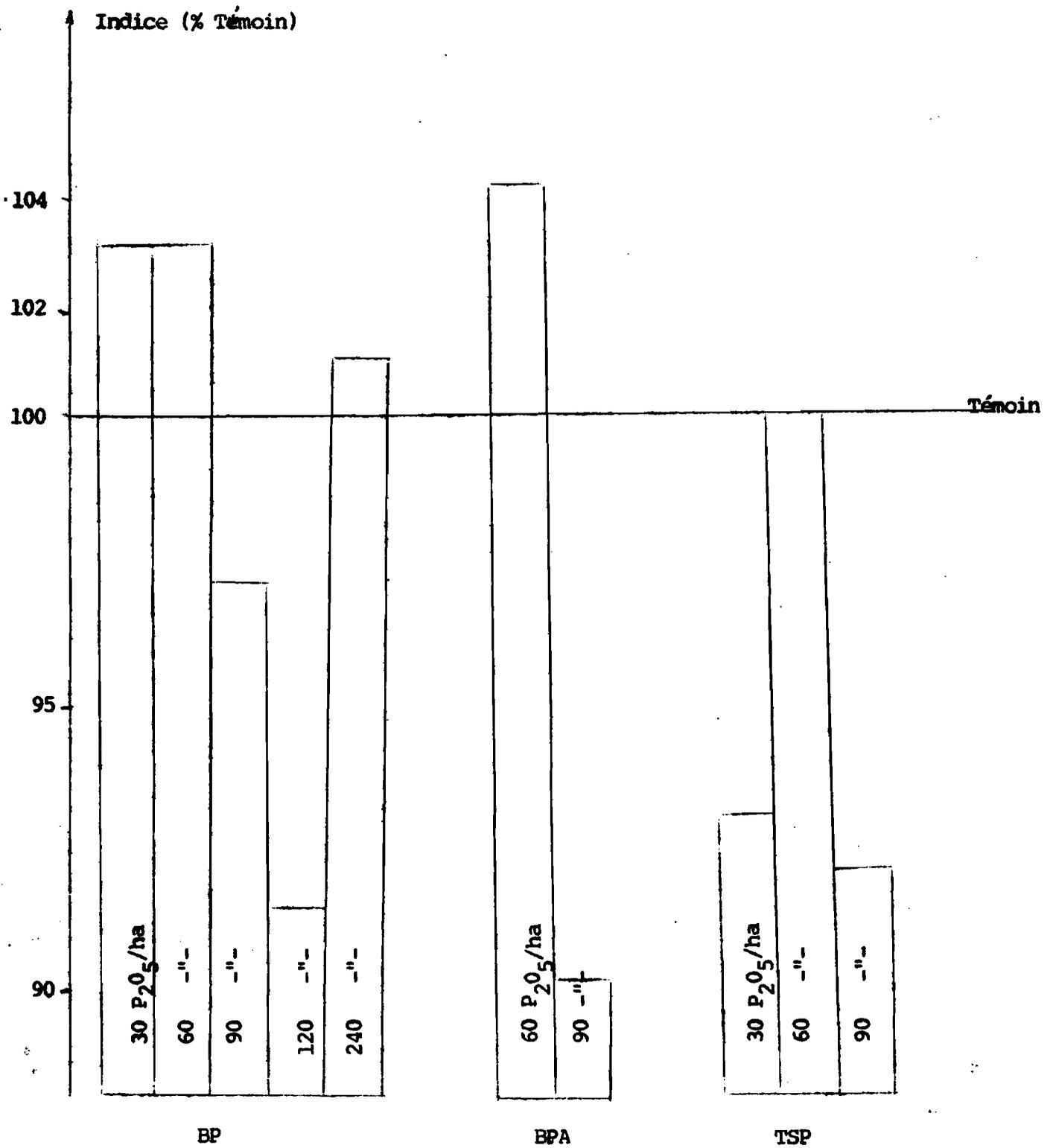


FIGURE 5 : Effets des phosphates sur les rendements grains
 (Deuxième campagne - VALLEE DU KOU)

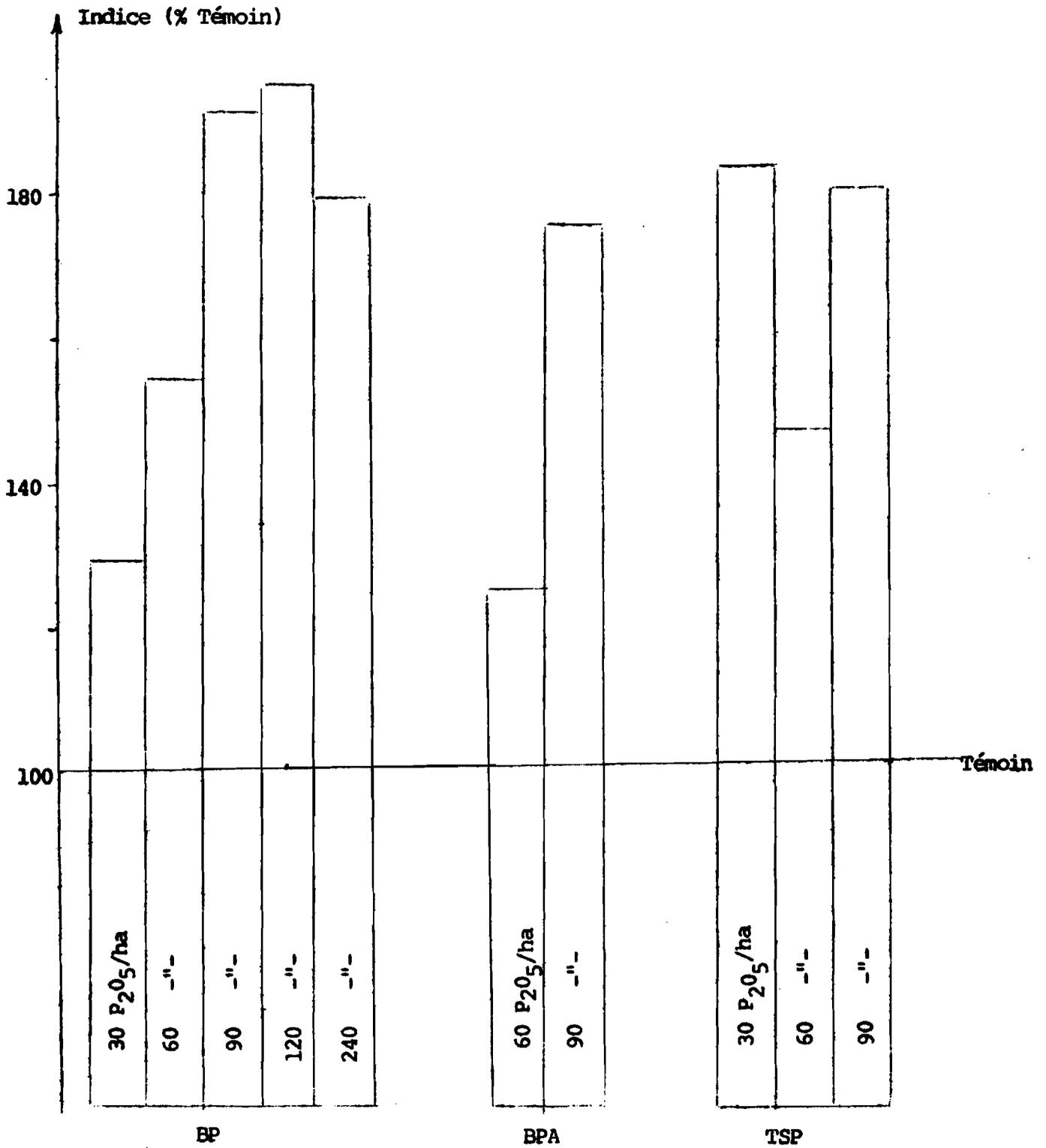


FIGURE 6 : Effets des phosphates sur les rendements grains
 (Troisième campagne - VALLEE DU KOU)

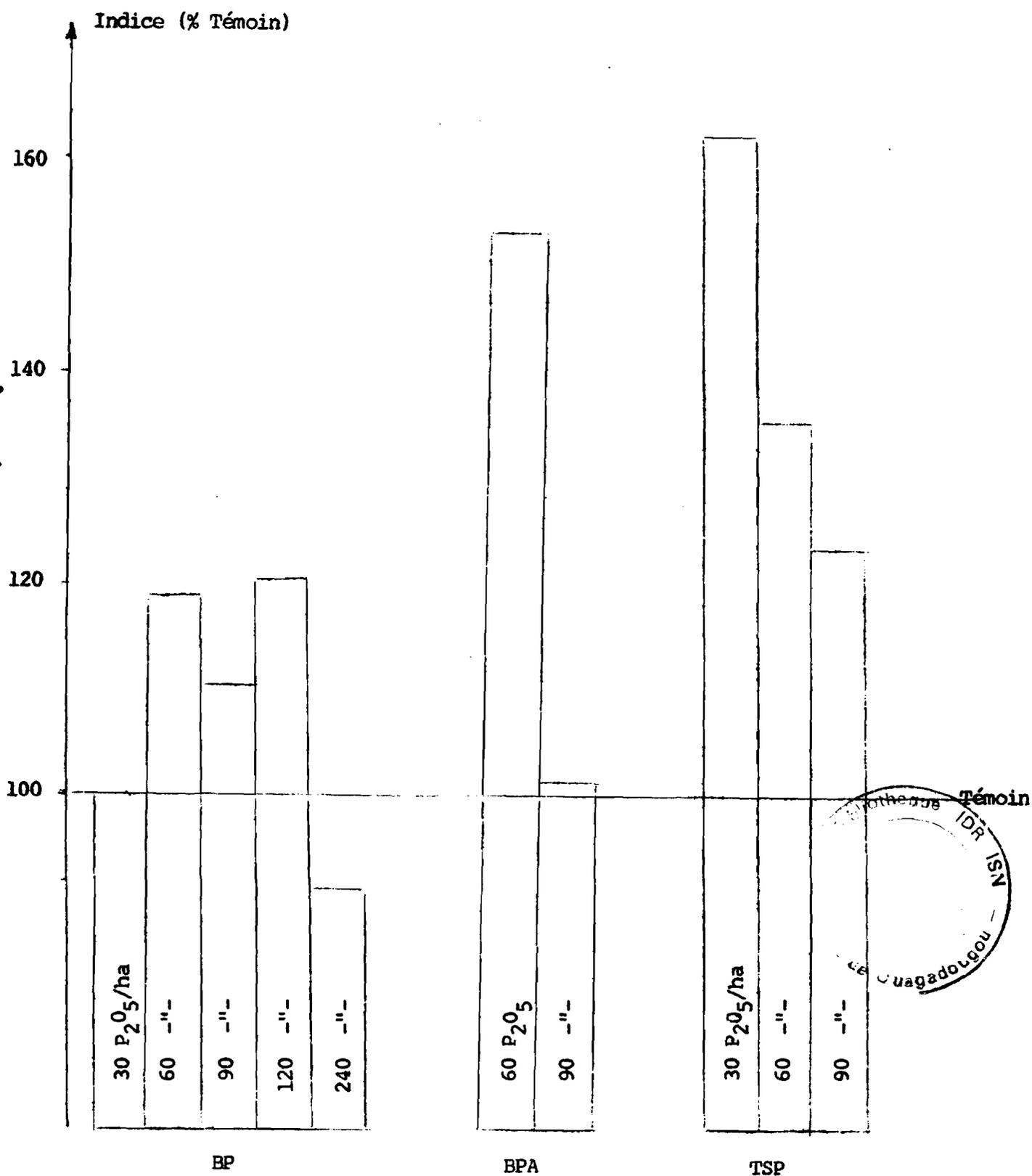
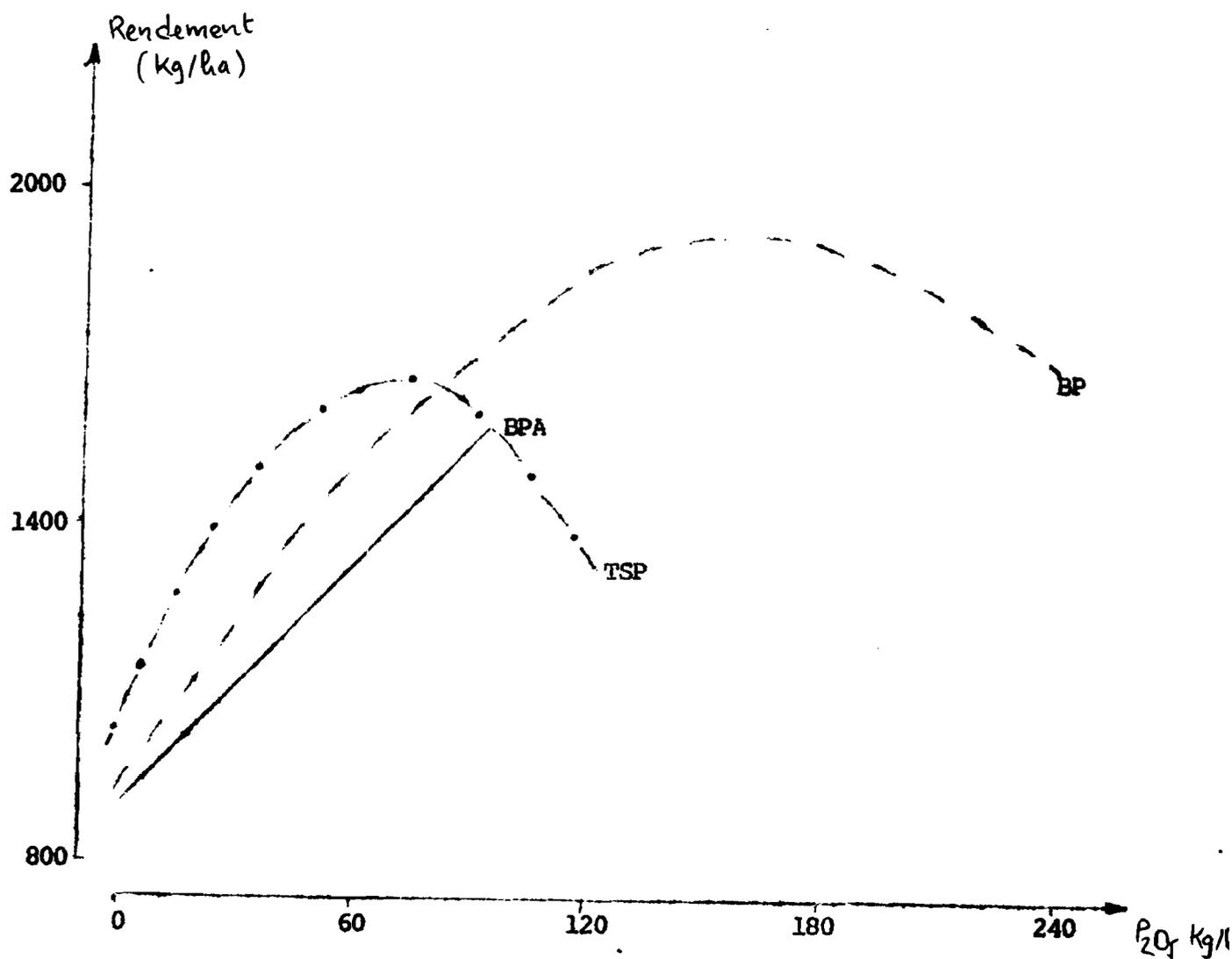


FIGURE 7 : Relation entre rendements et doses d'engrais

VALLEE DU KOU - Campagne sèche 1989



——— BP : $Y = 909,5547 + 12,5864 x - 0,0386 x^2$ ($r^2 = 0,98$)

-.-.-.- TSP : $Y = 1032,5500 + 18,1350 x - 0,1292 x^2$ ($r^2 = 0,61$)

..... BPA : $Y = 891,6427 + 7,3738 x$ ($r^2 = 0,86$)

Les équations caractéristiques obtenues, permettent de schématiser les effets des différents types de phosphates sur les rendements et de comparer leur efficacité relative,

- Le Superphosphate triple

L'équation de régression est du type quadratique :

$$Y = 1032,550 + 18,135 X - 0,129 X^2$$

$$r^2 = 0,61$$

où Y = rendement en kg/ha de paddys
X = dose de P2O5 sous forme de TSP.

Cette équation explique assez bien l'évolution des rendements ($r^2 = 61\%$). Elle montre que l'effet du TSP est assez remarquable mais limité.

Le facteur de production (dose de TSP) atteint un niveau optimum lorsque le revenu marginal est égal au coût marginal. En appliquant ce principe de calcul avec l'équation de régression ci-dessus, on obtient une dose optimale de 133 kg/ha TSP. En utilisant la même démarche avec les résultats de la troisième campagne, on obtient une dose optimale de 92 kg/ha de TSP.

- Le Burkinaphosphate

L'équation spécifiée est également du type quadratique, avec un coefficient de détermination beaucoup plus élevé ($r^2 = 0,98$).

$$Y = 909,550 + 12,590 X - 0,039 X^2$$

où Y = rendement (kg/ha paddys)
X = dose de P2O5 sous forme de burkinaphosphate.

De par l'allure des deux courbes, le burkinaphosphate est équivalent au TSP aux faibles doses et même plus efficace que ce dernier aux doses plus élevées.

Suivant toujours le principe de l'analyse marginale, la dose optimale économique à apporter serait 588 kg/ha de BP. Pour la troisième campagne cette dose est de 250 kg/ha BP.

- Le Burkinaphosphate amélioré

L'équation de régression estimée est du type linéaire avec un coefficient de détermination de 86 %. Les résultats observés, montrent qu'il n'est pas plus efficace que le burkinaphosphate brut.

$$Y = 891,64 + 7,37 X$$

où Y = rendement (kg/ha paddys)
x = dose de P2O5 sous forme de BPA.

I.1.2.2. Efficacité agronomique relative (EAR) des phosphates

Pour mieux cerner l'impact des différents engrais phosphatés appliqués, et conformément aux objectifs visés par l'étude, nous avons calculé l'efficacité des phosphates par rapport au TSP. Ce paramètre est calculé suivant le rapport :

$$\text{EAR} = \frac{\text{Rendement du BP} - \text{Rendement témoin}}{\text{Rendement du TSP} - \text{Rendement témoin}} \times 100$$

De par les résultats obtenus (tableau 4), l'efficacité agronomique relative du burkinaphosphate brut croît avec les doses d'apport de phosphore et devient pratiquement équivalent au TSP à 90 kg/ha de P205.

Par contre le burkinaphosphate amélioré ne semble pas manifester une efficacité remarquable (77 % à 90 unités de P205).

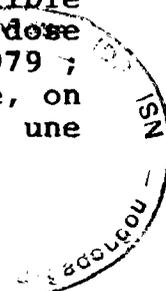
Tableau n° 4 : Efficacité comparée en % des différents phosphates en fonction du sol.

Dose P205 kg/ha	Burkinaphosphate	Burkinaphosphate amélioré	Supertriple
SOL 30	29	-	100
FERRUGI-NEUX 60	68	72	100
HYDRO-MORPHE 90	98	77	100

I.2. Discussions

Dans les conditions de sols acides et hydromorphes, il y a une réponse assez remarquable de Burkinaphosphate brut. Il est peu efficace aux faibles doses et son action se renforce beaucoup plus aux doses plus élevées.

Dans ces sols riches en hydroxydes de fer et d'alumine, ayant un fort pouvoir fixateur vis à vis du phosphore ; les faibles quantités de phosphore soluble du burkinaphosphate seraient rapidement fixées, ce qui expliquerait la faible efficacité du produit quand il est appliqué à faible dose (HUSSAIN et KYUMA, 1970 ; WILLETT et al, 1978 ; KUO et al 1979 ; VELAYUTHAM, 1980). Aux doses plus élevées de burkinaphosphate, on arrive à saturer les sites de fixation et l'on obtient une réponse très remarquable.



Dans ce milieu hydromorphe, la présence d'ions sulfureux et la dissolution continue du gaz carbonique de l'air dans l'eau créent des conditions favorables à une attaque et à une dissolution des phosphates, se rajoutant au pouvoir dissolvant proprement dit de l'eau (GASSER et BROOMFIELD ; 1955) cité par DOMMERGUE et MANGENOT, 1970 ; GRIST, 1975 ; DE DATTA, 1981 ; (TARDIEUX et ROCHE, 1966) cités par MEY et al, 1986 ; GIANNINAZZI - PEARSON, 1986).

I.3. Conclusion

L'évolution des rendements nous amène à tirer les enseignements suivants :

Les rendements sont influencés par l'effet des différents traitements, exceptée la première campagne où les productions obtenues accèdent au moins un effet azote.

Cet effet-traitement devient marqué en deuxième et troisième campagne et les rendements discriminent bien les sources de phosphore car ils sont reliés à la solubilité des phosphates. Le burkinaphosphate brut réagit bien sur ce type de sol à dose élevée et en fonction de l'équation quadratique spécifiée, la dose optimum serait de 250 kg/ha de BP.

Ces résultats corroborent ceux obtenus par BHATTACHARYKA et al (1978) ; CHOWDHURY, (1978) et FENSTER and LEON (1978).

II - EFFICACITE DU BURKINAPHOSPHATE EN RIZICULTURE PLUVIALE

II.1. Résultats

Les tableaux 5 et 6 donnent les résultats des rendements grains et ceux des analyses de variance effectuées. Contrairement au sol hydromorphe, le sol faiblement ferrallitique acide de Farako-Bâ sous culture de riz pluvial marque une réponse positive dès la première campagne. Les effets des traitements sont assez identiques d'une campagne à l'autre. (Figure 8 et 9).

Tableau n° 5 : Effets des phosphates sur les rendements en kg/ha et indices par rapport au témoin (FARAKO-BA).

	C A M P A G N E S			
	1988		1989	
	Rendement	indice	Rendement	Indice
1. Témoin absolu	1311	52	1239	75
2. Témoin NK	2533	100	1641	100
3. BP à 30 P205kg/ha	2735	108	2267	138
4. BP à 60 "	3301	130	2560	156
5. BP à 90 "	3014	119	2384	145
6. BP à 120 "	2934	116	1800	110
7. BP à 240 "	3409	135	2196	134
8. BPA à 60 "	3049	120	2051	125
9. BPA à 90 "	3318	131	2442	149
10. TSP à 30 "	2799	111	2064	126
11. TSP à 60 "	3054	121	1592	97
12. TSP à 90 "	3128	123	2469	150
Coefficient variation (%)	10,1		22,3	
Signification (5 %)	H.S		H.S	

Tableau n° 6 : Analyse de variance et test de NEWMAN-KEULS sur les rendements (FARAKO-BA)

Saison humide 1988 (1ère campagne)		Saison humide 1989 (2ème campagne)	
BP 240		BP 60	a
BPA 90		TSP 90	a
BP 60		BPA 90	a
TSP 90		BP 90	a
TSP 60		BP 30	ab
BPA 60		BP 240	ab
BP 90		TSP 30	ab
BP 120		BPA 60	ab
TSP 30		BP 120	ab
BP 30		Témoin NK	ab
Témoin NK		TSP 60	ab
Témoin absolu		Témoin absolu	b
FTraitement : H.S.		FTraitement : H.S	
C.V (%) :	10,1	C.V (%) :	22,3
PPDS à 5 % :	419kg/ha	PPDS à 5 % :	660 kg/ha

FIGURE 8 : Effets des phosphates sur la production de paddys
 (1ère campagne - FARAKO-BA)

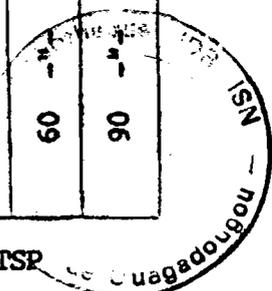
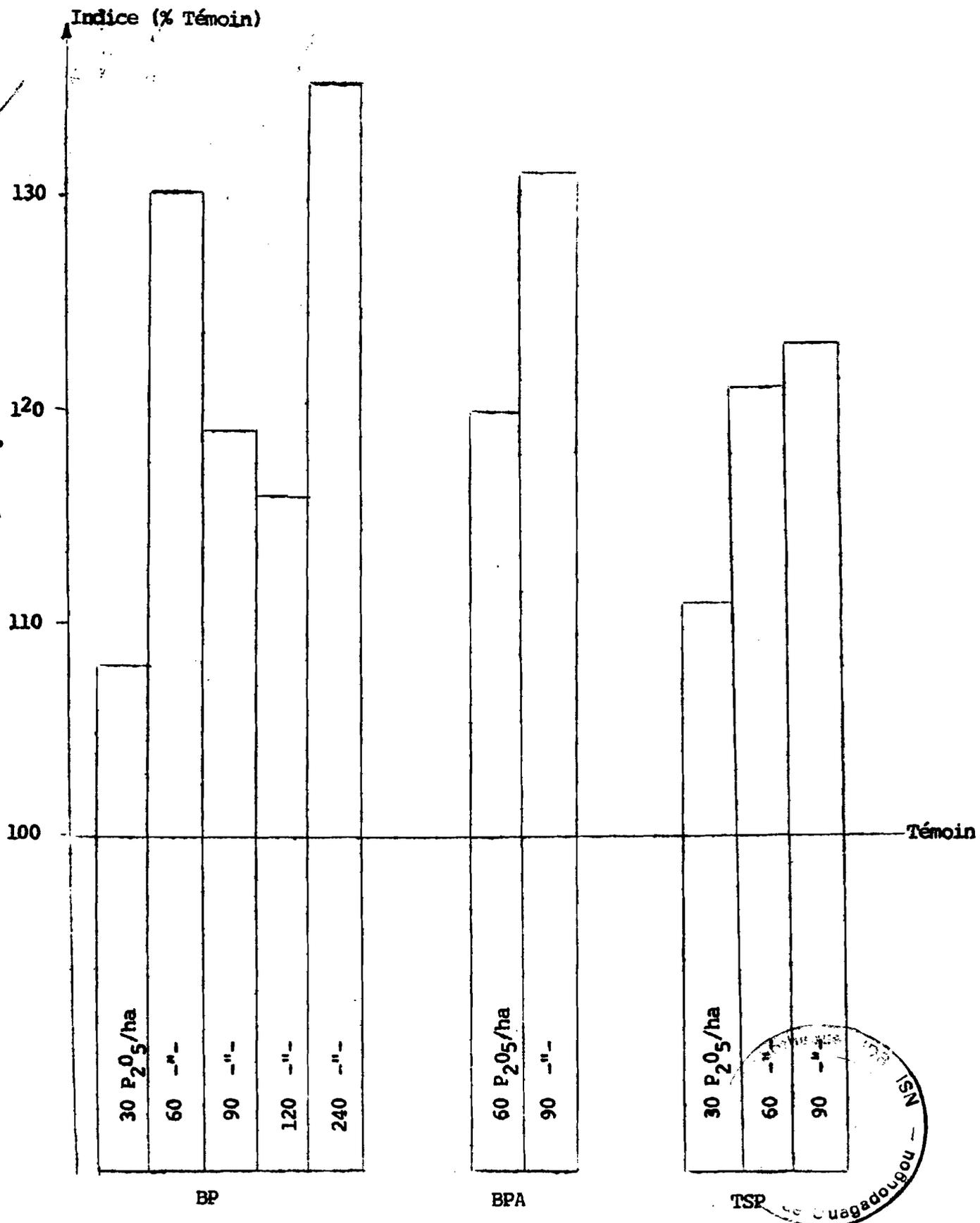
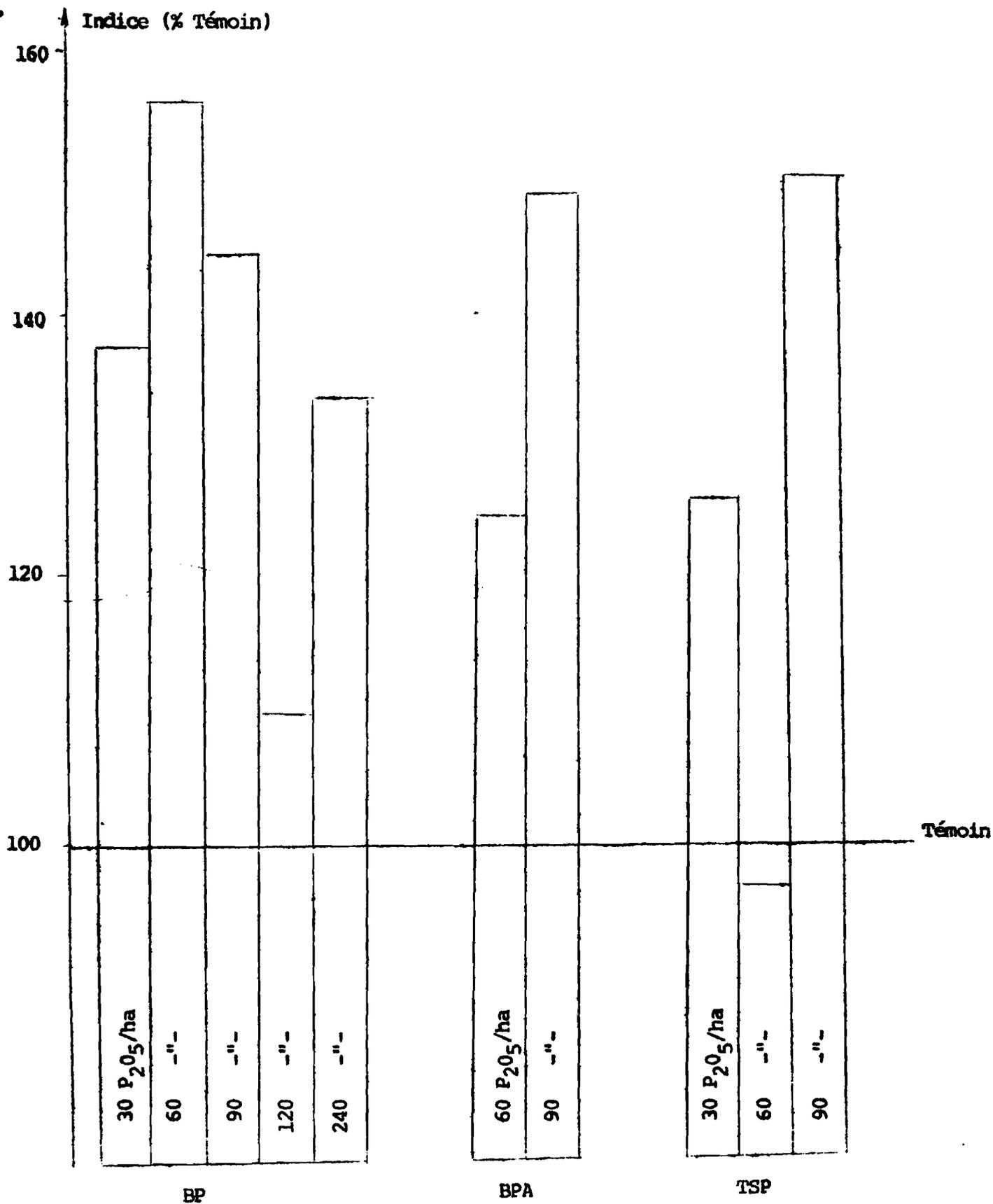


FIGURE 9 : Effets des phosphates sur la production de paddys
 (2^e campagne - FARAKO-BA)



II.1.1. Rendement

Les fumures appliquées indiquent des effets significatifs sur les rendements. Afin de faire ressortir les différences des traitements, une relation fonctionnelle est établie entre les deux variables. Une équation de régression est obtenue pour chaque type de phosphate donné qui ajuste mieux les rendements et les doses de phosphore.

Ces équations permettent de mettre en exergue l'impact de différents types de phosphates sur les rendements et de situer leur efficacité relative. (figure 10).

- Le superphosphate triple

L'équation de régression est du type quadratique :

$$Y = 2524,500 + 11,600 X - 0,053 X^2$$

$$r^2 = 0,99$$

avec Y = rendement en kg/ha de paddys

X = dose de P2O5 sous forme de TSP.

Le coefficient de détermination (r^2) est de 99 % ; ce qui montre que le TSP a un effet positif sur les rendements du riz. La dose optimale calculée à partir de l'équation est de 193 kg/ha de TSP.

- Le Burkinaphosphate brut

De nature quadratique, l'équation de régression relative à l'évolution des rendements par ce type d'engrais présente un coefficient de détermination assez élevé ($r^2 = 64\%$).

$$Y = 2692,1978 + 4,8394X - 0,0084 x^2$$

où Y = rendement (kg/ha de paddys)

x = dose de P2O5 sous forme de Burkinaphosphate.

L'évolution des deux courbes, montre une action comparable du burkinaphosphate par rapport au phosphate supertriple aux doses faibles et nettement supérieure aux doses fortes. La dose optimale économique déterminée est de 314 kg/ha de phosphate brut, en deuxième campagne.

- Le Burkinaphosphate amélioré

L'acidulation partielle du burkinaphosphate brut, dans ce type de riziculture montre une action efficace exprimée par un coefficient de détermination très élevée ($r^2 = 0,99$). L'équation de régression spécifiée est linéaire :

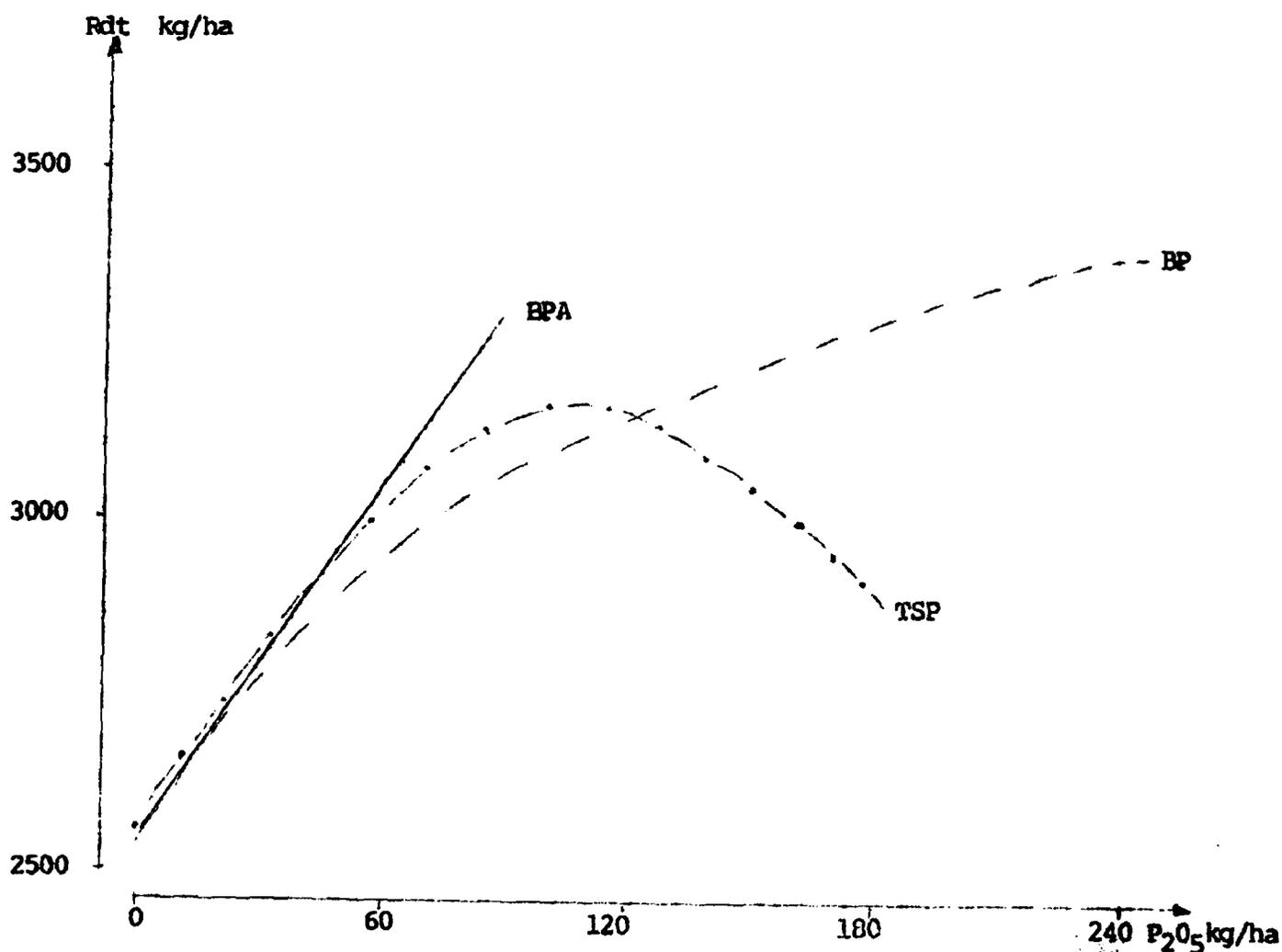
$$Y : 2531,429 + 8,705 X$$

Y : Rendement en paddys kg/ha

x : dose de P2O5 sous forme BPA.

FIGURE 10: Relation entre rendements et doses d'engrais

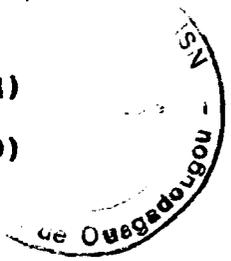
FARAKO-BA - 1988



— BP : $Y = 2692,1987 + 4,8394x - 0,0034 x^2$ ($r^2 = 0,64$)

-.-.- TSP : $Y = 2524,5000 + 11,6000 x - 0,0533 x^2$ ($r^2 = 0,99$)

— BPA : $Y = 2531,4256 + 8,7048 x$ ($r^2 = 0,99$)



De par l'allure des courbes, le burkinaphosphate amélioré a une incidence favorable sur les rendements de paddys aux faibles doses que les deux autres formes de phosphates.

II.1.2. Efficacité agronomique relative des phosphates

Afin de comparer les différents types de phosphates testés, nous avons utilisé le rapport efficacité par rapport au TSP dont les résultats sont présentés au tableau 7.

La comparaison des fumures appliquées, montrent qu'à dose égale, les phosphates bruts sont aussi efficaces que les phosphates améliorés et le superphosphate triple.

Tableau n° 7 : Efficacité comparée en % des différents phosphates en fonction du sol.

Dose P205 kg/ha		Burkinaphosphate		Supertriple	
		1988	1989	1988 amélioré	1989
SOL	30	95,6	124,6	-	100
FERRALLI- TIQUE	60	114,1	137,0	99,7	84,2
FARAKO- BA	90	93,7	78,2	110,4	82,2

II.2. Discussions

Sur ces sols acides faiblement ferrallitiques, l'efficacité du burkinaphosphate est accrue par rapport au phosphate super triple.

Les résultats montrent qu'ils sont même plus efficaces qu'en sols hydromorphes acides. Les réponses spectaculaires observées quand on apporte du phosphore, sont liées à la pauvreté de ces sols en cet élément révélée lors des analyses chimiques avant l'implantation de l'essai.

De même ces sols étant très acides, ils sont favorables à une bonne efficacité des phosphates bruts (FOSTER, 1971 ; DENNIS and DE DATTA, 1976 ; OLSEN et al, 1977 ; CHIEN, 1977 ; 1978 ; TRUONG ; 1984 ; ROESCH et PICHOT, 1985).

Contrairement au sol hydromorphe, les phosphates améliorés réagissent assez bien, et sont équivalents au TSP. Ce qui pourrait signifier que l'acidification est nécessaire en conditions pluviales mais pas en sols hydromorphes.

Cela confirme le fait que, le phosphore des phosphates solubles serait plus facilement exposé à la fixation dans ces sols hydromorphes et argileux. (ROCHE et al, 1980 ; VELAYUTHAM, 1980 ; SOLTNER, 1988).

Ce qui est fort intéressant à remarquer, est que, la lenteur de solubilisation des phosphates bruts souvent constatée au niveau des cultures sèches (sorgho, maïs) ne se manifeste pas sur cet essai (SEDOGO et al, 1985 ; 1986 ; 1987).

II.3. Conclusion

De l'ensemble de ces résultats, il s'avère que sur sol faiblement ferrallitique, cultivé en riz, le phosphate brut est équivalent au TSP. Il est beaucoup plus efficace qu'en sols hydromorphes.

Tous les phosphates appliqués réagissent positivement sur ce sol. Outre, la pauvreté en phosphore de ces sols, et leur caractère très acide, nous ne devons pas sous-estimer les possibilités d'attaques directes des phosphates du sol, par les racines qui présentent un intérêt certain pour l'assimilation de ces derniers (GROS, 1967, BLANCHET et al, 1978 ; KHASAWNEH, 1978).

Cependant, à forte dose, l'efficacité du phosphate supertriple devient inversement proportionnelle à la dose d'engrais appliqué. Il y a probablement là, l'effet d'un déséquilibre. Des observations similaires ont été faites par KURUP et RAMANKUTTY, (1971).

En première année, la dose nécessaire pour ces sols pauvres en Phosphore est d'environ 860 kg/ha de burkinaphosphate. Après cet apport de base, on peut réduire les doses à 314 kg/ha environ. Cette diminution de la dose est due aux arrières effets des phosphates appliqués.

Sur le plan agronomique, le phosphate amélioré par l'acidulation partielle paraît assez intéressant.

III - EFFETS DES PHOSPHATES SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL

La composition chimique et minérale des phosphates naturels, conditionne leur efficacité, de même que trois paramètres caractéristiques du sol : le pH, la teneur de la solution en phosphore et sa teneur en calcium (CHIEN, 1978 ; KHASAWNEH et al, 1978 ; TRUONG.B.^{et al} 1978).

Nous avons choisi quatre traitements (témoin absolu, témoin sans phosphore, BP à 240 P205 en kg/ha, TSP à 90 P205 en kg/ha) et avons effectué les analyses chimiques. Le test F est appliqué pour une probabilité de 5 % et les traitements non significativement différents sont affectés de la même lettre (a, b).

III.1. Le pH

L'efficacité appréciable des engrais phosphatés testés, montre que le pH du milieu est un facteur important dans la solubilité des phosphates naturels dans ces types de sol. MENGEL et KIRBY, (1978) cités par CALLOT et al, (1983) situent cette action favorable dans l'intervalle 5,5 et 6,5. Etant donné les quantités importantes de calcium contenu dans le burkinaphosphate (34 % CaO), il paraît alors intéressant de suivre les effets des apports successifs sur l'évolution du pH du sol.

Les résultats (tableau 8) montrent qu'aucune différence significative n'est observée entre les traitements dans ces deux types de sol. Des observations analogues ont été faites par le PROJET PHOSPHATE (1982) et MORANT P., (1985). Le calcium du burkinaphosphate n'est pas assez actif pour permettre une correction de pH du sol.

Tableau n° 8 : pH eau

	VALLEE DU KOU	FARAKO-BA
1 - Témoin absolu	6,05	5,35
2 - Témoin NK	6,13	5,23
3 - BP 240 P205/ha	6,10	5,45
4 - BPA 90 "	6,00	-
5 - TSP 90 "	5,95	5,33
Test F à 5 %	N.S.	N.S
C.V (%)	2,8	5,2

Ce qui signifie que les phosphates bruts n'ont pas d'effets de chaulage immédiat. Cela est en rapport avec les caractéristiques minéralogiques du minerai. (LEHR et Mc CLELLAN, 1972 cités par TRUONG B.,^{et al} 1978).

III.2. Les bases échangeables (tableau n° 9)

Sur sol ferrugineux hydromorphe, les apports de phosphates n'ont pas eu d'effets sur les bases échangeables au niveau du sol. Cela est dû, peut-être à la saturation du complexe de ce sol qui était depuis longtemps sous jachère. Cela explique les faibles réponses des phosphates sur ce sol surtout en première année. Il y a peu ou pas de réponses des phosphates, lorsque le complexe adsorbant est saturé (BIRCH, 1953, cité par DE GEUS, 1973).

Sur sol ferrallitique, on note un effet bénéfique des phosphates sur le potassium (K) et le manganèse (Mn). Les phosphates bruts améliorent le complexe absorbant dont la conséquence est l'obtention de rendements qui sont significativement liés aux doses et sources de phosphore.

Tableau n° 9 : Effet des phosphates sur les bases échangeables

	Farako-Bâ (sol faiblement ferrallitique)	
	K (mg/100 g sol)	Mn (mg/100 g sol)
1 - Témoin absolu	4,78 a	20,5 b
2 - Témoin NK	5,58 a	27,0 a
3 - BP à 40 P205/ha	5,10 a	25,0 a
4 - TSP 90 "	2,73 b	26,0 a
Test F à 5 %	S	H.S
C.V (%)	21,6	8,4
Ppds à 5 % (mg/100 g sol)	1,56	3,29

III.3. Le Phospore assimilable

L'objet de cette étude est de déterminer l'effet des traitements sur les quantités de phosphore assimilable.

III.3.1. Sol ferrugineux hydromorphe

Les résultats n'indiquent aucune différence significative entre les traitements ; ce qui est analogue aux rendements observés. Des conclusions similaires ont été faites par l'AIEA, (1971).

III.3.2. Sol faiblement ferrallitique

Les résultats sur les quantités de phosphore assimilable obtenus sont présentés par le tableau 10.

Tableau n°10 : Effets des traitements sur le phosphore assimilable (en mg/100 g sol)

FARAKO-BA		
1. Témoin absolu	0,63	b
2. Témoin NK	0,58	b
3. BP à 240 p205/ha	1,70	a
4. TSP 90 "	2,05	a
Test F à 5 %	H.S	
C.V (%)	25,80	
Ppds(mg/100g sol)	0,52	

La bonne réponse des phosphates bruts, observée en sol ferrallitique, se justifie par une augmentation de phosphore assimilable dans ce type de sol.

La différence significative entre les traitements montre de façon claire que les phosphates appliqués ont eu un impact sur ce sol d'où les rendements obtenus.

Le témoin très faible explique l'effet notable des phosphates (VETTER, 1977) et la pauvreté de ce sol en phosphore.



B - TEST EN VASES DE VEGETATION

I - TEST EN VASES DE VEGETATION

Les résultats observés en milieu réel, ont permis de constater que le burkinaphosphate présente un intérêt certain pour la riziculture et pour les deux types de sols étudiés. Il donne dans les cas, des rendements comparables au superphosphate et se montre quelques fois supérieur à ce dernier.

L'objet de cette étude complémentaire est d'évaluer en milieu contrôlé, la contribution réelle du burkinaphosphate dans la nutrition phosphatée de la plante test selon les deux types de sols.

I.1. Effet des phosphates sur la production de biomasse

Les résultats sur les productions de matières sèches obtenues après une période végétative de 45 Jours sont regroupés dans le tableau n° 11 et représentés par la figure 11.

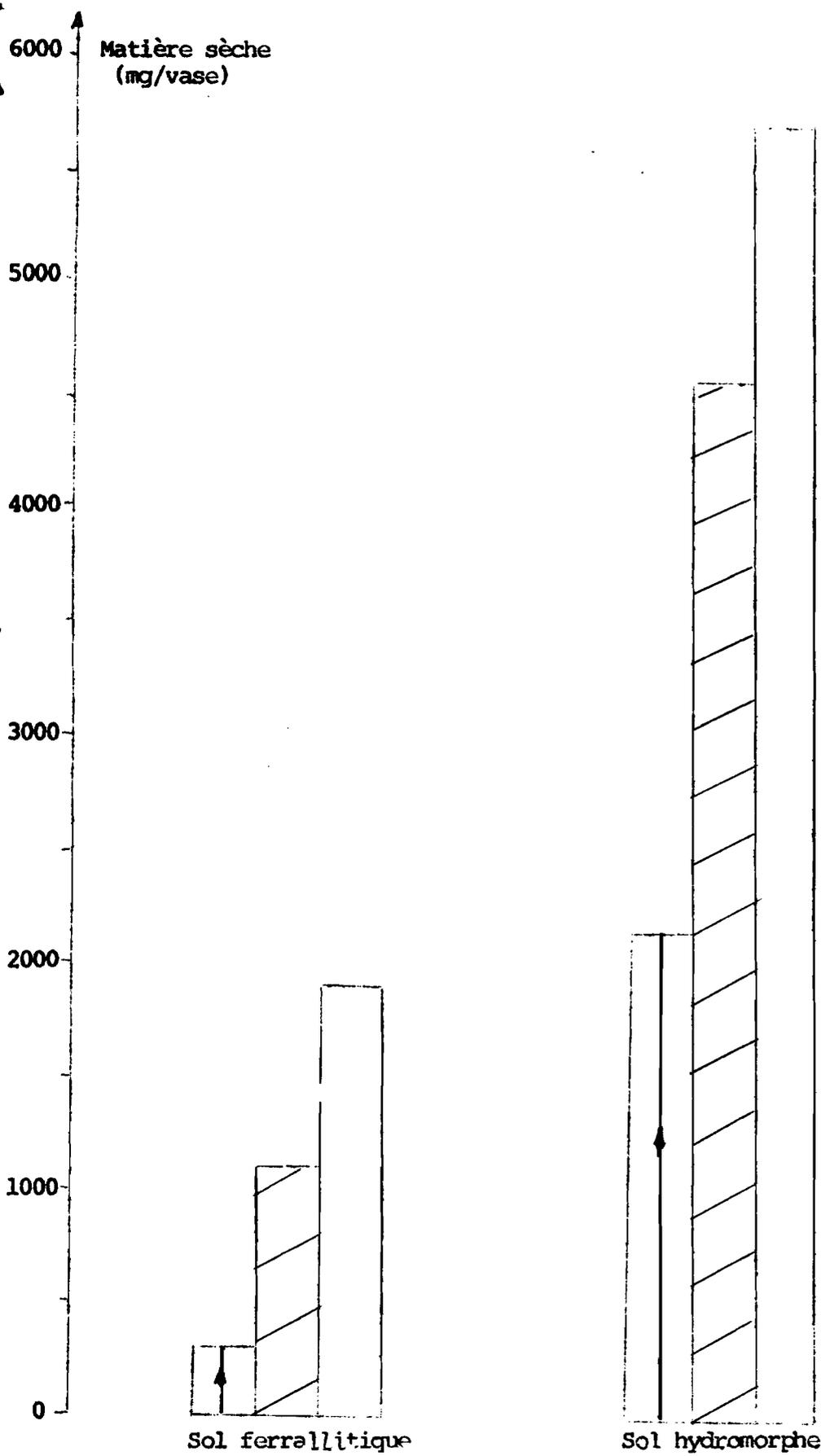
I.1.1. Sol ferrugineux hydromorphe

Le niveau de production de matières sèches sur le sol témoin est relativement élevé mais faible par rapport aux traitements ayant reçu les phosphates. L'effet des traitements est très significatif sur les résultats. Le burkinaphosphate a un effet très significatif par rapport au témoin sans phosphate mais il demeure moins efficace que le phosphate supertriple.

Tableau n° 11 : Effet des phosphates sur la production de matière sèche.

	Traitements	Matière sèche (mg/vase)
VALLEE	1 - Témoin sol	2310
DU	2 - B.P	4600
KOU	3 - TSP	5480
SOL	CV (%)	9,89
HYDRO-	Test F	H.S
MORPHE	Ppds à 5 %(Mg/vase)	740
FARAKO-BA	1 - Témoin sol	320
	2 - BP	1330
SOL	3 - TSP	1920
FAIBLEMENT		
FERRALITI-		
QUE	C.V (%)	19,8
	Test F.	H.S
	Ppds à 5 % (Mg/vase)	430

FIGURE 11: Effet des phosphates sur la production de biomasse (mg/vase)



Témoin



BP



TSP

I.1.2. Sol faiblement ferrallitique

Il y a un effet très remarquable des phosphates sur la production de matières sèches. Le niveau de production du témoin est très faible, ce qui explique l'extrême pauvreté de ce sol. Comme sur le sol hydromorphe, on note un effet très remarquable du burkinaphosphate même s'il produit moins de biomasse que le superphosphate triple.

I.2. Effet des phosphates sur la nutrition phosphatée

Les résultats sont consignés dans le tableau n°12 et schématisés par la figure 12.

Sur le sol ferrugineux hydromorphe, il n'y pas d'effet des phosphates sur la nutrition phosphatée.

Sur sol faiblement ferrallitique, par contre, il y a un effet très remarquable des phosphates sur la nutrition phosphatée de la plante. Le phosphore exporté sur le témoin est extrêmement faible, ce qui démontre la pauvreté de ce sol en phosphore. L'effet du burkinaphosphate est très remarquable et il contribue mieux que le TSP à l'alimentation phosphatée de la plante testée.

Tableau n° 12 : Effet des phosphates sur le phosphore exporté (en ppm)

Traitements		Phosphore exporté
<u>VALLEE DU</u>		
KOU	1 - Témoin sol	1858
SOL	2 - BP	1832
HYDRO-MORPHE	3 - TSP	1496
<u>FARAKO-BA</u>		
SOL	1 - Témoin sol	258
FAIBLEMENT	2 - BP	1780
FERRALITIQUE	3 - TSP	1264

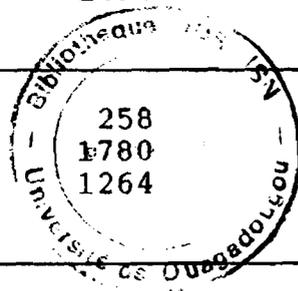
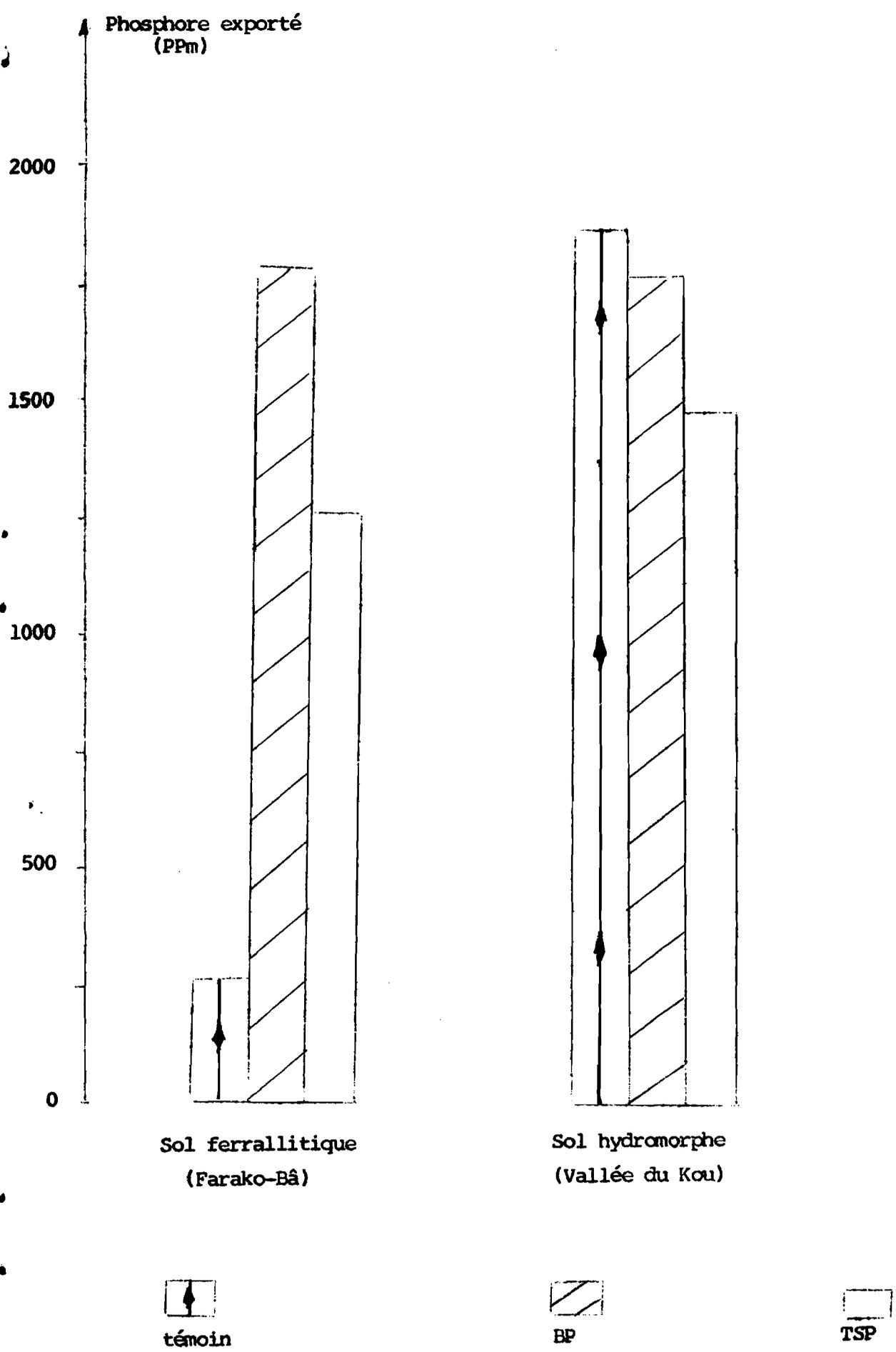


FIGURE 12 : Effet des traitements sur la nutrition phosphatée du riz
(en ppm)



I.3. Conclusion

Ces résultats confirment en partie les résultats des essais au champ. Il y a, comme le montrent les résultats sur la nutrition phosphatée, une solubilisation beaucoup plus rapide du burkinaphosphate sur sol faiblement ferrallitique plus acide que sur sol ferrugineux hydromorphe. Il y aurait probablement une fixation même temporaire (WILLET et al, 1978 ; KUO et al, 1979 ; (PERKINS et al (1955), HEMWALL, (1957 b) cités par VELAYUTHAM, 1980) par le sol ferrugineux hydromorphe plus argileux, si bien que la durée relativement courte de l'essai (45 jours) n'a pu permettre une expression des effets des phosphates apportés sur ce sol.

Cependant le phosphate de Kodjari s'est montré efficace sur ces sols acides tant sur la production de matières sèches que dans l'alimentation phosphatée de la plante test ; ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle, l'efficacité du phosphate naturel est liée à l'acidité des sols.

En définitive, bien que les analyses chimiques et minéralogiques (TRUONG B. et al, 1978 ; BIKIENGA, SEDOGO et OUATTARA, 1980), ne rangent pas le phosphate de Kodjari dans la catégorie des phosphates tendres, les études réalisées en serre sur le riz, Oriza sativa L, révèlent une efficacité intéressante.



CONCLUSION GENERALE

Les résultats des essais au champ ont montré que le burkinaphosphate est aussi efficace sinon plus efficace que le superphosphate triple en sol hydromorphe acide sur riz irrigué et en sol faiblement ferrallitique sur riz pluvial.

Cet effet bénéfique du burkinaphosphate sur le développement et l'alimentation phosphatée du riz sur ces sols acides a été vérifié et confirmé par les résultats des tests en vases de végétation.

On peut utiliser efficacement le phosphate naturel aux doses de 314 kg/ha sur riz pluvial et 250 kg/ha sur riz irrigué.

Sur ces deux types de sols, l'acidulation partielle du burkinaphosphate n'est pas nécessaire. Le phosphate acidulé ne donne pas de meilleurs rendements par rapport au phosphate brut.

Ces résultats offrent une perspective intéressante pour le burkinaphosphate. Ils ont un effet immédiat et directement remarquable dès la première année. L'exploitation de cette voie pour valoriser le burkinaphosphate révèle un double intérêt pour le pays.

L'utilisation du burkinaphosphate présente un intérêt agronomique certain pour l'agriculteur. S'il peut remplacer valablement les engrais importés, il permettra de réduire par son coût moins élevé, le coût des fumures au niveau du paysan et augmenter les capacités de financement du paysan.

Oùtre le phosphore, il apporte beaucoup d'autres éléments, tels que le calcium (34 %) qui peut à moyen et long terme améliorer beaucoup plus, la fertilité du sol.

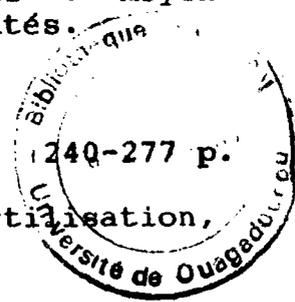
Il présente un intérêt économique tant pour le paysan (par son faible coût) que pour l'économie du pays. Le développement et la vulgarisation d'une fumure à base de burkinaphosphate aura le double avantage de contribuer à réduire les importations d'engrais, donc de limiter les sorties de devises tout en augmentant les capacités financières d'une structure nationale chargée de la production et de la commercialisation du produit.

Avec le développement des périmètres irrigués à l'heure actuelle, ces travaux méritent d'être poursuivis et complétés afin de proposer une fumure à base de burkinaphosphate qui contribuerait à accroître la production du riz à moindre coût. Il y a un potentiel énorme et l'opportunité est présente.

BIBLIOGRAPHIE

- AIEA : 1971 - Fertilisation du riz
Fert. Abst. 422 n° 352 : 1 - 177 p
- BADO (B.V) : 1985 - Amélioration de l'efficacité des phosphates naturels par l'utilisation des matières organiques.
Mémoire de fin d'études IDR Université Ouaga 107 p.
- BHATTACHARYKA (K) et al : 1978 - La croissance du riz influencé par le phosphore Indian J. Agric. Sci. 48,10 : 589 - 97 p.
- BIKIENGA (M.I) : 1980 - Utilisation des P.N de Kodjari pour la fabrication d'engrais phosphatés - Projet Phosphate 29 p.
- BIKIENGA (M.I), SEDOGO (M), OUATTARA (D) : 1980 - Utilisation des phosphates naturels de Haute-Volta.
Document INERA, 23 p.
- BLANCHET (R), BOSC (M), MAERTENS (C) : 1978 - L'Influence de l'état hydrique du sol sur l'alimentation phosphorique des plantes.
Phosphore et Agriculture n° 72 : 1-10 p.
- BUNASOL : 1985 - Etat de connaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso ; Documentation technique n° 1 ; 50 p.
- CALLOT (G), CHAMAYOU (H), MAERTENS (C), SALSAC (L) : 1983 - Les interactions sol-racine : incidence de la nutrition minérale.
INRA 133 - 190 p.
- CHIEN (S.H) : 1977 - Dissolution rates of phosphate Rocks. Soil Sciences, Vol. 41 : 656 - 657 p.
- CHIEN (S.H) : 1978 - Réactions of phosphate Rocks, Rhenania phosphate and superphosphate, with and acid soil.
Soil Sci. soc. Vol 42 : 705 - 708 p.
- CHOWDHURY (S.V) : 1978 - Effet des engrais phosphatés sur le rendement en riz.
Thaï. J. Agric. Sci 11,2 : 111 - 119 p.
- DABIN (B) : 1971 - Evolution des engrais phosphatés dans un sol ferrallitique dans un essai de longue durée.
Phosphore et Agriculture n° 58 : 1-14 p.
- DE DATTA (S.K) : 1981 - Principles and practices of rice production. A. Wiley Publication : 89 - 138 et 348 - 411 p.

- DE GEUS (J.C) : 1973 - Fertilizer guide for the tropics and subtropics.
Centre d'étude de l'azote, Bleicherweg 33, CH - 8002 ZURICH, 2è édition : 17 - 66 p.
- DEMOLON (A) : 1966 - Principes d'agronomie : Dynamique du sol.
Tome 1 édition DUNOD FRANCE 519 p.
- DENNIS (H.), DE DATTA (S.K) : 1981 - Rice fertilisation for optimum yields.
Agronomie tropicale II/1 - 11 p.
- DOMMERGUE (Y), MANGENOT (F) : 1970 - Ecologie microbienne du sol : Transformations microbiennes du phosphore.
Edition Masson 259 - 268 p.
- DUPONT DE DINECHIN (B) : 1967 - Observation sur l'intérêt des phosphates naturels pour la fumure des céréales en Haute-Volta.
Colloque sur la fertilité des sols tropicaux-Tananarive.
- FARDEAU (J.C), GUIRAUD (G) : 1971 - Mobilité de phosphore d'un sol ayant reçu du fumier pendant trente cinq ans.
Académie d'agriculture de France : 1598 - 1603 p.
- FENSTER (W.E), LEON (L.A) : 1978 - Utilisation of phosphate rock in tropical soils of Latin America
Seminar on phosphate Rock for direct Application 20 - 23 IFDC 174 - 191 p.
- FOSTER (H.L) : 1971 - Reponse des cultures au superphosphate simple dans des essais en vases effectués en Ouganda
Fert. Abst. 4,5 n° 861 : 202 - 206 p.
- FROSSARD (E), TRUONG (B), JACQUIN (F) : 1986 - Influence de l'apport des composés organiques sur l'absorption et la désorption des ions phosphatés en sol ferrallitique.
Agronomie tropicale 6 (6), 6 p.
- GAUCHER (G) : 1968 - Traité de pédologie agricole : le sol et ses caractéristiques agronomiques.
Edition DUNOD, 578 p.
- GIANINAZZI (X), PEARSON(Y) : 1986 - Les mycorhizes : moyen d'améliorer l'utilisation des engrais phosphatés.
Fertilisants et Agriculture n° 92 : 1 - 11 p.
- GRIST (D.H) : 1975 - RICE fith edition
Tropical Agriculture Series - Editor D.Rhind 240-277 p.
- GROS (A) : 1967 - Engrais : Guide pratique de la fertilisation,
4è édition - 163 - 187 p.



- GUINKO (S) : 1984 - Végétation de la Haute-Volta.
Thèse de doct. Es sciences naturelles - Université de
Bordeaux III. 318 p.
- HUSSAIN (A), KYUMA : 1970 - Caractéristiques de charge des
complexes organo-minéraux du sol et leur effet sur la
fixation du phosphore. Soil sciences plantes.
Nutrition 16,4 : 154 - 162 p.
- IRAT : 1969 - Rapport annuel : Dynamique de P à Madagascar.
Agronomie Tropicale XXVI, 1, : 183 - 4.
- JENNY (F) : 1965 - Etude pédologique des Stations de Saria et
Farako-Bâ. Haute-Volta 133 p.
- JENNY (F) : 1965 - Sols et problèmes de fertilité en Haute-
Volta Agron. Tropicale n°2.
- KHASAWNEH (F.E) et al : 1978 - Rock phosphate in soils
Adv agro. 30 : 159 - 206 p.
- KUO (S) et al : 1979 - Distribution de Fe et de P. dans les
profils de sols ennoyés ou non en relation avec
l'adjonction de P.
Soil sci. 127,1 : 18 - 25p.
- KURUP (K.R), RAMANKUTTY (N,N) : 1971 - Réponse du riz à
différentes formes d'engrais phosphatés et de chaux en
sol acide du KUTTANAD (Etat de Kérala)
Soils Fertil. n° 2515.
- MENON (R.G), CHIEN (S.H), HAMMOND (l.l) : 1988 - Comparison of
Bray I and Pi tests for evaluating plant-available
phosphorus from Soils treated with différent partially
acidulated phosphate rocks.
Plant and soil 114 : 211 - 216.
- MEY (P), SAYAG (D), ANDRE (L) : 1986 - Solubilisation de roches
phosphatées par voie chimique ou microbiologique.
Académie Agric France p 81 - 88
- MORANT (P) : 1985 - L'utilisation des phosphates naturels de
Kodjari et de la matière organique dans la fertilisation
des systèmes de culture au Burkina Faso. DEA 58 p.
- MOREL (C), FARDEAU (J.C) : 1987 - Le phosphore assimilable des
sols intertropicaux : ses relations avec le phosphore
extrait par deux méthodes chimiques Agron. trop. 42 - 4 :
248 - 257.

- OLSEN (S.R), BOWMAN (R.A), WATANABE (F.S) : 1977 - Comportement du phosphore dans le sol et interaction avec les autres éléments nutritifs.
Phosphore et Agriculture n° 70 : 35 - 51 p.
- PICHOT (J), TRUONG (B), BURDIN (S) : 1973 - Etude des effets résiduels du phosphore dans deux sols ferrallitiques par diverses méthodes analytiques (chimique et isotopique).
Agron. Trop. Vol XXVIII n° 2 : 147 - 155 p.
- PROJET PHOSPHATE : 1982 - Rapport de synthèse des résultats des essais et démonstrations. Haute-Volta 54 P.
- ROCHE (P), GRIERE (L), DABRE (D), CALBA (H), FALLAVIER (P) : 1980 - Le phosphore dans les sols intertropicaux : appréciation des niveaux de carence et des besoins en phosphore. IMPHOS - GERDAT France 31 p.
- ROESCH (M), PICHOT (J) : 1985 - Utilisation du phosphate naturel de TAHOUA en fumure de fond et en fumure d'entretien dans les sols sableux du Niger
Agro. Trop. 40-2 : 89 - 97 p.
- SEDOGO (P.M) : 1981 - Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (matière organique du sol et nutrition azotée des cultures).
Thèse Doct. Ingénieur - INPL, 195 P.
- SEDOGO (M.P), LOMPO (F) : 1986 - Utilisation des phosphates naturels du Burkina Faso dans l'optique d'une fertilisation phosphatée.
DOc IN.E.R.A., 50 p.
- SEDOGO (P.M), HIEN (V), LOMPO (F), BADO (B.V) : Rapports de synthèse fertilité - fertilisation : 1985 - 1986 - 1987.
Doc. INE.R.A.
- SOLTNER (D) : 1988 - Les bases de la production végétale. Tome 1
Le sol et son amélioration.
16è édition, sciences et techniques agricoles 464 p.
- TISDALE (S), NELSON (W) ; 1975 - Soil fertility and fertilizers
third ed. 189 - 235 p.
- TRUONG (B), PICHOT (J), BEUNARD (P) : 1978 - Caractérisation et comparaison des phosphates naturels tricalciques d'Afrique de l'Ouest en vue de leur utilisation directe en agriculture.
Agron. Trop. XXXIII - 2 : 136 - 145 p.

- TRUONG (B) : 1984 - Contraintes à l'utilisation des phosphates naturels. Mise au point d'engrais alternatifs. Agro. Top. 11-14 : 1 - 14
- VELAYUTHAM (M) : 1980 - Le problème de la fixation des phosphates par les minéraux et les colloïdes du sol. Phosphore et agriculture n° 77 : 1 - 7 p.
- VETTER (H) : 1977 - Importance pour la fertilité du sol de teneurs convenables en P. (Comment le niveau optimum de fertilisation phosphatée se modifie en fonction de différentes teneurs en phosphate des sols). Phosphore et agriculture n° 70 13 - 26 p.
- VLEK (P), MOKWUNYE (U) : 1985 - Management of nitrogen and phosphorus fertilizers in sub - saharian Africa. Martinus NIJHOFF publishers. 253 - 258 p.
- WILLET (I.R) et al : 1978 - L'effet de la culture du riz sur l'immobilisation de phosphore dans le sol. Exp Agric. 18,91 : 270 - 275 p.

ANNEXE 1

Tableau n°1 : Composition chimique moyenne du phosphate naturel de Kodjari (IFDC, 1984)

Humidité	0,89 %
<hr/>	
Analyse des matières sèches	Teneur en %
<hr/>	
Anhydride phosphorique	25,38
Oxyde de fer (Fe ₂ O ₃) soluble dans Hcl	3,42
Aluminium (Al ₂ O ₃) soluble dans Hcl	3,08
Chaux (CaO)	34,45
Anhydride carbonique (Co ₂)	1,00
Matière organique (C)	0,09
FLuor (F)	2,54
Oxyde de potassium (K ₂ O)	0,23
Matière silicieuse (SiO ₂)	26,24
Oxyde de sodium (Na ₂ O)	0,11
Soufre total (s)	0,04

Tableau n° 2 : Solubilité du phosphate naturel dans divers solvants.

Solvants	Solubilité (%)
Citrate AOAC	8,02
Acide citrique	24,55
Acide formique	48,48

Formule empirique selon Mc CLELLAN et LEHR (1972)
Ca 9,82, Na 0,12, Mg 0,04 (PO₄) 5,49 (CO₃) 0,51 F₂,20



ANNEXE 2

Principes d'amélioration des phosphates naturels par les traitements chimiques.

1°) - L'ACIDULATION PARTIELLE

Elle consiste en une attaque directe du phosphate par un acide minéral tel que l'acide sulfurique. Les quantités d'acides utilisées sont inférieures à celles requises pour la fabrication des superphosphates bien qu'obéissant à la méthode classique de fabrication industrielle des engrais phosphatés.

L'acidulation partielle des phosphates naturels est réalisée à différents niveaux (30 %, 50 %...) correspondant à la quantité d'acide nécessaire, comparativement à celle utilisée pour la fabrication des superphosphates.

2°) - ADJONCTION AU SOUFRE MINERAL

Ce procédé consiste à améliorer l'efficacité des phosphates naturels par addition de soufre minéral, après incorporation du mélange au sol. Dans les conditions favorables, le soufre est oxydé par certains micro-organismes du sol (thio-bactériales) et converti en acide sulfurique. Cet acide attaque le phosphate naturel et met le phosphore sous forme disponible à la plante. L'oxydation du soufre dans le sol, la synthèse d'acide sulfurique et la dissolution du phosphate brut, constituent en quelque sorte une production de superphosphate "in situ". De façon très simplifiée, le mécanisme est le suivant :

! Mélange phosphate naturel + Soufre minéral ; incorporer au sol!



!Oxydation du soufre par les micro-organismes du sol. Conversion !
!du soufre en acide sulfurique. !



! Acidification et dissolution du phosphate naturel par l'acide !
! sulfurique produit. !



! Formation de phosphates de calcium solubles et mise en !
! disponibilité de phosphate assimilable !

Selon l'expérience IFDC, le mélange phosphate naturel avec soufre minéral est réalisé selon le rapport

$$\frac{P}{S} = \frac{1}{0,66}$$

Principe : Calcul des fonctions de production

La fonction de production exprime une relation technique entre la quantité du produit et le niveau de facteur employé.

Soit : la fonction de production
 $y = aX^2 + bX + c$
 avec $y =$ rendement en kg/Ha
 $X =$ dose d'engrais apportée.

La relation économique qui en découle s'écrit : $RT = yPy$
 où $RT =$ revenu total
 $Py =$ le prix d'une unité du produit.

L'utilisation du facteur de production atteint un niveau optimum lorsque le revenu marginal (Rm) est égal au coût marginal (Cm) ; c'est-à-dire lorsque la dernière unité produite rapporte exactement ce qu'elle a coûté toutes choses étant égales par ailleurs :

$$\text{Or } Rm = (RT)' = YmPy = \frac{dRT}{dX} \quad (Ym = \frac{dy}{dx} \text{ productivité marginale})$$

$$Cm = \Delta x \quad Px \text{ or } \Delta x = 1 \implies Cm = Px \text{ (Prix du facteur de production).}$$

$$Rm = Cm$$

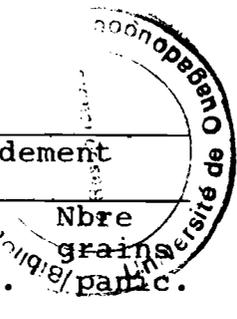
$$\text{d'où } x = \frac{1}{2a} \left(\frac{Px}{Py} - b \right)$$

ANNEXE 4

Tableau n° 1 : Résultats obtenus avec les phosphates appliqués
(saison humide 1988 sol ferrugineux
hydromorphe - Vallée du Kou).

RIZ - IR 4456

	Rendements			Composantes du rendement			
	Paddy kg/ha	Paille kg/ha	Poids 1000grs	Nbre panic./ ha(x000)	Nbre talles/ ha(x000)	Poids grains/ panic. g	Nbre grains/ panic.
1. Témoin sans engrais	3524	4239	26,3	1820	2340	1,9	72
2. Témoin NK	4975	5310	27,0	2460	3190	2,0	74
3. Burkinaphosphate 30kg P205/ha	5122	5444	27,5	2440	3040	2,1	76
4. Burkinaphosphate 60kg P205/ha	5131	6247	26,2	2630	3110	2,0	76
5. Burkinaphosphate 90kg P205/ha	4807	6381	26,3	2860	3570	1,7	65
6. Burkinaphosphate 120kg "	4519	5533	26,2	2270	2770	2,0	76
7. Burkinaphosphate 240kg "	5036	5578	27,0	2450	3030	2,1	78
8. " acidulé 60kg "	5157	5846	26,4	2260	2830	2,3	87
9. " acidulé 90kg "	4493	6247	26,9	2300	2840	2,0	74
10. Phosphate S.Triple 30kg "	4634	6024	27,3	2270	2550	2,0	73
11. " " 60kg "	4979	5533	27,6	2440	3520	2,0	72
12. " " 90kg "	4556	7318	27,9	2300	2960	2,0	72
C.V	6,0	17,7	4,1	-	-	-	-
Signification	H.S	N.S	N.S	-	-	-	-
Ppds à 5 %	406 kg/ha	-	-	-	-	-	-



ANNEXE 4 (suite)

Tableau n° 2 : Résultats obtenus avec les phosphates appliqués
(saison sèche 1989 sol ferrugineux
hydromorphe - Vallée du Kou).

RIZ - IR 4456

	Rendements			Composantes du rendement		
	Paddy kg/ha	Poids 1000grs	Nbre panic./ ha(x000)	Nbre talles/ ha(x000)	Poids grains /panic. g	Nbre grains
1. Témoin absolu	1175	20,4	1960	2320	0,60	29
2. Témoin NK	944	20,7	1980	3470	0,48	23
3. Burkinaphosphate 30kg P205/ha	1216	21,2	2070	3120	0,59	28
4. Burkinaphosphate 60kg P205/ha	1461	20,9	2430	3640	0,60	29
5. Burkinaphosphate 90kg P205/ha	1817	20,7	2300	2990	0,79	38
6. Burkinaphosphate 120kg "	1846	21,1	1860	3280	0,99	47
7. Burkinaphosphate 240kg "	1702	20,8	2030	3470	0,84	40
8. " acidulé 60kg "	1177	20,5	1900	3420	0,62	30
9. " acidulé 90kg "	1660	21,5	2020	3430	0,82	38
10. Phosphate S.triple 30kg "	1726	21,4	2140	3500	0,81	38
11. " " 60kg "	1390	21,9	2090	3680	0,67	31
12. " " 90kg "	1707	20,9	2640	3860	0,65	31
C.V	18,1	3,9	-	-	-	-
Signification	H.S	N.S	-	-	-	-
Ppds à 5 % (kg/ha)	628	-	-	-	-	-

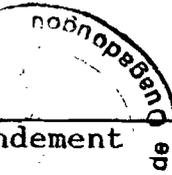
157

ANNEXE 4 (suite)

Tableau n° 3 : Résultats obtenus avec les phosphates appliqués
(saison humide 1989) (sol ferrugineux
hydromorphe - Vallée du Kou).

RIZ - IR 4456

	Rendements			Composantes du rendement		
	Paddy kg/ha	Poids 1000grs	Nbre panic./ ha(x000)	Nbre talles/ ha(x000)	Poids grains /panicle g	Nbre grains
1. Témoin absolu	581	23,4	1250	1800	0,46	20
2. Témoin NK	1020	23,1	1770	2230	0,58	25
3. Burkinaphosphate 30kg P205/ha	1023	22,7	2120	2240	0,48	21
4. Burkinaphosphate 60kg P205/ha	1214	23,6	2190	2310	0,55	23
5. Burkinaphosphate 90kg P205/ha	1133	22,8	2080	2230	0,54	24
6. Burkinaphosphate 120kg "	1240	22,9	1850	2380	0,67	29
7. Burkinaphosphate 240kg "	928	23,9	2040	2530	0,45	19
8. " acidulé 60kg "	1560	23,6	2030	2420	0,77	33
9. " acidulé 90kg "	1030	23,7	1730	2390	0,60	25
10. Phosphate S. triple 30kg "	1676	23,4	2030	2330	0,83	35
11. " " 60kg "	1389	23,7	2020	2240	0,69	29
12. " " 90kg "	1268	23,5	2090	2300	0,58	25
C.V	32	4.2	-	-	-	-
Signification	S	N.S	-	-	-	-
Ppds à 5 %	546	-	-	-	-	-



58-

ANNEXE 5

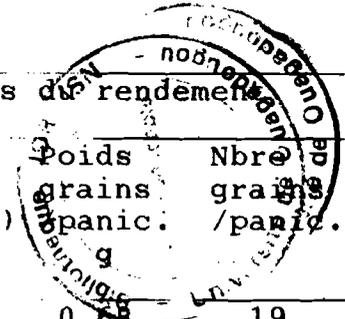
Tableau n°1 : Resultats obtenus sur sol faiblement ferrallitique acide avec les phosphates. (Saison humide 1988 FARAKO-BA)

	Rendements			Composantes du rendement			
	Paddy kg/ha	Paille kg/ha	Poids 1000grs	Nbre panic./ ha(x000)	Nbre talles/ ha(x000)	Poids grains /panic. g	Nbre grains /panic.
1. Témoin sans engrais	1311	1365	40,2	1540	1760	0,9	22
2. Témoin NK	2533	2635	40,3	2150	2230	1,2	30
3. Burkinaphosphate 30kg P205/ha	2735	2918	41,4	2080	2350	1,3	31
4. Burkinaphosphate 60kg P205/ha	3301	3024	41,8	1950	2410	1,7	41
5. Burkinaphosphate 90kg P205/ha	3014	3089	41,5	2260	2540	1,3	31
6. Burkinaphosphate 120kg "	2934	3183	40,8	2330	2600	1,3	32
7. Burkinaphosphate 240kg "	3409	2806	42,7	2070	2270	1,6	37
8. " acidulé 60kg "	3049	3206	42,1	2470	2940	1,2	29
9. " acidulé 90kg "	3318	3383	43,1	2310	2650	1,4	32
10. Phosphate S.triple 30kg "	2799	2736	41,6	2160	2230	1,3	31
11. " " 60kg "	3054	2845	42,7	2050	2300	1,5	35
12. " " 90kg "	3128	3700	41,4	2390	2680	1,3	31
C.V	10,1	12,8	2,4	-	-	-	-
Signification	H.S	H.S	H.S	-	-	-	-
Ppds à 5 %	419kg/ha	528kg/ha	1.4	-	-	-	-

ANNEXE 5 (suite)

Tableau n°1 : Resultats obtenus sur sol faiblement ferrallitique acide avec les phosphates. (Saison humide 1989 FARAKO-BA)

	Rendements			Composantes du rendement			
	Paddy kg/ha	Paille kg/ha	Poids 1000grs	Nbre panic./ ha(x000)	Nbre talles/ ha(x000)	Poids grains panic. g	Nbre grains /panic.
1. Témoin sans engrais	1240	2100	36,6	1820	2480	0,68	19
2. Témoin NK	1643	2818	37,0	2310	2550	0,71	19
3. Burkinaphosphate 30kg P205/ha	2269	3406	37,9	2480	3520	0,91	24
4. Burkinaphosphate 60kg P205/ha	2562	3526	38,9	2590	3360	0,99	25
5. Burkinaphosphate 90kg P205/ha	2387	3724	39,3	2220	3650	1,08	27
6. Burkinaphosphate 120kg "	1809	3553	37,7	2230	3610	0,81	21
7. Burkinaphosphate 240kg "	2198	3882	38,0	2750	3680	0,80	21
8. " acidulé 60kg "	2053	3788	39,1	2350	3430	0,87	22
9. " acidulé 90kg "	2444	4065	38,1	2520	3800	0,97	25
10. Phosphate S.triple 30kg "	2065	3562	36,6	2390	4030	0,86	23
11. " " 60kg "	1593	3431	35,9	2380	3890	0,67	19
12. " " 90kg "	2471	4359	39,1	2600	4270	0,95	24
C.V	22,3	10,3	4,6	13,0	7,6	-	-
Signification	H.S	H.S	N.S	S	H.S	-	-
Ppds à 5 %	660kg/ha	523kg/ha	-	44	39	-	-



160