AS 860077

Appréciation de la valeur fertilisante des phosphates de Matam (Sénégal)

TRUONG BINH (1), CISSE L. (2)

RÉSUMÉ — Vingt-sept échantillons de phosphates naturels provenant du gisement de Matam (nord-est du Sénégal) ont été étudiés du point de vue chimique, minéralogique, cristallographique et en vases de végétation sur trois types de sols du Sénégal. Les résultats montrent qu'il existe des différences importantes entre puits de prélèvement et entre horizons d'un même puits. Certains échantillons présentent des caractéristiques favorables à une utilisation directe en agriculture. Leur efficacité dépend aussi des réactions du sol, dont l'acidité semble jouer un rôle important.

Mots clés : Phosphate naturel, caractérisation chimique, caractérisation cristallographique, indice de solubilité, efficacité en vases de végétation, Sénégal.

Les premières études sur le phosphate naturel de la région de Matam — appelé, à l'époque, phosphate de Cive — ont été entreprises par BOUFFIL en 1937, mais elles n'ont pas eu de suite.

Il a fallu attendre les récentes prospections du BRGM, en 1980-1981, sur l'ensemble du site pour constater un regain d'intérêt en raison de l'importance des réserves et des possibilités d'exploitation. Il est donc important de participer aux travaux d'évaluation à un stade assez précoce pour caractériser le gisement, non pas sur un échantillon moyen, mais dans les différents puits et horizons, afin d'identifier éventuellement les poches les plus intéressantes pour une utilisation directe en agriculture.

La présente étude consiste en une caractérisation chimique et minéralogique de 27 échantillons et un essai en vases de végétation sur trois types de sols provenant des régions du Sénégal potentiellement utilisatrices de ces phosphates.

Parallèlement, des essais au champ ont été menés dans ces mêmes régions et les résultats feront l'objet d'un prochain article.

Matériels et méthodes

Les minerais

Les phosphates proviennent de différents horizons de dix puits constituant les croisements d'un maillage systématique (10 × 10 km) du gisement.

(1) IRAT-CIRAD, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex, France.

(2) Institut sénégalais de recherches agricoles, Centre national de recherches agricoles, Bambey, Sénégal.

L'échantillon moyen M21 est un mélange des cinq horizons du puits XXVIII.

Les sols

Trois types de sols ont été choisis pour leur représentativité des zones d'utilisation possible des phosphates naturels (tableau I), ce sont :

– Séfa, sol rouge de plateau de Casamance ;

– Missirah, sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions du Sénégal oriental ;

– Fanaye, sol vertique très argileux de la région du fleuve Sénégal.

Les méthodes d'étude

Les méthodes utilisées sont analogues à celles mises en œuvre pour les phosphates d'Afrique de l'Ouest (TRUONG BINH *et al.*, 1978 ; PICHOT *et al.*, 1979).

Tableau I Caractéristiques des sols utilisés.

Sols	Fanaye	Missirah	Séfa
Argile + limon (%)	56,3	12,2	15,4
Éléments organiques			
C total (‰)	4,92	3,73	4,36
N total (‰)	0,48	0,30	0,33
C/N	10	12	13
Complexe absorbant (en mé/100 g de sol)			
Ca	7,52	1,20	0,88
Mg	10,05	0,36	0,46
Na	0,91	0,02	0,01
K	0,24	0,08	0,06
Somme	18,72	1,66	1,41
CEC	17,82	1,61	1,42
Capacité maximum de rétention en eau (%)	50	36	37
pH eau	7,1	6,3	4,9
pH KCl	6,1	5,6	4,3
Phosphore			
P total (en ppm)	437	187	219
P assimilable Truog (en ppm)	4,2	13,4	11,8
P assimilable Olsen (en ppm)	32	33	28

Teneurs en phosphore

Elles sont déterminées selon les normes définies par l'AFNOR (1972) :

- P total par extraction perchlorique bouillant ;
- P soluble dans l'acide citrique à 2 % ;
- P soluble dans l'acide formique à 2 % ;
- P soluble dans le citrate neutre AOAC.

Composition chimique générale

- Détermination de K, Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Zn, Ni, Co sur extrait fluoroperchlorique et dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique ;
- Si, Fe, Al, par fluorescence X ;
- Cl après attaque nitrique, par électrode spécifique ;
- F après fusion alcaline, par électrode spécifique ;
- N après attaque sulfurique Kjeldahl ;
- C après combustion dans un courant d'oxygène, au four automatique Leco ;
- CO_3 au calcimètre Bernard ;
- S par iodométrie au four automatique Leco.

Analyse minéralogique

Les analyses minéralogiques qualitatives et quantitatives ont été effectuées par diffractométrie de rayons X sur des préparations de poudre non orientée par la méthode de l'étalon interne, ce qui permet d'évaluer les analyses par différence.

Les déterminations des paramètres *a* et *c* de la maille hexagonale sont effectuées par mesure des distances inter-réticulaires des familles de plans :

- (100), (200) et (300) pour *a* ;
- (002) et (004) pour *c*.

L'état de cristallinité du réseau de l'apatite suivant la direction de l'axe *c* a été mesuré par la largeur à mi-hauteur du pic de diffraction (002).

Ces analyses ont été effectuées en trois répétitions.

Ces mesures permettent, selon LEHR et McCLELLAN (1972), d'évaluer la teneur en phosphore des apatites et de calculer les indices de solubilité absolue.

Essais en vases de végétation

L'efficacité des phosphates est testée en petits vases de végétation contenant 150 g de sol tamisé à 2 mm. La plante test est l'*Agrostis* commun choisi pour sa sensibilité à la fertilité du sol, les faibles réserves de ses graines et son aptitude à repousser après les coupes successives des parties aériennes (TRUONG BINH et PICHOT, 1976).

Sur chaque type de sol, on compare 12 traitements :

- 10 phosphates naturels,
- le superphosphate triple TSP,
- un témoin sans phosphate,

selon un dispositif en blocs complets avec cinq répétitions.

Les phosphates, rebroyés et passés au tamis de 100 microns, sont apportés à la dose de 100 ppm de phosphore.

Pour déterminer les quantités de phosphore isotopiquement diluées (valeur L), on apporte au sol 100 microcuries de ^{32}P sous forme de H_3PO_4 et 20 ppm de P entraîneur sous forme de KH_2PO_4.

Une fumure uniforme N, K, Ca, Mg, S est incorporée au sol au moment de la préparation des vases et après chaque coupe.

Trois coupes sont réalisées, cinq, huit et onze semaines après le semis ; les feuilles récoltées sont séchées, pesées et analysées pour calculer :

- les exportations de phosphore ;
- la valeur L selon la formule :

$$L = {}^{32}P \text{ introduit } \frac{{}^{31}P \text{ plante}}{{}^{32}P \text{ plante}} - {}^{31}P \text{ entraîneur}$$

Pour la deuxième et la troisième coupe, on tient compte des quantités de ^{32}P et ^{31}P entraîneur exportées par les coupes précédentes (PROBERT, 1972) ;

- l'indice de prélèvement :

$$\frac{\text{Export. P (phosphate naturel)} - \text{Export. P (témoin)}}{\text{Export. P (TSP)} - \text{Export. P (témoin)}}$$

- l'indice de disponibilité :

$$\frac{\text{Valeur L (phosphate naturel)} - \text{Valeur L (témoin)}}{\text{Valeur L (TSP)} - \text{Valeur L (témoin)}}$$

Les deux indices sont exprimés en pourcentage par rapport à un engrais standard (PEASLEE *et al.*, 1962), par analogie avec l'indice d'efficacité agronomique relative ;

- le taux d'utilisation de l'engrais, qui est le pourcentage du phosphore exporté par rapport à la dose d'engrais apportée.

Résultats et discussion

Teneurs en phosphore

Les résultats rassemblés dans le tableau II représentent la moyenne de cinq répétitions. Le phosphore total est exprimé en pourcentage par rapport au minerai, et le phosphore soluble dans les divers réactifs en pourcentage du phosphore total.

Il y a des différences importantes entre les puits et entre horizons d'un même puits ; il est donc justifié d'étudier, dans un premier temps, les échantillons séparément.

Tableau II Phosphate de Matam.
Teneur en P total et solubilité dans divers réactifs.

Échantillons	Puits de prélèvement	Profondeur (en m)	P total (en % du minerai)	Citrate AOAC (en % du P total)	Acide citrique (en % du P total)	Acide formique (en % du P total)
M1	Ndouloum ND1	9,20 – 9,45	8,28	1,02	29,41	28,67
M2	ND2	9,45 – 9,55	11,79	0,83	25,62	26,01
M3	ND3	9,55 – 10,00	14,13	1,70	26,17	27,94
M4	ND4	10,25 – 10,75	12,30	1,19	25,87	28,50
M5	Ndiendouri PXIX	6,75 – 7,32	9,42	1,70	29,86	30,90
M6	PXIX	7,32 – 8,43	14,15	2,01	28,92	46,85
M7	PXIX	9,24 – 10,18	12,78	1,23	29,71	36,25
M8	PXIX	10,18 – 11,30	13,43	1,48	28,08	46,41
M9	Ouali-Diala PXXIV	6,00 – 6,60	14,37	1,50	24,72	37,37
M10	PXXIV	6,60 – 7,80	13,61	1,96	28,08	44,46
M11	PXXIV	7,80 – 8,90	12,23	2,75	31,53	47,56
M12	Ndiendouri PXXVIII	6,50 – 7,20	13,40	1,85	30,46	48,67
M13	PXXVIII	7,60 – 7,87	14,88	1,45	25,53	45,84
M14	PXXVIII	7,80 – 8,50	12,83	2,20	30,00	52,18
M15	PXXVIII	8,75 – 8,95	12,04	2,31	44,28	71,15
M16	PXXVIII	8,95 – 9,47	11,24	0,44	22,89	19,98
M17	Ndiendouri PXXIX	5,40 – 7,00	12,37	0,95	22,78	23,20
M18	PXXIX	7,20 – 7,90	12,40	0,98	22,42	21,82
M19	PXXIX	7,90 – 8,10	13,46	0,37	21,56	20,06
M20	PXXIX	8,85 – 9,10	12,91	2,13	29,13	44,95
M21	Échantillon moyen		12,82	2,15	29,86	46,58
M22	PXXXIII	9,30 – 10,50	14,69	1,55	25,29	41,37
M23	PXXXIII	13,20 – 14,30	13,31	0,70	28,58	50,68
M24	PXXXIII	14,30 – 14,60	14,39	2,56	33,00	52,25
M25	PQ5	9,30 – 9,80	9,15	1,39	28,04	27,99
M26	PQ5	9,80 – 10,60	14,52	1,04	19,81	19,47
M27	PQ5	10,60 – 13,20	12,53	0,95	23,86	26,56

Les distributions spatiales n'obéissent pas à des règles précises ; pour certains puits, les teneurs sont plus élevées en surface, et inversement pour d'autres.

Les teneurs en phosphore total s'échelonnent de 8 à 15 %, avec une moyenne de 12,71 % ; les échantillons M1 et M25 en sont les plus pauvres, comme pour le calcium.

Les trois réactifs, citrate neutre AOAC, acide citrique 2 % et acide formique 2 %, établissent des hiérarchies assez nettes.

L'acide formique donne les valeurs les plus élevées et se montre le plus discriminant. D'après les résultats antérieurs (TRUONG BINH *et al.*, 1978) et en se basant sur ce critère, on pourrait classer les échantillons en trois catégories ;

– de 19 à 23 %, phosphates durs : M26, 16, 19, 18, 17 ;
– de 26 à 37 %, phosphates moyens : M2, 27, 3, 25, 4, 1, 5, 7, 9 ;
– au-dessus de 41 %, phosphates tendres : M22, 10, 20, 13, 8, 21, 6, 11, 12, 23, 14, 24, 15.

Composition chimique

Le tableau III regroupe les résultats des analyses chimiques concernant les éléments autres que le phosphore.

Dans l'ensemble, les teneurs sont comparables à celles des autres phosphates tricalciques d'Afrique de l'Ouest.

Les teneurs en calcium sont assez homogènes, de 30 à 35 %, sauf pour les échantillons M1 et M25, qui ont une teneur plus faible (20 %). Inversement, on remarque que ces deux échantillons ont les pourcentages les plus élevés en fer et en silice.

Tableau III Composition chimique du mineral.

Éléments		Valeurs moyennes	Valeurs extrêmes
K	(%)	0,08	0,03 – 0,17
Ca	(%)	32,16	20,25 – 39,13
Mg	(%)	0,30	0,08 – 0,68
Na	(%)	0,15	0,06 – 0,37
Fe	(%)	1,19	0,20 – 3,21
Al	(%)	2,23	0,76 – 5,02
Si	(%)	5,57	2,98 – 12,22
C	(%)	0,80	0,39 – 1,36
CO_3	(%)	2,73	0,45 – 4,90
N	(‰)	0,09	0,05 – 0,22
S	(%)	0,14	0,05 – 0,37
F	(%)	1,8	1,80 – 2,90
Cl	(ppm)	214	80 – 670
Mn	(ppm)	643	47 – 3 438
Cu	(ppm)	16	9 – 25
Zn	(ppm)	80	35 – 130
Ni	(ppm)	109	35 – 166
Co	(ppm)	24	12 – 45

Teneurs en carbonates

Elles sont relativement importantes. Elles indiquent des degrés élevés de substitution CO_3/PO_4 dans les réseaux cristallins, ce qui est généralement interprété comme un signe de fragilité de ces réseaux, et par conséquent d'une plus grande solubilité. Le coefficient de corrélation entre les teneurs en carbonates et le phosphore soluble dans l'acide formique est de 0,78. Certaines teneurs (M14 = 4,9 ; M24 = 4,5) sont proches de celles des phosphates de Gafsa (5,1).

Enfin, ces échantillons ne comportent pas d'éléments atteignant des seuils de toxicité.

Étude minéralogique et cristallographique

Compte tenu du classement précédent et des difficultés de mise en œuvre technique, le nombre d'échantillons étudiés est ramené à dix, comprenant deux phosphates durs (M16, M17), quatre moyens (M1, M4, M5, M9) et quatre tendres (M8, M11, M12, M20).

Les résultats de l'analyse minéralogique sont présentés dans le tableau IV.

L'apatite est de loin le minéral principal, ce qui confirme la nature phosphatée des échantillons, mais les teneurs sont variables et ne recoupent pas toujours les teneurs en phosphore total.

La kaolinite et la sépiolite apparaissent mutuellement exclusives, ce qui suggère une différence d'origine pour l'alimentation en détritiques des aires de dépôt. À noter la présence discrète de calcite en M8. La phase amorphe apparaît généralement en proportion très faible.

Les résultats de l'étude cristallographique sont présentés dans le tableau V.

Tous les échantillons étudiés se caractérisent par une assez bonne cristallinité. Les valeurs des paramètres *a* et *c* de la maille hexagonale ont été reportées sur la figure 1, abaque documenté par les pôles des différents types

Tableau IV Composition minéralogique pondérale des échantillons.

Échantillons	Apatite	Quartz	Calcite	Kaolinite	Sépiolite	Smectite	Amorphe
M1	66	19	–	3,0	–	7,0	5
M4	82	2,7	–	3,1	–	8,3	4
M8	79	5,9	4,6	–	1,8	6,8	2
M5	67	13	–	1,3	–	11	7
M9	76	3,5	–	–	1,6	6,5	12
M11	78	13	–	–	2,6	5,2	1
M12	84	3,2	–	–	4,0	6,8	2
M16	70	5,5	–	3,4	–	4,5	16
M17	84	3,0	–	1,9	–	11	0
M20	81	6,7	–	–	3,9	7,0	1

La précision relative des dosages est de l'ordre de ± 5 %.

Tableau V Paramètres cristallographiques de la maille hexagonale des apatites et état de cristallinité exprimé par la largeur à mi-hauteur du pic (002).

Échantillons	Paramètres (Å)		État de cristallinité L 1/2 (002)
	a	*c*	
M1	9,373 ± 0,003	6,893 ± 0,001	2,2 ± 0,1
M4	9,345 ± 0,002	6,886 ± 0,001	2,1 ± 0,1
M8	9,328 ± 0,003	6,888 ± 0,001	2,4 ± 0,1
M5	9,346 ± 0,001	6,891 ± 0,001	2,2 ± 0,1
M9	9,339 ± 0,003	6,890 ± 0,001	2,2 ± 0,1
M11	9,359 ± 0,003	6,892 ± 0,001	2,2 ± 0,1
M12	9,333 ± 0,001	6,893 ± 0,001	2,5 ± 0,1
M16	9,352 ± 0,001	6,891 ± 0,001	2,0 ± 0,1
M17	9,349 ± 0,001	6,894 ± 0,002	2,3 ± 0,1
M20	9,332 ± 0,002	6,888 ± 0,001	2,2 ± 0,1

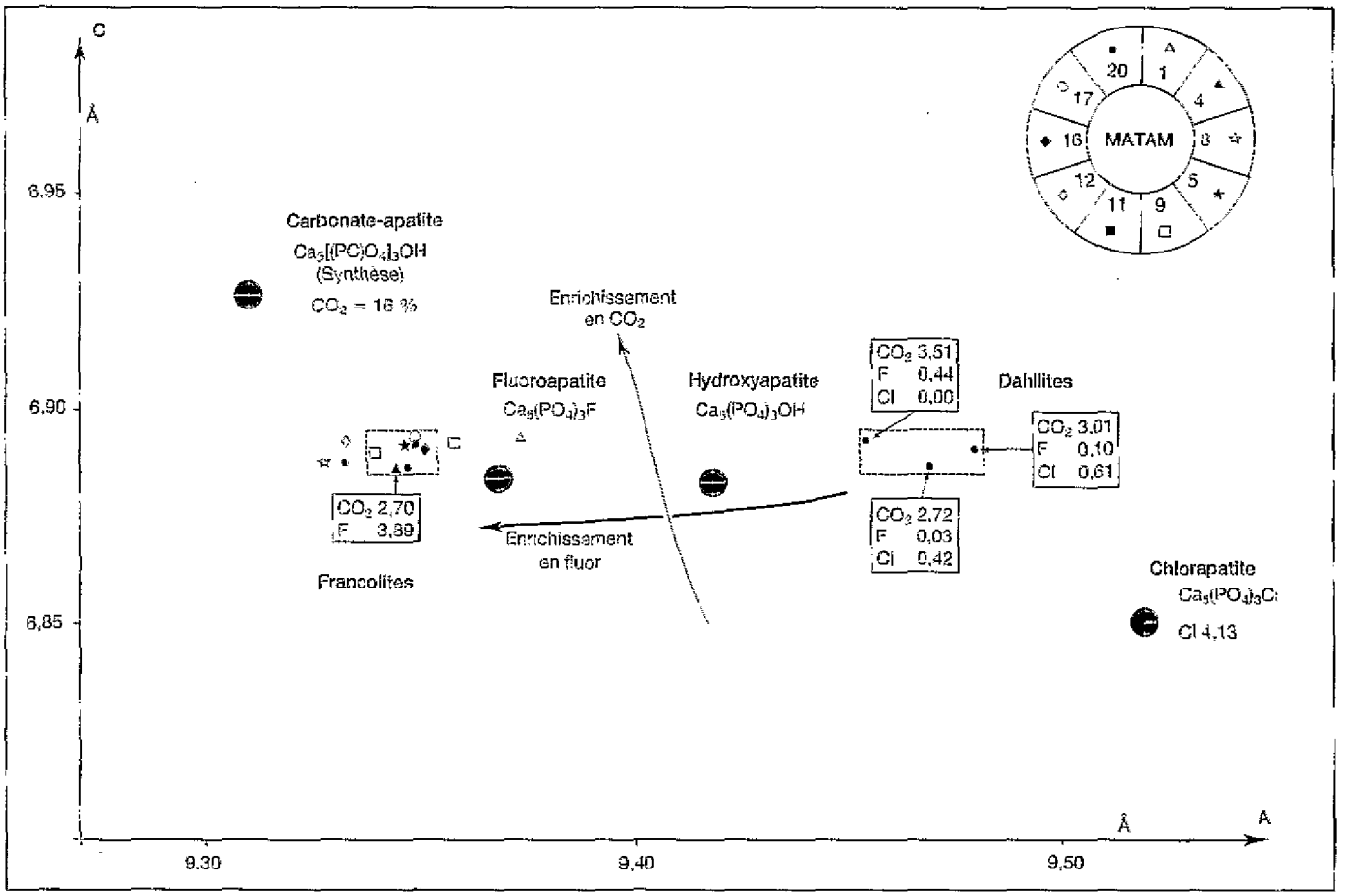

Figure 1 : Étude cristallographique des phosphates de Matam.

d'apatites, ainsi que quelques carbonate-apatites naturelles. Cette représentation montre que l'ensemble des échantillons se situe dans la zone des francolites et que M8, M12 et M20 sont les termes les plus substitués, confirmant ainsi les analyses du tableau III.

Les compositions des apatites, calculées selon la formule de LEHR et McCLELLAN (1972), sont reportées dans le tableau VI. Le tableau VII représente les indices de solubilité absolue, définis comme les rapports entre les pourcentages de phosphore soluble dans un réactif et la teneur en phosphore de l'apatite. De cette façon, on élimine les problèmes liés aux variations de teneur des minerais en apatite et les variations de teneur en phosphore des apatites.

Tableau VI Composition des apatites.

Échantillons	Formules empiriques						CO_3/PO_4	Teneur en P_2O_5
	Ca	Na	Mg	(PO_4)	(CO_3)	F		
M1	9,99	0,006	0,003	5,97	0,03	2,01	0,005	42,00
M4	9,74	0,19	0,07	5,25	0,75	2,29	0,142	37,99
M8	9,58	0,30	0,11	4,90	1,10	2,44	0,224	35,83
M5	9,75	0,18	0,07	5,28	0,72	2,29	0,136	38,10
M9	9,68	0,23	0,08	5,12	0,88	2,35	0,170	37,18
M11	9,86	0,10	0,03	5,59	0,41	2,16	0,074	39,89
M12	9,63	0,27	0,10	5,00	1,00	2,40	0,200	36,39
M16	9,80	0,14	0,05	5,42	0,58	2,23	0,107	38,93
M17	9,77	0,16	0,06	5,35	0,65	2,26	0,121	38,51
M20	9,62	0,27	0,10	4,98	1,02	2,40	0,205	36,31

On constate une assez bonne concordance entre les indices calculés à partir des analyses et ceux résultant de l'application des formules de LEHR et McCLELLAN, que le classement des échantillons en trois catégories est respecté, et que les échantillons M8, M12 et M20 viennent régulièrement en tête pour les critères les plus favorables : substitution CO_3/PO_4 et indices de solubilité.

Essais en vases de végétation

Pour des raisons de contrainte matérielle, le nombre d'échantillons mis à l'étude est également limité à dix, et choisi selon les mêmes critères que précédemment, mais en incluant l'échantillon moyen M21 qui est utilisé pour les essais au champ.

Les résultats sont reportés dans les tableaux VIII, IX et X. À cause des accidents de végétation, la troisième coupe sur le sol de Fanaye a été éliminée.

Phosphore isotopiquement diluable

Les valeurs L des différentes coupes sont assez analogues ; on a retenu celles de la deuxième coupe en raison de leur faible variation.

Le superphosphate triple provoque des augmentations des valeurs L de 98 à 110 ppm ; pratiquement tout le phosphore apporté participe au pool des ions isotopiquement diluables.

L'action des phosphates naturels est sensible dans les trois sols. Leurs valeurs L sont significativement supérieures à celle du témoin, mais les différences entre phosphates sont également importantes : les augmentations des valeurs L des échantillons M24, M8, M20 sont de deux à trois fois supérieures à celles des échantillons M16 et M17.

Les indices de disponibilité sont assez élevés pour les meilleurs échantillons ; ils varient entre 50 et 60 % par rapport au superphosphate triple.

Tableau VII Indices de solubilité absolue en % du P_2O_5 de l'apatite.

Échantillons	Indices calculés selon les formules de Lehr et McClellan			Indices calculés à partir des analyses		
	Citrate AOAC	Acide citrique 2 %	Acide formique 2 %	Citrate AOAC	Acide citrique 2 %	Acide formique 2%
M1	0,80	3,05	3,27	0,50	13,26	12,95
M4	10,10	20,16	33,82	0,90	19,18	21,13
M8	17,26	30,55	52,36	1,30	24,08	39,82
M5	9,68	19,55	32,73	1,00	16,90	17,50
M9	12,63	23,82	40,36	1,30	21,86	33,08
M11	4,21	11,60	18,54	1,90	22,13	33,39
M12	15,15	27,49	46,91	1,60	25,69	41,05
M16	7,15	15,88	26,18	0,30	15,12	13,28
M17	9,42	17,71	29,45	0,70	16,74	17,06
M20	15,57	28,10	48,00	1,70	23,71	36,60

Tableau VIII Comportement des phosphates de Matam dans le sol de Séfa, en vases de végétation.

Traitements	Valeurs L		Exportations de phosphore			
	En ppm de P	Indice de disponibilité (%)	1re coupe (en µg)	Somme 3 coupes (en µg)	Indice de prélèvement (%)	Taux d'utilisation des engrais (%)
TSP	150 *a*	100	1 742	3 054 *a*	100	12,9
M20	113 *bc*	61	1 128	2 293 *b*	54	7,1
M8	121 *b*	69	1 063	2 159 *b*	51	6,5
M24	109 *c*	58	1 067	2 020 *bc*	44	5,6
M12	107 *c*	56	930	1 893 *cd*	37	4,8
M9	102 *cd*	51	768	1 835 *cd*	34	4,2
M4	68 *e*	16	685	1 685 *de*	26	2,5
M21	93 *d*	41	775	1 670 *de*	25	3,3
M25	67 *e*	14	645	1 590 *ef*	20	2,3
M17	62 *e*	10	530	1 442 *fg*	12	1,3
M16	59 *f*	7	455	1 383 *fg*	9	1,0
Témoin	52 *f*		402	1 214 *g*		
CV (%)	8,2		14,5	9,3		
ETM	± 3,3		± 56,4	± 76,7		

Les résultats affectés de la même lettre ne sont pas différents à p = 0,01, selon le test de Duncan.

Tableau IX Comportement des phosphates de Matam dans le sol de Missirah, en vases de végétation.

Traitements	Valeurs L		Exportations de phosphore			
	En ppm de P	Indice de disponibilité (%)	1re coupe (en µg)	Somme 3 coupes (en µg)	Indice de prélèvement (%)	Taux d'utilisation des engrais (%)
TSP	156 *a*	100	2 524	4 489 *a*	100	23,2
M24	112 *b*	58	772	1 627 *b*	18	4,3
M21	102 *c*	48	751	1 504 *bc*	15	3,4
M12	90 *d*	36	643	1 427 *cd*	13	3,1
M20	90 *d*	36	661	1 359 *cde*	11	2,7
M4	80 *e*	27	645	1 335 *cde*	10	2,3
M8	98 *cd*	43	617	1 324 *de*	10	2,5
M17	71 *ef*	19	616	1 300 *de*	9	2,0
M25	76 *ef*	22	651	1 276 *de*	9	2,0
M9	75 *ef*	21	526	1 199 *ef*	6	1,5
M16	69 *f*	17	534	1 100 *fg*	4	0,9
Témoin	51 *g*		515	974 *g*		
CV (%)	7,7		10,0	7,1		
ETM	± 3,0		± 35,3	± 50,4		

Les résultats affectés de la même lettre ne sont pas différents à p = 0,01, selon le test de Duncan.

Tableau X Comportement des phosphates de Matam dans le sol de Fanaye, en vases de végétation.

Traitements	Valeurs L		Exportations de phosphore			
	En ppm de P	Indice de disponibilité (%)	1re coupe (en µg)	Somme 3 coupes (en µg)	Indice de prélèvement (%)	Taux d'utilisation des engrais (%)
TSP	169 *a*	100	1 009	1 739 *a*	100	7,5
M24	120 *c*	55	693	1 173 *b*	46	3,2
M8	130 *b*	64	600	1 091 *bc*	38	3,0
M20	122 *bc*	57	641	1 086 *bc*	38	2,8
M21	125 *bc*	60	593	992 *cd*	29	2,3
M12	93 *de*	31	553	978 *cd*	27	1,7
M9	95 *de*	33	563	945 *d*	24	1,6
M4	99 *d*	36	454	920 *de*	22	1,8
M25	87 *ef*	25	520	871 *ef*	17	1,3
M17	82 *f*	21	490	815 *ef*	12	1,0
M16	78 *f*	18	502	791 *fg*	10	0,7
Témoin	59 *g*		424	692 *g*		
CV (%)	6,0		10,1	8,3		
ETM	± 2,8		± 26,6	± 37,7		

Les résultats affectés de la même lettre ne sont pas différents à p = 0,01, selon le test de Duncan.

Exportation de phosphore

On a retenu les résultats de la première coupe, qui reflètent l'efficacité immédiate des phosphates, et ceux fournis par la somme des coupes, qui peuvent donner des indications sur les possibilités à moyen terme.

La comparaison des exportations entre les traitements témoins et TSP dans les différents sols permet d'apprécier la gravité de la carence en phosphore et l'efficacité du phosphate soluble pour la corriger. Le TSP est nettement plus efficace dans les sols de Séfa et de Missirah que dans celui de Fanaye, vraisemblablement à cause du fort pouvoir fixateur, lié à l'importance de la fraction argileuse, de ce dernier.

On constate que tous les phosphates naturels ont une action sur les exportations de phosphore dès la première coupe, et que cette action reste stable tout au long des coupes. Leur efficacité est plus nette dans le sol de Séfa, relativement plus acide.

Les classements des phosphates sont concordants dans les sols de Séfa et de Fanaye et peu différents dans celui de Missirah. Dans ce dernier, les coefficients de prélèvement sont assez faibles et peu discriminants. Dans l'ensemble, viennent en tête les échantillons M24, M20, M8 et en queue les échantillons M17 et M16, ce qui confirme les résultats de caractérisation chimique et de valeur L.

Les taux d'utilisation, calculés à partir des exportations de phosphore provenant de l'engrais, montrent que les phosphates sont généralement peu utilisés : ils établissent malgré tout une hiérarchie assez nette entre les phosphates.

Conclusion

Les échantillons de phosphates étudiés sont tous de nature apatitique, relativement pure ; mais, examinés dans l'optique d'une utilisation directe en agriculture, ils ont des degrés de solubilité et d'assimilabilité très variables. Leur comportement dépend d'abord des caractéristiques intrinsèques et ensuite des réactions du sol, dont l'acidité semble jouer un rôle important.

L'ensemble des paramètres utilisés permet un classement cohérent des échantillons : les meilleurs sont M24, M8, M20, M21, M12, les moyens M9, M4, M25, et les durs M16, M17.

Il est donc souhaitable que l'on exploite préférentiellement les horizons les meilleurs, dans le sens agricole, pour une utilisation directe.

Reçu le 5 juillet 1983.
Accepté le 24 septembre 1985.

Références bibliographiques

ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION (AFNOR), 1982. Recueil de normes françaises des matières fertilisantes et rapports de culture. Paris, AFNOR, 409 p.

BOUFFIL F., 1944. Quinze ans d'essais d'engrais et d'amendements sur l'arachide. Bambey, CRA, 86 p.

LEHR J.R., McCLELLAN G.H., 1972. A revised laboratory reactivity scale for evaluating phosphate rocks for direct applications. Muscle Shoals, Alabama, National Fertilizer Development Center, Tennessee Valley Authority, 36 p. (Bull. Y 43).

PEASLEE D.E., ANDERSON C.A., BURNS G.R., BLACK C.A., 1962. Estimation of relative value of phosphate rock and superphosphate to plants on different soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 26 : 566-571.

PICHOT J., TRUONG B., BEUNARD P., 1979. L'action des phosphates naturels d'Afrique de l'Ouest sur l'absorption du phosphore par l'*Agrostis* et sur le phosphore isotopiquement diluable (valeur L) dans cinq sols tropicaux. *In* : Symposium « Isotopes and radiations in research on soil-plant relationships », FAO-IAEA, Colombo, Sri-Lanka, 11-15 December 1978, p. 463-477, Vienna, IAEA.

PROBERT M.E., 1972. The dependance of isotopically exchangeable phosphate (L value) on phosphate uptake. Plant and Soil, 36 : 141-148.

TRUONG BINH, PICHOT J., 1976. Influence du phosphore des graines de la plante test sur la détermination du phosphore isotopiquement diluable (valeur L). L'Agron. Trop., 31 (4) : 379-386.

TRUONG BINH, 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. L'Agron. Trop., 33 (2) : 136-145.

Summary

TRUONG BINH, CISSE L. – **Evaluation of the fertilizer value of Matam phosphates (Senegal).**

Twenty seven samples of rock phosphate from the Matam deposit (North-East Senegal) were studied on three soil types from Senegal from a chemical, mineralogical, crystallographical point of view and in pots.

Results show important differences between the sampling pits and the horizons of the same pit.

Some samples show characteristics favourable to a direct use in agriculture. Their performance depends also on the responsiveness of the soil in which acidity seems to play an important part.

Key words : Rock phosphate, chemical characters, crystallographical characters, solubility index, performance in pots, Senegal.

Resumen

TRUONG BINH, CISSE L. – **Estimación del valor fertilizante de los fosfatos de Matam (Senegal).**

Se han estudiado, desde el punto de vista químico, mineralógico, cristalográfico y en macetas con tres tipos de suelos del Senegal, veintisiete muestras de fosfatos naturales procedentes del yacimiento de Matam (nordeste del Senegal).

Los resultados demuestran que existen diferencias considerables entre los pozos de extracción y entre los horizontes de un mismo pozo. Algunas muestras poseen características favorables para una utilización directa en agricultura. Su eficacia depende también de las reacciones del suelo, cuya acidez parece desempeñar un importante papel.

Palabras-clave : Fosfato natural, caracterización química, caracterización cristalográfica, índice de solubilidad, eficacia en macetas, Senegal.