

## ETUDES PHYSICO – CHIMIQUES DU PHOSPHATE MARCHAND DE TAHOUA (NIGER)

Ibrahim NATATOU<sup>1\*</sup>, Mamane ALMOU<sup>1</sup>, Zanguina ADAMOU<sup>1</sup>,  
Khalid IKHIRI<sup>1</sup>, Anne BOOS<sup>2</sup>, Michel BURGARD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Abdou Moumouni. BP 10662 Niamey – Niger

<sup>2</sup>Ecole Européenne de chimie polymère et matériaux (ECPM), 25 Rue Becquerel, F –  
67087 Strasbourg cedex 2

(Reçu le 27-04-2004 – Accepté le 10-10-2004)

---

*Summary : The Tahoua market phosphate is a pulverulent product for agricultural use. It is produced by a crushing – grinding unit installed at Tahoua. The studied sample specific area, porous volume and density are respectively : 36,23 m<sup>2</sup>/g, 0,057 cm<sup>3</sup>/g et 2,97 cm<sup>3</sup>/g. The thermic behaviour of product reveals a loss mass lower than 3 % at 900°C.*

*The quantitative and qualitative analyses methods ( MEB, ATD – ATG, IR, RX ) allowed to elucidate the product structure and some physicochemical properties. The phosphate product preserves the apatite structure like in original ore.*

*Key Words : phosphate, characterization, processing.*

---

### I - INTRODUCTION

Le Niger, à l'image des pays sahéliens, est confronté à une forte dégradation de son potentiel productif du fait de sa situation climatique défavorable. L'érosion éolienne, hydrique, la pression foncière, conséquence de l'accroissement démographique, et tant d'autres facteurs ont précipité les capacités des surfaces agricoles vers un appauvrissement tel que le niveau relativement bas de la fertilité du

---

\* Auteur de correspondance

sol est devenu, au même titre que la pluviométrie, un facteur limitant de la production agricole. De nombreux travaux ont montré que la carence en phosphore est un facteur limitatif de la fertilité des sols tropicaux<sup>[2,3,4]</sup> comme ceux du Niger où paradoxalement l'écoulement du phosphate marchand est encore difficile<sup>[5]</sup>.

Ce fait s'explique par les raisons suivantes :

- la forme pulvérulente (à la production) du produit rend son épandage difficile ;

- le rendement ne soutient pas la comparaison face aux produits conventionnels à base de phosphore.

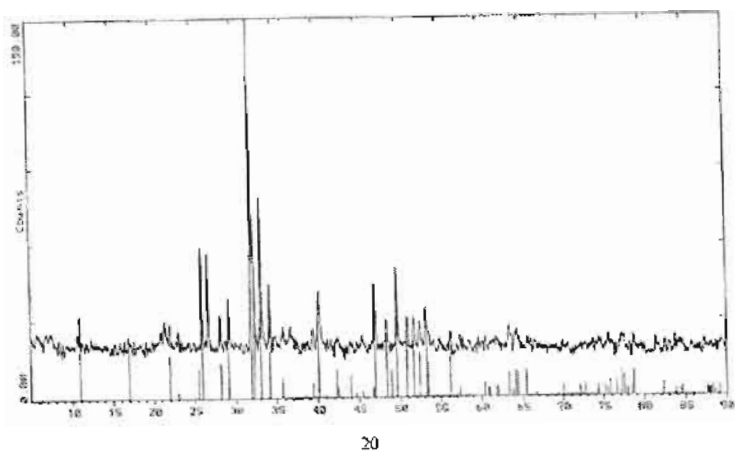
Ce dernier point appelle l'étude approfondie menée dans ce travail pour préciser les caractéristiques physico-chimiques du phosphore au moment de son assimilation par les plantes.

## II - CARACTERISATION DU PHOSPHATE MARCHAND

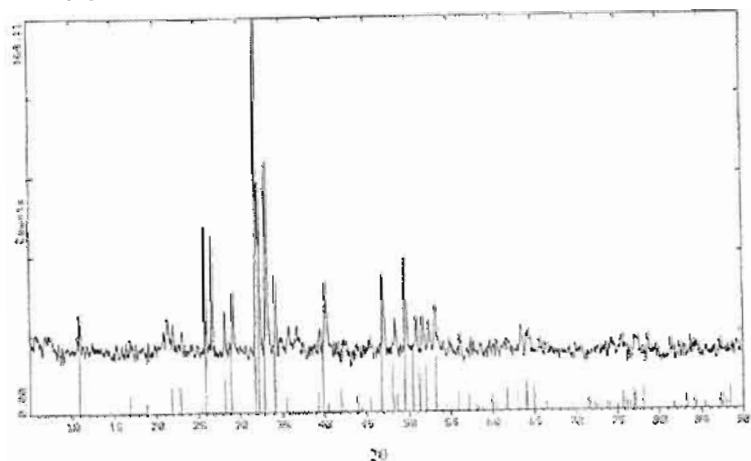
### 1) Analyse par diffraction des rayons X

L'analyse par diffraction des rayons X est effectuée sur appareil de marque X-ray Diffractometer D5000 prototype de SIEMENS. Elle montre que la structure du produit phosphaté est apatitique. Les positions théoriques des raies de diffraction de la fluorapatite et de l'hydroxyapatite sont portées respectivement en abscisse à la figure 1 et 2. La longueur d'onde de l'anticathode est celle du rayonnement  $K\alpha_1$  du cuivre.

**FIGURE 1** : *Diffractogramme RX du phosphate marchand. Pic de diffraction de la fluorapatite*



**FIGURE 2** : *Diffractogramme RX du phosphate marchand. Pic de diffraction de l'hydroxyapatite*



## 2) Spectrométrie Infra Rouge (IR)

L'analyse par spectrométrie Infra Rouge a été effectuée au moyen d'un spectromètre "universal ATR (Attenuated Total Reflectance) sampling accessory" prototype de PERKIN ELMER. Elle met en évidence plusieurs bandes en particulier celles attribuables aux ions phosphates (Figure 3). On rencontre les mêmes bandes relatives aux ions phosphates dans le spectre du phosphate tricalcique ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) (figure 4). La position, l'intensité et l'identification des bandes sont répertoriées dans le tableau I. Le spectre Infra-Rouge ne présentant pas les bandes caractéristiques des ions hydroxyles ( $3560 \text{ cm}^{-1}$ ) permet d'affirmer que l'on est en présence de la fluorapatite<sup>[6, 7, 8]</sup>.

**TABLEAU I:** Position et identification des bandes observées en IR

Position en $\text{cm}^{-1}$ et intensité de bandes	Identification des bandes
564,08 (forte) - 601,23 (forte)	Ions phosphates
865,32 (faible)	Apatites carbonatées
1928,58(très forte) – 1093,66 (moyenne)	Ions phosphates
1428,79 (faible)	Apatites carbonatées

**FIGURE 3 :** Spectre Infra Rouge du phosphate marchand

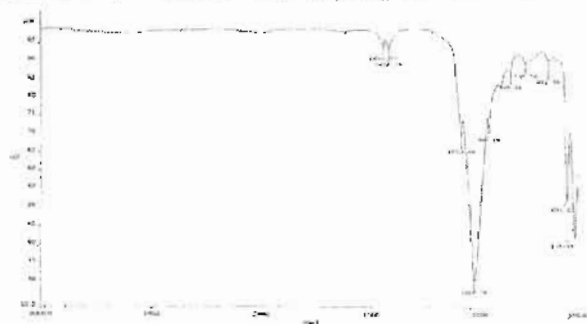


FIGURE 4 : Spectre Infra Rouge du phosphate tricalcique



### 3) composition chimique

L'analyse élémentaire est effectuée à l'aide d'un spectromètre varian liberty 220 ICP / AES. Les résultats de l'analyse sont rapportés dans le tableau II. Le rapport  $\text{CaO} / \text{P}_2\text{O}_5 = 1,82$  montre que le calcium provient majoritairement de la structure apatitique et non d'autres minéraux calciques (dolomite, calcite...). La richesse d'un phosphate naturel est toujours exprimée en % BPL " Bone Phosphate of Lime" ( $\% \text{P}_2\text{O}_5 = 0,4576 \times \% \text{BPL}$ ) qui représente la teneur en phosphate tricalcique ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ). Avec un pourcentage BPL de 61,15 %, le phosphate marchand de Tahoua est d'une valeur agronomique certaine. La masse ferrale ( $\% \text{Fe}_2\text{O}_3 + \% \text{Al}_2\text{O}_3$ ) de 9,57 % laisse présager que la valorisation du produit par lixiviation acide n'est pas le procédé le plus approprié.

La faible teneur du minerai en métaux lourds (Plomb, Chrome, Cadmium) est une garantie de qualité du produit sur le plan environnemental et industriel pour la production de l'acide phosphorique. Cela est d'autant plus important que les agriculteurs Nigériens utilisent directement le minerai broyé comme apport en phosphore aux sols agricoles.

**TABLEAU II : Composition chimique du phosphate marchand**

Eléments majeurs	%	Eléments Traces	ppm
CaO	49,66	Ti	570,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	27,98	Nd	486,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,15	Sr	430,5
SiO <sub>2</sub>	7,80	Zn	160,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,42	As	57,22
Na <sub>2</sub> O	0,53	Cu	22,18
MgO	0,17	Ni	49,6
K <sub>2</sub> O	0,13	U	32,17
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,15	Ba	20,52
MnO	0,11	Cr	19,52
		Pb	7,96
		Cd	3,9

#### 4) Isothermes d'adsorption - désorption de l'azote.

Les isothermes d'adsorption - désorption de l'azote figure (5) ont été mesurés sur un appareil Thermofinnigan modèle sorptomatic 1990 à 77K. La méthode BET (Barrett - Emmett - Teller) figure (6) a été utilisée pour déterminer la surface spécifique de l'échantillon préalablement dégazé sous vide à 60 °C pendant 15 heures. L'isotherme obtenu est de type II dans la classification IUPAC. L'isotherme est caractéristique d'un solide possédant des pores de diamètre supérieur à 50 nm et présente une boucle d'hystérésis de type H3 [ 9, 10,11].

La surface spécifique et le volume poreux de l'échantillon sont respectivement de 36,23 m<sup>2</sup>/g et de 0,057 cm<sup>3</sup>/g. Sur les figures 5 et 6, les points pleins matérialisent l'isotherme de désorption et les points vides l'isotherme d'adsorption. La densité du minerai est déterminée par la méthode du picnomètre. Elle est de 2,97 cm<sup>3</sup>/g et est de même

ordre de grandeur que celles des phosphates apatitiques rapportées dans la littérature<sup>[12]</sup>.

FIGURE 5 : Isothermes d'adsorption – désorption de la vapeur d'azote par le phosphate marchand

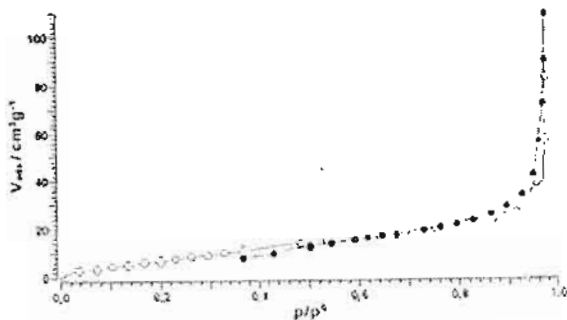
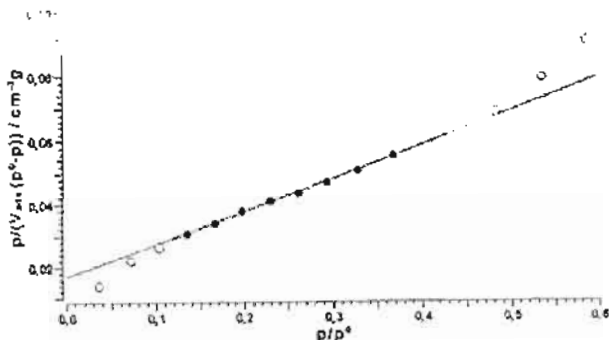


FIGURE 6 : B.E.T du phosphate marchand



### 5) Analyses thermiques

Des nombreux travaux sur les phosphates ont montré que lorsque ces produits sont soumis à des traitements thermiques on obtient

différentes pertes en masse. On observe le départ de l'eau de mouillage pour une température comprise entre la température ambiante et 150 °C. De 150°C à 500°C, la perte en masse correspond à la désorption de l'eau structurale et de la matière organique. Au delà de 500°C, la perte en masse correspond à un dégagement gazeux (H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>...) [12,13]. Le comportement thermique a été étudié par ATD et ATG afin de prévoir la température et les conditions de calcination nécessaire à l'obtention d'un rendement maximum.

L'analyse thermique différentielle figure (7 a) ne montre pas des variations significatives dans le domaine de température étudié (5 °C à 900 °C) mais présente deux pics endothermiques et une pente par rapport à l'horizontale à partir de 350 °C.

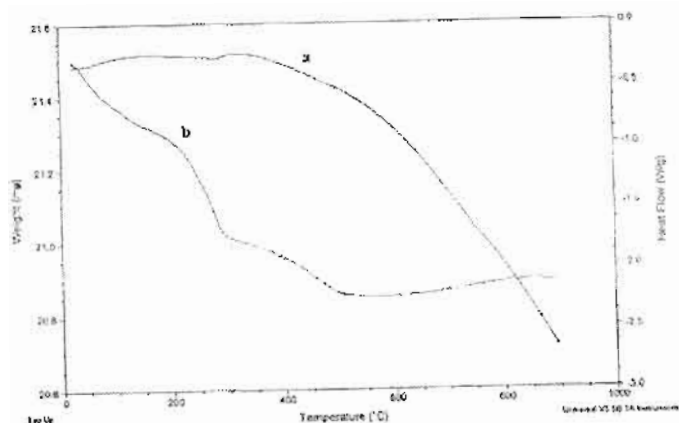
L'analyse thermogravimétrique figure (7 b) montre deux principales pertes en masse. La première perte en masse de 0,48 % se situant entre la température ambiante et 150 °C correspond au départ de l'eau de mouillage.

La seconde perte en masse de 1,45 % se situant entre 200 et 500 °C correspond à la désorption de l'eau structurale et de la matière organique.

Au delà de 500°C, on n'observe pas de variation caractéristique au dégagement gazeux. Cela traduit le fait que le produit est exsangue des matériaux carbonatés (calcite, dolomite...).



FIGURE7 : Thermogramme ATD – ATG du phosphate marchand de Tahoua



### III – CONCLUSION

Les différentes techniques d'analyse utilisées, dans cette étude, ont permis de caractériser le phosphate marchand de Tahoua sur le plan physique, chimique et structural. Le phosphore reste encore encapsulé dans la structure apatitique. Le faible rendement constaté par les agriculteurs nigériens lors de l'utilisation de ce produit comme engrais, comparativement aux engrais conventionnels à base de phosphore, est tout à fait normal. En effet, le phosphore est plus bio-disponible dans les engrais conventionnels que dans l'apatite qui est un assemblage compact des ions orthophosphates définissant deux chaînes où les cations sont localisés (sites cationiques ( $\text{Ca}^{2+}$ ), sites anioniques ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et les chaînes ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{OH}^-$ )). Il se pose alors un problème d'assimilation du phosphore par les plantes. Aussi, l'efficacité d'un phosphate naturel en application directe dépend non seulement de sa finesse de mouture et de l'acidité du sol mais aussi de ses caractéristiques chimiques et minéralogiques. Il faut alors trouver un

procédé d'enrichissement approprié rendant le phosphore plus assimilable (séparation densimétrique, cyclonage, séparation électromagnétique, calcination, flottation, lixiviation, agglomération par fusion partielle...) pour valoriser le produit sur le plan agricole.

*Remerciements :*

Nous remercions l'IRD (Institut de Recherche et de Développement), 213 Rue la Fayette, 75480, Paris Cedex 10, de nous avoir octroyé une bourse ESCD permettant la réalisation de ce travail.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] - J. GREIGERT, Recherche de phosphate dans la région de Tahoua, rapport Agence Canadienne pour le Développement International au Niger, 1970 – 1971.
- [2] - S. SALI, A. U MOKWUNYE, Management of nitrogen and phosphorus fertilizers in sub saharian Africa, , Fertility Research, P 58 – 82. 1985
- [3] - A BATIONO, A.U MOKWUNYE, Alleviating soil fertility constraints to increase crop production in West Africa, Fertility Research, 1991, 43, pp 95 – 115.
- [4] - A. BATIONO, F. LOMPO, Nutrient balance studies and available technologies to combat land degradation in Africa, Fertility Research, 1990.
- [5] - MALLAH HAMIDOU, rapport Office national de recherche minière (ONAREM), juin 1989.
- [6] - G. BONEL, Contribution à l'étude de la carbonatation des apatites, *Ann. Chim*, (1972), 7, pp 127 – 144.
- [7] - G. BONEL, Contribution à l'étude de la carbonatation des apatites, *Ann. Chim*, (1972), 7, pp 65 – 88.
- [8] - M. VIGNOLES, G. BONEL, G. BACQUET, Etude physicochimique des apatites carbonatées phosphocalciques semblables à la francolite ; *Bull. Min*, (1982), 105, 307 – 311.
- [9] - K.S.W. SING and all, *Pure and app Chem* ; (1985) ; vol 57, N° 4, PP 603 – 619.
- [10] - B.C LIPPENS, *J. catalysis* (1964) ; 3 ; 32
- [11] - G. HORVATH, K. KAWAZOE, *J. Chem.Eng. Japan*, (1983) 16, 6 470 – 475.

- [12] - M. BANCHANAA, Aspect thermodynamique du système eau – phosphates naturels, *Ann. Chim. Sci. Mat.*, (2000), 25, pp 663 – 678.
- [13] - N. BEZZI caractérisation physico-chimique du minerai de phosphate de Bled El Hadba-tebessa. *Ann Chim Sci Mat.*, (2001), 26 (6), pp 5 – 23.