

DEVELOPPEMENT OF CERAMICS SILICATES BASED CLAYS OF SENEGAL: PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS AND CONSOLIDATION

MARTHE TATIANA DIATTA^{1,2}, GISELE LAURE LECOMTE-NANA²,
DIOUMA KOBOR¹, OUMAR SOCK¹, PHILIPPE BLANCHART²,
DOROTHEE AZILINON³

¹ *Laboratoire de Chimie et Physique des Matériaux (LCPM), Université Assane SECK de Ziguinchor BP 523 - SENEGAL*

² *Laboratoire Science des Procédés Céramiques et Traitements de Surface (SPCTS, UMR CNRS 7315), Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle (ENSCI), Centre Européen de la Céramique – 12, rue Atlantis - 87068 Limoges Cedex – FRANCE*

³ *Laboratoire d'Energétique Appliquée (LEA), Ecole Supérieure Polytechnique de Dakar BP 5085 Dakar-Fann, SENEGAL*

Abstract: This study is devoted to exploring the possibility of using two clays in southern Senegal in the local ceramic industry. The chemical and mineralogical compositions; their density and specific surface area are used to classify them as Kaolino-illite clays or Kaolino-smectite. These phases are detected during the thermal analysis. The mechanical properties are low and adding an organic biopolymer increases the flexural strength from 28% to 1000 °C even if it does not reaches the standard bricks and tiles. Prospects are adding potassium and sodium fluxes to accentuate the densification and lower the cooking temperature.

Keywords: silicate ceramics, clay minerals, biopolymer, unidirectional pressing, consolidation.

1. INTRODUCTION

L'utilisation des minéraux argileux dans l'industrie de la céramique est tributaire de la connaissance de leurs propriétés physico-chimiques et technologiques. Leur importance dans cette industrie résulte de leurs propriétés plastiques et de la propriété que possède le produit façonné à garder sa forme. La complexité des transformations que subit le produit façonné, dépend de la composition chimique et minéralogique de la matière première, de la nature et de la teneur des impuretés présentes [1]. La température de cuisson des céramiques silicatées est généralement entre 900 °C et 1400 °C [1] [2]. Beaucoup de recherches sont faites pour réduire la température de frittage par l'ajout de fondants [3] [4], de matières organiques [4].

Dans l'objectif d'utiliser deux argiles prélevées au sud du Sénégal dans l'industrie céramique locale, elles ont subi des caractérisations chimiques (ICP et EDS), structurales (DRX, IR), thermiques (ATD/ATG, TMA) et physiques (résistance à la flexion et conductivité thermique) à l'état brut, à 1000 °C, 1100 °C, 1200 °C et 1300 °C sans et après ajout de polymère naturel. Ces argiles sont ensuite comparées à d'autres argiles commerciales ou non de pays africains et de la France, prises dans la littérature.

2. MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

Les deux matières premières proviennent du sud du Sénégal. Elles ont été respectivement étiquetées NM (argile rouge à l'état brut de Ziguinchor, Néma) et MN1 (argile grise claire à l'état brut de Tambacounda, MalèmeNiani).

2.1. Evaluation des paramètres physiques

2.1.1. Pycnomètre à hélium

Le pycnomètre à gaz d'hélium permet de déterminer de façon précise le volume d'un échantillon solide (massif, divisé ou poreux) de masse connue permettant d'accéder à sa masse volumique.

2.1.2. Surface spécifique par la méthode BET (Brunauer, Emmett et Teller)

La détermination de la surface spécifique a été faite avec des échantillons dégazés à 200 °C pendant une nuit jusqu'à une pression minimale de 50 mtorr. Le dispositif BET Tristar 3020 équipé du logiciel tristar II 3020 a été utilisé.

2.1.3. Porosité

La porosité (P) a été évaluée par calcul géométrique selon l'équation (1):

$$P = \frac{V_{pores}}{V_{app}} = 1 - \frac{m_{mat}}{\rho_{mat} \times V_{app}} \quad (1)$$

où V_{app} , m_{app} et ρ_{app} représentent respectivement le volume apparent, la masse apparente et la masse volumique apparente.

2.2. Les moyens de caractérisations structurales

2.2.1. Analyse chimique élémentaire

La composition chimique a été déterminée par spectrométrie d'émission atomique à plasma à couplage inductif (ICP-AES). Les argiles sont dissoutes dans une solution acceuse (100 ml) contenant de l'acide nitrique (2 ml) et de l'acide fluorhydrique (6 ml) sous une pression de 60 bars avec un pas de 0,8 bars/s, une rampe de 20 min, un palier de 30 min, une puissance de 900 W à la température de 240°C.

2.2.2. Diffraction des rayons X (DRX)

Un diffractomètre SIEMENS, d'un montage du système D5000 en géométrie Bragg-Brentano $\theta/2\theta$ a permis d'obtenir des diffractogrammes sur une plage angulaire (2θ) allant de 3° à 65° avec un pas de 0,02 degré pour un temps d'acquisition de 1h22min.

2.2.3. Microscopie électronique à balayage (MEB) et analyse dispersive (EDS)

Le microscope Cambridge S260 d'une capacité de résolution 5nm sous une tension d'accélération fixée à 15 kV a été utilisé pour évaluer la microstructure des échantillons et leur composition chimique par EDS.

2.2.4. Analyses thermiques différentielle et gravimétrique (ATD/ATG)

Les résultats ont été obtenus grâce à un dispositif Setsys 24 équipé d'un logiciel Setsoft 2000. Les analyses sont effectuées sous air sec avec une vitesse de montée à 5 °C/min jusqu'à la température maximale désirée sans palier et le refroidissement à la vitesse 20 °C/min.

2.2.5. Analyses dilatométriques

Le dilatomètre vertical SETARAM (TMA 92), équipé d'un logiciel Setsoft 2000 a été utilisé. Les rampes ont été faites sous air sec avec une vitesse de montée de 5 °C/min et 5 °C/min pour la descente sans palier.

2.3. Les propriétés d'usage

2.2.1. La conductivité thermique

La conductivité thermique a été déterminée par la méthode du Hot Disk à l'aide d'un analyseur Hot Disk TPS 1500 et d'une sonde Kapton 5465 (jusqu'à 180 °C, rayon 3,189 mm).

2.2.2. La résistance à la flexion

La résistance à la flexion trois points des échantillons a été obtenue grâce à une presse hydraulique EZ20.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Caractérisation des matières premières brutes

Les compositions chimiques élémentaires et minéralogiques données par le tableau 1 révèlent que nos argiles sont essentiellement constituées de kaolinite, de quartz, de montmorillonite, d'illite et de goethite, et leur composition chimique et minéralogique sont assez proches. Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ dévoile la présence de silice libre.

	Oxydes	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
Composition chimique (%)	NM	80,42	13,99	3,68	0,96	0,44	0,30	0,21	5,75
	MN1	81,43	14,64	1,25	1,12	0,56	0,67	0,33	5,56
Composition minéralogique (%)	NM	Kaolinite (42 ± 2 %), Quartz (40 ± 2 %), Montmorillonite (8 ± 2 %), Illite (4 ± 1 %), Goethite (6 ± 1 %)							
	MN1	Kaolinite (50 ± 2 %), Quartz (33 ± 2 %), Montmorillonite (9 ± 2 %), Illite (6,5 ± 1 %), Goethite (2 ± 1 %)							

Tableau 1. Composition chimique et minéralogique des argiles

La composition chimique a permis de comparer nos argiles avec d'autres matières argileuses présentes ou non dans l'industrie commerciale céramique dans certains pays africains et de la France grâce au diagramme simplifié d'Augustinik. Ce diagramme, donné à la figure.1, montre que nos argiles sont pauvres en oxydes alcalins et alcalino-terreux. Il faudra envisager un apport de composés fondants supplémentaires en vue d'une exploitation industrielle. Toute fois, nous avons caractérisé le comportement en température de ces argiles afin de mettre en évidence leurs spécificités.

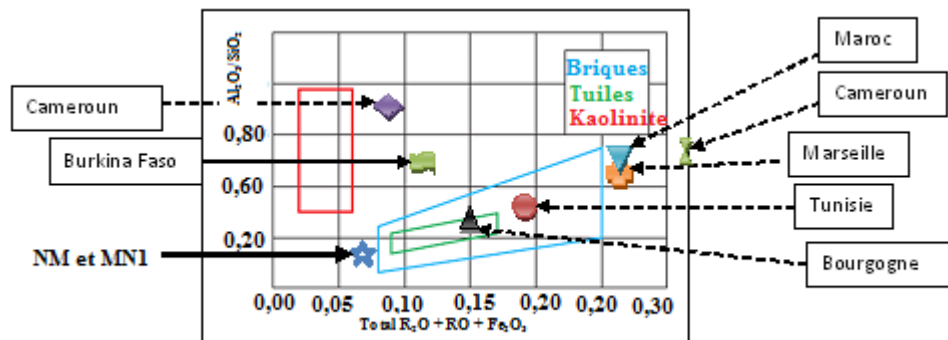


Fig.1. Diagramme simplifié d'Augustinik donnant la position actuelle de nos argiles.

3.2. Comportement en température de nos argiles

Le tableau 2 révèle que la masse volumique, la surface et la porosité de nos argiles varient très peu lors du frittage montrant ainsi une faible densification des matériaux. Cependant, l'évolution de leur surface spécifique BET avec la température de cuisson montre que la consolidation des produits élaborés est bien effective à partir de 1000 °C et augmente avec la température.

Tableau 2. Quelques paramètres physiques des produits argileux mise en forme par pressage

Argile NM	Masse volumique (±0,01 g/cm ³)	Surface spécifique (± 0,1 m ² /g)	Porosité (%)	Argile MN1	Masse volumique (±0,01 g/cm ³)	Surface spécifique (± 0,1 m ² /g)	Porosité (%)
NM_brut	2,62	19,7	32,79	MN1_brut	2,58	19,7	30,5
NM_1000°C	2,76	10,1	29,39	MN1_1000°C	2,67	7,3	26,23
NM_1100°C	2,69	9,3	29,06	MN1_1100°C	2,65	3,2	25,25
NM_1200°C	2,69	0,6	28,05	MN1_1200°C	2,65	0,3	24,80
NM_1300°C	2,73	0,1	26,11	MN1_1300°C	2,67	0,1	23,95

La faible densification de nos matériaux a fortement affecté la résistance à la flexion trois points. Une alternative est alors menée pour améliorer cette résistance par l'ajout d'un biopolymère naturel très disponible dans les pays tropicaux et particulièrement au sud du Sénégal. Cet ajout augmente la résistance à la flexion trois points de 28 % à 1000 °C pour NM donné à la figure. 2. Cette tendance est aussi notée avec l'argile MN1. Nous trouvons

que cette augmentation est intéressante même si jusque-là la résistance reste toujours inférieure à la norme des briques et tuiles [6].

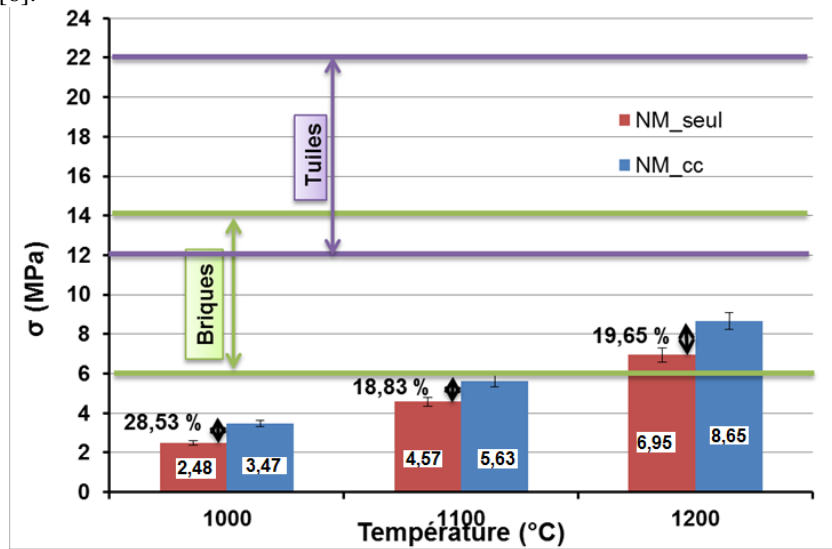


Fig.2. La résistance à la flexion trois points de l'argile NM sans et avec ajout du cola cordifolia

4. CONCLUSION

L'objectif de ce travail est de valoriser les matières premières argileuses du Sénégal en proposant des céramiques silicatées adaptées aux besoins des pays tropicaux.

La caractérisation de ces matières premières à l'état brut montre que leurs compositions chimiques et minéralogiques sont assez proches. Par ailleurs, leur teneur élevée en quartz permet de les classer dans le groupe des argiles maigres.

En température, les échantillons ont une porosité moyenne de 27 % et de faibles propriétés mécaniques. Ces dernières peuvent être justifiées par une faible formation de phase vitreuse. Quant à la conductivité thermique, elle reste satisfaisante et inférieure à 0,5 W/(m.K) à 1000 °C.

La modification de la formulation par ajout d'un biopolymère organique naturel entraîne une augmentation de la résistance à la flexion de 28 % à 1000 °C.

Nos perspectives à court et moyen termes sont alors l'ajout de fondants potassique et sodique en faible quantité en vue d'atteindre les normes relatives aux matériaux pour le bâtiment tout en abaissant la température de frittage. Cette démarche de valorisation s'inscrit de ce fait dans une logique de développement durable tant sur les aspects sociétal, économique qu'environnemental.

RÉFÉRENCES

- [1] Blanchart, P., n4800 Les Céramiques silicatées, Techniques de l'Ingénieur 2014, p. 1-18.
- [2] KORNMAN, M., Matériaux de terre cuite – Matières de base et fabrication, Techniques de l'Ingénieur 7200038948 – université de limoges // 164.81.216.75, 20 février 2015, p. 15-17
- [3] Sawadogo, M., Zerbo, L., Seynou, M., Sorgho, B., Ouedraogo, R., Technological properties of raw clay based ceramic tiles: influence of talc, Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry
- [4] Zerbo L., Sorgho B., Kam S., Soro J., Millogo Y., Guel B., Traoré K., Gomina M., Blanchart P., Comportement thermique de céramiques à base d'argiles naturelles du Burkina Faso, Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie, 2012, 34, 48-56.
- [5] Qin, J., Cui, C., Cui, X., Hussain, A., Yang, C., Yang, S., Recycling of lime mud and fly ash for fabrication of anorthite ceramic at low sintering temperature, Ceramics International, vol.41 (2015) p. 5648-5655.
- [6] Goure-Doubi, H., Lecomte-Nana, G., Thery, F., Peyratout, C., Anger, B., Levacher, D., Characterization and valorization of dam sediment as ceramic materials, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), vol.4, 2014, p. 84-91.