

## TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF RAW CLAY BASED CERAMIC TILES: INFLUENCE OF TALC

## PROPRIETES TECHNOLOGIQUES DE CARREAUX CERAMIQUES A BASE D'ARGILES : INFLUENCE D'UN TALC NATUREL

**Moustapha Sawadogo, Lamine Zerbo, Mohamed Seynou\* ,  
Brahima Sorgho, Raguilnaba Ouedraogo**

*Université de Ouagadougou, U.F.R.-S.E.A, Laboratoire de Chimie  
Moléculaire et des Matériaux (LCMM), 03 BP 7021 Ouagadougou 03,  
Burkina Faso*

\*Corresponding author: [seynou1mohamed@yahoo.fr](mailto:seynou1mohamed@yahoo.fr)

Received: August, 04, 2014  
Accepted: September, 29, 2014

**Abstract:** Local clay from Burkina Faso has been used as a basic raw material in the formulation of ceramic tile with a natural talc (0 - 4% wt) as a flux. The used sintering temperatures are between 950 and 1100 °C with one hour as hold at heating rate of 5 °C·min<sup>-1</sup>. The different technological properties (shrinkage, water absorption and mechanical strength) are improved when the sintering temperature exceeds 1000 °C. The mixture with 4% wt of talc provides better properties than the other grades. The tiles obtained at 1050 °C with 4% wt of talc have similar characteristics to those obtained at 1100 °C without talc. An energy gain with a difference of temperature of 50 °C could be made with the use of talc as the adjuvant.

**Keywords:** *ceramic tiles, energy gain, low temperatures, raw clay, sintering, talc*

## INTRODUCTION

Dans l'industrie céramique, les développements les plus prometteurs sont liés aux procédés moins consommateurs d'énergie. Les carreaux de bonne qualité demandent une température de cuisson élevée (plus de 1100 °C) et sont de ce fait plus coûteux. Il est donc indispensable de trouver des méthodes pour abaisser la température de cuisson. Des gains d'énergie appréciables sont escomptés dans les étapes de concassage/broyage, séchage et cuisson si l'on procède à un choix judicieux des matières premières. Tout est alors mis en œuvre pour optimiser le cycle thermique en réduisant le temps de cuisson soit par une vitesse élevée de montée en température soit par réduction de la température de frittage. La formulation de la pâte céramique peut être ajustée en conséquence pour une cuisson rapide par réduction de la température de frittage. Cela nécessite l'utilisation de fondants (feldspath, talc) ou les ions alcalins induisent la formation d'eutectique qui permet d'abaisser la température de fusion [1]. Ainsi donc, la température de cuisson des pâtes argileuses se trouve sensiblement réduite par l'utilisation de ces fondants.

Dans le présent travail, l'utilisation d'un talc naturel comme adjuvant dans la formulation de pâtes pour carreaux céramiques a été explorée. Il s'agit d'obtenir des carreaux à des températures de cuisson relativement basse eu égard des coûts énergétiques dans nos pays en voie de développement. Pour ce faire, à la suite de la caractérisation des matières premières, une étude comparative de quelques propriétés technologiques (retrait, résistance mécanique, absorption d'eau) de carreaux issus des mélanges a été menée.

## MATERIAUX ET METHODES EXPERIMENTALES

### Caractérisation des matières premières

Les matières premières utilisées dans ce travail sont une argile locale (SIT) et un talc naturel (GAR). SIT a été prélevé dans la localité de Sitiéna située dans la région de Banfora. Le site de prélèvement de SIT a pour coordonnées géographiques 4°47' Longitude Ouest et 10°35' Latitude Nord [2]. La superficie du gisement de l'argile SIT est estimée à 35 km<sup>2</sup>. Quant à GAR, il provient de la localité de Garango dans la région du Centre-Est. Le site a pour coordonnées géographiques 0,33° Longitude Ouest et 11,48° Latitude Nord.

SIT et GAR ont fait l'objet d'études préalables [1 - 4]. Nous présentons ici quelques résultats de cette étude notamment les caractérisations chimique et minéralogique.

La composition chimique élémentaire des deux matières premières est consignée dans le Tableau 1.

*Tableau 1. Composition chimique élémentaire*

Oxydes	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PF
<b>SIT</b>	55,71	20,15	2,7	2,15	1,21	1,23	6,82	0,63	0,09	8,10
<b>GAR</b>	55,28	4,07	0,08	0,05	0,06	30,92	2,68	0,09	0,49	6,17

PF : perte au feu à 1000°C

Les deux échantillons sont riches en silice avec des quantités similaires 55,71 % et 55,28 % respectivement pour SIT et GAR. L'échantillon SIT contient en plus de l'alumine (20,15 %) en quantité appréciable et GAR de la magnésie (30,92 %) en quantité aussi importante. Les proportions relativement importantes de  $K_2O$  et de  $Na_2O$  suggèrent la présence de phase illitique et feldspathique dans SIT.

L'analyse minéralogique obtenue par le couplage de la diffraction des rayons X et la spectrométrie infrarouge montre que les phases majeures dans SIT sont la montmorillonite  $((Al_{1,67}Mg_{0,33})Si_4O_{10}(OH)_2Na_{0,33})$ , le quartz ( $SiO_2$ ), l'albite ( $Si_3AlO_8Na$ ), l'illite  $((K,H_3O)Al_2Si_3AlO_{10}(OH)_2)$ , la kaolinite  $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$  et l'orthose ( $KAlSi_3O_8$ ) [1]. La présence de la kaolinite est bénéfique pour une pâte céramique. Pendant le frittage sa transformation produit de la mullite qui améliore la tenue mécanique des pièces. Le quartz constitue le squelette des produits avant la cuisson. Sa présence permet un séchage progressif et doux et permet ainsi d'éviter la formation de fissure lors du séchage. L'albite, l'orthose et l'illite se comportent comme des fondants et permettent ainsi la réduction des pores par la formation d'une phase liquide à des températures relativement basses. Cependant la présence de la montmorillonite peut être nuisible à la formulation de pâte céramique avec SIT à cause de son caractère gonflant qui peut rendre difficile les maîtrises dimensionnelles des pièces. Les phases identifiées dans GAR sont le talc ( $Si_4Mg_3O_{10}(OH)_2$ ), la chlorite  $((Mg, Fe, Al)_6(Si, Cr)_4O_{10}(OH)_8)$  et la dolomie  $((Ca, Mg)(CO_3)_2)$  [3]. Elles sont toutes pourvoyeuses de  $MgO$  qui leur confère leur pouvoir fondant.

### Formulation et caractérisation des éprouvettes

Pour la formulation des éprouvettes, une suspension dans les proportions bien définies du matériau (argile + talc) et de l'eau (masse d'eau / masse du matériau = 4/5) a été préparée. La composition des mélanges de matières premières est donnée dans le Tableau 2.

**Tableau 2.** Composition des mélanges SIT + GAR

Référence	Mélange
MS0	100% SIT
MS1	99% SIT + 1% GAR
MS2	98% SIT + 2% GAR
MS3	97% SIT + 3% GAR
MS4	96% SIT + 4% GAR

Le triphosphate de sodium (STPP) est ajouté à 0,5 % comme défloculant. La suspension obtenue est broyée dans un broyeur rotatif jusqu'à obtention d'une pâte homogène appelée barbotine. La barbotine est séchée à 105 °C à l'étuve pendant 24 heures puis finement broyée à l'aide du même broyeur. Les broyats sont tamisés avec un tamis de 60µm.

Les éprouvettes ont été mises en forme par pressage de la poudre préalablement humidifiée (6 à 8 %) à l'aide d'une presse hydraulique avec une pression de 15MPa dans un moule (12 x 8 x 1) cm<sup>3</sup>. Les éprouvettes obtenues sont séchées dans une étuve réglée à 105 °C pendant 24 heures pour l'évaporation de l'humidité résiduelle avant cuisson dans un four de marque NABERTHEM C250, à différentes températures (950,

1000, 1050, et 1100 °C) pendant une heure avec une vitesse de montée en température de 5 °C·min<sup>-1</sup>.

Après cuisson, les différents paramètres des éprouvettes ont été caractérisés : minéralogie, retrait, porosité et résistance mécanique.

La minéralogie est déterminée par diffraction des rayons X avec un appareil de type Brüker D5000. La microstructure des faciès de rupture a été observée avec un microscope électronique à balayage (MEB). Elle a concerné toutes les nuances frittées à 1100 °C et la nuance MS4 à 1050 °C.

Le retrait R(%) a été évalué par la mesure des dimensions des éprouvettes avant et après cuisson à l'aide d'un pied à coulisse. Il est déterminé à travers la relation 1 [5, 6] :

$$R(\%) = \frac{L_v - L_c}{L_v} \times 100 \quad (1)$$

Avec  $L_v$  et  $L_c$  respectivement les longueurs (en mm) des éprouvettes avant et après cuisson.

La résistance mécanique  $\sigma$ (MPa) est déterminée par des essais de flexion trois points. L'appareil utilisé, de marque NANNETTI nous permet d'appliquer une force  $F$  sur l'éprouvette et la contrainte de rupture est calculée à partir de la relation 2 [7] :

$$\sigma(MPa) = \frac{3FE}{2le^2} \quad (2)$$

Avec  $F$  - l'intensité de la force appliquée,  $E$  - la distance entre les deux supports des éprouvettes,  $l$  - la largeur des éprouvettes,  $e$  - l'épaisseur des éprouvettes et  $\sigma$  - la contrainte à la rupture.

La porosité des éprouvettes est caractérisée par la mesure du coefficient d'absorption d'eau  $E$  (%) par la méthode d'imprégnation dans l'eau bouillante selon la norme ISO 10545-3 [6]. L'absorption d'eau est calculée par la relation 3 [6, 8].

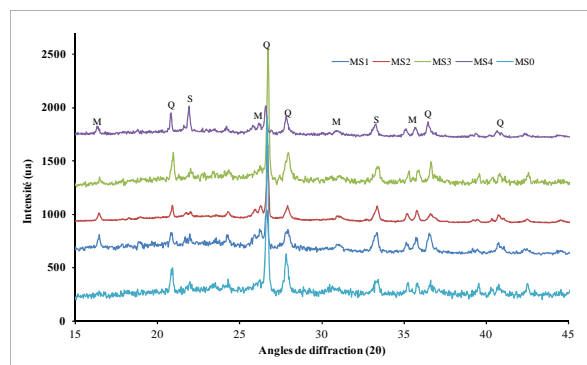
$$E(\%) = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (3)$$

$E(\%)$  - absorption d'eau,  $m_1$  - masse de l'éprouvette cuite,  $m_2$  - masse de l'éprouvette humide.

## RESULTATS ET DISCUSSION

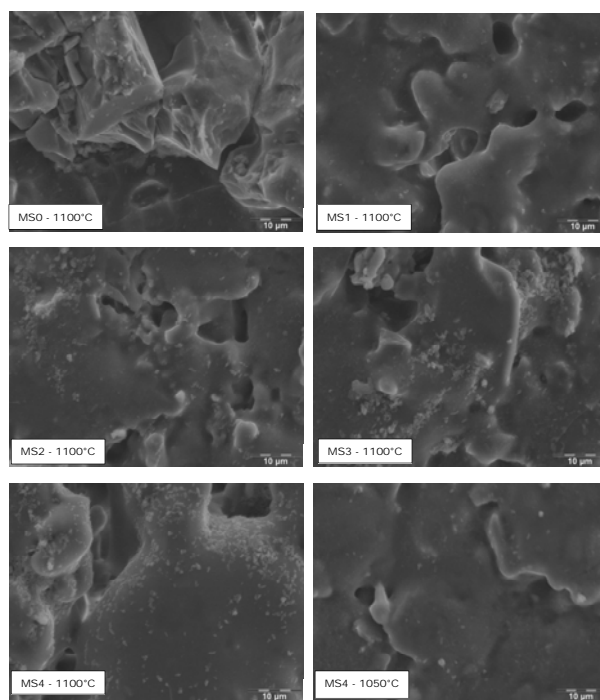
### Minéralogie et microstructure

La Figure 1 représente les diffractogrammes des mélanges frittés à 1100 °C. Le dépouillement de ces diffractogrammes, montre la formation de nouvelles phases telles la mullite, la saphirine. La présence de ces phases néoformées est liée d'une part à la réorganisation structurale de la métakaolinite après 850 °C pour donner la mullite et d'autre part à la réaction entre la magnésie MgO apportée par GAR et les oxydes Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et SiO<sub>2</sub> de SIT. Le quartz est présent dans l'ensemble des nuances. Sa quantité diminue avec l'ajout de talc. Cette diminution en quantité est liée à sa fusion par les éléments du talc pour lui permettre de participer à la formation de la mullite. La présence de la mullite contribue à améliorer la tenue mécanique des pièces par la diminution des pores.



**Figure 1.** Diffractogrammes de mélanges SIT + GAR frittés à 1100°C  
*Q = quartz ; M = mullite; S = Saphirine*

Les images MEB des faciès de rupture des différentes nuances sont données par la Figure 2. Le faciès ne contenant pas d'ajout de talc est caractérisé par une porosité ouverte assez importante avec la présence de plaquettes et de particules de taille appréciable attribuable au quartz et à la métakaolinite.



**Figure 2.** Micrographies MEB des faciès de rupture des matériaux frittés à 1100°C (toutes les nuances) et 1050°C (MS4).

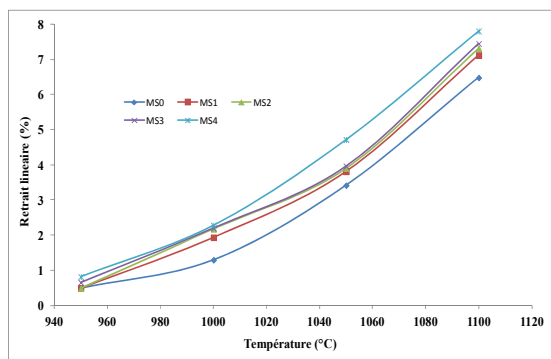
Avec l'ajout de talc même à 1%, la formation d'une phase liquide est observée avec une diminution de la porosité comparée à celle sans ajout. L'augmentation progressive du taux de talc influence fortement la microstructure par une réduction considérable des pores par formation de phases liquides. Avec l'ajout de talc les pores sont de moins en moins connectés et plus isolés. Avec 4 % de talc, les pièces obtenues à 1050 °C présentent une microstructure plus condensée, avec moins de pores comparées aux nuances à 0, 1 et 2 % de talc cuites à 1100 °C.

## Propriétés technologiques

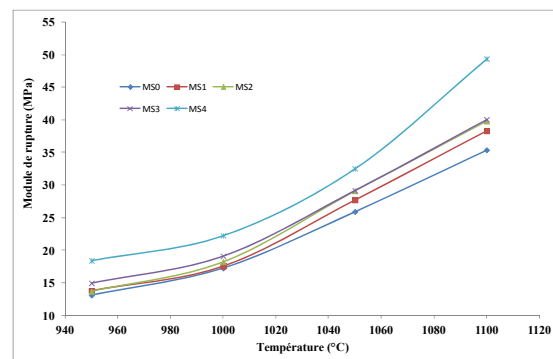
Les différentes propriétés explorées sont le retrait linéaire, l'absorption d'eau et la résistance mécanique des produits frittés. Pour chaque paramètre, plusieurs essais sont effectués dans les mêmes conditions avant d'utiliser la valeur moyenne. Les facteurs explorés sont la température de cuisson et le taux de GAR dans les mélanges.

La variation du retrait linéaire en fonction de la température et du taux de talc est représentée par la Figure 3. Le retrait croît avec la température et avec l'ajout de GAR. Cette croissance est due à la consolidation du matériau qui provoque une diminution du volume, donc une diminution de dimensions. Pendant le frittage, l'élévation de température permet la dissolution d'une grande quantité de quartz et la formation de la mullite est améliorée. Il en est de même avec la formation de certaines phases magnésiennes qui augmentent en pourcentage avec la teneur en magnésie donc de GAR. La mullite et les phases magnésiennes consolident le matériau, d'où l'augmentation du retrait.

L'évolution de l'absorption d'eau en fonction de la température est représentée à la Figure 4. Les différents résultats corroborent ceux du retrait. Plus la température de cuisson est élevée, plus le retrait est élevé et meilleure est la consolidation du matériau. Cette consolidation passe par la réduction de la porosité existante d'où la diminution de l'absorption d'eau.



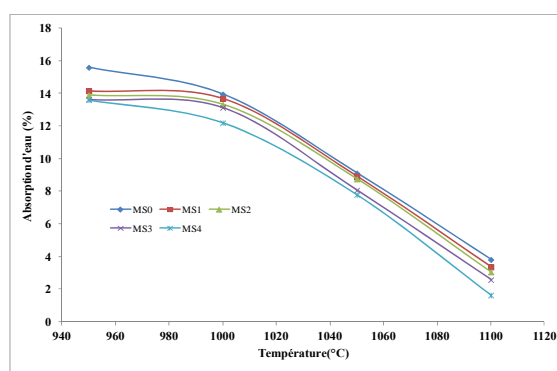
**Figure 3.** Variation du retrait linéaire des pièces en fonction de la température et du taux de talc



**Figure 4.** Variation de l'absorption d'eau des pièces en fonction de la température et du taux de talc

L'évolution de la résistance mécanique des différentes nuances en fonction de la température est donnée à la Figure 5. Comme le retrait, nous constatons que la résistance augmente avec la température quelque soit le mélange. Les valeurs de résistance sont en accord avec celles du retrait et de l'absorption d'eau.

L'analyse des Figures 3, 4 et 5 montre que le retrait évolue dans le même sens que la résistance mécanique et inversement avec l'absorption d'eau. Les propriétés mécaniques sont meilleures lorsque la température est supérieure à 1000 °C. Cela s'explique par le fait que la cristallisation de la mullite à partir de la métakaolinite s'effectue à partir de 1000 °C, avec libération de silice amorphe [4].



**Figure 5.** Variation du module de rupture des pièces en fonction de la température et du taux de talc

Cette dernière, avec les alcalins présents dans SIT, conduit à la formation d'une phase liquide qui, par écoulement visqueux dans les pores conduit à la consolidation du matériau. Toute fois, avec l'ajout de talc, même à partir de 950 °C, il y a évolution significative des propriétés de ces nuances par rapport à celles sans ajout. L'association du talc aux feldspaths (albite et orthose) contenus dans l'argile SIT procure des agents fondants très efficaces [9]. L'existence d'eutectiques formés par l'association du talc aux différents minéraux feldspathiques (sodiques, potassiques ou mixtes) a été vérifiée par des tests de fusibilité sur des mélanges contenant jusqu'à 40 % en poids de talc. Une réduction de la température de fusion d'environ 50 °C a été rapportée [9].

Ainsi, on constate que les mélanges avec le talc ont de meilleures propriétés structurale et mécanique à des températures plus basses que SIT sans ajout aux températures élevées. On a donc une amélioration des caractéristiques des matériaux avec l'adjuvant. Le mélange SIT+4%GAR offre de meilleures propriétés par rapport aux autres nuances. En fonction des données de la littérature résumées dans le Tableau 3, à 1100 °C, toutes les nuances avec ajout ont leurs valeurs de contraintes de rupture proches des grès cérames. A 1050 °C la nuance 4 % se comporte comme les carreaux grès et les autres nuances se comportent mieux que les briques en terre cuite, mais moins bien que les carreaux de grès.

**Tableau 3.** Valeurs des contraintes à la rupture pour quelques matériaux céramiques [10]

Matériaux	Résistance mécanique $\sigma_R$ (MPa)
Poteries en terre cuite	21
Biscuit de faïence	17
Briques en terre cuite	20
Carreaux de grès	30
Produits vitrifiés	40-120
Grès cérames	35-55

La norme NBN EN 14411 [10] distingue différentes classes de carreaux, selon le taux d'absorption d'eau E et le procédé de fabrication. Par rapport à cette classification nous pouvons dire que :

- entre 950 °C et 1000 °C, toutes les éprouvettes présentent des absorptions d'eau supérieures à 10 %. Cette norme ne classe pas les carreaux non émaillés dans ces conditions ;



- à 1050 °C, toutes les éprouvettes présentent des absorptions d'eau comprises entre 6 et 10 % ; elles peuvent être donc classées dans la classe BII<sub>b</sub> ;
- à 1100 °C, les éprouvettes des nuances MS0, MS1, MS2 et MS3 présentent des absorptions d'eau comprises entre 3 et 6 % peuvent être donc classées en BII<sub>a</sub> ; par contre pour les éprouvettes de la nuance MS4 à 1100 °C, elles seront classées en BI<sub>b</sub>.

## CONCLUSION

L'influence d'un talc naturel sur les propriétés minéralogique, microstructurale et mécanique de carreaux céramiques à base d'argile locale du Burkina Faso a été explorée. Avec les ajouts de talc, la magnésie s'incorpore dans des réactions avec les phases fondantes sodique et potassique (orthose et albite) et permet d'augmenter la teneur des phases liquides durant le frittage. La quantité de mullite est ainsi améliorée et partant la microstructure des pièces est plus condensée avec de faibles porosités. Les propriétés mécaniques étroitement liées à la minéralogie et la microstructure des pièces sont alors nettement améliorées. Les carreaux les plus performants sont obtenus à 1100°C avec 4 % de talc comme adjuvant. A 1050 °C, les carreaux obtenus avec les teneurs inférieures à 4 % de talc ont des propriétés qui correspondent à celles des terres cuites et ceux avec 4 % correspondent aux carreaux de grès. Avec la température de 1100 °C, toutes les nuances présentent des caractéristiques intéressantes des carreaux de grès. L'apport de talc peut permettre une économie d'énergie nécessaire pour élever la température de 50 °C. Ce qui est important dans un pays comme le Burkina Faso.

## REFERENCES

1. 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**, 034, 48-56;
2. Kam, S., Zerbo, L., Seynou, M., Soro, J., Traoré, K., Bathiébo, J.D., Millogo, Y., Ouédraogo, R., Gomina, M., Blanchart, P.: Céramiques d'argile du Burkina Faso utilisées en construction immobilière, *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, **2009**, 027, 55-62;
3. Seynou, M., Millogo, Y., Ouedraogo, R.: White paste for stoneware tiles for pavement using raw clay material from Burkina Faso, *Materials and Structures*, **2012**, 46, 755-763;
4. Zerbo, L.: Transformations thermiques et réorganisation structurale d'une argile du Burkina Faso, *Thèse de l'Université de Ouagadougou*, **2009**, 155;
5. Seynou, M., Flament, P., Sawadogo, M., Tirlocq, J., Ouedraogo, R.: Refractory bricks based on Tikaré (Burkina Faso) kaolinitic raw clay material, *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, **2013**, 035, 49-56;
6. Pérez, J.M., Rincon, J.M., Romero, M.: Effect of moulding pressure on microstructure and technological properties of porcelain stoneware, *Ceramics International*, **2012**, 38, 317-325;
7. NBN EN ISO 10545-4: Carreaux et dalles céramiques. Partie 4 : Détermination de la résistance à la flexion et de la force de rupture (remplace l'EN 100 et la NBN B 27-008), **1997**, 1-4;
8. NBN EN ISO 10545-3: Carreaux et dalles céramiques. Partie 3 : Détermination de l'absorption d'eau, de la porosité ouverte, de la densité relative apparente et de la masse volumique globale (remplace l'EN 99), **1997**, 1-3;
9. Abdelhak, A., Abdallah, S., Rédouane, M., Taoufik, R., Gomina, M.: Caractéristiques structurales et mécaniques de céramiques à base d'argiles : influence de la source de feldspath, *Comptes Rendus Chimie*, **2007**, 10, 502-510;
10. NBN EN 14411: Carreaux et dalles céramiques. Définitions, classification, caractéristiques B28 et marquage, **2007**, 14.