

Caractérisation physico-chimique d'un talc naturel de Garango (Burkina Faso)

Brahima SORGHO¹, Lamine ZERBO¹, Mohamed SEYNOU¹,
Karfa TRAORE¹, Raguilnaba OUEDRAOGO¹,
Moussa GOMINA², Philippe BLANCHART³

Résumé

Un talc naturel, exploité localement au Burkina Faso, a été caractérisé en couplant plusieurs techniques d'analyse (DRX, IR, ATD/ATG, analyse chimique, MEB, granulométrie). Cette caractérisation a pour objectif de disposer de données technologiques afin de permettre une meilleure utilisation artisanale et industrielle de cette matière première. Il est constitué de trois familles granulaires (une limoneuse et deux sableuses). Il est composé majoritairement de magnésie MgO (11,66%), d'alumine Al₂O₃ (24,5%) et de silice SiO₂ (50,25%). Le bilan minéralogique indique que la matière première contient essentiellement du talc (77 %), de la chlorite (14 %) et de la dolomite (8 %). Le traitement thermique de l'échantillon révèle la transformation du talc en clinostatite (1017°C), de la chlorite successivement en métachlorite (831°C) puis en forstérite plus la spinelle (862°C) et la décomposition de la dolomite. Ces différents paramètres indiquent que ce talc naturel est utilisable dans la céramique comme adjuvant pour abaisser la température de consolidation des produits frittés.

Mots-clés : Burkina Faso, talc naturel, céramique, adjuvant.

Abstract

Natural talc, exploited locally in Burkina Faso, has been characterized by coupling several analytical methods (XRD, IR, DTA/TGA, chemical analysis, SEM, particle size). The aim of this characterization is to provide some technological data on this talc in the intention to improve its use in artisanal and industrial wares. The particle size results showed the presence of three granular families (one silt and two clay). Chemical analysis shows that the sample contains mainly oxides MgO (11.66%), Al₂O₃ (24.5%) and SiO₂ (50.25%). Talc (77wt.%), chlorite (14wt.%) and dolomite (8wt.%) are the principal mineralogical phase which composed this natural talc. During the heat treatment the talc phase is transformed to clinostatite (1017°C), chlorite is transformed successively to metachlorite (831°C), to forsterite with spinel (862°C) and the dolomite is decomposed. All the different parameters show that this natural talc can be used in ceramics as adjuvant to decrease the consolidation temperature of firing products.

Keywords: Burkina Faso, natural talc, ceramic, adjuvant.

1. Laboratoire de Physico-Chimie et de Technologie des Matériaux (LPCTM), U.F.R – SEA/Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso Tel : 00 226 76 40 80 62, e-mail :lamine_zerbo@yahoo.fr

2. Equipe structure et Comportement Thermomécanique des matériaux (ESTM) du Crismat, UMR 6508, CNRS/ENSICAEN, 6 boulevard du Maréchal Juin, 14050 Caen Cedex, France

3. Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes (GEMH), Centre Européen de la Céramique(CEC), 87065 Limoges cedex France

Introduction

Les matières premières argileuses constituent une source de revenu pour les pays en voie de développement. Elles sont largement exploitées tant bien par la population locale que par les industries. Les plus sollicitées sont la kaolinite, l'illite, la pyrophyllite, le feldspath et le talc.

Le talc est largement utilisé dans des domaines tels que la peinture, le papier, le caoutchouc, la cosmétique, la céramique, dans la production de matériaux réfractaires, en agro-industrie, dans les pesticides et les produits pharmaceutiques (MARTIN *et al.*, 1999 ; YVON *et al.*, 2002 ; BIZI *et al.*, 2003 ; PETIT *et al.*, 2004). Cette large gamme d'exploitation du talc est liée à ses multiples propriétés intéressantes. Il possède une inertie chimique élevée, un bon pouvoir absorbant et adsorbant, une faible conductivité électrique, un caractère hydrophobe, une bonne propriété optique et une bonne cristallinité (PEREZ-MAQUEDA *et al.*, 2005). Une utilisation efficiente du talc requiert une maîtrise de ses différentes propriétés notamment physico-chimique et thermique.

Ce travail est une continuité des travaux déjà entrepris sur les matières premières argileuses du Burkina Faso (BAMA, 1998 ; TRAORE, 2003 ; MILLOGO, 2008 ; ZERBO, 2009 ; SEYNOU, 2009) à savoir la caractérisation des matériaux argileux locaux pour leur valorisation. Il s'agit ici de la caractérisation d'un talc naturel du Burkina Faso. Cette caractérisation utilisant la diffraction des rayons X (DRX), les analyses thermiques (Analyse thermique Différentielle et Thermogravimétrique (ATD/TG), Dilatométrie), la spectrométrie infrarouge (IR) et la microscopie électronique à balayage (MEB) permettra de disposer de base de données sur cette matière première et donc son utilisation plus rationnelle.

Matière première et méthodes expérimentales

Matière première

La matière première qui fait l'objet de cette étude a été prélevée sur un site argileux de Garango à environ 220 km de Ouagadougou au Burkina Faso (figure 1). Ce site a pour coordonnées géographiques 0,33° Longitude Ouest et 11,48° Latitude Nord. Cette matière première que nous avons référencé GAR, présente un aspect onctueux caractéristique du talc. La figure 2 nous montre une image photo d'un morceau de cette argile.



Figure 1. Localisation du site de GAR

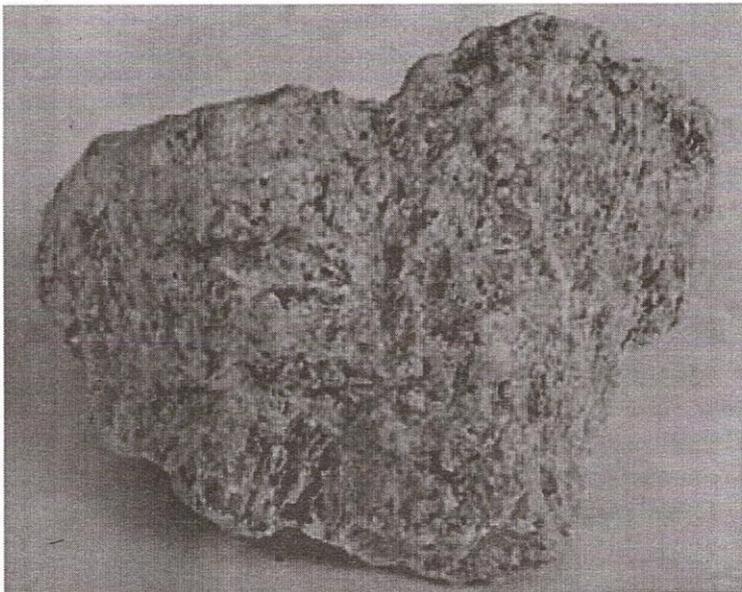


Figure 2. Image photo d'un morceau de GAR

Méthodes expérimentales

La distribution granulométrique de GAR a été déterminée en utilisant un granulomètre laser de type COULTER (MALVERNE 2000) par voie humide avec l'hexaméthaphosphate de sodium comme dispersant.

Les phases cristallines ont été identifiées par diffraction des rayons X de poudre avec un diffractomètre Bruker AXS D5000 utilisant la radiation $\text{CuK}\alpha$ comme source de rayonnement et un monochromateur arrière en graphite et fonctionnant sous 40 kV et 50 mA.

Les groupements fonctionnels caractéristiques des espèces minérales ont été déterminés avec un spectromètre infrarouge de type PERKIN ELMER FT-IR BX avec du KBr comme matrice.

Les éléments chimiques sont dosés, après une mise en solution de l'échantillon par attaque triacide (NJOPWOUO *et al.*, 1979), à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique de type PERKIN ELMER AA 100 (Fe, Ca et Mg), d'un spectromètre à flamme de type CORNING 400 (Na et K), d'un spectromètre UV-visible CIBA. CORNING 2800 spectrascan (Ti) et par complexométrie avec l'EDTA (Al).

Pour suivre le comportement thermique de GAR, nous avons enregistré les thermogrammes ATD/TG avec un appareil SETARAM de l'ambient à 1100 °C avec une vitesse de montée de 10°C/min sous atmosphère d'air.

Le comportement au frittage a été caractérisé à l'aide d'un dilatomètre MISURA-System 3.32 avec une vitesse de chauffe de 10°C/min et sous atmosphère d'air.

La microstructure de la poudre de GAR a été observée à l'aide d'un microscope électronique à balayage de type Hitachi SC 2500.

Résultats et discussion

Microstructure

La figure 3 présente les images MEB des poudres de GAR à différentes échelles. La première enregistrée sous une échelle de 2µm (figure 3A), montre un empilement de plaquettes de formes et de dimensions variables. La deuxième image (figure 3B) à l'échelle du micron montre un aspect feuilleté caractéristique du talc. Les feuillets de formes irrégulières ont des dimensions comprises entre 0,1µm et 3µm.

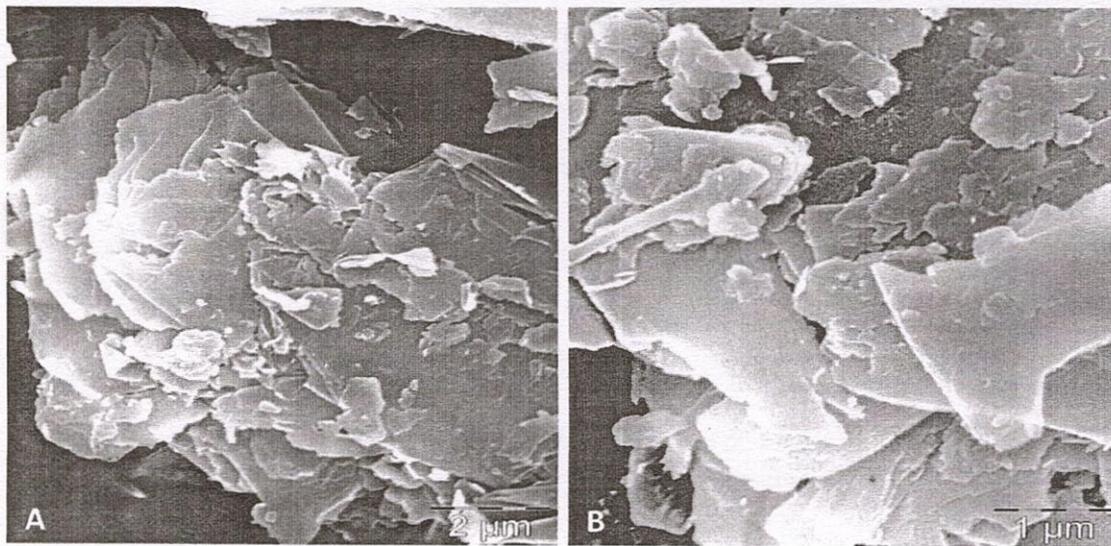


Figure 3. Image MEB de GAR

Granulométrie

La distribution granulométrique (figure 4a) de GAR est tri-modale. Les trois populations granulaires correspondent à la fraction limoneuse (27 μm) et à la fraction sableuse (63 et 502 μm). La courbe granulométrique cumulée (figure 4b), permet d'évaluer la $d_{10} = 8,23 \mu\text{m}$, $d_{50} = 38,66 \mu\text{m}$, et $d_{90} = 136,59 \mu\text{m}$. La granulométrie de l'échantillon GAR présente des valeurs de d_{50} élevées, due à la structure feuilletée des particules. Ces différents résultats sont similaires à ceux obtenus par NKOUMBOU *et al.*, 2008 sur quelques talc naturels du Cameroun.

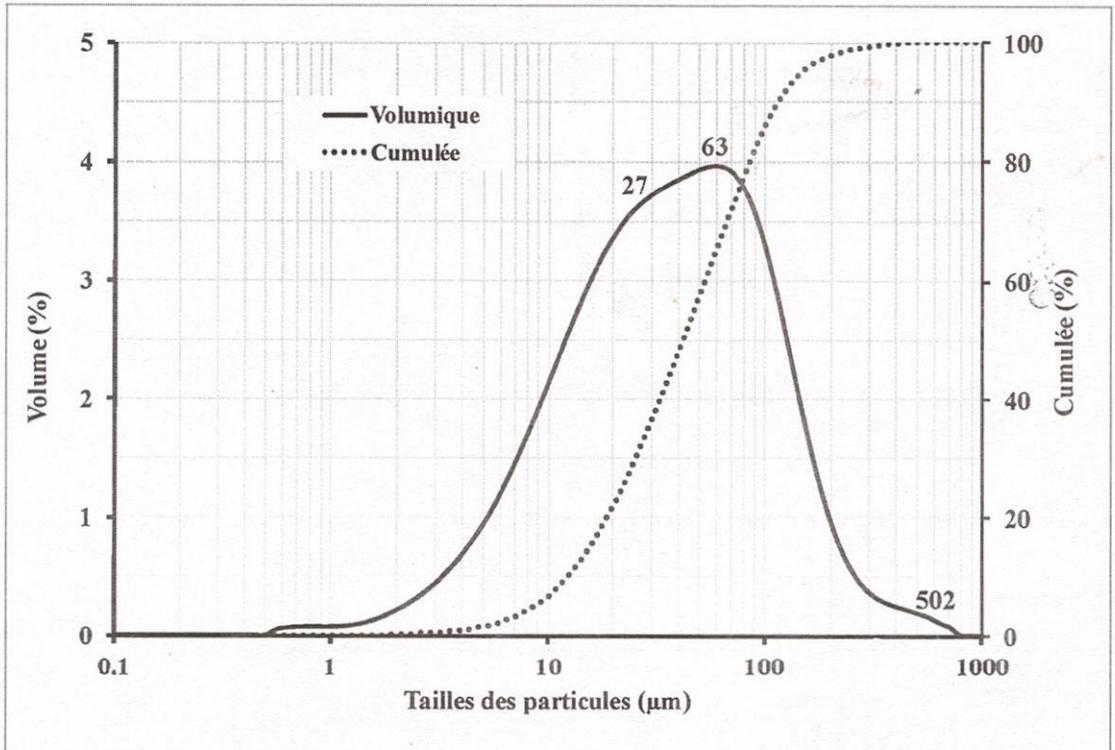


Figure 4. Courbes granulométriques de GAR

Diffraction des Rayons X (DRX)

Le diffractogramme des Rayons X (figure 5) indique que GAR est composé principalement de talc ($\text{Si}_4\text{Mg}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), de chlorite ($(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$) et de la dolomite ($(\text{Ca}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$).

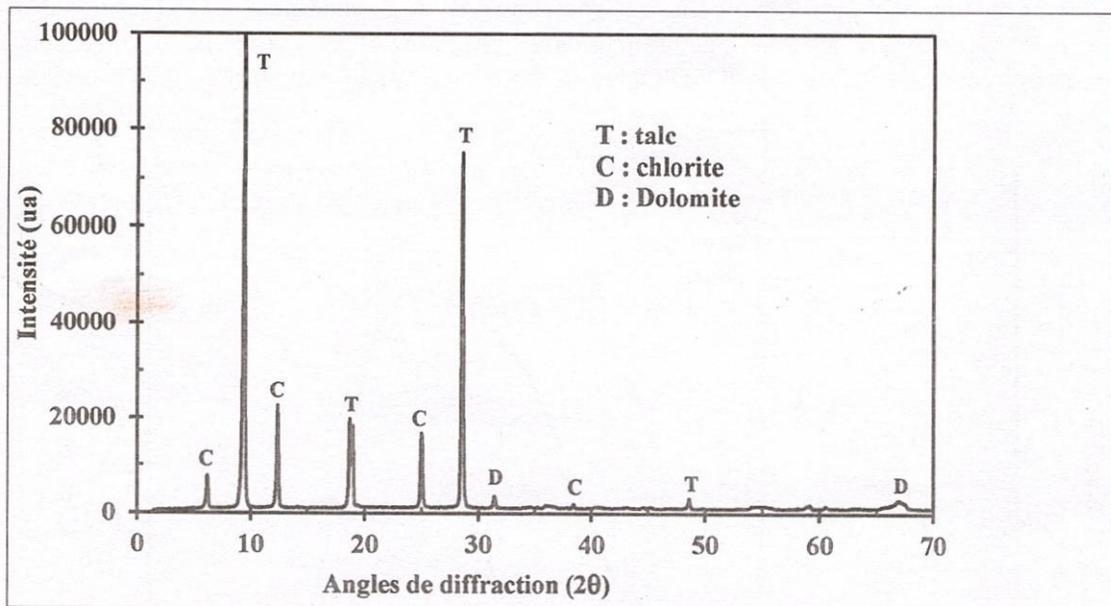


Figure 5. Diffractogramme orienté des rayons X de GAR

Spectrométrie infrarouge

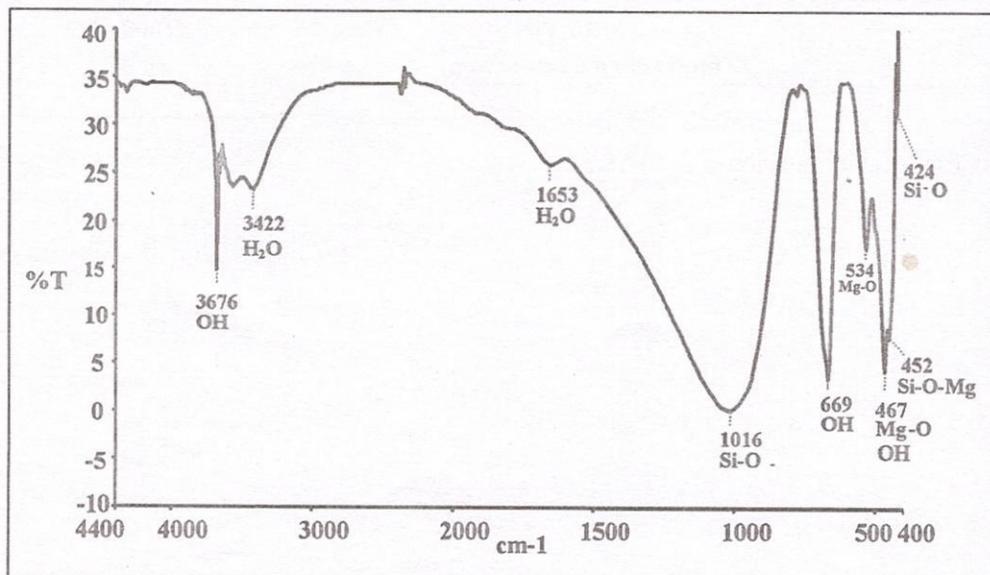


Figure 6. Spectre infrarouge de GAR

Le spectre infrarouge de GAR (figure 6) présente des bandes caractéristiques de groupements fonctionnels de phases minérales qui composent GAR. Les différentes bandes et leurs assignations sont regroupées dans le tableau I. Les résultats de l'analyse du spectre infrarouge confirment ceux de la DRX en identifiant les trois phases précédemment identifiées à savoir le talc, la dolomite et la chlorite. L'infrarouge a permis d'identifier les molécules d'eau contenue dans GAR qui n'ont pas été identifiées par DRX.

Tableau I. Attribution des bandes infrarouge

Phases minérales	Bandes en cm-1	Liaisons inter atomiques	Références
Talc	424	ν Si-O (cisaillements)	FARMER., 1974 FERRAGE <i>et al.</i> , 2003 MOOKHERJEE <i>et al.</i> , 2002
	452	ν Si-O-Mg ;	CHRISTIDIS <i>et al.</i> , 2004
	467	ν Mg-O et/ou ν O-H (trans)	FARMER., 1974 CHRISTIDIS <i>et al.</i> , 2004
	534	ν Mg-O ;	FERRAGE <i>et al.</i> , 2003 CHRISTIDIS <i>et al.</i> , 2004 KHALED <i>et al.</i> , 2009 DELLISANTI <i>et al.</i> , 2009
	669	ν O-H	CHRISTIDIS <i>et al.</i> , 2004
	1016	ν Si-O (élongation)	FARMER., 1974 MOOKHERJEE <i>et al.</i> , 2002.
	3676	ν O-H (élongation)	FARMER., 1974
Dolomite	669	ν O-H	CHRISTIDIS <i>et al.</i> , 2004
Chlorite	3676	ν O-H (élongation)	FARMER., 1974
H ₂ O adsorbée	1653 et 3422	ν OH	FERRAGE <i>et al.</i> , 2003 MOOKHERJEE <i>et al.</i> , 2002

Analyse chimique élémentaire

La composition chimique de GAR est consignée dans le tableau II. La prédominance de silice (50,25 %) et d'alumine (24,5 %) indique que l'échantillon GAR est un aluminosilicate. La teneur relativement importante de magnésie (11,66 %) corrobore la composition minéralogique de GAR à savoir qu'il est composé de phases minérales source de MgO.

Tableau II. Composition chimique élémentaire de GAR

Oxydes	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	Fe ₂ O ₃	P.F _{1000°C}
% en masse	50,25	24,5	0,7	2,34	0,17	0,47	11,66	1,13	6,4

Analyse thermique différentielle et thermogravimétrie (ATD/TG)

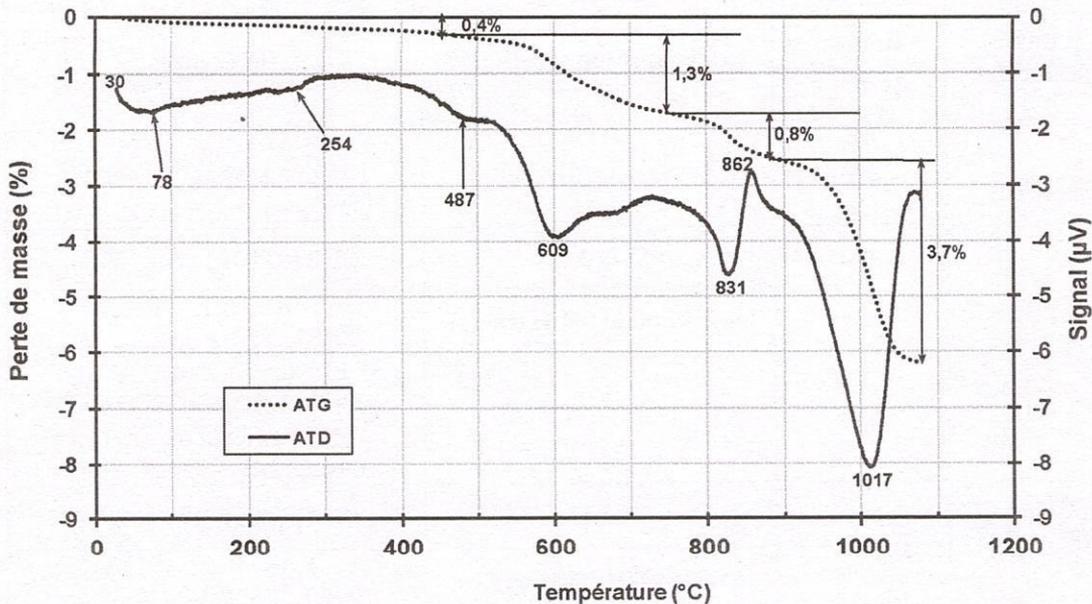
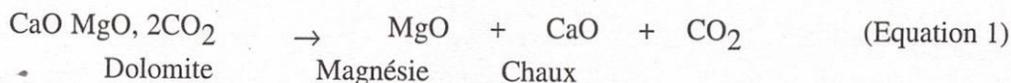
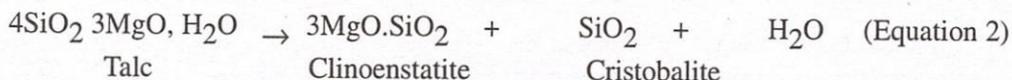


Figure 7. Thermogrammes ATD/ATG de GAR

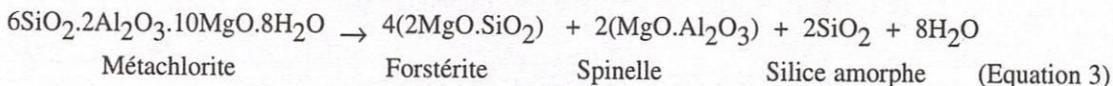
Le thermogramme ATD (figure 7) indique six pics endothermiques et un seul pic exothermique. Entre 50°C et 100°C, le faible crochet endothermique correspond au départ d'eau d'hydratation. Le deuxième pic endothermique aussi faible, entre 230°C et 280°C est dû à la déshydroxylation des hydrates de fer. Ces deux phénomènes engendrent une perte de masse de 0,2 % sur la courbe ATG. Entre 450°C et 520°C, le troisième pic endothermique aussi faible, est lié à la combustion des matières organiques résiduelles (JOUENNE *et al.*, 1990). Cette dernière perte représente 0,2 % en masse de l'échantillon. Le quatrième pic endothermique à 609°C, assez large, correspond à la déshydroxylation de la chlorite. Le quatrième pic est suivi par un épaulement à 675°C correspondant à la destruction du feuillet brucitique de la chlorite. L'ensemble déshydroxylation et destruction du feuillet engendre une perte de masse de 1,3 % évaluée sur la courbe ATG. Le cinquième pic endothermique à 831°C est fort et traduit la destruction du feuillet micacé de la chlorite et la décarbonatation de la dolomite (équation 1) qui provoquent une perte de masse de 0,8 % estimée à partir de la courbe ATG.



A 1017°C, le dernier pic endothermique est particulièrement fort et correspond à la destruction du feuillet du talc ($\text{Si}_4\text{Mg}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) qui se transforme en clinostatite ($\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$) (GROSJEAN *et al.*, 1983) suivant l'équation 2. La perte de masse correspondante est de 3,7%.



L'unique pic exothermique situé à 862°C, légèrement fort, est attribué à la cristallisation de la forsterite suivant l'équation 3 proposée par GROSJEAN *et al.*, 1983.



La perte de masse totale obtenue entre 30 à 1050 °C est d'environ 6,2 % et est conforme à la valeur de la perte au feu (6,4 %) déterminée après cuisson à 1000°C pendant 2heures.

Analyse dilatométrique

Le dilatogramme de GAR (figure 8) présente une dilatation jusqu'à 800°C avec une cassure entre 550°C et 600°C, correspondant à la combustion des matières organiques résiduelles. Elle peut aussi s'expliquer par le gonflement des minéraux présents dans l'échantillon suite à la déshydroxylation des hydrates de fer (JOUENNE *et al.*, 1990). Un deuxième retrait, observé aux environs de 800°C, est dû à la décarbonatation de la dolomite. Entre 800°C et 900°C, nous observons une dilatation qui est attribuable à la réorganisation de la chlorite. Enfin, un retrait très fort, caractéristique de la décomposition du talc est observé entre 1000°C et 1050°C. La densification du matériau commence après 1050°C.

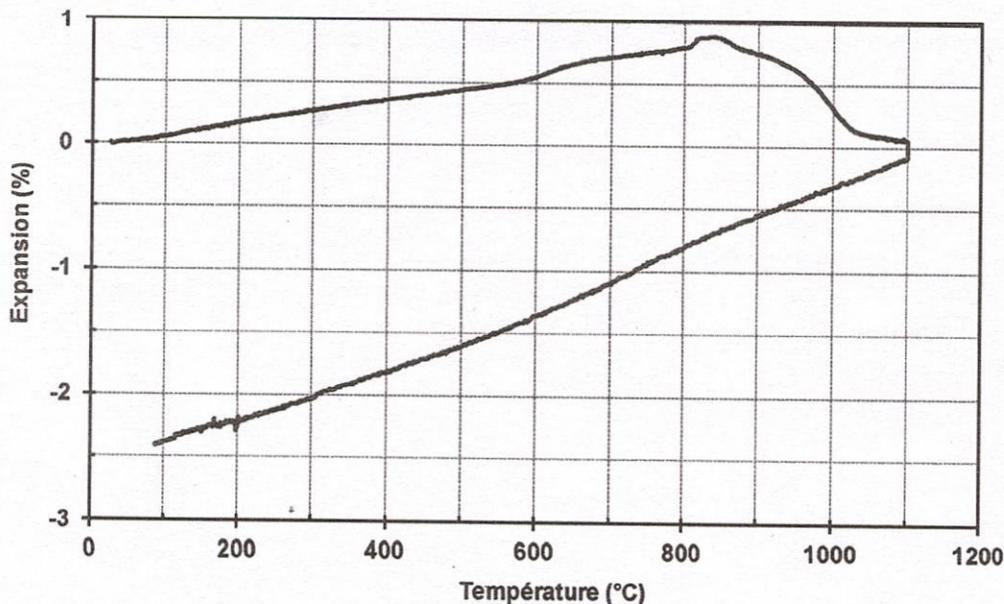


Figure 8. Courbe dilatométrique de GAR

Bilan semi-quantitatif

Le bilan semi-quantitatif a été fait en couplant les résultats de l'analyse minéralogique (DRX, IR), analyse thermique (ATD /ATG) et ceux de l'analyse chimique. Les différentes valeurs utilisées pour les calculs ainsi que les résultats obtenus sont consignés dans le tableau III. Notre talc naturel est composé de 77% de talc, 14 % de chlorite et 8 % de dolomite.

Tableau III. Calcul du bilan semi-quantitatif

Phase minérale	Valeurs expérimentale (ATG ou composition chimique)	Valeur théorique de la phase pure	Formules utilisées pour le calcul
Talc	3,7% perte en masse à 1017°C Correspondant au départ des OH du talc	4,8% correspondant à la teneur en eau du talc pure	$\%T = \frac{100 \times 3,7}{4,8} = 77$
Chlorite	0,9% perte en masse à 609°C correspondant au départ des OH de la chlorite	6,22% correspondant à la teneur en eau de la chlorite pure	$\%C = \frac{100 \times 0,9}{6,22} = 14$
Dolomite	2,34% CaO	30,43% CaO dans la dolomite pure	$\%D = \frac{2,34 \times 100}{30,43} = 8$

Conclusion

L'échantillon GAR est un aluminosilicate magnésien car il est composé majoritairement de silice SiO_2 (50,25 %), d'alumine Al_2O_3 (24,5 %) et de magnésie MgO (11,66 %). Sa minéralogie est dominée par le talc qui correspond à 77 % de sa masse. D'un point de vue chimique, GAR peut être utilisé comme adjuvant fondant dans la formulation des pâtes céramiques. Ce caractère fondant lié à la magnésie, permettrait la formation de phase liquide à basse température au sein des matériaux pendant le frittage et permettre rapidement leurs consolidation. Chose qui permet d'économiser en énergie tout en ayant des produits très performants et compétitifs. D'un point de vue minéralogique GAR peut être enrichi en talc en éliminant les deux impuretés (la dolomite et le chlorite) par centrifugation et être alors commercialisé.

Remerciements

Les auteurs remercient l'agence IRD/AIRES-Sud (France) et IPICS/ISP/BUF:02 (Suède) pour leur soutien financier et scientifique à la « recherche sur les matériaux argileux du Burkina Faso en vue de leur valorisation », à l'université de Ouagadougou.