



Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/13471

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/13471>



RESEARCH ARTICLE

CARACTERISATIONS PHYSICO-CHIMIQUES ET MINERALOGIQUES DE L'ARGILE D'AKLAKOU UTILISEE DANS LA POTERIE EN VUE DE SON APPLICATION DANS LA FORMULATION DES AGREGATS LEGERS

Moursalou Koriko¹, Dodji Zounon¹, Agbegnigan Degbe¹, Sanonka Tchegueni¹, Diyadola Dihéénane Bafai¹,
Koffi Fiaty², Gado Tchangbedji¹ and Patrick Drogui³

1. Laboratoire GTVD (Gestion Traitement et Valorisation des déchets), Université de Lomé BP 1515 Lomé, Togo.
2. Laboratoire d'Automatique, de Génie des Procédés et de Génie Pharmaceutique (LAGEPP), 43 Boulevard du 11 Novembre 1918, Bâtiment CPE, 69622 Villeurbanne Cedex, Université Claude Bernard Lyon-1.
3. Centre Eau Terre Environnement de l'Institut National de la Recherche Scientifique (INRS)- ETE, 490 Couronne St, Quebec City, Quebec G1K 9A9, Canada Québec, Canada.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 28 July 2021

Final Accepted: 31 August 2021

Published: September 2021

Key words:-

Clays, Aklakou, Characterizations, Chemical Analysis, Thermal Analysis, X-Ray Diffraction and IRTF

Mots clés

Argiles, Aklakou, Caractérisations, Analyse chimique, Analyses thermiques, Diffraction des Rayon X, IRTF.

Abstract

In order to contribute to the enhancement of local materials, Aklakou clays taken from the quarry and used for pottery have been characterized from a physicochemical and mineralogical point of view. Thus, the samples taken from the quarry were subjected to chemical and mineralogical analyzes. Several qualitative and quantitative analysis techniques were used (chemical analysis, thermal analysis, X-ray diffraction and analysis by I.R. spectroscopy). These results demonstrated the richness of this quartz clay, resulting in a high proportion of silica (77.62%). This study was therefore essential before any application of this type of clay in the formulation of aggregates and pottery products or even ceramics in the broad sense. We can therefore conclude that the clays mined at the Aklakou quarry are very favorable materials for formulations of pottery products and in other fields such as the formulation of light aggregates.

Résumé

Dans le but de contribuer à la valorisation des matériaux locaux, les argiles d'Aklakou prélevées à la carrière et utilisées pour la poterie ont été caractérisées du point de vue physico-chimique et minéralogique. Ainsi, les échantillons prélevés de la carrière, ont été soumis à des analyses chimiques et minéralogiques. Il a été fait appel à plusieurs techniques d'analyses qualitatives et quantitatives (analyse chimique, analyse thermique, diffraction aux rayons X et analyse par spectroscopie I.R.). Les résultats ont mis en évidence la richesse de cette argile en quartz dont résulte une forte proportion en Silice (77,62 %). Cette étude était donc indispensable avant toute application de ce type d'argile dans la formulation des agrégats et des produits de la poterie voir de la céramique au sens large. Les argiles exploitées à la carrière d'Aklakou peuvent servir de matériau d'amendement dans la valorisation des déchets phosphatés en vue de leur utilisation ultérieure pour la fabrication des agrégats légers.

Copy Right, IJAR, 2021. All rights reserved.

Correspondant:-Moursalou Koriko (e-mail : mkoriko@univ-lome.tg)

Adresse:-Laboratoire GTVD (Gestion Traitement et Valorisation des déchets), Université de Lomé BP 1515 Lomé, Togo.

Introduction:-

Les argiles, constituants principaux des sols, utilisées depuis des millénaires par l'homme, sont des roches composées essentiellement de silicates en feuillets d'aluminium (phyllosilicates). Contrairement à ce que l'on peut penser, il existe plusieurs types d'argiles qui se distinguent selon la structure du feuillet et les principaux sont la kaolinite $((\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{Al}_4(\text{OH})_8)$, les lessmectites $((\text{OH})_4\text{Si}_8(\text{Al}_{10/3}, \text{Mg}_{2/3})\text{O}_{20}, n\text{H}_2\text{O})$, les illites $((\text{K}, \text{H}_2\text{O})_2\text{Si}_8(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mg})_{4,6}\text{O}_{20}(\text{OH})_4)$ et les chlorites $((\text{OH})_4(\text{Al}, \text{Si})_8(\text{Mg}, \text{Fe})_6\text{O}_{20})$ [1]. Ces structures sont composées de couches tétraédriques dont la base est un tétraèdre silicium-oxygène (SiO_4), et de couches octaédriques de base un octaèdre aluminium-oxygène/hydroxyle ($\text{Al}(\text{OH})_6$). En raison de leurs propriétés minéralogiques et physico-chimiques, elles possèdent une grande variété de domaines d'utilisation. C'est ainsi qu'on les utilise dans la construction, la pétrochimie, l'alimentation, le plastique, dans le milieu de la santé, le traitement des eaux, la peinture mais aussi comme barrière pour les polluants, comme absorbant, comme catalyseur, etc. [2-8]. Cependant au Togo, les domaines majoritaires d'utilisation d'argile sont d'une part la poterie et d'autre part la construction de maisons individuelles d'habitation. Les études sur les caractérisations physico-chimiques et minéralogiques des argiles sont rencontrées dans la bibliographie [9-17]

Dans le cadre de la valorisation des boues de phosphate et les refus aux cribles dans l'élaboration des agrégats légers, une étude de caractérisation de ces matériaux a été réalisée sur les mines de Hahotoé et Kpogamé au Togo [18]. Les résultats des compositions chimiques et minéralogiques de ces rejets ont révélé que cet objectif ne peut être atteint qu'à condition de les enrichir en composés aluminosilicates.

Pour mieux valoriser un produit, la connaissance de sa matière première à travers sa caractérisation est importante. Cette présente étude a pour objectif de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et minéralogiques des argiles d'Aklakou utilisées uniquement dans la poterie dans le but de pouvoir l'utiliser comme matériel d'amendement dans la fabrication des agrégats légers à partir des rejets issus des traitements de phosphates naturels des mines de Hahotoé-Kpogamé.

Matériels et Méthodes:-

Echantillonnage de l'argile étudiée

Afin d'enrichir les déchets phosphatés en aluminosilicate, un composé très important dans la fabrication des agrégats légers, l'argile en provenance du canton d'Aklakou situé à 57 km de la ville de Lomé a été utilisée. Le canton est limité au sud par le canton d'Agouégan, au nord par les cantons Attitogon, Hompou, à l'ouest par Ganavé/Fiata et Glidji et à l'Est par le fleuve Mono délimitant la frontière entre le Togo et le Bénin. La carte présentée sur la figure 1 montre la localisation du canton d'Aklakou par rapport à Lomé la capitale. Les coordonnées géographiques sont $6^{\circ}19'60''$ N et $1^{\circ}43'0''$ E en DMS (degrés, minutes, secondes) ou 6.33333 et 1.71667 (en degrés décimaux).



Figure 1:- Localisation cartographique du canton d'Aklakou.

Caractérisation des matériaux

Cette étape exige une mise en poudre du matériel. Un broyage préliminaire, effectué avec un mortier et un pilon agate de 20 mm de diamètre et 70 mm de hauteur, a permis d'avoir des poudres ou fragments millimétriques, sans contamination, de tous les échantillons. La caractérisation physico-chimique des matières premières a été réalisée dans les laboratoires en France et au Canada.

Analyse chimique par ICP-AES

L'analyse chimique par Spectrométrie d'Emission Atomique à source Plasma Inductif (ICP-AES) a été réalisée au Centre Eau Terre Environnement (CETE) de l'Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) de l'Université de Québec Trois Rivières (UQTR). Cette analyse élémentaire des phases solides par ICP-AES a nécessité au préalable, une étape de minéralisation par fusion alcaline ou digestion à l'eau régale [20] de l'échantillon pour le solubiliser totalement. Le spectromètre utilisé au cours de cette étude est de marque ICP-AES Dual View 5110.

Analyses thermiques

Les analyses thermogravimétriques (ATG) et thermiques différentielles (ATD) des échantillons étudiés ont été réalisées au Laboratoire d'Automatique, de Génie des Procédés et de Génie Pharmaceutique (LAGEPP) de l'Université Claude Bernard Lyon 1 en France. L'appareil utilisé est de type « NETZSCH TG 209F122-10-210-K » équipé d'un four permettant d'atteindre des températures allant jusqu'à 1200 °C dans une gamme de température allant de la température ambiante (25 °C) à 1000 °C sous un courant gazeux d'azote.

Analyse par diffraction des rayons X

La composition minéralogique des différents échantillons a été déterminée sur les échantillons en poudre par diffraction des rayons X (DRX) au Laboratoire d'Automatique, de Génie des Procédés et de Génie Pharmaceutique à l'aide d'un diffractomètre Bruker D8 en géométrie Bragg – Brentano.

Analyse par spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF)

Les analyses par spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier ont été réalisées à l'aide d'un spectrophotomètre de type VERTEX70, Gamme spectrale : 400-4000 cm⁻¹ au Laboratoire d'Automatique, de Génie des Procédés et de Génie Pharmaceutique de l'Université de Lyon 1.

Resultatset Discussion:-

Composition chimique

Les compositions chimiques des éléments mineurs (en mg/kg) des échantillons étudiés sont répertoriées dans le tableau 1 et ceux des éléments majeurs (en %) dans le tableau 2.

Tableau 1:- les éléments mineurs contenus dans l'argile.

Constituants	As	Ba	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Teneur (ppm)	< 1.2	330	< 0.04	8,08	63	7,08	3,99	185	60	16,6

Tableau 2:- les éléments majeurs contenus dans l'argile.

Composés	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂
Teneur (%)	8,28	1,31	2,97	0,84	0,47	0,07	1,22	0,04	77,62

L'analyse des résultats du tableau 2 montre que l'argile étudiée est essentiellement constituée de silice (77,62 %) et d'alumine (8,28 %) avec un rapport silice/alumine très élevé en moyenne de 9,37 et une teneur très faible en oxyde de fer (2,97 %). Cela fait de ces échantillons, des aluminosilicates très faibles en fer. La valeur élevée du rapport silice/alumine indique la présence de quartz libre dans l'argile d'Aklakou en grande quantité. D'autre part cette valeur montre que ce matériau est peu perméable. En effet plus le rapport alumine/silice est grand plus la perméabilité du matériau est importante [7]. La teneur globale des autres oxydes (CaO, K₂O, MgO, MnO, Na₂O, P₂O₅) n'atteint que 3,95%. Cette argile constitue alors une importante source d'enrichissement en aluminosilicate. L'analyse révèle sur le tableau 1, la présence d'éléments mineurs comme Ba, Sr, Cr et V à des concentrations variant entre 60 et 330 mg/kg.

Comportement thermique

L'étude du comportement thermique (**figure 3**) a mis en évidence trois pertes de masses successives en relation avec trois domaines de températures, attribuées respectivement à l'eau d'adsorption, à l'eau de constitution, aux matières organiques et à la décomposition des carbonates.

La perte de masse initiale de 1,92 % de la température ambiante à 180 ° C est due à la désorption des molécules d'eau adsorbées à la surface de l'argile. La seconde perte la plus importante de 4 % s'est produite entre 180 et 575 °C. Cette perte de masse résulte certainement et simultanément du départ de l'eau structurale, de la décomposition des matières organiques et de la déshydroxylation des minéraux argileux [21].

La dernière perte produite entre 575 et 1000 °C correspond à une perte de masse de 2 %. Cette perte de masse pourrait être due à la décomposition des carbonates avec libération de CO₂[22]. La pertetotaleest de 7,92 %.

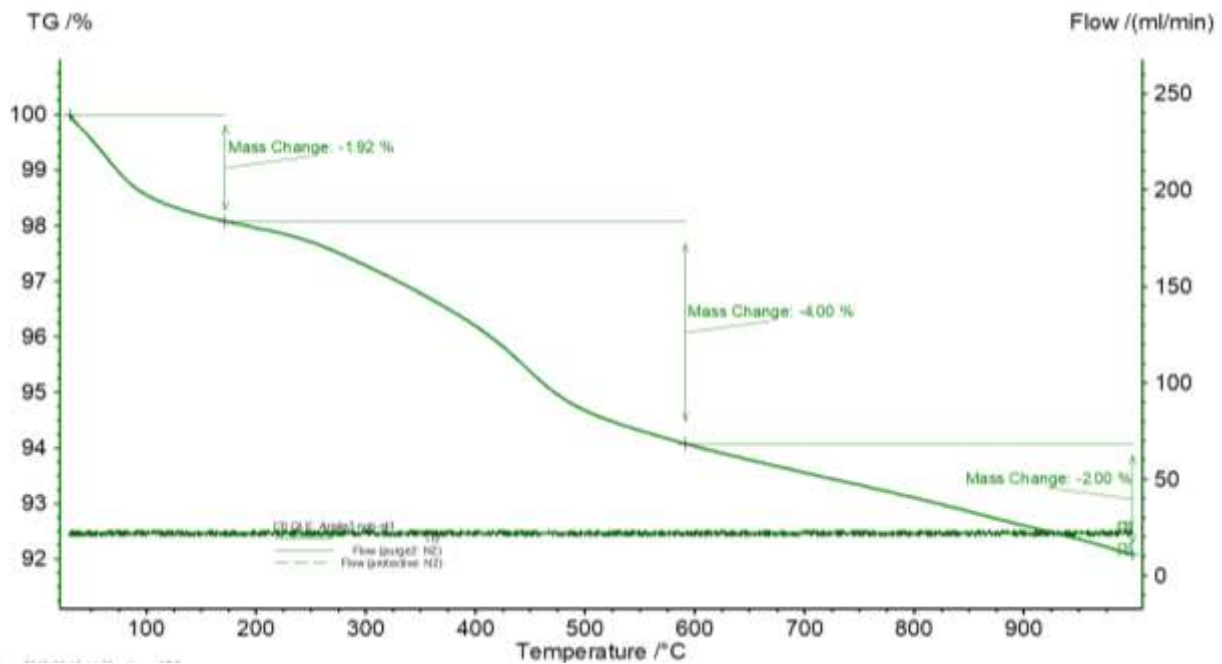


Figure 3 :- Courbesthermogravimétriques de l'argile.

Analyse par diffraction des rayons X de l'argile:

Les résultats du diffractogramme de l'échantillon brut, échantillon composite, représentatif de la carrière sont représentés sur la figure 4. L'analyse spectrale de l'argile présente en majorité des raies de diffraction attribuées au quartz. En effet ce diffractogramme a été comparé avec les matériaux du fichier POW_COD grâce au logiciel "QualX". On a constaté majoritairement que les pics du quartz référencié au code 00-101-1159 de formule chimique SiO₂ cristallisé dans le système hexagonal, appartenant au groupe d'espace P3221S de paramètres de maille a = b = 9,3630 Å et c = 6,8780 Å ,se retrouvent dans notre diffractogramme. Ces résultats confirment ceux obtenus au cours de l'analyse chimique qui montrent une proportion importante de SiO₂. Cette argile peut alors être aisement utilisée pour enrichir les rejets phosphatés en silice.

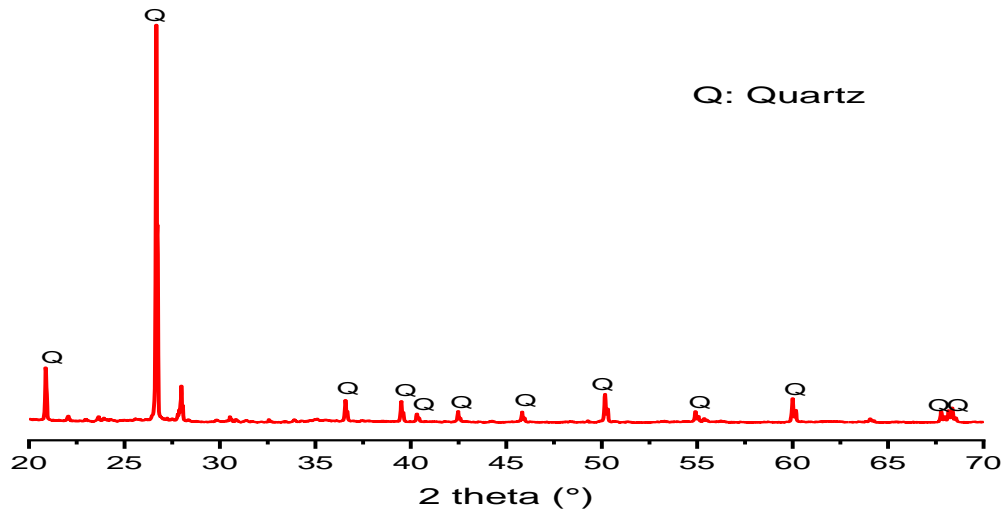


Figure 4:- DRX de l'argile d'Aklakou.

Analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier de l'argile

Le spectre infrarouge de l'argile (figure 5) présente une large bande située entre 3700 cm^{-1} et 3000 cm^{-1} dans la zone des élongations des hydroxyles, sur laquelle on détecte des pics situés à 3695 cm^{-1} et 3620 cm^{-1} . La bande située entre 1650 cm^{-1} et 1600 cm^{-1} correspond aux déformations angulaires des liaisons O-H des molécules d'eau hygroscopique [23]. Les bandes situées à 1040 cm^{-1} , 799 cm^{-1} , 780 cm^{-1} , 696 cm^{-1} et 500 cm^{-1} ont été attribuées au quartz [24].

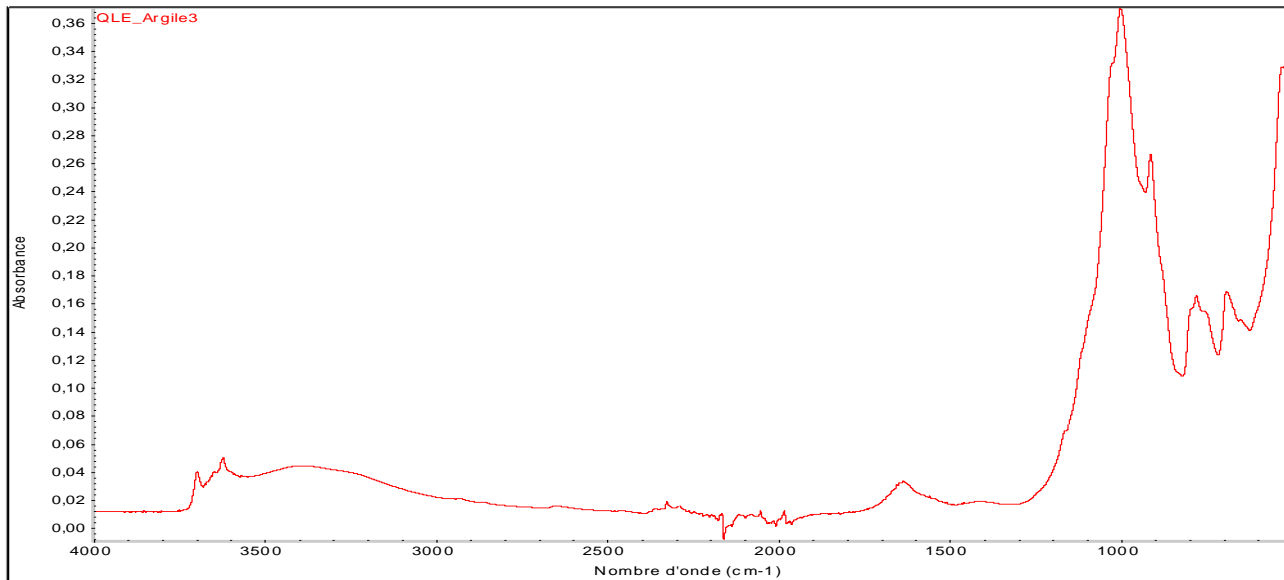


Figure 5:- FTIR de l'argile d'Aklakou.

Conclusion :-

L'objectif de cette étude est d'examiner la possibilité d'enrichir les déchets phosphatés en silice et alumine à partir de l'argile d'Aklakou afin de les valoriser par la fabrication des agrégats légers. L'analyse des résultats obtenus à partir des différentes caractérisations physico-chimiques montre que l'argile étudiée est essentiellement constituée de silice et d'alumine. Cette argile constitue alors une source d'enrichissement en aluminosilicate. L'étude du comportement thermique a mis en évidence trois pertes de masses successives en relation avec trois domaines de températures, attribuées respectivement à l'eau d'adsorption, à l'eau de constitution, aux matières organiques et à la décomposition des carbonates. L'analyse par diffraction des rayons X de l'argile a permis d'avoir les spectres de

rayons X qui présentent en majorité des raies de diffraction attribuées au quartz. Les pics du quartz référencés au code 00-101-1159 sont majoritairement de formule chimique SiO_2 . Les résultats de la caractérisation ont mis en évidence la richesse de l'argile d'Aklakou en alumine (Al_2O_3) et silice (SiO_2).

Remerciements:-

Les auteurs tiennent à remercier tout le personnel technique des Laboratoires LAGEPP en France et du Centre Eau Terre Environnement de l'Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) au Canada pour avoir accepté d'effectuer les caractérisations physico-chimiques et minéralogiques de nos échantillons. Ce travail a été soutenu financièrement par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) du Canada à travers le projet FGÉPRO (Formation en Génie des Procédés Industriels pour le Traitement et la Valorisation des Déchets Agricoles/Agro-industriels en Produits à Haute Valeur Ajoutée).

Références Bibliographiques:-

- [1] Truche Camille 2010. Caractérisation et quantification des minéraux argileux dans les sols expansifs par spectroscopie infrarouge aux échelles du laboratoire et du terrain. Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse. p. 229.
- [2] Bergaya, F., Lagaly, G., 2006. General introduction: clays, clay minerals, and clay science, chap.1. In: Bergaya, F., Theng, B.K.G., Lagaly, G. (Eds.), Handbook of Clay Science. Development of Clay Science, vol. 1. Amsterdam, pp 1-18
- [3] Bergaya, F., Vayer, M., 1997; CEC of clay, Measurement by adsorption of a copper ethylene diamine complex. Appl. Clay. Sci., 12; 275-280.
- [4] Diawara SO. 2009. Caractéristiques géotechniques, chimiques et mécaniques des matériaux argileux utilisés dans la construction de l'actuelle cité de Djenné : essais de renforcement. Thèse de l'Université de l'université de Bamako, Mali. p. 187.
- [5] Keita I. 2014. Géomatériaux argileux du Mali pour la construction. Propriétés mécaniques, durabilité et rôle des tanins. Thèse de Doctorat, Université des Sciences Techniques et Technologiques de Bamako ; Université de Limoges. p. 209.
- [6] Moore and Reynolds, 1989. X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Oxford University Press.
- [7] Qlihaa A., Dhimni S., Melrhaka F., Hajjaji N., Srhiri A. 2016. Caractérisation physico-chimique d'une argile Marocaine, J. Mater. Environ. Sci. 7 (5), 1741-1750
- [16] Saadi L., Jabry E., Moussa R., Caractérisation physico-chimique d'argiles marocaines, J. Chim Phys 88 (1991) 2347-2353. <https://doi.org/10.1051/jcp/1991882347>
- [8] Sorgho B. 2013. Caractérisation et valorisation de quelques argiles du Burkina Faso : application au traitement des eaux et aux géomatériaux de construction. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou. p.177.
- [9] Armel B. LAIBI, Moussa GOMINA, Brahim SORGHO, Etienne SAGBO, Philippe BLANCHART, Mohamed BOUTOUIL, Dominique K. C. SOHOUNHLOULE, 2016. Caractérisation physico-chimique et géotechnique de deux sites argileux du Bénin en vue de leur valorisation dans l'éco-construction. Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(1): 499-514. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i1.40>
- [10] Ayaria F., Srasrab E., Trabelsi-Ayadia M. 2005. Characterization of bentonitic clays and their use as adsorbent. Desalination 185; 391-397. doi:10.1016/j.desal.2005.04.046
- [11] Bentahar Y. 2016. Caractérisation physico-chimique des argiles marocaines : application à l'adsorption de l'arsenic et des colorants cationiques en solution aqueuse, Thèse Université de Nice-Sophia Antipolis, p. 168
- [12] Camille M. 2010. Contribution à la formulation et à la caractérisation d'un éco matériau de construction à base d'agroressources. Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse. p. 189.
- [13] Gourouza M.; Zanguina A., Natatou I., Boos A. 2013. Caractérisation d'une argile mixte du Niger. Rev. CAMES – Sciences Struct. Mat. (1), 29-39.
- [14] Guerraoui F, Zamama M, Ibnoussina M. 2008. Caractérisation minéralogique et géotechnique des argiles utilisées dans la céramique de Safi (Maroc). African Journal of Science and Technology, 9(1): 1-11.
- [15] Juliano Alves de Senna 2008. Characterization of clay used in the ceramic manufacturing industry by reflectance spectroscopy ; An experiment in the Sao Simao ball-clay deposit, Brasil, Applied clay sciences 14(2008) 85-98.
- [16] Besq. A, Malfoy. C, Pantet. A, Monnet. P, Righi. D, (2003); Physicochemical characterisation and flow properties of some bentonite muds, Applied Clay Science 23(5-6):275-286. DOI : 10.1016/S0169-1317(03)00127-3

- [17]Wetshondo OD. 2012. Caractérisation et valorisation des matériaux argileux de la province de Kinshasa (RD Congo). Thèse de Doctorat Unique de l'Université de Liège (Belgique). p. 199.
- [18]Moursalou Koriko, Dodji Zounon, SanonkaTchegueni, Diyadola DihéénaneBafai, Koffi Agbegnigan Degbe, Koffi Fiaty, Patrick Drogui, Gado Tchangbedji, 2021. Physicochemical and Mineralogical Characterizations of Wastes Coming from Phosphate Ore Processing of Hahotoé and Kpogamé Mines. *J. of Minerals and Materials Characterization and Eng.*, 9(4.), 2021, DOI: [10.4236/jmmce.2021.94027](https://doi.org/10.4236/jmmce.2021.94027)
- [19]Mathieu C. and Pieltain F. 2003. Analyse chimique des sols : Méthodes choisies: Lavoisier.
- [20]Michael H.Ramsey, Philip J. Potts, Peter C.Webb, Peter Watkins, John S.Watson, Barry J. Coles, 1995. An objective assessment of analytical method precision: comparison of ICP-AES and XRF for the analysis of silicate rocks, *Chemical Geology*, 124 (1995) 1–19. DOI:[10.1016/0009-2541\(95\)00020-M](https://doi.org/10.1016/0009-2541(95)00020-M)
- [21]Loutou M., Hajjaji M., Mansori M, Favotto C., Hakkou R, 2013. Phosphate sludge: Thermal transformation and use as lightweight aggregate material, *Journal of Environmental Management*, 130 (2013) 354–360. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.09.004>
- [22] S. Boudaghpour, S. Hashemi. (2008). A Study on Light Expanded Clay Aggregate (LECA) in a Geotechnical View and its Application on Greenhouse and Greenroof Cultivation, *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOLOGY*, 2(5).
- [23]Srasra E. 1994, Infrared Spectroscopy Study of Tetrahedral and Octahedral Substitutions in an Interstratified Illite-Smectite Clay, *Clays and Clay Minerals*, 42 (1994) 237–241. <https://doi.org/10.1346/CCMN.1994.0420301>
- [24]Rui M. Almeida, Pantano Carlo G., 1990. Structural investigation of silica gel films by infrared spectroscopy, *Journal of Applied Physics*, 68 (1990) 4225–4232. <https://doi.org/10.1063/1.346213>.