



ISSN NO. 2320-5407

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

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/12257
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/12257>



INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED RESEARCH (IJAR)
ISSN 2320-5407
Journal Homepage: <http://www.journalijar.com>
Article DOI:10.21474/IJAR01/12257

RESEARCH ARTICLE

CARACTERISATION DES ARGILES DE LA REGION DE ZINDER PAR LES METHODES DE DIFFRACTION X ET FLUORESCENCE X

CHARACTERIZATION OF CLAYS IN THE ZINDER REGION BY X-RAY DIFFRACTION AND X-RAY FLUORESCENCE METHODS

**Abdoulkader Moussa Issaka¹, Boubou Hassane², Ibrahim Wagani³, Amadou Abdourhamane Touré²,
Souleymane Issa Malam Salmanou¹ and Zibo Garba²**

1. Faculté des Sciences et Techniques (FST), Département des Sciences Géologiques en Environnementales (SGE), Université de Zinder (UZ).
2. Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Département de Géologie, Université Abdou Moumouni de Niamey (UAM).
3. Faculté des Sciences et Techniques, Université Dan DickoDankoulodo de Maradi (UDDM).

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 31 October 2020

Final Accepted: 30 November 2020

Published: December 2020

Key words:-

Clays, X-Ray Diffraction,
Chemical analysis, Kaolin Deposits,
Zinder

Abstract

In order to characterize clays of the Zinder region, 20 samples were taken from the quarries of Magaria, Mirriah, Guidimouni and Kolleram and four composite samples were made and representative of the quarries. These samples were subjected to chemical and mineralogical analyzes. Chemical analysis shows that the materials from these four quarries are aluminosilicates, but in varying proportions. The samples from the Magaria and Kolleram quarries, contain proportions of carbon which induce them a blackish color and alkaline and alkaline-earth elements (CaO, K₂O, MgO). The samples from Mirriah and Guidimouni, are very rich in iron oxide (Fe₂O₃) which induces a reddish color. The main mineralogical phases detected by X-ray diffraction in the raw samples and fine fractions from the four quarries were kaolinite, a mica structure close to illite and quartz. These quarries then constitute kaolin deposits, primary and secondary. Those of Magaria and Kolleram are secondary and less favorable to formulations of ceramic products and those of Mirriah and Guidimouni are primary and very favorable to formulations of ceramic products such as pottery from Mirriah.

Copy Right, IJAR, 2020,. All rights reserved.

Introduction:-

Les matériaux argileux, exploités au niveau des carrières, sont largement utilisés, en raison de leurs propriétés physico-chimiques (Sorgho, 2013; Keita, 2014). Au Niger, les domaines majoritaires d'utilisation d'argiles sont la construction de maisons individuelles d'habitation et la poterie ou la céramique au sens large. La région de Zinder, par sa géologie, est une zone potentiellement riche en argile. La poterie de Mirriah, une commune de la région de Zinder, est bien connue hors de nos frontières. Or pour mieux valoriser un produit, la connaissance, de sa matière première, à travers sa caractérisation, est importante. Le matériau argileux exploité au Niger et à Zinder en particulier, ne demeure scientifiquement pas bien connu. Seules quelques publications, comme celle relative à

l'étude des caractéristiques chimiques et minéralogiques d'une argile mixte de la région de Tahoua est disponibles dans la littérature (Wenmenga et al., 2007; Gourouza et al., 2013).

Dans cet article, l'accent portera sur la caractérisation physico-chimique et minéralogique des argiles exploitées dans la région de Zinder au niveau des carrières de Magaria, Mirriah, Guidimouni et Kolleram.

Matériel et Méthodes:-

Matériel:

Les matériaux argileux qui font l'objet de l'étude ont été prélevés au niveau des carrières dans les localités de Magaria, Mirriah, Guidimouni et Kolleram, toutes des communes de la région de Zinder. Il s'agit des matériaux utilisés depuis plusieurs décennies par les populations de ces localités surtout dans la construction des habitats et dans la poterie en ce qui concerne le matériel de Mirriah. Les matériaux prélevés pour cette étude ont été référencés MAG pour l'échantillon représentatif de Magaria, MIR pour l'échantillon représentatif de Mirriah, GID pour l'échantillon représentatif de Guidimouni et KOL pour Kolleram.

Le choix des matériaux de ces localités, a été surtout guidé par la couleur du matériel. Ainsi deux tendances de couleurs de matériel argileux, ont été identifiées, noirâtre (Magaria et Kolleram) et rougeâtre (Mirriah), (Figure 1).

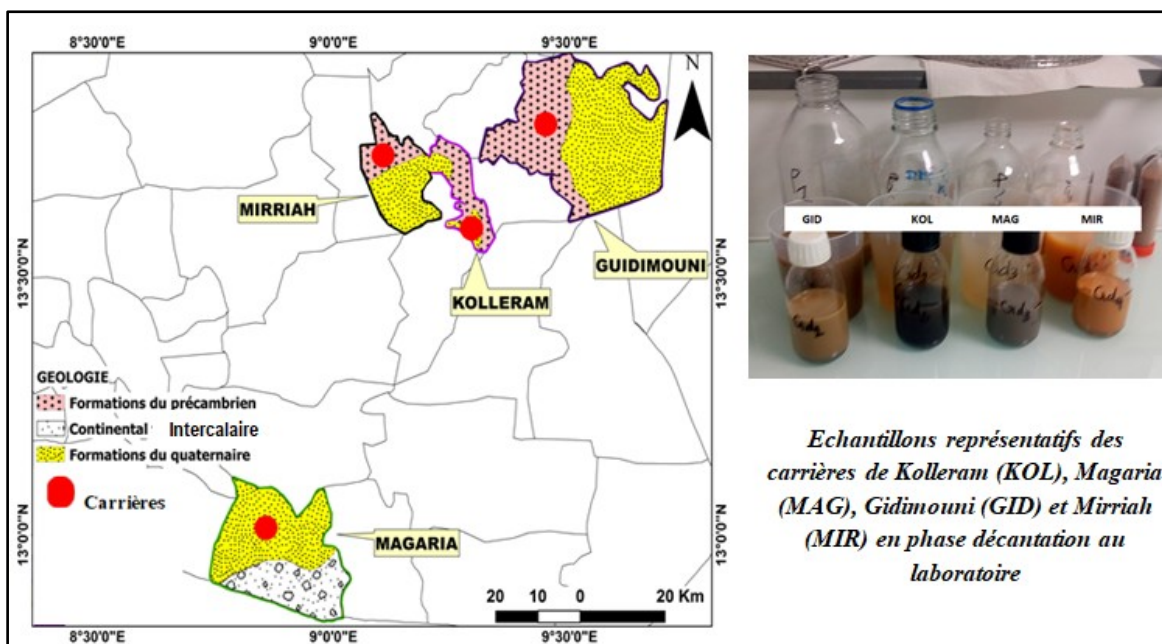


Figure1:- Carte géologique des communes de Magaria (MAG), Mirriah (MIR), Guidimouni (GID) et Kolleram (KOL).

Sur le plan géologique, les quatre carrières échantillonnées sont situées entre une série granitique qui correspond aux formations granitiques du socle précambrien du Damagaram Mounio (Mirriah et Guidimouni) et une série sédimentaire constituée des dépôts récents du Quaternaire (Magaria et Kolleram) et des grès du Continental intercalaire (Figure 1).

Echantillonnage:

L'opération d'échantillonnage a concerné les carrières les plus exploitées de ces quatre localités. Ainsi, une carrière par localité est retenue et échantillonnée soit quatre carrières dont deux situées sur le socle précambrien (Mirriah et Guidimouni) et les deux autres sur les formations du quaternaire (Magaria et Kolleram). Ainsi au niveau de chaque carrière le prélèvement s'est effectué comme suit. Cinq (05) points de prélèvement ont été identifiés et prélevés de part et d'autre dans la carrière et un échantillon représentatif de chaque localité a été composé au laboratoire à partir d'un mélange à proportions égales de 500 g de cinq (05) échantillons prélevés au niveau de ces cinq points de prélèvement de chaque carrière. Les vingt échantillons prélevés, respectivement MAG1, MAG4, MAG3, MAG4, MAG5 pour la carrière de Magaria, MIR1, MIR2, MIR3, MIR4, MIR5 pour la carrière de Mirriah, GID1, GID2,

GID3, GID4, GID5 pour la carrière de Guidimouni et KOL1, KOL2, KOL3, KOL4, KOL5 pour la carrière de Kolleram KOL, ainsi que les quatre (04) échantillons composés représentatifs de ces quatre carrières (MAG, MIR, GID et KOL), ont été envoyés au laboratoire pour les analyses physico-chimique et minéralogique.

Méthodes expérimentales:-

Les méthodes de cette étude exigent une mise en poudre du matériel. Un broyage préliminaire, effectué avec un mortier et pilon agate de 20 ml de diamètre et 70 mm de hauteur, a permis d'avoir des poudres ou fragments millimétriques, sans contamination, de tous les 24 échantillons. Cette opération a été exécutée au Laboratoire d'Hydrosciences de Montpellier (HSM) en France.

La fluorescence X:

les compositions chimiques des échantillons bruts ont été déterminées par spectrométrie X-Ray Fluorescence-Philips PW 2400 XRF. Ces analyses par spectrométrie X-Ray Fluorescence (XRF), effectuées au niveau de département de chimie, Faculté des sciences de l'Université de Montpellier 2 en France, ont permis de connaître la composition chimique des échantillons. Ainsi dans cette étude, les pourcentages massiques des composés (des oxydes) et de certains éléments chimiques simples, tel que le carbone, constituant les échantillons bruts ont été déterminés.

La diffraction X (DRX):

les compositions minéralogiques ont été obtenues à partir de la diffraction des rayons X sur poudre et sur lame mince.

La diffraction des rayons X sur poudre a été réalisée sur 20g de poudre de chaque échantillon composite brut (MAG, MIR, GID, KOL), représentatif des matériaux des carrières de Magaria, Miriah Guidimouni et Kolléram. Le diffractomètre utilisé, ici, est de marque Philips PW3710, équipé d'un système goniométrique X'PERT et muni d'un monochromateur arrière permettant d'éliminer la raie K β de l'anticathode de cuivre. La radiation émise correspond à la raie K α du cuivre ($\lambda = 1.54184 \text{ \AA}$).

La diffraction des rayons X sur lame mince a été réalisée, quant à elle, pour la fraction argileuse (inférieure à 2mm) extraite des 20g de chaque échantillon composite (MAG, MIR, GID, KOL). Le diffractomètre utilisé est un appareil de marque BRUKER Advance D8 dans une configuration θ - θ , utilisant la radiation CuK α ($\lambda = 1.54 \text{ \AA}$) avec une fente de divergence fixe de 0.3° et une rotation de l'échantillon. Les diffractogrammes ont été enregistrés entre 2° et 70° avec le détecteur Lynxeye. L'analyse qualitative a été effectuée avec le logiciel X'Pert HighScore plus (+) (version 2.2).

Extraction et estimation du pourcentage de la fraction argileuse:

L'extraction de la fraction argileuse a été effectuée selon le protocole suivant. Il s'agit d'un protocole connu qui s'exécute selon les étapes suivantes est basée sur le principe de la loi stock (Laibi, 2008).

Au départ, deux portions de 20g de chaque échantillon brut sont prélevés. Chacune est mise en suspension dans une bouteille de 125 cl, remplies d'eau distillée jusqu'au col. Ceci a permis aux particules argileuses de se sédimer. Après homogénéisation des suspensions par agitation des bouteilles à la main, ces dernières sont laissées au repos sur une table stable pendant 100 mn (1h40) ce qui correspond à la sédimentation des particules $< 2 \mu\text{m}$ sur 2 cm (Durand et al., 1995). Un dispositif est ainsi mis en place pour prélever les 2 cm supérieurs de la suspension (mesuré à partir de la surface du liquide) par pipetage.

Cette suspension pipetée est recueillie dans des tubes de centrifugeuse de 50 cl (ce qui correspond au volume pipeté dans les bouteilles).

Et enfin cette suspension est centrifugée à 3000 tours/mn pendant 45-60 mn afin de faire "tomber" les particules en suspension et d'obtenir un culot de centrifugation de particules $< 2 \mu\text{m}$ bien compact pour chacune des deux portions de départ. L'un des culots obtenus a été homogénéisé et étalé sur deux lames de verre, laissées sécher pour obtenir les lames orientées pour la diffraction des rayons X (DRX) et l'autre après centrifugation a été laissé au repos pendant 2h, puis séché à l'étuve à 105°C avant d'être pesé (Moore et Reynolds, 1989).

L'estimation du pourcentage de cette fraction extraite a été ainsi effectuée à partir de l'opération d'extraction de cette fraction par une règle de trois aboutissant à la formule suivante: $P\%_{(fa)} = (M_{(fa)} \times 100) / M_{(eb)}$

$P\%_{(fa)}$: Pourcentage fraction argileuse

$M_{(fa)}$: Masse fraction argileuse

$M_{(eb)}$: Masse échantillon brut

Résultats:-

Analyse chimique:

Les tableaux 1 et 2 présentent les résultats de l'analyse chimique des échantillons des quatre carrières, en éléments constitutifs majeurs. Ces éléments, ici présentés, occupent un pourcentage massique total supérieur à 98% de chaque échantillon. Ceci révèle qu'ils sont bien suffisants pour caractériser ces échantillons (Tableaux 1 et 2).

L'analyse de la composition chimique de chaque échantillon montre, comme le justifie les valeurs très négligeables des écart-types, que les échantillons de chaque site sont très semblables et comparables à l'échantillon composite représentatif du site (Tableaux 1 et 2).

Globalement, tous les 24 échantillons des quatre sites sont constitués majoritairement de la silice (SiO_2) et d'alumine (Al_2O_3). Ceci traduit que tous les échantillons sont des aluminosilicates, caractéristique principale, des matériaux argileux. Par contre des différences sont observées au niveau des rapports silice/alumine et de la présence ou pas de certains éléments comme l'oxyde de fer et le carbone.

Ainsi les sites de Magaria et Kolleram sont caractérisés par une proportion de silice (SiO_2) plus importante que l'alumine (Al_2O_3) et un pourcentage important de carbone (C) respectivement de 19,5% et 22,6%. Des pourcentages non négligeables des éléments CaO, MgO et K_2O sont aussi à noter (Tableau 1).

Les sites de Mirriah et Guidimouni sont caractérisés contrairement par une proportion d'alumine (Al_2O_3) plus importante que la silice (SiO_2) et un pourcentage important d'oxyde de fer (Fe_2O_3) respectivement de 32,1% et 32,3%. La présence du Ti à une proportion non négligeable (supérieure à 1,5%) est observée au niveau de ces échantillons de MIR et KOL (Tableau 2).

Tableau 1:- Analyses chimiques (% massique) des échantillons bruts des carrières de Magaria et Kolleram.

ECHANT.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	C	CaO	MgO	K_2O	Totaux
MAG1	41,453	22,008	7,836	19,982	3,62	1,898	1,51	98,307
MAG2	41,498	22,039	7,918	19,933	3,629	1,962	1,521	98,5
MAG3	41,497	22,026	7,916	19,961	3,621	1,862	1,519	98,402
MAG4	41,468	22,007	7,895	19,907	3,608	1,957	1,561	98,403
MAG5	41,403	22,028	7,918	19,968	3,638	1,927	1,521	98,403
Ecart-type	0,0390602	0,0137949	0,0352392	0,0300283	0,0111669	0,0419011	0,0198696	
MAG	41,138	22,816	7,952	19,592	3,712	1,912	1,864	98,986
KOL1	41,953	25,208	2,906	22,012	3,62	1,893	1,505	99,097
KOL2	41,998	25,201	2,918	22,603	3,629	1,968	1,502	99,819
KOL3	41,997	25,286	2,916	22,591	3,621	1,903	1,489	99,803
KOL4	42,068	25,261	2,895	22,597	3,608	1,857	1,51	99,796
KOL5	42,083	25,324	2,918	22,588	3,638	1,967	1,481	99,999
Ecart-type	0,0542559	0,0521488	0,0100399	0,2606774	0,0111669	0,04866	0,0120125	
KOL	42,018	25,276	2,916	22,602	3,632	1,966	1,472	99,882

Tableau 2:- Analyses chimiques (% massique) des échantillons bruts des carrières de Mirriah et Guidimouni.

ECHANTILLONS	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	C	Ti	Totaux
MIR1	18,626	45,081	32,358	1,281	1,741	99,087
MIR2	18,555	45,098	32,348	1,301	1,798	99,1
MIR3	18,691	45,088	32,353	1,305	1,661	99,098
MIR4	18,696	45,071	32,354	1,155	1,824	99,1
MIR5	18,576	45,091	32,381	1,101	1,847	98,996
Ecart-type	0,0644725	0,0102811	0,0129112	0,094238	0,0746036	
MIR	18,628	45,398	32,108	1,128	1,742	99,004
GID1	17,106	44,401	32,358	4,067	1,969	99,901

GID2	17,075	44,395	32,341	4,177	1,907	99,895
GID3	17,103	44,408	32,373	4,129	1,919	99,932
GID4	17,096	44,402	32,354	4,178	1,907	99,937
GID5	17,076	44,397	32,341	4,155	1,851	99,82
Ecart-type	0,0147885	0,0050299	0,0133529	0,0460456	0,0420095	
GID	17,091	44,402	32,354	4,242	1,716	99,805

Analyses minéralogiques:

La diffractométrie de rayons X a été appliquée sur chaque échantillon représentatif (MAG, MIR, GID et KOL) et sa de fraction inférieure à 2 μm ; soit huit (8) diffractogrammes présentés par la figure3. La diffractométrie de rayons X appliquée sur les poudres brutes des quatre carrières, décèle la présence de la kaolinite et du quartz (Figure2). La diffractométrie de rayons X sur lame mince a été appliquée sur les fractions fines extraites. Cette opération a été exécutée comme suit.

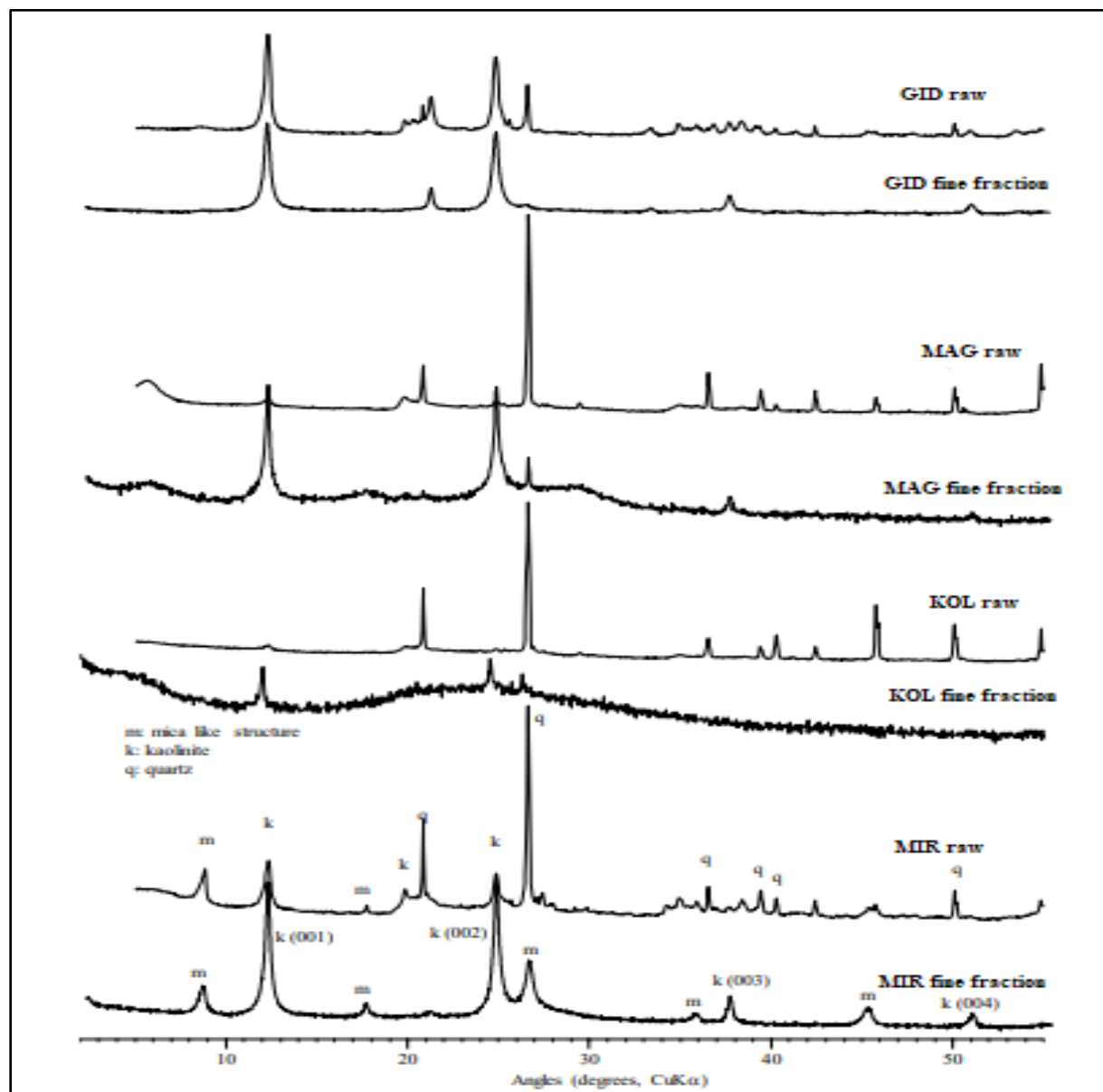


Figure 2:- Diffractogrammes des carrières de Magaria (MAG), Mirriah (MIR), Guidimouni (GID) et Kolleram (KOL).

L'opération d'extraction de la fraction argileuse (inférieure à $2\mu\text{m}$) a concerné 20 g de chaque échantillon brut. Ainsi les masses de 2,6g, 7,9 g, 7,3g et 2,3g de fraction argileuse (inférieure à $2\mu\text{m}$) ont été extraites des quatre échantillons bruts représentatifs des carrières respectivement de Magaria, Mirriah, Guidimouni et Kolleram. Ces masses représentent respectivement 13%, 39,5%, 38% et 11,55% de la masse initiale brute. Ceci révèle que les échantillons de Mirriah et Guidimouni sont plus riches en fraction argileuse que ceux de Magaria et Kolleram.

Les diffractogrammes de ces fractions fines inférieures à $2\mu\text{m}$ révèlent une composition de kaolinite ($2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$) et une structure de type mica plus proche de l'illite ($\text{K}_2\text{O}, 2\text{H}_2\text{O}, 2\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})$) pour les échantillons des quatre carrières de la Région de Zinder. Ainsi ces matériaux exploités au niveau de ces quatre carrières sont donc tous, des argiles kaoliniques (Figure 2).

Discussion:-

Les 24 échantillons des quatre carrières des communes de Magaria, Mirriah, Guidimouni et Kolleram sont tous constitués majoritairement de la silice (SiO_2) et d'alumine (Al_2O_3), une caractéristique principale des matériaux argileux. Seulement la proportion de ces deux éléments est restée variée d'un échantillon à un autre d'un site à un autre. En effet, le rapport proportionnel de ces deux éléments (silice et alumine) est un bon indicateur qui renseigne sur la proportion ou la teneur en minéraux argileux d'un matériel (de Senna, 2008).

Les carrières de Magaria et Kolleram sont proportionnellement plus riches en silice (SiO_2) qu'en alumine (Al_2O_3). Ceci justifie d'une proportion importante de quartz libre mais aussi d'une proportion moins importante en minéraux argileux au niveau de ces deux carrières. Les proportions relativement faibles de 11,5% et 13% des fractions fines de $2\mu\text{m}$ extraites des échantillons bruts sont bien en accord avec ce résultat. Les matériaux de ces deux carrières de Magaria et Kolleram sont aussi caractérisés par les proportions de carbone respectivement de 19,5% et 22,6%, qui leur confèrent une coloration noirâtre (Figure 1). Des proportions non négligeables de MgO , K_2O et CaO sont contenues dans ces matériaux. Il s'agit des alcalins et des alcalino-terreux, qui sont les premiers éléments évacués lors du processus de désilicification (Moinereau, 1977). La désilicification est un processus d'altération par perte de silice (SiO_2). Les carrières de Mirriah et Guidimouni sont, elles plus riches en alumine (Al_2O_3) qu'en silice (SiO_2). Ceci les rend à la fois plus riches en minéraux argileux, plus réfractaires et plus proches des gisements de kaolins (Ledoussal, 1985 ; Sagbo et al., 2015). Des proportions plus importantes de 38% et 39,5% des fractions argileuses ont été extraites respectivement de ces matériaux des carrières de Guidimouni et Mirriah. Ces carrières sont aussi constituées d'une proportion importante d'oxyde de fer (Fe_2O_3) de plus de 32%. Cela leur confère une coloration rougeâtre.

Les phases cristallines, mises en évidence par la diffraction x au niveau des échantillons représentatifs de quatre carrières (MAG, MIR, GID et KOL), sont constituées de la kaolinite ($2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$), du quartz, et une structure de type mica, proche de l'illite ($\text{K}_2\text{O}, 2\text{H}_2\text{O}, 2\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})$). Il s'agit donc des argiles kaoliniques qui se forment par l'hydrolyse des cristaux de feldspath et de certains minéraux silicatés ferromagnésiens comme la biotite des roches acides tels que les granites rencontrés dans le Damagaram (Gregert et Pognet, 1965). Lors de ce processus, il y a une solubilisation des éléments alcalins et alcalino-terreux (K, Na, Ca), lixiviables, la formation d'hydrates d'alumine $\text{Al}(\text{OH})_3$ et de silice $\text{Si}(\text{OH})_4$, ainsi que la formation d'hydroxydes et oxydes de Fe et Ti insolubles. Les hydrates d'alumine et de silice réagissent pour former des argiles, comme la kaolinite, cette réaction est connue sous le nom de siallisation. Les gisements de ces argiles kaoliniques sont soit primaires ou résiduels, soit secondaires ou sédimentaires (Konesshloo, 2007). Si la réaction de formation de la kaolinite (siallisation) a

lieu sur place par les fluides météoriques et/ou hydrothermaux, on parle de gisement primaire ou résiduel (Pouliquen, 2014). C'est le cas de la Kaolinite des carrières de Mirriah et Guidimouni creusées sur le socle granitique du Damagaram (Gregert et Pognet, 1965). Ainsi, c'est dans ces conditions d'altération de ce granite, que la kaolinite proviendrait de l'altération des feldspaths dans un milieu suffisamment drainé et les micas, minéraux ferromagnésiens, quant à eux libéreront beaucoup du fer sous la forme d'oxyde ferrique (El Quandil, 2007). Ceci est en accord avec le pourcentage important de l'oxyde de fer dans les matériaux des carrières de Mirriah et Guidimouni. Cette teneur particulièrement élevée en Fe_2O_3 induit une couleur rougeâtre, ici, plus vive à Mirriah qu'à Guidimouni. La coloration intense est un atout pour cet échantillon car il peut être utilisé comme colorant naturel pour les éléments de poterie (Amoha, 2006). Mais, dans le cas où les produits d'altération subissent un transport puis un dépôt, on parle de gisement secondaire ou sédimentaire. Les zones à plus forte pluviométrie, notamment en intensité des précipitations (ex. orages et averses tropicales), sont aussi plus favorables car l'eau de pluie favorise l'érosion et le transport des particules minérales. Ainsi, les gisements secondaires se forment plus facilement dans

des domaines fluviaux et lacustres. La kaolinite des carrières de Magaria et Kolleram est donc de type secondaire ou sédimentaire car rencontré en le milieu suffisamment drainé, la vallée de la Korama. Les éléments alcalins et alcalino-terreux (MgO, K₂O et CaO) présents de ces échantillons, en constituent aussi une preuve sédimentaire, car il s'agit des produits d'altération transportés et déposés. Ainsi la kaolinite présente dans ces matériaux argileux exploités au niveau de ces carrières, est un minéral important dans sa composition puisqu'il ne favorise pas un phénomène de retrait/gonflement lors de séchage et de la réhumidification. C'est aussi une espèce minérale réfractaire qui limite le fluage à haute température (Bouhyyaoui, 1996). Elle constitue le premier choix des potiers, à cause de sa ténacité, sa dureté, son élasticité, sa supraconductivité et sa faible ductilité (de Senna, 2008). La kaolinite se retrouve fréquemment avec le quartz, comme observé au niveau de toutes les quatre carrières. Seulement la silice constitue un dégraissant pour la kaolinite (Wetshondo, 2012). Sa proportion plus importante dans les échantillons de Magaria et Kolleram, les présentent comme alors comme moins favorables aux formulations des produits céramiques tels que les poteries (Yurdakoc et al., 2008). Les échantillons de Mirriah et Guidimouni, moins riche en silice, sont donc plus favorable à la formulation céramique, la poterie de Mirriah, en est un exemple.

Conclusion:-

Les résultats de la caractérisation chimique indiquent que les 24 échantillons de quatre carrières de Magaria, Kolleram, Mirriah et Guidimouni sont des aluminosilicates, à proportions variées, de couleur noirâtre (Magaria, Kolleram) et rougeâtre (Mirriah et Guidimouni) respectivement dû à la présence du carbone et de l'oxydes de fer.

Les résultats de la caractérisation minéralogique ont permis de déceler dans les échantillons bruts du quartz, de la kaolinite et une structure des micas proches de l'illite et dans les fractions fines de la kaolinite et une structure des micas proches de l'illite sont observées.

Et la présence des certains éléments alcalins et alcalino-terreux au niveau des carrières de Magaria et Kolleram a permis de qualifier la kaolinite de ces carrières de secondaire ou sédimentaire moins favorable aux formulations de produits céramiques. Par contre la présence du titane (Ti) et la proportion importante en oxyde de fer ont permis de qualifier la kaolinite des carrières de Mirriah et Guidimouni de primaire ou résiduelle très favorables aux formulations des produits de la poterie voir de la céramique.

Références:-

1. Amoha BK. 2006. Coloration des blocs d'argile ciment (CIMARG). DEA Sciences de la terre, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, p. 99.
2. Bouhyyaoui F. 1996. Etude géologique, minéralogique et technologique des marnes Miocène Supérieur à Pliocène inférieur de la région de Fès-Meknes et de Rabat-Salé. Thèse de 3ème cycle, Université Mohamed V, Faculté des Sciences, Rabat, 233p.
3. De Senna JA. 2008. Characterization of clay used in the ceramic manufacturing industry by reflectance spectroscopy; An experiment in the Sao Simaoball-clay deposit (Brasil). Applied clay sciences 14(2008) 85-98.
4. Gourouza M, Zanguina A, Natatou I, Boos A. 2013. Caractérisation d'une argile mixte du Niger. Rev. CAMES – Sciences Struct. Mat. **Vol. 1**, p 29-39.
5. Gregert J, Pougnet R. 1965. Carte géologique de la République du Niger au 1/2 000 000. BRGM ed, Paris France.
6. 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.
7. Konesshloo M. 2007. Caractérisation, estimation et valorisation de gisements d'argiles kaoliniques du bassin des Charentes. Engineering Sciences [Physics]. Thèse Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, France, 315 p.
8. Sagbo E, Laibi A, Senou M, Josse R, Mensah J, Borschneck D, Noack Y. 2015. Physico-Chemical and Mineralogical Characterization of some Clays from Coastal Sedimentary Basin of Benin used in Ceramic. Res. J. chem. sci., 5(12): 1-19.
9. 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.
10. Laibi BA. 2008. Caractérisation physicochimique et minéralogique de quelques échantillons d'argile du bassin sédimentaire côtier du Bénin. Mémoire de DEA, Université d'Abomey Calavi, p. 99.

11. Ledoussalh. 1985. Les produits réfractaires. Paris: Société française de céramique.
12. Moore DM, Reynolds RC. 1989. X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Oxford University Press (OUP).
13. Wenmenga U, 2007. Geology Mineralogy and Geochemistry of the Kaolin Deposits of Ouahigouya Area Burkina Faso. Journal- Geological Society of India. (2007) 70, (6), 1015-1020.
14. 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.
15. Yurdakoc M, Akçay M, Tonbul Y, Ok F, Yurdakoc K. 2008. Preparation and characterization of Cr- and Fe-pillared bentonites by using CrCl_3 , FeCl_3 , $\text{Cr}(\text{acac})_3$ and $\text{Fe}(\text{acac})_3$ as precursors. Microporous and mesoporous materials. **Vol. 111**; 211–218.