

RECHERCHE D'ARGILES POUR LA FABRICATION DE BRIQUES RÉFRACTAIRES ALUMINOSILICATES DANS LA ZONE D'ABIDJAN

[SEARCH FOR CLAYS FOR THE MANUFACTURING OF ALUMINOSILICATE REFRACTORY BRICKS IN THE ABIDJAN ZONE]

*Moro Olivier BOFFOUE, Nigbo Badi Roger DJIRAGBOU, Kouakou Clément KOUADIO, Conand Honoré KOUAKOU,
and Edjikémé EMERUWA*

Laboratoire de Géomatériaux et des technologies de l'habitat, UFR des sciences de la terre et des ressources minières,
Université Felix Houphouët Boigny Abidjan Côte d'Ivoire, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: With the aim of searching clays that can be used to produce aluminosilicate refractory bricks, characterization studies were carried out on several clays of the region of Abidjan (Ivory Coast) with refractory potential. These studies concerning the chemical, geochemical, mineralogical and thermal characterization showed that clays of Alepe and Anguededou are very rich in kaolinite and have high alumina, and less proportion of melting alkalis and colouring oxides to be refractory clays. The use of geochemical AB diagram of La Roche adapted to clays indicates those Alepe and Anguededou would have a refractory character. These clays after the various characterization tests have also presented interesting chemical and physico-thermal aptitudes to be used in the elaboration of refractory bricks for the manufacture of ovens, blast furnaces, incinerators etc...

KEYWORDS: clays, refractory bricks, alumina, melting alkalis, colouring oxides, ceramics, geochemical diagrams.

RÉSUMÉ: Dans le but de rechercher des matières premières argileuses utilisables pour la confection de briques réfractaires aluminosilicates, des études de caractérisation ont été réalisées sur plusieurs argiles de la région d'Abidjan à potentiel réfractaire. Ces études portant sur la caractérisation chimique, géochimique, minéralogique et thermique ont montré que les argiles d'Alépé et d'Anguédedou sont très riches en kaolinite et ont des teneurs en alumine élevées, en alcalins fondants et en oxydes colorants faibles et conformes au seuil de teneurs recommandées pour les argiles réfractaires. L'utilisation du diagramme géochimique AB de La Roche adapté aux argiles indique que les terres argileuses d'Alépé et d'Anguédedou seraient à caractère réfractaire. Ces deux argiles à l'issue des différents tests de caractérisation ont d'ailleurs présenté des aptitudes chimiques et physico-thermiques intéressantes pour être utilisées dans l'élaboration de briques réfractaires destinées à la confection de fours, hauts fourneaux, incinérateurs etc...

MOTS-CLEFS: argiles, briques réfractaires, alumine, alcalins fondants, oxydes colorants, céramique, diagrammes géochimiques.

1 INTRODUCTION

La modernisation des activités productrices de matériaux telles que la sidérurgie, les forges et surtout la céramique est une opportunité à exploiter pour le développement des états africains. La sidérurgie, les forges et la céramique sont des activités liées à l'industrie du feu [1]. En Afrique subsaharienne, le secteur des matériaux élaborés à partir d'un traitement thermique a du mal à se développer et cela à cause du manque de structures et d'appareils de cuisson haute température. La construction

de structures de cuisson telles que les fours, les hauts fourneaux, les incinérateurs s'avère nécessaire pour l'essor de la céramique et de la sidérurgie dans ces états. La mise au point de ces instruments de cuisson demande la présence de matériaux pouvant supporter de très fortes chaleurs sans se détériorer notamment les briques réfractaires. La fabrication de briques réfractaires aluminosilicates se fait progressivement dans les pays africains [2]. Ce secteur d'activité y est cependant encore sous-exploité. Les briques réfractaires aluminosilicates sont élaborées à partir d'argiles réfractaires [3], [4]. La fabrication de ce type de briques demande une maîtrise des techniques d'élaboration et de cuisson mais aussi et surtout la présence de matières premières argileuses adéquates.

Les terres utilisées pour la fabrication des réfractaires aluminosilicates sont généralement les argiles caractérisées par une teneur importante en alumine et faible en alcalins fondants et en oxydes colorants. Les matières premières argileuses les plus utilisées dans cette activité sont les kaolins, celles-ci sont en fonction des objectifs fixées souvent enrichies en alumine par ajout de bauxite ou d'autres sources d'alumine.

Les argiles réfractaires se trouvent le plus souvent associés à d'autres minéraux que l'on considère comme des impuretés car ils modifient les propriétés de plasticité, de coulabilité, de couleur, et leur réfractarité etc... A titre d'exemple, la présence de fer, de composés alcalins, alcalino-terreux, de pyrite tend à réduire la réfractarité, exception faite pour les hydrates d'alumine comme le diaspore, la gibbsite, et la bohémite [5]. Par ailleurs, la présence de grains de quartz peut diminuer le retrait sans provoquer une réduction notable de la température de fusion.

Pour le choix d'une argile utilisable en céramique réfractaire, il existe plusieurs critères de sélection qui très souvent présentent quelques incohérences. Il est proposé dans ce travail une méthodologie de sélection d'argiles à caractère réfractaire utilisables pour la mise au point de briques et autres produits réfractaires. Cette sélection s'est appuyée sur une synthèse des différents critères de choix d'argiles réfractaires ; elle s'est basée sur l'étude des caractéristiques chimiques, minéralogiques et thermiques des argiles et a concerné des terres argileuses de la zone d'Abidjan (Côte d'Ivoire).

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE DE TRAVAIL

2.1 MATIÈRES PREMIÈRES

Pour le choix des matières premières argileuses, l'étude a été orientée sur des argiles de la zone d'Abidjan qui selon la bibliographie [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12] et des enquêtes auprès des céramistes et potiers de la ville d'Abidjan seraient disponibles en grande quantité, présenteraient une proportion importante de kaolinite et de ce fait pourraient avoir des propriétés réfractaires.

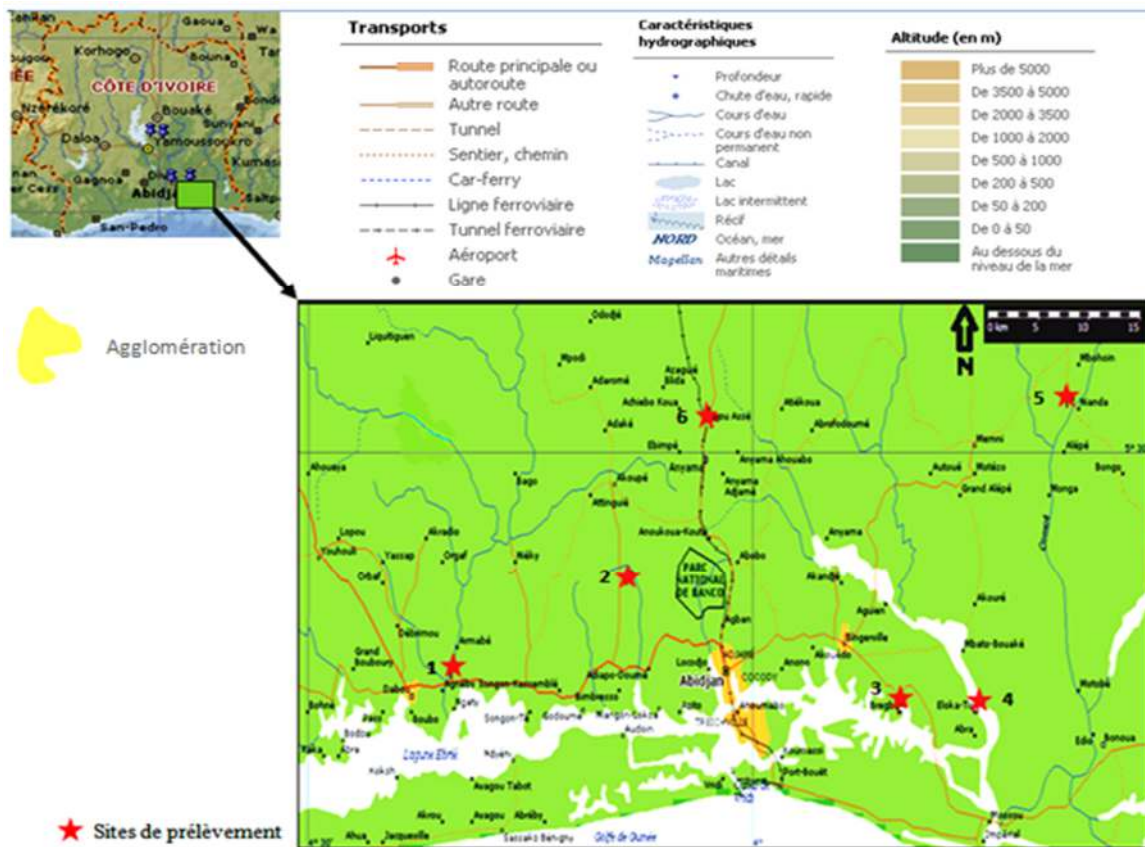


Fig. 1. Zone de prospection des argiles réfractaires

Des prospections et prélèvements d'échantillons d'argiles ont été réalisés sur différents sites répertoriés dans un rayon de 50 km autour de la ville d'Abidjan plus précisément sur des gisements de Dabou (1), d'Anguédou (2), de Bingerville (3 et 4), d'Alépé (5), d'Anyama (6) etc... (Figure 1).

2.2 ETUDES DE CARACTÉRISATION

- L'Analyse chimique a été réalisée sur les pastilles des matières premières grâce à un spectromètre de fluorescence X Explorer S4 de type «Bruker».
- L'Analyse minéralogique s'est faite par la méthode de diffraction des rayons X (DRX). Cette analyse a été faite sur les argiles d'Alépé et d'Anguédou à l'aide d'un diffractomètre Brüker D8 Advance utilisant la radiation $K\alpha$ du cuivre ($\lambda K\alpha$ Cu = 1.54 Å) et fonctionnant sous 40 kV, 30 mA.
- Les analyses thermiques (ATD-ATG) qui permettent de connaître le comportement d'un corps en fonction de la variation de température ont été effectuées grâce à un appareil ATD-ATG couplé de type SETARAM-TG 96. La vitesse de chauffage a été fixée à 5° C/min ; pour un intervalle de mesure compris entre 25 et 1300° C.

2.3 TEST DE CUISSON

Les échantillons d'argiles vont subir des tests de cuisson qui en fonction des résultats obtenus donneront des orientations sur leur comportement en céramique réfractaire. Les échantillons d'argiles sont ainsi cuits à une température de 1280°C en atmosphère oxydant dans un four électrique, la couleur et la texture de ces différentes argiles sont étudiées à l'issue de cette opération.

2.4 ETUDE DE LA MICROSTRUCTURE AU MEB

Les observations au microscope électronique à balayage ont été effectuées sur les matières premières afin d'apporter des informations sur la microstructure des échantillons. L'appareil utilisé est un microscope FEG Supra 40 VP Zeiss équipé d'un système d'analyse de dispersion d'énergie des rayons X (EDAX).

Il est à signaler à ce niveau que ces différentes analyses ont été effectuées aussi bien sur des échantillons crus que des échantillons cuits à une température de 1280°C.

2.5 TRAITEMENT DES DONNÉES (ÉTABLISSEMENT DE DIAGRAMMES GÉOCHIMIQUES)

A partir de leur composition chimique, les échantillons de terres argileuses récoltés dans les gisements sont projetés dans des diagrammes de discrimination géochimiques notamment les diagrammes Si/3-Al et AB de La Roche. Ces diagrammes permettent entre autres de distinguer les roches et les sédiments riches en silice, en éléments ferromagnésiens et alcalins fondants de ceux qui sont riches en éléments alumineux [13]. Ces diagrammes sont utilisés à cause de l'importance des éléments mis en relief en céramique réfractaire notamment l'alumine. L'alumine est un facteur déterminant dans l'utilisation des argiles à cause du pouvoir réfractaire de cet oxyde [14]. Des argiles réfractaires ayant été utilisées dans la fabrication de produits réfractaires avec des résultats satisfaisants et d'autres argiles non réfractaires mais employées en terres cuites seront incluses aux diagrammes pour servir de repère. Ces diagrammes devront servir de guide pour le choix des matières premières argileuses pour réfractaires aluminosilicates.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 CARACTÉRISATION AVANT LA CUISSON

3.1.1 COMPOSITION CHIMIQUE

Les résultats sont présentés dans le tableau 1 suivant.

Tableau 1. Composition chimique des argiles

Oxydes	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃	ZrO ₂	Cr ₂ O ₃	SrO
Bingerville (Site 3)	54.70	36.80	5.32	1.18	0.29	1.26	0.02	0.26	0.10	0.05	0.17	0.96	0.06	-
Anyama	59.85	27.15	6.72	0.03	1.25	3.41	0.03	0.29	0.12	0.03	0.28	0.03	0.67	-
Dabou	56.20	27.75	6.60	1.19	0.64	1.79	1.14	0.73	0.10	0.07	1.19	0.86	0.06	-
Anguédédou	53.90	39.80	2.90	2.87	<0.01	0.44	0.04	<0.19	<0.37	-	<0.20	0.10	0.74	0.02
Alépé	60.60	32.50	3.47	0.78	<0.01	3.51	<0.12	0.85	<0.01	-	<0.14	0.03	0.67	<0.01

La première étape de la démarche de sélection des argiles a concerné l'étude de la composition chimique de celles-ci. En effet la réfractarité d'une argile est liée à l'importance de sa teneur en alumine [4], c'est-à-dire plus une argile est riche en alumine et plus sa température de fusion est élevée. Par contre des teneurs élevées en alcalins fondants (Na₂O, K₂O) favorisent l'apparition de phase liquide et les oxydes colorants (Fe₂O₃, TiO₂) sont aussi des fondants énergétiques qui en plus rendent les matériaux conducteurs de chaleur. Ces trois dernières caractéristiques sont à éviter au niveau des briques réfractaires. A l'analyse du tableau 1, il ressort que les argiles d'Alépé et d'Anguédédou sont des aluminosilicates de teneurs en alumine élevée, en alcalins fondants et en oxydes colorants respectivement proches des valeurs seuils de 3% et de 5% pour matériaux réfractaires [4]. Elles pourraient de ce fait être classées comme étant des matières premières pour brique réfractaire du groupe FC 30 (EN 12475) pour celle d'Alépé, et du groupe FC 35 (EN 12475) pour l'argile d'Anguédédou [1]. L'argile de Bregbo (Bingerville) a une teneur en alumine élevée (proche des 37% donc bon pour les réfractaires aluminosilicates), en alcalins fondants faible (< 2%), cependant sa teneur en oxydes colorants (6,50%) est bien supérieure au seuil des 5% requis pour les matériaux réfractaires. Les compositions chimiques des argiles d'Anyama et de Dabou ne remplissent pas les critères définis ci-dessus. Pour affiner le choix des argiles, le recours à l'utilisation de diagrammes géochimiques regroupant des argiles réfractaires et non réfractaires a été adopté.

3.1.2 DIAGRAMMES GÉOCHIMIQUES

La figure 2 présente la projection des différentes argiles dans le diagramme (Si/3 – Al). Ce diagramme permet de discriminer les roches riches en silice des roches riches en alumine et de celles contenant autant de silice que d'alumine.

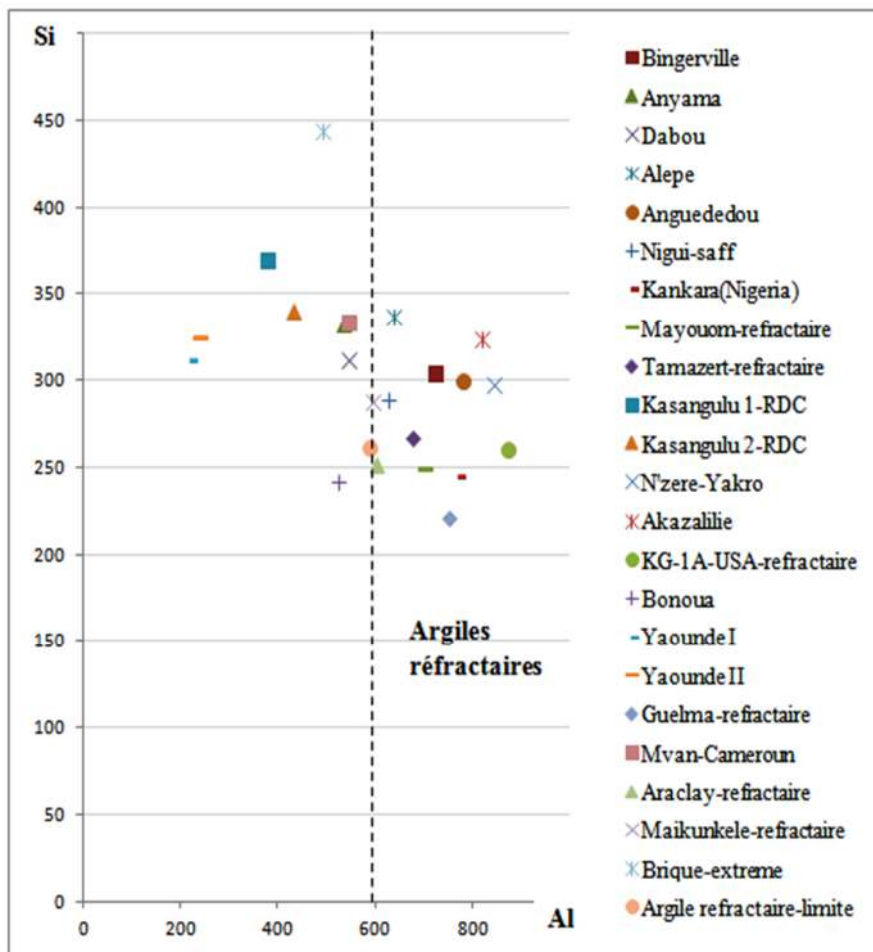


Fig. 2. Diagramme (Si/3 – Al) de La Roche

L'analyse de ce diagramme indique que les argiles d'Alépé et d'Anguédedou se trouvant dans la zone d'Abidjan seraient à caractère réfractaires. D'autres argiles de la Côte d'Ivoire telles que celles d'Akazalilé (Divo), de N'zéré (Yamoussoukro) et Nigui-saff seraient également réfractaires. Ces différentes argiles sont dans la zone des réfractaires. Cette zone se trouve à droite de la ligne passant par le paramètre de l'alumine de valeur 600 (figure 2). 600 étant l'abscisse dans le diagramme d'une argile réfractaire théorique dont les teneurs en alumine, en alcalins fondants et en oxydes colorants sont prises aux limites des valeurs définies par différents critères. L'argile de Bregbo (Bingerville) se retrouve parmi les argiles réfractaires à cause de sa teneur élevée en alumine (36,80%), cependant sa teneur en oxydes colorants est importante pour des aluminosilicates réfractaires.

La figure 3 présente le diagramme de discrimination AB (A = Al - (Na+K+2Ca)) et B = Fe+Mg+Ti) de La Roche.

Le diagramme AB permet de distinguer les roches et les sédiments riches en éléments ferromagnésiens de ceux qui sont riches en éléments alumineux. Les valeurs des paramètres A et B (calculés à partir des pourcentages massiques affectés de coefficients).

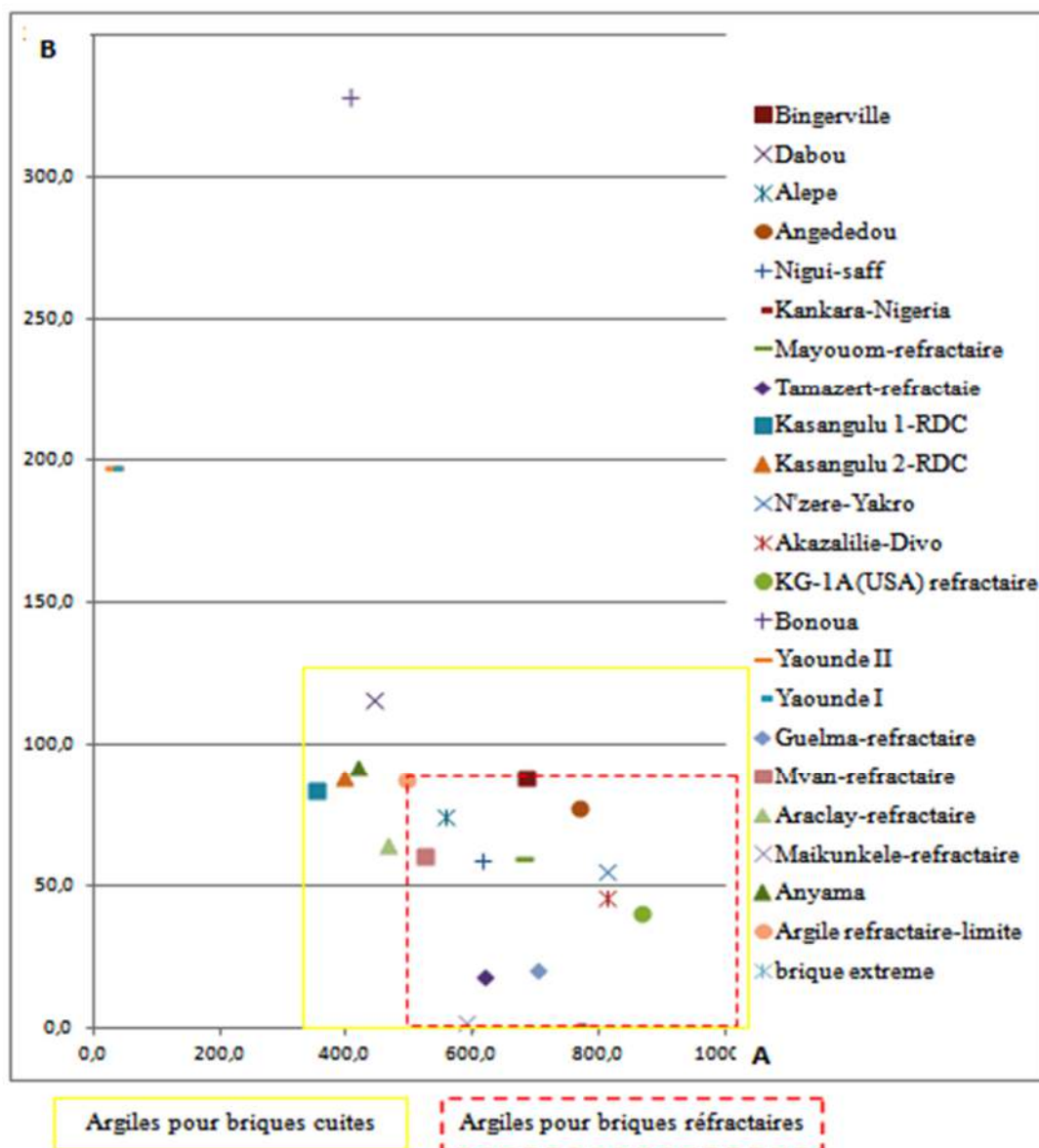


Fig. 3. Diagramme AB de La Roche

Le résultat de l'analyse du second diagramme indique que les argiles d'Alépé et d'Anguédedou se regroupent bien avec les argiles réfractaires confirmant les observations faites avec le premier. Il est à noter qu'également les argiles d'Akazolilé (Divo), de N'zéré (Yamoussoukro) et Nigui-saff d'après ce diagramme peuvent aussi être réfractaires. Signalons enfin qu'à l'analyse du diagramme AB, ce sont les argiles qui ont un paramètre A supérieur à 500 et B inférieur à 90 qui seraient réfractaires (500 et 90 étant les coordonnées de l'argile réfractaire théorique signifiée plus haut). Dans le diagramme AB (figure 3) l'argile de Bregbo (Bingerville) se trouve à la limite de la zone des argiles réfractaires. Ce diagramme semble être plus précis que celui de Si/3-Al dans le choix des argiles réfractaires. En effet le diagramme AB outre la teneur en alumine prend en compte les teneurs des alcalins fondants (Na_2O , K_2O) et des oxydes colorants (Fe_2O_3 , TiO_2). Les teneurs de ces derniers éléments étant facteur limitant en céramique réfractaire. Les argiles d'Anyama et de Dabou (Agneby) ne se trouvent pas parmi les argiles réfractaires dans les deux diagrammes.

A l'issue de l'étude des diagrammes géochimiques, les argiles d'Alépé et d'Anguédedou du fait de leur position seraient réfractaires, cela a par ailleurs été révélé avec l'analyse des compositions chimiques des argiles.

3.1.3 COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES ARGILES

L'analyse minéralogique renseigne sur la qualité et la quantité des espèces minérales contenues dans les matières premières et permet dans le cas de la céramique de prévoir le comportement probable des différents mélanges au cours du traitement thermique. Cette étape est d'autant plus importante car elle peut révéler la présence de minéraux comme le carbonate de calcium ou la pyrite qui sont nuisibles pour les réfractaires.

3.1.3.1 ANALYSE DES DIFFRACTOGRAMMES

La composition minéralogique des matières premières a donc été déterminée par analyse sur roche totale. Le résultat de ces analyses est donné par les figures 4 a, et b.

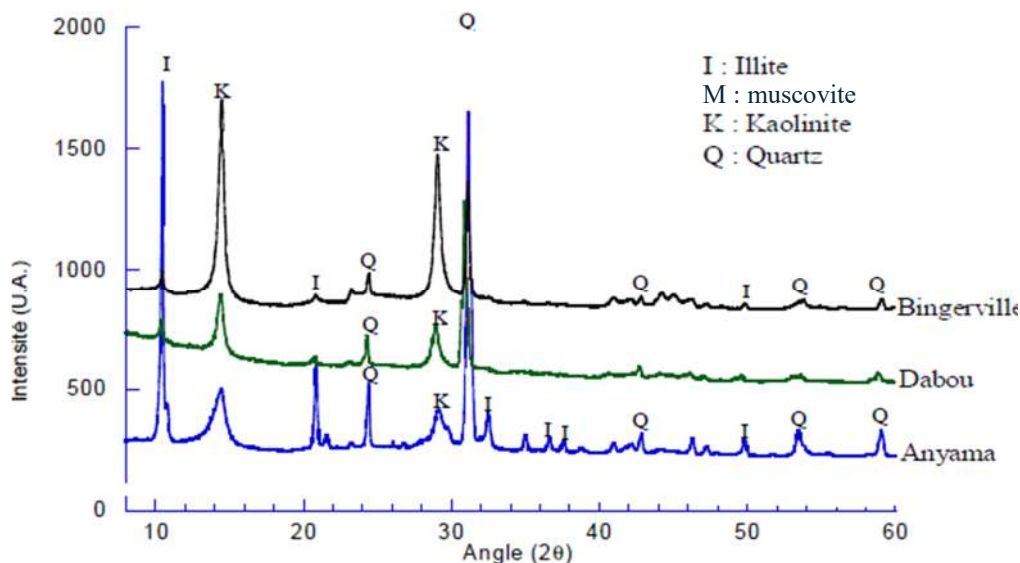


Figure 4 a : DRX des argiles d'Anyama, de Dabou et de Bingerville [15]

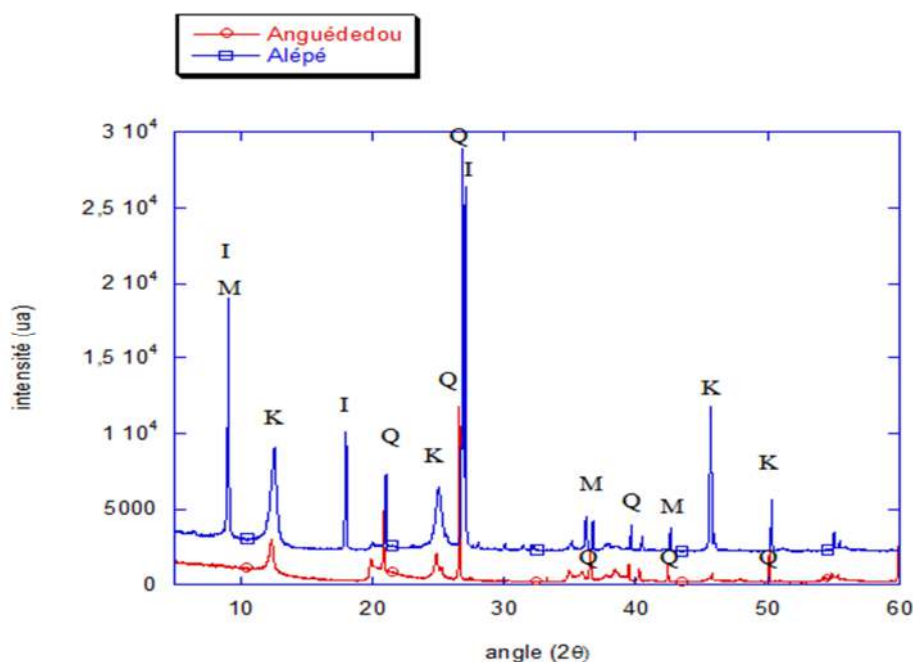


Figure 4 b : DRX sur roche totale de l'échantillon d'Alépé et d'Anguédédou

3.1.3.2 CARACTÉRISATION DES ARGILES PENDANT LA CUISSON (LES ANALYSES ATD-ATG)

Les analyses ATD et ATG renseignent sur la nature des minéraux d'une roche et dans le cas des matériaux céramiques permettent de prévoir le comportement du produit à l'issue de la cuisson. Ces transformations se matérialisant par des pics endothermiques et exothermiques sur les courbes sont résumées dans le tableau 2.

Tableau 2. Résultats d'ATD-ATG des argiles d'Alépé et d'Anguédedou

	Nature du pic	T en C°	Perte de masse en %	Observations
	endothermique	509	4,24	Transformation de la kaolinite en metakaolinite due au départ de l'eau de constitution de la kaolinite.
Argile d'Alépé	endothermique	566		Passage du quartz α au quartz β
	exothermique	952		Formation de la mullite I
	exothermique	1107		Formation d'une phase liquide
	exothermique	1200		Formation de la mullite II
	endothermique	84		Départ de l'eau absorbée
	endothermique	515	6	Transformation de la kaolinite en metakaolinite due au départ de l'eau de constitution.
Argile d'Anguédedou	endothermique	567		Passage du quartz α au quartz β
	exothermique	965		Formation de la mullite I
	exothermique	1212		Formation de la mullite II

Les analyses ATD-ATG montrent que les terres argileuses d'Alépé et d'Anguédedou sont constituées de kaolinite qui est une argile aux propriétés réfractaires. Ces analyses thermiques révèlent la formation de mullite qui est un minéral stable à hautes températures et responsable de la réfractarité des pâtes céramiques riches en alumines [16].

Les différentes analyses indiquent que les terres utilisées dans le cadre de ce travail sont pour chacune d'elles des mélanges constitués de minéraux argileux (la kaolinite et l'illite) auxquels sont associés du quartz, et de la muscovite. Ces analyses ont par ailleurs montré l'absence de toutes phases minérales telles que la calcite, la dolomite et la pyrite qui peuvent gêner la réfractarité des produits cuits. En effet les carbonates de calcium favorisent la formation de la gélhenite et de l'anorthite au détriment de la mullite [3], en outre les éléments cités notamment la pyrite est capable de défauts (vitrification, fissures) que l'ajout d'alumine ne peut corriger [17].

3.1.4 CARACTÉRISATION APRÈS CUISSON DES ARGILES À 1280°C

3.1.4.1 ANALYSES MINÉRALOGIQUES D'ÉCHANTILLONS D'ALÉPÉ ET D'ANGUÉDEDOU CUITS

Lorsque les argiles sont cuites, elles subissent des transformations chimiques et structurales marquées le plus souvent par l'apparition de nouvelles phases minérales. Pour déterminer ces différents minéraux, des échantillons d'argiles cuits à 1280°C ont été soumis à l'analyse au DRX. Les résultats sont donnés par les figures 5 a et b.

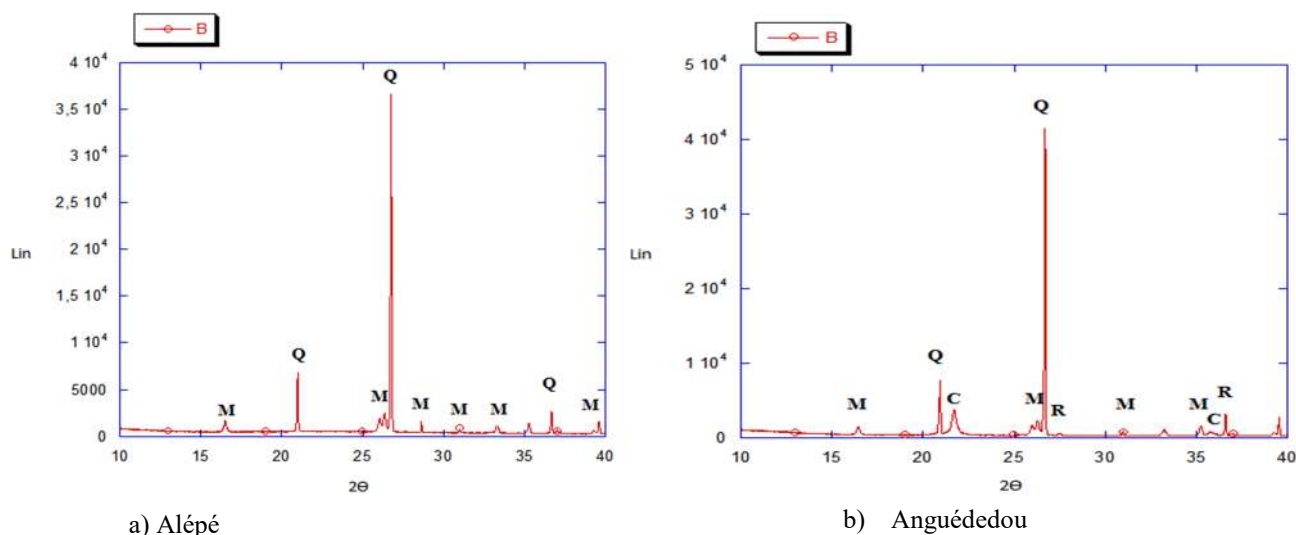


Figure 5 : DRX des échantillons d'Alépé et d'Anguédédou cuits

Portées à haute température, les deux matières premières argileuses contiennent de la mullite (**M**) qui est un silicate d'aluminium stable à haute température et réfractaire. Elle est très utilisée pour la fabrication de matériaux réfractaires [15]. Les DRX des argiles cuites confirment les observations des analyses ATD-ATG. La présence de mullite dans un matériau lui confère une bonne résistance aux chocs thermiques, et une conductivité thermique faible [18]. Notons par ailleurs que cette analyse révèle aussi la formation de cristobalite (**C**) et de rutile (**R**) qui sont des minéraux stables à hautes températures [19], [20] et de ce fait pas absolument néfastes pour les produits réfractaires.

3.1.5 TESTS DE CUISSON

Le but de cette étude étant l'élaboration de briques réfractaires aluminosilicates, les matières premières argileuses devront être cuites. Cette étape de la sélection des argiles permettra de voir le comportement réel des argiles à l'issue d'un traitement thermique à haute température ; en effet selon [21], en céramique chaque terre est unique et seuls les essais et l'expérience permet véritablement de la connaître. La texture à l'issue d'une cuisson à 1280°C des argiles sera donc étudiée.

La texture est un élément fondamental dans la classification des réfractaires. En effet les réfractaires sont des céramiques pour lesquelles la fin de cuisson se situe avant la fermeture de la pâte [22], en d'autres termes les réfractaires sont des matériaux qui cuisent sans se vitrifier c'est-à-dire qui restent poreux à la fin de la cuisson. Pour savoir si les échantillons d'argiles cuits sont vitrifiés ou non, on a fait un test d'absorption à la goutte d'eau (figure 6) et aussi observé la microstructure des échantillons cuits.

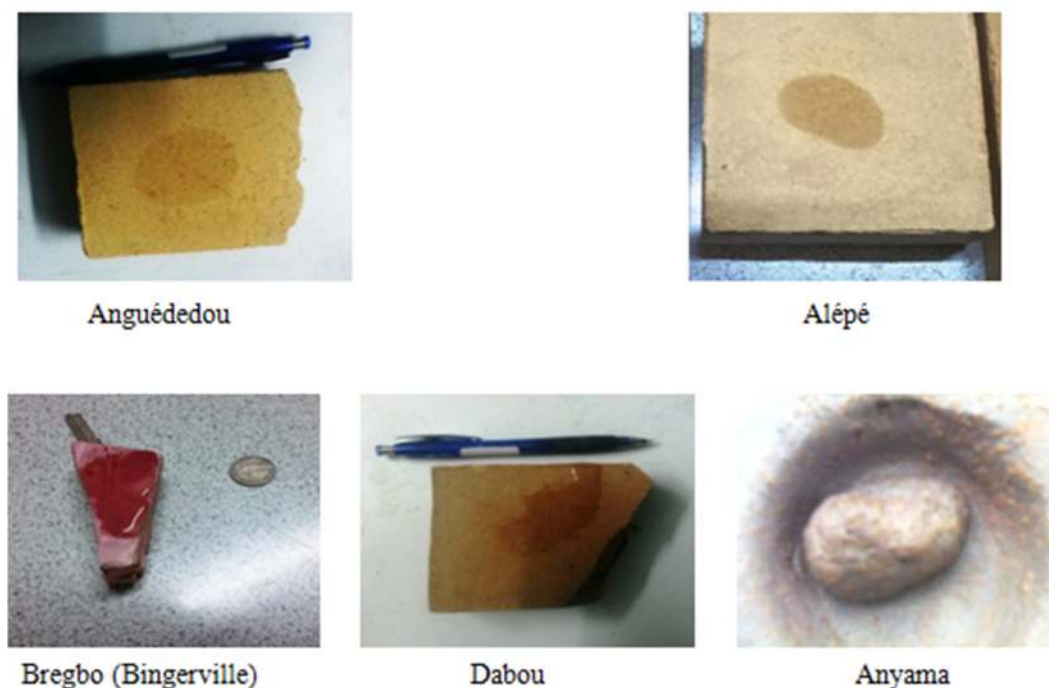


Figure 6 : Test d'Absorption à la goutte d'eau

Le résultat de ce test de cuisson présenté par la figure 6 montre que l'argile d'Anyama fond (sa teneur en alcalins fondants est en effet élevée : 4,66%) ; celles de Dabou et de Bingerville (Bregbo) n'absorbent pas la goutte d'eau, elles se vitrifient donc à 1280°C (elles ont de fortes teneurs en oxydes de fer III et de titane qui sont aussi des fondants énergétiques). Les argiles d'Alépé, d'Anguédédou absorbent toute l'eau déposée sur leur surface. Elles cuisent à cette température tout en restant poreuses. Cela prouve qu'elles ne se sont pas vitrifiées à cette température élevée. La microstructure de trois argiles représentatives des différents échantillons prélevés a été obtenue grâce à la microscopie électronique à balayage (MEB) appliquée sur des sections de fragments cuits à 1280°C (figure 7). La microstructure permet de connaître la texture des argiles cuites et d'apprécier ainsi leur état de vitrification.

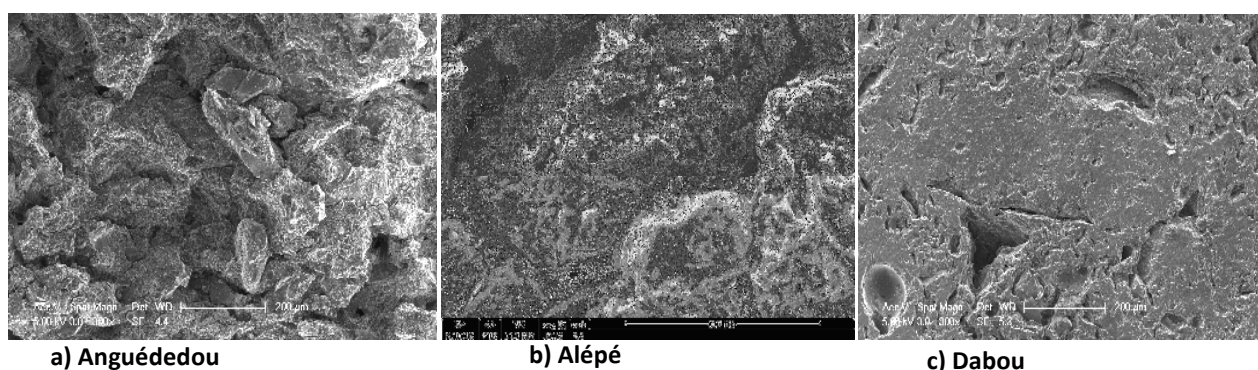


Figure 7 : microstructure des argiles cuites

A l'analyse des figures 7 a, b et c, il ressort que les argiles d'Anguédédou et d'Alépé présentent une texture granulaire à 1280°C tandis que celle de Dabou montre une texture vitrifiée avec néanmoins quelques pores. La microstructure des argiles d'Alépé et d'Anguédédou prouve bien que ces deux argiles peuvent être classées parmi les matières premières pour les réfractaires car elles ne se vitrifient pas à une température assez élevée.

4 CONCLUSION

Au terme de cette étude, il ressort que les argiles d'Anguédédou et d'Alépé présentent des aptitudes chimiques, minéralogiques et thermiques suffisantes pour servir de matières premières à la confection de briques réfractaires. Ces argiles ont des teneurs en alumine élevée et une composition chimique proche d'autres argiles utilisées pour la confection de briques réfractaires aluminosilicates (argile Mayouom au Cameroun, argile de Tamazet en Algérie). Les tests de cuisson montrent que les argiles d'Alépé et d'Anguédédou se comportent bien à haute température (non vitrification et cuisson avec une couleur claire). Cela indique que les quantités d'alcalins et d'oxydes colorants qu'elles contiennent n'auraient pas d'impact néfaste sur leur réfractarité. Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que le diagramme AB de La Roche adapté aux argiles permet de faire le choix d'argiles à caractère réfractaire avec une très bonne approximation.

Il faudra par ailleurs faire l'étude de la dilatométrie de ces deux argiles et aussi de leur résistance pyroscopique afin de compléter leur caractérisation thermique et pour ainsi prévoir les limites d'utilisation de ces deux matières premières argileuses dans le domaine de la céramique réfractaire.

REMERCIEMENTS

PASRES (Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique sis au CSRS CI) pour un financement.

REFERENCES

- [1] Poirier J. (2014). Céramiques réfractaires. Journal technique de l'ingénieur N° 4804, 26p
- [2] Djangang C. (2008). Refractory ceramics from clays of Mayouom and Mvan in Cameroon Applied Clay Science N°39 pp 10–18
- [3] Traoré K. (2003). Frittage à basse température d'une argile kaolinique: transformations thermiques et réorganisations structurales. Thèse n° 15-2003 Université de Limoges, pp 1-20.
- [4] Hury J. (1995). Matières premières entrant dans la composition des pâtes céramiques. Cours de céramique pp 6 – 9
- [5] Al, Le chimiste (2015). Les matières premières : les argiles.
<http://site.google.com/site/allechimiste/>
- [6] Dorthe J. P. (1964). Etude des gisements d'argile de la région de Gounioubé. Rapport de SODEMI n° 84, Abidjan, 49 p.
- [7] Ouattara R. et Teyton B. (1969) Rapport N° 225 SODEMI
- [8] Eméruwa E. (1993). Les matières premières à usage céramique de Côte d'Ivoire. Rapport de SODEMI n°634, Abidjan, 16p.
- [9] Andji J. (2001) Minéralogie des argiles de Gounioubé (Côte d'Ivoire) Première conférence sur la valorisation des matériaux argileux au Cameroun, 4p
- [10] Sei J. (2004) Caractérisation d'argiles kaoliniques de Côte d'Ivoire Applied clay sciences N°27 pp 235-239.
- [11] Kouakou C. (2005). Valorisation des argiles de Côte d'Ivoire : Etude de la stabilisation de blocs d'argile comprimée et stabilisée au ciment à l'aide de liants hydrauliques. Thèse de Doctorat Sciences de la terre option Géomatériaux, Félix Houphouët B. de Cocody, Abidjan
- [12] Kouadio K. (2010). Élaboration et caractérisation de blocs d'argile stabilisée au ciment (cimarg) : Influence de l'apport de dégraissant sur les caractéristiques physiques et mécaniques des blocs. Thèse n° 654 Université Félix Houphouët B. de Cocody.
- [13] Coulibaly Y (1998) Recherche des traces de circulations récentes en milieu cristal lin : une approche analytique sur les cristallisations dans les fractures et les paleofluides thèse de l'institut national polytechnique de Lorraine, pp 283-296.
- [14] Lee S., Kim J. et Moon H. (1999). Phase transformation sequence from kaolinite to mullite investigated by an energy-filtering transmission electron microscope, J. Am. Ceram. Soc., 1999, 82, pp2241-2248
- [15] Eméruwa et al (2008). Caractérisation des argiles de la région d'Abidjan : étude comparée de quelques gites et leur perspective de valorisation. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 11 (2008) 177 – 192 ISSN 1813-3290
- [16] Amrane B. (2003). Elaboration et caractérisation d'un matériau réfractaire thermorésistant pour supports de cuisson rapide des produits céramiques. Mémoire de magister, université de Boumerdes, département de génie des matériaux. pp 73-78.
- [17] Dondi M., Guarini G., Ligas P., Palomba M et Raimondo. (2001) Chemical, mineralogical and ceramic properties of kaolinitic materials from the Tresnuraghes mining district Western Sardinia, Italy. Applied Clay Science 18 Ž2001. pp 145–155.
- [18] CARMA (1999). Les Céramiques Industrielles. Applications industrielles et développements potentiels dans les Alpes-Maritimes. pp 33-42.

- [19] Hébrard J. (1987). Évolution thermique des poudres de dioxyde de titane anatase de grande surface spécifique. Thèse N° IICD de l'institut National Polytechnique de Grenoble et de l'école Nationale Supérieure Des Mines De Saint –Etienne, pp 4-8.
- [20] Freyburg S. (2006). Influence of the clay type on the pore structure of structural ceramics. Journal of the European Ceramic Society N° 27 pp 1727–1733
- [21] Clairaud D. (2015). Les argiles, les pâtes de composition, des références de terres intéressantes.
<http://www.ceraquitaine.fr/>
- [22] Rigaud J. (1975). La cuisson des matières premières et des pâtes céramiques. Journal L'INDUSTRIE CERAMIQUE, Juin 1975, N°685 pp 391-397.