

## Caractérisation physico-chimique des argiles fibreuses de « Souk el Arbaa » du Gharb, Maroc

Hajar BENSLEM<sup>1\*</sup>, Ali EL OUAZZANI<sup>2</sup>, Abdellah MOUTTAQI<sup>2</sup>, Malika AADJOUR<sup>1</sup>  
et Najib SABER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Hassan II-Mohammedia, Faculté des Sciences de Ben M'Sik, Département de géologie, Laboratoire Géorressources sédimentaires et Environnement, BP 7955 Sidi Othmane, Casablanca, Maroc

<sup>2</sup> Office National des Hydrocarbures et des Mines (ONHYM), Département Roches et minéraux industriels, Rabat, Maroc

\* Correspondance, courriel : [bensalem.hajar@hotmail.com](mailto:bensalem.hajar@hotmail.com)

### Résumé

Le présent travail s'intéresse à l'étude de la qualité industrielle des argiles fibreuses de 'Souk El Arbaa' du Gharb appartenant à l'étage géologique Eocène-Miocène. Cette étude a révélé à travers l'analyse d'une vingtaine d'échantillons, prélevés sur des niveaux marneux variés, par spectrométrie à fluorescence X une carence en fer, une richesse en CaO, des taux plus ou moins élevés en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. La diffractométrie aux rayons X a permis de mettre en évidence une composition minéralogique assez variée dans les différents échantillons analysés, dominée par la présence de paragenèses minéralogiques composées de calcite, dolomite, quartz, sépiolite et attapulgite (argiles fibreuses). Ainsi, le chimisme des échantillons analysés indique d'une façon inéluctable que les argiles de 'Souk El Arbaa' du Gharb nécessitent un traitement afin de les rendre exploitables pour la production de céramique d'excellente qualité.

**Mots-clés :** *qualité industrielle, argiles fibreuses, Eocène-Miocène, céramique, Maroc.*

### Abstract

#### Physico-chemical characterization of fibrous clays of "Souk El Arbaa" Gharb, Morocco

This work focuses on the study of industrial quality of fibrous clays of 'Souk El Arbaa' of Gharb (Morocco), belonging to the Eocene-Miocene geological stage. This study revealed through the analysis of twenty samples, by X-ray fluorescence, collected from varied marly layers: iron deficiency, a wealth of CaO, rates higher and lower in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The X-ray diffraction has showed a mineralogical composition quite varied in the different samples analyzed, dominated by the presence of mineral parageneses composed of calcite, dolomite, quartz, sepiolite and attapulgite (fibrous clay). Thus, the chemistry of the samples analyzed, indicates that the clays of 'Souk El Arbaa' of Gharb require treatment, to make them usable for the production of high quality ceramic.

**Keywords :** *industrial quality, fibrous clays, Eocene-Miocene, ceramics, Morocco.*

## 1. Introduction

L'importance économique des argiles fibreuses réside dans le fait qu'elles couvrent plusieurs branches de l'industrie. Elles sont utilisées pour la fabrication des granules absorbants, comme litières pour animaux et comme nettoyants de sol des usines etc. En agriculture, elles augmentent la porosité du sol et améliorent la rétention d'eau et l'assimilation d'éléments nutritifs par le sol lui-même afin qu'il soit plus fertile. Elles sont utilisées comme éléments de croissance en favorisant une meilleure assimilation des protéines en ajoutant la sépiolite dans la nourriture ; En pharmacie, elles présentent une grande capacité d'absorber les toxines et bactéries (absorbants gastro-intestinal) et comme traitement en cosmétique (anti-acné). Les argiles fibreuses sont également utilisées comme décolorant des huiles avec leur surface spécifique importante et en relation étroite avec la porosité qui sert à absorber les huiles minérales seulement et non les végétales car ces dernières présentent de grosses molécules qui ne peuvent pas pénétrer dans les pores des argiles fibreuses ; Elles sont également utilisées dans la fabrication du papier NCR car elles absorbent l'encre et le catalysent en produit coloré lors de l'écriture.

Les argiles fibreuses peuvent être également utilisées comme liant de nourriture, comme ajout thixotropique dans les peintures afin d'obtenir une viscosité souhaitable, comme boue de forage. Grâce à leur thixotropie, elles refroidissent les outils de forage, permettent leur lubrification de telle manière que la foreuse pénètre aisément dans le sol, remontent les cuttings, empêchent leur sédimentation et imperméabilisent les parois du forage afin d'éviter l'échappement du produit pompé. Elles peuvent être également utilisées comme filtres à cigarettes, associées au charbon actif, les argiles fibreuses (sépiolite) assurent une absorption des gaz nocifs.

Le Maroc a connu l'installation de plusieurs industries qui demandent l'utilisation des argiles (Cimenteries, laboratoires pharmaceutiques etc...) d'où l'exploitation croissante des gisements argileux nationaux. Ainsi et afin de satisfaire les besoins du pays en ces matières, beaucoup de recherches ont été axées sur les principaux gisements utilisés en céramique, dans les réfractaires et notamment en médecine. Les argiles spécifiques, telles que les argiles fibreuses (objet de notre étude), présentent certaines propriétés, à savoir la thixotropie, le pouvoir d'absorption et la capacité d'échange cationique, qui leur permettent d'avoir une grande importance dans le développement économique de l'industrie nationale.

Le cadre géographique du présent travail se situe au Nord du Maroc. Hormis les deux briqueteries de Tétouan et de Taza et l'unique usine céramique de Tétouan, cette richesse débordante en cette substance minérale reste très largement sous exploitée dans cette région.

Pour ce fait, l'objectif du présent travail est une caractérisation physico-chimique des argiles fibreuses (Sépiolite et Attapulгите) de la région de 'Souk El Arbaa' du Gharb par spectrométrie à fluorescence X et par diffractométrie aux rayons X afin de quantifier leur chimisme, déterminer leur minéralogie et d'évaluer leur qualité industrielle et enfin conclure sur les possibilités d'utilisation de ces argiles dans l'industrie.

## 2. Cadre géologique et stratigraphique

Le bassin syn-orogénique à post-orogénique du Gharb est un bassin d'effondrement, résultant d'un affaissement tectonique syn-sédimentaire de la phase majeure du Serravallien-Tortonien. Il est bordé au Nord par le Prérif externe, au Sud par le domaine Atlasique, à l'Est par l'océan Atlantique et à l'Ouest par les rides Prérifaines (*Figure 1*).

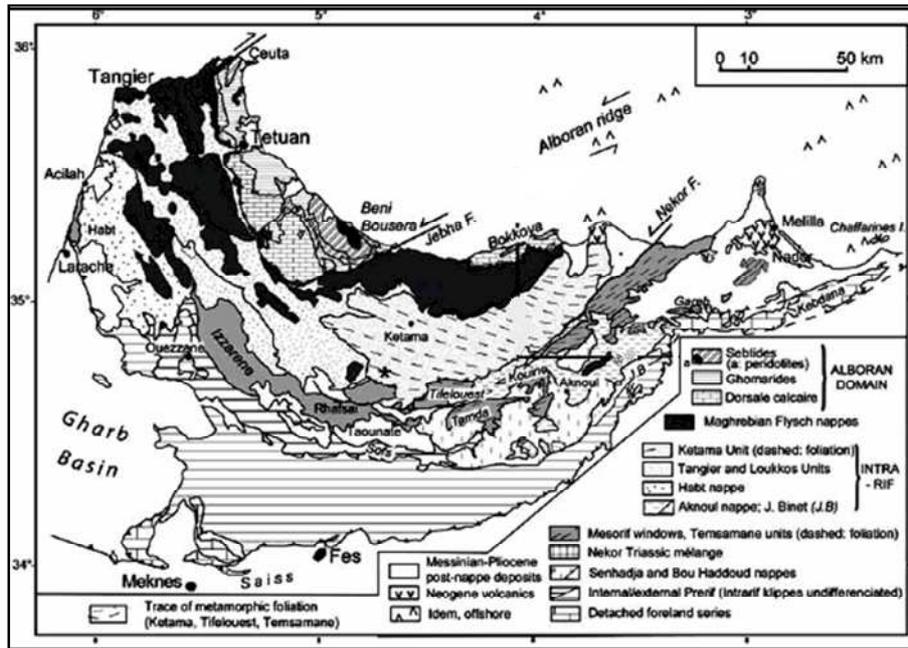


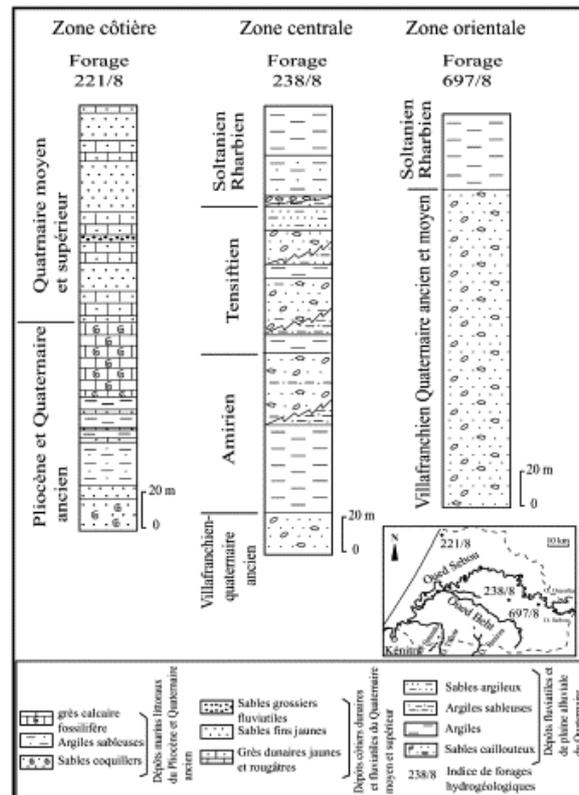
Figure 1 : Carte structurale simplifiée (Suter, 1980 ; Chalouan et al., 2001)

En générale, le bassin du Gharb est caractérisé par un cadre stratigraphique à dominante argilo-marneuse. Les crêtes sommitales correspondent aux affleurements de grès, de marno-calcaire et de marnes blanches à silex, alors que les basses collines sont façonnées dans les marnes et les flyschs. Deux grandes nappes de charriage couvrent la région: la première correspond à la Nappe pré-rifaine, la seconde, à la Nappe d'Ouezzane chevauchant sur la première en synclinaux perchés. Ainsi, le bassin du Gharb est caractérisé par des dépôts autochtones, mais aussi allochtones, ayant été mobilisés suite à un charriage et glissement des sédiments du pré-rif interne et des nappes de la zone intra-rifaine notamment des nappes de Ouezzane etc.

L'évolution de la sédimentation a favorisé le dépôt de sédiments clastiques d'âge Miocène supérieur sur le complexe de nappes. Des séries turbiditiques très épaisses d'âge Eocène et Oligocène et des sédiments continentaux molassiques d'âge Miocène moyen se sont développés au sein de la séquence infra-nappe couvrant les clastiques et les carbonates mésozoïques.

Les formations du bassin du Gharb sont ainsi caractérisées par une répartition différenciée de trois principaux faciès : des conglomérats d'origine fluvio-estuarienne à l'entrée du bassin vers l'est, des sables et des grès marins dans la partie centrale et des calcaires bioclastiques littoraux sur la bordure côtière. Le Quaternaire ancien (Messaoudien) débute par une sédimentation littorale, qui n'intéresse que la frange côtière sur une largeur d'une vingtaine de kilomètres [1].

La série mio-plio-quaternaire permet de distinguer deux types de sédimentation : la première est d'origine continentale, très hétérogène, formée d'argiles, de sables et de cailloutis; la seconde est d'origine marine littorale avec des sables, grès calcaires ou calcaires gréseux (Figure 2). Le substratum de cette série est représenté par le toit des marnes bleues du Mio-Pliocène, qui présente généralement une architecture en demi-cuvette fortement redressée sur les bordures nord et est, se relevant progressivement vers l'ouest et vers le sud.



**Figure 2 :** Logs stratigraphiques synthétiques du bassin du Gharb (Kili et al.2006)

Les deux secteurs de travail (Bled Rmel et Arbaoua) se localisent à 22 km au Nord de la région de 'Souk El Arbaa' du Gharb. La série sédimentaire y débute par des marnes grises probablement du Paléocène supérieur, caractérisées par une sédimentation argileuse et début d'une autre marneuse, avec quelques nodules de silex ; suivis d'une alternance de bancs de marnes blanchâtres et de bancs de silex de l'Éocène inférieur, indiquant une sédimentation marneuse et chimique. Enfin, viennent les marnes jaunâtres à beiges de l'Éocène inférieur à moyen, indiquant un retour à une sédimentation argileuse, débutant par des marnes franches, suivies d'une alternance de bancs marneux et de bancs de silex.

### 3. Méthodologie

Deux coupes géologiques ont été réalisées dans la région de 'Souk El Arbaa' du Gharb au niveau de Bled Rmel (Fig.3, 4). La coupe AB est de coordonnée A : X= 463500,5 et Y= 459077 ; B: X= 463770,7 et Y= 459462,3, la coupe CD est de coordonnée C : X= 463630,2 et Y= 458887,9 ; D : X= 464138,15 et Y= 459806,3. Une vingtaine d'échantillons ont été prélevés dans les niveaux marneux d'Arbaoua et de Bled Rmel (BR1 à BR3 dans les marnes grises, BR4 à AR 20 dans les marnes blanches à beiges).

Après une phase d'étuvage à 100°C pendant 24 h, les différents échantillons ont été broyés et tamisés à 75 µm. Les échantillons ainsi préparés ont été divisés en deux parties ; la première comprenant les vingt échantillons, préparés sous forme de perles (selon le processus établi par Claisse, 1955), ont été analysés par le spectromètre 'PANalytical AXIOS' à fluorescence X afin de quantifier les principaux éléments majeurs et la deuxième partie comprenant les trois échantillons les plus représentatifs (BR1, BR3 et AR19) préparés sous forme de lames, avec la fraction inférieure à 2 µm séparée par centrifugation, ont été analysés par

diffraction aux rayons X en utilisant le diffractomètre 'Philips PANalytical' avec les radiations Cu-K $\alpha$  ( $\lambda = 1,5418\text{\AA}$ ) pour déterminer les différentes phases minérales présentes.

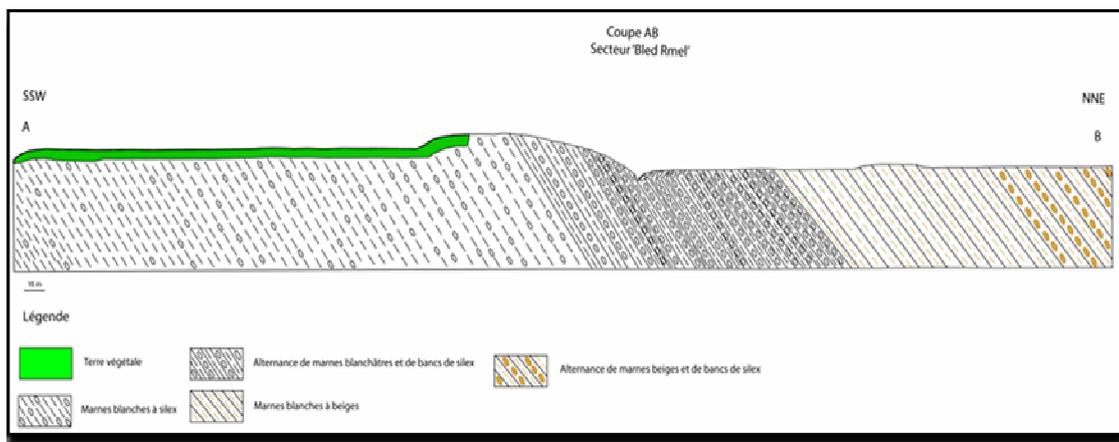
## 4. Résultats et discussion

### 4-1. Étude géologique

Les deux coupes géologiques AB et CD ont été réalisées dans le secteur de 'Bled Rmel', situé à 22 km à vol d'oiseau à l'ENE de 'Souk Al Arbaa' du Gharb. La première coupe AB (**Figure 3**), de direction N 30 a pour coordonnées Lambert : Point A : X= 463500,5 ; Y= 459077 et Point B: X= 463770,7 ; Y= 459462,3. La seconde coupe CD (**Figure 4**), de direction N30 a pour coordonnées Lambert : Point C : X= 463630,2 ; Y= 458887,9 et Point D : X= 464138,15 ; Y= 459806,3. Les terrains géologiques s'organisent suivant une structure monoclinale avec un pendage moyen à fort vers le NNE.

#### 4-1-1. Coupe géologique AB du secteur de 'Bled Rmel'

La série débute du Sud vers le Nord par des marnes blanches à silex, surmontées par une alternance de bancs de silex et de bancs de marnes blanches, surmontées par des niveaux marneux blanchâtres à un jaune-beige, surmontés par une alternance de bancs de silex et de marnes beiges (**Figure 3**).



**Figure 3 :** Coupe géologique AB réalisée dans le secteur de Bled Rmel

#### 4-1-2. Coupe géologique CD du secteur de 'Bled Rmel'

La série débute du Sud vers le Nord par des marnes grisâtres à silex surmontées par des intercalations de bancs de silex et de marnes grises de 5 cm d'épaisseur, tronquées par une faille inverse sur laquelle sont chevauchées des marnes blanchâtres en alternance avec du silex, surmontés par des niveaux marneux beiges sous forme de plaquettes de 1 à 2 cm avec des nodules de silex de 8 à 16 cm de largeur et de 13 à 26 cm de longueur (**Figure 4**).

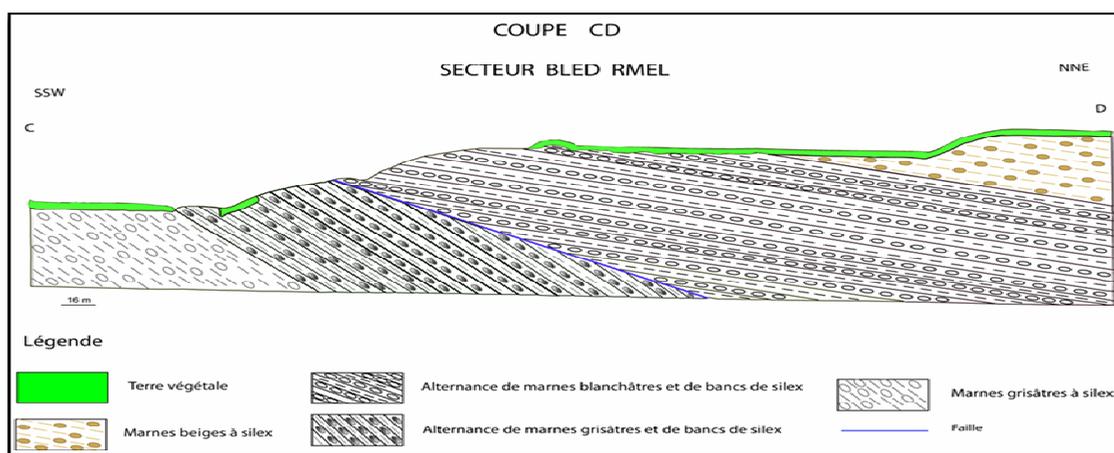


Figure 4 : Coupe géologique CD réalisée dans le secteur de Bled Rmel

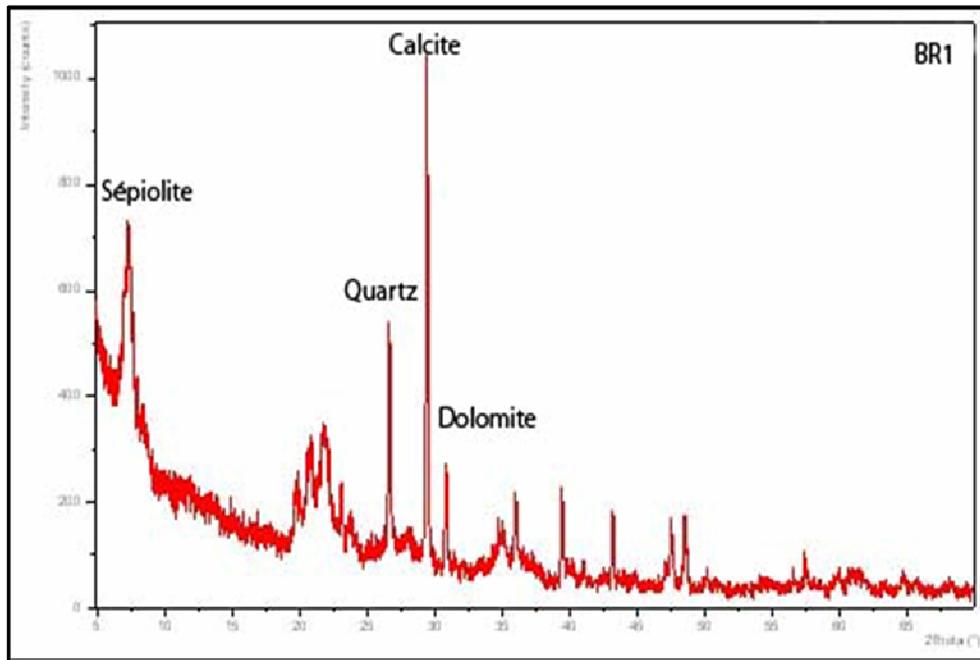
#### 4-2. Étude analytique

Les résultats des analyses chimiques obtenus par spectrométrie à fluorescence X (*Tableau 1*) ont révélés des taux en alcalins variant de 0,38 à 1,85 %, des taux plus ou moins élevés de 2,44 à 13,34 % en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, de faibles taux d'oxyde de fer et des taux élevés de MgO, de CaO et de perte au feu qui nous renseigne sur la présence de la dolomite.

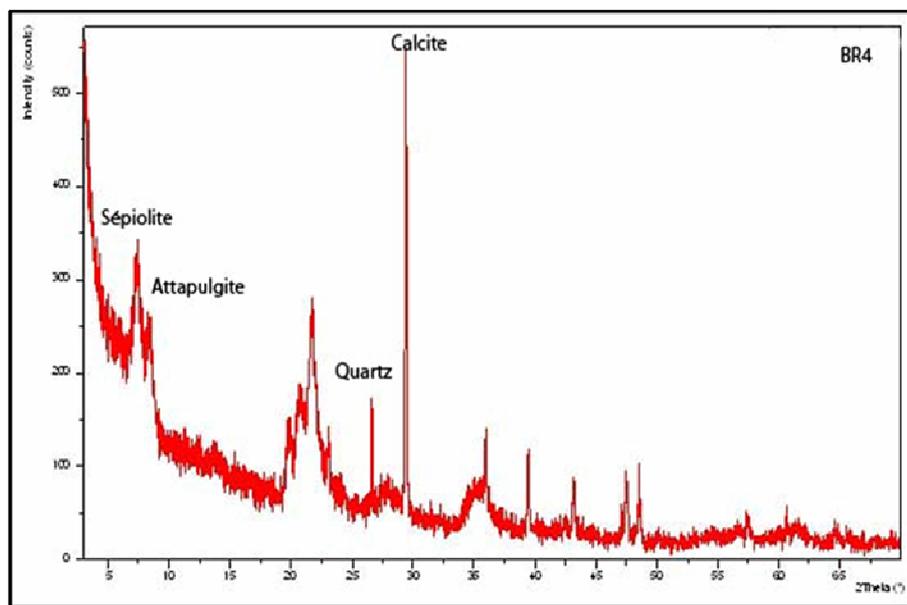
Tableau 1 : Composition chimique des marnes Eocène des secteurs 'Bled Rmel' et 'Arbaoua' (bassin du Gharb)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Perte au feu	Total
BR1	51,95	13,34	3,63	6,10	3,37	1,75	1,85	0,72	10,90	96,94
BR2	55,29	4,61	1,79	14,97	4,36	0,52	0,51	0,26	16,50	99,76
BR3	52,33	9,76	3,20	9,01	6,43	1,11	1,04	0,46	14,00	98,55
BR4	38,40	2,44	1,43	17,40	5,95	0,44	0,54	0,20	19,23	86,86
BR5	55,23	4,11	2,07	9,44	3,04	1,02	0,50	0,23	11,83	87,97
BR6	42,09	3,35	1,47	19,16	10,19	0,52	0,53	0,24	21,80	100,40
BR7	48,53	2,97	1,23	14,07	9,25	0,50	0,56	0,21	16,91	95,36
BR8	48,17	4,02	1,26	21,67	3,52	0,49	0,79	0,25	19,79	100,89
BR9	55,86	6,25	2,57	12,62	4,56	0,57	1,35	0,36	14,95	99,77
BR10	54,15	5,66	2,32	14,69	4,45	0,56	1,33	0,34	16,24	100,39
BR11	39,91	6,53	2,70	20,58	5,71	0,47	1,59	0,40	21,71	100,45
BR12	51,00	7,00	3,30	13,99	4,68	0,45	1,45	0,41	16,15	98,92
BR13	42,69	4,73	2,09	25,95	2,43	0,45	0,81	0,28	22,48	102,33
BR14	35,90	5,04	2,25	28,11	2,82	0,44	0,79	0,31	24,54	100,71
BR15	39,20	2,97	1,69	23,95	7,73	0,47	0,44	0,20	24,09	101,54
BR16	34,33	3,69	1,76	24,91	8,84	0,55	0,56	0,24	25,51	101,43
BR17	45,67	12,94	5,26	14,77	2,69	0,58	1,14	0,66	16,93	101,18
AR18	34,93	3,19	1,32	33,23	1,40	0,44	0,34	0,20	26,63	102,41
AR19	43,97	4,12	1,84	24,73	3,67	0,49	0,56	0,28	21,60	102,17
AR20	26,47	3,33	1,49	38,66	1,72	0,44	0,38	0,22	30,65	104,00

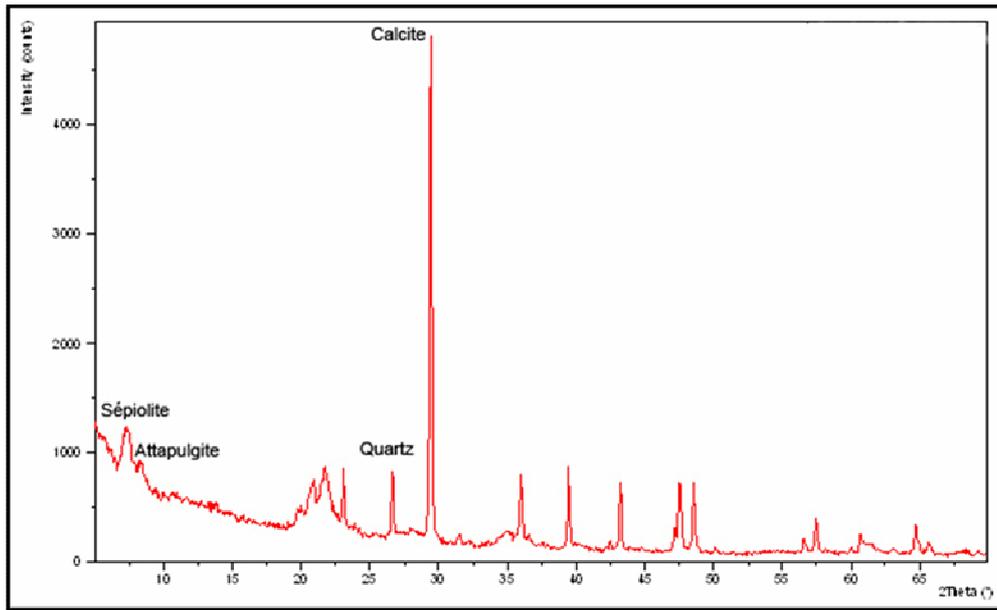
L'analyse semi-quantitative par diffractométrie aux rayons X réalisée sur les trois échantillons les plus représentatifs indiquent une composition minéralogique variée caractérisée par la présence du quartz, sépiolite, calcite et dolomite pour les marnes grises de Bled Rmel (BR1) (*Figure 5*) et du quartz, sépiolite, attapulgite et calcite pour les marnes blanches de Bled Rmel et d'Arbaoua (BR3 et AR19) (*Figures 6 et 7*).



**Figure 5 : Diffractogramme des phases minérales composant BR1**

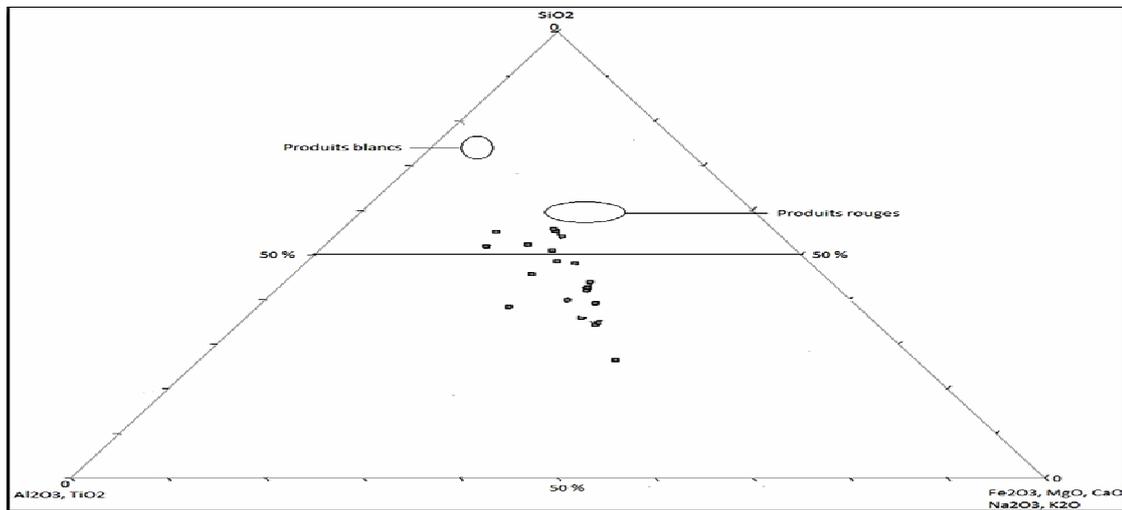


**Figure 6 : Diffractogramme des phases minérales composant BR3**



**Figure 7 :** *Diffractogramme des phases minérales composant AR19*

Les vingt échantillons analysés ont été placés sur le diagramme ternaire [2] pour la classification des matières premières et les produits céramiques industriels (**Figure 8**); ils se trouvent près du domaine des produits rouges vu leur richesse en oxydes alcalino-terreux. En tenant compte de la composition d'un produit blanc optimal, comme l'ont mentionné les auteurs [2], ( $\text{SiO}_2$  : 72 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et le total d'oxydes : 8 %) les échantillons sont en dehors du champ des produits blancs et nécessitent un traitement afin de réduire leur pourcentage plus ou moins élevé d'oxydes et de  $\text{CaO}$ .



**Figure 8 :** *Diagramme ternaire  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$*

D'autre part nous avons comparé la composition chimique des marnes blanches à celle des marnes grises ce qui nous a permis de constater que ces dernières sont moins riches en carbonates et plus riche en  $\text{SiO}_2$  et en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  que les marnes blanches.

## 5. Conclusion

Les analyses physico-chimiques par spectrométrie à fluorescence aux rayons X et par diffractométrie aux rayons X, nous ont permis de déterminer que les marnes à argiles fibreuses de la région de 'Souk El Arbaa' du Gharb, sont des marnes non réfractaires ( Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> inférieur à 45 %), riche en SiO<sub>2</sub> et de dire qu'à priori et en comparaison avec les marnes blanches, les marnes grises sont plus intéressantes à exploiter que les marnes blanches car elles présentent des teneurs élevées en sépiolite et sont moins riches en CaO. C'est pour cette raison que nous nous sommes intéressées plus aux marnes grises.

Ainsi, l'échantillon BR1, représentant les argiles fibreuses prélevées des marnes grises de 'Souk El Arbâa' du Gharb, est caractérisé par des teneurs relativement moins élevées en CaO de 6,10 %, les taux de SiO<sub>2</sub> et de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de BR1 sont modérés, le pourcentage de Na<sub>2</sub>O et K<sub>2</sub>O est de 3,6 %, tous ces taux sont comparables à ceux des argiles carbonatées de 'Jebel Oust' de la Tunisie Septentrionale (AJO) pour la fabrication des carreaux de faïence par voie sèche ; Ainsi, le pourcentage des carbonates devrait être en dessous de 22 % afin d'éviter l'excès de porosité engendrant une fragilité de carreaux et les risques de fêlure et de déformation causés par la décarbonatation [3]. Les taux de SiO<sub>2</sub> et d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sont dans les limites acceptables. Un taux d'alcalins minimal de 3,5% est demandé car ils jouent le rôle des fondants et contribuent au développement de la phase vitreuse; Le pourcentage en Na<sub>2</sub>O et K<sub>2</sub>O est favorable.

En outre les marnes grises à argiles fibreuses de 'Souk el Arbaa' du Gharb sont plus intéressantes à exploiter pour la fabrication des carreaux de faïence. En céramique elles ne peuvent pas être utilisées pour la production de céramique d'excellente qualité sans traitement préalable, néanmoins elles peuvent être utilisées dans la fabrication de poterie.

## Références

- [1] - M. KILI, B. EL MANSOURI, J. CHAO et A. AIT FORA, in '*C. R. Geoscience*' 338 (2006) 1194-1202
- [2] - L. DELL'ANNA, R. LAVIANO, in '*Applied Clay Science*', 6 (1991), 233-243
- [3] - K. JERIDI, M. HACHANI, W. HAJJAJI, B. MOUSSI, M. MEDHIOUB, A. LÓPEZ-GALINDO, F. KOOLI, F. ZARGOUNI, J. LABRINCHA, F. JAMOSSI, in '*Clay Minerals*', 46 (2011) 165-175
- [4] - N. EL YAKOUBI, Potentialités d'utilisation des argiles marocaines dans l'industrie céramique : cas des gisements de Jbel Kharrou et de Benhmed (Meseta marocaine occidentale), Thèse Doc. D'Etat. Univ. Agdal, (2006) 212 p.
- [5] - M. EL QANDIL, Recherche et valorisation des matériaux de constructions et des argiles industrielles dans les provinces nord du Maroc ; possibilités d'exploitation et problèmes environnementaux, Thèse Doc. D'Etat. Univ. Agdal, (2007) 341
- [6] - N. ZAABOUB, S. ABDELJAOUAD, A. LO'PEZ-GALINDO, in '*Journal of African Earth Sciences*' 43 (2005) 491-504
- [7] - J. L. POST, S. CRAWFORD, in '*Applied Clay Science*', 36 (2007) 232-244
- [8] - J. L. POST, in '*Clays and Clay Minerals*', 26 (1977) 58-64
- [9] - A. PIQUE, M. BOUABDELLI, 'Histoire Géologique du Maroc' Ed Service Géologique du Maroc, Rabat (2000), 0374-9789.