

Influence des ajouts d'argiles gréseuses et vaseuses, sur les propriétés des matériaux cimentaires

Bibi .M¹, Chikouche .M.A¹, Ghorbel E²

¹ *Laboratoire Géomatériaux, Université de M'sila- Algérie*

² *L2MGC- Université de Cergy Pontoise. Elhem.ghorbel@u-cergy.fr.*

Résumé :

Ce travail s'inscrit dans le cadre général de la valorisation des matériaux locaux, ayant pour intérêt l'amélioration des caractéristiques physico-chimiques et mécaniques des produits issus de la récupération entrant dans la confection des éléments de structures et de construction.

Le but principal porte sur la valorisation des boues de dragage du barrage K'SOB – Algérie. La vase et la marne argileuse rouge abondante dans la région, contiennent de la kaolinite et de l'illite. Ces marnes sont calcinées respectivement à 750 et 780°C et mélangées au clinker afin d'étudier leurs influences sur les propriétés des matériaux cimentaires. Comparé à un ciment portland, on constate, avec chaque augmentation du taux d'ajout, une diminution dans le taux d'oxyde de calcium et une croissance du taux de silice. Les différents résultats des essais de compression montrent que le ciment type R10 présente une bonne résistance en compression, à 28 jours, elle est de l'ordre de 42 à 43 MPa, celle du ciment portland est de 44 MPa alors que, pour les bétons, les résistances en compression observées dépassent les 50 MPa. Ces résultats mettent en exergue l'influence des ajouts d'argiles gréseuses et vaseuses, sur les propriétés des matériaux cimentaires, montrant ainsi l'intérêt économique et environnemental de la substitution du clinker par les argiles calcinées.

Mots clés : valorisation - ciment - vase - marne argileuse rouge - calcination - matériaux cimentaires.

Abstract :

This work lies within the general scope of the valorization of local materials, having for interest the improvement of the physicochemical and mechanical characteristics of the products resulting from recovery entering the clothes industry of the elements of structures and construction.

The principal goal relates to the valorization of mud of dredging of the dam 'K' SOB – Algeria'. The mud and the abundant red argillaceous marl in the area, contain kaolin and iolite. These marl are respectively calcited with 750 and 780°C and are mixed with the clinker in order to study their influences on the properties of cementing materials. Compared with a Portland cement, it is noted, that with each increase in the rate of addition, a reduction in the calcium oxide rate and a growth of the silica rate. The various results of the tests of compression show that standard cement R10 has a good resistance in compression, at 28 days, it is about 42 to 43 MPa, that of Portland cement is 44 MPa whereas, for the concretes, resistances in compression observed exceed the 50 MPa. These results put forward the influence of the sandy and muddy clay additions, on the properties of cementing materials, thus showing the economic and environmental interest of the substitution of the clinker by the burnt clays.

Key word : valorization - cement - dredged mud - red clay - calcination - cementing materials.

1. INTRODUCTION :

En général, on utilise comme ajout aux ciments, le laitier de haut fourneau, pouzzolanes, tuf Les pouzzolanes sont des matériaux silico-alumineux, qui en présence d'eau, réagissent avec l'hydroxyde de calcium pour former des composés « hydratés » possédant les propriétés des ciments [1,2]. Ce sont des produits naturels d'origine volcanique (cendre, scorie...) ou artificiels obtenus par différentes méthodes [3]. Les plus couramment employées sont les cendres volantes des centrales thermiques, les laitiers des hauts fourneaux, les bauxites et les argiles calcinées. Les avantages du remplacement partiel du ciment par des matériaux pouzzolaniques sont divers : le renforcement de la résistance aux attaques chimiques, renforcement de l'imperméabilité et de la durabilité du mortier, réduction des réactions alcalines avec les agrégats [4]....

Annuellement les boues de dragage réduisent les capacités de stockage des barrages, par exemple le barrage Ksob – M'sila est envasé à hauteur de 47%. Ces boues extraites sont évacuées vers d'énormes digues, mais malheureusement cette solution prend de plus en plus d'espace. D'autre part une marne argileuse de couleur rouge, jusqu'ici utilisée dans la fabrication de poterie locale, c'est étalé au fil de temps. Après l'analyse chimique et minéralogique des échantillons, ces marnes ont révélés un potentiel d'utilisation énorme (valorisation).

2. PROCEDURE EXPERIMENTALE

2.1. MATERIAUX UTILISES

La marne argileuse rouge : Cette marne de couleur rouge est le fruit de l'ère oligocène, très abondante dans la région, mais peu exploitée.

La vase : Issue du dragage du barrage Ksob, cette vase est le résultat d'une érosion hydrique.

Le clinker et le gypse : Fabriqué dans une usine locale, le clinker a une composition chimique régulière.

Les agrégats : Afin de confectionner les bétons, un sable et deux fractions granulaires de graviers issus des carrières locales ont été utilisés, leurs caractéristiques physiques sont illustrées au tableau 3.

Les compositions chimiques et minéralogiques des différents matériaux sont données respectivement par tableau 1 et 2, et l'analyse thermique différentielle est illustrée dans les figures 1 et 2.

Tableau 1 . Composition chimique des matériaux utilisés

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Perte au Feu
Marne rouge	32.96	6.87	3.01	23.24	5.80	1.19	1.96	0.01	24.46
Vase	37.37	13.52	5.00	17.02	2.75	0.36	1.92	0.45	20.73
Clinker	22.14	5.23	3.03	65.49	0.07	1.18	0.94	0.13	0.00
Gypse	7.18	2.25	1.06	31.37	2.42	34.42	0.47	0.00	20.80

Tableau 2 ..Composition minéralogique des deux marnes argileuses.

	Quartz	Calcite	Dolomite	Feldspath plagio.	Gypse	Minéraux Ferrugineux	Kaolinite	Illite/Muscovite	Chlorite
Marne rouge	17	30.5	16.5	01	02	03	0.00	20	09
Vase	22	30	0.00	0.00	0.00	05	11	20	12

Tableau 3. Caractéristique physique des agrégats utilisés.

Caractéristique	Sable	Gravier 3/8	Gravier 8/15
Masse volumique absolue	2.54	2.6	2.57
Masse volumique apparente	1.63	1.35	1.27
Porosité	35.81	48.18	50.23
Compacité	64.18	51.83	49.77
Indices des vides	0.557	0.929	1.009
ESV/ESP	80.7/85.2	0.00	0.00

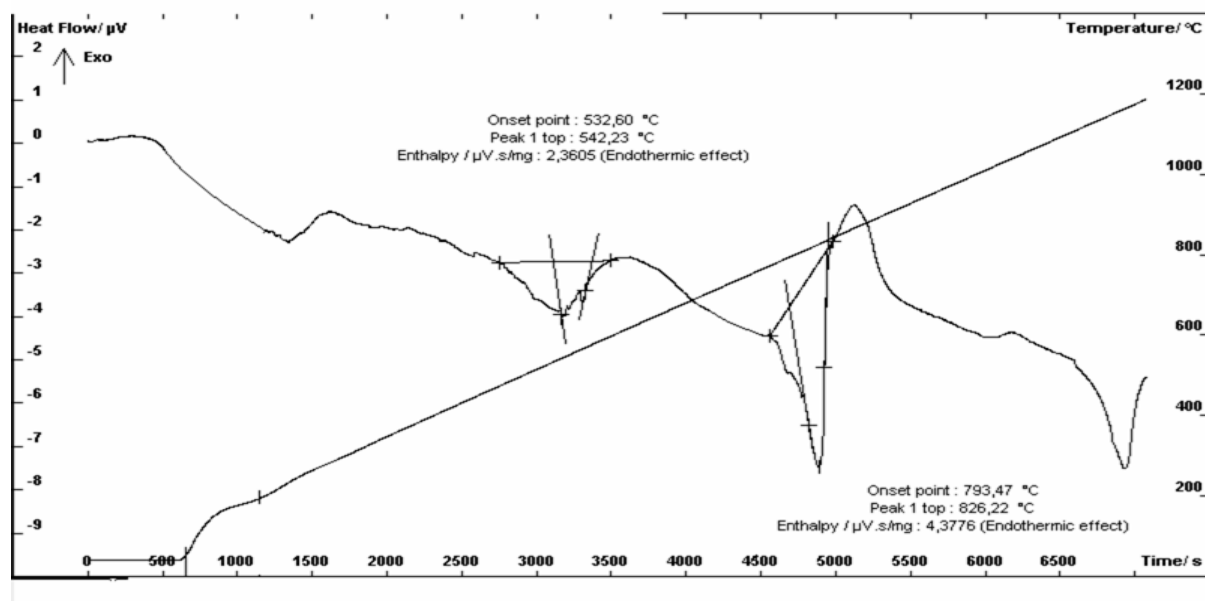


Figure 1. Analyse thermique différentielle de la vase.

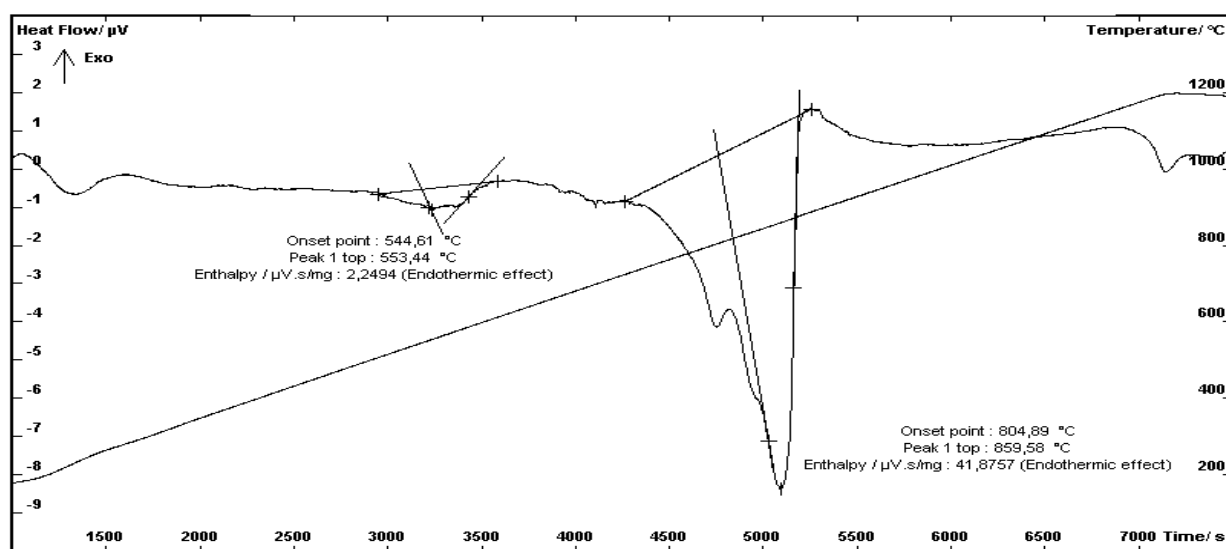


Figure 2. Analyse thermique différentielle de la marne rouge.

2.2. Essais mécaniques

2.2.1. Composition

Afin d'évaluer l'effet de la vase issue du dragage du barrage Ksob, et de la marne argileuse de couleur rouge, sur les matériaux cimentaires (anhydre, mortier, béton), on a soumis les différents spécimens des ciments composés, dont la composition est donnée par le tableau 4, à des essais typiques normalisés.

Tableau 4. Variantes et nomination des différents types de ciment

Nomination	Clinker %	Gypse %	Ajout R %	Ajout V %
CP	95	5	0	0
R10	85	5	10	-----
R20	75	5	20	-----
R30	65	5	30	-----
V10	85	5	-----	10
V20	75	5	-----	20
V30	65	5	-----	30

V = vase, R = Argile rouge.

2.2.2. Broyage :

Tous les matériaux (clinker, gypse, marne rouge, vase) ont subi un broyage séparé. Après cela, on a calciné les deux argiles et élaboré les mélanges. Tous les ciments composés ont presque la même finesse (tableau 5).

Tableau 5 .La finesse des différents ciments élaborés

	CP	R10	R20	R30	V10	V20	V30
Finesse (cm ² /g)	3568.41	4310.46	4547.37	4512.32	4460.79	4347.41	4696.88

2.2.3. Analyse chimique des poudres de ciment

Après un séchage, broyage, les compositions chimiques des différentes variantes sont résumées au tableau 6. On peut déduire que la plupart de nos variantes répondent aux exigences, telles que le taux de la perte au feu, la teneur en sulfate et la teneur de MgO. De ce qui est les modules MS (module silicique), MA (module aluminoferrique) sont dans les plages de données acceptables, MH (module hydraulique) seul R30 et V30 sont en dessous de l'intervalle ce qui veut dire des résistances initiales faibles.

De ce qui est le module LSF (degré de saturation en chaux), à chaque augmentation du pourcentage d'ajout, il y a une diminution du taux de CaO, mais aussi une augmentation du dénominateur et surtout le silicium qui est présent en quantité considérable dans les ajouts. Pour l'indice d'hydraulicité (ou indice de Vicat) toutes les variantes ont un indice acceptable et même supérieure à 0.5, ce qui prouve leurs très bonnes résistances chimiques. La composition chimique des différentes variantes étudiées est donnée par le tableau 6.

Tableau 6. Composition chimique des différentes variantes étudiées.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Perte au Feu
CP	21.93	5.53	2.98	63.31	0.08	0.00	1.09	0.13	1.78
R10	23.77	5.91	3.04	60.36	0.99	1.81	1.37	0.13	2.62
R20	25.61	6.21	3.11	56.96	0.70	1.83	1.57	0.14	3.87
R30	26.30	6.37	3.21	53.58	0.79	1.95	1.83	0.12	5.81
V10	23.93	5.98	3.04	60.72	0.84	1.70	1.41	0.13	2.25
V20	26.18	7.57	3.34	56.78	0.44	1.61	1.32	0.13	2.61
V30	28.49	8.63	3.60	52.64	0.34	1.54	1.39	0.12	3.08

2.3.4. Analyses des propriétés physiques des ciments :

2.3.4.1. Masse volumique

On remarque que la masse volumique diminue à chaque augmentation du pourcentage d'ajout dans les deux cas (R ou V), ceci est dû aux particules qui ont un caractère légèrement expansif, elles gonflent en compactant les particules du ciment, ce qui provoque une augmentation du volume, comme le montre la figure 3.

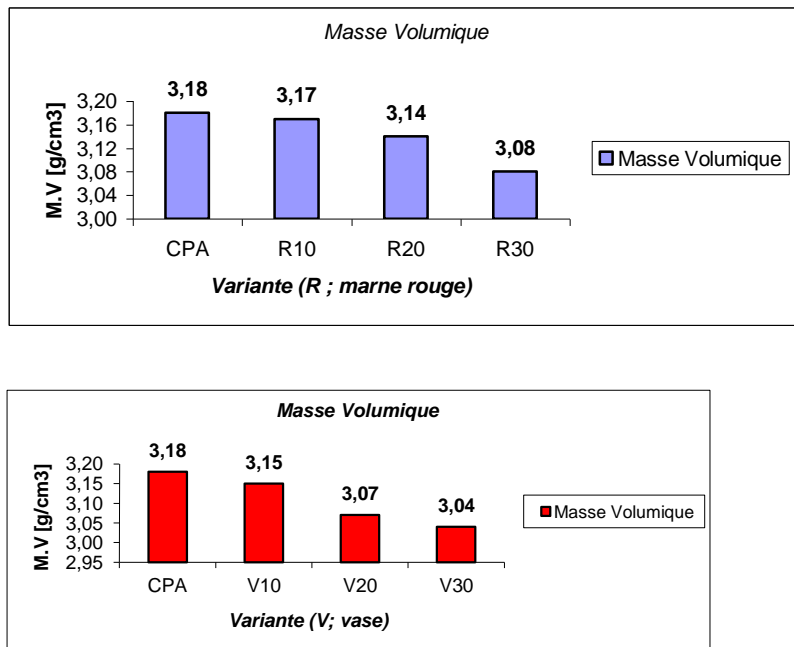


Figure 3 . Masse volumique absolue des ciments.

2.3.4.2. Consistance normale

On remarque d'après le Tableau 7 la croissance du volume d'eau pour humidifier 500g de ciment, ce qui veut dire que le rapport E/C augmente avec chaque augmentation du pourcentage d'ajout (figure 4). Cela est dû à la nature des ajouts qui absorbent une partie importante de l'eau destinée à l'hydratation du ciment, ce qui réduit la quantité d'eau disponible pour la formation des hydrates comme la portlandite et l'ettringite. Sans oublier la perte au feu un petit peu élevée des variantes attribuées principalement à la teneur résiduelle en carbone.

Tableau 7 . Volume d'eau nécessaire pour avoir une consistance normalisée.

	CP	R10	R20	R30	V10	V20	V30
Volume d'eau [ml]	144	148	155.5	168	154	166	174

2.3.4.3. L'expansion

L'expansion à chaud est régulière et elle est en dessous de 2 mm, elle est de l'ordre de 1mm pour les variantes (R) et de 0mm pour les variantes (V), ce qui veut dire que la quantité de chaux libre est inférieure à 2%.

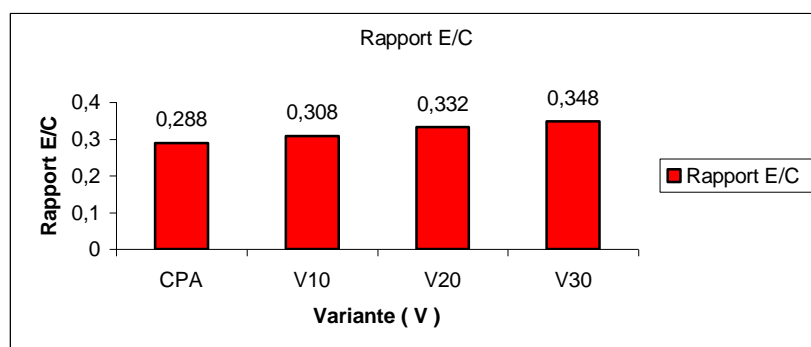
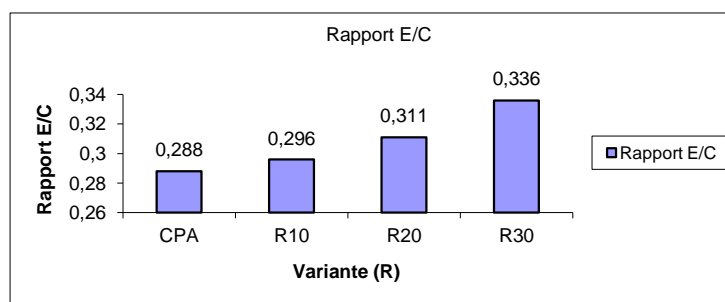


Figure 4. *Le rapport E/C pour avoir une consistance normale*

2.3.4.4 .La prise

La figure 5 montre l'augmentation du temps de prise (début et fin) des variantes par rapport au ciment portland, a cause de la soustraction d'une partie de clinker et son remplacement par de l'argile calcinée, d'un autre côté une diminution de ce temps est constatée avec l'augmentation du pourcentage d'ajout, cette observation est valable pour le début et fin de prise.

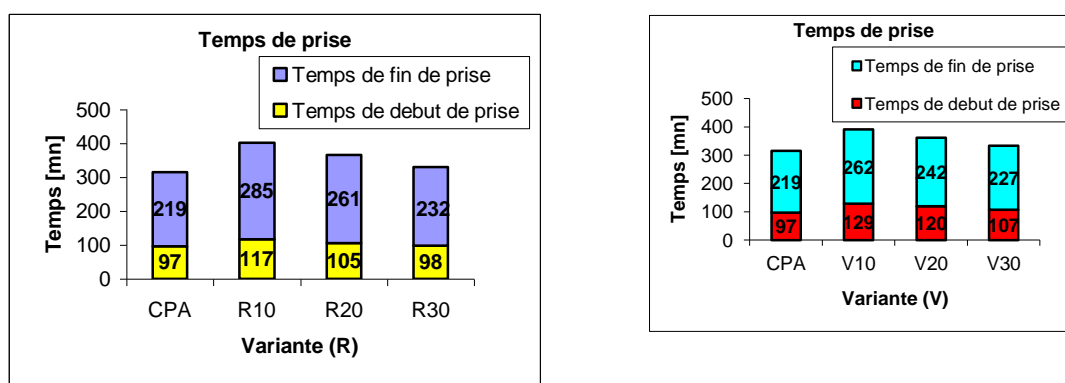


Figure 5. *Illustration du temps de prise (début et fin).*

2.4. Résistances mécaniques des mortiers

Les spécimens des différentes variantes ont été testés en traction et compression uni axiale respectivement à 2 jours et 28 jours. A 2 jours, les résistances mécaniques des ciments composés sont supérieurs à celle du ciment portland, ceci s'explique par la valeur du module de finesse importante, sauf pour le cas R30 et V30, car leurs indices hydrauliques sont faibles. A 28 jours, le ciment portland a repris l'avantage, car le clinker a continué de s'hydrater et les ciments composés ont ralenti leurs croissances, les différentes valeurs des résistances sont récapitulées dans le tableau 8.

Tableau 8 . Les résistances mécaniques des mortiers

	CP	R10	R20	R30	V10	V20	V30
Résistance en compression 2 jours (MPa).	20.3	23.9	20.88	18.82	23.36	20.72	18.7
Résistance en traction 2 jours (MPa)	3.92	4.91	4.42	3.99	4.46	3.92	3.58
Résistance en compression 28 jours (MPa)	44.22	43.5	39.38	36.41	42.63	38.01	35.67
Résistance en traction 28 jours (MPa)	6.86	7.44	6.85	6.63	6.6	6.28	5.86

2.5. Résistance mécanique des bétons :

On remarque que les résistances en compression des bétons à base de 10% d'ajout aux premiers jours, sont supérieures à celui d'un ciment portland (figure 6), à cause de la finesse des ciments, et le remplissage des pores au sein du béton, ce qui conduit à la libération de l'eau emprisonnée. Au delà du 7^{ème} jours les résistances sont en baissent (figure 7) à cause de la substitution d'une partie de clinker par l'ajout, ce qui freine les réactions d'hydratation pour le durcissement final.

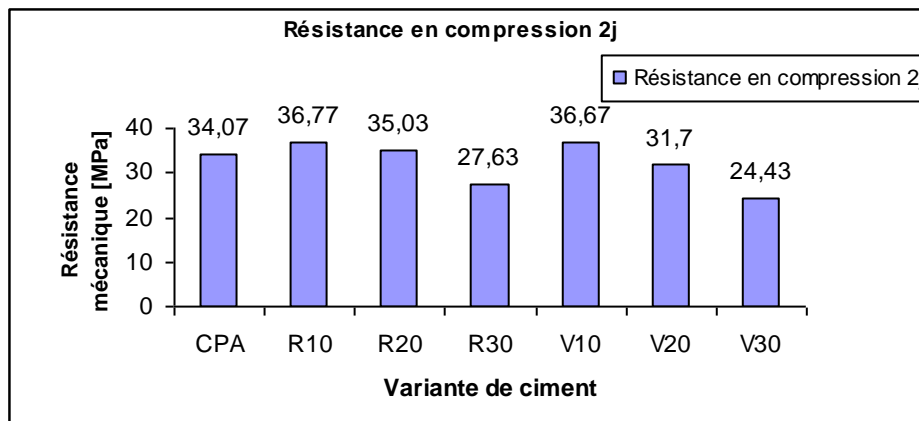


Figure 6 . Résistance en compression des différent type de ciment à 2 jours.

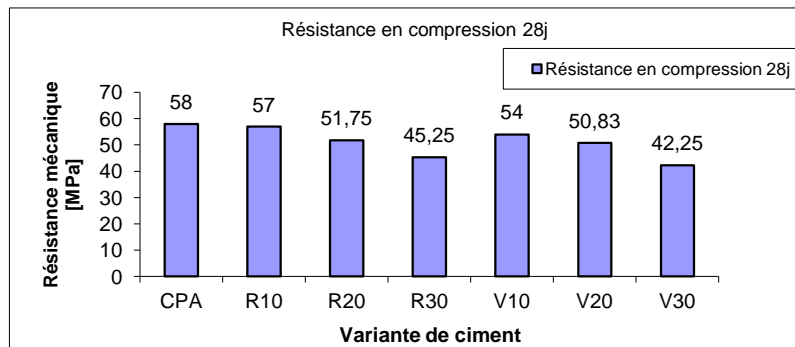


Figure 7 . Résistance en compression des différent type de ciment à 28 jours.

3. CONCLUSION

Après la calcination de la marne de couleur rouge et la vase issue du dragage du barrage Ksob a des températures de l'ordre de 780 et 750°C respectivement, pendant 5 heures dans un four fixe [5]. Avec leur incorporation à coté du clinker afin de produire des ciments, on à constater les points suivants :

- La diminution de la masse volumique à chaque augmentation du pourcentage d'argile calcinée, est normale vu l'augmentation des éléments expansifs.
- A chaque augmentation d'ajouts la consistance augmente, car l'eau destinée à l'hydratation des minéraux du clinker est absorbée par l'ajout, et la consistance la plus proche du ciment portland (Sour El-Ghozlane), est obtenue avec l'incorporation de 10% d'ajouts (R10 et V10).
- La longue durée de temps de prise n'a pas de conséquence sur les résistances, car même avec un temps de prise élevé les ciments à 10% d'ajouts ont donnés les meilleurs résultats.
- L'incorporation de 10% d'argile calcinée donne des réponses mécaniques assez proche d'un ciment portland (Sour El-Ghozlane), qui est de l'ordre de 42-43 MPa, pour les ciments composés, et de 44 MPa pour le ciment portland.
- A raison d'un rapport E/C plutôt faible voisinant 0.45, plus l'exigence des abaques de la méthode Dreux-Gorisse, un ajout d'un fluidifiant, pour arriver à une bonne ouvrabilité, la résistance à la compression du béton à 28 jours est conséquente.

Avec ses remarques, on peut dire que ces ciments peuvent être utilisés dans des structures à sollicitations modérées, même si cela n'apporte pas d'amélioration notable.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]- D.CHAHIDI ELOUAZZANI, « Caractérisation physico-chimique et valorisation en bâtiment et travaux publics des cendres issues de l'incinération des boues de papeterie », thèse pour l'obtention d'un grade de docteur, spécialité sciences et techniques du déchet, Institut national des sciences appliquées de Lyon, 2005, P 18-21,65.
- [2]- K.SOBOLEV, T.R.NAIK, « Performance as a factor for sustainability of the cement industry », Report N°. CBU-2005-17, Rep-588, August 2005, Presented and published at the CANMET/ACI, Three-day International Symposium on sustainable development of cement and concrete, October 5-7, 2005, Toronto, Canada, P 6-7.
- [3]- U.CHINJE MELO, N.BILLONG, «Activité pouzzolanique des déchets de briques et tuiles cuites», African Journal of Science and Technology (AJST), Science and engineering Series Vol. 5, N°1, June 2004, P 92-100.
- [4]-A. BESSA, J.P. BIGAS, J-L. GALLIAS, « Evaluation de la contribution liante des additions minérales à la porosité, à la résistance en compression et à la durabilité des mortiers »,22^{ème} rencontres universitaires de génie civil 2004, P 1-8.
- [5]- C.BICH, « Contribution à l'étude de l'activité thermique du kaolin :évolution de la structure cristallographique et activité pouzzolanique », thèse pour l'obtention d'un grade de docteur, spécialité génie civil, Institut national des sciences appliquées de Lyon, 2005, P 44-45.