



CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Nous venons de mettre en évidence, à partir des essais physico-chimiques et mécaniques couplés aux résultats obtenus par la diffraction aux rayons X (les oxydes) que le développement des résistances mécaniques des mortiers contenant les ajouts de 0% ; 5% ; 10% ;15 à 20% de argile cuite en substitution de ciment Portland, ne semble pas être dû complètement à la structure minéralogique des argile cuite.

Le développement des résistances mécaniques à 28 jours semble être relié à l'état d'endommagement du réseau cristallin c'est-à-dire au degré d'hydroxylation du réseau et par conséquent à l'état amorphe de la structure. Ainsi on peut dire à la lumière du deuxième et troisième chapitre que :

* L'argile cuite (déchet de briques) est un matériau à caractère pouzzolanique, car il n'entre en réaction avec les composants du ciment Portland qu'après l'hydratation et la formation de la portlandien $\text{Ca}(\text{OH})_2$

* La température de cuisson à une grande influence sur la réactivité pouzzolanique des argiles cuite (déchet de briques) .En effet les indices d'activités pouzzolaniques du déchet de briques ne sont pas très élevés, ce qui confirme la faible pouzzolanique, car il a une structure partiellement amorphe. On constate que l'argile cuite calcinée (déchet de briques) en tant qu'addition minérale améliore les performances mécaniques des mortiers, elles ont été calcinées au four de l'usine de la briqueterie pour une température variant entre 900 à 950°C.

La structure partiellement amorphe (structure recristallisée) du déchet de briques est due à une mauvaise calcination. Plusieurs chercheurs ont étudiés l'effet de la température et l'activité pouzzolanique dans les différentes zones de température pour l'activité maximale données dans la littérature et ils ont conclu que l'activité pouzzolanique peut être améliorée si ces argiles sont calcinées entre 650 – 800 °C.

Le développement de la résistance des mortiers contenant les déchets de briques est fonction de :

- * La composition minéralogique du clinker, un bon clinker contient un taux élevé de C_3S (alite).
- * La finesse du ciment, plus elle est élevée plus l'activation est meilleure.
- * La composition chimique et surtout minéralogique de l'argile calcinée.
- * L'état de vitrification (amorphisation) de la structure de l'argile calcinée .Plus la structure est amorphe, plus la résistance n'est meilleure.

Les travaux réalisés par différents chercheurs, sur les ciments –argiles calcinées ont montré qu'il est possible d'activer ces ciments par étuvage (traitement thermique). L'activation thermique induit une forte accélération de l'hydratation des ciments -argiles calcinées à court terme et une réduction de l'accroissement de résistance à long terme.

*Les résistances à la compression aux premiers jours sont moins élevées pour les ciments aux pouzzolanes, mais les rattrapent souvent à long terme à $20\pm 2^\circ\text{C}$, c'est-à-dire après 28 jours de durcissement.



Le mortier utilisant du ciment aux pouzzolanes (déchet de briques) présentent de nombreuses caractéristiques favorables par rapport au ciment Portland sans ajout:

- * Résistance à la compression à long terme inférieur à celle du ciment Portland sans ajout mais toujours à la même classe (52.50)
- * Densité plus moins par rapport au ciment Portland.
- * Chaleur d'hydratation moins intense qu'un ciment Portland. Il en résulte que le risque de fissuration est moindre.
- * Les ciments aux pouzzolanes ont des temps de prise plus long que les ciments Portlands sans ajouts (CPA).

Le seul inconvénient est la faible résistance aux jeunes âges.

- * Les mortiers contenant du ciment et de l'argile calcinée sont plus visqueux et maniables que les mortiers contenant uniquement du ciment portland lorsqu'ils sont formulés avec un ratio eau/liant identique.
- * L'hydratation provoque l'apparition de porosité fermée (absence de connexion des pores. favorable à la résistance mécanique et à la durabilité due à la formation d'une plus grande quantité de C-S-H.
- * Augmentation de la quantité d'eau nécessaire suivant la teneur en argile calcinée pour obtenir une consistance normale de la pâte.
- * Le retrait et le gonflement du mortier sont inférieurs aux limites imposées par la norme NF P 15-433.
- * L'incorporation progressive de l'argile calcinée dans le ciment augmente les résistances à long terme jusqu'à certain pourcentage dans notre cas 20%.
- * Les résistances du ciment -argile calcinée augmentent à long terme (au delà de 28 jours).
- * Les résistances à la flexion des mortiers mixtes (ciments -argiles calcinées) sont comparables pour tous les types avec celle du ciment Portland.

La chaux hydratée (portlandite) formée lors de l'hydratation des composés du ciment réagit avec l'ajout pouzzolanique (déchet de briques) pour donner les silicates, aluminates et aluminosilicates de calcium hydraté (deuxième C-S-H) responsables de cette augmentation de résistance. On peut dire que l'argile calcinée apparaît comme un matériau important, couramment utilisé dans le monde, il a fait ses preuves dans le monde dans de grands projets réalisés tel que.

le barrage de Jupia en Brésil. Donc le doute ne subsiste plus, quand à ses performances et ses avantages qu'elle présente si elle est calcinée à une température proche de 800°C. Sa valorisation permet :

- L'obtention d'une grande variété de ciments.
- Des économies d'énergie importantes pendant la phase de broyage.
- La préservation des ressources naturelles et la protection de l'environnement
- pour les grand ouvrage de long durée tel que les barrages , ce type de ciment est recommandé.
- l'utilisation de déchet de l'argile cuite (brique, tuile) participe énormément à la bonne tenue de l'environnement



PERSPECTIVES (FUTURS TRAVAUX)

En perspective nous proposons les axes de recherches suivants :

- 1- Influence de la calcination des argiles sur les propriétés physico-chimiques des ciments aux ajouts minéraux et les performances mécaniques des matériaux cimentaires.
- 2- Analyse des caractéristiques chimique, physique et thermique des argiles naturelle et artificielle.
- 3- Caractérisation physico-chimique et microstructurale des différents types des argiles calcinées.
- 4- Influence de l'activation mécanique sur les propriétés des ciments aux additions pouzzolaniques.