

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département De Génie Civil Et Hydraulique

C:.....

R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière : Travaux publics

Spécialité: voies et ouvrages d'art

Thème

*Etude comparative entre deux méthodes pour évaluer l'activité Pouzzolanique: L'indice d'activité Pouzzolanique et des tests de Frattini.*

Présenté par:

- ❖ Bachi Mohammed Lamine
- ❖ Touati Mohammed Elkabir

Soumis au jury composé de :

GHOALI M	MCB	UKMO	Président
KHALLOU A	MCB	UKMO.	Examineur
SEGGAI S	MCA	UKMO	Encadreur

*Année Universitaire: 2020 / 2021*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## **REMERCIEMENT**

**A**vant tout, nous remercions en premier lieu Allah le tout puissant de nous avoir illuminés et ouvert les voies du savoir, et pour nous avoir accordés la volonté et le courage pour élaborer ce travail.

**A**u terme de ce modeste travail, Nous tenons à exprimer toute notre gratitude et reconnaissance à notre encadreur **Mr. SEGGAI Sofiane** d'avoir accepté de diriger ce travail et d'avoir mis à notre disposition tous les moyens qui nous ont permis de mener à terme cette étude et aussi pour ses précieux conseils et ses encouragements.

**N**ous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

**T**out notre remerciement A nos collègues de **Université KasdiMerbah Ouargla** pour leurs collaborations et leurs soutient morale.

# Sommaire

---

## Sommaire

Résumé.....	
Liste des tableaux.....	II
Liste des figures.....	III
Liste des photos .....	VI
Liste D'abréviation .....	VII
Introduction Général .....	1

### Chapitre I : Activité pouzzolanique

I.1. Définition des pouzzolanes .....	4
I.2. Définition Activité pouzzolanique .....	4
I.3. Détermination par l'indice d'activité pouzzolanique : .....	5
I.3.1. Définition de l'indice d'activité pouzzolanique: .....	5
I.4. Méthodes de détermination de l'activation pouzzolanique : .....	5
I.4.1. Traitement thermique.....	5
I.4.2. Traitement mécanique .....	7
I.4.3. Traitement chimique.....	8

### Chapitre II Méthodes et Matériaux

II.1. Matériels d'expérience :.....	13
II.1.1. Sable .....	13
II.1.1.1. Les caractéristiques de Sable.....	13
II.1.1.2. Courbe de sable.....	14
II.1.2. La poudre de verre .....	15
II.1.2.1. Analyse chimique de poudre de verre.....	16
II.1.2.2. Propriétés physiques.....	16
II.1.3. Ciment Portland.....	16
II.1.4. Appareil de compression : .....	17
II.1.5. Moules standard de mortier : .....	17
II.1.6. Produits chimique :.....	17
II.1.7. Autres matériaux : .....	17
II.2. Essais Mécanique : .....	18

# Sommaire

---

II.2.1. Préparation des éprouvettes : .....	18
. II.2.2. Résistance à la compression .....	18
. II.2.3. Indice d'activité pouzzolanique : .....	19
<b>II.3. Essais Chimique : .....</b>	<b>20</b>
<b>II.3.1. Préparation de Solution : .....</b>	<b>20</b>
<b>II.3.2. Détermination de l'activité pouzzolanaue par     la méthodes chimique : .....</b>	<b>21</b>
<b>Chapitre III : Résultats et Discussion</b>	
<b>III.1.Résultats : .....</b>	<b>26</b>
<b>III.1.1. HCL : .....</b>	<b>26</b>
<b>III.1.2. PH : .....</b>	<b>27</b>
<b>III.1.3. Indice d'activité pouzzolanique IAP : .....</b>	<b>29</b>
<b>III.2. Discussion: .....</b>	<b>32</b>
<b>Conculsion Général.....</b>	<b>34</b>
<b>Références Bibliographique.....</b>	<b>35</b>

## LISTE DES TABLEAU

---

## LISTE DES TABLEAU

Titre de tableau	Page
<b>Tableau 1.les caractéristiques de sable</b>	13
<b>Tableau 2</b> Composition chimique de poudre de verre(en %)	16
<b>Tableau 3</b> Composition chimique du clinker (en %)	16
<b>Tableau 4</b> Composition minéralogique du clinker (en %)	16

## LISTE DES FIGURES

---

### LISTE DES FIGURES

<b>Titre de Figure</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 1</b> Courbe granulométrique sable de dune	14
<b>Figure(02-A )</b> . Variation de la qualité de Hcl en fonction de pourcentage de remplacent de ciment 4jours	26
<b>Figure(02- B)</b> . Variation de la qualité de Hcl en fonction de pourcentage de remplacent de ciment -7jours	26
<b>Figure(02-C)</b> . Variation de la qualité de Hcl en fonction de pourcentage de remplacent de ciment -28-jours	27
<b>Figure(03- A)</b> . Variation de PH en fonction de pourcentage de remplacent de ciment -4jours	27
<b>Figure(03- B)</b> . Variation de PH en fonction de pourcentage de remplacent de ciment -7 jours	28
<b>Figure(03- C)</b> . Variation de PH en fonction de pourcentage de remplacent de ciment -28jours	28
<b>Figure(04- A )</b> . Variation de RC en fonction de pourcentage de remplacent de ciment - 4jours	29
<b>Figure (04- B )</b> Variation de RC en fonction de pourcentage de remplacent de ciment - 7 jours	29
<b>Figure(04- C )</b> . Variation de RCen fonction de pourcentage de remplacent de ciment -28jours	30
<b>Figure(05- A )</b> . Variation de IAP en fonction de pourcentage de remplacent de ciment - 28jours	30
<b>Figure(05- B)</b> . Variation de IAP en fonction de pourcentage de remplacent de ciment - 28jours	31
<b>Figure(05- C )</b> . Variation de IAP en fonction de pourcentage de remplacent de ciment - 28jours	31



## LISTE DES PHOTO

---

### LISTE DES PHOTOS

Titre de photo	Page
<b>Photo 1</b> les étapes de broyage de verre	15
<b>Photo 2</b> table de choc et des moules	18
<b>Photo 3</b> Essai de compression	19
<b>Photo 4</b> Chauffer l'eau pendant une heure	20
<b>photo 5</b> échantillons avant d'ajouter de l'eau	20
<b>photo 6</b> Conserver les èchantillons dans l' etuve de sèchage	21
<b>photo 7</b> Avant le titrage avec la Solution Hcl	22
<b>photo 8</b> Pendant le titrage avec HCl	22
<b>photo 9</b> Après le Titrage a l' acide Hcl	23
<b>photo 10</b> Après ajoute NaoH	23
<b>photo 11</b> Mesure de la valeur du PH	24

## Liste d'Abréviation

---

### Liste d'abréviation

**F<sub>c</sub>** : La charge maximale à la rupture

**Hcl** : Hydrochloricacid

**IAP** : Indice d'activité pouzzolane

**NaOH** : Sodium Hydroxide

**R<sub>c</sub>** : Résistance compression

**Sc** : sable construction

# **Introduction Général**

### Introduction générale

Le ciment est un liant, une matière pulvérulente, formant avec l'eau ou avec une solution saline une pâte homogène et plastique, capable d'agglomérer, en durcissant, des substances variées appelées « agrégat » ou « granulat » **(La norme NF P 15-301.**

Produire du ciment est très énergivore et émetteur de gaz à effet de serre. Chaque tonne de ciment requiert environ 60 à 130 kg de fioul, ou une moyenne de 110 kWh **Laetitia et al (2009).** Le ciment n'est pas un bon isolant thermique, il fait donc face à des matériaux concurrents dont le bois et divers éco-matériaux bio-sourcés.

Devant les contraintes environnementales, plusieurs études ont été réalisées dans le but de chercher un autre liant hydraulique qui peut remplacer partiellement ou totalement le ciment. Parmi, il y a la poudre de verre qui a été examinée par plusieurs chercheurs à travers l'étude de caractéristiques mécaniques de mortier et/ou de béton **(Saggai et al., 2021; Saggai et al., 2019; Du, 2013).**

Parmi les paramètres que nous devons examiner, il y a l'activité pouzzolanique, Cette activité peut être déterminée par une large éventail de méthodes. Il y a celles qui sont directes tels que le test de Frattini et le test à la chaux saturée ; et autres qui sont indirectes tels que l'indice d'activité pouzzolanique (IAP) **(BS 389; norm (BS EN) 196; (ASTM) C-311).**

Dans notre présente étude, nous allons examiner deux méthodes : Frattini (directe) et IAP (indirecte). Pour se faire, nous avons structuré notre mémoire comme suit :

Un premier chapitre qui parle de : Définition des pouzzolanes , Définition Activité pouzzolanique, Détermination par l'indice d'activité pouzzolanique et Méthodes de détermination de l'activation pouzzolanique.

Un chapitre 2ème qui englobe les matériels mécaniques (Sable , La poudre de verre, Ciment Portland, moules standards , Appareil de résistance de compression ) et les matériels chimiques (Éprouvette graduée, Verre de montre , Pipette graduée, Balance

## **Introduction général**

---

,Agitateur ,Etuve de sechage,PH meter et .....) et les méthodes de travail C'est (Essais Mècanique, Essais Chimique )

Dans le troisième chapitre, nous verrons les résultats et leur discussion

# Chapitre I

---

### **I.1. Définition des pouzzolanes (:Byfors, 1987)**

Les pouzzolanes sont des matériaux minéraux composés des mêmes principaux oxydes contenus dans le ciment Portland, mais de proportions et composition minéralogique différentes. Elles ont une teneur élevée en dioxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ), ou en dioxyde de silicium et oxyde d'aluminium combinés, et elles sont pauvres en oxyde de calcium. Les pouzzolanes sont caractérisées par une réaction dite « pouzzolanique ». Cela signifie qu'elles peuvent réagir fortement ou faiblement en présence d'eau avec l'hydroxyde de calcium en le transformant en silicate de calcium et aluminates de calcium hydratés qui contribuent à l'amélioration de la résistance mécanique et l'étanchéité du matériau cimentaire.

### **I.2. Définition Activité pouzzolanique**

L'activité pouzzolanique ou pouzzolanité signifie l'aptitude de certains matériaux, dépourvus de propriétés hydrauliques propres, à fixer l'hydroxyde de calcium en présence d'eau pour donner des hydrates analogues de ceux du ciment Portland.

Cette propriété se constate à des degrés variables dans les matériaux riches en silice libre non quartzuse « non cristallin », quelle que soit leur origine : matériaux naturels (cendres volcaniques, diatomites, gaize) ou matériaux artificiels (cendres volantes, fumées de silice, argile calcinée).

L'action pouzzolanique se caractérise par deux aspects distincts :

La quantité totale d'hydroxyde de calcium qu'une pouzzolane est capable de fixer. La rapidité de fixation de l'hydroxyde de calcium par la pouzzolane.

Selon Christelle, l'ordre de la réactivité pouzzolanique des argiles (kaolins) est directement lié à l'état de désorganisation du réseau cristallin après activation thermique qu'il est possible d'observer par analyse diffractométrique. En effet, Martin-Calle montre que les métakaolins issus de la calcination de la kaolinite ordonnée présentent une cinétique de réactivité plus lente que des métakaolins issus d'une kaolinite désordonnée. La capacité à consommer rapidement de l'hydroxyde de calcium peut être également due à l'apparition de

défauts de surface lors de la calcination. Certains chercheurs ont attribué la haute réactivité initiale du métakaolin à la phase  $Al_2O_3$  qui favorise la formation d'aluminosilicate de calcium hydraté ( $C_2ASH_8$ , ou gehlénite hydratée, ou strätlingite).

(M<sup>elle</sup> BOUHMID Mama, 2011)

### **I.3. Détermination par l'indice d'activité pouzzolanique :**

#### **I.3.1. Définition de l'indice d'activité pouzzolanique:**

[ Norme, ASTM Standard , 2008]

L'indice d'activité pouzzolanique c'est un rapport entre la valeur de la contrainte de résistance à la compression d'un mortier contient des proportions de pouzzolane naturelle de 28 jours et un mortier témoin de qualités ordinaire du même âge.

### **I.4. Méthodes de détermination de l'activation pouzzolanique :**

(M<sup>elle</sup> GERYVILLE Djohar, 2011)

#### **I.4.1. Traitement thermique**

La réaction pouzzolanique n'est observable que sur des matériaux qui comportent des phases minérales dans lesquelles la silice et l'alumine sont partiellement mobilisables.

L'activité pouzzolanique des argiles calcinées ou amorphes et des cendres volantes essentiellement vitreuses est particulièrement liée à cette particularité. Aujourd'hui, il est admis que le même critère s'applique aux pouzzolanes naturelles et que seules la silice et l'alumine des phases vitreuses sont effectivement réactives.

Dans le traitement thermique, la température de cuisson à laquelle le produit pouzzolanique se forme est le paramètre le plus important à connaître. Pour mieux expliquer ce point là, nous avons résumé quelques recherches qui ont étudié l'activation des matériaux contenant de l



silice et/ou de l'alumine par traitement thermique dit « calcination ». D'après certains chercheurs, la température de cuisson optimale est entre 700 et 800°C pour le kaolin. Pour une température inférieure à 700°C, la déshydratation du kaolin n'est pas totale et pour une température supérieure à 800°C, il y a diminution du degré d'amorphisation car la recristallisation du métakaolin est entamée. Dans [autres études], il s'est avéré que la structure amorphe du kaolin (métakaolin) est observée entre 600 et 800°C.

La stabilité du cristal joue un rôle essentiel dans la solubilité. C'est la raison pour laquelle, à l'état métastable, les argiles calcinées sont plus réactives qu'à l'état naturel plus stable. En outre, le refroidissement exerce une grande influence sur la stabilité des minéraux ; pour avoir une meilleure réactivité il faut que le refroidissement soit rapide (trempe) dans le but de figer les minéraux à leurs états métastables acquis à la température maximum de calcination.

Selon les structures cristallines des minéraux de base, les impuretés qu'ils engendrent et leurs défauts structuraux, ainsi que la composition minéralogique des pouzzolanes, il est distingué trois classes de résistances mécaniques (32.5, 42.5 et 52.5) liées à leur réactivité chimique (peu réactives, réactives et très réactives) .

Selon Chi et ses collaborateurs, la calcination après broyage à 250 µm d'une vase de barrage hydraulique à 750°C pendant 5 heures, a permis d'améliorer la résistance mécanique des pâtes de ciments renfermant 30% de ce matériau. Ils ont remarqué que les résistances à la compression après 60 jours de durcissement du ciment à 30% de vase calcinée sont similaires

celle du témoin sans ajout, et qu'à partir de 120 jours ces résistances sont plus grandes. Ceci est dû à l'effet pouzzolanique de ce matériau qui ne peut apparaître qu'à long terme. Les résistances obtenues à 120 jours dépassent les 45 MPa, par contre celles des ciments renfermant un pourcentage supérieur en vase calcinée sont largement basse et ne dépassent pas 20 Mpa

**.Ramezani pour et al (1989); Poletini et al (2009); Sabbas et al (2003); Shi et al (1993)**

### I.4.2. Traitement mécanique

Le traitement mécanique des matériaux (naturels, co-produits ou sous produits industriels) contenant un pourcentage important de silice et/ou d'alumine consiste à effectuer un broyage poussé par écrasement des grains. Ce broyage a pour but de réduire les grains en une poudre suffisamment plus la réactivité chimique est importante). La pulvérisation forte des grains permet de détruire la structure de la surface des minéraux en créant ainsi des valences électriques libres qui conduisent facilement aux réactions physicochimiques du matériau et donc à une activité pouzzolanique dans notre cas. **Semcha A., (2006)**

L'incorporation des particules fines dans le ciment améliore la maniabilité et réduit la demande en eau, à l'exception des ajouts de grande finesse telle que la fumée de silice. Selon certains auteurs], la fumée de silice joue le rôle inverse ; la demande en eau calculée par le rapport eau/ciment augmente avec l'augmentation de la finesse. Ainsi, pour un rapport ciment / fumée de silice égale à 90/10 et une surface spécifique de fumée de silice de 20 m<sup>2</sup>/g la demande en eau est égale à 0,30 , pour une surface spécifique de 18,50 m<sup>2</sup>/g la demande est de 0,40 et pour un autre type de fumée de silice de surface spécifique égale à 15, 898 m<sup>2</sup>/g la demande en eau est de 0,52 .

Ce traitement a de nombreux avantages, nous citons principalement :

- Un avantage fonctionnel qui concerne l'amélioration des propriétés mécaniques et la durabilité du matériau de ciment, ainsi que la diminution de la chaleur d'hydratation dégagée du ciment, ce qui diminue la fissuration d'origine thermique.

Un avantage écologique qui concerne la diminution de l'émission de CO<sub>2</sub> par l'industrie cimentière et l'élimination des sous-produits de la nature par leur valorisation comme ajout pouzzolanique dans le ciment. **(Heikal et al, 2004)**

ent fine afin de rendre la matière plus réactive (plus la surface spécifique est élevée **.Roy et al ., (2001)**

### **.4.3. Traitement chimique**

Le traitement chimique est l'addition de substances chimiques sous forme de solutions liquides à un matériau riche en silice et/ou en alumine en vue de le rendre pouzzolanique.

Ce traitement permet de détruire ou activer la structure des minéraux par des réactions chimiques entre ces derniers et l'activateur additionné. Dans cette recherche bibliographique nous allons exposer certains travaux de recherches effectués dans différents laboratoires en prenant comme exemple d'étude les cendres volantes qui ont été largement étudiées.

D'après K. Ogawa et al. , les cendres volantes ont une activité pouzzolanique qui peut, durant l'hydratation du ciment composé, contribuer à la formation de composés possédant des propriétés liantes. Il est généralement admis que plus la taille des grains des cendres volantes est fine, plus leur activité pouzzolanique est importante.

La faisabilité du recyclage des cendres volantes, résidu de combustion du charbon, dans les systèmes à base de ciment après activation chimique a été étudiée par certains . Différents hydroxydes et de sels de sodium, potassium et calcium ont été sélectionnés dans cette étude dans le but de connaître leurs effets sur l'activation chimique des cendres volantes.

L'évolution des propriétés mécaniques des mélanges cendres volantes-ciment Portland et la lixiviation des traces des métaux à partir des matériaux ont été parmi les préoccupations majeures des chercheurs.

Des expériences ont été réalisées selon un plan factoriel complet, qui a permis d'obtenir un modèle graphique prédictif sur l'influence du taux de substitution en cendres volantes ainsi que la teneur et la nature de l'activateur utilisé sur la résistance à la compression du ciment composé. Parmi les activateurs testés, le chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ), qui exerce une influence beaucoup plus positive sur la résistance mécanique que les autres substances utilisées.

D'autre part, le sulfate de potassium ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) a été utilisé pour provoquer une lixiviation significative des métaux à pH < 12, **la norme EN 196-5**

probablement associée à la libération des contaminants immobilisés dans la structure, et pour transformer l'ettringite en monosulfate au fil du temps .

Les minéraux des cendres volantes sont formés durant la combustion à haute température et subissent un refroidissement rapide jusqu'à la température ambiante. Ceci conduit à l'instabilité chimique de ces minéraux dans les conditions atmosphériques normales, ce qui représente un prononcée de la réactivité chimique du matériau, en particulier dans l'environnement alcalin .

Ces travaux font partie d'une recherche plus vaste dans laquelle des différentes méthodes sont l'étude pour améliorer le comportement de lixiviation des métaux et développer l'utilisation des cendres des déchets ménagers après incinération, en exploitant la réactivité chimique de leurs minéraux. Les méthodes de traitement étudiées comprennent le vieillissement accéléré, en utilisant des différents procédés : carbonatation, utilisation de sorbant composés ou phosphates solubles, et les activations chimique et thermique dans le but d'améliorer le comportement pouzzolanique des cendres . **la norme EN 196-5**

Quant à l'effet de l'addition des cendres volantes au ciment, les résultats des études antérieures montrent un comportement de faible pouzzolanicité dont la résistance mécanique du ciment composé de cendres est nettement inférieure à celle du ciment Portland pur .

Récemment, l'utilisation d'activateurs chimiques appropriés dans les cendres volantes associée avec une activation thermique pour améliorer le développement de la résistance mécanique des ciments composés de cendres a été étudiée. Il a été constaté que les activateurs de sels de sodium ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  et  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ne sont pas efficaces dans l'activation des propriétés pouzzolaniques de ces cendres volantes. Par contre,  $\text{CaCl}_2$  est capable d'améliorer la résistance mécanique de la pâte du ciment ; la résistance à la compression après 10 jours de durcissement étuvé à  $40^\circ\text{C}$  augmente de 7 MPa pour 10% de cendres et 6 MPa pour 20% respectivement. D'autres recherches plus approfondies concernant le rôle des activateurs chimiques sur le développement des propriétés physiques et mécaniques des ciments à bases de cendres volantes et cendres des déchets solides d'incinération ont été entamées. Les principaux constituants chimiques des cendres volantes sont les oxydes de silicium, de calcium et d'aluminium.

## Chapitre I : Activité Pouzzolanique

---

Les résultats des tests de l'activité pouzzolanique des cendres en présence d'activateurs ont été comparés avec la courbe théorique de solubilité de la portlandite [ $\text{Ca} = fct(\text{OH}^-)$  en mmole/l].

Les cendres volantes à dosage inférieur à 20%, activées par l'ajout de 3% de  $\text{CaCl}_2$ , ont donné une réactivité pouzzolanique positive, par contre aucun accroissement sensible de l'activité n'est constaté par l'addition des activateurs KOH, NaOH,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$  et  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

Pour la plus grande teneur de substitution en cendres volantes (60% de la masse du ciment) avec un dosage d'activateur adopté (1,5-3%), les résultats montrent que les points sont au dessous de la courbe de saturation de la portlandite, c'est-à-dire une pouzzolanité positive.

Les études des tests d'activité pouzzolanique suggèrent que les aluminosilicates des cendres volantes ayant des propriétés pouzzolaniques ne présentent probablement qu'une partie de l'effet, l'autre partie de l'effet d'activité est due à la consommation forte de la portlandite produite par l'ajout d'activateurs chimiques. Par conséquent, les chercheurs prévoient que la forte teneur de cendres volantes et le pourcentage élevé d'activateurs sont nécessaires pour donner une pouzzolanité importante.

Selon la même recherche, la résistance mécanique après 28 jours de durcissement des ciments composés de cendres volantes a augmenté sensiblement avec l'utilisation de faible pourcentage (1%) de ces activateurs KOH,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  et  $\text{CaCl}_2$ . Cependant, l'augmentation du pourcentage de l'activateur (1,5-3%), à l'exception de  $\text{CaCl}_2$ , ne produit aucun gain appréciable de résistance à la compression.

L'addition de 4% de  $\text{CaCl}_2$  au mélange de 20% de cendres volantes et 80% de ciment Portland abouti à une importante amélioration de la résistance à la compression à 21 jours. Comme c'est observé dans une étude précédente, une augmentation de la teneur de substitution du ciment par les cendres volantes a entraîné une diminution de la résistance à la compression. Ceci est expliqué par le fait que la quantité des hydrates formés par les réactions pouzzolaniques est probablement insuffisante pour compenser la perte de résistance mécanique causée par la dilution du ciment.

La contribution des cendres à l'amélioration de la résistance mécanique a fait l'objet d'une étude menée par X., qui prend en considération la résistance à la compression spécifique du ciment composé de cendres comparée celle à du ciment pur. La

résistance à la compression dite spécifique, proposée par X. Pu, est définie comme le rapport entre la résistance à la compression de l'échantillon et sa teneur en ciment. L'approche est basée sur l'hypothèse que la résistance mécanique en présence d'adjuvants est liée à deux facteurs : l'hydratation des phases de ciment et la formation de phases solides supplémentaires par les adjuvants. Selon sa définition, la résistance à la compression spécifique du ciment témoin (sans ajout), peut être considérée comme la contribution à la résistance mécanique du ciment.

Tous gains en résistance mécanique est adhérent à la fois à la résistance donnée par l'hydratation du ciment et au matériau ajouté. Lorsque l'hydratation du ciment composé se déroule sans activateurs. Lorsque l'hydratation du ciment composé se déroule sans activateurs, l'effet des cendres volantes sur la résistance à la compression semble être principalement associé à la dilution du ciment Portland ; la résistance à la compression des cendres volantes diminue avec le temps en comparaison avec le ciment pur. En présence d'activateurs, une contribution positive des cendres volantes au développement de la résistance à la compression au jeune âge (10 jours) peut avoir lieu, notamment avec  $\text{CaCl}_2$ .

L'addition de cet activateur ( $\text{CaCl}_2$ ) dans tous les mélanges composés de cendres volantes a permis d'augmenter la résistance à la compression à des valeurs supérieures à celle du ciment Portland. Il est à noter que la résistance mécanique est liée à deux facteurs : le dosage en activateurs et la teneur des cendres volantes .

**Giampaolo et al (2002); Filipponi et al (2003)**

# chapitre II

## Matériel et Méthodes

### II.1. Matériels d'expérience :

#### II.1.1. Sable

On a utilisé deux sables : Le sable de construction utilisé de gisement de SIDI SLIMANE TOUGGOURT est un sable alluvionnaire de classe granulaire (0/5) à couleur jaune.

Et le sable de dune exploité dans cette étude de provenance de dune d'AIN BEIDA OUARGLA, c'est un sable doré fine.

#### II.1.1.1. Les caractéristiques de Sable. : BOULIFA & DEBABI,(2017)

**Tableau 1. les caractéristiques de sable**

	SC
<b>P<sub>f</sub> (%)</b>	1.375
<b>Cu</b>	3.04
<b>MF</b>	2.47
<b>ES<sub>v</sub> (%)</b>	88.85
<b>ES<sub>p</sub> (%)</b>	88.36
<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.54
<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.52



II.1.1.2.Courbe de sable :

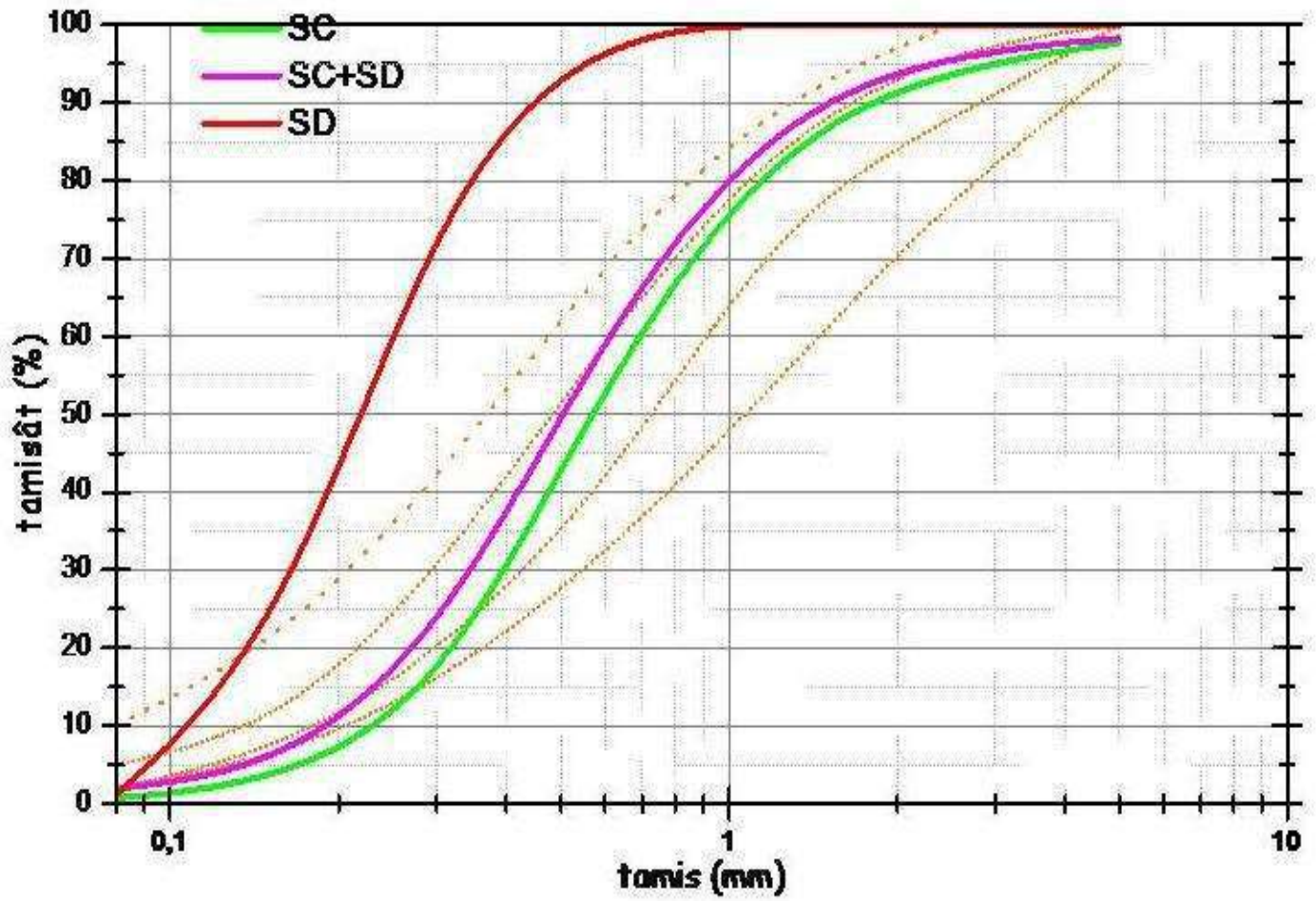


Figure 1 Courbe granulométrique sable de dune

### .II.1.2.La poudre de verre



1\_Nettoyage



2\_Concassage



3\_Broyage



4\_Tamissage par tamis 5  
mm



5\_Tamissage par tamis 0.08  
mm

**Photo 1** les étapes de broyage de verre

Pour obtenir poudre de verre en posse un ensemble des étapes :

- apporter les déchets de verre.
- Nettoyez le verre et tout ce qui existe même des propriétés de verre ne changent pas.
- Concassage de verre en petits morceaux et les mettre dans le broyeur.
- Mettre le verre concassé dans le broyeur quelque temps.
- tamiser de verre à tamis 0.08 le reste est ramené au broyeur et réserve le passant.

### II.1.2.1. Analyse chimique de poudre de verre

**Tableau 2** Composition chimique de poudre de verre(en %)

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	BaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	PbO
71.9	0.054	1.705	0.248	10.905	1.299	0.035	13.06	0.575	0.095	0.026	0.111	0.006	0.028

### II.1.2.2. Propriétés physiques

\*Masse volumique apparente = 988 kg/m<sup>3</sup>

\*Masse volumique absolue = 2469 kg/m<sup>3</sup>

\*Surface spécifique BLAINE SSB = 3300 cm<sup>2</sup>/g

### II.1.3. Ciment Portland

Le ciment utilisé est un ciment Portland de CPJ CEMII A 32,5 Mpa. Il résulte du broyage du avec environ 5 % du gypse, pour la régularisation de la prise. Le ciment utilise est celui de la cimenterie d'Ain-Touta (Batna).

**Tableau 3** Composition chimique du clinker (en %)

SIO <sub>2</sub>	AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	RI	SO <sub>3</sub>	PAF
22	5,02	2,94	64,36	2,07	0,73	1,94	0,64

**Tableau 4** Composition minéralogique du clinker (en %)

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
51,28	24,68	8,33	8,94

\*Masse volumique apparente =  $1085 \text{ kg/m}^3$

\*Masse volumique absolue =  $3050 \text{ kg/m}^3$

\*Surface spécifique BLAINE SSB =  $3892 \text{ cm}^2/\text{g}$

**II.1.4. Appareil de compression :**

**II.1.5. Moules standart de mortier :**

**II.1.6. Produits chimique :**

- A. Ciment
- B. Pouder de verre
- C. Eau
- D. Mèthyle orange
- E. Hcl [acide]
- F. NaoH [La soude]

**II.1.7. Autrs materials :**

- A. Erlenmeyer
- B. Firole jougèe
- C. Becher
- D. Burette
- E. pissette Spatule
- F. Entonnoir
- G. Èprouvette graduèe
- H. Verre de montre
- I. Pipette graduèe
- J. Balance
- K. Agitateur
- L. Etuve de sechage
- M. PH meter

## II.2. Essais Mécanique :

### II.2.1. Préparation des éprouvettes :

Les éprouvettes sont de forme prismatique 4cm x 4cm x 16cm. Elles doivent être moulées le plus vite possible après la confection du mortier.

Le moule métallique à trois alvéoles et sa hausse étant fermement fixés à la table à choc, on introduit la première des deux couches de mortier. La couche est étalée uniformément en utilisant la grande spatule puis serrée par 60 chocs. La deuxième couche est alors introduite, nivelée avec la petite spatule et serrée à nouveau par 60 chocs.

Le moule est enlevé de la table à choc, et après avoir retiré la hausse, on enlève l'excédent de mortier par arasage. La surface des éprouvettes est ensuite lissée.



**Photo2** table de choc et des moules

### . II.2.2. Résistance à la compression

Centrer chaque demi-prisme latéralement par rapport aux plateaux de la machine à  $\pm 0.5$  mm près et longitudinalement de façon que le bout du prisme soit en porte-à-faux par rapport aux plateaux d'environ 10 mm.

Augmenter la charge avec une vitesse de  $2400 \text{ N/s} \pm 1200 \text{ N/s}$  durant toute l'application de la charge jusqu'à la rupture (compenser la décroissance de vitesse de la charge à l'approche de la rupture).

La résistance en compression  $R_c$  (en N/mm<sup>2</sup>) est calculée au moyen de la formule :

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

- $R_c$  : est la résistance en compression, en newtons par millimètre carré ou en MPa.
- $F_c$  : est la charge maximale à la rupture, en newtons.



**Photo3**Essai de compression

### . II.2.3. Indice d'activité pouzzolanique :

L'indice d'activité de résistance (IAP) **Donatello et al (2010)** est basé sur le fait qu'un mortier de ciment composé de 20% de pouzzolane peut développer 75% de sa résistance à la compression par rapport à un mortier de référence (témoin) au bout de 7 à 28 jours de durcissement.

D'après beaucoup de chercheurs **Wild et al ., (1997); BS EN 196. (2005); Lin KI et al ., (2008) ; Shi C., Day R.L., (2000)** toutes les pouzzolanes classiques (métakaolin, cendres volantes, fumée de silice, boue d'épuration) présentent une diminution de la résistance mécanique après 7 jours par rapport au ciment sans ajout. Après 28 jours de durcissement, à l'exception du métakaolin, toutes les pouzzolanes ont réduit la résistance à la compression du ciment. Dans ces études, le sable a été considéré comme inerte et qualifié d'activité pouzzolanique nulle. Il a été conclut que le mortier contenant la boue d'épuration

n'a aucune activité pouzzolanique, par contre les cendres volantes et la fumée de silice ont une légère pouzzolanité et le métakaolin montre une activité pouzzolanique considérable.

L'ndice d'activité pouzzolanique **IPA**(en %) est calculée au moyen de la formule

$$I = R_{c28 T} / R_{c28}$$

### II.3. Essais Chimique : la norme EN 196-5

#### II.3.1. Préparation de Solution :

- Chauffer de l'eau distillée environ 700 ml pendant une heure



**Photo4** Chauffer l'eau pendant une heure

- Mélange d'échantillon (100% ciment , 0% pouzzolane ) au total 20 g nous avons besoin de deux échantillons par examen
- Mélange d'échantillon (90% ciment , 10% pouzzolane ) au total 20 g nous avons besoin de deux échantillons par examen
- Mélange d'échantillon (80% ciment , 20% pouzzolane ) au total 20 g nous avons besoin de deux échantillons par examen



**Photo5** échantillons avant d'ajouter de l'eau

- Ajouter 100 ml d'eau sur l'ion
- Nous plaçons les échantillons dans le four de séchage en dessous de 40C°



**photo 6** Conserver les échantillons dans l' etuve de sèchage

### **II.3.2. Détermination de l'activité pouzzolanaue par la méthodes chimique : ESSAI DE FRATTINI**

#### **la norme EN 196-5**

- Nous retirons les échantillons du four de séchage après des intervalles de temps
  - • Premier échantillon après 4 jours
  - • Le deuxième échantillon après 7 jours
  - • Le troisième échantillon après 15 jours
  - • Quatrième échantillon après 28 jours

Retirer de chaque échantillon 25 ml deux fois

Ajouter 5 gouttes de méthyl orange (0,02 méthyle orange dans 1 litre d'eau distillée)

- Nous étalonnons l'échantillon avec de l'acide chloré Hcl jusqu'à ce



que la couleur change ( La concentration d'acide chloré doit être de 0,1 mol/L )



photo 7 Avant le titrage avec la Solution Hcl

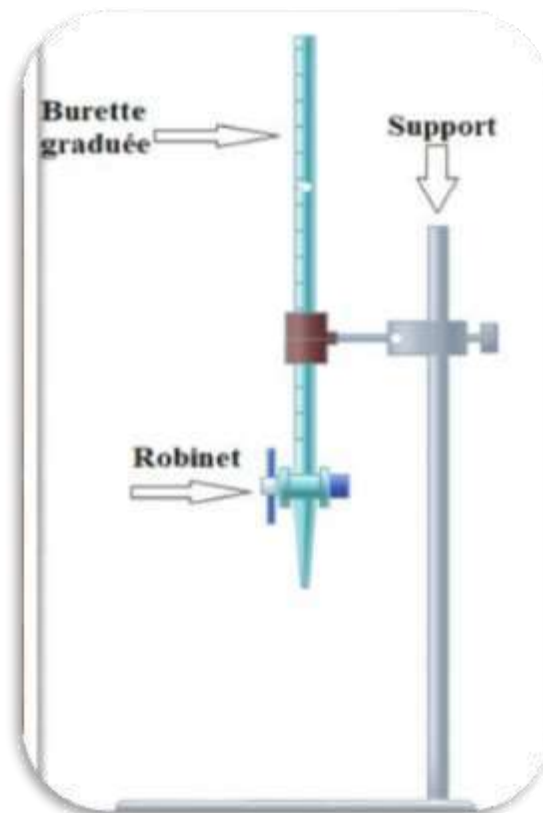


photo 8 Pendant le titrage avec HCl



**photo 9**Après le Titrage a l' acide Hcl

- Ajouter 25 ml de NaoH (100 g dans un litre d'eau distillée)



**photo 10**Après ajoute NaOH

- La mesure de l'acidité de l'échantillon de PH doit être au minimum supérieure à 13



**photo 11** Mesure de la valeur du PH

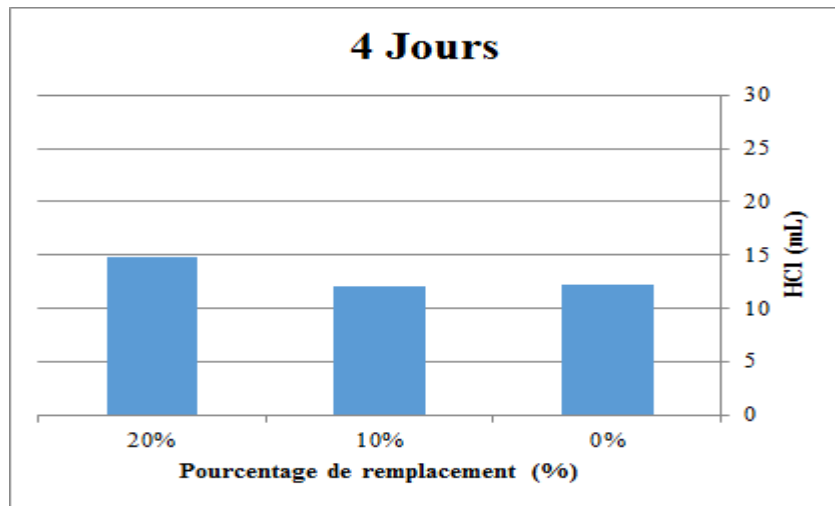
# Chapitre III

## Résultats et Discussion

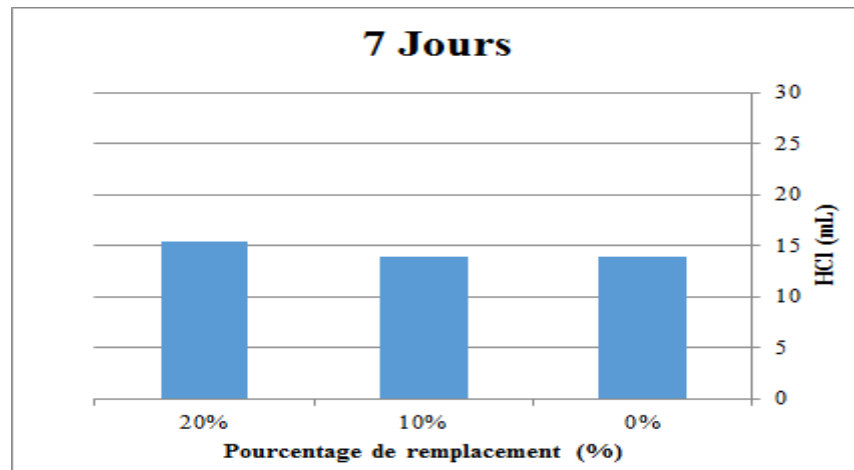
### III.1. Résultats :

#### III.1.1. HCL :

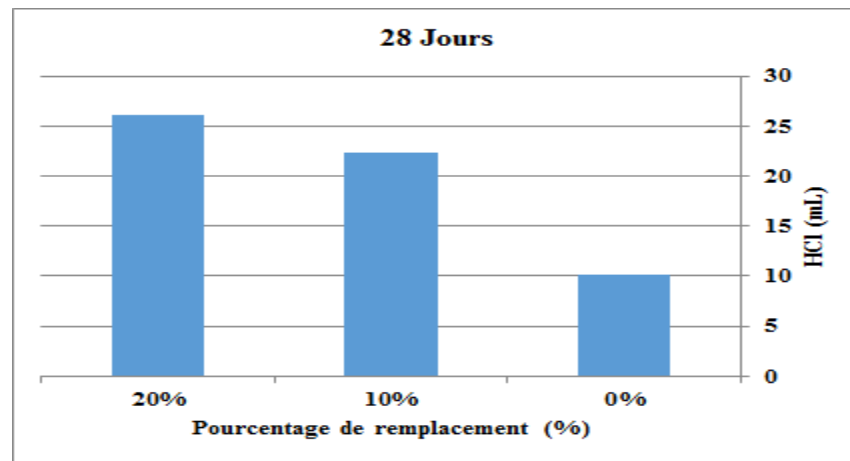
Les figures ci dessous A -B -C Après surtent la qualité de Hcl pour les différents pourcentages de remplacement de ciment peu la poudre devenue pour les différents âges



**Figure(02-A ).** Variation de la qualité de Hcl en fonction de pourcentage de replacent de ciment 4jours



**Figure(02- B).** Variation de la qualité de Hcl en fonction de pourcentage de replacent de ciment -7jours



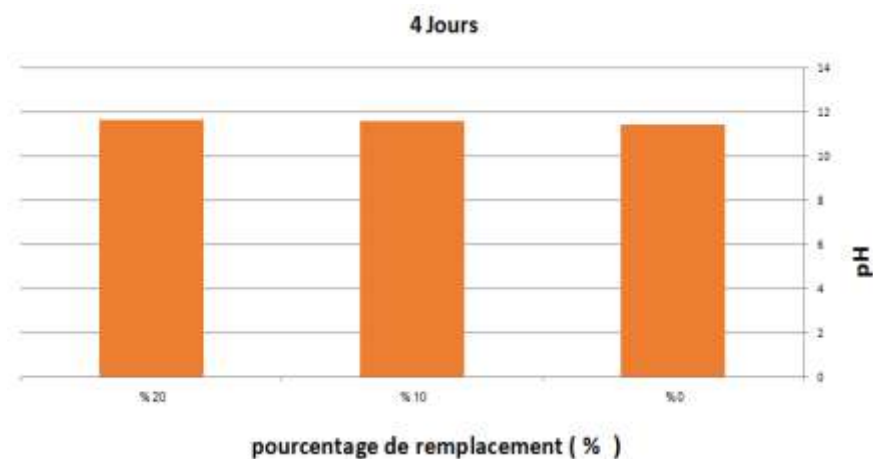
**Figure(02-C).** Variation de la qualité de Hcl en fonction de pourcentage de remplantent de ciment -28-jours

D'après les figures, il est bien remarque que les qualité deHcl pour atteindre le point équivalent augmentent avec le pourcentage de remplacement de ciment par la poudre verre .

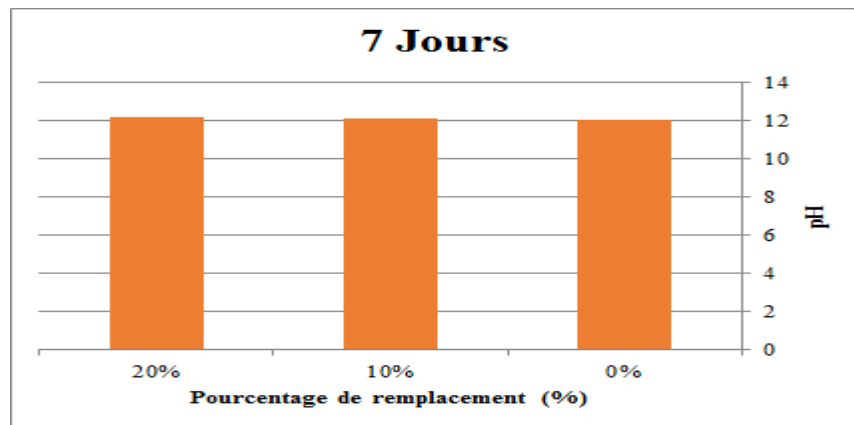
D'un âge a un autre et pour un pourcentage donnésLa qualité de Hcl augmentent en allant de 4jours a 28jours

**III.1.2. PH :**

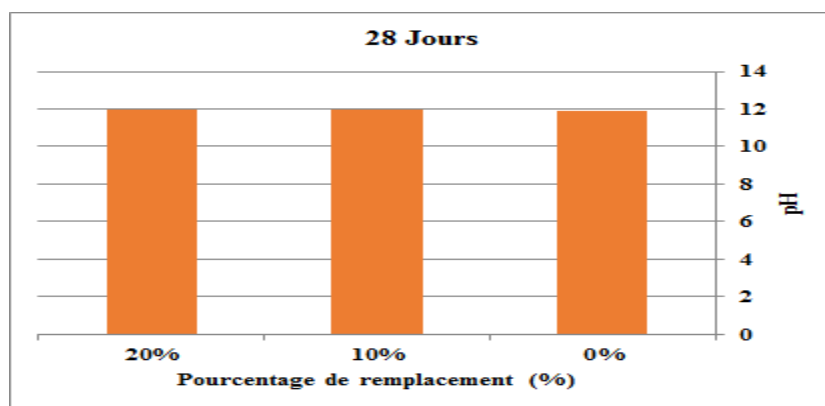
Aprèssent, représente les variations de ph fonction des age et des pourcentage de remplacement de Ciment par poudre de verre dans la figures 2.A - 2.B - 2.C ci après



**Figure(03- A).** Variation de PH en fonction de pourcentage de remplantent de ciment -4jours



**Figure(03- B).** Variation de PH en fonction de pourcentage de remplacent de ciment  
-7 jours



**Figure(03- C).** Variation de PH en fonction de pourcentage de remplacent  
de ciment -28jours

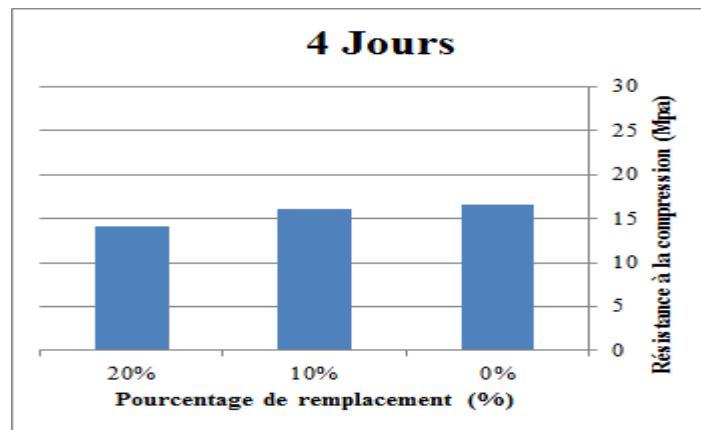
Se référantdouxfigures, il est bien observée que la valeur de ph augmentent légalement avec l'augmentation de la qualité De poudre de verre dans le mélange (ciment,eau).

D'un âge a un autre, ces valuesaugmentent aussice qui représente une couelation positive entre la qualité de verre et le ph .

### III.1.3. Indice d'activité pouzzolanique IAP:

Pour déterminer l'indice de l'activité pouzzolanique, on doit déterminer les résistances à la compression des différents mortiers de notre étude.

Les figures 3.A -3.B -3.C représentent la valeur de RC



Figure(04- A ). Variation de RC en fonction de pourcentage de remplacement de ciment - 4 jours

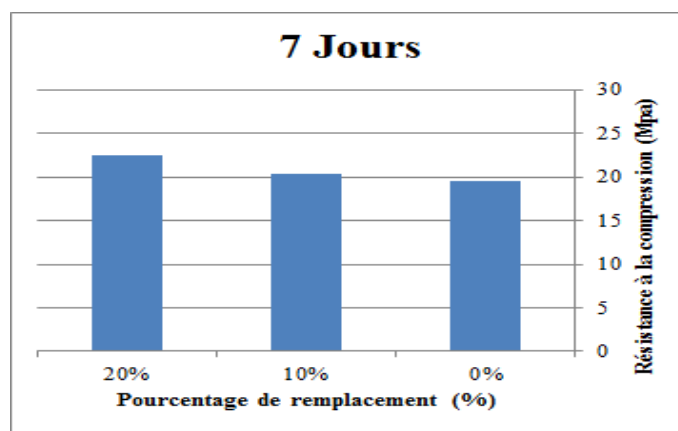
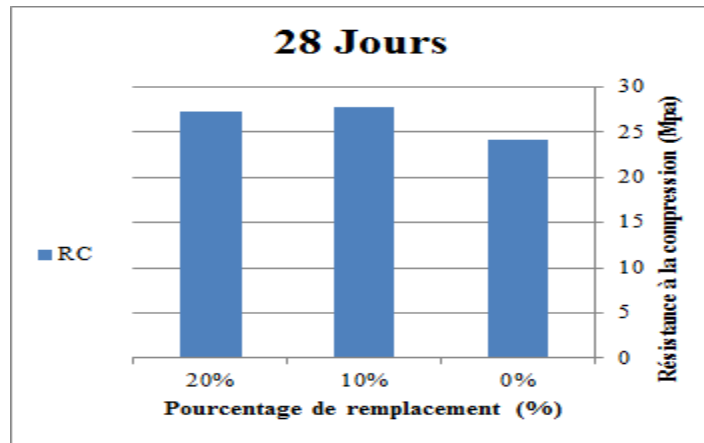


Figure (04- B ) Variation de RC en fonction de pourcentage de remplacement de ciment - 7 jours





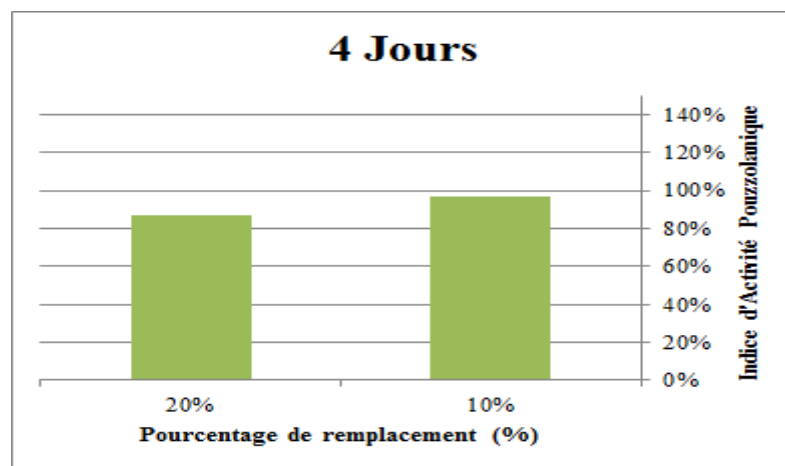
**Figure(04- C ).** Variation de RC en fonction de pourcentage de remplace ment de ciment -28jours

D'après le figureur. A -.B - .C il est bien observée que la présence de la poudre de verre entraîne une diminution de la résistance à la compression pour l'âge de 4 jours.

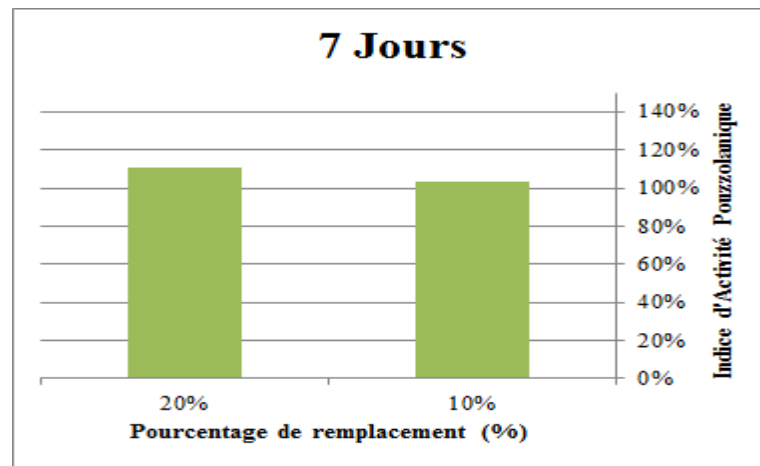
Cette diminution est inversement proportionnelle au pourcentage de remplacement de ciment partiel par la poudre de verre.

Pour le cas de 7 jours la corrélation est positive entre le pourcentage de remplacement et la résistance à la compression.

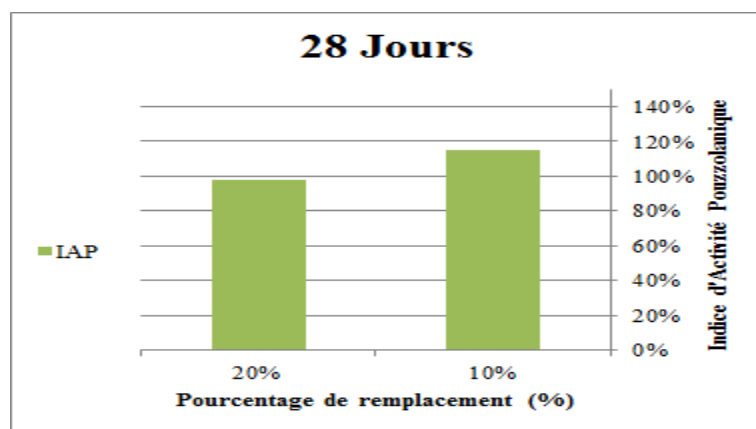
La résistance à la compression après 28 jours augmente avec le pourcentage de remplacement de ciment. Pour un pourcentage donné la résistance à la compression augmente avec l'âge.



**Figure(05- A ).** Variation de IAP en fonction de pourcentage de remplace ment de ciment - 28jours



**Figure(05- B).** Variation de IAP en fonction de pourcentage de remplacent de ciment  
- 28jours



C

**Figure(05- C ).** Variation de IAP en fonction de pourcentage de remplacent de ciment  
- 28jours

- En ce qui concernel'indice de l'activité pouzzolanique (IAP) qui le rapport entre la valeur de larésistancea la compression de l'échantillon avec poudre de verre la valeur de la résistanceà la compression de témoin.
- Le pourcentage de la indice de l'activité pouzzolanique (IAP) sont supereures a 87% et diminuent avec l'augmentation de remplacent de verre dans le ciment dans le cas de 4jours et 28 jours.

### III.2. Discussion:

D'après les résultats des différentes expériences, il est bien remarqué que la présence de la poudre de verre a une remarquable influence sur la qualité du mortier.

Les essais mécaniques (résistance à la compression) montrent que la résistance après 4 jours est faible dans le cas de remplacement de ciment par le verre et elle est inversement proportionnelle avec le taux de remplacement.

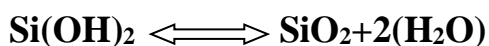
Cette constatation n'est pas faite après 7 jours et 28 jours où la résistance corrèlent positivement avec le taux de remplacement de ciment par le verre.

En se référant à l'indice de l'activité pouzzolanique, les valeurs calculées sont supérieures à 87%. Ces résultats viennent pour démontrer que la poudre de verre est une bonne pouzzolane.

Ces résultats vont avec ceux de **Mechri et al (2021)** qui confirment que la présence de la poudre de verre augmente la résistance à la compression après 28 jours et donne des indices d'activité pouzzolanique importants et qui dépassent la valeur 75% recommandable par **[ASTM C618]**

L'augmentation de la résistance avec le temps est sa valeur supérieure dans les échantillons avec poudre de verre par rapport aux échantillons témoins est due à la forte réaction chimique avec le temps entre la pouzzolane qui est la une dans notre cas, et l'hydroxyde de calcium ( $\text{Ca(OH)}_2$ ).

L'augmentation de la qualité de HCl pour atteindre le point équivalent avec l'augmentation du taux de remplacement de ciment par le verre est dû au taux de l'acide orthosilicique ( $\text{Si(OH)}_4$ )



# **Conclusion Général**

## Conclusion Générale

---

### Conclusion Générale

La valorisation de déchet de verre pour remplacer partiellement le ciment dans la préparation de mortier et /ou béton est un moyen qui permet ; la fois de réduire la production de ciment et par conséquence la réduction de l'émission de  $\text{CO}_2$  dans

L'atmosphère et d'éliminer le déchet de verre la nature.

Parmi les caractéristiques étudiées par les chercheurs, il Ya l'activité pouzzolanique pour la déterminer, il Ya plusieurs méthodes directes et indirect. Dans notre étude nous Avon examinée deux méthodes une direct (frattini) qui suit un procédé chimique et une autre indirect (l'indice d'activité pouzzolanique )

La résistance à la compression de l'échantillon avec pouzzolane et la résistance à la compression l'échantillon témoin.

Les résultats obtenus ont mortier que en absence d'une méthode indirect (IAP) on peut se baser sur la méthode de frattini cas les deux méthodes tendent vers la même tendance (résultats).

Présent étude n'est qui une traction aui nécessité une poursuite afin de de prendre en change l'explication du phénomène chimique

### References Bibliographies

1. Baloul M & Bellil A (2019) : Effet de l'activation chimique et thermique sur la réactivité d'une pouzzlane naturelle, Master de génie civil Université de Bégaia.
2. BOULIFA M & DEBABI A, (2017). Utilisation de poudre de verre dans le mortier. Mémoire Master Construction Civile et Industrielle. Université d'Ouargla.
3. Byfors K., (1987) Influence of silica fume and fly ash on chloride diffusion and PH values in cement paste, *Cement and Concrete Research*, 17, 1, pp-115-130.
4. Donatello S., Tyrer M., Cheeseman C.R., (2010) Comparison of test methods to assess pozzolanic activity, *Cement and Concrete Composites* 32 pp-121–127.
5. DuH., TanK.H., (2013). Use of waste glass as sand in mortar. Part II. Alkali–silica reaction and mitigation methods, *Cement and Concrete Composites* 35 118–126 <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2012.08.029>.
6. Filipponi P., Poletti A., Pomi R., Sirini P., (2003) Physical and mechanical properties of cement-based products containing incineration bottom ash, *Waste Manage.* 23 pp. 145–156
7. GERYVILLE D :(2011) Etude et Amélioration de L'activité pouzzolanique de Certains Matériaux Silicates Pour une Substitution Partielle de clinker dans le ciment portland Magister Chimie Industrielle. Université de Science et de Technologies D'Oran.
8. Giampaolo C., Lo Mastro S., Poletti A., Pomi R., Sirini P., (2002) Acid neutralisation capacity and hydration behaviour of incineration bottom ash–Portland cement mixtures, *Cement Concrete Res.* Vol. 32 pp. 769–775.
9. Heikal M., Morsy M. S. and Aiad I., (2004) Effect of treatment temperature on the early hydration characteristics of superplasticized silica fume blended cement pastes.
10. Laetitia F. et Romain A., (2009). *Bâtir en terre. Du grain de sable à l'architecture*, Belin.
11. Lin KL., Chang WC, Lin DF., (2008) Pozzolanic characteristics of pulverised incinerator bottom ash slag. *Construct Build Mater*; 22(3): pp. 324–9.

## References Bibliographies

---

12. Mechri L, Saggai S, Benlarbi-Oulhaci D, Benharoune L. use of glass aggregates as a partial sand replacement: effects on mortar performance. *J. Fundam. Appl. Sci.*, (2021), 13(1), 436-452.
13. Murat M., (1982) Activation thermique des argiles en réaction solaire, étude des ciments métakaolins, rapport final de recherche PIRDES-CNRS, Paris Janvier 1982.
14. Poletti A., Pomi R., Fortuna E., (2009) Chemical activation in view of MSWI bottom ash recycling in cement-based systems, *Journal of Hazardous Materials* 162 pp. 1292–1299.
15. Ramezani pour A., Cabrera JG. (1989) The measurement of lime reactivity of natural and artificial pozzolans. In: *Second International Seminar Cement Build Mater*, vol. 4. p. 81–8.
16. Roy D. M., Arjunan P. and Silsbee M. R., (2001) Effect of silica fume, metakaolin, and low-calcium fly ash on chemical resistance of concrete, *Materials Research Laboratory, The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, USA.*
17. Sabbas T., Poletti A., Pomi R., Astrup T., Hjelmar O., Mostbauer P., Cappai G., Magel G., Salhofer S., Speiser C., Heuss-Assbichler S., Klein R., Lechner P., (2003) Management of municipal solid waste incineration residues. *Waste Manage.* 23 pp. 61–88.
18. Saggai S., Dahmani S., Boulifa M., Debbabi A., (2019). Waste Glass Powder in mortar: technical and environmental effects”, *Conférence Internationale sur les Matériaux*, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ddf.406.521>.
19. Saggai, S., Bouaka, W., Benhaddou, A., Belaid, I., (2021). Use of Glass Powder and Sand Dune in Concrete: Characterization and Performance.
20. Semcha A., (2006) Valorisation des sédiments de dragage : Applications dans le BTP, cas du barrage de Fergoug, Université de Reims Champagne-Ardenne.
21. Shi C., Day R.L., (1993) Acceleration of strength gain of lime-pozzolans by thermal activation, *Cement and Concrete Research* 23 (4) pp. 811–823.
22. Shi C., Day R.L., (2000) Pozzolanic reactions in the presence of chemical activators: Part I. Reaction kinetics. *Cement and Concrete Research* Vol. 30, pp. 51–58.
23. Wild S., Gallius A., Hansen H., Pederson L., Swabowski J., (1997) pozzolanic properties of a variety of European clay bricks. *Building Research and Information*, vol. 25, N°3, pp. 170- 175.

## References Bibliographies

---

24. Živica V. (2005) Effectiveness of new silica fume al kali activator ,Institute of Construction and Architecture of the Slovak Academy of Sciences, Dúbravskácesta 9, 845 03 Bratislava 45, Slovak Republic

### **Les Norme :**

1. . La norme NF P 15-301 de 1994).
2. American Society for Testing and Materials (ASTM) C-311. Standard test methods for sampling and testing fly ash or natural pozzolans for use in Portland-cement concrete; 2005.
3. British Standard (BS) 3892. Pulverised-fuel ash. Part 1: specification for pulverised fuel ash for use with Portland cement; (1997).
4. British Standard Euro norm (BS EN) 196. Methods of testing cement. Part 5: pozzolanicity test for pozzolanic cement; (2005).
5. British Standard Euronorm (BS EN) 196.(2005). Methods of testing cement. Part 5: Pozzolanicity test for pozzolanic cement.
6. DDF 406, 521–531
7. EN, EN 196-5: 2005 – Methods of testing cement - Part 5: Pozzolanicity test for pozzolanic cement, Brussels, (2005).
8. Norme, ASTM Standard, C618-08a : Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, West Conshohocken, PA: Annual Book of ASTM Standards, ASTM International, (2008).



## Résumé

---

### Résumé :

---

L'utilisation de la poudre de verre comme remplaçant partiel de ciment pour préparer le mortier est une étude qui a démontrée son efficacité et sa rentabilité que ce soit sur le plan technique (différentes résistances), économique et/ou sur le plan environnemental. La présente étude vise à vérifier l'effet de la présence de cette poudre de verre sur un autre paramètre qui l'activité pouzzolanique.

Dans ce travail nous étudions l'activité pouzzolanique de la poudre de verre avec différents pourcentages 00%, 10%, 20% (mêlé avec du ciment et de l'eau) par deux méthodes: mécanique (indice de l'activité pouzzolanique "IAP") et chimique (test de Frattini) et pour différents âges.

L'ajout de poudre de verre a donné des résultats acceptables et compatibles pour les deux méthodes pour un pourcentage de remplacement de 20% pour un âge de 28 jour

**Mots clés :** poudre de verre, ciment, mortier, indice de l'activité pouzzolanique, test de Frattini,.

### ملخص :

---

يعتبر استخدام مسحوق الزجاج كبديل جزئي للأسمنت لتحضير الملاط دراسة أثبتت فعاليتها وربحيتها ، سواء من الناحية الفنية (مقاومات مختلفة) أو اقتصاديًا و / أو بيئيًا. تهدف الدراسة الحالية إلى التحقق من تأثير وجود هذا المسحوق الزجاجي على معامل آخر وهو النشاط البوزولاني.

في هذا العمل نقوم بدراسة النشاط البوزولاني لمسحوق الزجاج بنسب مختلفة 00% ، 10% ، 20% (مخلوط بالاسمنت والماء) بطريقتين: ميكانيكية وكيميائية ولأعمار مختلفة.

أعطت إضافة مسحوق الزجاج نتائج مقبولة ومتوافقة لكلا الطريقتين لنسبة استبدال 20% لعمر 28 يومًا.

**الكلمات المفتاحية :** مسحوق الزجاج ، الاسمنت ، الملاط ، مؤشر النشاط البوزولاني ، اختبار فراتيني ، الضغط

### Summary:

---

The use of glass powder as a partial replacement for cement to prepare the mortar is a study that has demonstrated its effectiveness and profitability, whether technically (different resistances), economically and / or environmentally.

The present study aims to verify the effect of the presence of this glass powder on another parameter, which is pozzolanic activity ..

In this work we study the pozzolanic activity of glass powder with different percentages 00%, 10%, 20% (mixed with cement and water) by two methods: mechanical and chemical and for different ages ..

The addition of glass powder gave acceptable and compatible results for both methods for a replacement percentage of 20% for an age of 28 days .

**Key words:** glass powder, cement, mortar, Pozzolanic activity index , Frattini test, compression.