REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de Technologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Matériaux

Etude du comportement mécanique et de durabilité d'un mortier de ciment avec ajout soumise dans un milieu basique

---

Présenté par

M^{r}. AIDOUNE ALLEL

M^{r}. LAGGOUNI TAHER

Proposé et Dirigé par

Mr. BOUKSANI OMAR

Promotion Juin 2021/2022


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciements

*Nous tenons tout d'abord à remercier **ALLAH** pour nous avoir guidés Vers le bon chemin de la lumière et du savoir et pour nous avoir donné du Courage, de la volonté afin de pouvoir réaliser ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude **au Dr. Bouksani Omar** pour l'encadrement de ce mémoire pour **son** aide, se patience et la confiance qu'ils nous à accordée.*

Nous tenons à remercier : le président et les membres de jury pour avoir Accepté de juger notre travail.

Nos sincères remerciements vont également à tous les enseignants du département de Génie civil de l'université de Médéa, et à tous les Enseignants qui ont participé à notre formation.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la Réalisation de ce mémoire.

© Ladia Lynn

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

Au premièr lieu, nous tenus à remercier « ALLAH »qui nousa donnée le courage et la volonté

Pour terminer ce travail

A celle qui a bercé mes rêves : ma mère

Alouche Zohra et mon père : ramadhan

A mon chère frère : Mohamed ; Abdenour ; Abdghani.

Et toute ma famille AIDOUNE ET ALLOUCHE

A mes chères amis : a tous mes collègues de 2 eme annéeMaster de génie civil

Ma Future Oussama

A mm binôme Tahert et leurs famillesA tous ceux qui me connaissent.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

Au première lieu, nous tenus à remercier «ALLAH »qui nousa donnée le courage et la volonté

Pour terminer ce travail

A celle qui a bercé mes rêves : ma mère khouké Djamila et mon père : Noureldine

A mes chers fils: MOHAMED, HAMZA,

A toute ma famille laggoni

A mes chères amies : a tous mes collègues de 2emme année Masterde génie civil

A mon binôme ALLALE et leurs famillesA tous ceux qui me connaissent.



ا لملخص

بصفة عامة المنشات الاكثر استهلاكا للمواد الاولية وهي مادة الاسمنت كما ان هده المادة اصبحت تشكل ثلاث اثار اساسية.

هذه الدراسة موجهة الى استخدام البنتونيت المتواجد بمنطقة مغنية ولاية تلمسان المتواجدة بالغرب الجزائري و ذالك بعد عملية الحرق كمادة جزئية في الاسمنت كبوزلان صناعي . كما تمت دراسة تاثير هده الاضافة على الملاط وفقا لمقادير مدروسة من وزن الاسمنت وتعويضه بجزء من البنتونيت الذي تم حرقه بمختلف النسب التالية (0%.5%. 10%15%.20.% 25.% 30%.35.% 40.% 45.% 50)وهده الاخيرة اجريت عليها تجارب خاصة في الحالة السائلة وفي الحالة الصلبة .

وكدالك هده التجربة اجريت عليها تجارب المتانة (هجمات المحلول القاعدي هيدرواكسيد الصوديم). الملاط المحصل عليه دات نتائج مرضية سواء بالنسبة لمقاومة الضغط او الديمومة وخاصة بالنسبة للبنتونيت المضافة .

الكلمات الرئيسية هي البن‌تونيت .استخدام. الاسمنت . المقاومة الميكانيكية. الملاط .المتانة.

Résumé

La construction en générale est grande consommatrice de matières premières à base de ciment.Ces produits posent trois problèmes principaux :

Cette étude vise à apporter une contribution à la valorisation de la bentonite de Maghnia Wilaya de Tlemcen (Est Algérien) après calcination en substitution partielle au ciment en tant que pouzzolane artificielle. L'influence de cet ajout sur les mortiers a été étudiée. La bentonite a subi une calcination pour la rendre active puis incorporée en dosages définis substituables au ciment de bentonite calcinée par rapport au dosage en masse du ciment).ont également été formulés avec différents pourcentages de substitution de bentonite calcinée (0, 5, 10, 15 ,20, 25, 30, 35, 40, 45 et 50 %). Ces derniers ont été caractérisés par des essais spécifiques à l'état frais et à l'état durci par l'essai de la résistance à la compression.

Aussi, ces mortiers ont été soumis à des essais de durabilité (Attaques de solution basique).

Mots clés : Bentonite, valorisation, ciment, résistance mécanique, mortier, durabilité.

Abstract

The construction in general is a major consumer of the raw materials to a cement base. These Product pose thrène main problems:

This study aims to contribute to the enhancement of the betonies of magnia, (county of tlemcen west of Algeria) after calcinations in partial substitution of the cement as artificial pozzolana. This work shows the influence of this adding on mortars. The betonies has been claimed to become active and added withdefined proportions to cement of cement weight). The self-compacting concretes (SCC) have likewise formulated with different proportions of claimed betonies (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, and 50%).

The sieve stability test and in the hardened state by the test of the resistance to compression.

Key words: Betonies, valorization, cement, mechanical resistance, mortar, durability.

Sommaire

Remerciement

Résumés

Sommaire

Liste des figures

Liste des Tableaux

Notation et Abréviation

Introduction Générale

CHAPITRE I : synthèse bibliographiques

I.1. Introduction.....4
I.2. Le mortier.....4
I.2.1 Définition……..4
I.3. Composants du mortier.....5
I.3.1. Liant……..5
I.3.2. Sable……..5
I.3.3.Eau……5
I.4. Dosage l'eau du mortier.....6
I.5. classe de mortier.....6
I.5.1.Mortier de ciment 6
I.5.2. Mortier ciment et résistance du ciment 6
I.5.3. Mortier de chaux 7
I.5.4. Mortier industriel 7
I.6. Domaines d'utilisation des mortier 7
I.6.1. Mortiers pour chape……7
I.6.2. Enduite……..7
I.6.3.Joint de maçonnerie……...8
I.6.4. Scellements et calages……..8
I.7. Contrôle de qualité de mortier……..……..8
I.8. Essais sur le mortier à l'tat frais……...9
I.8.1. Ouvrabilité……9
I.8.2. La table de secousses……9
I.8.3. Maniabilimètre du LCPC-B……..9
I.8.4.Le cone……10
I.8.5. La prise……...11

I.9. Essais sur le mortier à létat durci.....141
I.9.1. Résistance mécanique……11
I.10. La bentonite……..11
I.10.1. Définition……..12
I.10.2. Les gisement de bentonite……12
I.10.3. La bentonite en Algérie……13
I.11. Domaine d'utilisation de la bentonite……..14
I .12.Propriété des bentonites……...15
I.12.1. Propriété physiques.....15
I.12.2. Poids spécifique……15
I.12.3. Gonflement……15
I.12.4 Viscosité.....14
I.12.5 Absorption d'eau (capillaire).....14
I.13. Propriétés chimique……..16
I.13.1.La composition ……..16
I.13.2.La calcination des argiles.....16
I.14.Utilisation de la bentonite dans les mortier……...16
I.15. Conclusion 167

CHAPITRE II: Matériaux et essais

II.1. Introduction.....18
II.2. PROGRAMME EXPERIMENTAL 18
Chimique :.....18
Physique :.....18
II.3. MATERIAUX UTILISES.....19
II.3.1. Le ciment 19
II.3.2. Le sable.....19
II.3.3. Eau de gachage 21
II.4. La bentonite 221
II.5. Formulation et composition des mortier 252
II.6. Préparation des mortier.....31
II.7. Essais effectués sur le mortier……26
II.7.1. Essais effectués à l'état frais……..26
II.7.1.2. Ouvrabilité du mortier……26
II.7.1.3.Essais le temps de prise.....26
II.7.2. Essais effectués à l'état durci……...27
II.7.2.1. Essais mécaniques……27
II.7.2.1.1.Résistance à la traction ……..27
II.7.2.1.2. Résistance à la compression ……27
II.7.2.1.3. Essais d'absorption d'eau……..28

II.8.La porosité accessible à l'eau…….29
II.9. Essais de durabilité……..29
II.9.1. Essais de résistance à l'hydroxyde sodium……...29
II.9.1.1.Mesure le PH de solution Na OH……31
II.9.2.Perte de masse……31
II.9.3.Résistance au feu……31

CHAPITRE III : Résultats et Interprétations

III.1. Introduction.....33
III.2. Propriétés de la bentonite 33
III.2.1La composition chimique des matériaux 4233
III.2.2. Les surfaces spécifiques de Blaine……36
III.3. Propriétés à l'état frais des mortiers de bentonite……...38
III.3.1. Besoin en Eau ……..38
III.3.2. Le temps de pris et la consistance……38
III.4. Propriétés à l'état durci des mortiers.....39
III.4.1. La densité……39
III.4.2. Résistance mécanique……40
III.4.3.La résistance aux milieux basique……...41
III.4.4.Perte de masse……..41
III.5. Essais de durabilité……44
III.5.1. Absorption par capillarité……...44
III.5.2. Porosité accessible à Léau.....45
III.5.3. Résistance au feu……46
III.5.4.Résistance à la compression……47
III.6.Conclusion Générale……

Notations

D : La dimension du plus gros granulat

M : La masse

V : Volume

C : Compacité

P : Porosité

I : Indice des vides

ESV : Equivalent de sable à vue

M f : Le module de finesse

CPA : Le ciment portland artificiel

NF : Norme française

EN : Norme européenne

SiO_2 : dioxyde de silicium

CaO : La chaux

Al_2O_3 : L'alumine

Fe_2O_3 : L'oxyde de fer

MgO: Oxyde de magnésium

Na_2O : oxyde de sodium

K_2O : oxyde de potassium

TiO_2 : Dioxyde de titane

P_2O_5 : Pentoxyde de phosphore

C4AF : Tetra-calcium aluminoferrite

NaOH : Hydroxyde de sodium

σ_{comp} : contrainte de compression

σ_{tr} : Contrainte de traction

R_t : La résistance a la traction

R_C : La résistance a compression

M0 : Masse de l'éprouvette au moment du démoulage

M : Moment de flexion entre les deux points d'application de la charge

E : Dosage en eau

E/C : Rapport eau /ciment

SC: Sable concassée.

MGB : Mortier à base de granulat de bentonite

MTB : Mortier témoin à base de bentonite.

M0% : Mortier de bentonite par 0%.

Les figures

N°	Titres	Pages
Figure I.1	Les mortiers pour chapes	**07**
Figure I.2	Essais à la table secousse	**09**
Figure I.3	Essais au maniabilimètre	**10**
Figure I.4	Appareil de Vicat	**10**
Figure I.5	Localisation de la bentonite en Algérie	**14**
Figure II.1	Programme expérimentale	**18**
Figure II.2	Le sable	**19**
Figure II.3	La courbe granulométrique	**20**
Figure II.4	La bentonite	**21**
Figure II.6	Les étapes de préparation d'un mortier	**24**
Figure II.7	Les éprouvettes des mortiers confectionnées	**25**
Figure II.8	Mesure le temps découlement	**26**
Figure II.9	Essais de traction par flexion	**27**
Figure II.10	Essais de compression	**27**
Figure II.11	Absorption d'eau par capillarité	**28**
Figure II.12	Essais la porosité accessible à l'eau	**29**
Figure II.13	Solution de Na OH	**30**
Figure II.14	Immersion les éprouvettes dans Na OH	**30**
Figure II.15	Appareil de mesure du PH	**31**
Figure II.16	Echauffement des éprouvettes dans un four	**32**
Figure III.1	Courbe granulométrique de bentonite	**35**
Figure III.2	Surface spécifique Blaine.	**37**
Figure III.3	Influence de la teneure en bentonite sur le rapporte E/C	**38**
Figure III.4	Influence de la teneur en bentonite sur le temps de pris	**39**
Figure III.5	Variation de la densité en fonction de la teneur bentonite	**40**
Figure III.6	La résistance à la compression et la flexion	**40**
Figure III.7	Les éprouvettes avant et après immersion dans Na OH	**42**
Figure III.8	Absorption d'eau de mortier de déférant dosage de bentonite	**44**
Figure III.9	Effet du pourcentage de bentonite sur la porosité à l'eau	**45**
Figure III.10	Perte de masse des éprouvette de mortier en fonction de température	**46**
Figure III.11	Résistance à la compression des mortiers par température	**47**

Les tableaux

N°	Titres	Pages
Tableau II.1	Composition chimique du ciment	**19**
Tableau II.2	Composition minéralogique du clinker	**19**
Tableau II.3	Caractérisation physiques des sables	**20**
Tableau II.4	Composition de mortier	**22**
Tableau III.1	La composition chimique des matriarcaux utilisés	**34**
Tableau III.2	Les surfaces spécifiques Blaine	**37**
Tableau III.3	Les résultats de la perte de masse avant et apprêt dans Na OH	**41**
Tableau III.4	Résultats des éprouvettes à 200,400 de température	**47**

Introduction générale

Introduction générale

Le mortier est l'un des matériaux les plus utilisé au monde. des grosses quantités de mortier sont Utilisées dans le domaine de construction ; c'est un assemblage des matériaux de construction formé par mélange de: ciment, l'eau de gâchage et les granulats depuis sa première mise en œuvre. Le béton est donc Par excellence un matériau composite puisque sa matrice est composée en partie de granulats de différentes dimensions, du sable et de la pâte cimentaire. ce matériau est présent dans tous les domaines de construction.

Dans toute construction, il est indispensable de réunir entre les différents Éléments de construction en bâtiment au moyen d'un mortier de ciment ou d'autre liant qui a pour but de solidariser les éléments entre eux, e t d 'assurerla stabilité de l'ouvrage. Notre projet est une contribution à la valorisation des ajouts de bentonite calcique.

Objectif de travail

le but de contribuer à la valorisation dun ajout de bentonite calcique (sous forme de poudre fine) de la région de Magnai on a étudié la possibilité d'utilisé ce type de l'Agout dans la formulation du mortier, et leur influence sur les caractéristiques physique et mécanique et la durabilité.

Le travail est présenté en trois chapitres :

Dans le premier chapitre : nous présentons une synthèse sur l'état actuel de connaissance sur mortier à base des ajoutes de bentonites calcique.

Le deuxième chapitre : présent les caractéristiques des matériaux de base, les formulations des composites, et les techniques expérimentales utilisées durant cette étude pour évaluer les Propriétés et la durabilité Résistance à la compression et. La Perte de masse. Résistance au feu.

Le dernier chapitre est consacré à la présentation des résultats et leurs interprétations. les différentes résultats sont analysés indépendamment les uns des autres.

Finalement, on terminera ce travail par une conclusion générale et des recommandations pour le futur afin de bien contourner et compléter cette modeste étude, par l'initiation à la recherche.

CHAPITRE I
synthèse bibliographiques

I.1. Introduction

Les matériaux cimentaires, très répandus dans divers domaines, se trouvent soumis à différentes sollicitations au cours de leur vie. Par définition, un matériau est dit cimentaire dès lors que le liant est un ciment. Le mortier d'un matériaux cimentaires très utilisés dans la construction. Est composé de sables, de ciment et d'eau.

Aux composants de base et mortier conventionnels d'autres constituants (ajouts, granulat…). D'autre part, la valorisation du mortier dans le génie civil est un secteur important dans la mesure où les produits que l'on souhaite obtenir ne sont pas soumis à des critères de qualité trop rigoureux. [1].

La bentonite est une argile naturelle disponible dans de nombreux pays ; il consiste principalement de la montmorillonite et d'autres minéraux tels que les feldspaths, cristobalite, verre volcanique et quartz cristallin Chimiquement cette argile est divisée en deux types : une bentonite sodique a un taux de gonflement élevé, et l'autre est une bentonite calcique à faible taux de gonflement et ne se dilate pas lorsqu'elle touche l'eau.

Pour augmenter l'utilisation de cette argile calcinée comme un matériau cimentaire, davantage de recherches sont nécessaires pour comprendre les mécanismes de ces matériaux et comment ils fonctionnent avec ciment et ses comportements dans toutes les conditions possibles. [2, 3].

Le but principal de la présente étude est en premier temps, le choix d'un traitement thermique optimal .Qui permet d'obtenir une potentielle pouzzolane artificielle d'excellente qualité à partir les différentes

Bentonites algériennes Cette dissertation s'intitule « Influence de la bentonite calcinée sur les

Propriétés des bétons auto plaçant ». Elle est présentée dans ce manuscrit sous forme de trois chapitres, Une introduction conclusion générale avec des perspectives

Enfin, est consacré à la présentation de l'état de l'art sur l'utilisation des bentonites en tant qu'ajout cimentaire.

I.2. Le mortier

I.2.1. Définition

Une construction est généralement réalisée par éléments, dont il faut assurer la liaison ou qu'ilfaut Protéger par un Revêtement. On doit alors effectuer des scellements ou divers travaux de reprise, de Bouchage, etc…. Toutes ces opérations se font à l'aide d'un liant toujours mélangéà du sable, de l'eau Et éventuellement un ajout, pour obtenir un mortier ou béton en gâchant dans un malaxeur des Proportions convenables de ciment, d'eau et de granulats avec éventuellement un ou plusieurs Adjuvants. [1]

Les différents granulats forment le squelette granulaire du mortier et le ciment, l'eau et l'adjuvant forment la pate liante. Lorsqu'il n'ya pas de squelette granulaire, on parle de pate pure de ciment.

Des compositions multiples de mortiers peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres : liant (type et dosage), adjuvants et ajouts, dosage en eau. En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables ; leur choix et le dosage sont en fonction del'ouvrage à réaliser et de son environnement.

I.3. Composants du mortier

Selon la nature et les pourcentages des constituants, le malaxage, la mise en œuvre et lacure, on distingue des mortiers qui peuvent être très différents les uns des autres [1].
Le mortier permet aussi bien de réaliser des chapes, d'enduire des murs, de coller, de reboucher ou encore de sceller. Il s'agit d'un mélange qui se compose :

I.3.1. Liant

Un produit qui se solidifie, par contact avec l'eau (liant hydraulique) oupar action de l'air (liant aérien). Il existe aussi des liants à base de résines. (Le type le plus utilisé dans les constructions modernes est le ciment).

I.3.2. sable

Les constituants du produit, d'origine minérale. Il s'agitde sable dans le cas du mortier, autrement dit des roches minérales désagrégées oubroyées.

I.3.3. Eau

Elle permet d hydrater les grains de ciment pour donner toute la prise aumortier.

I.3.4. Adjuvants

Produits chimiques incorporés à faible dosepour modifier les caractéristiques du mortier.

I.4. Dosage l'eau du mortier

C'est l'eau qui assure la prise du ciment et de la chaux. Elle donne aussi sa consistance au mortier. On doit choisir une eau propre et pure. Sinon, les différents débris risquent d'apparaître à la surface de votre mélange quand il sera sec. L'eau du robinet, ou venant d'une source potable, suffit en général. A moins qu'elle ne soit particulièrement riche en fer.

Le dosage en eau, correspond généralement au poids du liant, divisé par deux. Soit 10 litres d'eau environ si vous utilisez 20 kilos de liant. Si le mortier est trop sec, il ne collera pas bien. Si au contraire il s'avère trop humide, il coulera et sèchera mal.

I.5. classe de mortier

Dans les travaux publics et les Travaux de bâtiment on utilise plusieurs types de mortier selon l'ouvrage à réaliser et de son environnement [2].

I.5.1. Mortier de ciment

Les mortiers de ciment, très résistants, prennent et durcissent rapidement. De plus un dosage en ciment suffisant les rend pratiquement imperméables. Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1/3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 0,35 Les dosages courants sont de l'ordre de 300 a 400 kg de ciment pour 1 m^3 de sable.Ils sont fabriqués à partir de ciment, notamment du type Portland ou Portland composé.

I.5.2. Mortier ciment et résistance du ciment

Il existe trois classes de résistance normale à 28 jours : 32,5, 42,5 et 52,5, et une classe àlaquelle on ajoute une sous-classe R de résistance à court terme : 2 ou7 jours. [2].

I.5.3. Mortier de chaux

Le mortier de chaux permet de lier des éléments de maçonnerie entre eux tout autant que la réalisation d'enduit à la chaux, de chape de chaux, de peintures, etc. Pour former un mortier à la chaux, la chaux doit être mélangée à une charge comme le sable. [2].

I.5.4. Mortier industriel

Les mortiers industriels se sont beaucoup développés ces dernières années, permettant d'éviter le stockage et le mélange des constituants sur des chantiers parfois exigus et difficiles d'accès : rénovation, travaux souterrains. [3].

I.6. Domaines d'utilisation des mortiers

I.6.1. Mortiers pour chape

Ce type de mortier illustre dans la :

- **Mise à niveau de la dalle et régularité de la surface.**
- **Support de revêtement, ou isolation.**



Figure I.1 : Les mortiers pour chapes. [5]

I.6.2. Enduits

Il constitue l'un des plus vastes débouchés des mortiers, Rappelons simplement qu'à côté des enduits traditionnels en trois couches, se développent aujourd'hui les enduits monocouches épais, ainsi que les enduits isolants considérés encore comme non traditionnels. [2].

I.6.3. Joints de maçonnerie

La construction réalisée en éléments maçonnés (blocs de béton, pierres de taille, briques), nécessite leur assemblage avec un mortier qui doit présenter des caractéristiques mécaniques suffisantes pour assurer la transmission des charges et une compacité suffisantepour être étanche. On a généralement intérêt à utiliser des mortiers ne présentant pas un module d'élasticité trop

élevé, de façon à pouvoir s'adapter aux variations dimensionnelles des éléments qu'il liaisonne sans fissurer [4].

Les mortiers de joints constituent donc un maillon important de la maçonnerie, qui doitêtre bien étudié et bien mis en œuvre pour assurer la fonction qui lui est dévolue. C'est notamment le cas de la maçonnerie apparente.

I.7. Scellements et calages

La multiplicité des problèmes de scellement et de calage a conduit les producteurs de mortiers industriels à mettre au point des produits spécifiques adaptés aux travaux à réaliser [4]. scellements d'éléments de couverture, scellements d'éléments de second œuvre, scellements de regards de visite ; assemblage des éléments préfabriqués, ils sont caractérisés par :

Absence de retrait.
bon caractère expansif du mortier.

Cure et protection du mortier

Éviter que le mortier ne sèche trop vite, car cela peut entraîner des fissures de retrait. Les joints de mortier frais doivent être protégés de la pluie, du vent et du soleil et être maintenus humides pendant trois à sept jours [5].

Les mortiers à base de liants hydrauliques à durcissement lent, comme la chaux hydraulique, devraient être soumis à une cure humide d'au moins sept jours, et les mortiers de ciment Portland et de chaux de type N et O, à une cure humide de trois à quatre jours [5]. Pour créer les conditions de la cure humide, installer une toile de jute humide (recouverte d'une membrane de plastique) sur la maçonnerie et humidifier régulièrement la toile de jute.

I.8. Contrôle de qualité du mortier

La performance des mortiers de faible résistance est tributaire de la qualité de leur mise en œuvre. Une inspection quand les joints sont dégarnis, nettoyés et découpes en angle droit, âpres un rejointoiement en profondeur (>25 mm) et quand le rejointoiement est complète, contribue à la qualité des travaux [6]. Les essais de contrôle de la qualité comprennent la résistance à la compression des cubes de mortier, le foisonnement du sable (soit le changement de volume imputable à la teneur en humidité du sable), la teneur en air du mortier

frais, le rapport liant/sable et la consistance du mortier [6]

I.9. Essais sur le mortier à l'état frais

I.9.1. Ouvrabilité

L'ouvrabilité d'un mortier se mesure à l'aide de divers appareils. Les plus connus sont :

I.9.2. La table à secousses

Le mortier, après avoir été mis en place et démoulé d'un moule tronconique, reçoit 15 chocsen 15 secondes. On mesure le diamètre de la galette ainsi obtenue (figure I.2).

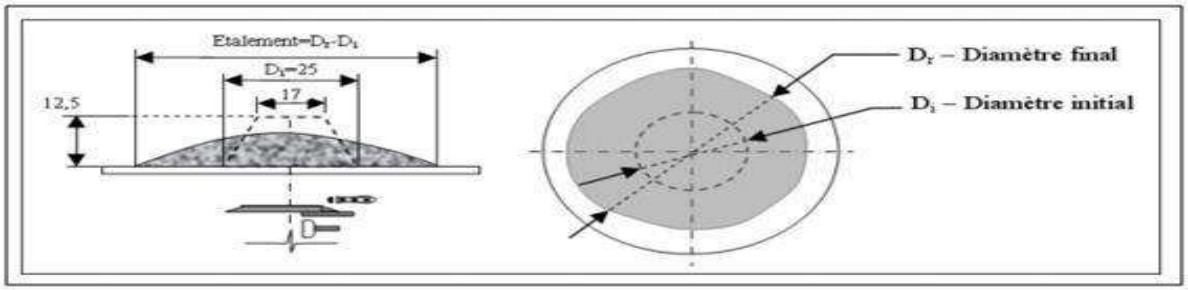


Figure 1.2 : Essai à la table à secousses [7].

I.9.3. Maniabilimètre du LCPC-B

Dans cet essai, la consistance est caractérisée par le temps que met le mortier pour s''écouler sous Leffe dune vibration pour atteindre un repère gravé sur la face intérieure du moule (figure 1.3). Le mortier est datant fluide que le temps découlement est court. [5]

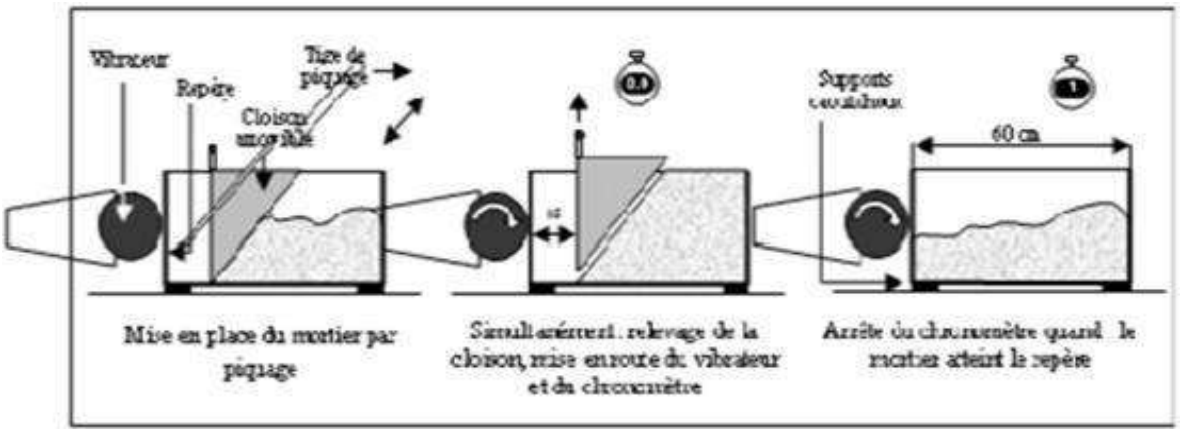


Figure I.3 : Essai au Maniabilimètre LCPC [17].

I.9.4. Cône

Dans le cas d'un mortier fluide, on peut mesurer le temps d'écoulement d'une certaine quantité de mortier au travers d'un ajustage calibre situe à la partie inferieure d'un cône qui peut être muni d'un vibrateur [8].

I.9.5. Prise

Le temps de prises en mesure habituellement sur une pâte pure de ciment de consistance normale (24à30% d'eau) et conformément à la norme concernée (à l'aide de l'appareil de Vicat). Le début de prise est l'instant où l'aiguille s'arrête à 2,5mm du fond (tailledes plus gros grains de sable) et la fin de prise est l'instant où l'aiguille s'arrête à 2,5 mm du Niveau supérieur [9].

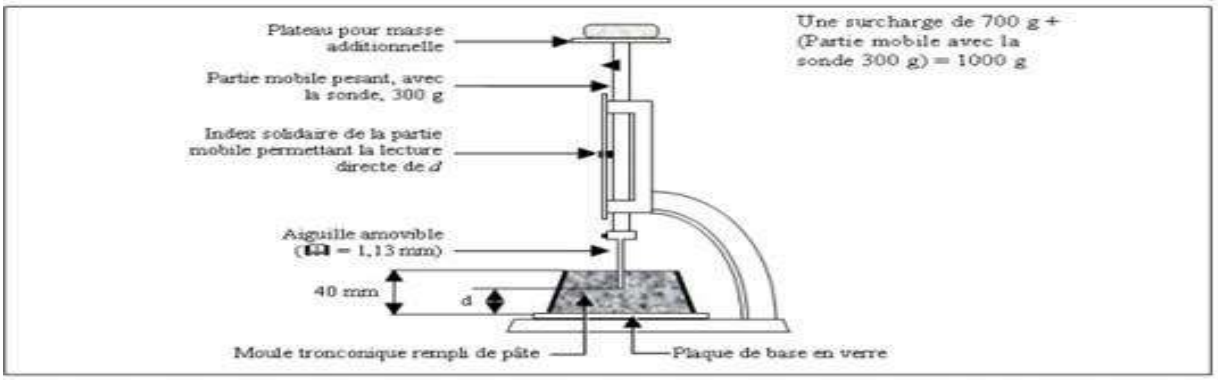


Figure I.4 : Appareil de VICAT

I.10. Essais sur le mortier à l'état durci.

I.10.1. Résistances mécaniques

Les éprouvettes sont rompue sen traction par flexion puis en compression. Les résistances, aussi bien en traction par flexion qu'en compression, progressent à peu près comme logarithme du temps (entre1et 28jours).

Les résistances des mortiers (comme dans le cas des bétons) dépendent de très nombreux facteurs [10, 11] :

- Nature et dosage en ciment
- Rapport eau/ciment (E/C)

➢

granulométrie et nature du sable, énergie de malaxage et mise en œuvre, protection les tous premiers jours.3.

I.11. LA BENTONITE

I.11.1. Introduction

Les argiles sont définies comme les particules dont la dimension des grains est inférieure à 2 microns. Elles sont Constituées de plusieurs centaines de feuilles empilées les unes sur les autres. Chaque feuille est à son tour composée de différentes couches entre 2 et 5), qui varient d'un type d'argile à l'autre mais qui sont souvent une combinaison de Couches de silicate et d'aluminates. Leur composition Chimique et leur taille leur confèrent un réel potentiel pour une Utilisation en tant que pouzzolane. Dans le ciment. La calcination est une étape essentielle dans le développement d'une pouzzolane artificielle à partir d'une argile, car elle permet le passage d'une structure cristalline (Un Arrangement Ordonné des atomes) à une structure amorphe (une structure désordonnée des atomes) .Sans cette calcination ou activation thermique, les cristaux d'argiles seraient dans un état trop stable qui empêcherait toute réaction avec L'hydroxyde de calcium provenant du ciment.

I.11.2. Définition

Le terme « BENTONITE » désigne les matériaux argileux à usage industriel, essentiellement composés de smaltites et plus particulièrement de montmorillonite. Les propriétés de Gonflement et de perméabilité des bentonites dépendent étroitement de la nature du cation compensateur [12].

La bentonite est une argile dont le nom vient de Fort Benthon aux Etats-Unis, connue aussi sous le terme de terre à foulon. Elle peut être considérée comme une smaltite, étant essentiellement type de phyllo silicate constituée de montmorillonite$(SiO_2)_m(Al_2O_3)_n(H_2O)_p$, ce qui explique sa capacité de rétention d'eau. On trouve également d'autres minéraux comme le quartz, le mica, le feldspath, la pyrite ou la calcite. Les gisements de bentonites sont d'origines volcaniques et hydrothermales [12].

I.11.3. Les gisements de bentonites

I.11.4. Gisements américains de bentonite Etats –Unis

Des gîtes de bentonite furent trouvés en divers autres points des territoires des Etats –Unis (gisements de désert de Marava et de San-Bernardino, gisement de Pennsylvanie et Virginie de l'ouest, gisement de la région de Wcksburg, gisement de beidellite de L'Illinois [12].

.Le bentonite de Canada

Au Canada il existe des gisements très importants de bentonite .toutes fois il ne semble pas queceux-ci sauf peut être les gisements de Morden de Manitoba aient été exploité sur une grande échelle ni dans les proportions qui conviennent aux produits existants. Worcester a cependant montré les qualités décolorantes vis-à-vis des huiles de la bentonite brute de la région de Knollys. Les bentonites de Twelve Mile Lake sont très fortement colloïdale et leurs suspensions dans l'eau sont remarquables [12]

. La bentonite Italienne

En 1935 les travaux de prospection menés par le DR Francesco Sabelle amenèrent la découverte à L'ile Ponça d'une très belle bentonite remarquable par sa blancheur [12]

. Le bentonite d' Allemagne

Quelques gisements de bentonite existant en Allemagne .Le gisement le plus intéressant semblecelui de Heidenheim ou comme divers autres points, il s'agit surtout de bentonite Ca (la base échangeable étant la chaux, alors que la base des bentonites américains et la soude) [12]

I.11.5. La bentonite en Algérie

En Algérie il y a deux grands gisements de bentonite qui sont exploités et traités pour l'utilisation industrielle (Figure 1.6). Le premier, à environ 40 kilomètres à l'est de Mostaganem, le long de la rivière de Chlef, une série de cinq couches séparées de bentonite sont trouvés en superposition avec des limons cendrés de l'âge miocène, l'épaisseur ces couches varient entre 10 centimètres à 4.5 mètres, et ne sont pas nettement séparés du limon (Figure 1.5). La couleur de cette bentonite fraîche est bleue, s'altère rapidement au brun et contient de nombreuses structures en « œuf ». Certaines de ces bentonites portent le sodiumcomme un cation d'échange dominant plus que le calcium, ce qui est intéressant compte tenu de son apparence entre des sédiments de calcaire [13].

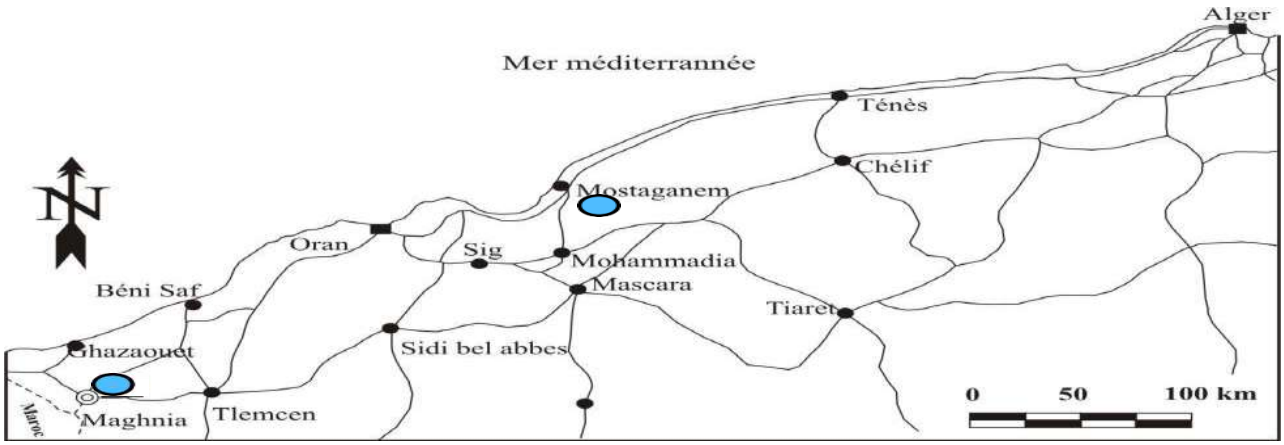


Figure 1. 6. Localisation des bentonites en algerie

I.11.6. Domaine d'utilisation de la bentonite

La bentonite possède un large éventail d'utilisation ont une grande variété d'utilisation dans nombreux domaines industrielles.Ce sont des composants de nombreux produits commerciaux. Aujourd'hui la bentonite est utilisée essentiellement comme :

- Dégraissant et terre décolorante.
- Catalyseur et échangeur d'ions.
- Pour l'industrie de céramique, du papier, de peinture et de textile, batterie etc.
- Pour les boues de forages.
- Pour la fabrication des moules de fonderie.
- Pour la fabrication du savon et produit cosmétique et pharmaceutique.
- Pour le génie civil : voiles d'étanchéité, les barbières dans les centres d'enfouissement
- Technique et utilisations comme un ajout cimentaire.

Autres applications

il existe autre application de bentonite avec les devers domaines tel que : Epuration et clarification des eaux, flottation de minerais, creusets réfractaires en graphite, combustibles agglomérés, émulsions asphaltites, extractions salines, isolants et électrotechnique,

dispersions de graphites colloïdal, pâtes d'impression pour industrie textile, industrie du cuir, peinture a l'huiles et à l'eau, mastics, encres, crayons, colles et adhésifs, onguents, crèmes, pâtes, pommades et produits pharmaceutiques, crèmes decosmétiques ,explosifs, industrie de sucres, traitement des mélasses ,médicament pour animaux, emploi alimentaires**.**

I.11.7. Propriété des bentonites

I.11.7.1. Propriétés physiques

Forme naturelle et finesse des particules Sous sa forme brute naturelle, la bentonite est une roche tendre Ayant à peu près la consistance du kaolin c'est-à-dire friable et onctueuse, happant fortement au lange, blanc ou Légèrement teintée de jeune, de beige, de jeune verdâtre, de rose. Son grain est extrêmement fin.

I.11.7.2. Poids spécifique

Les poids spécifique à sec de la bentonite varie son les quantités et origines dans de faibles proportions et va de 2.7 à 2.8.Le poids spécifique apparent des produits broyés est sensiblement inférieur et de l'ordre de 1.6 à 1.8.

I.12. Gonflement

L'une des propriétés les plus remarquables de la bentonite est sa faculté de gonfler considérablement dans l'eau pour former des masses gélatineuses**.**

I.1. Viscosité

La viscosité est évidemment un caractère très important, scientifiquement et techniquement des gels et suspensions de bentonite.

I.13. Absorption d'eau (capillaire)

En raison de la grande finesse des particules autrement dit de sa très grande surface utile de contact la bentonite est dotée d'un grand pouvoir absorbant.

Ross et Shannon ,1926 ont dit en parlant de la bentonite de Wyoming que cette heureuse combinaison de large surface et de texture perméable donne à la bentonite le plus grand pouvoir d'absorption que la nature semble avoir jamais conféré.

Scientifiquement l'adsorption dans les solutions colloïdales à grande surface de contact est un phénomène complexe rapporté à la fixation d'ions par les granules colloïdales joue un rôle important dans les phénomènes ultérieurs et particulièrement dans les variations de stabilité provoquées par l'adjonction de faibles quantités d'électrolytes dans la floculation. [15].

I.1.1. Propriétés chimiques

I.1.1.1. Composition

Pour un produit du genre de la bentonite les essais physique et l'analyse minéralogiques présentent généralement un intérêt plus direct que l'analyse chimique .portant celle-ci permet de fixer les impuretés et les bases présentes.
Ainsi la teneur en fer permet dans certaine mesure d'exploiter la teinte des produits. Quant aux bases, elles jouent un rôle très important que nous aurons à étudier ultérieurement. Les bentonites ont chimiquement, des teneurs qui permettent les rapporter à la montmorillonite :

SiO_2 . Al_2O_3. Fe_2O_3. Ca O. Go. K_2O. Na_2O. So_3

I.13.1.1. La calcination des argiles

La calcination est une technique de préparation d'échantillon effectuée en présence d'air sur une matière. Elle est utilisée en métallurgie pour la transformation des métaux en toutes sortes de dérivés, ou pour la transformation du calcaire en chaux. Cette technique provoque des réactions physiques et/ou chimiques et met ainsi l'échantillon dans un état de référence [16].

I.13.1.2. Utilisation de la bentonite dans les mortier

La valorisation de la bentonite calcinée comme un pouzzolane artificielle présente un axe de recherche très Important dans le cadre de la diversification et du développement des nouveaux matériaux cimentaires respectueux De l'environnement. Un nombre limité des auteurs qui sont abordés ce sujet dans leur recherche, alors que la plupart Des investigations sont dédiés à l'incorporation des bentonites aux matrices cimentaires sans aucune modification.

I.14. Conclusion

D'après les recherches bibliographiques, on peut conclure que la bentonite présente des propriétés particulières pour utiliser dans plusieurs domaines d'application et dans l'industrie de construction permet d'améliorer les propriétés rhéologiques et de structuration des produits cimentaires en général et le mortier en particulier. Compte tenu de l'évolution générale vers l'utilisation de produits à haute qualité environnementale, la bentonite peut être valorisée et utilisée en tant que matériaux de construction tout en respectant au mieux les ressources naturelles et l'environnement. La littérature a montré que la bentonite contribue de façon positive à l'amélioration des propriétés des mortiers et bétons. Les conclusions ont été tirées à la base des résultats rapportés par les auteurs.

CHAPITRE II
Matériaux et essais

I.15. Introduction

Dans cette partie expérimentale, nous étudions le comportement des mortiers formulés avec divers dosage de bentonite. Cette formulation est basée sur onze différents dosages (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35,40, 45 et 50% de bentonite. Un certain nombre d'essais ont été réalisé pour déterminer les caractéristiques et les propriétés des matériaux utilisés.

I.16. PROGRAMME EXPERIMENTAL

Le programme expérimental a été défini en trois phases majeures qui peuvent être schématisées sur la Figure II.1.

- Une première étape consiste en une caractérisation des propriétés physico-chimiques des différents types matériaux utilisées.
- La seconde étape permet de définir l'influence de la bentonite calcinée sur la pâte du ciment et le mortier.
- La dernière phase consiste a élaborer des essais sur la durabilité des mortiers.

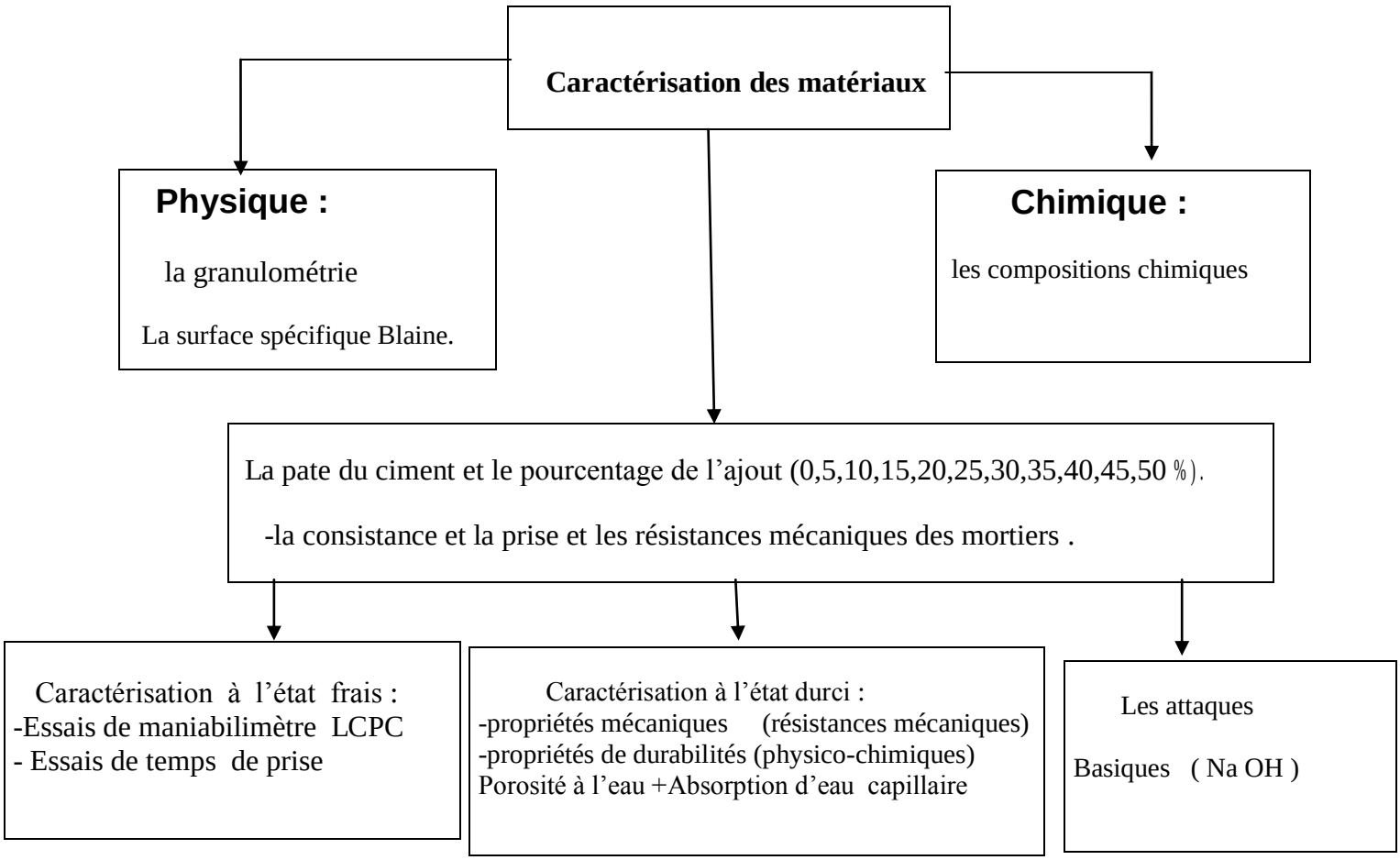


Figure Ⅱ. 1 programme expérimental

I.17. MATERIAUX UTILISES

I.17.1. Le ciment

Le ciment utilisé dans tous les essais est un ciment Portland C.P.A –CEM I 42.5 MP
Les propriétés chimiques et physiques et minéralogiques du ciment sont résumées dans les Tableaux II.1 à II.2 [18].

Tableau II .1: Composition chimique du ciment

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Coo	Go	SO_3	K_2O	Na_2O	Pert au feud
CP	**21,41**	**4,86**	**3,61**	**65,67**	**3,09**	**1,66**	**0,74**	**0,18**	**0,95**

Tableau II .2 : Composition minéralogique de clinker:

	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Teneur en %	**61**	**09**	**01**	**19**

I.17.2. Le sable

Le sable utilisé au cours de ce travail est le sable de carrière d'OUED SOUF situé à 500 Km au sud est de la capital d'Alger, sa classe granulaire est 0/3. Il s'agit la granulométrie de sable utilisée est présenté sur la figure. II.2



La figure. Il 2. Le sable

Les caractéristiques physiques du sable utilisé sont regroupées dans le tableau .II.3.

Tableau II .3 Caractéristiques physiques des sables [17].

Caractéristiques	Sable	Normes
Classe granulaire	0/3	NF EN 933-1
Module de finesse	2.2	NF EN 933-1
Masse volumique absolue (Kg/ m^3)	2.64	NF EN 1097-6
Masse volumique apparente (Kg/m^3)	1.63	NF EN 1097-3
La compacité (%)	62	NF EN 1097-3
La porosité (%)	38	NF EN 1097-3
Equivalent de sable (%)	81.9	NF EN 933-8
Coefficient d'absorption d'eau (%)	0.42	NF EN 1097-6

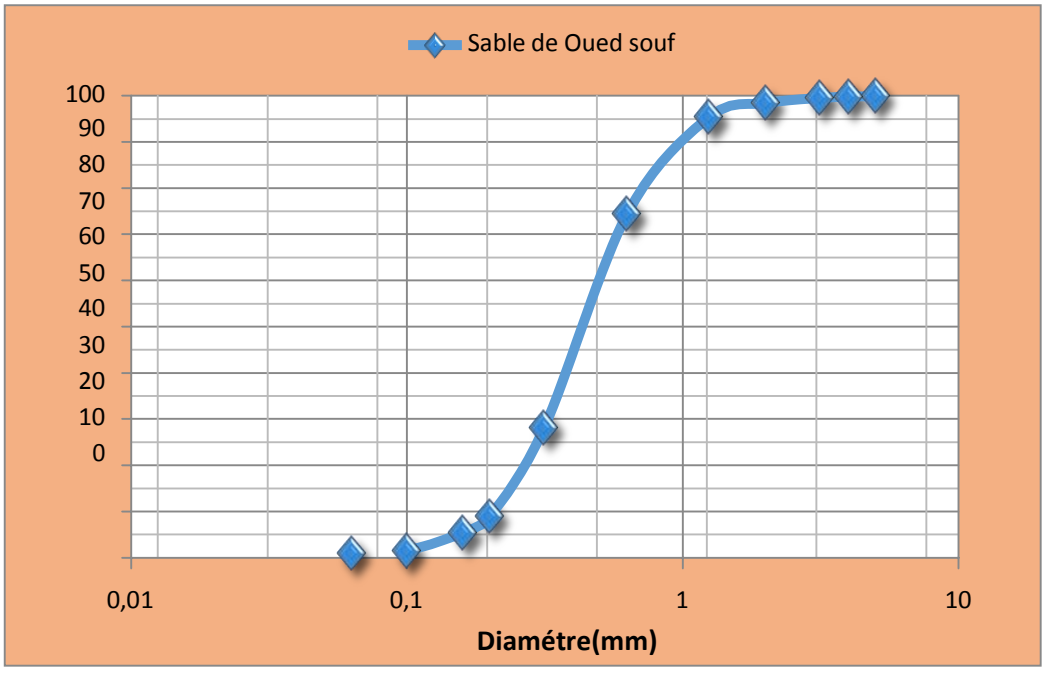


Figure II.3 La courbe granulométrique du sable [17].

I.17.3. Eau de gâchage

L'eau qui est utilisée pour le gâchage est une eau potable de distribution de notre laboratoire [17].

I.17.4. La bentonite

La bentonite utilisée est une bentonite issue de l'ouest Algérien. C'est une bentonite calcique beige, qui provient de la région de Maghnia qui se trouve dans la wilaya de Tlemcen. Ce bentonite présentent une masse volumique absolue de 2,52 g/cm^3 et de surface spécifique Blaine de ciment est 4371 cm^2/g.et le refus de 45 um est 44 ,56.



Figure II.4 la bentonite(23).

I.18. Formulation et Composition des mortiers

Les mortiers sont fabriqués à bas des granulats sable et ciment et argile bentonite et avec un rapport E/C variable pour obtenir une ouvrabilité plastique. Les compositions des mortiers obtenus soit par substitution soit par ajout bentonite respectivement dans le tableau II.5.

Tableau II.5. Composition de mortier

Pourecentage	Ciment(g)	Agout(g)	Eau/liant	SABLE (g)
0	450	0	0.5	1450
5	427.5	22.5	0.52	
10	405	45	0.57	
15	382.5	67.5	0.59	
20	360	90	0.63	
25	337.5	112.5	0.65	
30	315	135	0.7	
35	292.5	157.5	0.73	
40	270	180	0.75	
45	247.5	202.5	0.77	
50	225	225	0.8	

I.18.1. Préparation des mortiers :

Une fois arasés, les moules contenant les échantillons sont couverts de film en Plastique et stockés. Dans le chambre humide sous une température de 20° ± 1°C et une Humidité relative d'environ 55 ± 5%. Le démoulage est effectué après une durée de 24h Et les échantillons sont conservés Les éprouvettes sont conservées dans le chambre umide jusqu'à la date prévue de l'essai [171].

Moule de malaxage





Coulage et compactage **Après le coulage**



Figure II.6 les étapes de préparation d'un mortier [17].

Les éprouvettes âpres le décoffrage :

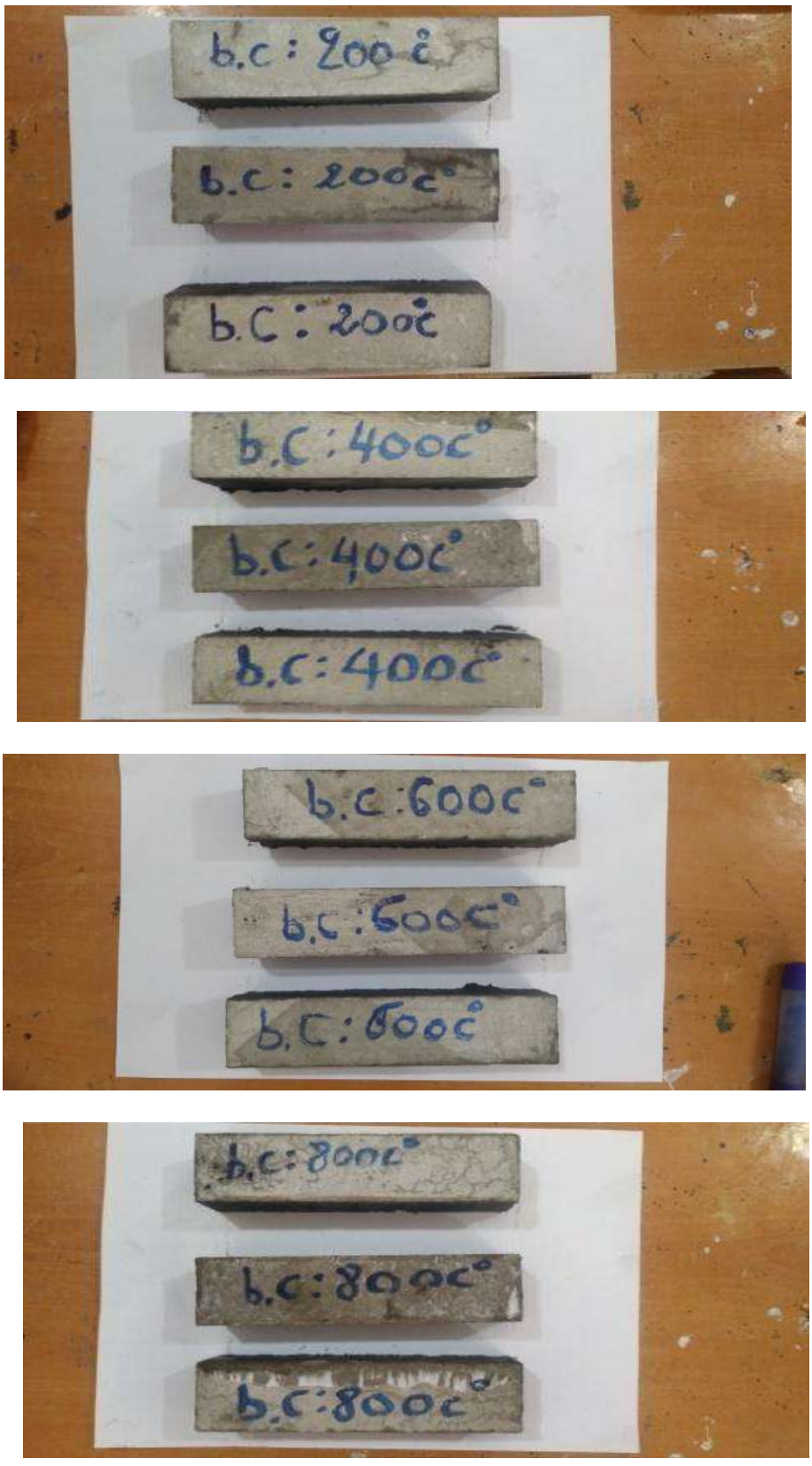


Figure. II.7 : Eprouvettes des mortiers confectionnées [17].

I.19. Essais effectués sur le mortier :

I.19.1. Essais effectués sur à l'état frais

I.19.1.1. Ouvrabilité du mortier Essai de maniabilimètre LCPC :

Pour caractériser la consistance d'un mortier, l'essai de maniabilimètre permet de mesurer le temps t mis par le mortier pour s'écouler sous vibration. L'état du mortier avant et après l'essai et le principe de fonctionnement du maniabilimètre à mortier est reluisant : (19)

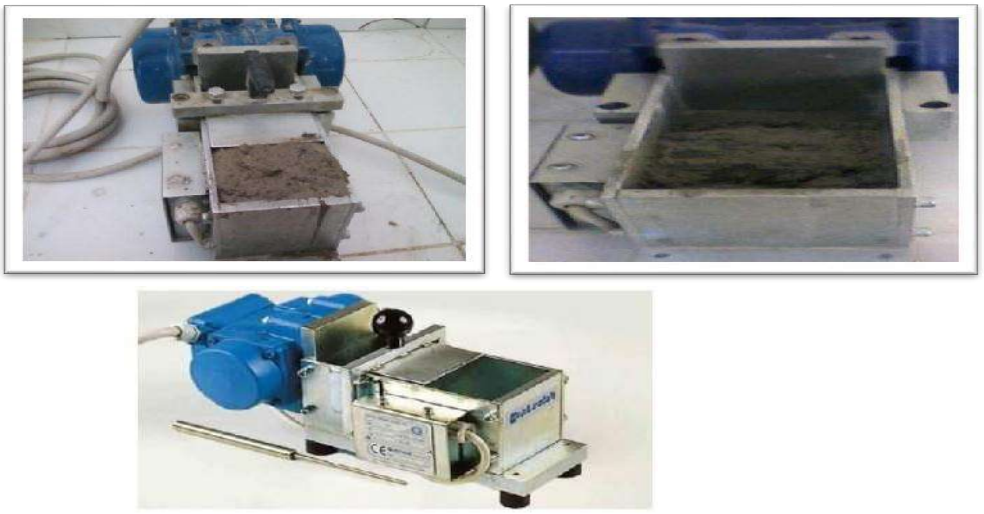


Figure II.8 : Etat du mortier avant et après mesure du temps d'écoulement [17].

I.19.1.2. Essai temps de prise [NF P 15-431] :

le temps de prise a été détermine en fonction de l'aiguille de Vicat (20).



Figure. II.9: Appareil de Vicat [17].

I.19.2. Essais effectués sur à l'état durci

I.19.2.1. Essais Mécaniques

I.19.2.2. Résistance à la traction par flexion

Les éprouvettes sont brisées par flexion en deux moitiés C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion (par trois points) (Figure II.10), la norme [EN 196-1]. [2 4]

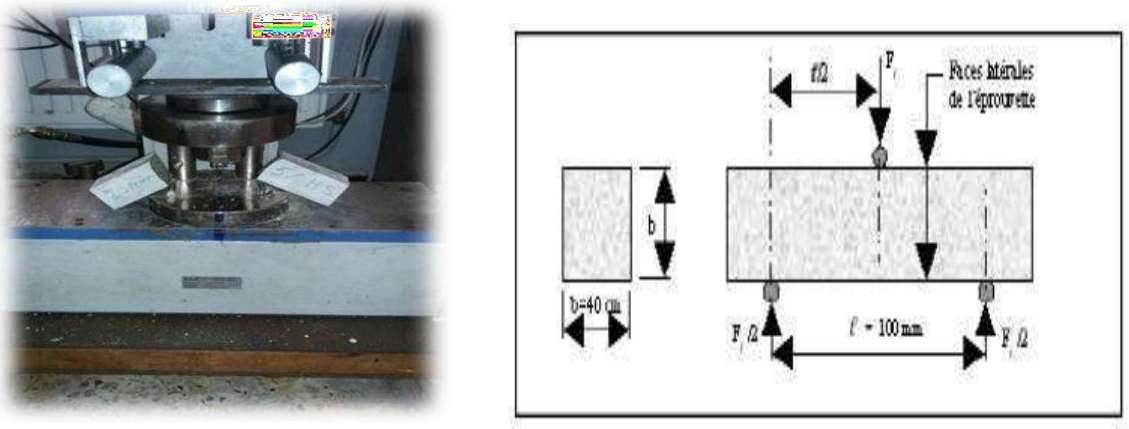


Figure II.10. Essai de traction par flexion sur mortier [17].

I.19.2.3. Résistance à la compression

La résistance à la compression est mesurée selon la norme EN 196-1 Les demi-prismes De l'éprouvette obtenue après rupture à la traction seront rompus à la compression. La Contrainte de rupture est calculée comme suit : $Rc=F_c/b^2$ [22].

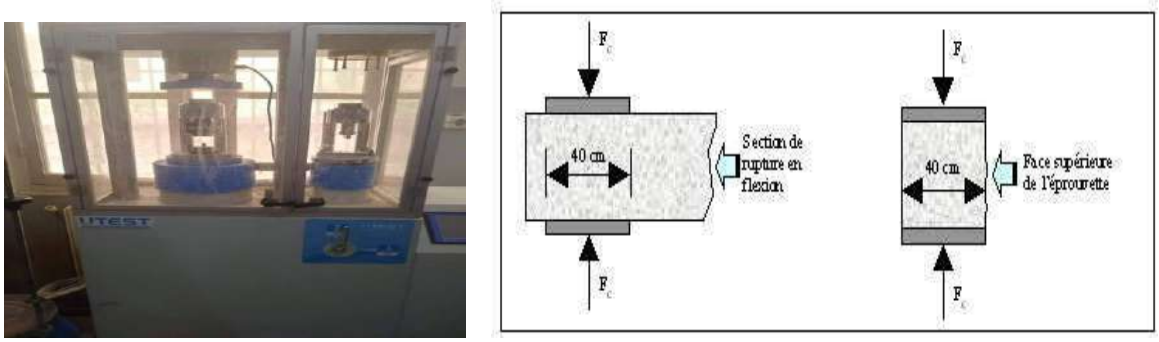


Figure II.11. Essai de traction par flexion sur mortier [17].

I.19.2.4. Essai d'absorption d'eau par capillarité

Cet essai mesure le taux d'absorption de l'eau par succion capillaire des éprouvettes de béton. Avant les mesures de la sportivité, les éprouvettes sont pré conditionnées selonles recommandations de la norme NF P10-502, [25].

L'essai a été réalisé sur des éprouvettes de (4 x 4 x 16 cm). Le protocole de cet essai consisteà sécher des éprouvettes prismatiques à l'étuve à 105±50 °C pendant 72 heures. Les surfaces latérales des éprouvettes sont ensuite imperméabilisées à l'aide d'une résine étanche, et ce pour assurer la remontée unidirectionnelle d'eau par capillarité. Les éprouvettessont ensuite pesées soit M_0 (Figure II.12).Les mêmes éprouvettes sont posées dans un récipient sur leurs faces les plus petites (4 x 4 cm), et sont séparées d'au moins 1 cm de son fond. Le récipient est ensuite rempli en eau jusqu'à ce que les éprouvettes soient partiellement immergées (environ 5 mm). Il faut noter que le niveau d'eau doit rester constant tout au long de l'essai. Les éprouvettes sont retirées et pesées régulièrement. L'essai est terminé après 24 h.

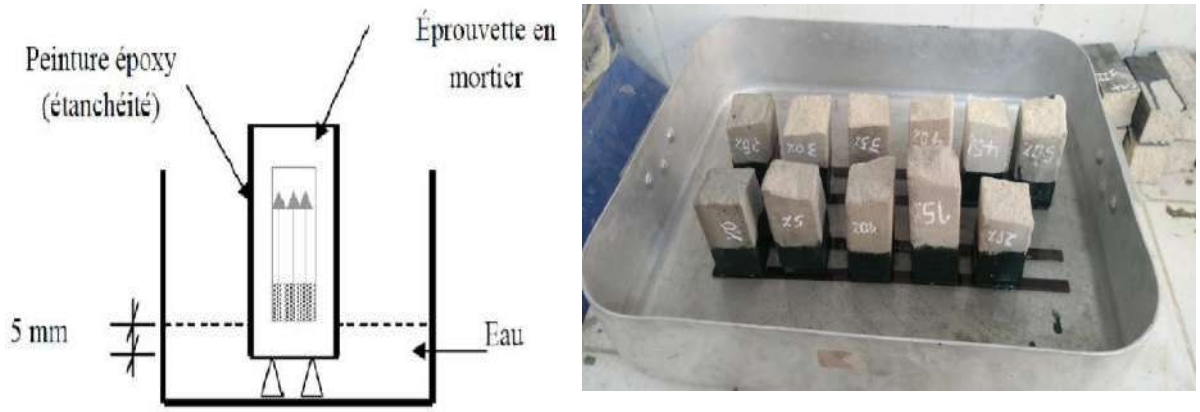


Figure II.12 : Absorption d'eau par capillarité [17].

I.19.2.5. Porosité accessible à l'eau :

Des éprouvettes de démenions 4*4*16 cm découpés dans la bac de porosité pendant 4h Les éprouvettes d'abord ont été saturées avec l'eau distillée sous vide à l'aide d'un Dessiccateur pendant 24h, ensuite elles ont pesé hydro statiquement (Figure.2.13 (ab)).[26].

.

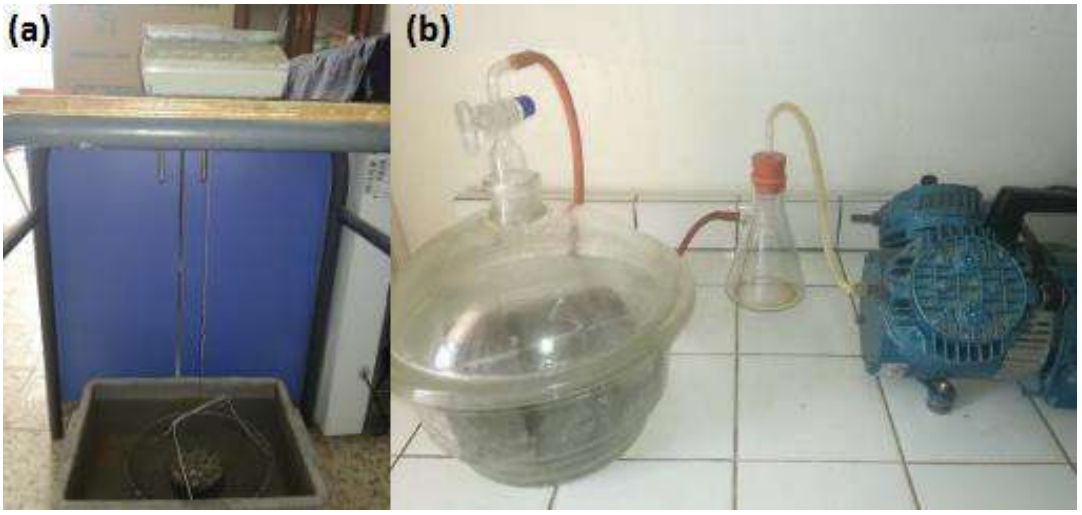


Figure II.13. (a) Pesage hydrostatique des échantillons. (b) Saturation sous vide [17].

II.5. Essais de Durabilité

L'objectif de cette étude est de connaitre le comportement des mortier avec une argile de bentonite face aux attaques d'hydroxyde sodium, basique pour les essais de durabilité.

Attaque des mortiers par les solutions basiques : Pour la caractérisation de la résistance chimique, des éprouvettes rectangulaires des mortiers de diamantin (4 x 4 x 16Cm) ont été confectionnées selon la Norme NF EN 196-1 Démoulées à 24 heures, les éprouvettes elles sont immergées dans les différentes solutions suivantes**.**

I.19.3. Essai de résistances à l'hydroxyde sodium :

Les éprouvettes (4 x4 x16)cm^2 sont conservées dans l'eau a 20°C pendant 30 jours avant d'être soumises a l'immersion dans des bacs en plastique contenant soit une solution de 1 5 % de l'hydroxyde sodium (Na OH) d ans les conditions du laboratoire, les bacs en plastique utilisés ont une base ondulée. Permettant ainsi le contact facile de la surface inférieure de l'éprouvette

avec la solution en (figure.2.14). Les solutions de à l'hydroxyde sodium et hydroxyde potassium ont été renouvelées une fois dechaque une moi [27].

- 15% hydroxide sodium (Na OH) (Fig. II14).



Figure II.14 solution de Na OH [17].



Figure. II. 15 Immersion des éprouvettes dans un bac solution de l'hydroxyde sodium 15% [17**].**

- **Mesure le PH de solution Na OH :**



Figure. II. 16 Apareil de mesure du PH. [17]

- **Perte en masse**

La mesure de perte en masse des éprouvettes en mortier ont été évaluée par l'expression Suivante :

$$\text{Perte de masse} = \frac{M1 - M2}{M1} \text{x}100$$

M 1 : la masse en gramme des éprouvettes avant l'immersion

M 2 : la masse en gramme des éprouvettes après l'immersion.

I.19.4. Résistance au feu

Cet essai consiste à préparer des demi prismes d'éprouvettes (4×4×16 $cm^{3)}$ pour le traitement Thermique, elles sont exposées à l'air libre au laboratoire pendant 6 jours puis étuvées à 105°C pendant plusieurs jours jusqu'à stabilisation de leurs masses. Ensuite, elles sont chauffées dans un four à moufle (Figure.2.16) à différentes températures 200°C, 400°C ,600°C et 800°C avec une vitesse de chauffage égale à 10°C/min maintenues la température constante dans le four pendant une heure conformément à la norme ISO 834. Tous les demi-prismes d'éprouvettes

sont ensuite refroidis à l'air (en dehors du four) pendant 24 heures puis écrasés. Pour chaque

température, des mesures de pertes de masse ont été effectuées. Le degré de déshydratation (Perte de masse (%)) est évalué par la relation suivante : [28].

$$\text{Perte de masse} = \frac{M1 - M2}{M1} \text{x}100$$

Avec M1, M2 les masses des éprouvettes avant et après le chauffage respectivement



Figure. II.117. Echauffement des éprouvettes dans un four à moufle [17]

Conclusion :

Dans notre recherche, nous avons utilisé les matériaux locaux, disponibles dans algérien (Le ciment, granulat sable et l'ajout bentonite).

Les différents essais mènes sur le mortier au cours de cette étude sont décris dans le chapitre II.

Les résultats de la caractérisation seront présentés au chapitre III.

CHAPITRE III RESULTAS ET INTERPRETATION

I.20. Introduction

Ce chapitre présente les résultats et discussions de la valorisation de la bentonite calcinée pour formulation. Il s'agit d'étudier l'influence de cette bentonite calcinée sur les caractéristiques physico-mécaniques et sur la durabilité de ce mortier.

D'abord, nous allons inspecter et suivre le développement de la réactivité des bentonites utilisées avant et après le traitement, en vue de fouiller le meilleur cycle thermique qui se qualifie ces argiles.

Ensuite nous nous intéressons se bien comprendre les raisons menant à l'évolution des différentes propriétés fraiches et durcies des mortiers contenant ces artificielles, en quantifiant le dosage optimal de substitution par rapport au ciment pour avoir un bon mélange de tous les aspects.

I.21. Propriétés de la bentonite

I.21.1. La composition chimique des matériaux utilisés

La composition chimique de ciment, la bentonite naturelle, calcinée, et les différents mélangessont indiqués dans le Tableau III. 1.

Tableau III. 1. La composition chimique des matériaux utilisés.

	bentonite
	0
SiO_2	58.58
Al_2O_3	13.24
Fe_2O_3	3.12
Cao	5.17
MgO	2.29
SO_3	0.41
K_2O	2.34
Na_2O	2.97
Perte au feu	11
Chaux libre	0.73
refus	44.56
Somme S+A+F	74.94
Somme alcali	5.31

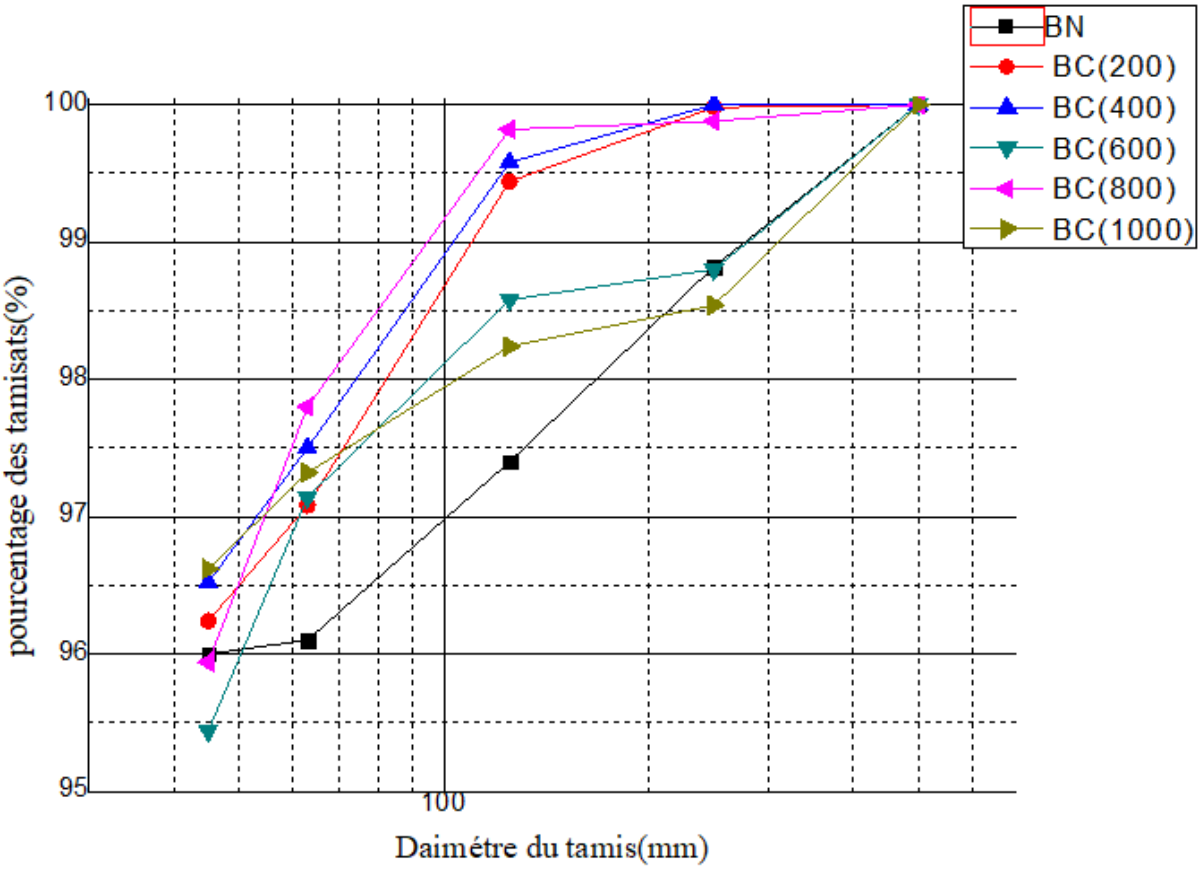


Figure III.1 : Courbe granulométrique de bentonite à température défiante **[17].**

I.21.2. Les surfaces spécifiques Blaine des différents mélanges :

La finesse Blaine est principalement utilisée par les cimentiers pour estimer la surface spécifique d'une poudre Cette technique est basée sur la perméabilité d'un échantillon compacté. La méthode consiste à mesurer le temps d'écoulement d'un volume d'air précis à travers un lit de poudre compacté. La finesse est ensuite calculée à partir de la mesure réalisée sur un échantillon de référence. les surfaces spécifiques Blaine des différents mélanges choisis sont indiquées dans le Tableau III.2 et la Figure III.2 .Il est observée que la finesse des liants augmente avec la teneur en bentonite.

Tableau III.2 Les surfaces spécifiques Blaine des différents mélanges de mortier choisisse.

	CP	Bentonite calcine					
		0°	200°	400°	600°	800°	1000°
Finesse (cm^2/g)	**3224**	**3658**	**3366**	**3386**	**3396**	**3420**	**3478**

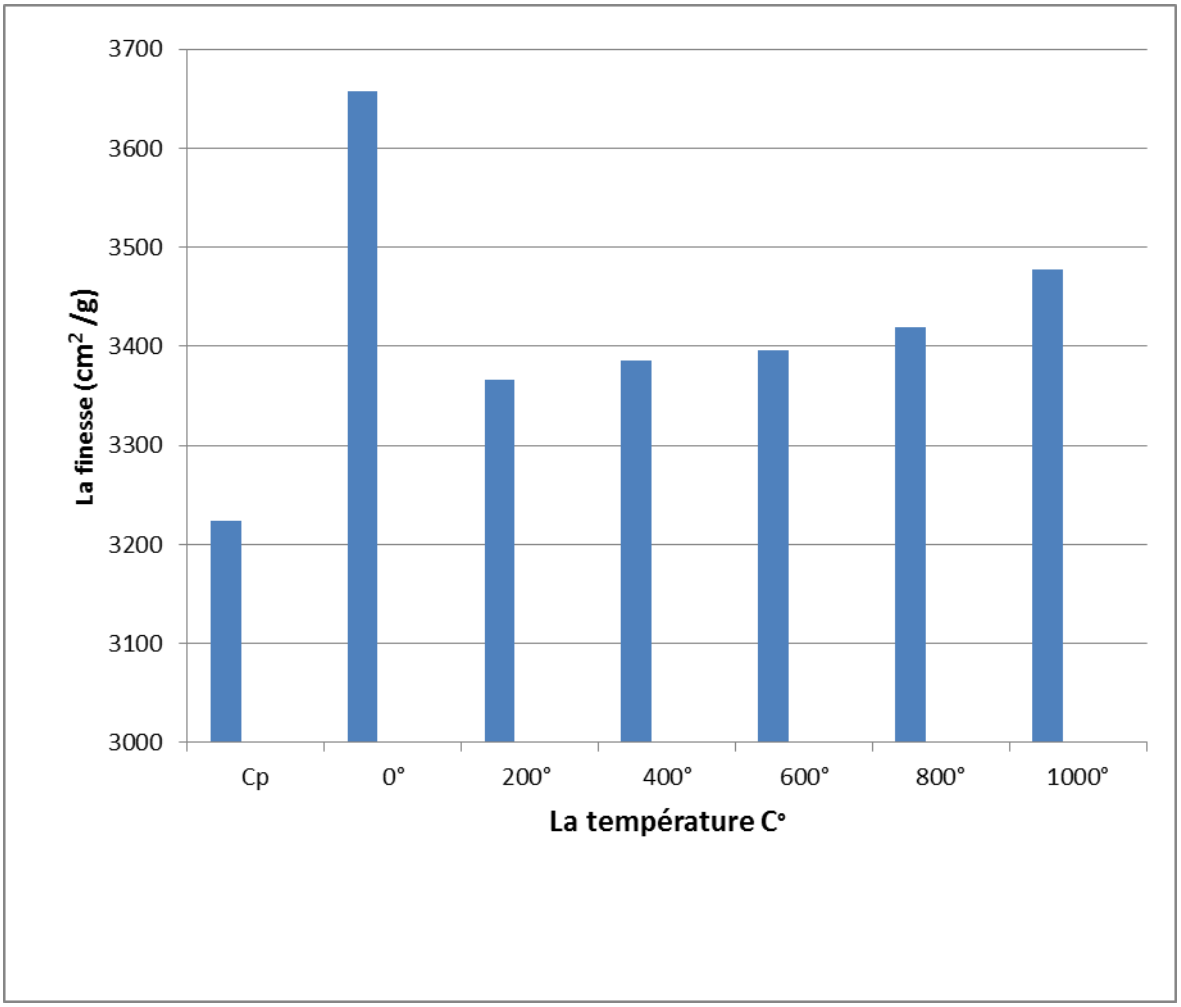


Figure III.2 : Surfaces spécifiques Blaine en fonction du pourcentage de la bentonite calcinée.

I.21.3. Propriétés à l'état frais des mortiers de bentonite :

Les effets des additions (La bentonite calcinée) sur, la prise, la consistance de la pâte du ciment et les résistances mécaniques des mortiers.

I.21.3.1. BESOIN EN EAU :

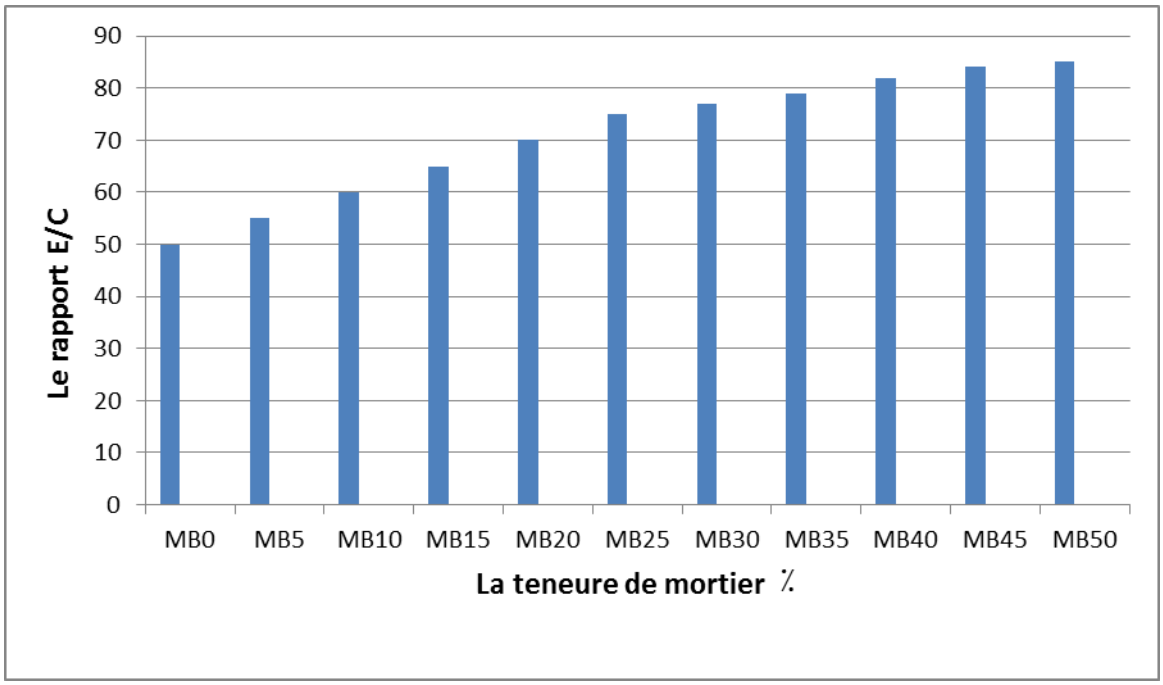


Figure. III.3 Influence de la teneur en bentonite sur le rapport E/C.

I.21.3.2. Le temps de prise et la consistance :

L'effet de la bentonite sur la prise est présenté dans les Figures III .4 qui présentent la variation du temps de prise et le rapport E/C en fonction des différents pourcentages de bentonite .

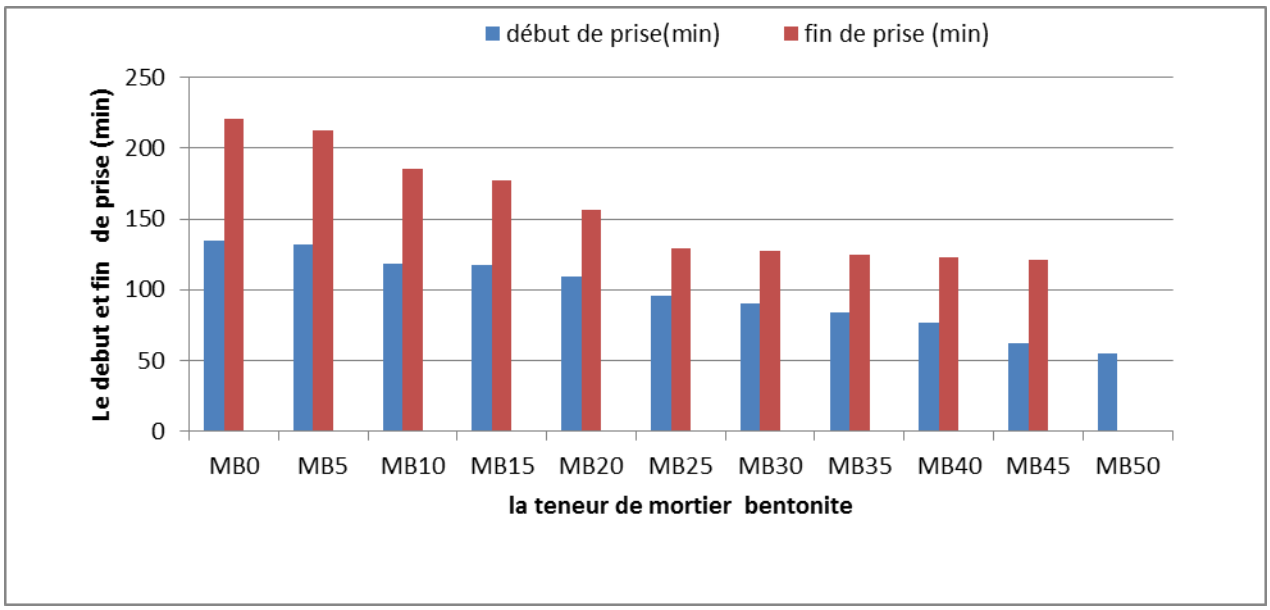


Figure. III.4 Influence de la teneure en bentonite sur le temps de pris.

On remarque que l'augmentation du pourcentage de la bentonite augmente le rapport E/C et par conséquent la réduction du temps de prise de ciment.

I.21.4. Propriétés à l'état durci des mortiers de bentonite :

I.21.4.1. Densité :

La densité à l'état durci de différents mélanges est représentée sur la figure 3.5. Les résultats Obtenus montrent que la densité maximale des mélanges élaborés, cette valeur concerne le mortier Témoin fabriqué en utilisant uniquement le ciment. En outre, la densité des mélangés tend à diminuer Avec l'augmentation de taux de substitution des B ce qui conduit à une réduction de la densité Globale des matrices. Et ont également fait des observations Similaires au résultat des densités des mortiers base des bentonites.

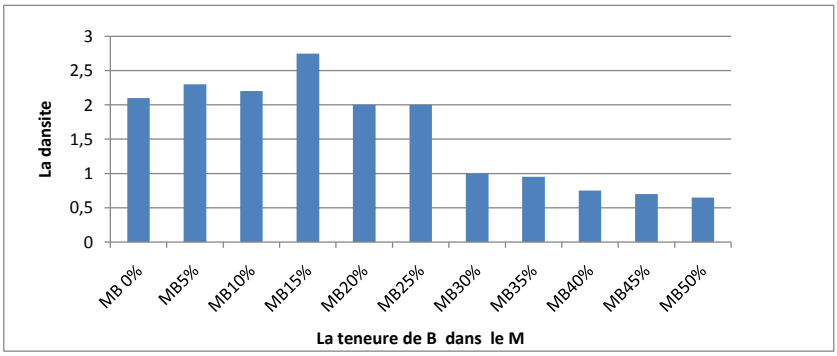


Figure III.6. Variation de la densité en fonction de la teneur bentonite.

I.21.4.2. Résistance mécanique :

La figure.3.7 présente la résistance à la compression et à la flexion de différents mortier a base de bentonite en utilisés à 28jour. Les résultats obtenus suivant :

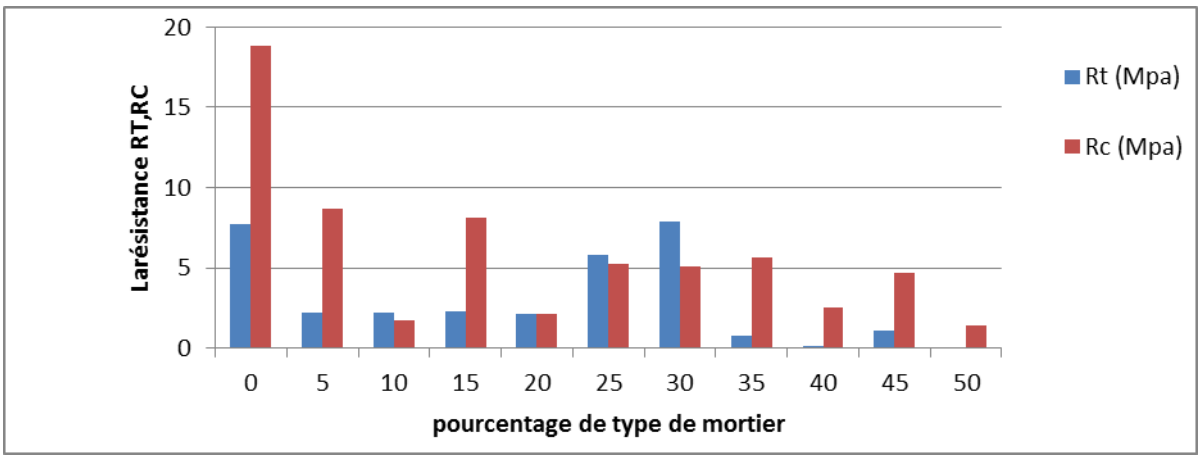


Figure III. 7. la résistance à la compression et à la flexion de mortier.

L'analyse des résultats de la Figure III.7 permet d'apporter les commentaires suivants :

Les résistances de tous les mortiers distribuent aléatoire a se pourcentages de type du mortier alors la résistance à la traction et la compression augmente au debut de lissai et ce démines a la fin.

La diminution de **la** résistance **à** cause **de** l'augmentation **du** pourcentage **de la** bentonite **ce** caractérise a base de l'absorption.

I.21.4.3. La résistance aux milieux basique :

I.21.4.3.1. Perte de masse

Les résultats de la perte de masse de la période d'immersion dans la solution basique Na OH de masse des éprouvettes de mortier avec les périodes.

Tableau III .3 Les résultats de la perte de masse avant et après immersion dans la Na OH.

Pourcentage du Type de mortier(%)	La masse d éprouvette Avant immersion dans la Na OH.	La masse après 1semaine	La masse après 2 semaines
0	537.4	599.4	597.7
	560.3	638.5	637.6
5	583.1	625.8	634.5
	590.2	636.1	623.4
10	599.6	600.1	624.4
	585.2	625.9	597
15	582.5	625.3	624.9
	590.4	620.6	619.1
20	539.8	581.5	579.9
	550.6	609.2	609.5
25	522.1	613.4	556.8
	535.3	612.6	612.5
30	506.8	558.2	612.5
	530.3	576.5	575.4
35	516.2	591.2	579
	520.4	580	589.9
40	523	591.4	590
	530	545.4	542.2
45	523	536.2	534.5
	535	553.2	552.5
50	499.5	528.1	525.9
	505	513.9	512.3



Figure III.8 . Les éprouvèttes avant et apré immersion dans Na OH.

- **Action au milieu basique :**

Le PH de la solution (Na OH) des éprouvettes de mortier c'est : PH = 13.47

I.21.4.4. Essai durabilité :

I.21.4.4.1. Absorption par capillarité

Les résultats de l'essai d'absorption d'eau par capillarité des différents mortiers réalisés sont résumés dans La figure 3.10.

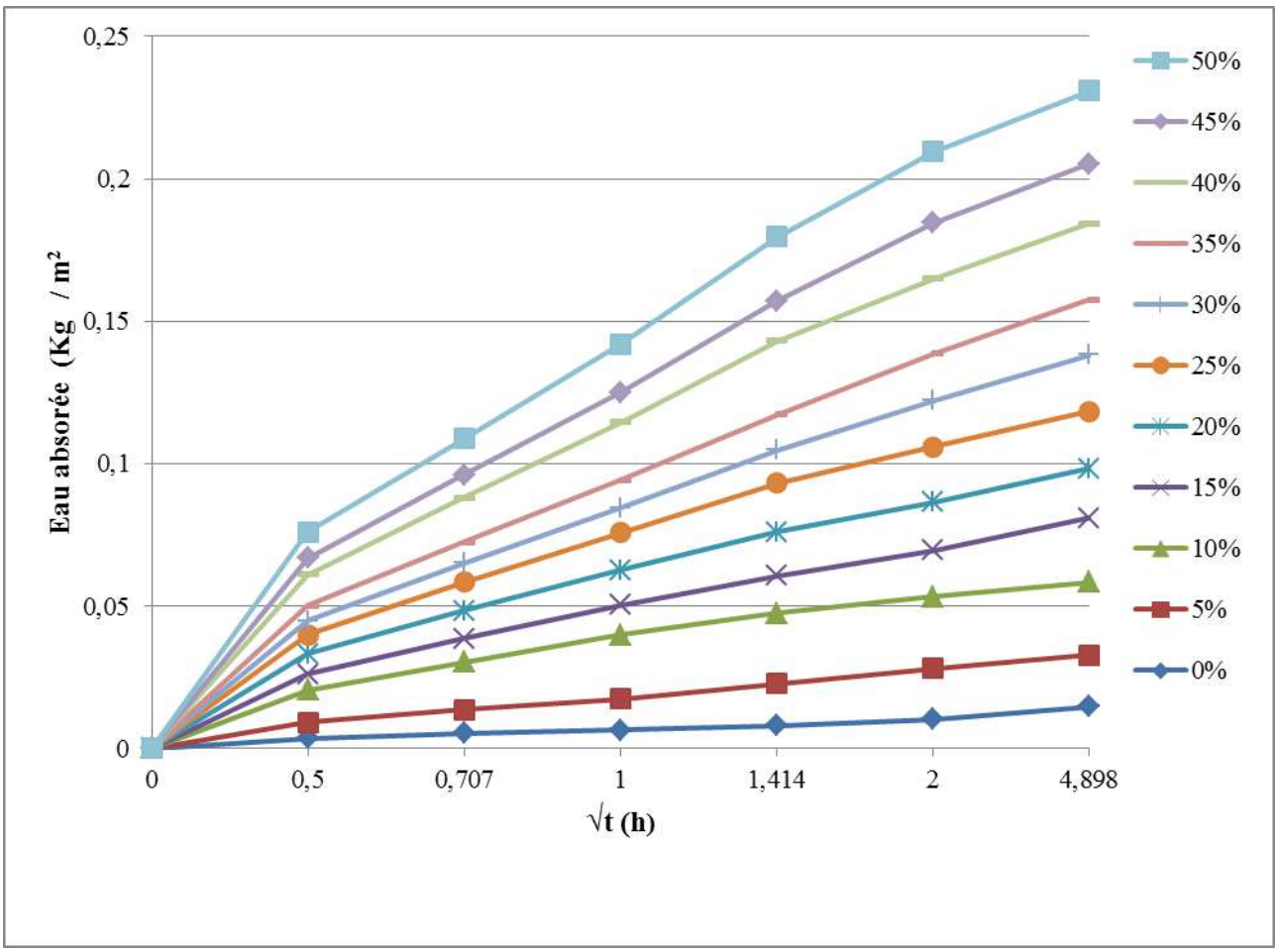


Figure III.9. Absorption d eau de mortier de différant dosage de bentonite.

D'après la figure III.9 on remarque que le mortier à base de bentonite absorbe plus d'eau légèrement par rapport au mortier témoin. Ce comportement est attendu à cause des bentonites fines de l'ajout.

I.21.4.4.2. Porosité accessible à l'eau :

Les résultats de l'essai Porosité accessible à l'eau des différents mortiers réaliséssont résumés dans la figure 3.10.

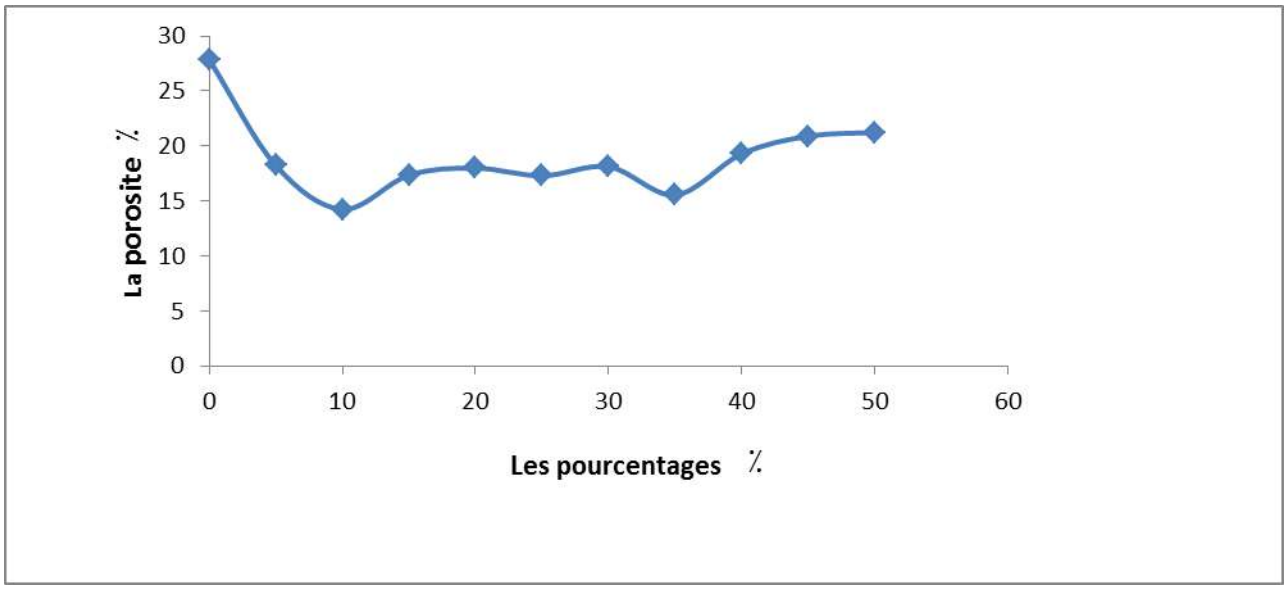


Figure III .10. Effet du pourcentage de bentonite sur la porosité accessible à l'eau.

La figure III .10. Présente l'évolution de la porosité accessible à l'eau de différents mélanges de mortier à 28 jours en fonction des pourcentages. D'après cette figure, les valeurs de porosité varient entre 5 et 10%. L'incorporation de bentonite jusqu'à 5 à 50 % respectivement, a donnée des valeurs de porosité inférieures que celles de mortier sont bentonite a témoin 0. Ceci est attribué au rôle de remplissage de la Bentonite, où les grains remplissent le système poreux, grâce à leur taille plus fines que le ciment.

I.21.4.4.3. .Résistance au feu :

Perte de masse

Les résultats de la perte de masse des éprouvettes à (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45,50%) chauffées à 200, 400°C sont représentés sur la figure ci-dessous :

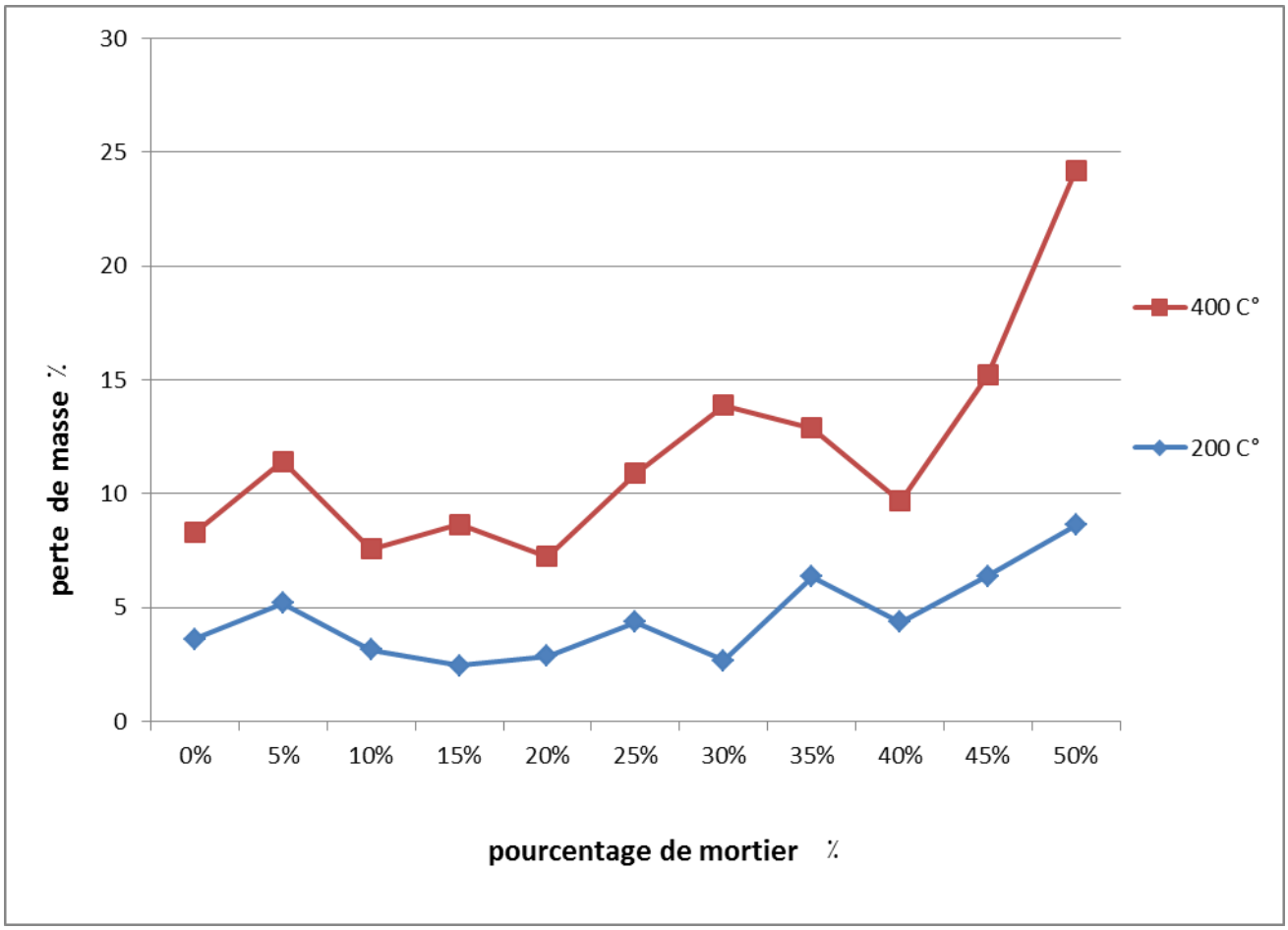


Figure III.11. Perte de masse des éprouvettes de mortier en fonction de l'élévation de température.

I.21.4.4.4. Resistance à la compression

Les résultats de la résistance à la compression des éprouvettes chauffées à 200, 400C ° sont représentés sur la figure III.12 et le tableau.3.4 suivante :

pourcentage du mortier	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50
résistances à la compression (Mpa)	8.62	6.97	12.83	4.64	2.44	0.73	0.25	1.97	2.70	0.41
Résistance témoigne (MPa)	18.81	8.73	1.75	8.14	2.19	5.27	5.13	5.66	2.52	1.45

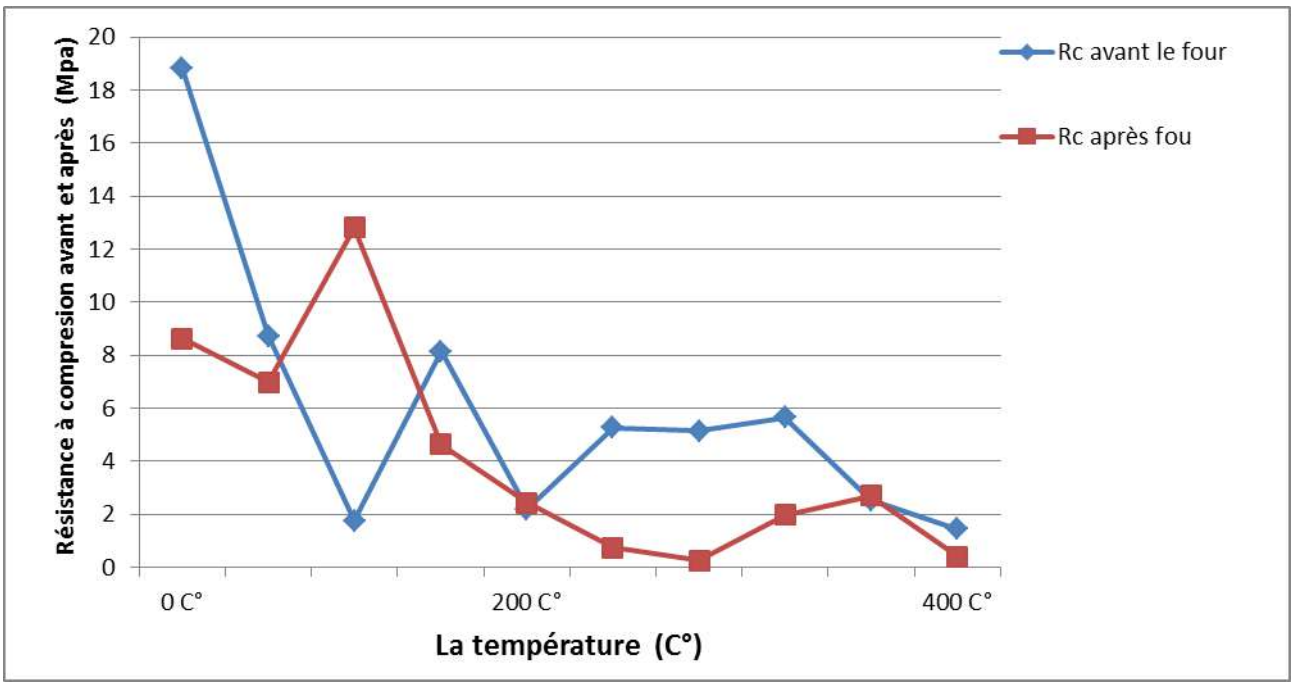


Figure III.12.Résistance à la compression des mortiers en fonction de température.

D âpre la figure 3.12 on remarque que Les résultats obtenus montrent que pour tous les mortiers à base de Bentonite On enregistre l'augmentation. De la résistance à la compression au debut de l'essai le rapport de la résistance à chaud est diminué jusqu'à Une Faible résistance obtenus à 400°C, et cela est due à l'augmentation considérable de la porosité pour tous Les mortiers Chauffés.

Conslusions générales et Recommandations

Conclusion générale

Le travail expérimental s'est porté sur l'étude de l'effet de la bentonite sur les propriétés des mortiers à l'état frais et durci Les conclusions suivantes autant peuvent être tirées :

Évaluation de l'activité des B :

La résistance à la compression de mortier augmente : lorsqu'on remplace le ciment par 10 et 15% de Bentonite par rapport au mortier témoin à 28 jours.

- La densité de mortier est diminuée avec l'augmentation de la quantité de B utilisé.
- L'inclusion de la Bentonite respectivement, mène à produire des mélanges moins absorbants. En termes de durabilité l'usage de la B dans le mortier à des taux jusqu'à 20 % diminuela porosité

Accessible à l'eau.

- Augmentions du dosage en bentonite augment le besoin en eau.
- La bentonite permet de retardé la prise des mortiers.

D'après les résultats on peut conclure que l'utilisation de la bentonite calcique calcinée donne des Performances meilleures.

Recommandations

Nous recommandons ce qui suit :

- Etude de la durabilité du mortier à base de bentonite.

-Valorisation de la bentonite comme un liant dans le mortier.

- Etude des effets de la bentonite de différent pourcentage dans le mortier.

-Influence de haute température sur les propriétés du mortier à base de la bentonite.

References bibliographiques

[1] Y. Ghernouti1, B. Rabehi2. « Récupération Et Valorisation De Déchets des sacs en plastiques dans le domaine de construction », SBEIDCO – 1stInternational Conférence on Sustainable Buait Environnement Infrastructures in développionsCountries ENSET Oran(Algérie) - Octobre 12-14, 2009.

[2] CIM Béton centre d'information sur le ciment et ces applications, Am principe Paris, Edition 2005.

[3] ACI 305R –91: "Hot Weather Concrete" ACI Materials Journal, Vol. 88, 1991, pp.417-436.

[4] BRAHMA.A «Le béton», Office des publications universitaires, Alger, 1996.

[6] W.H. ZACHARIASEN, the atomic arrangement in glass, journal of the American chemical society, vol.54. 1932.

[7] M.F. ASHBY, et MF JONES, Matériaux- propriétés et applications, paris 2emeédition, Dunda 1996.

[8] Norms ACI (American concrete Institute) 116R-90 (ACI 1990 b).

[9] KOJIMA, T., TAKAGI, N. et HARUTA, K. Expanding characteristics of mortar with glass powder produced from waste bottles, 11th international conference on Alkali Aggregate Reaction, Quebec, p.673-682

[10] BARRET, P., MENETRIER, D. et COTTIN, B. Study of silica-lime solution reactions, Cement and Concrete Research, vol.7, n°1, p.61-67 (1977).

[11] BATAYNEH, M., MARIE, I. ET ASI, I. Use of selected waste materialsin concrete mixes, Waste Management, vol. 27, n°.12, and p.1870-1876 (2007).

[12] Boutera M « Caractérisation physique et rhéologique de la bentonite de Maganai » thèse de magister université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF, Oran 2012.

[13]Délibéré M., A. SME : la bentonite : les argiles colloïdales et leur emploi, livre 1951.

[14] Grim, R.E., *Clay mineralogy*. Vol. 76. 1953: LWW.

[15] Ross, C.S., and Shannon, E.V. (1926) the minerals of betonies and related clays and their physical properties. Journal of the American Ceramic Society, 9, 77–96.

[16]CHIKOUCHE, M.A., *Optimisation des ajouts à base d'argiles vaseuses et leurs effets sur les Propriétés des matériaux cimentaires.* These de doctorat, (2016): p. 2-155.

[18] O .Arias. Effects of elevated temperatures on properties of concrete, Safety J.42, 2007, 516–522

[19] laboukh.a le mortier a base d'argile bentonite mémoire de licence.

[21] .DUPAIN.R, « Granulats, sols, ciment et béton : Caractérisation des matériaux degénie civil par les essais de laboratoire »,2eme édition CASTEILLA, Paris ,2000.

[23] sache de bentonite du magnai.

[24] DUPAIN.R, « Granulats, sols, ciment et béton : Caractérisation des matériaux degénie civil par les essais de laboratoire »,2eme édition CASTEILLA, Paris ,2000.

[25] NBN NE 13057, Normes Belge, « Produits et systèmes pour la protection et Laréparation des Mai structures en béton-Méthodes d'essai-détermination de l'absorptioncapillaire », Octobre 1997, 2002

Annexes



Fiche technique du MEDAFLOW 145

NOTICE TECHNIQUE 1101

MEDAFLOW 145

Conforme à la norme NF EN 934-2 :TAB 1 ,TAB 3.1 ET TAB 3.2 NA 774

Super plastifiant – Haut réducteur d'eau

DESCRIPTION

Le **MEDAFLOW 145** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la nouvelle génération d'adjuvants. Il est conçu à base de poly carboxylates d'éther modifiés et son utilisation dans le béton permet l'obtention d'un long maintien d'ouvrabilité. Le **MEDAFLOW 145** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.
En plus de sa fonction principale de superplastifiant, il permet de diminuer la quantité d'eau de gâchage du béton d'une façon remarquable.
Le **MEDAFLOW 145** ne présente pas d'effet retardateur.

CARACTERISTIQUES

- Forme .....Liquide
- Couleur .....brai clair
- pH ..... 5 – 6
- Densité..... 1.065 ± 0,015
- Teneur en chlore..... < 1g/L
- Extrait sec.....30±1.5%

PROPRIETES ET EFFETS

Grâce à ses propriétés le **MEDAFLOW 145** permet :
Sur béton frais :

- l'obtention d'un E/C très bas
- Béton plastiques à fluides
- une très bonne maniabilité
- un long maintien de l'ouvrabilité
- de faciliter la mise en œuvre du béton

Sur béton durci :

- bonne résistances initiale et finales .
- de diminuer la porosité
- bel aspect de parement au décoffrage
- de diminuer le retrait

DOMAINES D'APPLICATION

- Bétons à hautes performances
- Bétons auto - nivelant
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons avec ferraillage dense

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :
0,3 à 2,0 % du poids de ciment soit 0.33 à 1.8 litre pour 100 Kg de ciment.
Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.

MODE D'EMPLOI

Le **MEDAFLOW 145** est introduit dans l'eau de gâchage.
Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 60% de l'eau de gâchage ait déjà été introduite.
Il est recommandé de réaliser des essais dans les conditions de chantier afin de déterminer le dosage fournissant les résultats recherchés.
Par temps chaud, le **MEDAFLOW 145** peut être combiné à un retardataire de prise **MEDARETARD GR** .

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Le **MEDAFLOW 145** est conditionné en bidons de 10 l et fûts de 210 et 240 kg.et cubitainer 1100 kg
Délai de conservation :
12 mois dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur (5°C < t < 35°C).

Précaution d'emploi:
Manipulation non dangereuse.

Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur notre site web : www.granitex.dz

Fiche technique du ciment

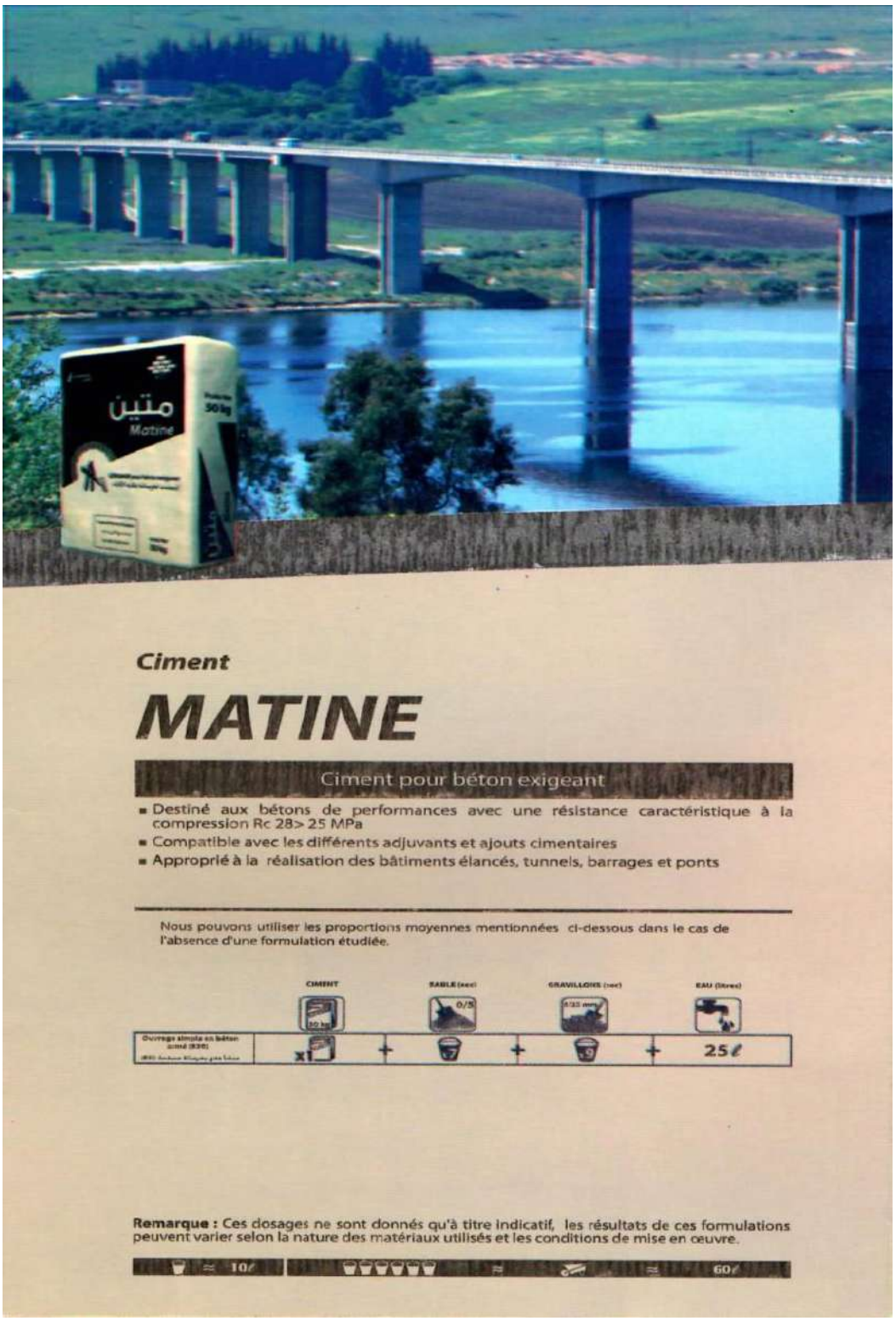


Figure. A Ciment MATINE utilisé.

LAFARGE
لافارج

MATINE

Ciment pour béton exigeant

CEM II/A 42,5 R NA 442

FICHE TECHNIQUE

MATINE est un ciment gris de hautes résistances initiales et finales, résultat de la mouture du clinker obtenu par cuisson jusqu'à la fusion partielle (clinkérisation) d'un mélange convenablement dosé et homogénéisé de calcaire et d'argile.

Ce ciment est constitué d'oxydes minéraux dont les principaux sont la chaux (CaO) à fonction basique et la silice (SiO_2) à caractère acide. On trouve également l'alumine (Al_2O_3) et le fer (Fe_2O_3). ils sont rendus aptes à réagir entre eux et avec l'eau par traitement thermique à des températures comprises entre 1300 et 1500°c. En présence d'eau a lieu la réaction d'hydratation consistant en la formation d'un réseau résistant (propriété hydraulique) constitué principalement de microcristaux de silicates de calcium hydratés.

MATINE présente des performances mécaniques et des caractéristiques physico-chimiques conforment à la norme NA 442, EN 197-1 et à la norme NF P 15-301/94 .

Domaine d'utilisation :

MATINE est utilisé pour tous les projets courants qui nécessitent des hautes résistances mécaniques mais ne présentent pas un besoin spécifique dans les ouvrages en béton qui ne sont pas exposés à des conditions sévères comme l'attaque des sulfates du sol ou de l'eau, ainsi que dans les ouvrages dans lesquels le béton n'est pas affecté par le taux de chaleur d'hydratation du ciment.

Les principales applications de ce ciment sont :

- Secteur habitat (logements et d'autres constructions civiles) :
- Secteur travaux publics (tunnels, ponts, port, aéroport .ect) :
- Secteur hydraulique (barrages, châteaux d'eau, stations d'épuration, stations de désallement,..ect) ;
- Secteur industriel.

Algerian Cement Company (SPA)
33, Rue des Pins. Hydra. Alger, Algérie
Tél.: +213 (0) 21 48 16 65
Fax : +213 (0) 21 48 16 71

Figure. A.1 La fiche technique cimen



Figure. Immersion des éprouvettes dans une solution NaOH.



Figure.malaxeure de mortier.