REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : …Matériaux….en Génie…Civil……

Etude de l'effet de traitement d'une argile de la région de Saida sur les résistances mécaniques des mortiers

---

Présenté par

……BOUMAALI ……KHALED……

…HAMMAM…AMEUR…...

Proposé et Dirigé par

…… Bouksani…Omar……

Promotion Juin 2022

REMERCIMENT

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, que m'a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

En seconde lieu je voudrais présenter mes remercîments à mon encadreur monsieur (**BOUKSANI OMAR**) et chef de département (**BOUKELKAL DJAMILA**)

Je voudrais également lui témoigner ma gratitude pour sa patience et son soutien qui m'a été précieux affin de mener mon travail à bon port.

Il est aussi agréable de présenter mes vifs remerciements

A mes collègues en formation finalement à tous qui m'a soutenu tout au long de ce projet.

- Boumaali khaled

- Hammam Ameur

RÉSUMÉ

L'utilisation de l'argile est largement utilisée dans la fabrication des matériaux en génie civil. L'addition de l'argile au ciment, peut modifier les propriétés physiques et mécaniques des bétons et des mortiers.

L'objectif principal de ce travail est d'ajouter de l'argile dans la formulation des mortiers. des mortiers sont confectionnés par un remplacement partiel du ciment par des pourcentages de 10, 20, 30 et 40 % d'argile. Ceci, en fixant l'ouvrabilité par l'augmentation du rapport Eau/Liant.

Les résultats ont montré que l'addition de l'argile dans le mortier diminue légèrement les résistances mécaniques.

Most clés :

Traitement d'une argile, l'argile de la région de Saida , mortier à base d'argile

ملخص

يستخدم الطين على نطاق واسع في تصنيع المواد في الهندسة المدنية. يمكن أن تؤدي إضافة الطين إلى الأسمنت إلى تعديل الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخرسانة والملاط.

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو إضافة الطين في صياغة الهاون. تصنع المونة باستبدال جزئي للأسمنت بنسب 10 و 20 و 30 و 40٪ طين. تم تنفيذ صياغة الملاط عن طريق تثبيت قابلية التشغيل عن طريق زيادة نسبة الماء / الموثق.

أظهرت النتائج أن إضافة الطين في الملاط يقلل بدرجة طفيفة من المقاومة الميكانيكية.

ABSTRACT

The use of clay is widely used in the manufacture of materials in civil engineering. The addition of clay to cement can modify the physical and mechanical properties of concretes and mortars.

The main objective of this work is to add clay in the formulation of mortars. mortars are made by partially replacing cement with percentages of 10, 20, 30 and 40% clay. the formulation of the mortars was carried out by fixing the workability by increasing the Water/Binder ratio.

The results showed that the addition of clay in the mortar slightly decreases the mechanical resistances.

Sommaire

Remerciement

Résumés

Dédicaces

Sommaire

Liste des figures

Liste des Tableaux

Notation et Abréviation

Introduction Générale

CHAPITRE I : synthèse bibliographiques

I.1. Introduction 01
I.2. Définition d'Argile 03
I.3. Les Formation des Minéraux Argileux 04
I.4. Structure des Minéraux Argileux 05
I.5. Les Grandes Familles des Minéraux Argileux 07
I.5.1. Classification 07
I.5.2. Les Types des minéraux Argileux 08
- Type (1/1) ou (T-O) 08
- Type (2/1) ou (T-O-T) 08
- Type (2/1/1) ou (T-O-T-O) 08
- Minéraux Inter-Stratifiées 08
- Minéraux Fibreuse ..... ……08

I.6. Les Groupes des Argiles 12
I.6.1. La Kaolinite 12
I.6.1.1. Les Propriétés Physico-Chimiques de Kaolin 14
I.6.1.2. Les Composition Chimiques des Kaolinite 14
I.6.1.3. Halloysite ..... .14
I.6.2. Les Smectites 15
I.6.2.1. Les Propriétés Physico-Chimiques des Smectites ..... .16
I.6.3. Les Illites 16
I.6.4. Les Chlorites 17
I.6.5. Les Argiles Montmorillon-tiques (Les Bentonites) 18
I.6.5.1. Origine de la Bentonite ..... .18
I.6.5.2. Les Différents Type de la Bentonite 19

A. Bentonite Calciques ..... ……19

B. Bentonite Sodiques 19

C. Bentonite Activées 19

I.6.5.3. L'Utilisation de la Bentonite 19
I.6.5.4. Structure et Composition de la Bentonite 20
I.6.5.5. La Montmorillonite 21
I.7. Les Propriétés Physico-Chimiques des Argiles 23
I.7.1. Propriétés Colloïdales 23
I.7.2. Gonflement 23
I.7.3. Degré d'Hydratation 24
I.7.4. Réactivité 24
I.7.5. Floculation 25
I.7.6. Plasticité 25
I.7.7. Capacité d'Échange Cationique (CEC) 25
I.7.8. Surface Spécifique des Argiles 26
I.8. Les Domaines d'Application de la Montmorillonite 26
I.9. Argile et Enivrement 27

CHAPITRE II: Matériaux et essais

II.1. Introduction 26
II.2. PROGRAMME EXPERIMENTAL 26
Chimique : 27
Physique : 28-29
II.3. MATERIAUX UTILISES 30
II.3.1. Le ciment 30
II.3.2. Le sable. 30
II.3.3. Eau de gachage 31
II.4. L'Argile 31
II.5. Formulation et composition des mortier 32
II.6. Préparation des mortier 33
II.7. Essais effectués sur le mortier……33
II.7.1. Essais effectués à l'état frais……..33

II.7.1.2. Ouvrabilité du mortier……34

II.7.2. Essais effectués à l'état durci……...34

II.7.2.1. Essais mécaniques……34

II.7.2.1.1.Résistance à la traction ……..35

II.7.2.1.2. Résistance à la compression ……35

II.7.2.1.3. Essais absorption capillaire……..35

II.8.La porosité accessible à l'eau……35

II.9. Essais de durabilité……..35

II.9.1. Essais de résistance à l'hydroxyde sodium……...35

II.9.1.1.Mesure le PH de solution Na OH……35

II.9.2.Perte de masse……..…….……35

II.9.3.Résistance au feu…….……..……35

CHAPITRE III : Résultats et Interprétations

III.1. Introduction 37
III.2. Propriétés de l'argile 38
III.2.1La composition chimique des matériaux 39
III.2.2. Les surfaces spécifiques de Blaine……40

III.3. Propriétés à l'état frais des mortiers de l'argile…….……...41

III.3.1. Besoin en Eau ……..42

III.3.2. Le temps de pris et la consistance……43

III.4. Propriétés à l'état durci des mortiers.....44

III.4.1. La densité……45

III.4.2. Résistance mécanique…….……46

III.4.3. Résistance au feu……48

III.7.4.Résistance à la compression……49

CONCLUSION GENERALE……

INTRODUCTION :

Un béton vert et respectueux à l'environnement peut s'obtenir par l'utilisation des ressources locales non-polluante dans la fabrication du ciment, dont la fabrication mondiale génère de 5 à 10 % des émissions globales de dioxyde de carbone. Pour assurer une fabrication du ciment d'une manière écologique, il faut étudier les différentes matières premières disponibles pour être incorporé dans la formulation des bétons.

Parmi les matières premières, notre travail cible l'argile de la région de Saida qui se situe dans l'ouest Algérien. En effet, cette argile sera utilisée comme remplacement partiel du ciment.

Cette argile peut modifier les caractéristiques mécaniques des bétons grâce à sa finesse et à sa forte teneur en silice et alumine. Cette étude a pour but d'utiliser l'argile de Saida comme substitution partielle au ciment pour obtenir un ciment compose et pour confectionner des mortiers à 10, 20, 30, 40 et 50% et. Un mortier témoin sans ajout a été élaboré pour effectuer la de comparaison. Les mortiers confectionnés ont été testés à l'état frais et durci.

Plan de Travail :

En plus de l'introduction générale et de la conclusion générale, Le travail de ce mémoire s'articule autour de trois (03) chapitres.

Le ***premier chapitre*** est consacré à la synthèse bibliographique sur la définition de l'argile, ses caractéristiques physiques, chimiques et minéralogiques. Aussi, ce chapitre évalue l'effet de l'argile, sur le comportement à l'état frais et durci des mortiers ainsi que sur leur comportement physique.

Le deuxième chapitre trace le programme expérimental. Il présente les différents matériaux utilisés et décrit la méthodologie des essais à effectuer pour déterminer les propriétés mécaniques, les caractéristiques physico-chimiques des mortiers.

Le ***troisième chapitre*** détaille les résultats expérimentaux en trois parties : la première présente les résultats de l'étude des propriétés mécaniques des mortiers formulés. La deuxième partie illustre le comportement physique de ces mortiers.

Finalement, ce mémoire se termine par une conclusion et des recommandations

CHAPITRE I

Etude bibliographique

I. 1 Généralités sur les Argiles :

L'abondance naturelle et la disponibilité des matériaux argileux en ont fait une des matières premières les plus utilisées dans le monde. L'emploi de l'argile se fait dans plusieurs domaines : poterie, pharmacie, briques, tuiles, protections thermique, …… etc.

L'argile est une matière rocheuse naturelle à base de silicates ou d'aluminosilicates hydratés de structure présentant une structure lamellaire (feuilletée) qui explique sa plasticité (phyllosilicate), ou bien une structure fibreuse qui explique ses qualités d'adsorption(sépiolite et palygorskite).

I.2. Définition d'Argile :

Le terme « Argile » dérive selon les grecs de « Agros » qui signifie matière blanche. Ou du latin "Argila", c'est la couleur du matériau utilisé en céramique qui a conduit les anciens à lui donner ce nom. En terme minéralogique, ce sont des particules dont le diamètre est inférieur à 2 µm, elle s'agglomère pour donner des agrégats polycristallins des roches siliceuses, par désagrégation physique et mécanique puis par altération chimique.

Le terme argile désigne aussi un domaine granulométrique comprenant une proportion élevée des particules minérales (plus50%), Ces deux critères communiquent au matériau ses propriétés principales : finesse, fragilité, plasticité, propriétés adsorbant, durcissement lorsqu'elle est soumise à une cuisson.

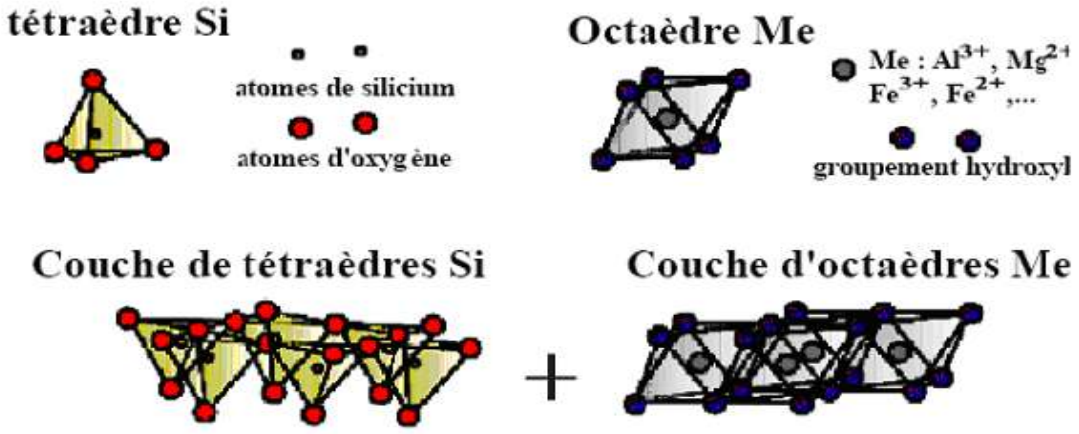


Figure I.1 : Structure Idéalisée d'Argile [2].

I.3. Formation des Minéraux Argileux :

Les roches argileuses se trouvent largement sur la surface terrestre. Ils se forment par un processus lent d'altération sous l'action du climat, suivi de phénomènes d'érosion, de transport et de sédimentation.

I.4. Structure des Minéraux Argileux :

Les argiles sont des aluminosilicates plus ou moins hydratés et la majorité des minéraux argileux appartiennent au groupe des phyllosilicates, elles sont constituées d'un empilement de feuillet tétraédriques et octaédriques entrecoupé par une espèce appelée espèce interfolié.

La structure de base des phyllosilicates comme de tous les silicates est l'ion SiO_4^{4-}, ou le silicium est tétra coordonné par rapport à l'oxygène. L'ion d'aluminium Al^{+3} peut être éventuellement tétra coordonné. Jouant ainsi le même rôle que Si^{4+} ; mais il est le plus souvent le centre d'un octaèdre et est alors hexa coordonné.

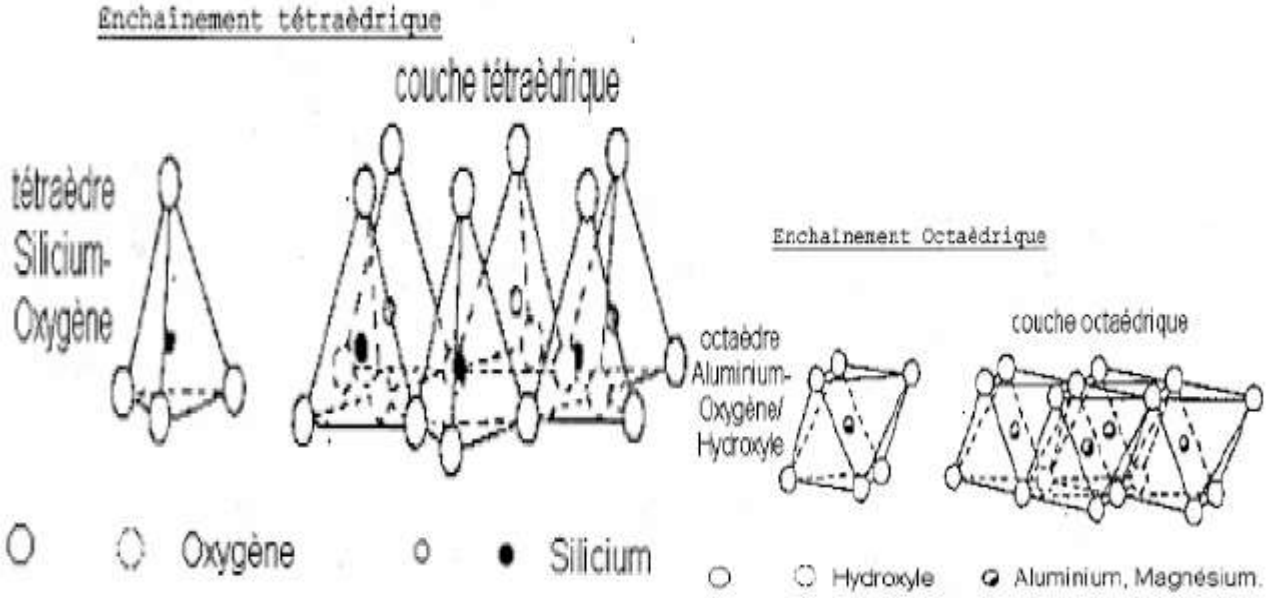


***Figure I.3** : Schéma des Deux Structures Élémentaires des Feuilles d'Argiles [5].*

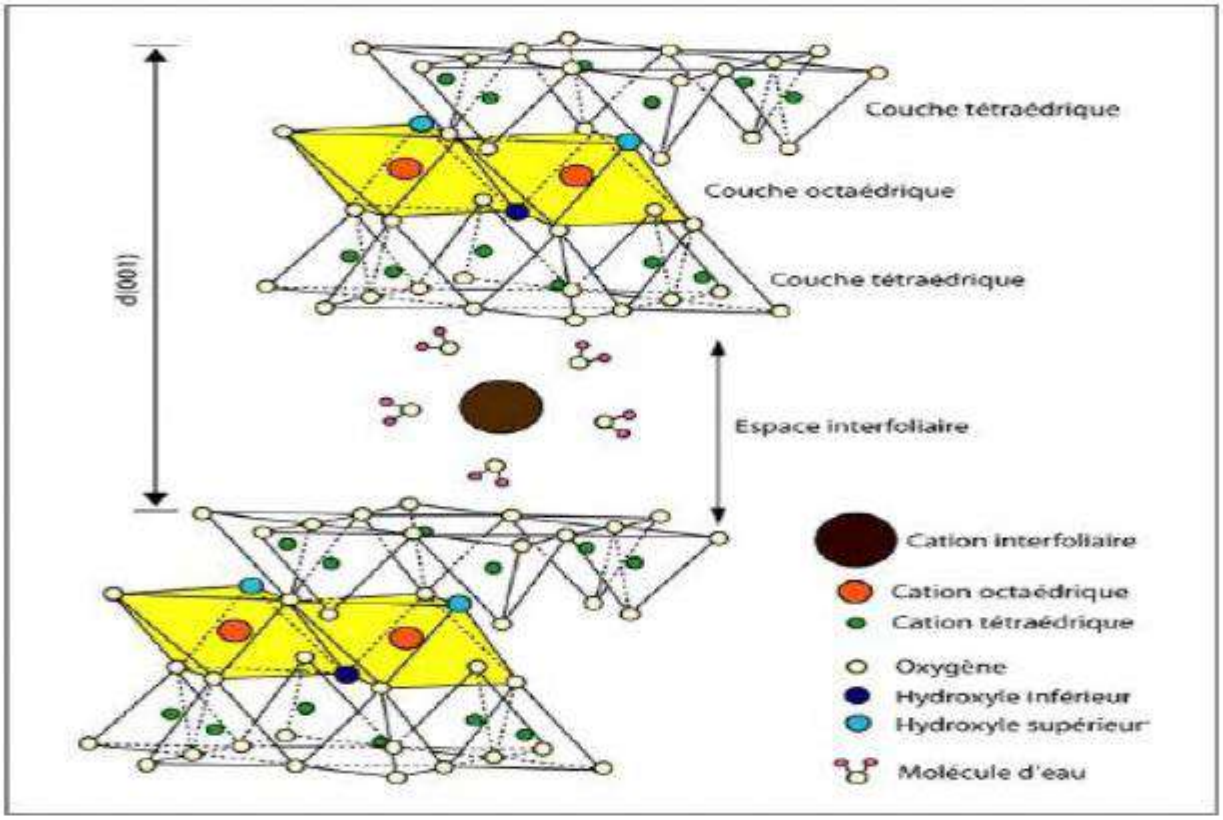


Figure I.4 : Représentation Schématique et Structure de l'Empilement des Feuilles et la Montmorillonite avec l'Emplacement de Chaque Élément [6].

I.5. Les Grandes Familles des Minéraux Argileux

I.5.1. Classifications

On différencie les argiles par leur type de combinaison d'empilement des feuillets tétraèdres et octaèdres, le cation de la couche octaédrique, la charge de l'argile et le type de matériel inter foliaire. Il est possible de distinguer les types de minéraux argileux phylliteux par :

- Le nombre de couches d'octaédriques et de tétraédriques dans le feuillet élémentaire (une ou deux).
- L'équidistance entre deux feuillets dans les conditions naturelles.
- La variabilité de l'équidistance entre deux feuillets sous l'action de traitements variés.

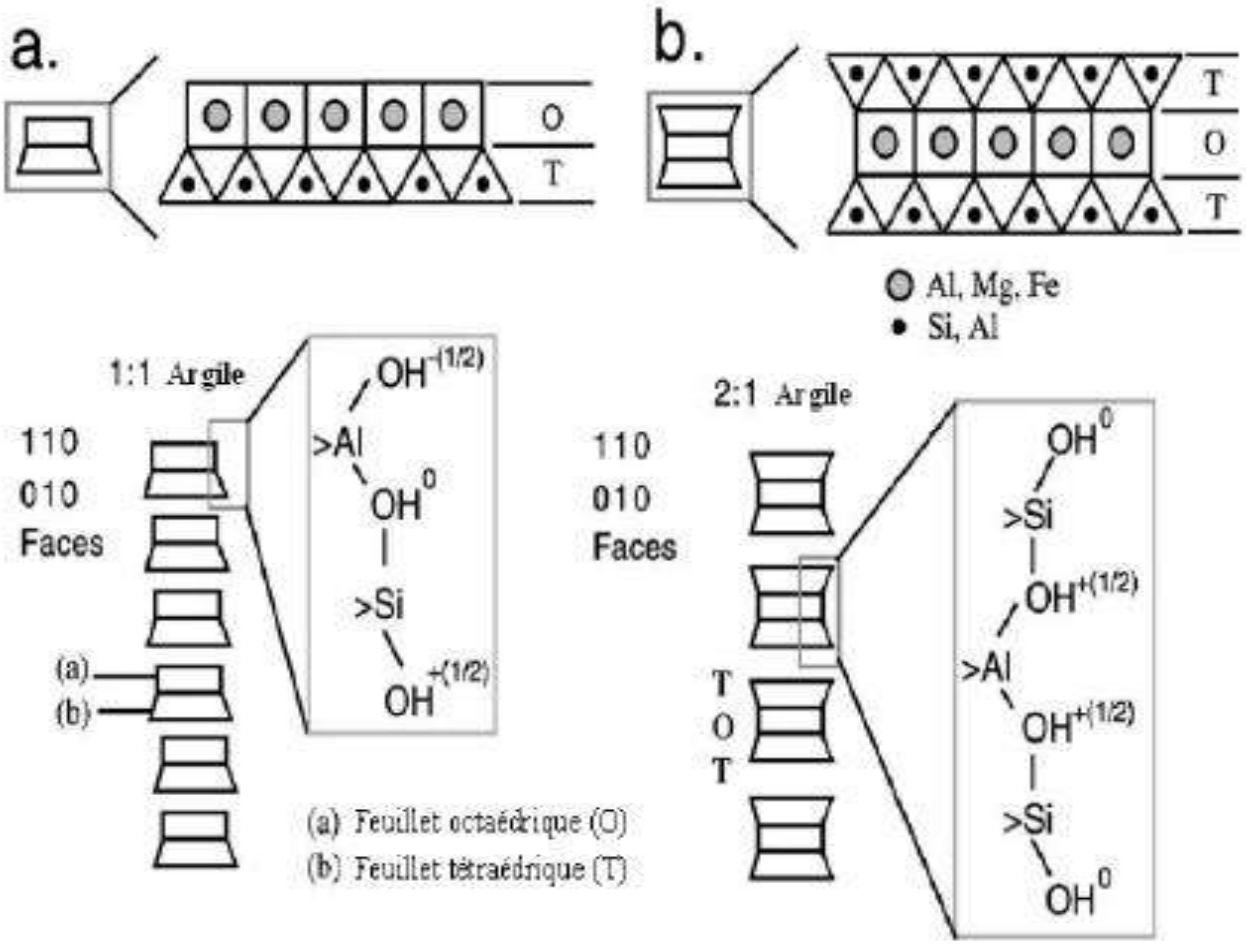


Figure I.5 : Emplacement des Sites Octaédriques et Tétraédriques Dans la Structure d'une Argile [8].

(a) Type : 1/1 (par exemple, Kaolinite) et (b)) type : 2/1. (Par exemple, Smectite).

→ Différence dans les densités et les types d'emplacements de surface sur le bord du minerai ({110} et {010} des plans).

I.5.2. Les Types des Minéraux Argiles :

Il existe différentes classifications des argiles. La plus classique est effectuée selon les distances inter foliaires et le nombre de couche octaédrique (O) et tétraédrique (T), on distingue cinq principaux types minéraux argileux [7] :

1. **Type (1/1) (ou T-O)** : ils possèdent une couche d'octaèdres et une couche de tétraèdres. Ils présentent typiquement à une taille de 7 Å (TO + inter foliaire). En fonction de la nature du feuillet octaédrique, on distingue les argiles TO à feuillet di octaédrique et les argiles TO à feuillet tri octaédrique. Famille du kaolin Exp : kaolinite.

2. **Type (2/1) (ou T-O-T) :** ils possèdent une couche d'octaèdres encadrée par deux couches tétraédriques. Ils présentent en fonction de l'espèce d'une taille allant de 10 à 15

Å selon le continu de (TOT + l'inter foliaire). A ce type correspondent les groupes du talc, des smectites, des vermiculites et celui des micas Exp : Montmorillonite.

3. **Type (2/1/1) (ou T-O-T-O) :** ils possèdent une couche d'octaèdres encadrée par deux couches tétraédriques, et un inter foliaire constitué par une couche d'octaèdres. Les minéraux de ce groupe sont caractérisés par une distance inter réticulaire de 14 Å. à ce type correspond le groupe du chlorite, brucite ou gibbsite.

4. **Minéraux Interstratifiées :** Ce type de minéraux est formé par un mélange d'argiles phylliteuses, l'empilement des feuillets élémentaires est de nature différente. En proportion variable et dans un ordre répondant à une certaine loi de répétition. C'est l'association de deux ou plusieurs feuillets, qui s'alitement de différentes manières (Irrégulière : Exp : la sudoite (chlorite - montmorillonite) ou Régulière : Exp : bravai site (illite – montmorillonite).)

5. **Minéraux Fibreuses :** Ce type de minéraux appartiennent à deux familles : les sépiolites et les palygorskites. Ces minéraux sont formés par une série de rubans et sont caractérisés par un réseau monodimensionnel.

La plupart des groupes de minéraux argileux se divisent en deux sous-groupes principaux : les minéraux di-octaédriques et minéraux tris-octaédriques. La distinction entre les deux sous-groupes se fait à partir de la composition des couches d'octaèdres : si les six valences négatives du site octaédrique sont compensées par trois cations divalents tels que Fe^{2+} ou Mg^{2+}, la couche est dite tri octaédrique. Si la compensation est assurée par deux cations trivalents comme Fe^{3+} ou Al^{3+}, on a une structure di octaédrique **[8].** Le tableau (I.1) donne la classification des phyllosilicates.

Tableau1.1 classification des argiles

Type	Groupe	Sous-groupes	Espèces	Formules
1/1	Kaolinite	Kaolinites	Dickite Nacrite Kaolinite Méta halloysite Halloysite	$Al_2SiO(OH)$ $Al_2SiO(OH)$ $Al_2SiO(OH)$ $Al_2SiO(OH)$ $Al_2SiO(OH)4HO$
		Serpentine	Antigorite	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
2/1	Talc	Pyrophyllite	Pyrophyllites	$Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$
		Talc	Talc	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
	Smectite	Smectites di-octaédriques	Montmorillonite	$(Al_{1,67}Mg_{0,33})Si_4O_{10}(OH)_2$
		Smectites tri-octaédriques	Saponite	$Mg_3(Si_3Al_{0,33})_4O_{10}(OH)_2$
	Vermiculites	Vermiculite di-octaédriques	Vermiculite di-octaédriques	$(Al, Fe…)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$
		Vermiculite tri-octaédriques	Vermiculite	$(Mg, Fe…)(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$
	Micas	Micas di-octaédriques	Muscovite	$KAI_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$
		Micas tri-octaédriques	Phlogopite	$KMg_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$
2/1/1	Chlorite	Chlorite tri-octaédriques	Espèces différentes	$(Mg, Fe…)_6(Si, Al)_4O_{10}(OH)_8$

I.6. Les Groupes des Argiles :

I.6.1. La kaolinite :

Les kaolins sont des matières premières argileuses naturelles qui sont généralement des mélanges hétérogènes des minéraux accompagnants la kaolinite, minéral majoritaire. C'est un minéral composé de silicates d'aluminium hydratés. $Al_2Si_2O_5(OH)_4$.

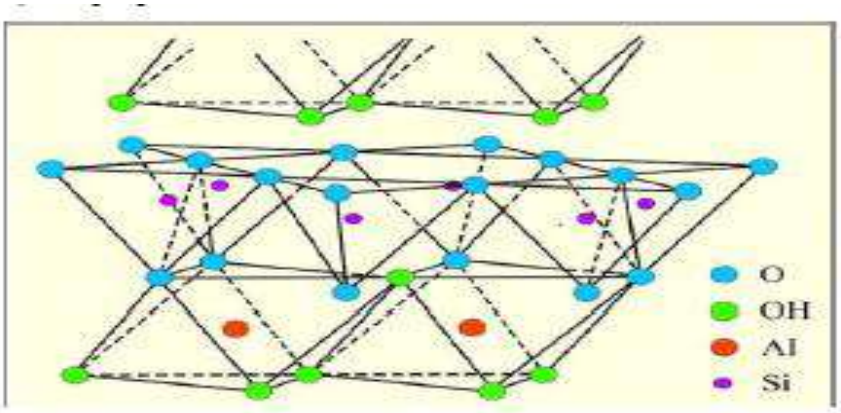


Figure I.7 : Représentation Schématique de la Structure de Kaolinite [12].

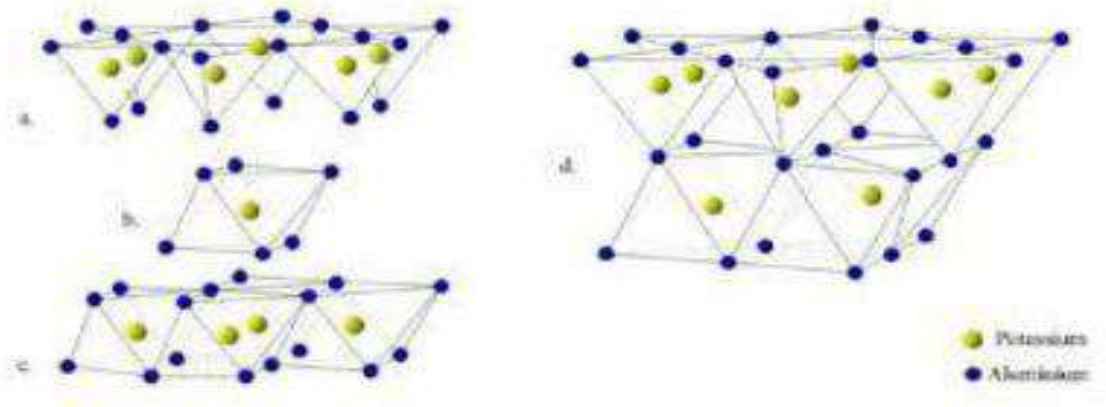


Figure I.8 : Modèle Structural de Kaolinite [13].

a- Feuillet Tétraédrique,

b- Octaèdre-Les Atomes Coordonnés peuvent être Al, Fe ou Mg.

I.6.1.1 Les Propriétés Physico-Chimiques de Kaolin :

Le kaolin se caractérise par plusieurs propriétés physico-chimiques.

- Un minéral non gonflant.
  - Les cristaux élémentaires se présentent sous forme de plaquettes hexagonales.
  - pH neutre ou basique.
  - Bon pouvoir couvrant (utilisation comme pigment).
  - Doux et non abrasif.
  - Plastique, faiblement réfractaire et faiblement conducteur de chaleur et l'électricité.

Le tableau suivant ce représente quelques propriétés physico-chimiques de kaolinite :

Tableau I.3 : Propriétés Physico-Chimique de Kaolinite [14].

Densité	Dureté	Masse molaire (g/mol)	Surface spécifique (m2/g)
2,4 – 2,65	2 – 2,5	258	10 - 22

Par déshydratation vers 75°C ou 80°C, parfois, même à la longue à l'air libre, le minéral pend une de son eau et l'on obtient le méta halloysite.

L'halloysite est un constituant important d'un grand nombre de roches argileuses. Elle se présente sous forme de masse compacte blanche ou légèrement jaune pâle, ayant un lustre graisseux, difficile à délayer dans l'eau.

Ses caractéristiques physiques principales sont les suivantes **[7] :**

- Indice de réfraction : 1,53 à 1,55.
- Dureté : 2.
- Poids moléculaire : 294,14.
- Densité : 2,6.

Tableau I.5 : Propriétés Cristallines d'Halloysite Hydraté et Méta Halloysite [7].

Type d'Argile	**Halloysite Hydrate (10Å)**	**Méta Halloysite (7Å)**
a(Å)	5,14 ± 0,04	5,14 ± 0,04
b(Å)	8,90 ± 0,04	5,90 ± 0,04
c(Å)	20,7 ± 0,1	14,9 ± 0,1
d(Å)	99,7	101.9

I.6.2.1. Les Propriétés Physico-chimiques de Smectites

Les minéraux argileux (2/1) ou (T-O-T) de type smectite se caractérisent par plusieurs propriétés dont les principales sont **[16] :**

- Capacité d'adsorption d'eau.
- Charge de surfaces.
- Échanges ioniques.
- Gonflement dans des milieux organiques.
- Micro structuration.
- Possibilité de greffage des molécules organsines.
- Surface spécifique.

I.6.3. Les Illites

L'Illites est le nom d'un groupe de minéraux argileux non gonflants. Les particules des illites sont plates de forme moins régulière que celle des particules de kaolinite. Et la différence fondamentale avec les smectites réside dans le fait que les ions compensateurs (potassium) ne sont que très faiblement échangeables. l'illite à une capacité d'échange cationique faible (de 20 à 40 meq /100g**) [17].**

Les illites sont composées de trois couches de phyllosilicates, une couche d'aluminium entourée de deux couches de silicate. les feuillets de l'illite de type T-O-T, possèdent une charge globale négative plus élevée que celle des smectites, qui est compensée par des ions de potassium K^+ anhydres situés entre les feuillets, le potassium situé entre feuillets compense les charges internes et bloque toute hydratation et expansion foliaire les ions K^+ assurent des liaisons assez fortes entre les feuillets.

I.6.4. Les Chlorites :

Le Chlorite est un minéral aluminosilicate de fer ou de magnésium, généralement de couleur verdâtre, et voisin du mica par sa structure et ses propriétés physico-chimiques. Les chlorites sont produits par la décomposition du mica noir. L'espace inter foliaire des chlorites est occupé par un feuillet d'hydroxydes chargé positivement**[18].**

I.6.5. Les Argiles Montmorillonites (Les Bentonites) :

I.6.5.1. Origine de la Bentonite :

Les roches argileuses de type bentonite résultent de l'altération et la transformation hydrothermale de cendres des tufs volcaniques riches en verre. La bentonite est une argile de type montmorillonite. Ainsi, il existe des bentonites qui sont riches en sodium. D'autre en calcium. Potassium ou magnésium. A l'état naturel, elle présente des particules très fines. Sa teinte dépend des composés minéraux et impuretés qui lui sont associées. Elle est souvent blanche, grise ou légèrement jaune.

L'une des propriétés physiques les plus remarquables de la bentonite est le gonflement à l'eau.
Les bentonites comme l'argile ont la propriété d'adsorber certains cations et anions à leurs surfaces et de la maintenir à un état échangeable, la réaction d'échange étant stoechiométrique.

I.6.5.2. Les Différents Types de Bentonite :

A. Bentonites Calciques :

Ce sont des argiles qui constituent la plus grande part de gisements exploités dans le monde. Elles contiennent essentiellement des ions (Ca^{2+}) en position inter-foliaire. Ces argiles présente un taux de gonflement de 3 à 7 fois le volume initial **[22].**

B. Bentonites Sodiques :

Cette argile est rare. Leur ion inter foliaire ou échangeable est Na+. Elles ont un pouvoir de gonflement très élevé (12 à 18 fois) **[23].**

C. Bentonites Activées :

Selon le domaine d'utilisation, la bentonite brute est soumise à une préparation adaptée dite activation. Cette activation peut être alcaline ou acide. L'activation alcaline est effectuée pour les bentonites calciques (les plus fréquentes) qui sont transformées par traitement avec de la soude en bentonites de sodium, qui se caractérisent notamment par une capacité de gonflement plus élevée. L'activation des acides (acide chlorhydrique augmente la porosité par dissolution périphérique des smectites. Il en résulte un produit de haute capacité d'adsorption **[25].**

I.6.5.3. L'Utilisation de la Bentonite :

La bentonite a plusieurs domaines d'applications (forage, fonderie, céramique, peinture, pharmacie, terres décolorantes…ets.). La bentonite est également utilisée dans les techniques de géothermie (pompes à chaleurs) pour empêcher les tuyaux de geler. Elle sert de produit d'étanchéité dans les étangs artificiels. Elle peut être employée comme déshydratant et comme additif alimentaire (anti-agglomérant dans les colorants, au maximum 5%).

La majeure partie de la bentonite exploitée dans le monde est utilisée dans la fonderie, comme liant du sable du moulage, et dans les forage pour épaissir les fluides de forage.

I.6.5.4. Structure et Composition de la Bentonite :

La bentonite est une roche argileuse, friable, tendre et onctueuse au toucher, sa teinte dépend des composés minéraux et impuretés (matière organique et oxydes des métaux) qui lui sont étroitement associés. Elle est blanche, grise ou légèrement jaune. Elle se caractérise par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement, elle est constituée,

principalement par un minéral argileux appelé montmorillonite dont la structure est schématisée par la figure (I.11) suivent **[27] :**

Les propriétés spéciales de la bentonite (hydratation, gonflement, absorption d'eau, viscosité, thixotropie) font d'elle un matériel valable pour d'éventail utilisations et applications.

- La bentonite dans des applications de génie civil, est employée traditionnellement comme agent thixotropique, de soutien et lubrifiant dans des murs.
- Les propriétés de l'adsorption/absorption de la bentonite sont très utiles pour la purification d'eau usagée. Les directives environnementales comme recommandent les bas sols de perméabilité, qui naturellement devraient contenir la bentonite, en tant qu'un matériel de cachetage dans la construction et de réadaptation des remblais pour assurer la protection des eaux souterraines contre les polluants.
- Une autre utilisation conventionnelle de bentonite, comme constituant de boue pour le forage de puits d'eau de pétrole.
- En médecine, la bentonite est employée comme antidote dans l'empoisonnement de métal lourd.
- Les catalyseurs chimiques modifies d'argile trouvent des applications dans une gamme diverse des fonctions où la catalyse acide est un mécanisme principal. De plus et en particulier, ils sont utilisés dans les processus d'alkylation pour produire des additifs de carburant **[26].**

I.6.5.5. La Montmorillonite :

La montmorillonite est une argile blanche, à base de silicate d'aluminium et de magnésium hydraté et de densité de l'ordre de 2. Elle est partiellement soluble dans l'acide chlorhydrique mais totalement détruite par l'acide sulfurique. La montmorillonite est une phyllosilicate de formule de base : $4SiO_2$ Al_2O_3 $2H_2O$, plus riche en silice que la kaolinite. La montmorillonite fait partie des smectites, correspondant à un feuillet à 3 couches : T-O-T (2/1) d'épaisseur 10Å avec des substitutions au sein de la couche octaédrique ou Al3+ est remplacé par Mg^{2+}**[28].**

I.7. Les Propriétés Physico-Chimiques des Argiles :

La bentonite présente les propriétés colloïdales fortes et son volume augmente plusieurs fois en entrant en contact de l'eau, créant un fluide gélatineux et visqueux. Les propriétés des argiles sont :

I.7.1. Propriétés Colloïdales

Cette propriété est d'une grande importance pour les procédés de purification des argiles. Elle est liée à la présence de la charge négative à la surface de chaque grain d'argile. Le caractère colloïdal se traduit par le recouvrement de chaque grain d'argile par une double couche d'ions hydrosoluble de charge opposée **[30].**

I.7.2. Le Gonflement

La bentonite présente un taux de gonflement très élevé. Ce phénomène est dû aux faibles énergies. Le gonflement consiste en une séparation des feuillets jusqu'à une distance inter-foliaire d'équilibre sous une pression donnée. La propriété de gonflement est due au caractère hydrophile de toute sa surface en raison de présence de cations hydratables dans les galeries inter foliaires, des molécules d'eau peuvent pénétrer entre les feuillets. Il existe deux types de gonflements :

a. Gonflement Cristallin de la Montmorillonite : C'est le cas de bentonite calcique. Il permet d'augmenter la distance inter-foliaire de 9,6 à 20Å.

b. Gonflement Osmotique : C'est le cas de le bentonite sodique. Il est dû à la différence de la concentration entre la solution interne (Na^+ dans l'espace inter-feuillet) et extrême, avec une concentration inférieure en Na^+ **[31].**

I.7.3. Degré d'Hydratation

Le degré d'hydratation varie d'une famille argileuse à une autre. Certains minéraux argileux ont la capacité d'incorporer dans leur structure des molécules d'eau. Cette eau modifie la dimension de la couche et l'espace inter-foliaire en provoquant son gonflement.

I.7.4. Réactivité

La petite taille de certaine minéraux argileux et les particules de leur structure explique leurs fortes réactivités liées à une surface spécifique élevée et à une capacité variable à échanger de nombreux cation et anions, présente dans le réseau cristallin ou absorbés à la surface. Les nombreuses interactions eau-argile varient avec les paramètres du milieu environnement : composition chimique, concentration, Ph, température… **[33].**

I.7.6. Plasticité

En présence d'eau, l'argile forme une pâte plastique lui permettre d'être adhérente aux doigts et conservant une aptitude au façonnage et au modelage. Ce processus est réversible en déshydratant l'argile **[34].**

I.7.7. Capacité d'Échange Cationique

La capacité d'échange cationique des matériaux à grains fins, et en particulier des minéraux argileux, est une propriété fondamentale de ces matériaux. Les ions les plus mobiles selon un ordre décroissant sont : Li > Na > K > H+> Mg > Ca > Ba > matériaux lourds.

I.7.8. Surface Spécifique des Argiles

La surface spécifique est une des caractéristiques les plus importantes des sols et des sédiments. Elle a été liée au type et à la quantité d'argile, à la teneur en eau, à la minéralogie des argiles et à la capacité d'échange cationique. Les méthodes de mesure de la surface spécifique peuvent être groupées dans deux catégories principales **[38**], à savoir : **L'Adsorption de Gaz (**azote (N2) à basse température) ou **Adsorption de Liquide : (**éthylène glycol (EG), l'éthylène glycol mono éthylique éther (EGME), le bleu de méthylène, et plusieurs autres **[39]).**

I.8. Les Domaines d'Application de la Montmorillonite

La montmorillonite a un champ d'applications très variés : (Forage, fonderie, céramique, peinture, pharmacie, terres décolorants, construction, l'industrie chimique et l'ingénierie environnemental). Dans le domaine de la dépollution, la montmorillonite connaît un vaste champ d'application visant soit la dégradation des composés organiques polluants soit leur transformation en des produits moins nocifs **[40].**

I.9. Argiles et Environnement

Dans le domaine environnement, les argiles ont un rôle important dans divers problèmes environnementaux et leur utilisation augmente significativement :

- Rôle des argiles dans les sols contaminés dans le transport des isotopes radioactifs et leur réactivité.
- Rôle vis-à-vis des pesticides et des éléments métalliques dans les sols.
- Rôle de barrière d'étanchéité dans les décharges.

- Rôle dans la santé.

Néanmoins, le retrait-gonflement des argiles risque un mouvement de terrain important et induit de graves conséquences économiques **[41].**

Etude bibliographique

I.2 Propriétés de ciment -Argile à l'état Frais

I.2.1 Maniabilité et Oubrabilité

Selon des études expérimentales (DALIUS, ESRAA, HARISH, SHAZIM et JAWAD), ils ont trouvé qu'il existe une relation entre le dosage de l'argile dans le béton frais et son ouvrabilité. L'augmentation du dosage en argile entraîne une perte de l'ouvrabilité.. Ils ont attribué cette perte à la nature absorbante de l'eau par l'argile.

Dalius [14] pour un dosage croissant jusqu'à 20% d'argile réduit significativement l'étalement du mortier l'état frais.

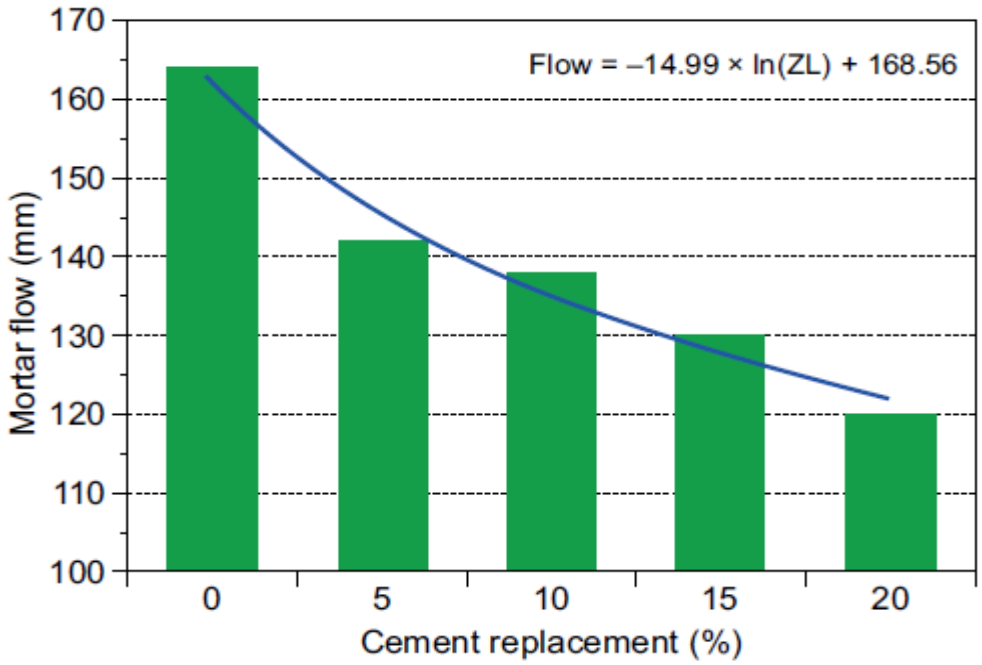


Figure : 1.9 étalement des mortiers [14]

ESRAA [15] pour un dosage croissant jusqu'à 40% d'argile réduit significativement l'affaissement du béton frais.

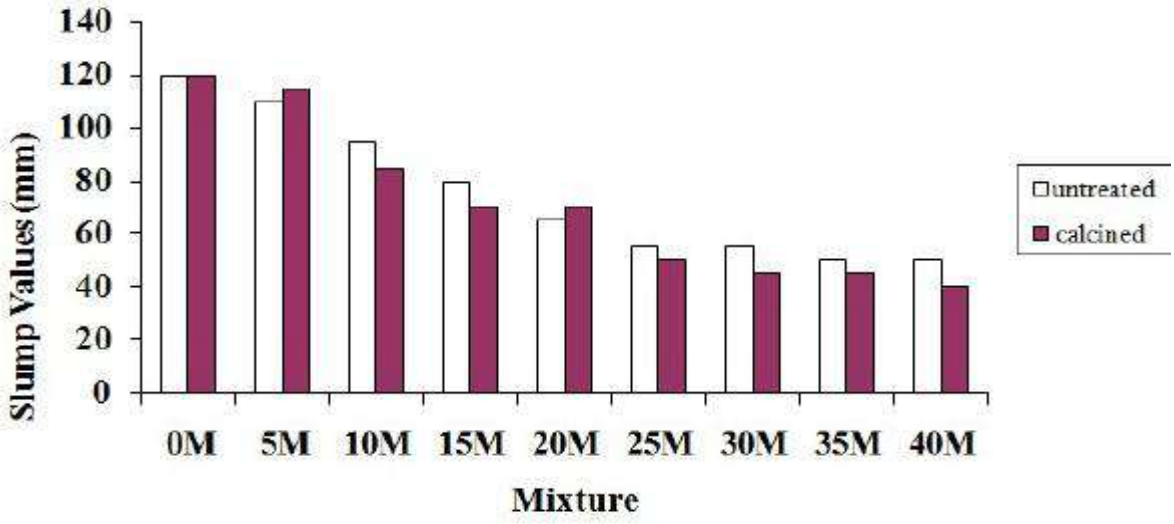


Figure : 1.10 affaissement de béton pour divers dosage en argile [15]

Pour de faible dosage en argile jusqu'à 2.5%, HARISH [17] a constaté une réduction significative de l'affaissement du béton frais.

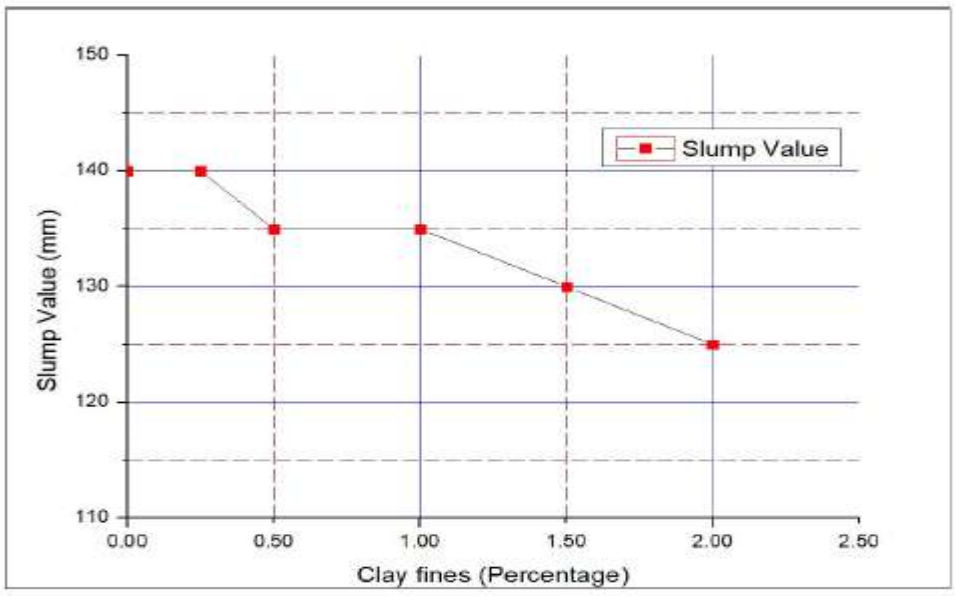


Figure : 1.11 affaissement de béton pour un faible dosage en argile [17]

RACKEL [18] pour un dosage croissant jusqu'à 40% d'argile réduit significativement l'affaissement du béton frais.

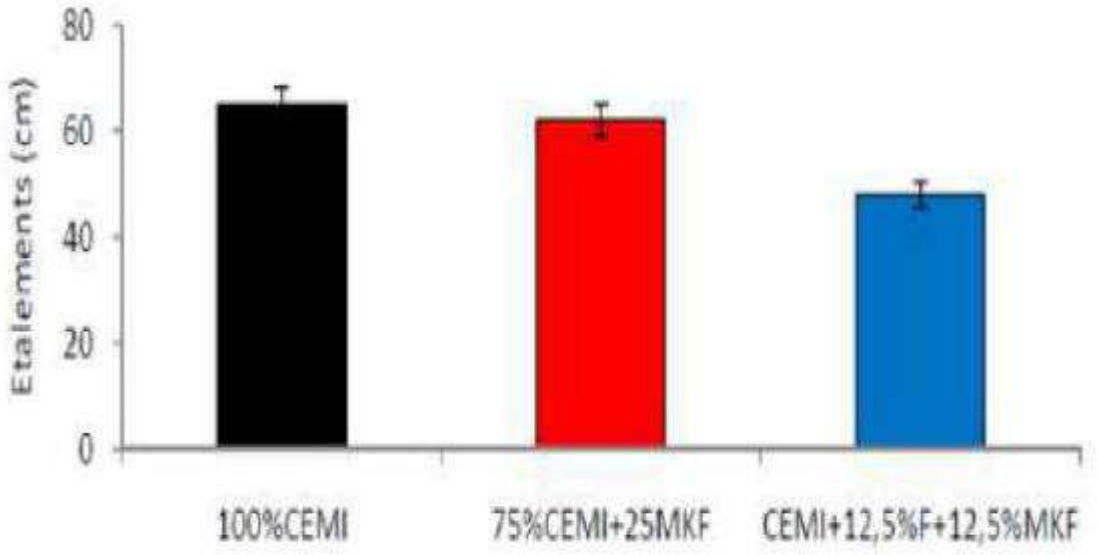


Figure :1.12 Effet d'une argile metakaolin sur l'étalement des bétons [18]

SHAZIM [19] pour un dosage croissant de 3 jusqu'à 21% d'argile réduit significativement l'affaissement du béton frais.

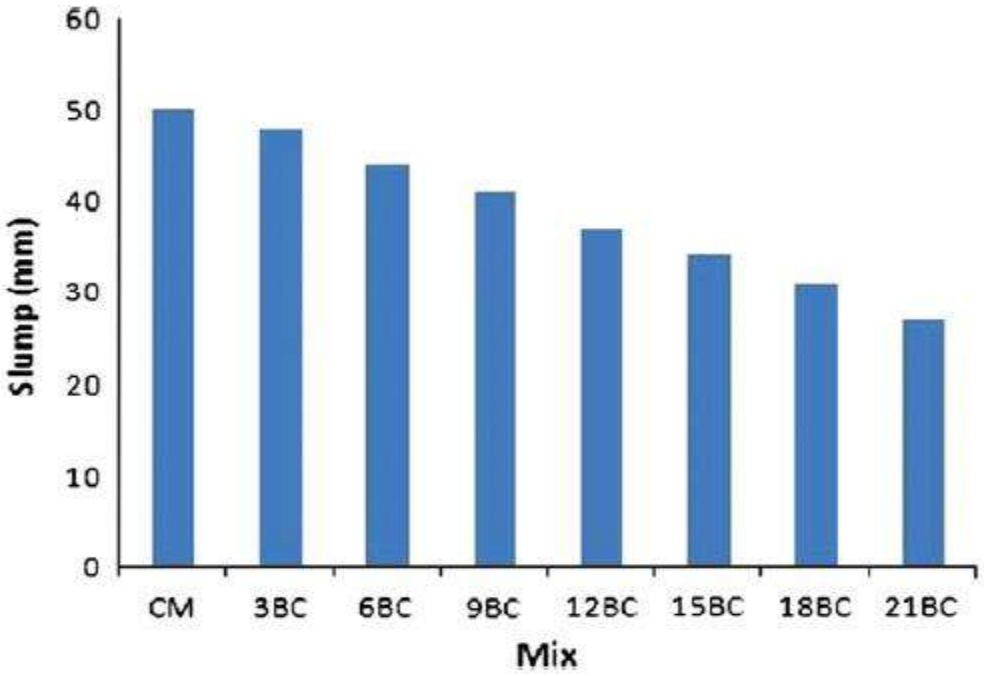


Figure : 1.13 affaissement de béton pour divers dosage en argile [20]

I.2.2 Temps de prise

Dalius [14] ont étudié l'effet de la prise de mortier contenant 15% d''argile. Ils ont trouvé un retard de prise de l'ordre de de 240 vers 210 min pour le début de prise et de 345 vers 300minute pour la fin de prise. Il a expliqué ce retard de prise à la réduction de la quantité du ciment.

Table 5. Setting time of cement pastes.

Parameter	CEM	CEM + ZL (15)
Initial setting time (min)	240	210
Final setting time (min)	345	300

I.3 Propriétés de ciment - Argile à l'état durci

I.3.1 résistance à la compression

Des travaux expérimentaux DALIUS, ESRAA, HARISH, MIRZA, JAWAD, GUNEYSI et sur l'effet de l'argile sur la résistance à la compression

Dalius [14] pour un dosage croissant jusqu'à 20% d'argile la résistance à la compression augmente .

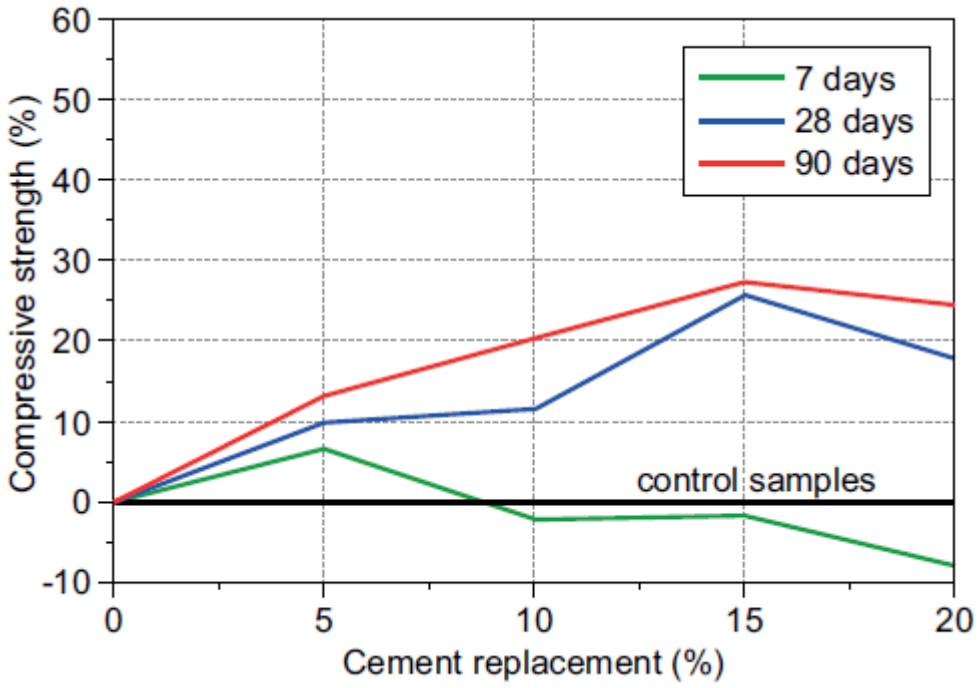


Figure :1.14 effet du dosage en argile sur la résistance à la compression [15]

ESRAA [15] pour un dosage croissant jusqu'à 40% d'argile brute, que la résistance en compression augmente pour un dosage qui arrive jusqu'20% d'argile avec un maximale à 10%.

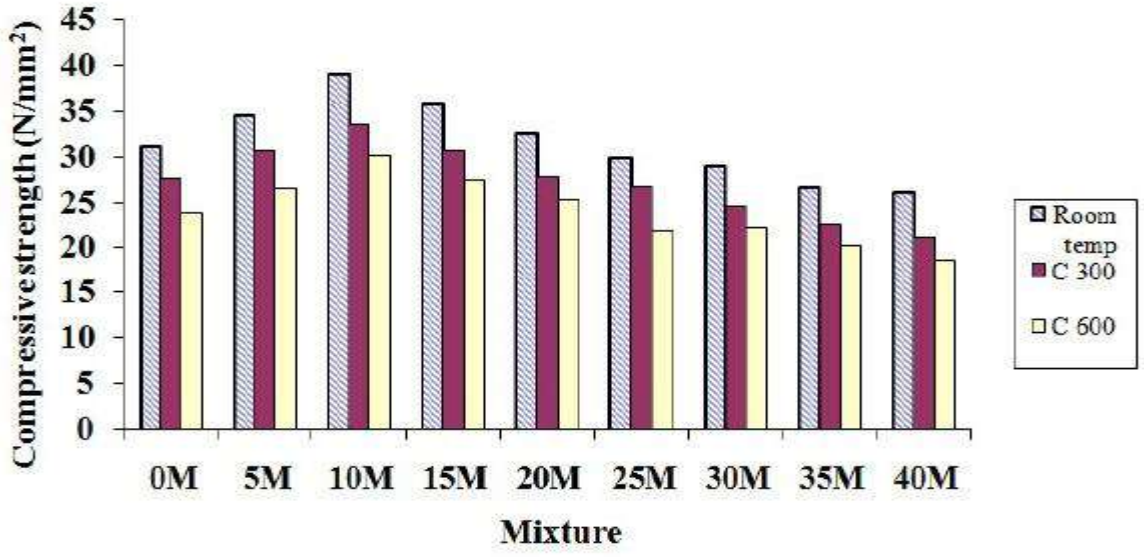


Figure :1.15 effet du dosage en argile sur la résistance à la compression [15]

Néanmoins pour une argile calcinée, ESRAA [15] a trouvé que la résistance en compression diminue lorsque le dosage en argile augmente.

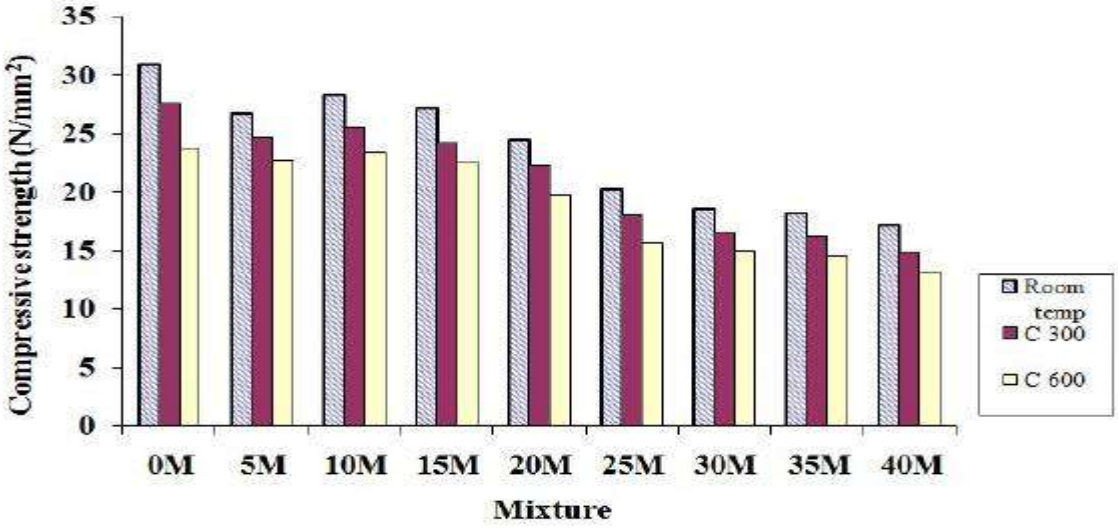


Figure:1.16 effet du dosage en argile calcinée sur la résistance à la compression [15]

Pour de faible dosage en argile jusqu'à 2.5%, HARISH [17] a constaté que la résistance en compression diminue lorsque le dosage en argile augmente.

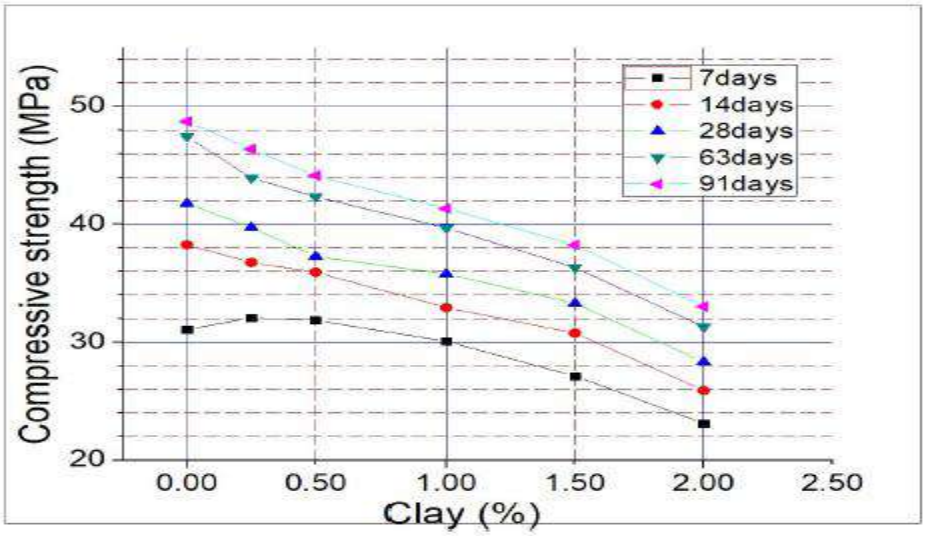


Figure :1.17 effet du dosage en argile sur la résistance à la compression [17]

MIRZA [23] a constaté que la résistance en compression diminue lorsque le dosage en argile augmente de 0 à 50% d'argile.

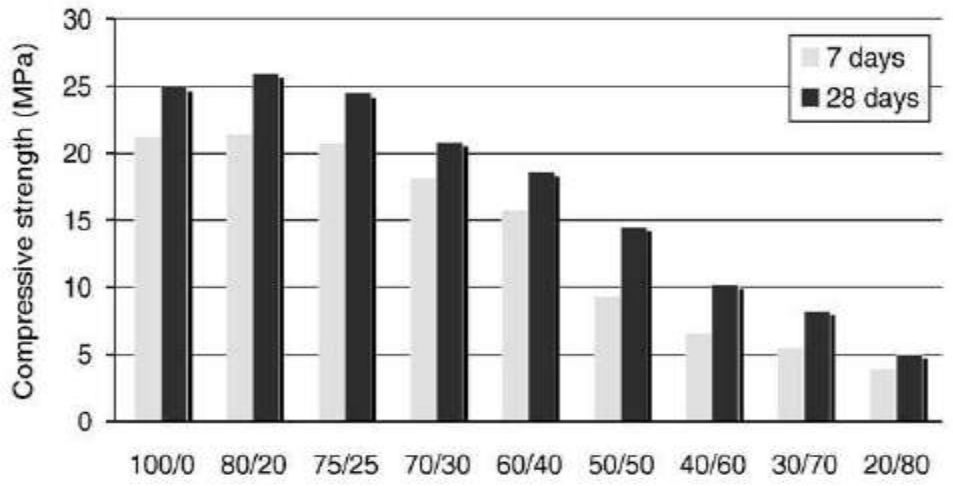


Figure :1.18 effet du dosage en argile sur la résistance à la compression [23]

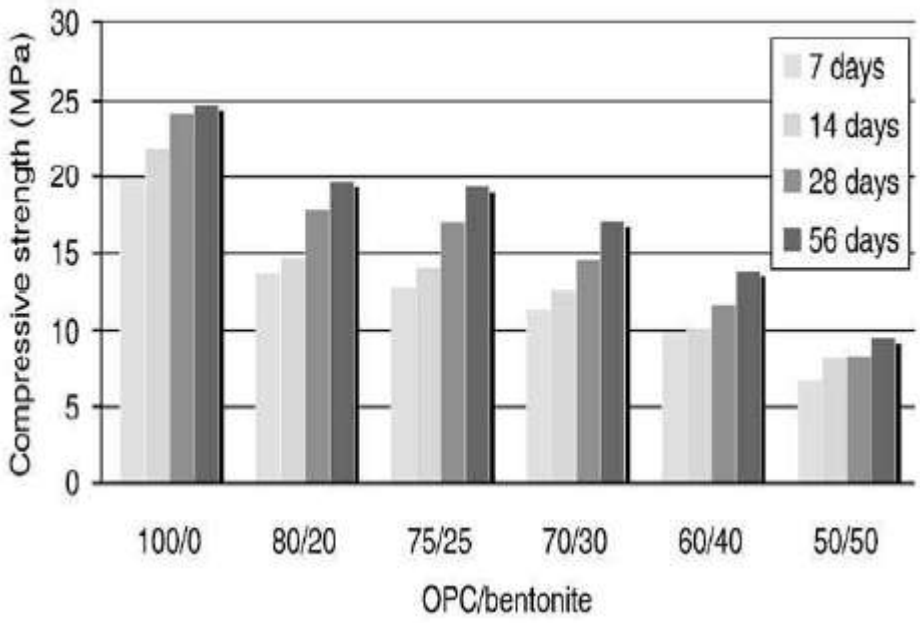


Figure :1.19 effet du dosage en argile sur la résistance à la compression [15]

SHAZIM [19] pour un dosage croissant de 3 jusqu'à 21% d'argile à augmenté la résistance à la compression.

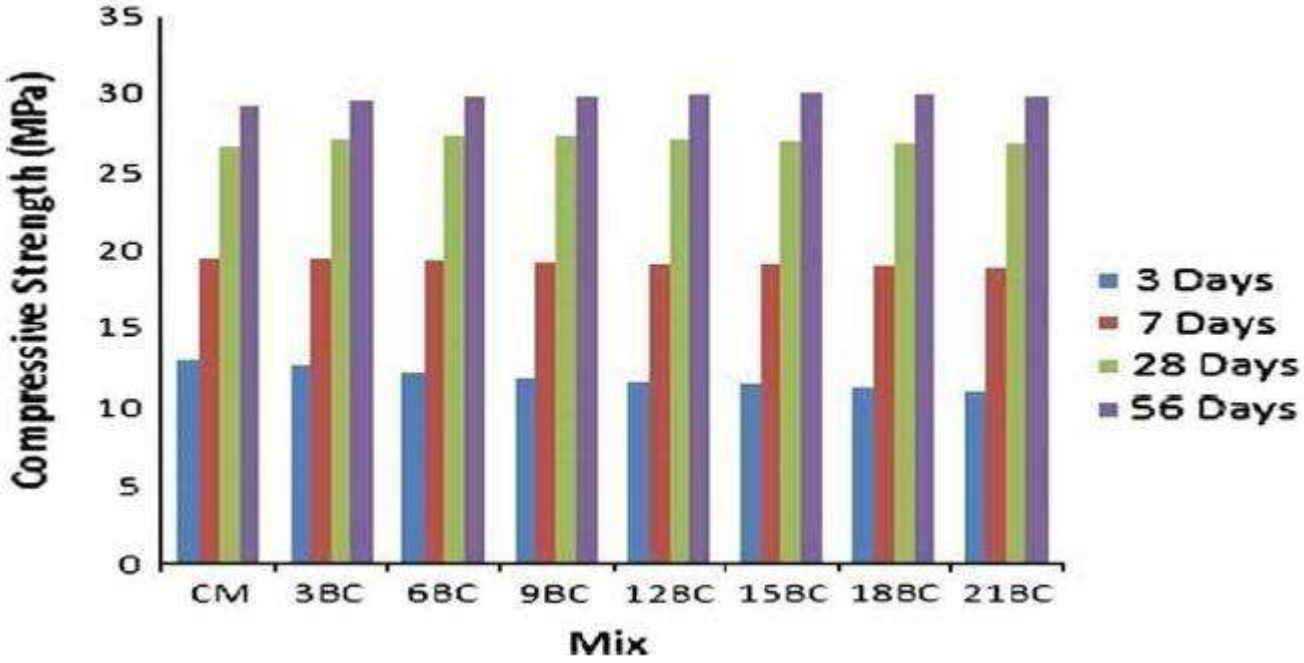


Figure :1.20 effet du dosage en argile sur la résistance à la compression [15]

JAWAD [23] a constaté qu'un dosage croissant en argile de 0 à 20% d'argile. diminue légèrement la résistance en compression.

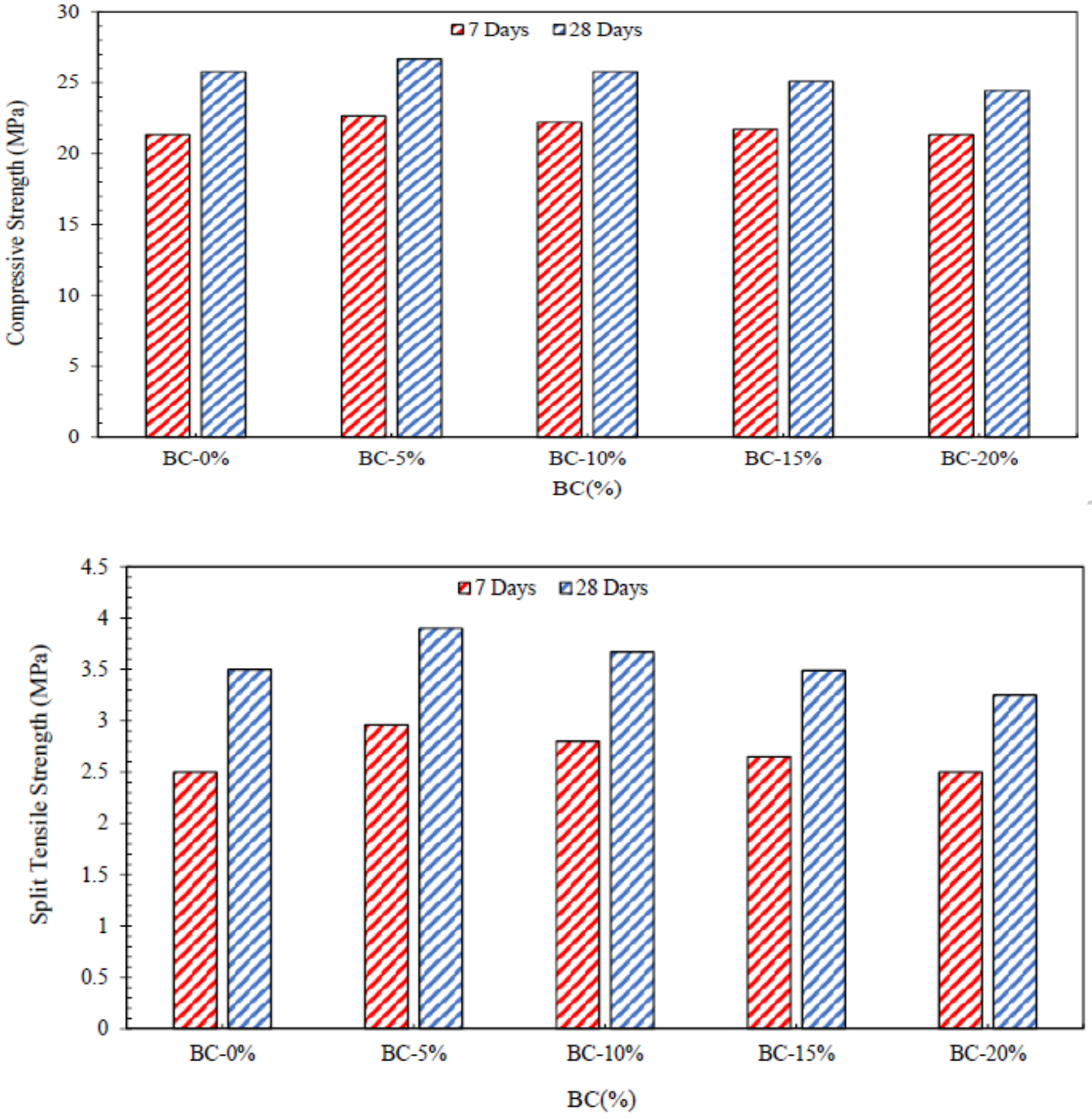


Figure :1.21 effet du dosage en argile sur la résistance à la compression [15]

Pour différentes cures, GUNEYSI [25] a constaté qu'un dosage en argile de 0 à 20% d'argile entraine une augmentation de la résistance en compression.

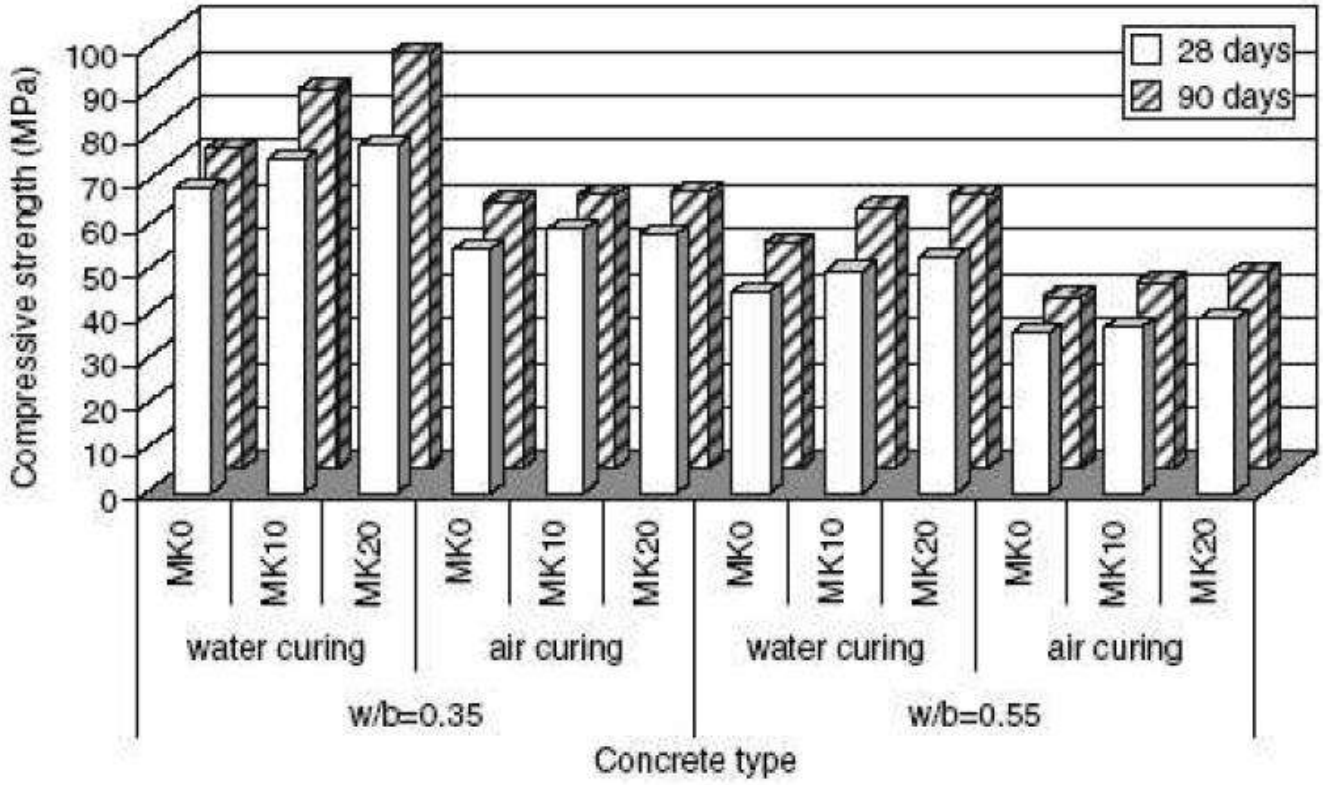


Figure :1.22 effet du dosage en argile sur la résistance compression [15]

I.3.2 résistance à la flexion

JAWAD [14] a constaté qu'un dosage en argile de 0 à 20% d'argile entraine une augmentation de la résistance en flexion.

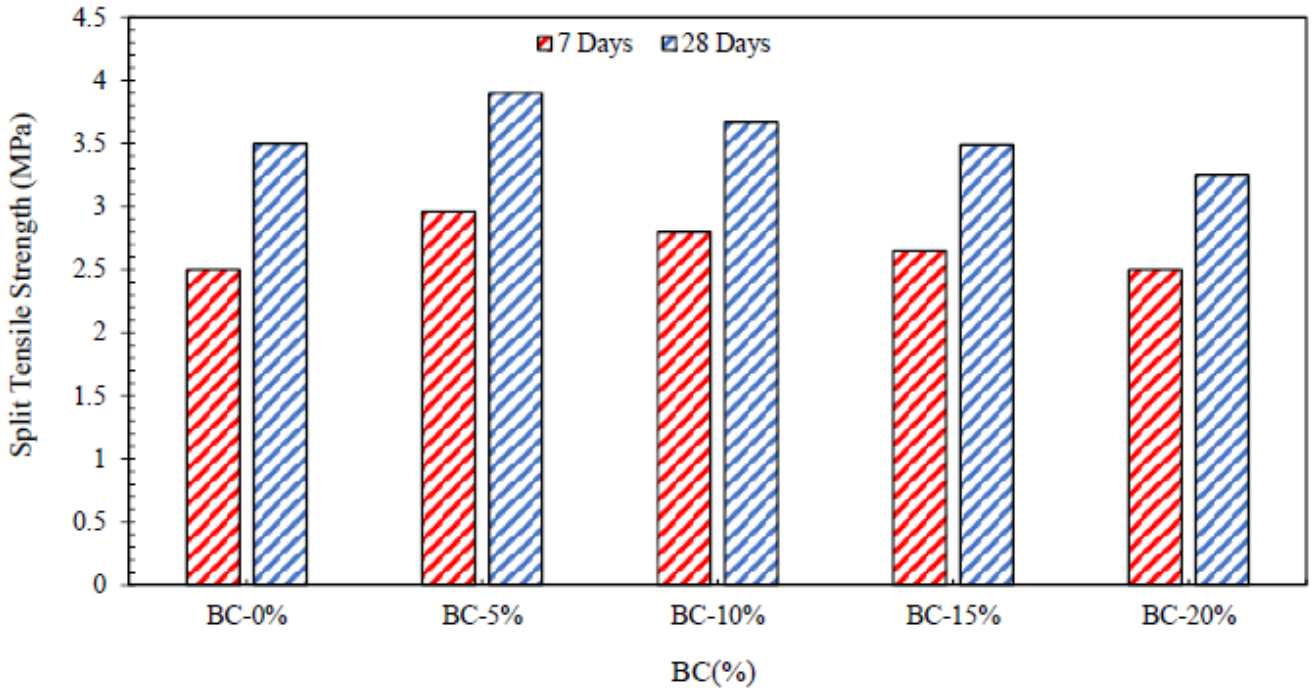


Figure :1.23 effet du dosage en argile sur la résistance à la flexion [15]

I.4 Absorption

ESRAA [15] pour un dosage croissant jusqu'à 40% d'argile, l'absorption capillaire du béton frais est significativement augmentée.

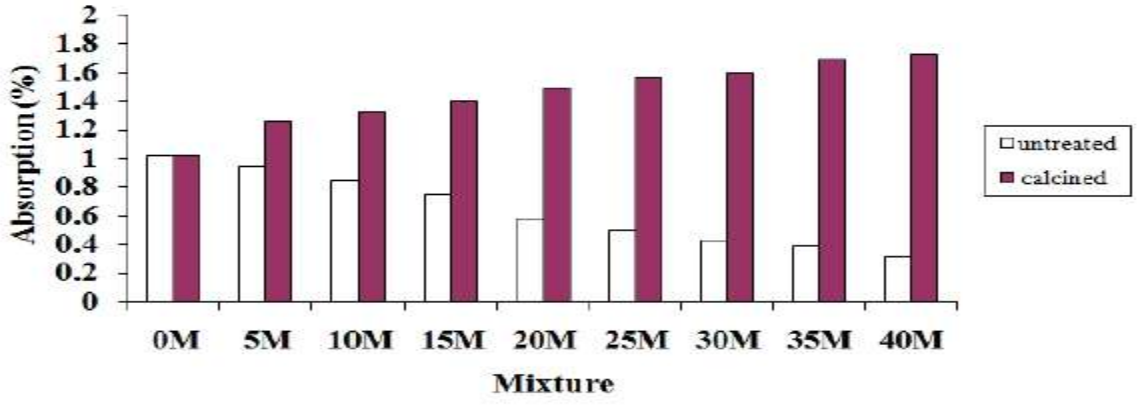


Figure :1.24 effet du dosage en argile sur l'absorption capillaire[15]

CHAPITRE II

MATERIAUX ET ESSAIS



1. INTRODUCTION

Dans cette partie expérimentale, nous étudions le comportement des mortiers formulés avec divers dosage en argile. Cette formulation est basée sur six différents dosages (0, 10, 20, 30, 40, et 50% d'argile en poids de ciment.

2. PROGRAMME EXPERIMENTAL

Le programme expérimental est défini en deux phases majeures qui peuvent être schématisées comme présenté sur la Figure II.1. Une première étape consiste en une caractérisation des propriétés physico-chimiquesdes différents types matériaux utilisées.

La seconde étape permet de définir l'influence de l'argile sur la pâte du ciment et le mortier.

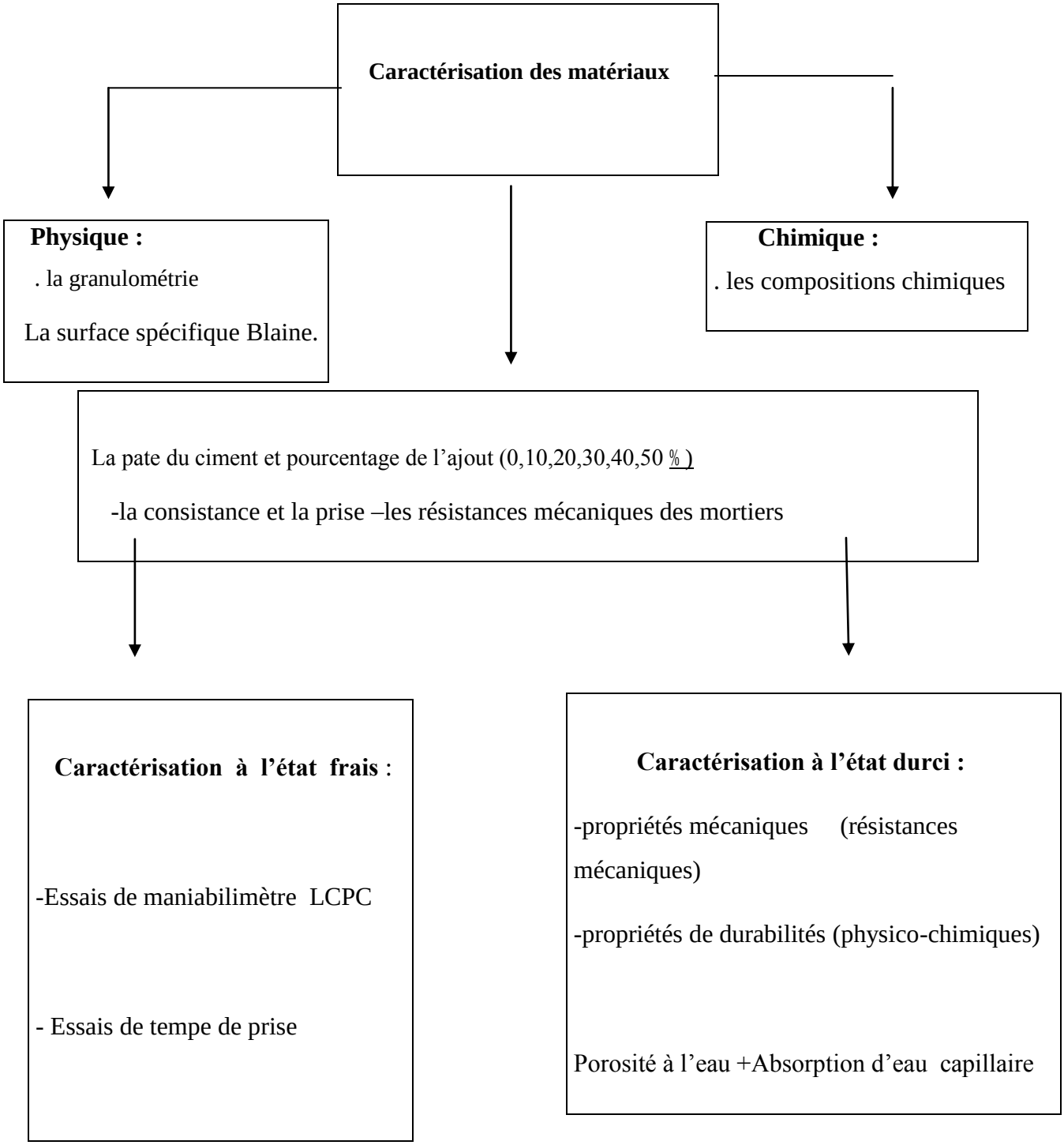


Figure Ⅱ.1 programme expérimentale

II.1ATERIAUX UTILISES

1. Ciment

Le ciment utilisé dans les essais est un ciment Portland CEM I 42.5R (de la compagnie ACC). Les propriétés chimiques et physiques et minéralogiques du ciment sont résumées dans les Tableaux II.1 à II.2

Tableau II .1: Composition chimique du ciment CEM I 42.5R

composition chimique (%)								
CaO	**SiO_2**	**Al_2O_3**	**Fe_2O_3**	**MgO**	**SO_3**	**Na_2O**	**K_2O**	**P.Feu**
63.13	20.85	4.78	4.61	1.11	2.63	0.13	0.55	2.8

Tableau II .2 : Composition minéralogique et propriétés physiques de clinker:

Composition minéralogique (%)					
C_3S	**C_2S**	**C_3A**		**C_4AF**	
61.5	14.5	4.1		13	
Propriétés physiques					
Masse volumique apparente (kg /m³)	Masse volumique absolue (kg /m³)	SSB (cm^2/g)	Expansion (mm)	Début de prise (min)	Fin de prise (min)
1000	3150	3250	0,2	140	250

2 Sable

Le sable utilisé au cours de ce travail est le sable de carrière d'Oued SOUF situé à 500Km 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

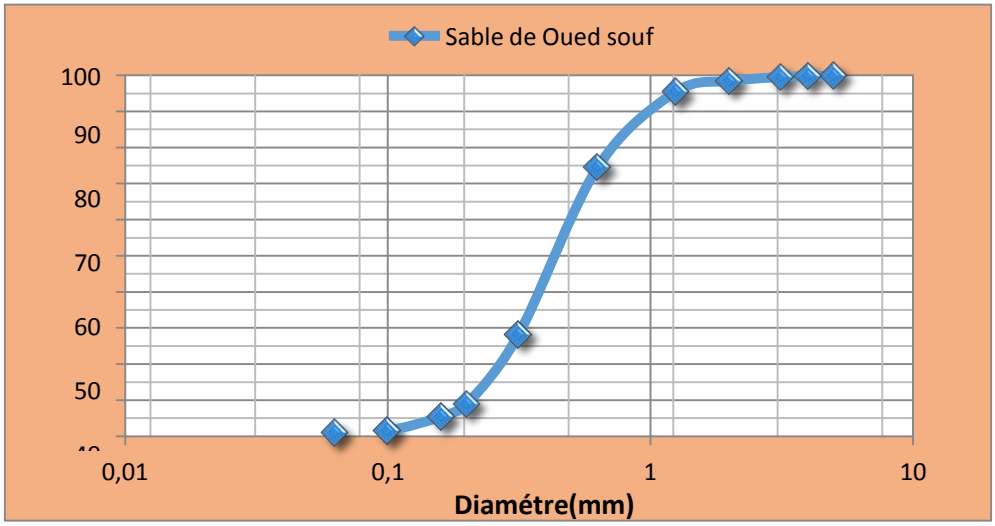


Figure. II 2. Sable de carrière d'Oued Souf

Les caractéristiques physiques du sable utilisé sont regroupées dans le tableau .2.3.

Tableau II .3 Caractéristiques physiques du sable.

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



3. Eau de gâchage

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

4. Argile

L'argile utilisée est une argile issue de la région de SAIDA située dans l'ouest de l'Algérie. C'est une argile beige, ayant une masse volumique absolue de 2,52 g/cm^3 et de surface spécifique Blaine de cette argile est 4371 cm2/g.et le refus de 45 um est 44 ,56.



Figure II.4 l'argile

Les caractéristiques chimiques de l'argile et le ciment sont donnés dans le tableau 2.5**.**

Tableau II 4. Composition chimique de l'argile et ciment

Oxydes		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	Perte aufeu
Teneur(%)	Argile	56.2	18.94	5.5	3.46	2.45	3.12	2.45	0.078	2.9
	Ciment	20.85	4.78	4.61	63.13	1.11	0.55	0.13	2.63	2.8

L'aspect de l'argile est présenté sur la figure suivante **:**



Figure **II.5** l'argile de la région de Saida.

II.2 Formulation et Composition des mortiers

Les formulations des mortiers ont été confectionnées par un remplacement partiel du ciment par des pourcentages de 0, 10, 20, 30, 40 et 50% d'argile. Le rapport Eau/Liant, par un ajout progressif d'eau de gâchage a été adopté pour une ouvrabilité gardé constante par la considération d'un temps LCL au maniabilimètre de l'ordre de 12s et un affaissement de 2 cm au mini cône.

Les compositions des mortiers obtenus par substitution par ajout de l'argile dans le tableau II.5

Tableau II.5: Composition des mortiers de ciment avec différents dosage en argile

Pourecentage	Ciment(g)	Argile(g)	Eau	SABLE (g)
0	450	0	**225**	1450
10	405	45	**274**	
20	360	90	**310**	
30	315	135	**370**	
40	270	180	**415**	
50	225	225	**472**	

3.2 Préparation des mortiers :

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

Les étapes de fabrication des éprouvettes de mortier :

Moule de malaxage



Lors du malaxage



Coulage et compactage

Après le coulage




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

Les éprouvettes après décoffrage :

	
Témoin sans argile	**Témoin avec 10% argile**
	
Témoin avec 20% argile	**Témoin avec 30% argile**

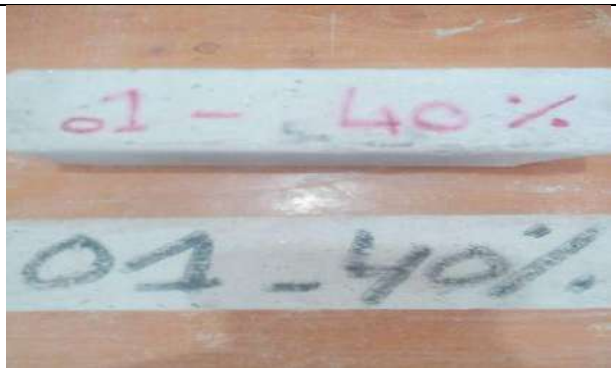
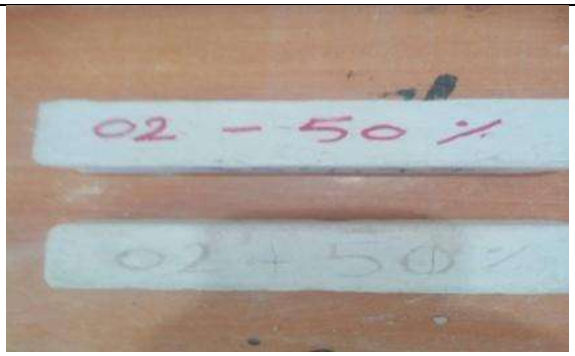
	
Témoin avec 40% argile	**Témoin avec 50% argile**

Figure. II.7 : Eprouvettes des mortiers confectionnées

II.4 Essais effectués sur le mortier :

II.4.1 Essais effectués **à l'état frais**

Ouvrabilité du mortier

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 montré sur la figure suivante :



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

Essai le tempe de prise :

Le temps de prise a été détermine en fonction de l'aiguille de Vicat.



Figure. II.9: Appareil de Vicat

II.4.2 Essais effectués à l'état durci.

II.4.2.1 Essais Mécaniques :

II.4.2.1.1 Résistance à la traction par flexion

Les éprouvettes sont brisées par flexion en deux moitiés selon la norme [EN 196-1] **[104]**. C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion (par trois points), une éprouvette prismatique de côté 4 cm et de longueur 16cm. (FIGURE II.10)

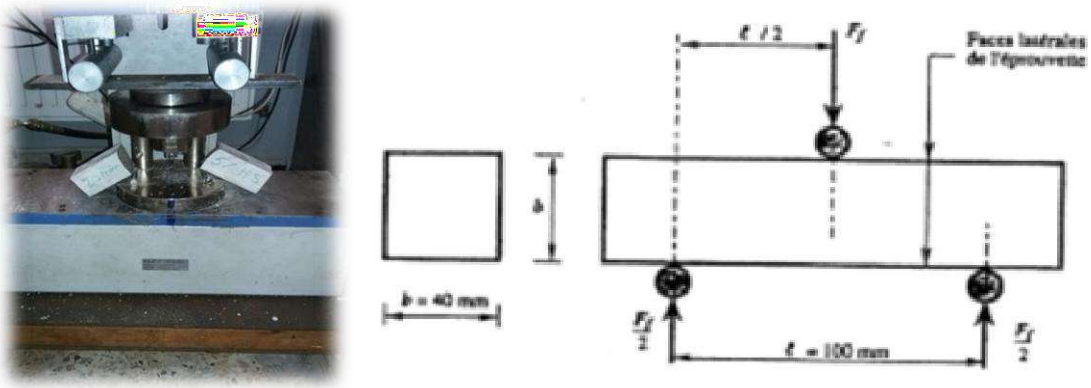


Figure II.10. Essai de traction par flexion sur mortier

II.4.2.1.2 Résistance à la compression

La résistance à la compression esr mesurée selon la norme EN 196-1 (**31**).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 : $Rc=F_c/b^{2.}$

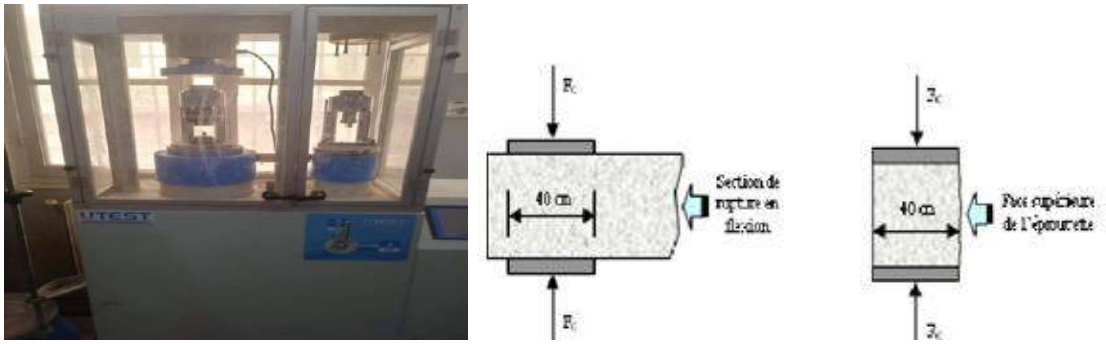
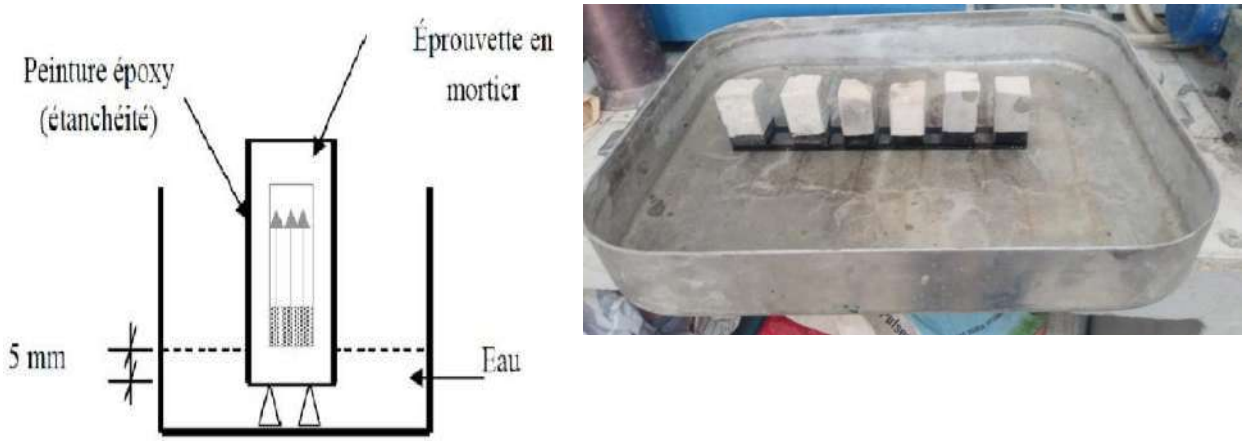


Figure II.11. Essai de traction par flexion sur mortier

II.4.2.2 Essai d'absorption capillaire de l'eau

L'essai d'absorption capillaire de l'eau mesure le taux d'absorption de l'eau par succion capillaire des éprouvettes en mortier. Le protocole de cet essai consiste à sécher des éprouvettes prismatiques (4 x 4 x 16 cm). à l'étuve à 105°C pendant 72 heures.

Pour assurer la remontée unidirectionnelle d'eau par capillarité, les surfaces latérales des éprouvettes sont imperméabilisées à l'aide d'une résine étanche. Les éprouvettes sont initialement pesées soit M_0 et seront posées dans un récipient sur leurs faces les plus petites (4 x 4cm), 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) Les éprouvettes sont retirées et pesées régulièrement durant 15 min, 30 min ,1 h, 2h ,4h et 24heures. La Figure II.12 donne la présentation de cet essai.



A-Principe de l'essai **B** - déroulement de l'essai

Figure II.12 : Absorption d'eau par capillarité.

II.4.2.3 Propriétés thermiques

Les Propriétés thermiques des déférents mélanges ont été mesuré à l'aide d'un CT Mètre. **Le CT METRE** est un appareil aisément transportable, élaboré pour évaluer les caractéristiques de résistance thermique d'un certain nombre de matériaux tels que la brique, les roches, le bitume et le béton.

Le CT-mètre se compose de deux éléments qui sont l'organe de commande, chargé de générer

la puissance de chauffe et d'interpréter la courbe d'élévation de température induite dans le matériau à tester ; et la sonde chargée de transmettre la puissance de chauffe et de recueillir la

température induite.



Figure II.12 : Conductivimètre CT.

CHAPITRE III

RESULTAS ET INTERPRETATIONS

Introduction

Ce chapitre présente les résultats et les discussions de l'utilisation de l'argile de la région de Saida dans la formulation des mortiers. Il s'agit d'étudier l'influence de cette argile sur les caractéristiques à l'état frais et durci.

Propriétés de l'argile

Composition chimique des matériaux utilisés

La composition chimique de ciment, l'argile et les différents mélanges sont indiqués dans le Tableau III. 1.

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

Oxydes	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	Perte aufeu
Teneur(%)	56.2	18.94	5.5	3.46	2.45	3.12	2.45	0.078	2.9

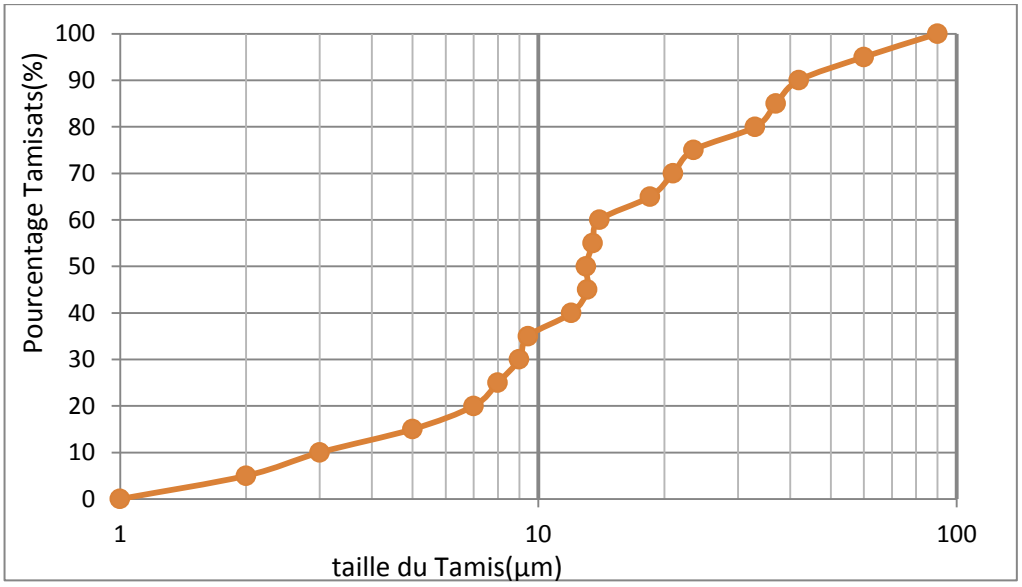


Figure III.1 : Courbe granulométrique de l'argile

surface spécifique

La finesse Blaine est principalement utilisée par les cimentiers pour estimer la surface spécifique d'une poudre. La surface spécifique Blaine est indiquée dans le Tableau III.2

Tableau III.2 Surfaces spécifique Blaine

	Ciment	**Argile**
Finesse (cm2/g)	3250	4371

III.2 CARACTERISATION DES MELANGES A L'ETAT FRAIS

Cette partie présente principalement le comportement à l'état frais des mortiers. On détermine respectivement les quantités d'eau et le temps début et de fin de prise.

III.2 .1 BESOIN EN EAU :

La Figure.III.3 donne les différents pourcentages de besoin en eau nécessaires pour obtenir des mortiers plastiques. A maniabilité constante, le remplacement partiel du ciment par divers dosage en argile a entraîné une forte augmentation de la demande en eau par rapport à celle du mortier témoin.

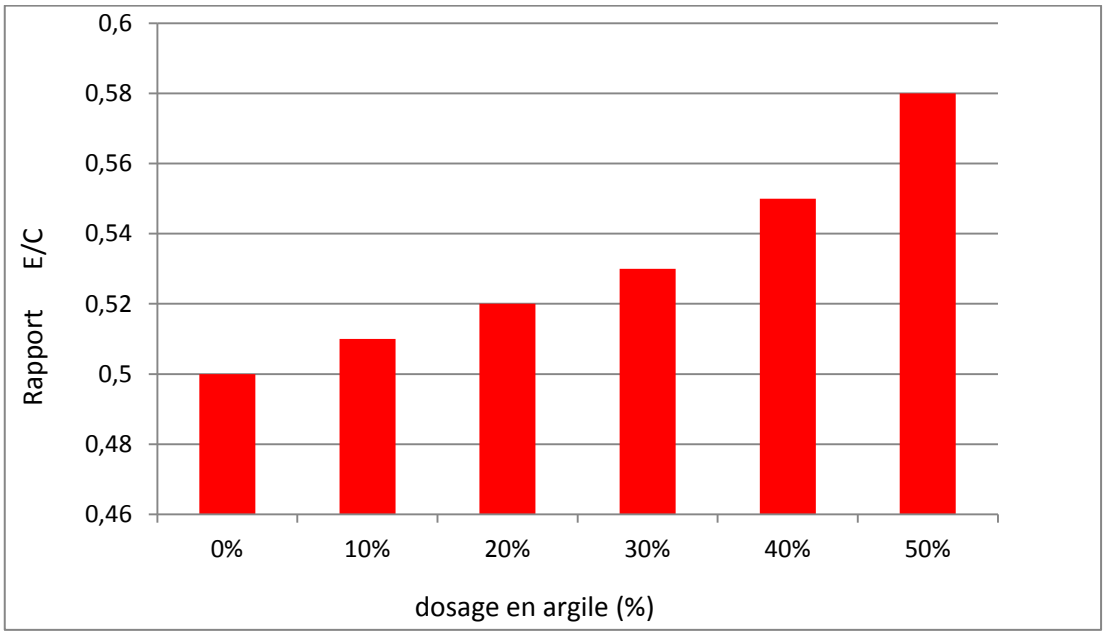


Figure. III.3 Influence de la teneur en argile sur le rapport E/C.

III.2.2 Temps de prise

L'effet de l'argile sur la prise est présenté dans les Figures III .4 qui présentent la variation du temps de prise en fonction du dosage en argile. On remarque que l'augmentation du pourcentage de l'argile augmente le temps de début et de fin de prise de ciment.

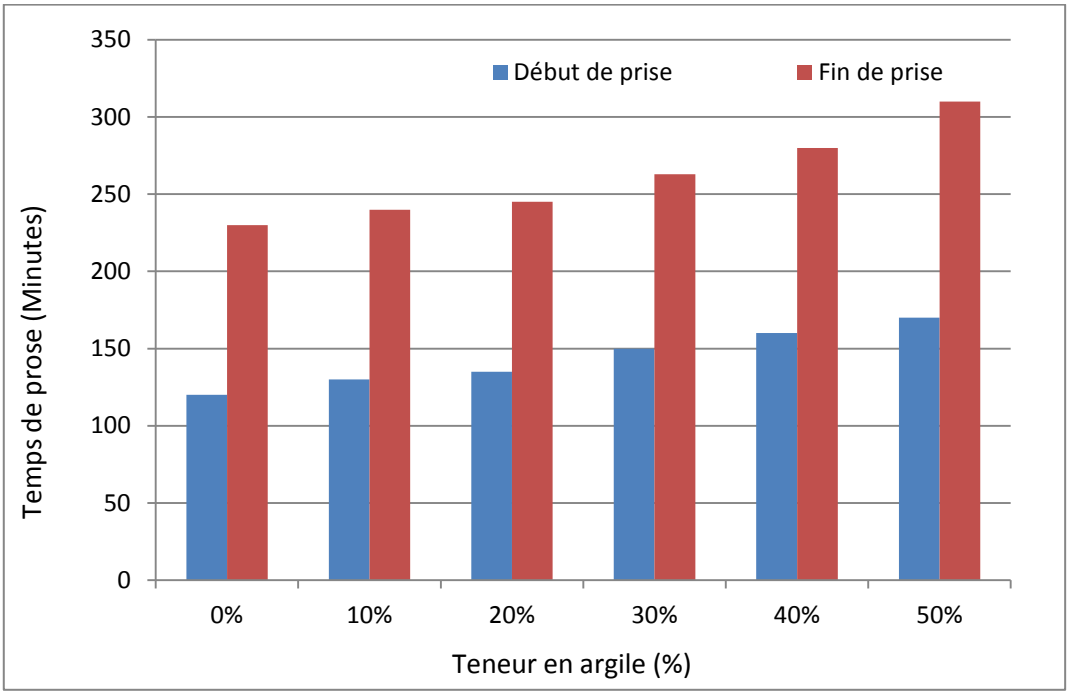


Figure. III.4 Influence de la teneure en argile sur le temps de prise.

III.3 Propriétés à l'état durci

III.3.1 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 de l'argile ce qui conduit à une réduction de la densité.

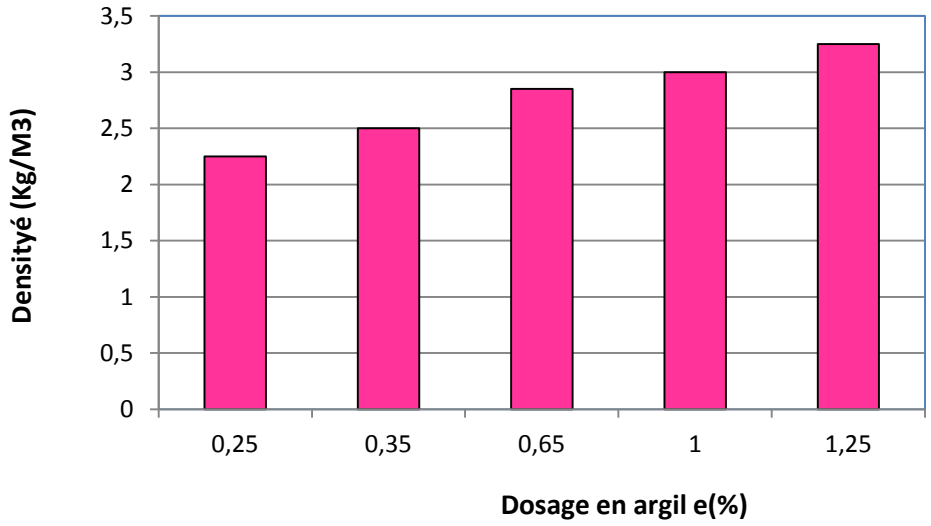


Figure III.6. Variation de la densité en fonction de la teneur en argile .

III.3.2 Résistance mécanique

III.3.2.1 Résistance à la compression

La figure.3.7 présente la résistance à la compression des différents mortiers à base d'argile en utilisés à 28 et 90 jours.

D'après les résultats obtenus, on remarque que le remplacement partiel du ciment par de l'argile réduit significativement la résistance à la compression. Cette diminution est due à forte teneur en eau qui augmente avec le dosage en argile.

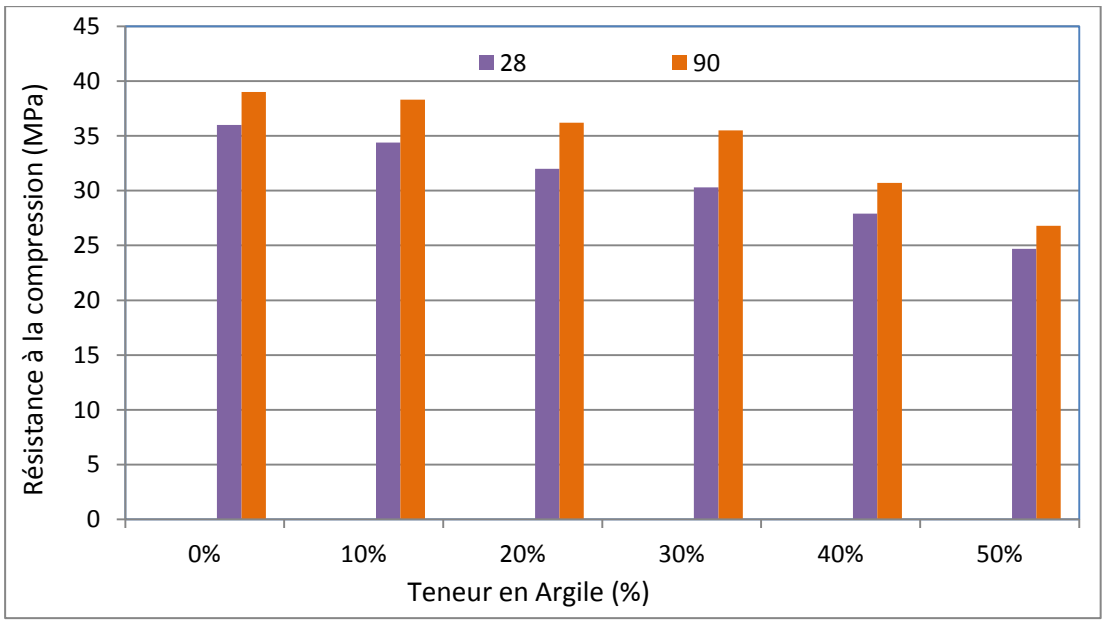


Figure III. 7. la résistance à la compression des mortiers pour divers dosage en argile.

III.3.2.2 Résistance à la flexion

La figure.3.8 présente la résistance à la flexion des différents mortiers à base d'argile en utilisés à 28 et 90 jours.

D'après les résultats obtenus, on remarque que le remplacement partiel du ciment par de l'argile réduit significativement la résistance à la flexion. Cette diminution est due à forte teneur en eau qui augmente avec le dosage en argile.

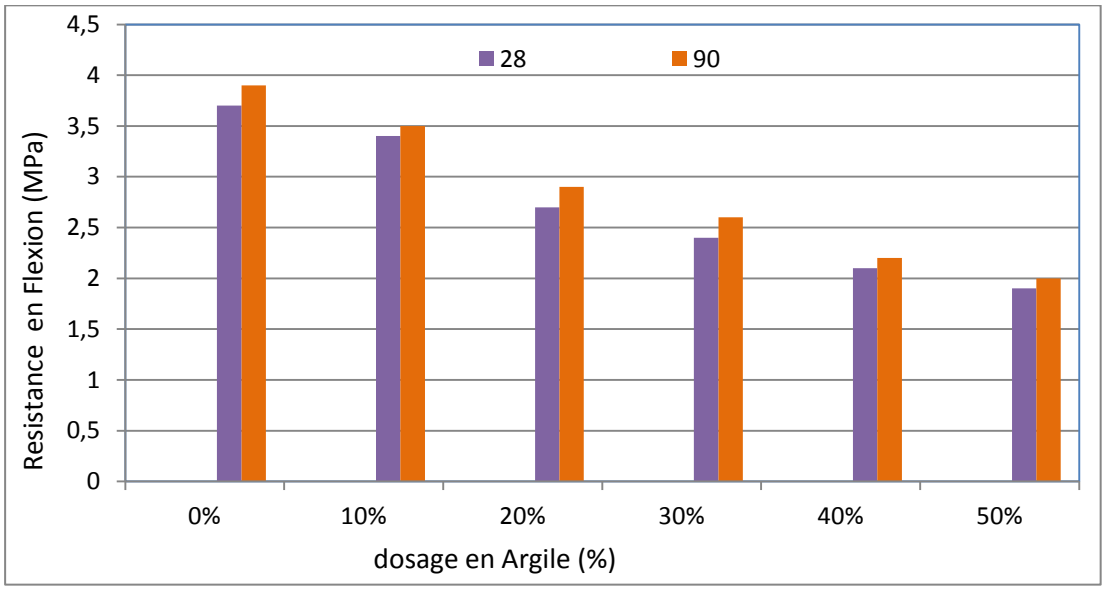


Figure III. 8. la résistance à la flexion des mortiers pour divers dosage en argile**.**

III.3.2.3 Essai de conductivité thermique

Les figures III.9 montre que la conductivité des mortiers contenant plusieurs dosages en argile. On observe que la conductivité est affectée légèrement par l'augmentation du dosage en argile..

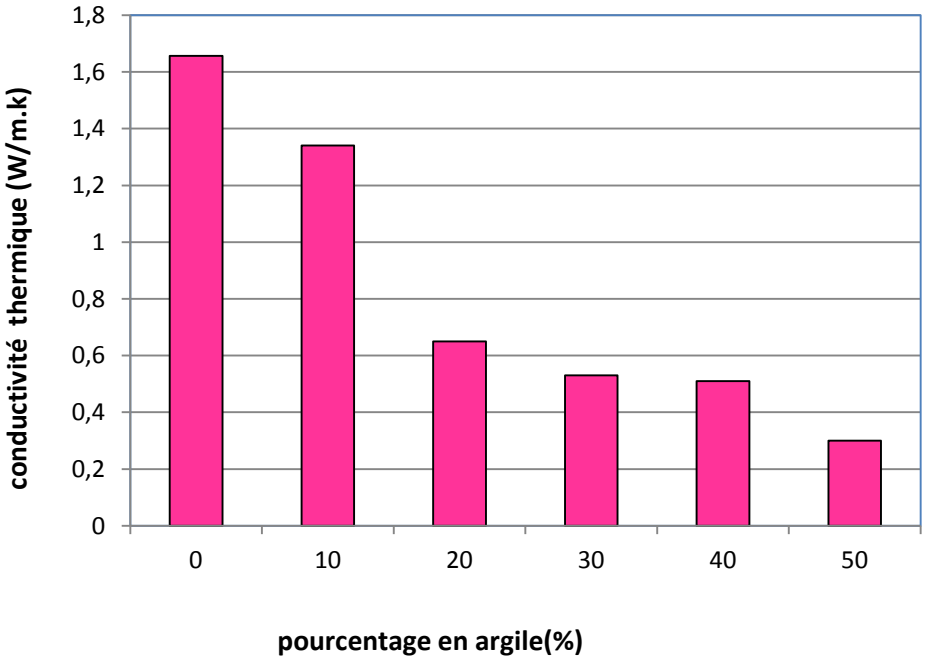


Figure III. 8. Conductivité thermique des mortiers pour divers dosage en argile**.**

III.4 Essai durabilité :

III.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. D'après la figure III.9 on remarque que le mortier à base d'argile absorbe plus d'eau légèrement par rapport au mortier témoin.

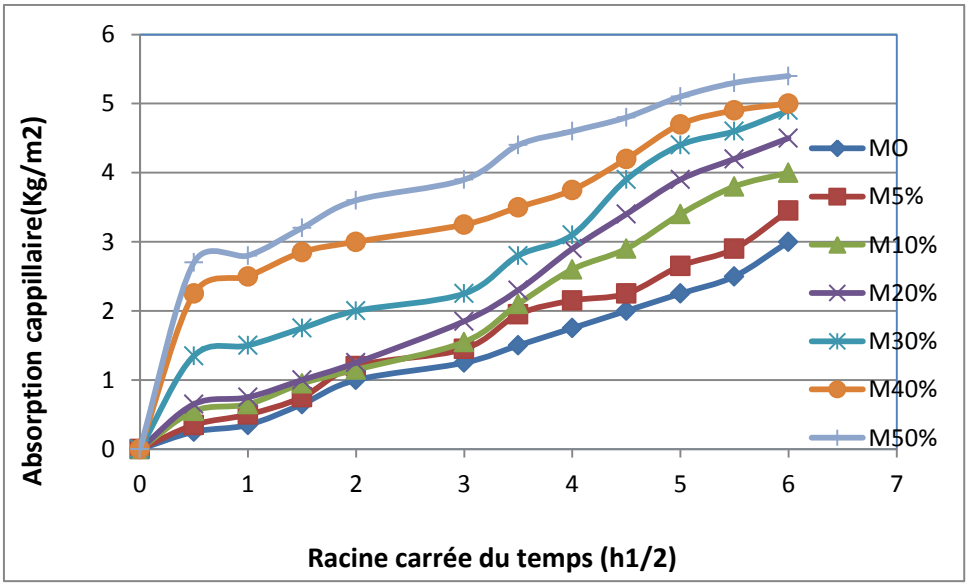


Figure III.9. Absorption d'eau de mortier de différent dosage d'argile.

III.4.3 Résistance au feu :

III.4.3.1 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 :

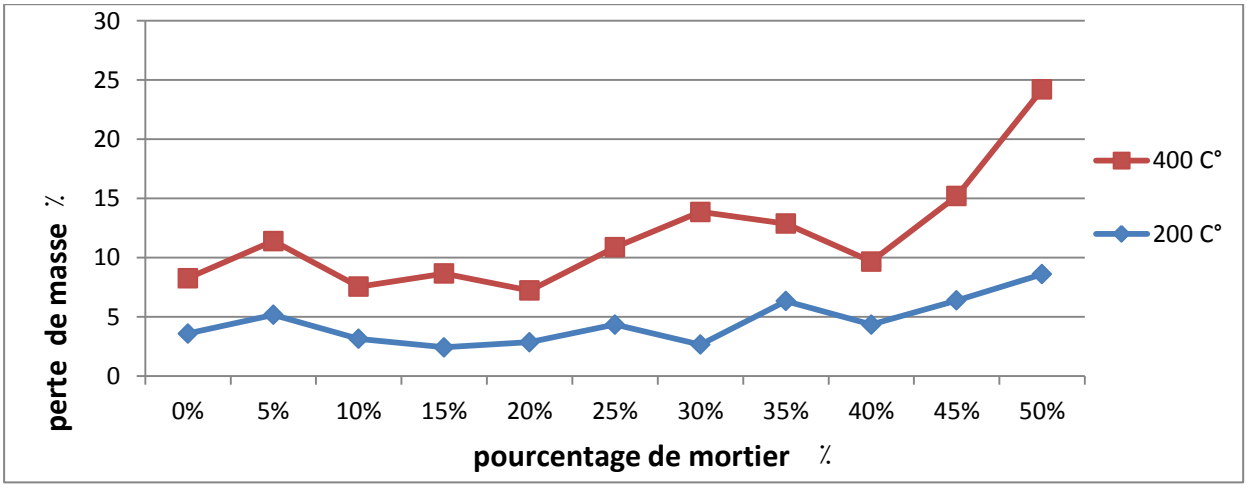


Figure III.11. Perte de masse des éprouvettes de mortier en fonction de l'élévation de température

III.4.3.2 Resistance à la compression au feu

Les résultats de la résistance à la compression des éprouvettes chauffées à 500C ° sont représentés sur la figure III.12:

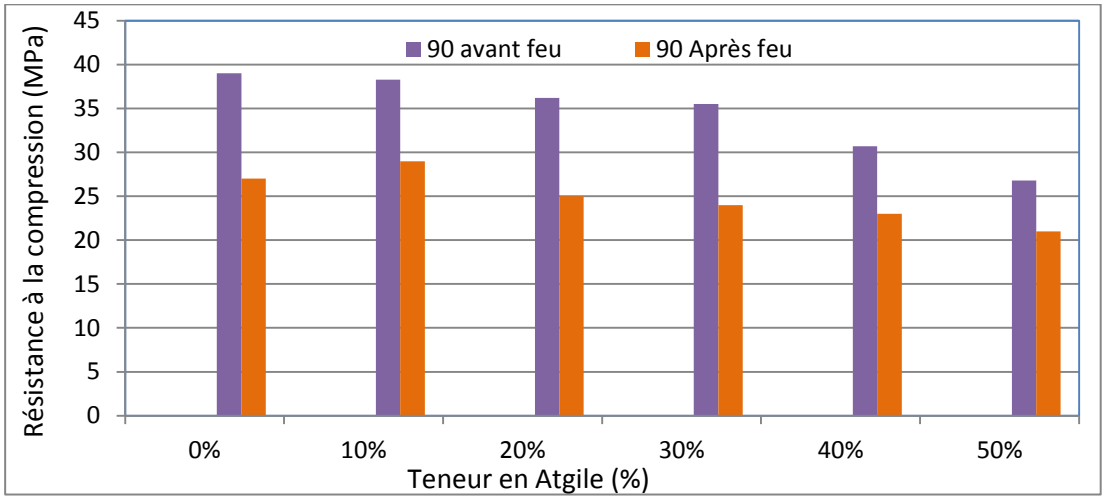


Figure III.12. Résistance à la compression des mortiers en fonction de température

D'après la figure 3.12 on remarque que Les résultats obtenus montrent que pour tous les mortiers à base d'argile On enregistre l'augmentation du taux d'argile entraine une diminution de la résistance à la compression.

CONCLUSIONS

ET

RECOMMANDATIONS

CONCLUSION GÉNÉRALE

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

A l'état frais :

- Augmentions du dosage en argile augmente le besoin en eau.
- L'argile permet de retardé la prise des mortiers.

A l'état durci :

- La densité de mortier diminue avec l'augmentation du dosage en argile..
- La résistance à la compression de mortier diminue lorsque le dosage en argile augmente.
- L'augmentation du dosage en argile augmente l'absorption d'eau.
- La résistance au feu diminue légèrement lorsque le dosage en argile augmente.

RECOMMANDATIONS

Les avantages du remplacement partiel du ciment par des matériaux argileux nécessite s'autre études

Evaluation de la résistance aux attaques chimiques,

l'amélioration de l'imperméabilité et de la durabilité

Suite au programme expérimental, on propose les recommandations suivantes :

- Etude de la durabilité du mortier à base d'argile.
-Influence de haute température sur les propriétés du mortier à base d'argile.

[1] – Mr Lakhache Sofiane « Adsorption de bleu méthylène sur des argiles brute et sodée ».2016/2017, université de Dr Moulay Tahar -Saida- mémoire de fin d'étude MASTER.
[2] – Pédro.1994 « Les minéraux argileux, Constituants et propriétés du sol. Edition Masson ».
[3] – Djemil Rofiada, Benkadour Chahinez. « Synthèse et Application d'un Nanomatériau à partir d'un Argile Saidite ». Mémoire Master 2019.
[4] – S. Caillère, S. Hénin et M. Rautereau (1982). « Minéralogies des argiles : Structures et Propriétés physico-chimiques », Tome 1,2ème édition Masson, Paris).
[5] – R. Calvet. « Le sol propriétés et fonctions tome 1 constitution et structure, phénomène aux interfaces ». Édition France agricole Dunod, 2003. Page 122-123.
[6] – Mr Abdelhadi el Hachmi « Argile et minéraux argileux : propriétés physico-chimiques et propriétés colloïdes »,2013-université Abdelmalek Essaadi, mémoire MASTER online.
[7] – BOUDCHICHA Mohamed Réda. Etude de cristallisation et des propriétés mécanique et diélectrique de céramiques préparés à partir de Kaolin-dolomite.Université el-hadj Lakhdar – BATNA, 2017.
[8] – Jozja, N. "Étude de matériaux argileux Albanais. Caractérisation "multi-échelle" d'une bentonite magnésienne. Impact de l'interaction avec le nitrate de plomb sur la perméabilité." Thèse de doctorat de l'Université d'Orléans (2003).
[9] – Duaufour P. (1977) - Pédologie. Pédogénèse et classification. Masson, Paris.
[10] – Yilmaz, N, Yapar, 2004 « Adsorption properties of tetradecyl- and hexadecyltrimethylammonium-bentonites. Appl. Clay Sci 27,223-228 ».

[11] – Nor-El-Houda Fardjaoui, Bernd Wicklein, Pilar Aranda, Isabel Sobrados, Fatima Zohra El Berrichi, Eduardo Ruiz-Hitzky; « Modulation of inorganic matrices for functional nano architectures fabrication : the simultaneous effect of moisture and temperature in the preparation of metakaolin based geopolymers », Bulletin of the Chemical Society of Japan, (2018).
[12] – Oh Choo, C. et al. Dickite and Other Kaolin Polymorphs from an Al-rich Clay Deposit Formed in Volcanic Tuff, Southeastern Korea. Vol. 52. 2004. p. 749-759.

Référence bibliographique

[13] – M. Deribere, A. Esme.1943 « la bentonite, Dunod, Edition 2 ».
[14] – CHICHOUCHE Hamina Makhloufi. « Influence de l'ajout pouzzolanique (argile cuite) sur les caractéristiques physico-chimiques des ciments ». Université de Mohamed Boudiaf de M'SILA, 2006.
[15] – Brindley G.W., Nakahira M. « The kaolinite-mullitereaction series: I Survey of outstanding problems. II Metakaolin. III The high temperature phase ». Journal of American Ceramic Society, vol, 42, P.311-324, 1959.
[16] – Grim, 1962, report 01-041. Chlorite Group (January, 11Th 2013). In U. S.Geological Survey open-file report 01-041, from.
[17] – G. Sposito, D. Grasso.1999 « Surfactant Science Series, 85, 207-249 ».
[18] – D.M. Moore, R.C. Reynolds.1997 « X-ray diffraction and the indentification and analysis of clayminerals, 2nd edition, Oxford UniversityPress ».
[19] – L. Youcef, S. Achour, « Étude de l'élimination des fluorures des eux de boisson par Adsorption sur bentonite », Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N°03, Université de biskra, 2004.
[20] – F. Bouazza. « Élimination des polluants organiques par des argiles naturelle et modifiées », Thèse d'Université A bouBekr Belkaid Tlemcen, 2012.
[21] – B. Benguella. « Valorisation des argiles algériennes : application à l'adsorption des colorants textiles en solution ». Thèse de doctorant. Tlemcen, 2009.
[22] – J. MERING. Gonflement, « dispersion et hydratation des argiles ». Institut national de recherche chimique appliquée. France, 1983.
[23] – Jean-Marie Konrad Fabian Alonso Valencia Gabezas, « Caractérisation des particules fines d'un matériau granulaire de fondation par l'essai au bleu de méthylène », Rapport GCT-Québec, 200**8.**
[24] – D. HAFFAD. Valorisation des bentonites Algériennes. Application au raffinage du sucre roux. Thèse de Magister. Université de sidi bel Abbes, 1991

Dalius

influence of natural zeolite on portland cement hydration processes and properties of hardened cement paste

Rackel S.N., « Approche perforrmantielle des bétons avec métakaolins obtenus par calcination flash » Thèse de doctorat, Université de Toulouse Paul Sabatier, mai 2001.

Esraa Emam, Sameh Yehia

Performance of Concrete Containing Zeolite as a Supplementary Cementitious Material

Harish Choudhary, Mohd. Arham Siddiqui and Dauji Saha

Effect of Clay Fines on Strength and Workability of Concrete

Shazim Ali Memon, Rao Arsalan, Sardar Khan, Tommy Yiu Lo

Utilization of Pakistani bentonite as partial replacement of cement in concrete

Mirza Jahangir. , M. Riaz, A. Naseer, Fawad ur Rehman, Akhtar .Naeem. Khan, Q. Ali: Pakistani bentonite in mortars and concrete as low cost construction material

Guneyisi Erhan & mermedas Kasım

«Comparative study on strength, sorptivity, and chloride ingress characteristics of air-cured and water cured concretes modified with metakaolin », materials and structures, vol 40 2007 pp 1161-1171