

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira-Bejaia

Faculté de Technologie

Département de Génie Civil



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie Civil

Option : Matériaux et Structures

Thème

Etude de l'influence des fillers calcaires, rapport (Eau/Ciment) et taux d'adjuvant sur la résistance mécanique d'un mortier à base d'un sable de concassage.

Réalisé par :

M^r. BENYAHIA Nabil

M^r.BENKHENNOUCHE Nasreddine

Encadré par :

M^r Djamal. BENYESSAD

Soutenu Publiquement le: 22/09/2016

devant le jury:

M^r. N. Chelouah

M^{me} .S. Attil

2015 / 2016

REMERCIEMENTS

Nous présentons nos respectueux remerciements à M^r Dj.BENYESSAD, qui a bien voulu diriger et encadrer les travaux de ce mémoire, pour son suivi et ses précieux conseils tout au long de ce travail.

Nous remercions vivement les membres du jury pour nous avoir honorés en acceptant de juger notre travail.

Un grand merci au technicien du laboratoire M^r ZOUBIRI Dj pour sa disponibilité et sa compréhension au niveau de laboratoire

Table des Matieres

Liste des figures.

Liste des Tableaux.

Notation et Abréviation.

Introduction générale :1

Chapitre I :Etude Bibliographique.

I.2. Généralités sur la durabilité des bétons : 3

I.2.1. Notion de durabilité :3

I.2.2. Indicateur de durabilité.....3

I.2.2.1. La résistance mécanique : 3

I.2.2.2. La porosité : 4

I.2.2.3. La résistance à la carbonatation : 4

I.2.2.4. La résistance aux sulfates : 4

I.2.2.5. La résistance aux chlorures : 4

I.2.2.6. La résistance aux cycles de gel et dégel : 4

I.2.3. Composition des bétons :4

I.2.3.1. Le ciment : 5

I.2.3.2. L'eau de gâchage : 8

I.2.3.3. Les granulats : 8

I.2.3.4. Adjuvants 12

I.2.3.5. Additifs : 14

I.3. Fillers calcaire : 14

I.3.1. Propriétés requises du filler calcaire :14

I.3.2. Influence des fillers calcaires sur les propriétés des bétons :15

I.4. Définition du Mortier Normal (En 196-1) 15

I.5. Synthèse des travaux réalisés sur les paramètres influençant le comportement des mortiers : 17

I.5.1. Influence du rapport E/C sur le comportement du mortier.....17

I.5.2. Caractéristiques du filler influençant les propriétés à l'état frais :19

I.5.3. Fillers calcaire et résistance mécanique :20

I.5.4. Fillers calcaire et durabilité du béton :21

I.5.5. Travaux de benachour et col. 2008 :21

I.5.6. L'effet des additions dans le mortier sur le besoin en adjuvants :23

Chapitre II : Caractérisation des Matériaux.

Introduction :	24
II.1. Caractérisation des matériaux	24
II.1.1. Ciment : (<i>voir annexe A</i>).....	24
II.1.2. Adjuvant : (<i>voir annexe B</i>).....	24
II.1.3. Fillers	25
II.1.3.1. Analyse minéralogique des fillers :	25
II.1.4. Sable de concassage 0/4.....	26
II.1.4.1. Analyse granulométrique :	26
II.1.4.2. Module de finesse (Mf)	29
II.1.4.3. Propreté de sable.....	30
II.1.4.4. Masses volumiques de sables (NF P 18-554, NF P 18-555) :	34
II.1.4.4.1. Masse volumique absolue :	34
II.1.4.4.2. Masse volumique apparente :	35

Chapitre III : Etude expérimental et interprétation des résultats.

III.1. Objectif du travail :	37
III.2. La composition des mortiers :	38
III.3. Procédure de gâchage :	40
III.4. Préparation des éprouvettes :	40
III.4.1. Moulage des éprouvettes	42
III.4.2. Démoulage et conservation des éprouvettes :	42
III.5. Âge des éprouvettes pour les essais de résistance mécanique :	43
III.6. La résistance à la compression :	43
III.6.1. Définition du résultat d'essai :	43
III.6.2. But de l'essai :	43
III.6.3. Principe de l'essai :	43
III.6.4. Equipement nécessaire :	43
III.6.5. Conduite de l'essai :	44
III.7. Résultats de la résistance à la compression a J jours :	45
III.8. Présentations des résultats :	48
III.9. Interprétation des résultats :	51
Conclusion et perspectives.....	54

Références bibliographiques.

Annexes.

Liste des Figures

Figure I.1. Différentes classes de résistance des ciments [Jef 05].....	7
Figure 1.2 : Illustration de l'effet filler[P.Diederich,2010].....	14
Figure I.3 : Composition granulométrique du sable de référence CEN.....	16
Figure I.4 : Evolution de la RC des pâtes de ciment CEM I à 20° C.....	18
Figure I.5 : Evolution de la RC des pâtes de ciment CEM III à 20° C.....	18
Figure I.6 : Influence de l'ajout d'eau sur la résistance du mortier [F.Guillaume 2010]	19
Figure I.7 : Influence du rapport E/C sur la résistance du mortier [Thomas point, 2014]	19
Figure 1.8 : Relation entre la demande en eau d'un filler et sa surface spécifique BET [Michel, 2007].....	20
Figure 1.9. Evolutions de la porosité en fonction de taux de fillers.[Benachour et col.2008].....	22
Figure 1.10 : Evolution de la résistance en fonction du taux de fillers.[Benachour et col.2008].....	22
Figure I.11 : Principe des formulations de mortier avec addition à quantité d'eau et à consistance constante [Anissa bissa et Badreddine, 2004]	23
Figure II.1 : Spectre de la DRX des fines de sables 0/4.....	25
Figure II.2 : Paternes d'identification des fines de sable 0/4.....	26
Figure II.3 : Tamiseur électrique et une colonne des tamis [Laboratoire de génie civil, Université de Bejaia].....	27
Figure II.4 : La courbe granulométrique du sable concassage 0/4.....	29
Figure II.5 : Essai d'équivalent de sable.....	33
Figure II.6 : méthode d'éprouvette.....	34
Figure III.1 : Malaxeur de capacité de 5 litre [Laboratoire de génie civil, Université de Bejaia]	40
Figure III.2 : Moule métalliques pour la confection du mortier	41

Figure III.3 : Séparation du mortier dans les moules avec des feuilles métalliques	41
Figure III.4 : Eprouvettes de mortier cubique de dimension (40*40*40) mm ³	41
Figure III.5 : Table à choc avec un moule métallique fixé.....	42
Figure III.6 : Presse hydraulique pour l'essai mécanique de la compression (Laboratoire de génie civil, Université de Bejaia).....	44
Figure III.8 : Résultats des résistances à la compression à l'âge de 7 jours avec un taux d'adjuvant de 0.3%.....	48
Figure III.9 : Résultats des résistances à la compression à l'âge de 14 jours avec un taux d'adjuvant de 0.3%.....	48
Figure III.10 : Résultats des résistances à la compression à l'âge de 28 jours avec un taux d'adjuvant de 0.3%.....	48
Figure III.11 : Résultats des résistances à la compression à l'âge de 7 jours avec un taux d'adjuvant de 0.9 %.....	49
Figure III.12 : Résultats des résistances à la compression à l'âge de 14 jours avec un taux d'adjuvant de 0.9%.....	49
Figure III.13 : Résultats de résistance à la compression à l'âge de 28 jours avec un taux d'adjuvant de 0.9%.....	49
Figure III.14 : Résultat de résistance à la compression a l'âge de 7 jours avec un taux d'adjuvant de 1.5 %.....	50
Figure III.15 : Résultat de la résistance à la compression a l'âge de 14 jours avec un taux d'adjuvant de 1.5 %.....	50
Figure III.16 : Résultat de résistance à la compression a l'âge de 28 jours avec un taux d'adjuvant de 1.5 %.....	50

Liste des Tableaux

Tableau I.1. Classification des granulats selon la dimension [CIM béton ,2005].....	9
Tableau I.2. Catégories de sable selon la teneur en fines	11
Tableau.I.3. Nature et mode d'emploi des adjuvants [G.Bernier].....	12
Tableau I.4. Différents types d'adjuvant pour béton. [G.Bernier].....	13
Tableau 1.5. Etapes pour la confection d'un mortier normal [EN 196-1]	17
Tableau II.1. Caractéristiques du ciment CEM II / B 42.5.....	24
Tableau II.2. Caractéristiques de l'adjuvant.....	25
Tableau.II.3. Résultats de l'analyse granulométrique du sable de concassage 0/4	28
Tableau II.4. Résultats du module de finesse du sable de concassage 0/4.....	30
Tableau II.5. Les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable....	32
Tableau II.6. Résultats du test d'équivalent du sable visuelle et à piston.....	33
Tableau II.7. Résultats de la masse volumique absolue du sable 0/4.....	35
Tableau II.8. Résultats de la masse volumique apparente.....	36
Tableau III.1. Taux et proportion des mortiers confectionnés.....	37
Tableau III.3. Masses des matériaux pour la confection de chaque combinaison	39
Tableau III.4. Résultats de résistances des mortiers avec un taux de fillers de 0% aux différents âges	45
Tableau III.5 : Résultats de résistances des mortiers avec un taux de fillers de 10% aux différents âges.	46
Tableau III.6 : Résultats de résistances des mortiers avec un taux de fillers de 20% aux différents âges.	47

Notations et Abréviations

Abréviations et symboles	Signification
E/C	Eau /Ciment
CO₂	Dioxyde de Carbone
C-S-H	Silicate de Calcium Hydrate
Ca(OH)₂	Portlandite
LA	Coefficient Los Angeles
Ab	Coefficient la capacité D' Absorption d'eau
MF	Module de Finesse
IC	Indice de Concassage
A	Coefficient l' Aplatissement
PS	Propreté de Sable
VB	Valeur bleu de méthylène
RC	Résistance à la Compression
DRX	Diffraction des Rayons X
ESV	Equivalent de Sable Visuel
ESP	Equivalent de Sable au Piston
ρ_s	Masse volumique absolue
ρ_{ap}	Masse volumique apparente

Introduction générale

Introduction générale

Le sable est un élément interne essentiel entrant dans la composition du mortier. Les sables les plus couramment utilisés pour la confection des bétons et mortiers sont les sables roulés alluvionnaires. Mais les extractions excessives de ces sables ont fortement contribué à l'épuisement des ressources et ont provoqué des retombées néfastes sur l'environnement. De nombreuses régions du monde vivent cette situation et doivent aujourd'hui chercher des matériaux de substitution pour faire face à la demande croissante en granulats à béton et mortier. Les sables de concassage sont très souvent l'unique alternative. Il faut cependant qu'ils répondent aux critères de qualité propres et être disponibles en quantités suffisantes, à prix raisonnables

L'utilisation des sables de carrière a été accordée par le ministère de l'habitat et de l'urbanisme Algérien par la loi du 14 juin 2005.

La protection des réserves disponibles des sables roulés qui sont proches de l'épuisement sont protégées par les nouvelles règles environnementales en matière de dragage des rivières (décret national N° : 67 du 19 novembre 2009)

Cependant, aucune démarche ne permet de disposer d'une approche suffisamment fiable qui permettrait de prévoir les propriétés globales (teneur en fine, morphologies, distribution granulaire) du sable de concassage et leur effet sur le comportement des bétons à l'état frais et durci.

Les caractéristiques mécaniques d'un matériau sont à la base de la construction et de la sécurité d'un ouvrage. Il est donc nécessaire de posséder les connaissances les plus étendues sur ces caractéristiques. En s'appuyant sur les expériences acquises avec un matériau déterminé, il est certes possible d'exécuter de nombreux ouvrages avec une sécurité suffisante ; le contrôle suivi des résistances déterminantes afin de créer les bases pour une construction économique et sûre.

Par conséquent, différents travaux ont vu le jour [Benachour et al, 2008], [M.L.K Khouadia et al. 2015], [Lawrence, 2000] [Michel, 2007] ... etc. concernant l'utilisation des sables de carrières. L'analyse des travaux publiés a permis d'aboutir au fait que plusieurs paramètres peuvent entrer en considération, tel que l'effet de la source minéralogique du sable de concassage, la texture, ainsi que la forme des particules.

L'objectif de notre projet de fin d'étude est de contribuer à l'étude des sables de concassage dans la fabrication du béton ou du mortier. Le sable de concassage est reconnu par sa teneur en filler calcaire élevée qui nécessite un certain volume d'eau plus-ou-moins important pour la fabrication d'un béton ou d'un mortier ; dans ce contexte nous menons une étude expérimentale paramétrique afin d'évaluer l'influence des trois paramètres à savoir : le taux de filler, le rapport E/C et le taux d'un fluidifiant sur les propriétés d'un mortier.

Ce travail est organisé comme suit :

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique qui comprend des généralités sur les composants d'un béton et un résumé de quelques travaux réalisés auparavant qui traitent les trois paramètres déjà cités, à savoir le rapport E/C, le taux du fluidifiant et le taux des fillers sur le comportement d'un mortier.

Le deuxième chapitre a pour but de caractériser les matériaux granulaires utilisés dans notre étude par des essais de laboratoire.

Les résultats et l'interprétation sont portés dans le chapitre III consacré à l'étude expérimentale de l'interaction des trois paramètres déjà cité et leurs influences sur le comportement du mortier.

Le travail s'achève par une conclusion générale qui résume les principaux résultats obtenus.

Chapitre I

Etude bibliographique

I.1 Introduction :

L'optimisation des opérations de construction sur chantier est fonction de la formulation du béton : choix du ciment, du rapport E/C, des adjuvants, des additions. L'exécution en toute sécurité de ces opérations nécessite la connaissance et l'obtention d'une certaine valeur de la résistance à une échéance précise quelle que soient les conditions environnantes.

Ce chapitre présente deux parties, la première concerne les généralités sur les composants ordinaires du béton et leurs mécanismes d'interaction, la seconde est consacrée à la synthèse des travaux déjà réalisés sur des paramètres qui peuvent influencer le comportement des bétons ou des mortiers.

I.2. Généralités sur la durabilité des bétons :

I.2.1. Notion de durabilité :

La durée de vie d'un ouvrage en béton armé est fortement liée à la durabilité de l'association béton/armature : Autrement dit, la capacité de résister aux attaques chimique, physico-chimiques et thermique, conduisant à la défaillance des matériaux et donc de la structure. Trois familles de mécanismes de dégradation des bétons peuvent être distinguées [Neville. A, 1995]. La première correspond à la corrosion des armatures induite par carbonatation et par pénétration des chlorures. L'expansion des produits de corrosion conduit à l'éclatement du béton d'enrobage. La deuxième famille se rapporte au mécanisme de dissolution des hydrates laquelle conduit à la perte d'alcalinité et à la baisse de la résistance (lixiviation). Le phénomène concerne essentiellement les ouvrages en béton en contact avec l'eau douce. La troisième famille est associée aux phénomènes de gonflement, tels que les réactions alcali-granat et des réactions sulfatées internes, lesquelles conduisent aussi à l'expansion et l'éclatement des bétons. Ces phénomènes sont rencontrés dans Les ouvrages d'art au cours des 20 dernières années [Ollivier J.P., 2008].

I.2.2. Indicateur de durabilité

Les indicateurs de durabilités correspondent à trois mécanismes bien distincts de transport de matière qui sont repartie comme suit.

La perméabilité qui décrit un écoulement (d'eau ou de gaz par exemple) produit sous gradient de pression ; Elle dépend de la taille des espaces poreux dans lesquelles s'écoule le fluide ainsi que leur interconnexion.

La diffusivité qui est relative au déplacement d'une espèce chimique à l'échelle moléculaire sous l'effet d'un gradient de concentration. Elle ne dépend pas de la taille des pores mais de leurs interconnexions.

L'**absorption** représente le résultat de la différence de tension de superficielle dans les capillaires. Elle dépend des pores du béton qui sont ouverts sur le milieu ambiant.

Plus la résistance du béton augmente, plus les phénomènes de transport, la durabilité augmente.

I.2.2.1. La résistance mécanique :

En vue de l'objectif de durabilité, le choix de la classe de résistance du béton est fonction de l'agressivité du milieu, elle est autant plus élevée que le milieu est plus agressif. Cela signifie que l'exigence de durabilité peut parfois déterminer la résistance à prendre afin qu'il soit adapté.

I.2.2.2. La porosité :

La porosité est aussi un indicateur de la qualité générale du matériau. Ce paramètre est plutôt bien corrélé avec la résistance à la compression ; quand la porosité diminue (du fait de la diminution du rapport Eau/Ciment) la résistance augmente ainsi que sa durabilité.

Les caractéristiques du réseau poreux sont des paramètres de premier ordre vis-à-vis de la durabilité du béton [Baroghel-Bonny V., 2008].

I.2.2.3. La résistance à la carbonatation :

Le dioxyde de carbone est présent dans l'air et pénètre dans le béton par le réseau poreux et les fissures. Il se dissout alors dans l'eau présente dans le béton pour réagir avec la portlandite et les silicates de calcium hydratés (C-S-H), pour former du carbonate de calcium, et libérer de l'eau. Le volume molaire des produits de la carbonatation est plus important que celui des réactifs, d'où une diminution de la porosité.

La résistance à la carbonatation d'un béton dépend donc principalement de la porosité du béton d'enrobage. Dans l'hypothèse où l'hydratation de ce dernier ne se poursuit pas après la fin de la cure, la résistance à la compression du béton en fin de cure constitue un bon indicateur de sa résistance à la carbonatation [Emmanuel R., 2007].

I.2.2.4. La résistance aux sulfates :

Dans un milieu alcalin comme le béton, la présence de sulfates provoque la formation d'hydrates expansifs entraînant, à terme, la ruine du béton. Les sulfates sont apportés soit par l'eau de mer, soit par l'eau présente dans des sols riches en gypse, ou par le sel de déverglaçage utilisé en hiver, et pour remédier, la réduction de la perméabilité est un moyen d'améliorer la résistance aux sulfates.

I.2.2.5. La résistance aux chlorures :

Apportés essentiellement par l'eau de mer, et le sel de déverglaçage, les chlorures migrant dans le béton se transforment en acide chlorhydrique provoquant la corrosion des armatures.

I.2.2.6. La résistance aux cycles de gel et dégel :

Elle est indispensable : Ainsi une exigence d'un entraîneur d'air s'avère nécessaire pour de tels produits de renforcement à base de liant hydraulique.

I.2.3. Composition des bétons :

Le béton est un matériau composite constitué de granulats gros et fins (gravier ou pierre concassée, sable), de ciment et d'eau. Le mélange entre le ciment et l'eau forme une pâte qui durcit. La pâte de ciment hydraté et le sable constituent le mortier. Celui-ci a pour rôle de se lier avec les gros granulats pour former un conglomérat solide. Les adjuvants et les additions servent à améliorer certaines caractéristiques du béton frais ou durci [Boerave Ir. P., 2010].

Le sable constitue, avec les gros granulats, le 'squelette pierreux' du béton à l'état durci. Au stade du malaxage et de la mise en œuvre du béton frais, le sable et la pâte de ciment forment toutefois le mortier qui fait fonction de lubrifiant du gros granulat. De ce fait il est possible de faire un lien entre les performances du mortier et celle du béton.

I.2.3.1. Le ciment :

C'est une gangue hydraulique durcissant rapidement et atteignant en peu de jours son maximum de résistance. Après durcissement, cette pâte conserve sa résistance et sa stabilité, même sous l'eau. Son emploi le plus fréquent est sous forme de poudre, mélangée à de l'eau, pour agréger du sable fin, des graviers, afin de produire du mortier, ou encore du béton.

I.2.3.1.1. L'hydratation de la pâte de ciment

Ce phénomène fait intervenir à la fois :

- Des réactions chimiques exothermiques de ses constituants avec l'eau,
- Des réactions physiques, liées au développement microstructural du béton,
- Des réactions mécaniques, car les réactions précédentes conduisent à des cinétiques variables et des performances modulées en conséquence.

Elle est définie comme un processus qui repose sur des mécanismes complexes agissant simultanément, c'est à dire, la dissolution du ciment anhydre, la précipitation d'hydrates et la formation d'une solution sursaturée. Lorsque les concentrations en ions sont telles que les produits de solubilité des hydrates sont atteints, un processus de germination se déclenche. La

précipitation des hydrates, en consommant les ions en solution, agit comme une pompe. Ceci est de nature à accélérer un régime de dissolution rapide. Cette précipitation consomme de l'eau et petit à petit, les hydrates vont remplacer le volume occupé par l'eau et les grains de ciment anhydre. L'eau diminue au profit du solide entraînant alors une réduction de porosité.

L'hydratation du ciment fait intervenir les réactions chimiques de ces différents constituants avec l'eau. Elle se déroule en 4 phases :

a)- La période de gâchage :

Dès le gâchage, la dissolution des différents composés du ciment pour former :

- Le silicate de calcium hydrate, appelé C-S-H, en notation cimentière, il s'agit d'un composé mal cristallisé et de structure intermédiaire entre les gels et les cristaux.

- La chaux hydratée $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ou CH en notation cimentaire, appelée portlandite. Composé bien cristallisé en forme de feuillets hexagonaux.

b)- La période dite « dormante » :

Pendant quelques heures, les réactions précédentes se poursuivent lentement, c'est la période durant laquelle la quantité des hydrates formés et la consommation d'eau sont très faibles et le béton reste maniable.

La fin de cette période est marquée par l'augmentation du flux thermique.

c)- La période de prise :

Les cristaux de portlandite et les C-S-H s'enchevêtrent alors et remplissent peu à peu les pores, petit à petit la pâte prend de la consistance : c'est le début de la prise. Le matériau devient de plus en plus dense et solide.

d)- La période de durcissement :

Au bout de plusieurs heures, la couche d'hydrate, enrobant les grains de silicates, devient assez épaisse, pour diminuer la diffusion des ions et de l'eau. L'hydratation est ralentie, mais se poursuit tant qu'il reste de l'eau dans les pores capillaire.

I.2.3.1.2. Classe des ciments

La composition et la finesse de mouture d'un ciment déterminent le développement de sa résistance. En fonction de cette évolution, les ciments sont divisés en « **classes de résistance** ». Celles-ci correspondent à des niveaux de performances minimales (et maximales) à **28 jours**. Dans chaque classe, et suivant les **performances au jeune âge**, une distinction est faite entre la version N (normal) et la version R (Rapide).

Il existe *trois classes de résistance normale à vingt-huit jours*, désignées par leur valeur caractéristique inférieure exprimée en MPA soit : **32.5-42.5-52.5**. Il existe *deux classes de résistances au jeune âge*, appelées *ordinaires* ou *élevées*. [BAR99]

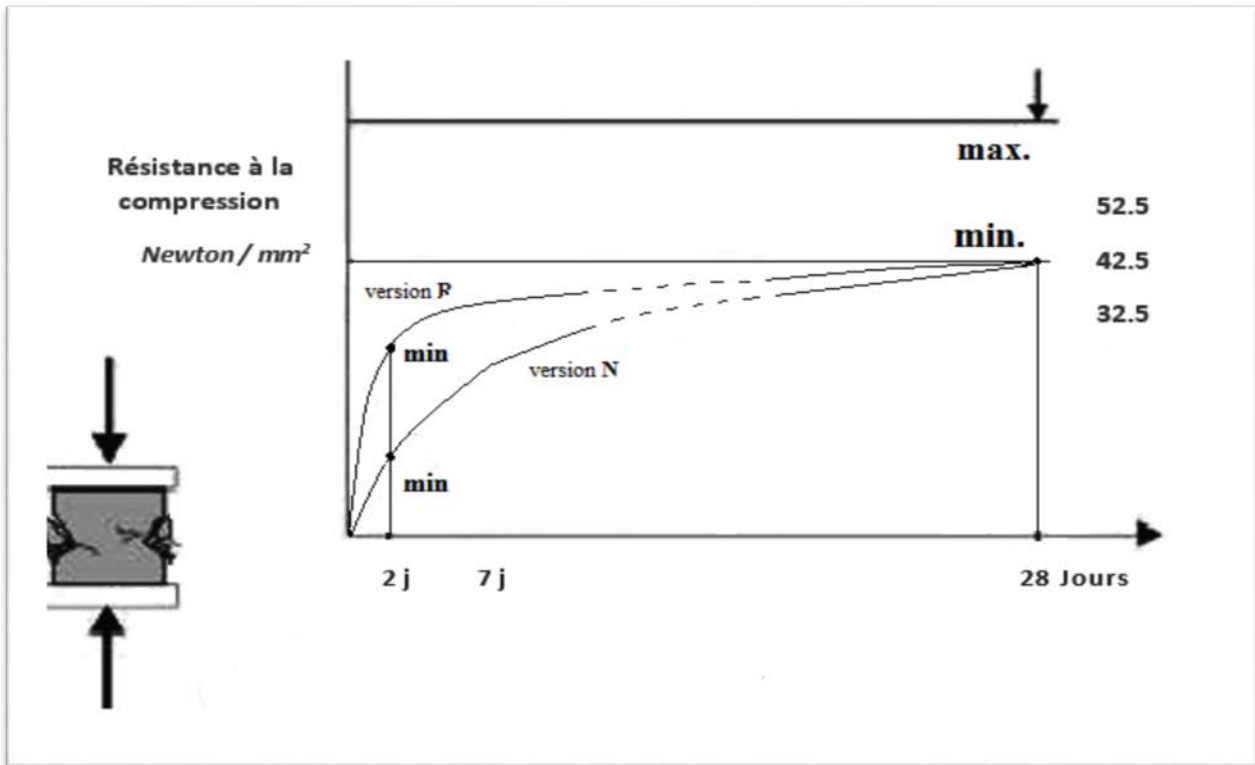


Figure I.1. Différentes classes de résistance des ciments [Jef 05]

I.2.3.1.3. Désignation des ciments

Un exemple de désignation de ciment et leur signification, conformément à la norme européenne EN 179-1. Exemple (CEM II / B – M (S-V) 42.5 N PM-ES-CP2)

- **CEM** : famille de ciment et il existe :
 - **CEM I** : ciment portland
 - **CEM II** : ciment portland composé
 - **CEM III** : ciment de haut fourneau
 - **CEM IV** : ciment pouzzolanique
 - **CEM V** : ciment au laitier et aux cendres.
- **B** : Représente la quantité de constituants principaux autres que le clinker (en % d'ajout)
 - **A** : de 6 % à 20 %
 - **B** : de 21 % à 35 %
 - **C** : de 36 % à 65 %
- **M₂** : Renseigne que le ciment contient au moins deux constituants principaux que le clinker.

- **(S-V)** : Indiquent les noms des constituants principaux :
 - **S** : laitier granulé de haut fourneau
 - **V** : cendres volantes siliceuses
 - **W** : cendre volantes calcique
 - **L ou LL** : Calcaire (en fonction du taux de carbone organique)
L < 0.5 %, **LL < 0.2 %**
 - **D** : Fumée de silice
 - **P ou Q** : Matériaux pouzzolaniques
 - **T** : Schiste calciné.
- **42.5** : Résistance caractéristique minimum à 28 jours exprimée en MPa et comme classe de résistance on a : **32.5, 42.5 ou 52.5 (MPa)**.
- **N ou R** : C'est la résistance caractéristique minimum a 2 jours exprimée en MPa considéré comme sous-classes de résistance tel que :
 - **N** : Normal
 - **R** : Rapide
- **PM-ES-CP** : C'est des caractéristiques complémentaires :
 - **PM** : ciment pour travaux à la mer
 - **ES** : ciment pour travaux en eau haut teneur en sulfate.
 - **CP** : ciment a teneur en sulfate limitée pour béton précontraint

I.2.3.2. L'eau de gâchage :

L'eau de gâchage est la quantité totale d'eau que l'on utilise pour faire le béton. La résistance finale d'un béton dépend du rapport E/C du mélange car il a une grande importance dans l'interconnexion du réseau poreux et donc sur la diffusivité des espèces gazeuses ou ioniques au sein du béton. Ce rapport, qui détermine en grande partie la perméabilité, la teneur en eau et le degré d'hydratation du matériau, joue un rôle majeur dans le comportement du béton vis-à-vis de la carbonatation [Boerave Ir. P., 2010].

I.2.3.3. Les granulats :

Le granulats est un ensemble de grains minéraux appelés fillers, sablons, sables, graves et gravillons suivant leurs dimensions est inférieur à 125 mm. Il est désigné par d/D où d et D représentent respectivement la plus petite et la plus grande des dimensions du produit.

Plus de 70% en poids du béton est constitué de granulats. Ce sont des composants majeurs de l'ouvrage puisqu'ils conditionnent sa résistance mécanique et son aspect visuel, qui peut être primordial pour l'esthétisme de l'ouvrage. Les performances mécaniques, esthétiques et de durabilité recherchées sont en partie déterminantes dans le choix des granulats. Les granulats courants (masse volumique réelle > 2 t/m³) doivent satisfaire à la norme XP P 18-540. Les

granulats légers naturels (masse volumique réelle $< 2 \text{ t/m}^3$) ou artificiels ne seront employés qu'après essai préalable et avec l'assistance technique du fournisseur.

Tableau I.1. Classification des granulats selon la dimension [CIM béton, 2005]

<i>FAMILLES DE GRANULATS</i>		
<i>Familles</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Caractéristiques</i>
<i>Fillers</i>	<i>0/D</i>	<i>$D < 2 \text{ mm}$ avec au moins 70 % de passant à 0.063 mm</i>
<i>Sablons</i>	<i>0/D</i>	<i>$D \leq 1 \text{ mm}$ avec moins de 70 % de passant à 0.063 mm</i>
<i>Sables</i>	<i>0/D</i>	<i>$1 \text{ mm} < D \leq 6.3 \text{ mm}$</i>
<i>Graves</i>	<i>0/D</i>	<i>$D > 6.3 \text{ mm}$</i>
<i>Gravillons</i>	<i>d/D</i>	<i>$d \geq 1 \text{ mm}$ et $D \leq 125 \text{ mm}$</i>
<i>Ballasts</i>	<i>d/D</i>	<i>$d \geq 25 \text{ mm}$ et $D \leq 50 \text{ mm}$</i>

a) Caractéristiques des granulats :

Les granulats sont caractérisés par un certain nombre de propriétés liées à leur origine (caractéristiques intrinsèques) et à leur mode de fabrication (caractéristiques de fabrication).

Ce n'est pas tant la valeur des caractéristiques qui importe pour la confection des bétons, mais leur régularité. La norme XP P 18-540 précise les seuils et les modes de variation autorisés de ces paramètres en fonction de leurs utilisations. Les granulats doivent provenir de roches stables, inaltérables à l'air, à l'eau et au gel.

b) Caractéristiques intrinsèques des granulats :

Elles sont liées en général à la qualité de la roche exploitée : résistance mécanique, masse volumique réelle, absorption d'eau, dureté, résistance au polissage, etc.

c) Résistance mécanique :

La résistance mécanique du béton est bien entendu fortement liée à la résistance mécanique de gravillons. Cette dernière est mesurée par un essai de résistance aux chocs qui permet de déterminer le coefficient " Los Angeles " (LA). Plus il est élevé, moins le gravillon est résistant. Pour confectionner du béton, le coefficient LA doit être inférieur à 40.

d) Absorption d'eau :

Le coefficient A_b mesure la capacité d'absorption d'eau d'un granulat. Plus il est élevé, plus le matériau est absorbant. On en tient compte dans la formulation. Le coefficient A_b doit être inférieur à 6 % pour les granulats destinés aux bétons hydrauliques, qu'il s'agisse d'un sable ou

d'un gravillon ; et inférieur ou égal à 5 % pour les bétons vibrés ; cette valeur doit être notablement réduite pour les bétons autoplaçants.

e) Caractéristiques de fabrication des granulats :

Elles résultent des conditions de fabrication : granularité, angularité (indice de concassage), propreté des sables, aplatissement, propreté superficielle des gravillons, etc

f) Granularité :

Il s'agit de la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat. Elle est déterminée par une analyse granulométrique qui fait l'objet d'une représentation graphique.

Granularité d'un gravillon d/D pour bétons hydrauliques :

- 1% maximum de refus au tamis de 1,58 D.
- Au tamis de D : la variation maximale sera de 15 % avec au moins 90% de passant et au plus 99 %.
- Au tamis de $(d+D)/2$ si $D \geq 2,5 d$: l'étendue de variation maximale sera de 40 % et le passant sera au moins de 20 % et au maximum de 80 %.
- Au tamis de d : la variation maximale sera de 15 % avec au moins 1 % de passant et au maximum 20 %.
- Au tamis de 0,63 d : le passant sera au maximum de 5 %.

Granularité d'un sable $0/D$ pour bétons hydrauliques :

- Pas de refus au tamis de 2 x D.
- 1 % maximum de refus au tamis de 1,58 D.
- Au tamis de D le passant sera d'au moins 85 % et au maximum de 99 %.
- Les sables sont caractérisés de plus par leur module de finesse (MF).
- Il est égal au centième de la somme des refus cumulés, exprimé en pourcentage, aux tamis de 0,16 – 0,315 – 0,63 – 1,25 – 2,5 et 5 mm. Pour les sables courants, il doit être compris entre 1,8 et 3,2 avec une étendue (e) de 0,7.
- Plus le module de finesse est faible, plus le sable est fin. Pour un sable fin utilisé en correction, le module de finesse doit être inférieur à 1,8 mais son étendue ne doit pas dépasser 0,8.
- Pas de refus au tamis de 2 x D.
- La teinte du béton brut de décoffrage est directement influencée par les fines des sables.

La teneur en fines est définie par le passant à 0,063 mm de la fraction 0/4 mm. On distingue quatre catégories de sable classées a, b, c et d.

Tableau I.2. Catégories de sable selon la teneur en fines.

Catégorie	Passants (%) au tamis de 0.063 mm
f_A	Ls 12 ; e 3 ou CV ≤ 20 %
f_B	Ls 15 ; e 5 ou CV ≤ 20 %
f_C	Ls 18 ; e 6 ou CV ≤ 20 %
f_D	Pas de spécifications mais FTP renseignée

g) Angularité des granulats

L'angularité est appréciée en fonction du rapport de concassage et de l'indice de concassage. Dans le cas des bétons hydrauliques, on considère l'indice de concassage (IC).

C'est le pourcentage d'éléments supérieurs au D du granulat élaboré contenu dans le matériau d'origine soumis au concassage. Il permet d'apprécier la quantité de grains concassés contenus dans un granulat.

Lorsque l'indice de concassage est supérieur à 50 %, il convient de vérifier l'influence des fines de concassage sur la qualité esthétique du béton.

h) Forme des gravillons

Elle est mesurée par le coefficient d'aplatissement A. Plus il est élevé, plus le gravillon contient de grains plats, allongés ou en aiguilles, qui rendent la mise en œuvre et le malaxage difficiles. Le coefficient doit être inférieur à 20.

i) Propreté des sables

La propreté des sables (PS) est mesurée sur la fraction 0/2 mm limitée à 10 % de fines. Cet essai permet de mesurer la quantité de matières très fines contenues dans le sable mais sans faire la distinction entre les colloïdes nocifs et les fines nécessaires à certains bétons, notamment les bétons apparents. Il exprime un rapport volumétrique conventionnel entre les éléments dits sableurs et les éléments fins (fines de concassage, argiles, impuretés, etc.).

Plus PS est élevée, plus le sable est propre. Lorsque la valeur de PS n'est pas conforme, il est fortement conseillé, dans le cas de sables concassés ou broyés, de mesurer la capacité des éléments fins du sable à absorber du bleu de méthylène. Le bleu de méthylène est absorbé préférentiellement par les argiles, les matières organiques et les hydroxydes de fer. La valeur de bleu (VB) exprime la quantité de bleu de méthylène absorbée par 100 g de fines. Plus la valeur de bleu est élevée, plus le sable est « sale ».

1.2.3.4. Adjuvants

Les **adjuvants** sont ajoutés au béton selon un dosage n'excédant pas 5% de la masse totale du ciment, dans le but d'influencer certaines propriétés par une action chimique ou physique.

I.2.3.4.1. Nature et mode d'emploi des adjuvants :

Les différents adjuvants ainsi que leurs emplois sont données dans le tableau (I.3) ci-dessous.

Tableau.I.3. Nature et mode d'emploi des adjuvants [G. BERNIER]

Nature	Domaine d'emploi
<u>Les adjuvants modifiant l'ouvrabilité du béton</u>	
<p>- Les plastifiants A teneur en eau égale, ils augmentent la maniabilité du béton.</p>	Béton manufacture, travaux de génie civil, bétonnage avec coffrage glissants.
<p>- Les plastifiants réducteurs d'eau A même maniabilité, ils augmentent les résistances mécaniques.</p>	Béton manufacture, travaux de génie civil, bétonnage avec coffrage glissants.
<p>- Les superplastifiants Ils provoquent un fort accroissement de la maniabilité du mélange.</p>	Réalisation de fondations, dallages, radiers, sols industriels, routes, etc..., BHP, béton pompe et béton Autoplacant
<u>Les adjuvants modifiant la prise et le durcissement</u>	
<p>- Les accélérateurs de prise et de durcissement Ils diminuent les temps de prise ou de durcissement du ciment.</p>	Bétonnage par temps froid, décoffrages rapides, scellements, travaux en galerie, travaux sous l'eau.
<p>- Les retardateurs de prise Ils augmentent le temps de prise du ciment</p>	Bétonnage par temps chaud, en grande masse avec coffrages glissant, reprise de bétonnage.

I.2.3.4.2. Effets et performances des adjuvants :

Le tableau (1.4) résume les différents types d'adjuvants ainsi que leurs performances par rapport à un béton témoin.

Tableau I.4. Différents types d'adjuvant pour béton. [G. Bernier]

Adjuvant	Effet(s)	Performances par rapport à un béton témoin
Plastifiant réducteur d'eau	réducteur du dosage en eau	$\geq 5 \%$
	augmentation de la résistance à la compression à 7 et 28 jours	$\geq 110 \%$
Superplastifiants hauts réducteur d'eau	réducteur du dosage en eau	$\geq 12 \%$
	augmentation de la résistance à la compression à 1 jour	$\geq 140 \%$
	augmentation de la résistance à la compression à 28 jours	$\geq 115 \%$
	augmentation de l'affaissement au cône d'Abrams	$\geq 120 \text{ mm}$
Réducteur d'eau	diminution de la quantité d'eau ressuée	$\leq 50 \%$
Entraîneur d'air	augmentation de la quantité d'air entraînée	$\geq 2,5 \%$
Accélérateur de prise	augmenter le temps de début de prise à 20°C	$\geq 30 \text{ min}$
	diminution du temps de débuts de prise à 5°C	$\leq 60 \%$
Accélérateur de durcissement	augmentation de la résistance à la compression à 24 h à 20 °C	$\geq 120 \%$
	augmentation de la résistance à la compression à 48 h à 5 °C	$\geq 130 \%$
Retardateur de prise	augmenter le temps de début de prise	$\geq 90 \text{ min}$
	diminuer le temps de fin de prise	$\leq 360 \text{ min}$
Hydrophobant	absorption capillaire pendant 7 jours après 7 jours de conservation	$\leq 50 \%$

I.2.3.5. Additifs :

Les **additifs** sont des matériaux en fines particules qui peuvent être ajoutés en quantités limitées pour influencer certaines propriétés ou obtenir des propriétés particulières. Ils sont à prendre en compte dans la composition volumétrique. On peut distinguer les additifs à caractère hydraulique latent (ex : cendres volantes,...) qui renforcent le pouvoir de liaison ciment et les additifs neutre (ex : poudres colorantes,...). Ces additifs doivent bien sûr être sans danger pour le béton.

I.3. Fillers calcaire :

I.3.1. Propriétés requises du filler calcaire :

Un filler calcaire est une fine minérale obtenue par broyage d'une roche calcaire de manière à répondre aux critères de conformité de la norme sur les additions minérales calcaires (NF P18-508). L'appellation de filler calcaire vient du fait que cette addition, si elle est broyée assez finement, s'insère dans le squelette granulaire du ciment (Figure 1.2) et permet donc de combler les vides entre les autres particules de dimensions plus importantes du béton (ciment, granulats). L'effet, appelé effet filler, se traduit par une compacité plus importante du squelette granulaire et va donc avoir des effets sur les propriétés aussi bien à l'état frais qu'à l'état durci.

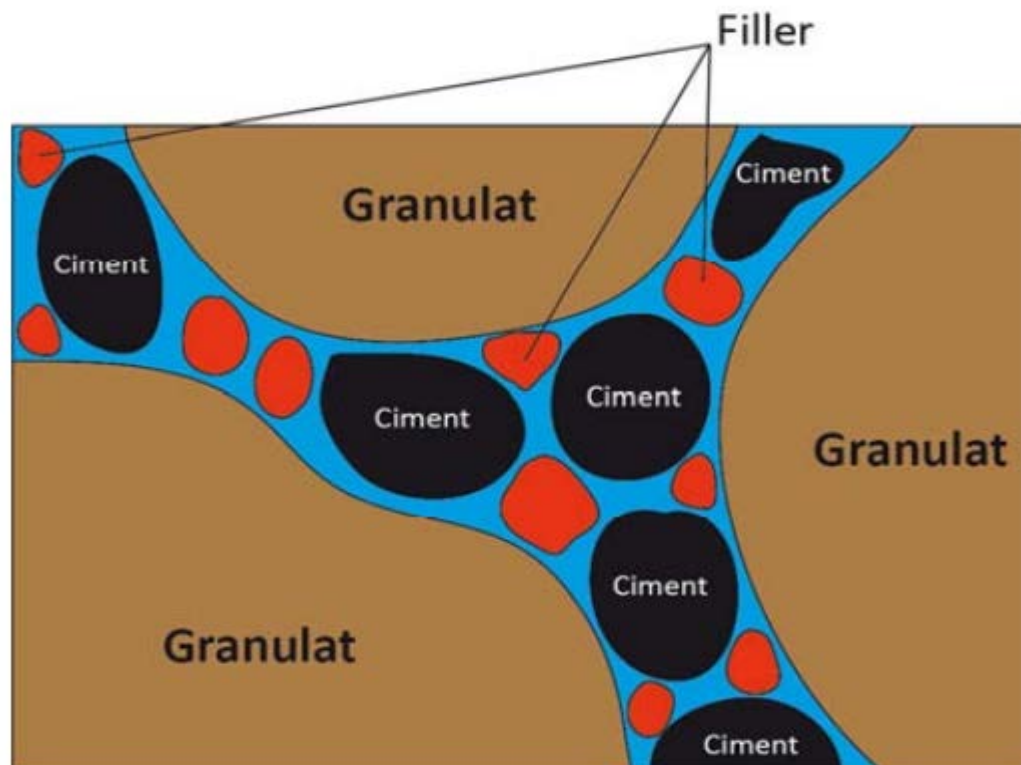


Figure 1.2. Illustration de l'effet filler [P.Diederich, 2010]

Les additions calcaires sont des additions de Type I classées comme quasiment inertes. Les critères qui les définissent dans la norme NF P18-508 [NF P18-508] représentent des propriétés physiques et chimiques.

Si l'addition calcaire répond aux critères de conformité de la norme NF P18-508, elle peut alors être prise en compte lors de la formulation du béton pour des dosages prescrits par la norme NF EN 206-1 [NF EN 206-1]. Dans ce contexte une partie du filler calcaire peut être utilisée dans le calcul du liant équivalent en respectant les restrictions.

$$\text{Liant équivalent} = L_{eq} = C + kA$$

Avec :

C : dosage en ciment en kg/m³.

A : quantité de l'addition en kg/m³.

k : coefficient de prise en compte de l'addition à condition que l'indice d'activité de l'addition calcaire soit supérieur à 0,71.

I.3.2. Influence des fillers calcaires sur les propriétés des bétons :

Si un filler calcaire est essentiellement utilisé comme une addition inerte permettant de remplacer une partie du ciment et éventuellement d'augmenter le volume de poudre dans le béton, son influence sur les propriétés du béton depuis l'état frais jusqu'à l'état durci est un aspect important à prendre en compte pour limiter l'apparition de désordres (homogénéité, aspect de surface, baisse des résistances)

I.4. Définition du Mortier Normal (En 196-1)

Le mortier normal est un mortier qui sert à définir certaines caractéristiques d'un ciment et notamment sa résistance. Ce mortier est réalisé conformément à la norme (pour déterminer la consistance de la pâte de ciment). Le sable utilisé est un sable appelé "sable normalisé CECN EN 196-1", lui-même étant défini par rapport à un "sable de référence CEN". Ce sable est commercialisé en sac plastique de 1350 + 5g. Sa courbe granulométrique doit se situer à l'intérieur du fuseau indiqué sur la figure (1.3)

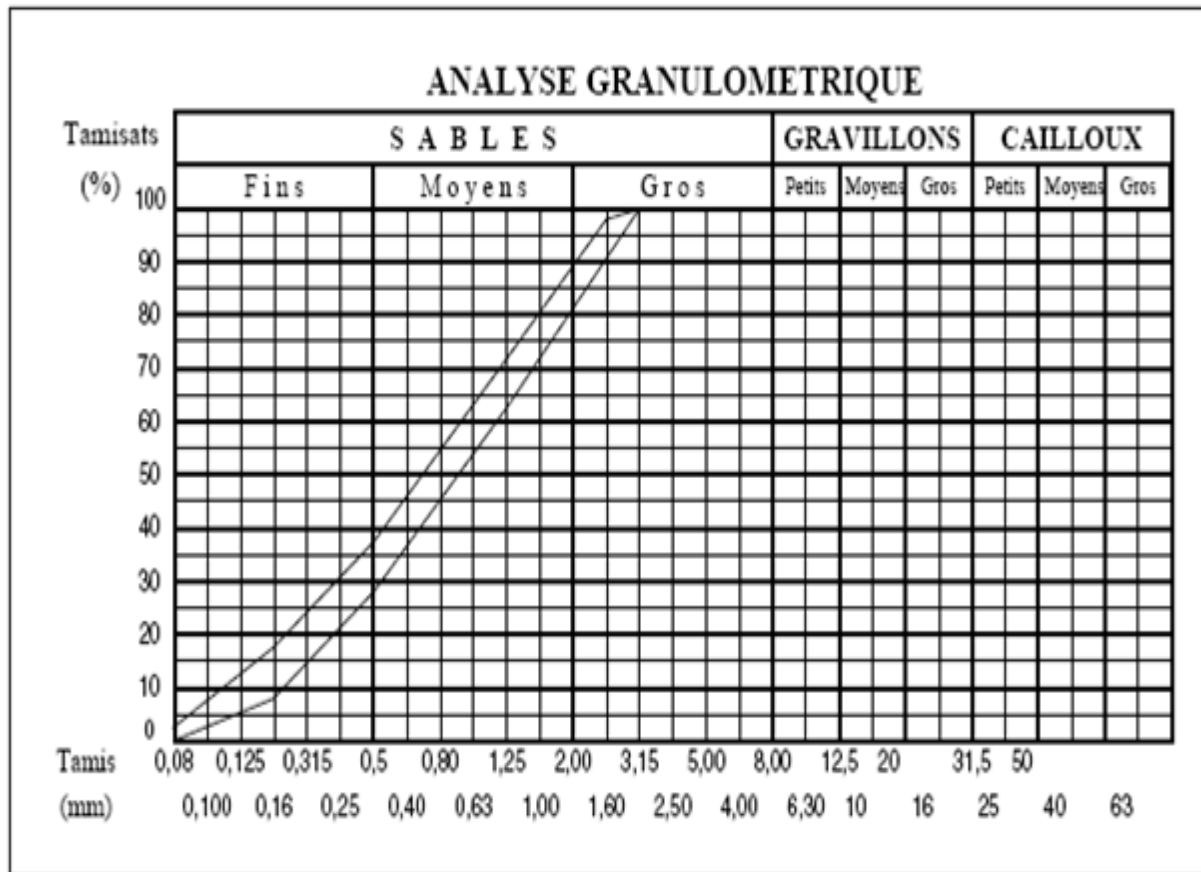


Figure I.3. : Composition granulométrique du sable de référence CEN

La composition du mortier à tester est le suivant :

- sable normalisé = $1350 \text{ g} \pm 5 \text{ g}$.
- ciment = $450 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$.
- eau de gâchage = $225 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ (le rapport de E/C est donc 0,50).

Avant d'être utilisé pour les différents essais de maniabilité, de prise, de résistance ou de retrait, on mélange la composition d'un mortier pendant 4 minutes conformément aux prescriptions de la norme :

- Introduire l'eau en premier dans la cuve du malaxeur ; y verser ensuite le ciment ; mettre ensuite le malaxeur en marche à vitesse lente.
- Après 30 secondes de malaxage, on introduit régulièrement le sable pendant les 30 secondes suivants. On met alors le malaxeur à sa vitesse rapide et on continue le malaxage pendant 30 secondes supplémentaires.
- On arrête le malaxeur pendant 1 min 30s. Pendant les 15 premières secondes on enlève au moyen d'une raclette en caoutchouc tout le mortier adhérant aux parois et au fond du récipient en le repoussant vers le milieu de celui-ci.

- On reprend ensuite le malaxage à grande vitesse pendant 60 secondes.

Tableau 1.5. Etapes pour la confection d'un mortier normal [EN 196-1]

Operations	Introduction de l'eau ensuite le ciment	Introduction du sable			Raclage de la cuve	Malaxage	
		30 s	30 s			30 s	15 s
Dure des opérations		30 s	30 s	30 s	15 s	1min et 15 s	60 s
Etat du malaxeur	Arrêté	Vitesse lente		Vitesse rapide	Arrêté	Vitesse lente	Vitesse rapide

I.5. Synthèse des travaux réalisés sur les paramètres influençant le comportement des mortiers :

Les caractéristiques des différents constituants du mortier ont des influences plus ou moins importantes sur les propriétés des mortiers. Cette synthèse qui se penche sur des travaux déjà réalisées vas nous fournir des informations qui vont nous être utiles pour comprendre et cerner certains paramètres sur le comportement du mortier.

I.5.1. Influence du rapport E/C sur le comportement du mortier

La résistance est en relation directe avec la porosité de la pâte de ciment : Cette porosité résulte principalement de la valeur du rapport E/C. Ainsi, la résistance à la compression est directement liée au rapport E/C. [Baron J, et Olivier J .P. 1999]

Selon la recherche de A.PERTUE les figures (I.4, I.5) présentent l'évolution de la résistance à la compression des pâtes de ciment CEM I et CEM III en fonction du rapport Eau/Ciment à 20°C. Pour les deux types de ciment, on constate que quel que soit le type de ciment, que plus la quantité d'eau de gâchage est important, plus la résistance en compression est faible. Le rapport E/C exerce une grande influence sur la porosité de la pâte de ciment hydratée car il gouverne directement l'espacement initial entre les grains de ciment en suspension dans l'eau de gâchage. Plus le rapport Eau/Ciment est faible, plus la porosité diminue. Ceci se traduit

directement par une augmentation des propriétés mécaniques de la matrice cimentaire, quel que soit le type de ciment considéré. [Pertue A 2008]

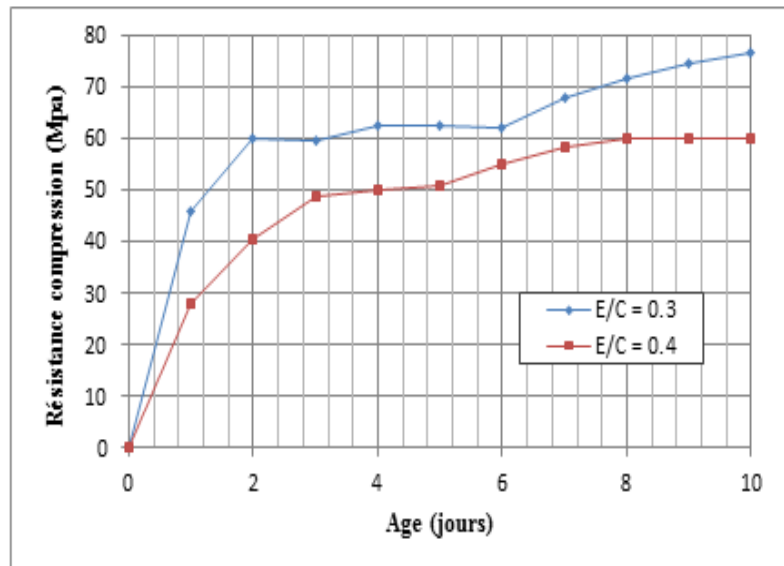


Figure I.4 : Evolution de la RC des pâtes de ciment CEM I à 20° C

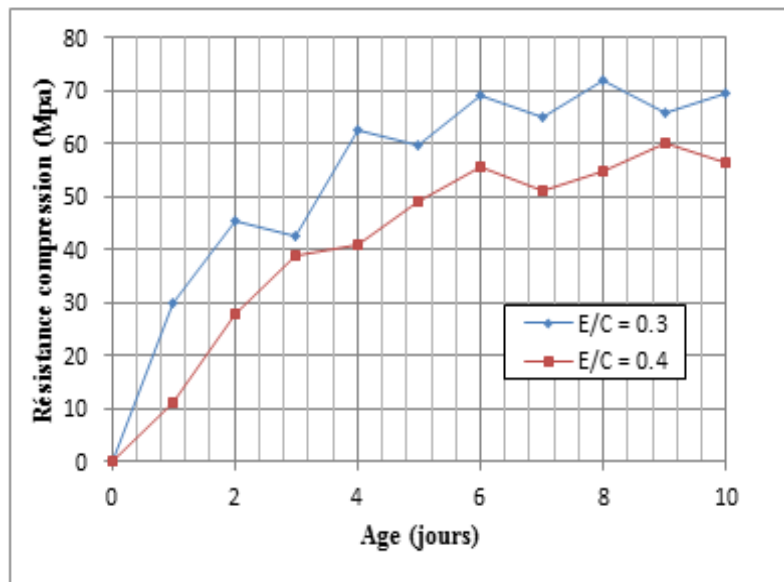


Figure I.5 : Evolution de la RC des pâtes de ciment CEM III à 20° C

Pour F. GUILLAUME il a précisé qu'une augmentation du dosage en eau aura une incidence directe sur les performances mécaniques qui sont :

- Une baisse de la résistance à la compression / flexion.
- Une baisse de la compacité.
- Une augmentation de la porosité.

- Une augmentation de la perméabilité.

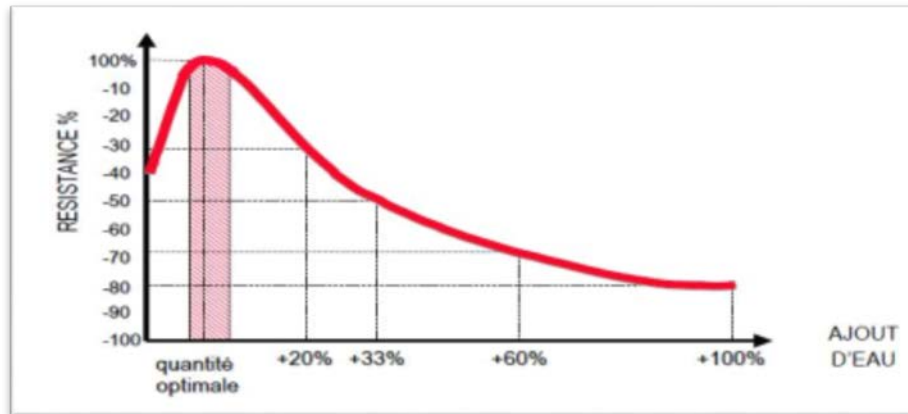


Figure.I.6 : influence de l'ajout d'eau sur la résistance du mortier [F. guillaume 2010]

Le rapport eau/ciment aura également une influence très importante sur la rhéologie du mortier. C'est le moyen le plus simple pour régler la consistance d'un matériau cimentaire. Néanmoins, l'augmentation du dosage en eau entraîne une diminution de la résistance à l'état durci et de la durabilité en influant nettement sur la porosité finale [THOMAS Point, 2014].

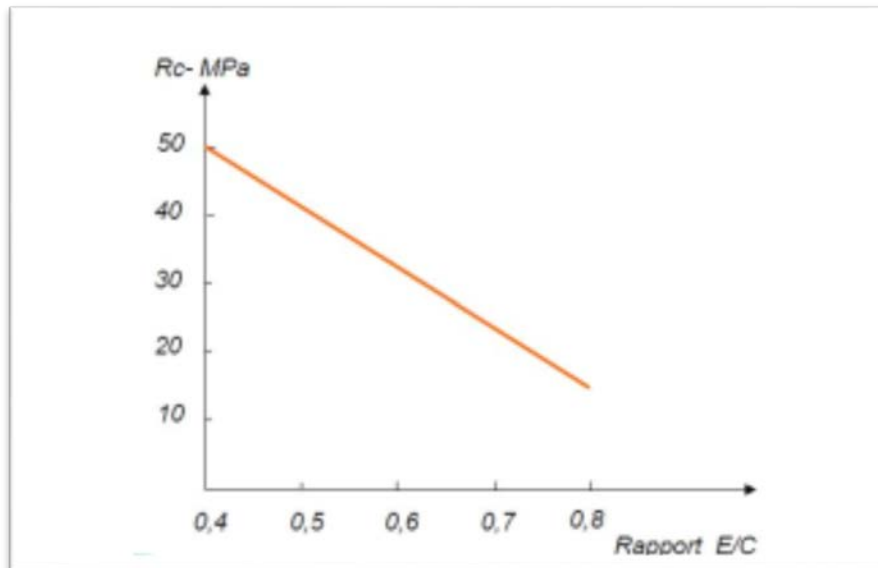


Figure I.7 : influence du rapport E/C sur la résistance du mortier [THOMAS point 2014]

I.5.2. Caractéristiques du filler influençant les propriétés à l'état frais :

La finesse d'un filler joue naturellement un grand rôle sur l'écoulement (effet d'enroulement) du mortier. Mais des résultats contradictoires apparaissent selon la définition donnée à la finesse et la relation avec la demande en eau du mortier ou du béton. Les composés secondaires et les

impuretés contenus dans le filler sont également à prendre en considération ce qui est illustré dans les travaux suivant :

- Pour les travaux de LEGRAND la Surface spécifique des fillers calcaires sont composés de particules de dimensions inférieures à $125\mu\text{m}$, leur surface spécifique joue un rôle prépondérant sur l'écoulement en suspension [Legrand, 1971].
- Selon Michel et al en travaillant à l'échelle de la suspension de filler, il y'a une relation directe entre la demande en eau mesurée par l'intermédiaire du β_p (demande en eau déterminée à partir d'une combinaison de mesures [Michel, 2007].
- concernant les travaux de Filltech il a observé qu'une augmentation de la demande en eau va de soit avec une augmentation de la surface spécifique BET [Filltech, 2007].

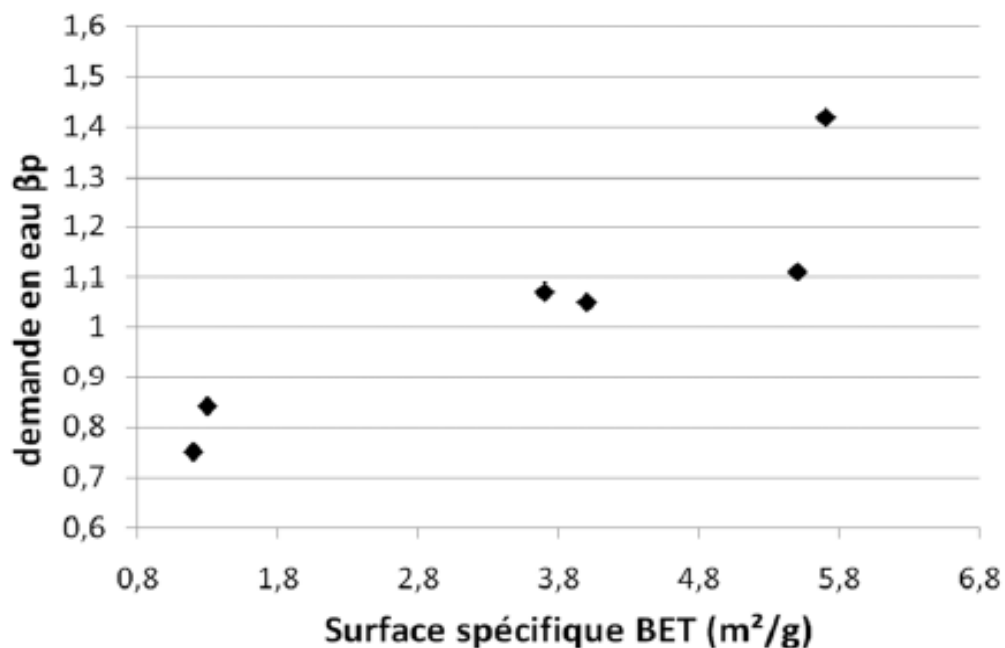


Figure.1. 8 : relation entre la demande en eau d'un filler et sa surface spécifique BET [Michel, 2016]

La conclusion de ces travaux montre que la surface spécifique importante du filler calcaire induit une demande en eau plus importante, celle-ci va alors influencer les propriétés d'écoulement des mélanges cimentaires à l'état frais et une influence sur les propriétés mécaniques à l'état durci.

I.5.3. Fillers calcaire et résistance mécanique :

Selon les études faite par [Michel, 2007], [Topçu, 2003], [Felekoglu, 2007]; montre que l'utilisation de filler permet l'amélioration des résistances mécaniques des mélanges cimentaires (pâte, mortier, béton). Cet effet positif dépend fortement du dosage en filler et le maximum de

résistance est généralement atteint avec un taux de substitution de 10%. Au-delà, l'effet du filler n'entraîne pas de modification des résistances ou alors entraîne une diminution.

D'après Lawrence et dans son étude il a constaté qu'une augmentation de la finesse du filler permet d'améliorer les résistances des mélanges cimentaires sur mortier [Lawrence, 2000]. Cette influence positive du filler sur les résistances mécaniques des bétons peut être expliquée par deux phénomènes. Tout d'abord, l'ajout de filler fin permet d'améliorer la densité de la matrice générale du béton et plus spécifiquement de la zone de transition pâte-granulats. D'un autre côté, bien que qualifié d'addition inerte, le filler calcaire influe sur l'hydratation du ciment en servant de site de nucléation.

I.5.4. Fillers calcaire et durabilité du béton :

Boel et al dans son étude sur la durabilité des bétons, trouvent une perméabilité au gaz plus importante pour les bétons contenant du filler calcaire. La pénétration d'agents nocifs (CO_2 , chlorure...) est reliée en grande partie au taux de fillers. Donc, c'est un point essentiel si l'on veut étudier leur comportement à long terme. Il constate, que ce soit au gaz ou à l'eau que les résultats semblent contradictoires suivant les études réalisées. Concluant que pour pouvoir interpréter ces résultats, il faudrait tenir compte du fait que les essais de perméabilité sont fortement dépendants du pré-traitement (température, durée de séchage) appliqué aux échantillons.

Les essais de Assié et al [Assié, 2007] et de Zhu et al [Zhu, 2003] montrent qu'elle est égale voire inférieure à celle de bétons sans filler. Les résultats trouvés pour la perméabilité à l'eau varient suivant les recherches effectuées

I.5.5. Travaux de benachour et al. 2008 :

Le travail fait par benachour a pour but d'étudier l'influence de l'ajout de fillers calcaires 0/100 μm sur les mortiers et l'identification des proportions maximales que l'on peut introduire sans compromettre la qualité du béton. L'étude consiste à confectionner des mortiers contenant des sables reconstitués de manière à avoir un taux de fillers de 0, 15, 25, 35 et 45 %. La variation a été étudiée en maintenant une maniabilité constante. Les propriétés physiques, mécaniques, microstructural de la durabilité ont été étudiées.

Les résultats obtenus montrent que les mortiers sont très influencés par l'ajout de fillers et mettent en évidence l'existence d'un taux optimum de performances. L'ajout d'un pourcentage élevé de fines (jusqu'à 35%) ne semble pas affecter les caractéristiques mécaniques et hydrauliques du mortier.

Par contre la masse volumique et la porosité sont très influencées par l'ajout de fines calcaire. Au-delà de 15 % de fillers (figure I.9) il a été observé une chute progressive de la densité par palier de 2,7 à 2,9 % et une augmentation de la porosité jusqu'à atteindre une valeur double. En revanche, la résistance à la compression (figure I.10) est meilleure qu'avec le mortier de référence pour des taux de fillers allant jusqu'à 35 %. (Benachour et al. 2008)

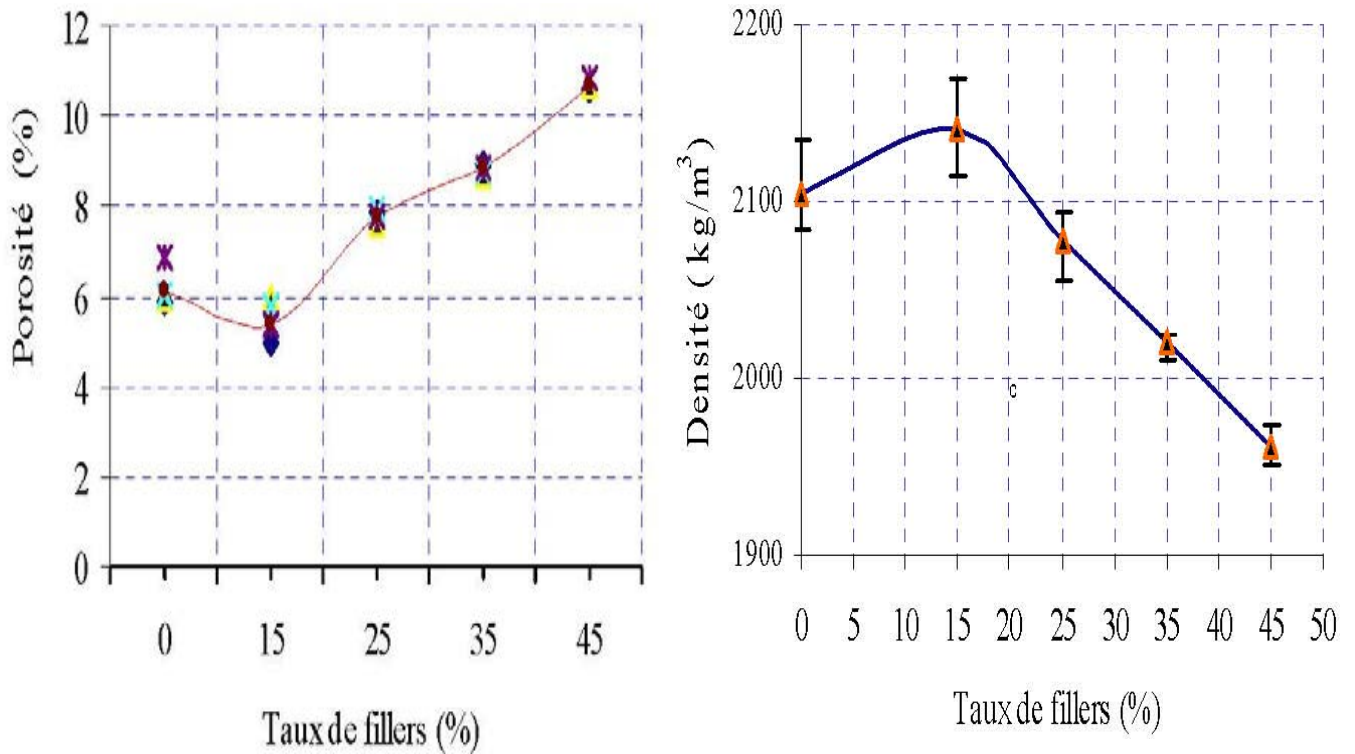


Figure I.9 : évolutions de la porosité en fonction de taux de fillers.

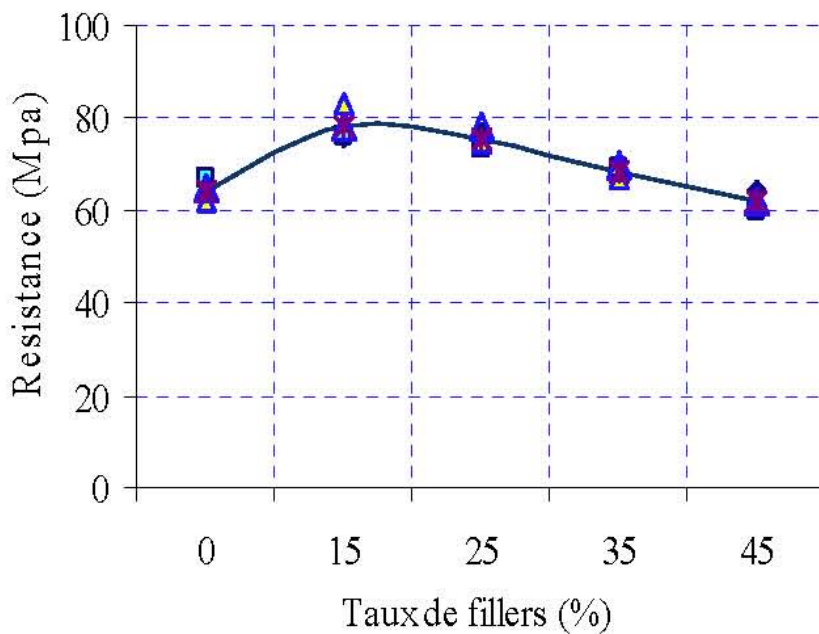


Figure I.10 : évolution de la résistance en fonction du taux de fillers

I.5.6. L'effet des additions dans le mortier sur le besoin en adjuvants :

L'utilisation d'un adjuvant fluidifiant afin de contenir l'effet granulaire des additions minérales sur le besoin en eau et sur la consistance des mortiers permet de définir une nouvelle notion, celle du besoin en adjuvant induit par les additions minérales l'hypothèse de départ est que ce besoin en adjuvants est directement lié à la variation du besoin en eau induite par les additions dans des mélanges non adjuvés. [Anissa Bissa et Badreddine, 2004]

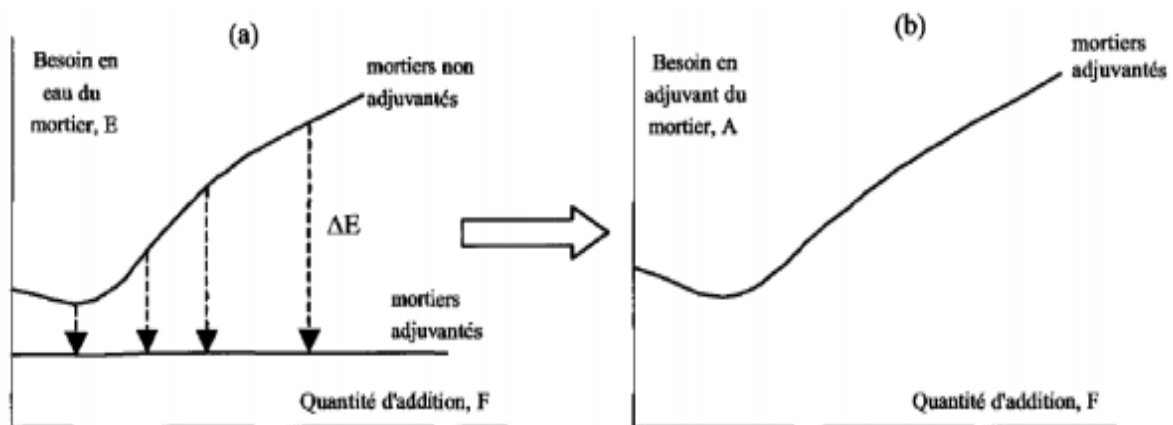


Figure I.11 : principe des formulations de mortier avec addition à quantité d'eau et à consistance constante [Anissa Bissa et Badreddine, 2004]

Afin de mieux illustrer cette relation. Anissa Bissa et Badreddine proposent de prendre l'exemple d'une addition minérale présentant un effet granulaire défavorable pour les forts taux de substitutions en ciment. Si la consistance du mortier est maintenue constante, cet effet granulaire se traduit en absence d'adjuvant par une augmentation du besoin en eau E, pour les quantités élevée de d'addition F incorporées dans le mélange (a).

L'introduction de l'adjuvant en quantités appropriée : A permet de contenir l'effet granulaire de l'addition sur le besoin en eau et de ramener toutes les formulations du mortier à une quantité d'eau constante tout en maintient inchangée la consistance du mélange frais (b)

Dans ces conditions, l'effet granulaire de l'addition se traduit automatiquement en 'un besoin en adjuvant' variable selon l'intensité du frottement des grains solides dans le mélange(b) [Anissa Bissa et Badreddine, 2004]

Chapitre II

Caractérisation des matériaux

Introduction :

Pour confectionner un mortier et avoir une estimation de ces performances il faut connaître les caractéristiques de ces différents constituants. La caractérisation des matériaux est indispensable pour toute recherche ou étude d'investigation, parce que chacune de ces caractéristiques a une influence importante sur les résultats d'étude.

Ce chapitre, sera consacré à la détermination des caractéristiques des différents matériaux entrant dans la composition du mortier selon les normes et leurs classifications.

II.1. Caractérisation des matériaux**II.1.1. Ciment :** (*voir annexe A*)

Le ciment utilisé dans ce travail est un ciment portland composé (CEM II/42.5), produit par la cimenterie de Hammam Eddalaa (Msila) dont les caractéristiques chimiques, minéralogiques et physiques sont portées sur le Tableau II.1.

Tableau II.1 : caractéristiques du ciment CEM II/42.5

Ciment	Caractéristique					
Composition chimique	Perte au feu (%) 9.75	Résidus insolubles (%) 1.35	Sulfates (%) 2.35	Oxyde de magnésium MgO (%) 1.6	Teneur en chlorures Cl (%) 0.03	Equivalent en alcalis (%) 0.525
Composition Minéralogique	C3S 61	C2S 15	C3A 7	C4AF 11		
Propriétés Physique	Début de prise 2h 45 min	Fin de prise 4h 5 min	Expansion (mm) 1.40	Finesse de Blaine (cm²/g) 4700		

II.1.2. Adjuvant : (*voir annexe B*) :

L'adjuvant utilisé pour cette présente étude est un plastifiant, commercialisé sous le nom **SIKAPLAST BV 40+**, à base de polycarboxylates modifiés qui se présente sous la forme d'un liquide. Le Tableau II.2 présente quelques caractéristiques de ce produit.

<i>Caractéristiques de SIKAPLAST BV 40+</i>	
Molécule	Polycarboxylate
Densité	1,040 ± 0,015
Forme	Liquide
PH	4,7 ± 1
Extrait sec	11,5 ± 1,5 %
Couleur	Marron

Tableau II.2.
Caractéristiques de
l'adjuvant

II.1.3. Fillers

II.1.3.1. Analyse minéralogique des fillers :

L'analyse minéralogique des matériaux utilisés. Réduits en poudre, est faite selon la méthode de diffraction des rayons X, cette méthode permet de définir les différentes phases cristallines composant le matériau. Chaque minérale possède un spectre caractéristique de diffraction des rayons X, en fonction de l'incidence 2θ de la source des rayons X sur leurs plans cristallins.

Pour les fillers récupérées par tamisage à sec sous un tamis 63 μm du sable de concassage. Les spectres et leurs identifications sont représentés ci-dessous.

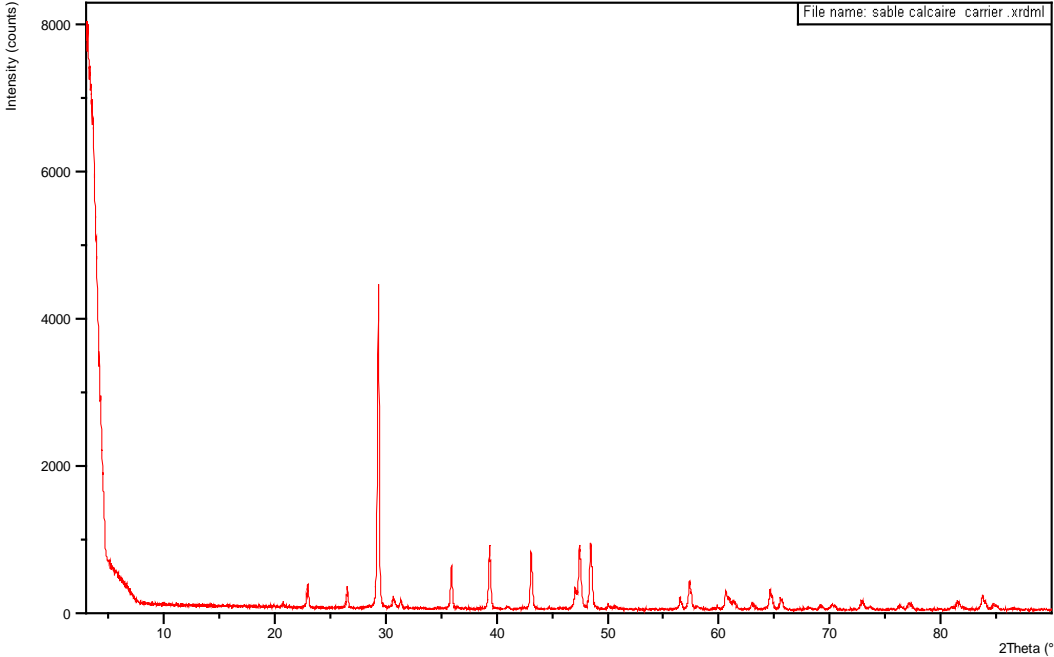


Figure II.1 : Spectre de la DRX des fines de sables 0/4.

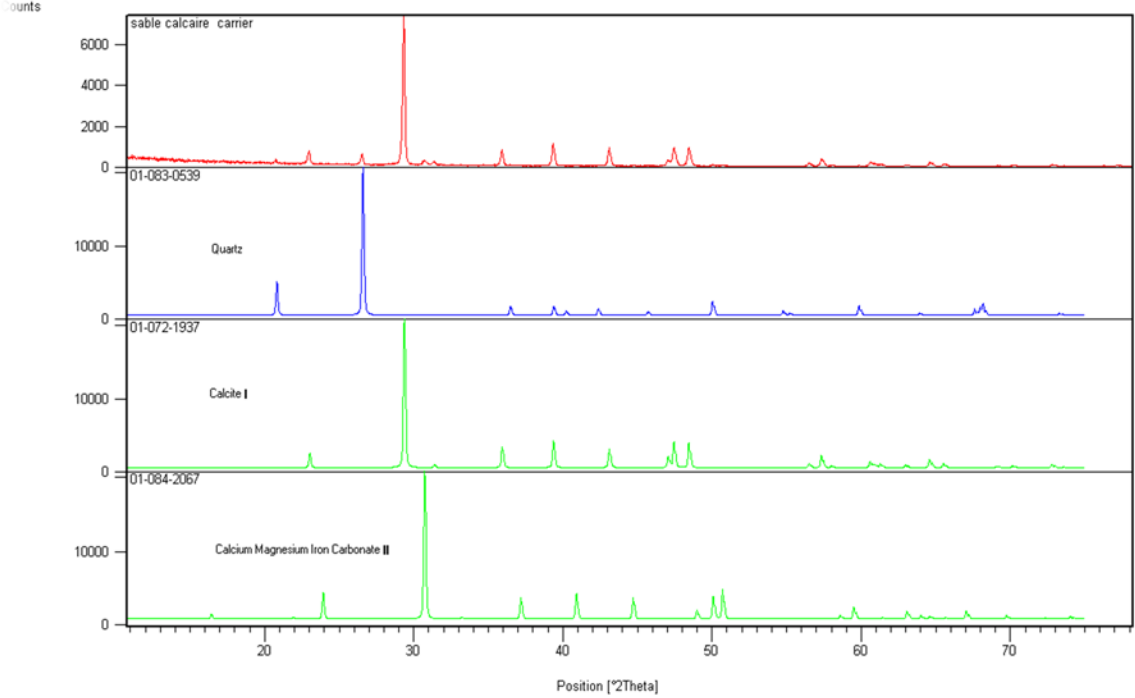


Figure II.2 : Paternes d'identification des fines de sable 0/4

L'analyse par diffraction des rayons X des fines du sable de concassage montre l'existence de trois minéraux qui sont la calcite (CaCO_3), de Quartz (SiO_2) et de l'Ankérite ($\text{CaMg}_{0.27}\text{Fe}_{0.73}(\text{CO}_3)_2$).

II.1.4. Sable de concassage 0/4

II.1.4.1. Analyse granulométrique :

II.1.4.1.1. Norme P18 560 :

La présente norme s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle, utilisés dans le domaine du bâtiment et du génie civil.

Naturel : d'origine minérale, issus de roches meubles (alluvions) ou de roches massives, n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique (tels que concassage, broyage, criblage, lavage).

II.1.4.1.2. Principe de l'essai

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue.

Les masses des différents refus ou celles des différents tamisât sont rapportées à la masse initiale de matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique).

II.1.4.1.3. But de l'essai :

L'analyse granulométrique a trois buts :

- Déterminer les dimensions des grains.
- Déterminer les proportions de grains de même dimension (% pondéral).
- Déduire le module de finesse (MF).

II.1.4.1.4. Matériel nécessaires :

- Bacs, brosse, pinceau
- Balance compatible avec les masses à peser et avec une précision relative de 0.1 %
- Etuve ventilée réglée à $105^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$
- Des tamis avec des ouvertures carrées et de dimension normalisée.

- Tamiseur électrique



Figure.II.3 : Tamiseur électrique et une colonne de tamis (laboratoire de génie civil université de Bejaia)

II.1.4.1.5. Résultats de l'analyse granulométrique :

La série de tamis utilisé pour l'analyse granulométrique du sable 0/4 est la suivante : **0.08, 0.16, 0.315, 0.63, 1.25, 1.6, 2, 2.5, 3.15, 4, 5** mm et les résultats sont résumés dans le tableau (II.3)

Tableau.II.3. Résultats de l'analyse granulométrique du sable de concassage 0/4

La détermination de l'échantillon initial du sable est obtenue par la relation suivante :

$$M > 0.2 D \text{ max}$$

Masse nette de l'échantillon soumis à l'essai égale à 1110,55 grammes				
ouvertures des tamis	masse des refus en (g)	masse des refus cumulé «Ri'' en (g)	pourcentage des refus cumulé $[(Ri/Ms)*100]$	pourcentage des tamisats cumulé $100-[(Ri/Ms)*100]$
5	0,00	0,00	0,00	100,00
4	28,28	28,28	2,55	97,45
3,15	104,87	133,15	12,01	87,99
2,5	131,90	265,05	23,91	76,09
I	118,52	383,57	34,60	65,40
1,6	108,95	492,52	44,43	55,57
1,25	100,51	593,03	53,50	46,50
0,63	190,77	783,80	70,70	29,30
0,315	118,28	902,07	81,37	18,63
0,16	62,49	964,56	87,01	12,99
0,08	36,40	1000,96	90,29	9,71
<0,08	107,60	1108,56	100,00	0,00

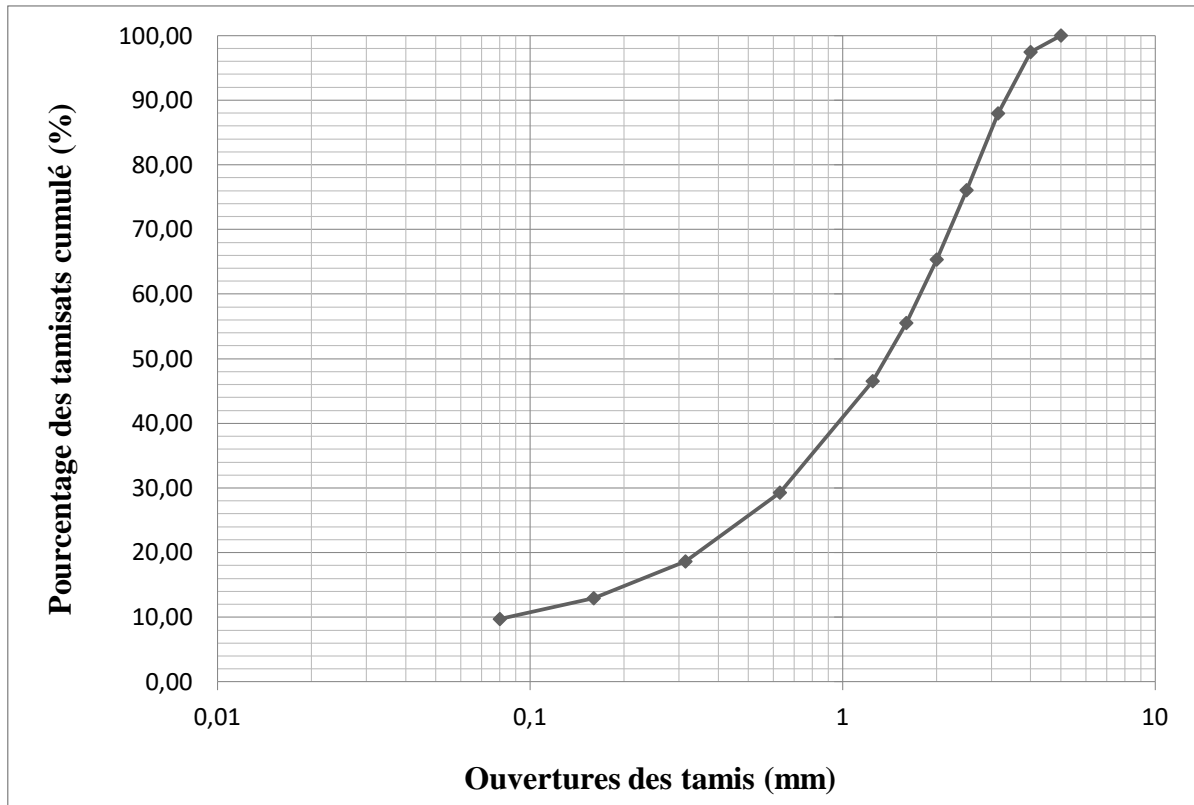


Figure.II.4 : la courbe granulométrique du sable concassage 0/4

II.1.4.2. Module de finesse (MF)

Le module de finesse est une caractéristique importante surtout en ce qui concerne les sables. Un bon sable doit avoir un module de finesse MF compris entre 2,2 et 2,8 ; au-dessous, le sable comprend majoritairement d'éléments fins et très fins, ce qui nécessite une augmentation du dosage en eau ; au-dessus de ces valeurs, le sable manque de fines et le béton y perd en ouvrabilité.

- **Pour $1,8 < MF < 2,2$** : le sable est à utiliser si l'on recherche particulièrement la facilité de mise en œuvre au détriment probable de la résistance.
- **Pour $2,2 < MF < 2,8$** : le sable est à utiliser si l'on recherche une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégation limités.
- **Pour $2,8 < MF < 3,2$** : le sable est à utiliser si l'on recherche des résistances élevées au détriment de l'ouvrabilité et avec des risques de ségrégation.
- **Pour $MF > 3,2$** : le sable est à rejeter.

Le module de finesse est égale au 1/100 de la somme du refus cumulé exprimé en pourcentage sur les différents tamis de la série suivante : 0,16-0,315-0,63-2,5-5 mm

Ce paramètre est en particulier utilisé pour caractériser la finesse des sables (NF P 18-540).

$$MF = \frac{\sum Rc}{100} \dots (2.1).$$

Avec :

Rc : refus cumulé en (%) sous les tamis de module 23 à 38.

II.1.4.2.1. Résultats module de finesse MF :

Le sable utilisé est un sable qui à un module de finesse élevé qui atteint 3.17 % proche de la limite 3.2 % le tableau ci-dessous résume les résultats.

Tableau II.4. Résultats du module de finesse du sable de concassage 0/4.

ouverture des tamis en mm	refus cumulés du sable en %
5	0
2,5	23,91
1,25	53,50
0,63	70,70
0,315	81,37
0,16	87,37
$Mf = \sum \text{refus} / 100$	3,16

II.1.4.3. Propreté de sable**II.1.4.3.1. Equivalent de sable à 10 % de fines (la norme NF P 18 -597) :**

Il est défini par la norme NF P 18-597 ; cet essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 2 mm et dont la proportion des éléments passant au tamis à mailles carrées de 0.08 mm a été ramenée à 10% à l'aide d'un sable correcteur (si cette teneur en fines est supérieure à 11 %). Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fin, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fin qui flocculent.

a) But de l'essai :

Cet essai utilisé de manière courante pour évaluer la propreté des sables entrant dans la composition des bétons. L'essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sol des éléments sableux plus grossiers. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui-ci.

b) Conduite de l'essai :

- La solution lavante ayant été siphonnée dans l'éprouvette cylindrique, jusqu'au trait repéré inférieur, la prise d'essai humide, correspondante à une masse sèche de $120 \pm 1g$ du matériau, est versée soigneusement à l'aide de l'entonnoir dans l'éprouvette posée verticalement.

Tableau II.5. Les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable

ES à vus	ES au piston	Nature et la qualité du sable
ES < 65%	ES < 60%	<i>Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement. Sable à rejeter pour des bétons de qualité ou vérification plus précise de la nature des fines par un essai au bleu de Méthylène.</i>
65% < ES < 75%	60% < ES < 70%	<i>Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand le retrait n'a pas de conséquence notable sur la qualité du béton.</i>
75% < ES < 85%	70% < ES < 80%	<i>Sable propre à faible proportion de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.</i>
ES > 85%	ES > 80%	<i>Sable très propre. L'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra compenser par une augmentation du dosage en eau.</i>

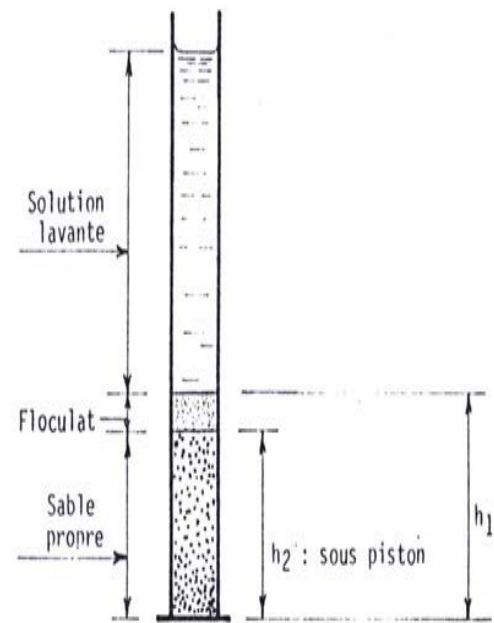


Figure.II.5 : Essai d'équivalent de sable.

II.1.4.3.2. Résultats du test d'équivalence du sable

Selon les résultats obtenus l'équivalent du sable visuelle nous indique que notre sable est légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante. Par contre l'équivalent du sable à piston nous situe dans un sable propre à faible proportion de fines argileuses tableau (II.6).

Tableau II.6. Résultats du test d'équivalent du sable visuelle et à piston.

	Récipient 1	Récipient 2	Récipient 3
H1 en (cm)	10,1	10,8	10
H2 en (cm)	7,7	7,8	7,4
H2 piston en (cm)	7,6	7,5	7,3
ESV	76,23	72,22	74
ESP	75,25	69,44	73
ESV moyenne		74.15	
ESP moyenne		72,56	

II.4.4. Masses volumiques de sables (NF P 18-554, NF P 18-555) :**II.4.4.1. Masse volumique absolue :**

La masse volumique absolue ρ_s est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre les grains. Il ne faut pas confondre ρ_s avec la masse volumique ρ qui est la masse du matériau par unité de volume, celui-ci intégrant à la fois les grains et les vides. Les masses volumiques s'expriment en t/m^3 , en kg/dm^3 , ou en g/cm^3 .

a) But de l'essai :

Cet essai a pour but de connaître la masse d'une fraction granulaire. Ce paramètre permet, en particulier, la détermination de la masse ou du volume des différentes classes granulaires malaxées pour l'obtention d'un béton dont les caractéristiques sont imposées.

b) Conduite de l'essai :

- Remplir une éprouvette graduée avec un volume V_1 d'eau.
- Peser un échantillon sec M_s du granulat (environ 100g) et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.
- Le liquide monte dans l'éprouvette. Lire le nouveau volume V_2 .

La masse volumique est alors :

$$\rho_s = \frac{M}{V_2 - V_1} \dots \dots \dots (II.3)$$

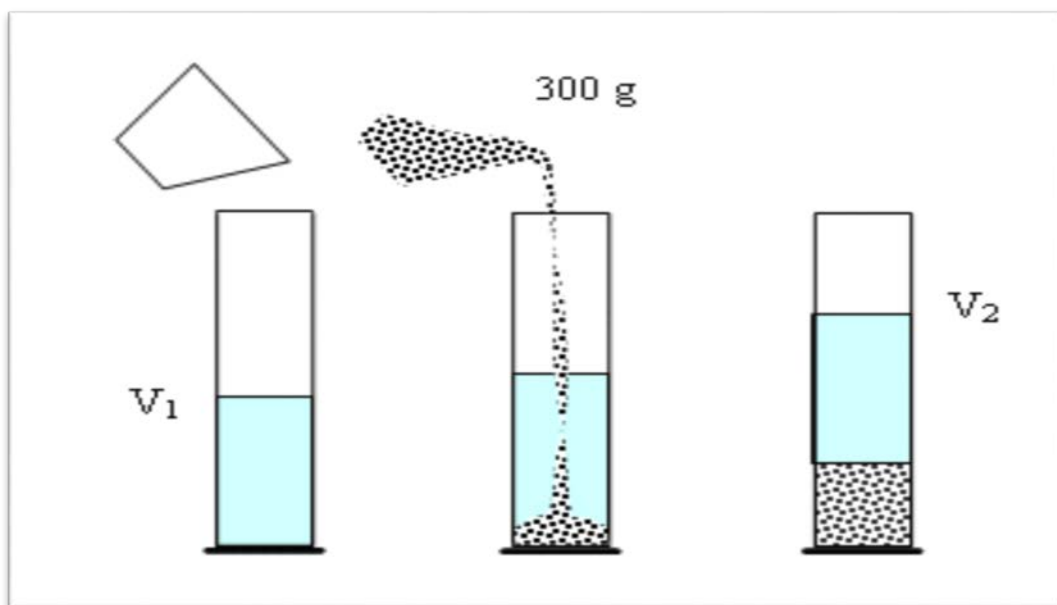


Figure.II.6 : méthode d'éprouvette

II.4.4.1.1. Résultats de la masse volumique absolue :

La masse de chaque prise d'essai du sable 0/4 est de 300 g ; Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.7. Résultats de la masse volumique absolue du sable 0/4

	Récipient 1	Récipient 2	Récipient 3
volume d'eau V1	500	550	530
Volume d'eau + sable V1	620	667	652
ρ_s (g/cm³)	2,5	2,56	2,46
ρ_s moyenne (g/cm³)	2,51		

II.4.4.2. Masse volumique apparente :

C'est la masse de l'unité de volume apparent de corps, c'est-à-dire, du volume constitué par la matière du corps et les vides qu'elle contient.

Détermination de la masse volumique apparente :

- Après le quartage et étuvage du matériau, verser le matériau à 10 cm au-dessus de récipient de volume V jusqu'au débordement (formation d'un cône)
- Araser avec soin à l'aide d'une réglette plate la couche débordante.
- Peser le récipient plein, soit M' sa masse.
- La masse volumique est donc calculée suivant la formule :

$$\rho = \frac{M' - M}{V} \dots\dots\dots(\text{II.4})$$

- La masse de récipient vide et son volume : $M = 486.48 \text{ g}$ et $V = 1020 \text{ cm}^3$.

II.4.4.2.1 Résultats de la masse volumique apparente :

La masse volumique apparente est donnée dans le tableau ci-dessous

Tableau II.8. Résultats de la masse volumique apparente

	Réipient 1	Réipient 2	Réipient 3
M'en (g)	2090,28	2094,44	2096.30
(M'-M) en (g)	1603,80	1607,96	1609.82
ρ_{ap} (g/cm³)	1,572	1,576	1.578
ρ_{ap} moyenne (g/cm³)		1.575	

Chapitre III

Etude expérimental et interprétation des résultats

III Partie expérimental et interprétation des résultats :

III.1. Objectif du travail :

L'étude expérimentale menée dans ce travail à pour but d'évaluer trois paramètres qui peuvent influencer significativement les propriétés d'un mortier a l'état durci. Ainsi cette étude établira l'effet de la substitution d'une partie du sable concassé par les additions fillers calcaires sur les performances des mortiers. Et soulèvera l'importance d'un rapport Eaux/Ciment adéquat afin de combler la demande d'eau exigée par la finesse des additions ajoutées, et l'importance d'un adjuvant plastifiant qui offre une répartition homogène des fillers.

Pour le besoin de cette étude nous avons confectionné trois séries d'éprouvettes de mortier qui contiennent des sables reconstitués de manière à avoir un taux de fillers précis pour chaque série. Toute en variant les deux autres paramètres qui sont le rapport E/C et le taux d'adjuvant.

La première série : regroupe les différentes combinaisons ayant un taux de fillers fixe de 0% et un rapport E/C=0.3, E/C=0.45, E/C=0.6 et un taux d'adjuvant de 0.3%, 0.9% et 1.5%.

La deuxième série : regroupe les différentes combinaisons ayant un taux de fillers fixe de 10% et un rapport E/C=0.3, E/C=0.45, E/C=0.6 et un taux d'adjuvant de 0.3%, 0.9% et 1.5%.

La troisième série : regroupe les différentes combinaisons ayant un taux de fillers fixe de 20% et un rapport E/C=0.3, E/C=0.45, E/C=0.6 et un taux d'adjuvant de 0.3%, 0.9% et 1.5%.

Le tableau suivant donne les différentes compositions de mortier qui ont servi à notre étude :

Tableau III.1 : taux et proportion des mortiers confectionnés

	Numéro de la combinaison	Rapport Eau/Ciment	Taux d'Adjuvant en %
Série I : <i>Combinaisons avec un taux de fillers calcaires de 00% (mortier sans fillers)</i>	1	0.3	0,30%
	2		0,90%
	3		1,50%
	4	0.45	0,30%
	5		0,90%
	6		1,50%
	7	0.6	0,30%
	8		0,90%
	9		1,50%

<u>Série II :</u> <i>Combinaisons avec un taux de fillers calcaires de 10%</i>	10		0,30%
	11	0.3	0,90%
	12		1,50%
	13		0,30%
	14	0.45	0,90%
	15		1,50%
	16		0,30%
	17	0.6	0,90%
	18		1,50%
<u>Série III :</u> <i>Combinaisons avec un taux de fillers calcaires de 20%</i>	19		0,30%
	20	0.3	0,90%
	21		1,50%
	22		0,30%
	23	0.45	0,90%
	24		1,50%
	25		0,30%
	26	0.6	0,90%
	27		1,50%

III.2. La composition des mortiers :

Les méthodes de formulation des mortiers courants sont basées sur l'optimisation du squelette granulaire en fonction de la granularité des principaux composants (sable et ciment) afin d'obtenir une compacité maximale du mélange pour une ouvrabilité fixée.

Dans le cadre de cette étude, on utilise la méthode de formulation de mortier Normalisé NF EN 196-1. Le mortier doit être composé en masse, d'une partie de ciment, de trois parties de sable et d'une demi-partie d'eau.

Afin d'avoir des bons résultats de la résistance mécanique du mortier on a opté pour chaque combinaison, une moyenne de trois mesures prises sur trois éprouvettes à l'âge de 7, 14 et 28 jours.

Ce qui nous a induit à confectionner 243 éprouvettes cubique de dimension (40*40*40) mm³ dont les quantités des matériaux utiliser sont résumé dans le tableau qui suit :

Tableau III.3 : les masses des matériaux pour la confection de chaque combinaison

N° de la combinaison	Fillers calcaire (g)	Ciment (g)	Eau (g)	Sable de concassage (g)	Adjuvant (g)
1	0	450	135	1350	1.35
I	0	450	135	1350	4.05
3	0	450	135	1350	6.75
4	0	450	202.5	1350	1.35
5	0	450	202.5	1350	4.05
6	0	450	202.5	1350	6.75
7	0	450	270	1350	1.35
8	0	450	270	1350	4.05
9	0	450	270	1350	6.75
10	135	450	135	1215	1.35
11	135	450	135	1215	4.05
12	135	450	135	1215	6.75
13	135	450	202.5	1215	1.35
14	135	450	202.5	1215	4.05
15	135	450	202.5	1215	6.75
16	135	450	270	1215	1.35
17	135	450	270	1215	4.05
18	135	450	270	1215	6.75
19	270	450	135	1080	1.35
20	270	450	135	1080	4.05
21	270	450	135	1080	6.75
22	270	450	202.5	1080	1.35
23	270	450	202.5	1080	4.05
24	270	450	202.5	1080	6.75
25	270	450	270	1080	1.35
26	270	450	270	1080	4.05
27	270	450	270	1080	6.75

III.3. Procédure de gâchage :

Tous les mélanges ont été fabriqués dans un malaxeur d'une capacité maximale de 5 L.(voir **figure III.1**).

La même procédure de gâchage a été utilisée pour tous les mortiers :

- Introduire l'eau + l'adjuvant en premier dans la cuve du malaxeur ; y verser ensuite le ciment ; mettre le malaxeur en marche à vitesse lente.
- Après 30 seconds de malaxage, introduire régulièrement le sable pendant les 30 secondes suivantes. Mettre alors le malaxeur à sa vitesse rapide et continuer le malaxage pendant 30s supplémentaires.
- Arrêter le malaxeur pendant 1 min 30 seconds. Pendant les 15 premières secondes enlever au moyen d'une raclette en caoutchouc tout le mortier adhérent aux parois et au fond du récipient en le repoussant vers le milieu de celui-ci.
- Reprendre ensuite le malaxage à grande vitesse pendant 60 seconds.



Figure III.1 : Malaxeur de capacité de 5 litre (laboratoire de génie civil .Bejaia)

III.4. Préparation des éprouvettes :

Le nombre d'éprouvettes à prévoir dépend du mode de conservation, des échéances de casse prévues et du nombre d'éprouvettes à casser à chaque échéance. Le plan expérimental comporte donc, dans le cas général, au minimum 324 éprouvettes.

Nous optons pour les moules métalliques de dimension (40*40*160) mm (figure III.2) et on a choisi de sectionné, après remplissage, le mortier à l'état frais dans moules avec des feuilles métalliques (figure III.3) afin de produire des cube de (40*40*40) mm³ (figure III.4)

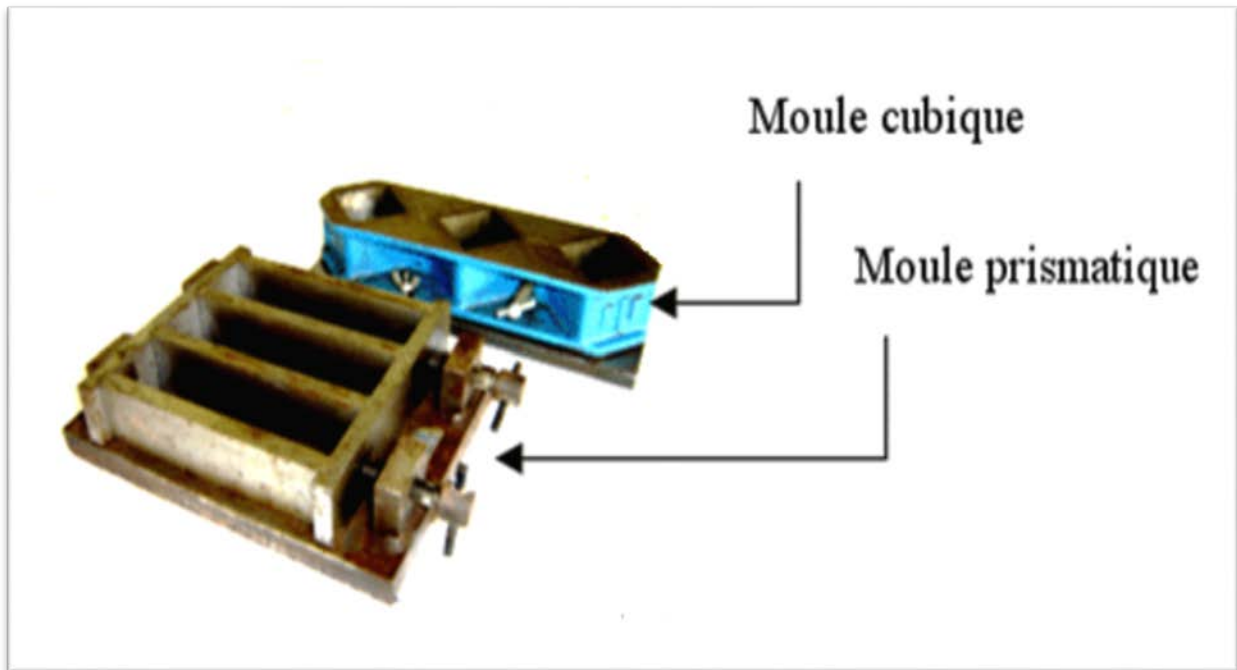


Figure III.2 : Moule métalliques pour la confection du mortier



Figure III.3 : séparation du mortier dans les moules avec des feuilles métalliques



Figure III.4 : éprouvettes de mortier cubique de dimension (40*40*40) mm³

III.4.1. Moulage des éprouvettes

Après la préparation de mélange du mortier .il faut que les éprouvettes soit moulée immédiatement afin de fixe le moule à la table a chocs figure (III.5), conformément à la norme (P 18 196-1) les procédures de malaxage comme suit :

- Introduire le mélange d mortier en deux couches avec une cuillère convenable dans chaque compartiment.
- Etaler la couche uniformément en utilisant la plus grande spatule.
- Ensuite, serrer la première couche de mortier par 60 chocs.
- Introduire la seconde couche de mortier et de serre à nouveaux par 60 chocs.
- Retirer avec précaution le moule de la table à chocs et ôter la hausse.
- A l'aide d'une règle métallique on enlever immédiatement l'excès de mortier.
- Lisser la surface des éprouvettes en utilisant la même règle.
- Enlever le résidu du mortier restant sr le périmètre du moule, par suite de l'arasement.
- Étiqueter ou marquer les moules pour identifier les éprouvettes et leur position relative sur la table à chocs.

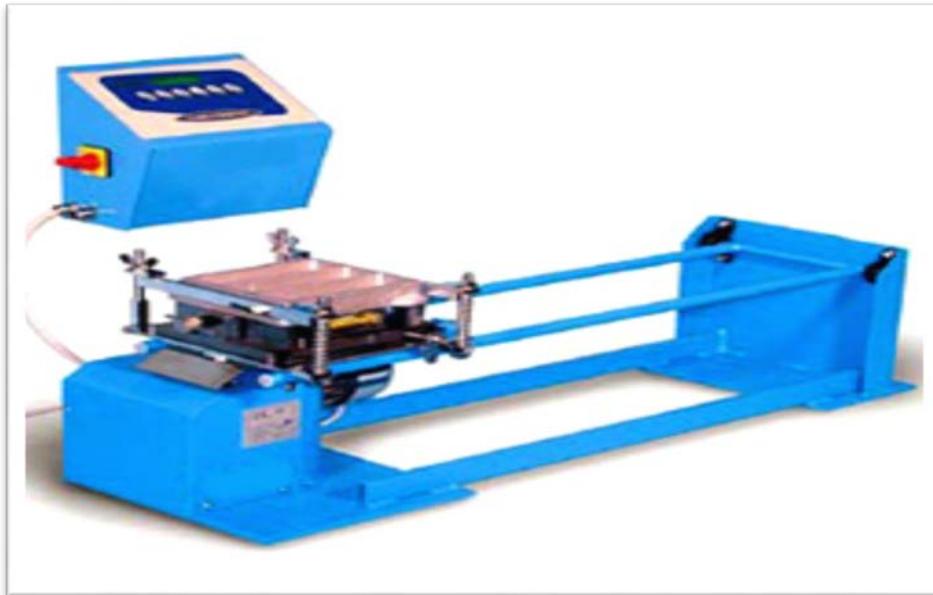


Figure III.5 : Table à choc avec un moule métallique fixé

III.4.2. Démoulage et conservation des éprouvettes :

Le démoulage est effectué après 24 heures. Ensuite, les éprouvettes sont curées de la manière suivante :

Immerger sans retard les éprouvettes marquées, de manière convenable, soit horizontalement, soit verticalement, dans l'eau à $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ et dans des récipients adéquats.

Lorsque les éprouvettes sont conservées horizontalement, les faces de compression qui étaient verticales au moulage doivent rester verticales et la surface arasée doit être placée vers le haut. Les séparer les unes des autres de façon telle que l'eau puisse accéder librement aux éprouvettes. À aucun moment de la conservation, la lame d'eau entre les éprouvettes ou les couvrants ne peut être inférieure à 5 mm

III.5. Âge des éprouvettes pour les essais de résistance mécanique :

Compter l'âge des éprouvettes à partir du moment du malaxage du ciment et de l'eau, jusqu'au début de l'essai.

Effectuer les essais de résistance à différents âges dans les limites suivantes :

- 7 jours \pm 2 h ;
- 14 jours \pm 4 h
- 28 jours \pm 8 h

III.6. La résistance à la compression :

C'est l'essai le plus couramment utilisé sur les bétons ou les mortiers à l'état durci. La précision des résultats de l'essai de la résistance à la compression sont affectés par plusieurs paramètres : le type des matériaux et leurs dimensions, la préparation des faces d'essai ...etc.

Actuellement, cet essai est le plus révélateur des décisions à prendre pour juger la qualité d'un mortier ou d'un béton durci.

III.6.1. Définition du résultat d'essai :

Le résultat d'essai est défini comme étant la moyenne arithmétique de trois déterminations de la résistance à la compression effectuées sur une série de trois éprouvettes.

Si un résultat parmi les trois déterminations varie de plus de $\pm 10\%$ de la moyenne des trois valeurs, écarter ce résultat et calculer la moyenne des deux valeurs restantes .

III.6.2. But de l'essai :

Le but de cet essai est de suivre l'évolution de la résistance, pour chaque combinaison de mortier élaboré, pour les âges de 7 jours, 14 jours et 28 jours après le coulage des éprouvettes.

III.6.3. Principe de l'essai :

Les éprouvettes étudiées sont soumises à une charge croissante jusqu'à la rupture. La résistance à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section de l'éprouvette.

III.6.4. Equipement nécessaire :

- Une machine d'essai qui est une presse de force et de dimension appropriées à l'éprouvette à tester.
- Un moyen pour rectifier les extrémités des éprouvettes.



Figure III.6 : Presse hydraulique pour l'essai mécanique de la compression

III.6.5. Conduite de l'essai :

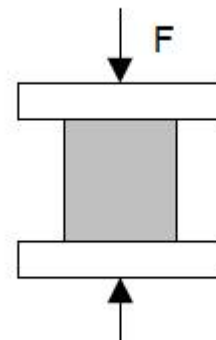
- L'éprouvette, une fois rectifiée elle doit être centrée sur la presse d'essai.
- Appliquer le chargement jusqu'à la rupture de l'éprouvette.
- Soit (S) la section orthogonale de l'éprouvette, la résistance R_c , est exprimée en MPa et a pour expression :

$$R_c = F/S$$

Avec :

F : charge de rupture exprimée en MN.

S : surface de l'éprouvette exprimée en m^2 .



III.7. Résultats de la résistance à la compression a J jours :

Les résultats obtenus de l'essai de la compression aux différents âges de la série I (taux de fillers 0 %) sont résumés dans tableau suivant :

Tableau III.4 : résultats de résistance des éprouvettes du mortier avec un taux de fillers de 0% aux différents âges.

N° de la combinaison	Numéro de l'éprouvette	Age de 7 jours		Age de 14 jours		Age de 28 jours	
		Rc = Fc/s (Mpa)	Rc moyenne = $\sum Rc/3$ (Mpa)	Rc = Fc/s (Mpa)	Rc moyenne = $\sum Rc/3$ (Mpa)	Rc = Fc/s (Mpa)	Rc moyenne = $\sum Rc/3$ (Mpa)
1	1	12,25		12,50		16,13	
	2	12,69	12,71	11,56	12,65	14,25	16,38
	3	13,19		13,88		18,75	
I	1	3,31		12,94		11,06	
	2	3,75	3,60	14,00	13,77	11,56	11,27
	3	3,75		14,38		11,19	
3	1	23,00		18,50		21,94	
	2	12,00	19,65	23,44	17,27	26,94	26,67
	3	23,94		9,88		31,13	
4	1	40,94		39,38		49,00	
	2	61,13	48,09	57,63	43,92	53,38	49,04
	3	42,19		34,76		44,75	
5	1	58,00		48,06		59,55	
	2	46,44	54,29	62,56	50,85	55,11	55,77
	3	58,44		41,94		52,65	
6	1	36,31		50,53		64,69	
	2	42,35	39,87	66,81	49,57	53,81	58,71
	3	40,94		31,38		57,63	
7	1	26,06		38,63		41,38	
	2	28,76	28,32	40,88	39,11	39,69	41,36
	3	30,15		37,81		43,00	
8	1	30,06		34,88		40,31	
	2	30,38	32,56	35,94	35,98	42,31	42,63
	3	37,25		37,13		45,25	
9	1	34,50		36,75		42,63	
	2	34,06	34,25	33,94	37,27	34,06	38,75
	3	34,19		41,13		39,56	

Les résultats obtenus de l'essai de la compression aux différents âges de la série II (taux de fillers 10 %) sont résumés dans tableau suivant :

Tableau III.5 : résultats de résistances des éprouvettes du mortier avec un taux de fillers de 10% aux différents âges.

N° de la combinaison	Numéro de l'éprouvette	Age de 7 jours		Age de 14 jours		Age de 28 jours	
		Rc = Fc/s (Mpa)	Rc moyenne = $\sum Rc/3$ (Mpa)	Rc = Fc/s (Mpa)	Rc moyenne = $\sum Rc/3$ (Mpa)	Rc = Fc/s (Mpa)	Rc moyenne = $\sum Rc/3$ (Mpa)
10	1	10,13		13,31		12,50	
	2	11,69	9,75	14,50	13,04	7,44	12,10
	3	7,44		11,31		16,38	
11	1	6,63		7,06		10,00	
	2	8,50	8,06	6,81	6,83	7,88	8,27
	3	9,06		6,63		6,94	
12	1	7,56		18,69		10,25	
	2	6,81	10,06	17,44	16,94	11,06	12,17
	3	15,81		14,68		15,19	
13	1	51,63		52,06		74,31	
	2	48,19	53,50	58,69	53,29	61,62	71,39
	3	60,69		49,13		78,25	
14	1	56,44		53,38		72,64	
	2	50,31	52,31	52,44	55,15	76,25	68,09
	3	50,19		59,63		55,38	
15	1	50,06		50,31		47,49	
	2	51,13	53,08	46,06	50,42	59,00	58,93
	3	58,06		54,88		70,31	
16	1	30,38		44,19		39,13	
	2	30,32	31,61	40,38	41,51	40,06	41,31
	3	34,14		39,97		44,75	
17	1	32,75		41,13		43,38	
	2	37,81	35,23	39,25	38,86	53,25	50,23
	3	35,13		36,19		54,06	
18	1	31,49		38,72		45,81	
	2	33,00	30,68	42,06	41,61	40,88	40,25
	3	27,56		44,06		34,06	

Les résultats obtenus de l'essai de la compression aux différents âges de la série III (taux de fillers 20 %) sont résumés dans tableau suivant :

Tableau III.6 : résultats de résistances des éprouvettes du mortier avec un taux de fillers de 20% aux différents âges.

N° de la combinaison	Numéro de l'éprouvette	Age de 7 jours		Age de 14 jours		Age de 28 jours	
		Rc = Fc/s (Mpa)	Rc moyenne = $\sum Rc/3$ (Mpa)	Rc = Fc/s (Mpa)	Rc moyenne = $\sum Rc/3$ (Mpa)	Rc = Fc/s (Mpa)	Rc moyenne = $\sum Rc/3$ (Mpa)
19	1	2,25		5,75		9,88	
	2	4,38	2,91	4,44	4,61	8,25	6,71
	3	2,10		3,63		2,00	
20	1	3,81		2,25		6,63	
	2	7,31	5,44	2,69	2,13	2,13	5,35
	3	5,19		1,44		7,31	
21	1	8,63		12,25		10,25	
	2	7,30	8,14	9,60	10,83	9,13	10,59
	3	8,50		10,63		12,38	
22	1	16		29,81		64,81	
	2	41,69	35,52	31,94	33,54	47,00	52,19
	3	48,88		38,88		44,75	
23	1	59,46		53,38		55,13	
	2	41,00	50,34	49,94	54,40	64,69	65,97
	3	50,56		59,88		78,09	
24	1	48,56		56,10		46,31	
	2	52,06	47,21	59,50	57,22	52,69	52,60
	3	41		56,06		58,81	
25	1	33,44		44,63		42,88	
	2	35,44	32,46	42,63	41,46	39,00	39,90
	3	28,51		37,13		37,81	
26	1	36,49		52,08		51,41	
	2	31,69	35,69	/	46,69	47,50	47,78
	3	38,88		41,29		44,44	
27	1	40,50		48,75		42,63	
	2	42,75	40,68	47,00	45,42	43,94	42,52
	3	38,80		40,50		41,00	

III.8. Présentations des résultats :

Nous présentons sur les graphes suivants figure (III.8), figure (III.9), figure (III.10), les résultats de la résistance à la compression de la série I d'éprouvettes en fonction des taux de fillers pour un taux d'adjuvant fixe de 0.3 % du poids de ciment .

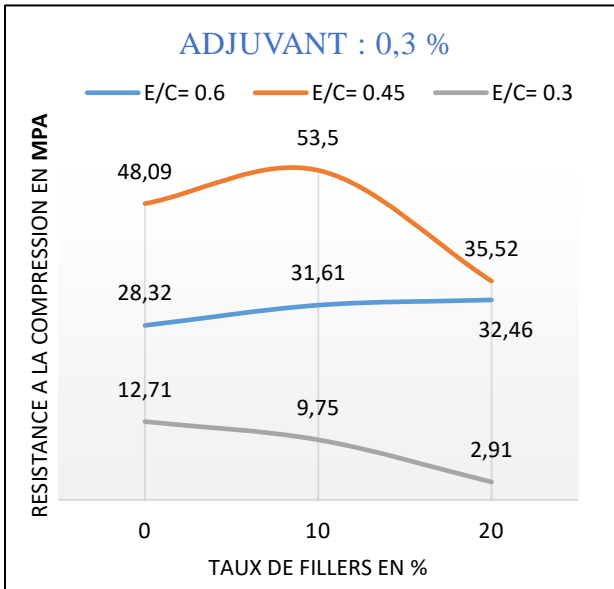


Figure III.8 : résultats des résistances à la compression à l'âge de 7 jours avec un taux d'adjuvant de 0.3%.

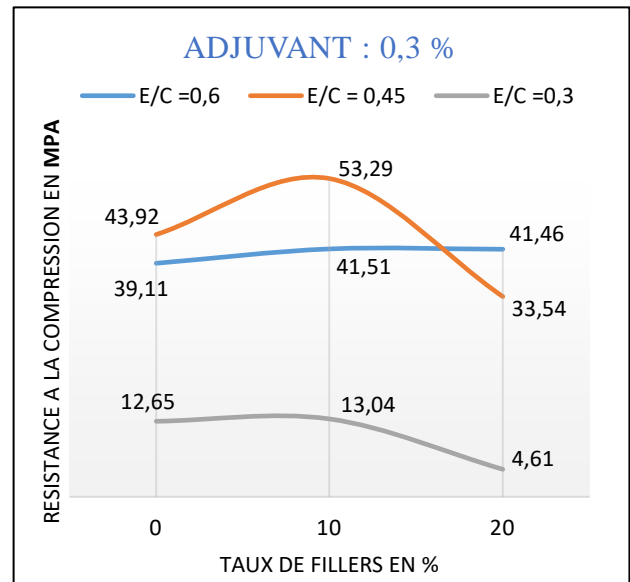


Figure III.9 : résultats des résistances à la compression à l'âge de 14 jours avec un taux d'adjuvant de 0.3%.

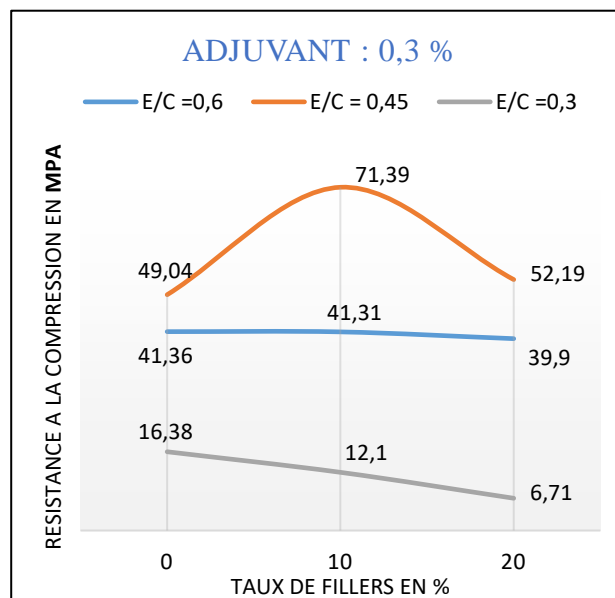


Figure III.10 : résultats des résistances à la compression à l'âge de 28 jours avec un taux d'adjuvant de 0.3%.

Nous présentons sur les graphes suivants figure (III.11), figure (III.12), figure (III.13), les résultats de la résistance à la compression de la série II d'éprouvettes en fonction des taux de fillers pour un taux d'adjuvant fixe de 0.9 % du poids de ciment .

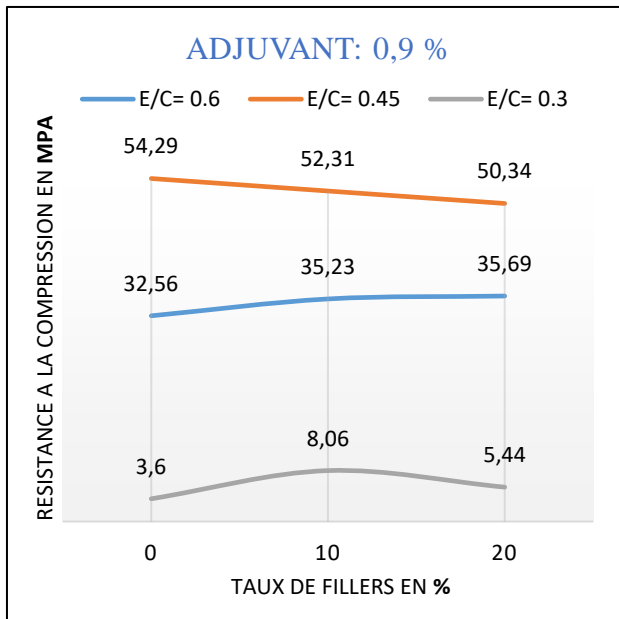


Figure III.11 : résultats des résistances à la compression à l'âge de 7 jours avec un taux d'adjuvant de 0.9 %.

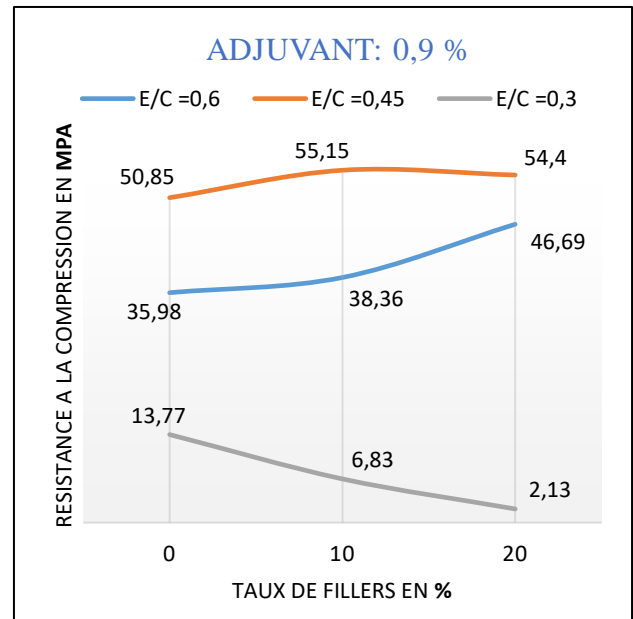


Figure III.12 : résultats des résistances à la compression à l'âge de 14 jours avec un taux d'adjuvant de 0.9 %.

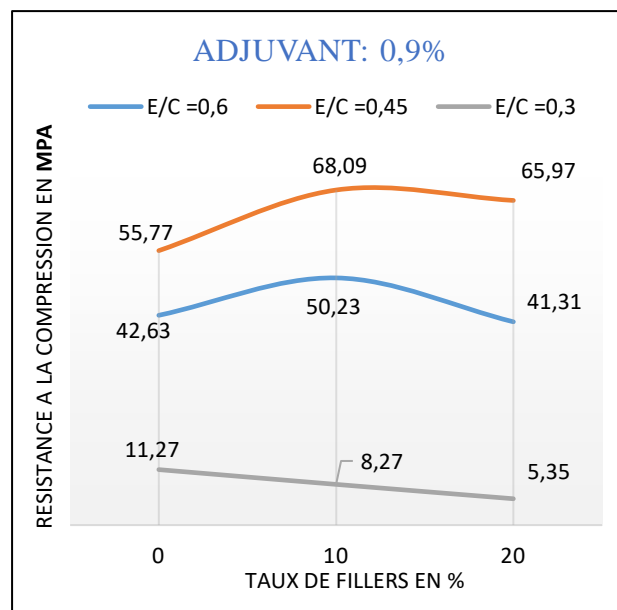


Figure III.13 : résultats de résistance à la compression à l'âge de 28 jours avec un taux d'adjuvant de 0.9 %.

Nous présentons sur les graphes suivants figure (III.14), figure (III.15), figure (III.16), les résultats de la résistance à la compression de la série III d'éprouvettes en fonction des taux de fillers pour un taux d'adjuvant fixe de 1.5 % du poids de ciment .

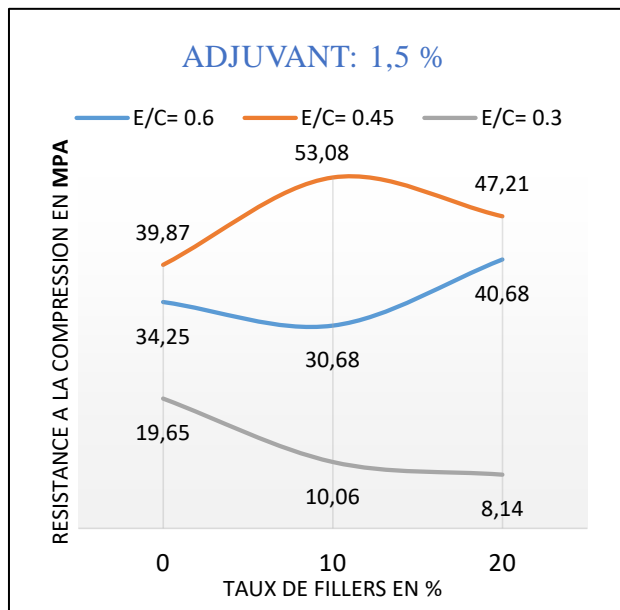


Figure III.14 : résultat de résistance à la compression a l'âge de 7 jours avec un taux d'adjuvant de 1.5 %.

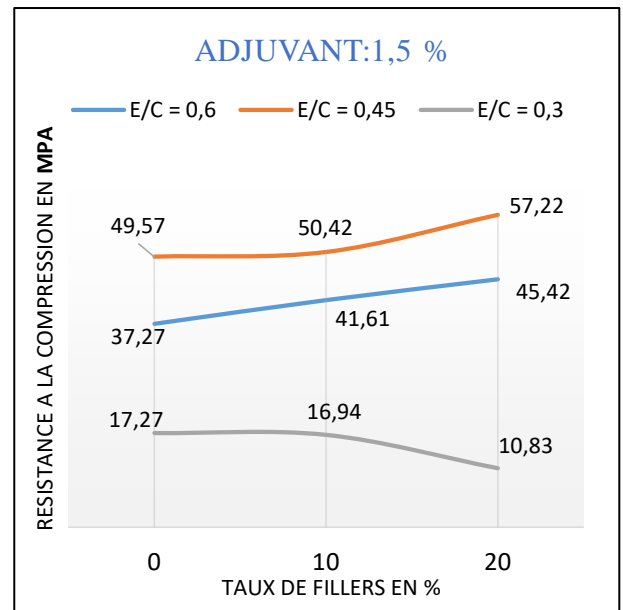


Figure III.15 : résultat de la résistance à la compression a l'âge de 14 jours avec un taux d'adjuvant de 1.5 %.

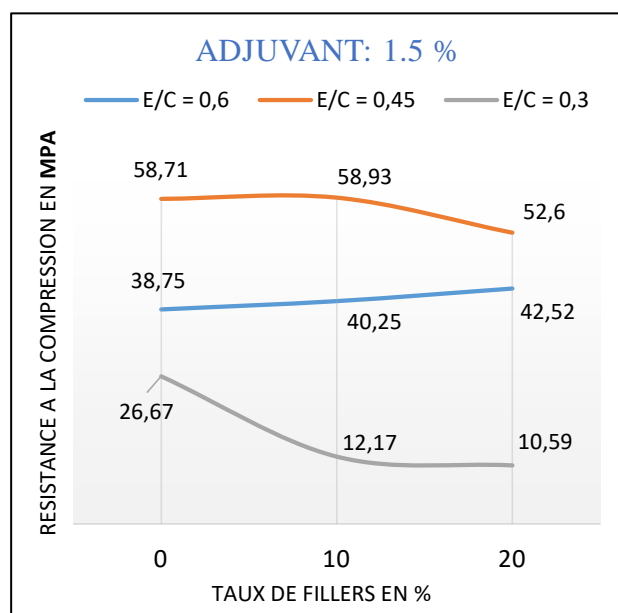


Figure III.16 : résultat de résistance à la compression a l'âge de 28 jours avec un taux d'adjuvant de 1.5 %.

III.9. Interprétation des résultats :

Nous avons opté pour la présentation des résultats sur des graphes en fixant un paramètre qui est le taux d'adjuvant tout en variant les deux autres paramètres à savoir le rapport E/C et le taux de filler pour faire apparaître l'influence et l'interaction de chaque paramètre sur le comportement de la résistance des différentes formulations du mortier. Ceci nous donne neuf (09) figures, les trois premières figures (III.8 ; III.9 ; III.10) regroupent celles avec un taux d'adjuvant minimal de 0.3%. Les figures (III.11 ; III.12 ; III.13) regroupent les combinaisons ayant un taux d'adjuvant moyen de 0.9%, et enfin les figures (III.14 ; III.15 ; III.16) qui regroupent les combinaisons ayant un taux d'adjuvant maximal de 1.5%.

- On remarque en premier lieu que les trois graphes de la première série d'éprouvettes dont le taux d'adjuvant minimal est de 0.3% du poids de ciment figure (III.8 ; III.9 ; III.10) ont la même allure (même comportement de résistance) en fonction du temps 07 jours, 14 jours et 28 jours. Et que la résistance augmente en fonction du temps.

- La même remarque est valable pour la deuxième série de figures (III.11 ; III.12 ; III.13) et la troisième série de figures (III.14 ; III.15 ; III.16). Suite à cette constatation nous comptons sur l'analyse des figures III.10, III.13 et III.16 (résistance à 28 jours) pour la suite des interprétations en éliminant le quatrième facteur qui est le temps.

❖ Pour mettre en évidence l'influence des deux paramètres : taux de fillers et rapport E/C sur la résistance à la compression de différentes formulations, nous analysons les figures III.10, III.13, III.16. Par ailleurs on notera ce qui suit :

- Les résistances maximales sont observées dans les mortiers qui ont un rapport E/C=0.45 par rapport aux éprouvettes qui ont un rapport E/C = 0.3 et E/C = 0.6 quel que soit le taux d'adjuvant.

- Les valeurs maximales de résistance sont obtenus à 10% de fillers pour les mortiers confectionnées avec un rapport E/C = 0.45 quel que soit le taux d'adjuvant.

- L'évolution de la résistance à la compression des mortiers de rapport E/C = 0.45 en fonction des fillers est comme suit : augmentation net de 0% à 10% de fillers suivie d'une diminution de résistance 10% à 20% pour différents taux d'adjuvant. Ce qui peut être

expliqué par l'effet du filler fin qui permet d'améliorer la densité de la matrice générale, et plus spécifiquement de la zone de transition pat-granulats [Lawrence, 2000]. Ces résultats concordent aussi avec les travaux de [Michel, 2007], [Felekoglu, 2007], [topcu, 2003].

- L'évolution de la résistance à la compression des mortiers de rapport $E/C=0.6$ en fonction des fillers est comme suit : même évolution que les mortiers de rapport $E/C=0.45$ pour le taux d'adjuvant moyen (0.9%), plus-au-moins stable pour les mortiers de taux d'adjuvant minimal (0.3%) et maximal (1.5%). la fluidité acquise par un rapport $E/C=0.6$ (élevé) laisse l'adjuvant sans une influence claire
- L'évolution de la résistance à la compression des mortiers de rapport $E/C = 0.3$ en fonction des fillers est comme suit : diminution de la résistance à la compression en fonction de taux de fillers pour différents taux d'adjuvant, qui peut être interprété par le manque d'eau nécessaire à l'hydratation du ciment causé par la finesse des fillers qui absorbent de l'eau.

Afin de mettre en évidence l'influence du troisième paramètre qui est le taux d'adjuvant sur la résistance à la compression des mortiers, nous devons faire la comparaison entre les trois graphes III.10, III.13 et III.16. Cette dernière montre ce qui suit :

- Le pic de résistance atteint 71.39 Mpa pour un taux d'adjuvant minimal de 0.3%, $E/C=0.45$ et taux de fillers de 10%.
- On remarque que les résistances à la compression des différentes formulations augmentent en fonction du taux d'adjuvant pour un rapport $E/C = 0.45$ et un taux de fillers de 0%, ceci est justifier par la fluidité offerte par l'incorporation d'adjuvant ce qui rend facile la mise en œuvre
- Les formulations ayant un rapport $E/C=0.3$ ont des résistances faibles ce qui a été déjà constaté, mais la comparaison de ces courbes en fonction du taux d'adjuvant démontre que ce dernier joue un rôle favorable ou on remarque que pour un taux de filler de 0% et un taux d'adjuvant de 0.3% la résistance passe de 16.38 Mpa à 26.67 Mpa pour un taux plus élevé (1.5%) du fluidifiant. Même remarque pour un taux plus élevé d'ajout de fillers (20%) ou la résistance passe de 6.71 Mpa pour un taux de fluidifiant de 0.3% à 10.59 Mpa contre un taux de fluidifiant de 1.5% ce qui permet de justifier l'activité de ce produit a favorisé l'hydratation du ciment et a amélioré la microstructure du mortier.

- Ajoutant à cela l'apport incontestable du fluidifiant lors de la mise en œuvre et de la réalisation des éprouvettes.

Conclusion générale

Conclusion et perspectives

La présentation des caractéristiques des matériaux utilisés, la composition des mélanges et les procédures expérimentales nous ont permis de mieux analyser les résultats et d'avoir une meilleure compréhension de l'influence des trois paramètres étudiés à savoir les taux de fillers ajoutés, le rapport E/C et enfin l'apport d'un fluidifiant sur le comportement mécanique des mortiers confectionnés à base de sable concassé.

D'une manière générale, nous pouvons dresser un bilan des principales conclusions dégagées après l'analyse des résultats obtenus :

D'après cette étude paramétrique on peut conclure que pour un mortier à base d'un sable de concassage les trois facteurs déjà cités exercent une influence qui soit favorable ou défavorable sur sa résistance à la compression, dont on peut mentionner les suivants :

1. Le contrôle de la quantité d'eau de gâchage est très important pour avoir des résistances élevées à la compression. On a constaté qu'un excès ou un manque d'eau entraîne considérablement une diminution de la résistance.
 - D'après notre étude, Les résistances maximales sont observées dans les mortiers ayant un rapport E/C=0.45. par rapport aux éprouvettes qui ont un rapport E/C = 0.3 et E/C = 0.6 quel que soit le taux d'adjuvant ou le taux d'ajout de fillers calcaires.
2. Contrôle de la teneur du sable en particules poussiéreuses « fillers calcaires » permet un gain de la résistance à la compression tel que on la constaté dans nos résultats.
 - Les valeurs maximales des résistances sont obtenus à 10% de fillers pour les mortiers confectionnées avec un rapport E/C = 0.45 quel que soit le taux d'adjuvant.
3. L'incorporation d'un fluidifiant permet un léger gain de résistance et offre une bonne maniabilité et facilite la mise en œuvre.

Ces observations nous conduisent à admettre qu'il est possible d'avoir un mortier résistant à base du sable de concassage à condition de bien choisir un rapport E/C et un taux de fillers adéquats.

Notre travail s'inscrit dans la valorisation du sable de concassage. L'utilisation de ce produit local aura un avantage capital : celui de subvenir à satisfaire la demande du marché en agrégats tout en veillant à la préservation de l'environnement en évitant l'épuisement des réserves disponibles des sables roulés

CONCLUSION GENERALE

En guise de perspective, il serait intéressant de travailler sur une méthode d'optimisation du mélange granulaire (corrections granulaires) pour plusieurs rapports E/C en prenant plusieurs indicateurs aussi bien sur le plan expérimental que numérique, et cela afin de confirmer avec certitude le paramètre ayant le plus d'influence sur le comportement des mortiers et des bétons.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- [Anissa et Badreddine .2004], Anissa bissa et Badreddine. « Étude de la contribution des additions minérales aux propriétés physiques, mécaniques et de durabilité des mortiers», thèse de doctorat, université de Cergy-pontoise. 2004.
- [Assié et al, 2007] ,Assié S., Escadeillas G., Waller V., «Estimates of self-compacting concrete 'potential' durability», Construction and Building Materials, Volume 21, Issue 10, p1909, 1917,2007.
- [Baroghel-Bouny V. 2008] Baroghel-Bouny V. « Caractérisation de la microstructure des bétons ». Laboratoire central des ponts et chaussés. Paris. 2008.
- [Baron J, et Olivier J .P. 1999] Baron J, et Olivier J .P. «Les bétons bases et données pour leur formulation ». Edition Eyrolles.1999.
- [Boerhaave Ir. P, 2010] Boerhaave Ir. P., «cours béton armée», 2010.
- [Benachour et al, 2008] Benachour Y., Skoczylas F., Houari H. «Étude expérimentale des mortiers fortement charges en fillers calcaires». Sciences & technologie b, université mentouri Constantine Algérie, 28,2008, pp 53-59.
- [Bernier. G 2010] Bernier. G, technique de l'ingénieur : «formulation des bétons» C2 210
- [Boel et al 2002] Boel V. Audenaert K. DE Schutter G, «Pore structure of self-compacting concrete», first North American Conference on the design and Use of Self-Consolidating Concrete. ACBM center, PP.3-843, 12-13 Novembre 2002.
- [CIM béton 2005] CIM béton, tome2«Durabilite des ouvrages en béton», Fiches Techniques, Edition septembre 2005.
- [Emmanuel R 2007] Emmanuel R., «Etude De La Durabilité Des Bétons Par Une Approche Performantielle», Thèse de DOCTORAT, Université de Nantes, 2007.
- [Felekoglu B 2007] Felekoglu B, « utilisation of high volumes of limestone quarry wastes in concrete industry (self-compacting concrete case) », Resources, conservation and recycling, 1- 22. 2007
- [Filltech, 2007] Filltech, Rapport final FILLTECH,« Technologie des bétons liée à l'utilisation de fillers calcaires »: valorisation de ceux-ci par une utilisation dans les bétons, 2007
- [Guillaume F 2010] Guillaume francqueville.la technologie du béton .France 2010
- [Jef 2005] Jef Apers : ABC du ciment et du béton. Association belge des ciments et des bétons [FEBELCEM]. 2005

[**Lawrence P 2000**] Lawrence. P «sur l'activité des cendres volantes et des additions minérales chimiquement inertes dans les matériaux cimentaires», Thèse de doctorat de l'université Paul Sabatier, Toulouse III, 2000.

[**Legrand 1971**] Legrand C., «Contribution à l'étude de la rhéologie du béton frais», Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier de Toulouse, 1971.

[**Michel 2007**] Michel, 2007. «Influence of physic-chemical characteristics of limestone fillers on fresh and hardened mortar performances», Proceedings of the International RILEM Symposium on SCC, p205-210, 3-5 September 2007, Ghent, Belgium.

[**Neville A 1995**] Neville A., «Chloride attack of reinforced concrete», an overview. Materials and Structures, 1995.

[**Ollivier J.P., Vichot A.**], «La durabilité des bétons», Association technique de l'industrie des liants hydrauliques, 2008.

[**Paco Diederich**] Contribution à l'étude de l'influence des propriétés des fillers calcaires sur le comportement autoplacant du béton, thèse doctorat de l'université Toulouse III - Paul Sabatier 2010.

[**Pertue A 2008**] Pertue .A, « étude expérimentale du retrait endogène, du fluage propre et de la fissuration des matrices cimentaires aux jeune et très jeune âges », Thèse de Doctorat, Université de Nantes 2008.

[**Thomas P 2014**] Thomas Point.« Influence des hydroxypylguars sur les propriétés du mortier de ciment à l'état frais», 27 juin 2014.

[**Topçu, 2003**] Topçu, «Effect of the use of mineral filler on the properties of concrete», Cement and Concrete Research 33, p1071-1075, 2003.

[**Zhu et al 2003**] Zhu W, Bartos P. J.M. « permeation properties of self-compacting concrete», Cement and concrete Research, 33, pp, 921, 2003.

References normative:

-**NF P 18-540** (oct.1997). Granulats- définition conformité spécification (indices de classement P 18-540).

- **NF EN 206-1** (fév 2002). Béton .Partie 1 : Spécification, performances, production et conformité EN 206-1.

- **NF EN 196-1** (Août 1995) Méthodes d'essais des ciments .Partie 1 : Détermination des résistances mécaniques.

- **NF P 18-560** (Sep 1990). Granulats. Analyse granulométrique par tamisage. Normalisation française 18-560.

- **NF P 18-597** (Déc 1990). Granulats. Détermination de la propreté des sables : équivalent de sable à 10% de fines. Normalisation française 18-597.
- **NF P 18-555** (Déc 1990). Granulats. Mesures des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables. Normalisation française 18-555.
- **NF P 18-554** (oct.1990). Granulats-mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de teneur en eau des gravillons et cailloux
- **NF P 18-406** (déc.1981). Bétons- Essai de compression

ANNEXES

Annexe (A) : Fiche technique du ciment CEM II/B 42.5 N.

MATINE
Ciment pour béton exigeant
CEM II/B 42,5 N NA 442



FICHE TECHNIQUE

Réf : DC/FT MT. v03

Analyses et caractérisation

Analyses chimiques

Perte au feu (%), (NA 5042):	7,50 – 12,00
Résidus insolubles (%), (NA 5042):	0,7 – 2,00
Teneur en sulfates SO ₃ (%), (NA 5042):	2,00 – 2,70
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%):	1,00 – 2,20
Teneur en chlorures (%), (NA 5042):	0,01 – 0,05
Teneur équivalent en alcalis (%):	0,3 – 0,75

Composition hypothétique du clinker (Bogue)

Silicates tricalciques C ₃ S (%):	58 - 64
Silicates bicalciques C ₂ S (%):	12 - 18
Aluminates tricalciques C ₃ A (%):	6,00 – 8,00
Aluminoferrites tetracalciques C ₄ AF (%):	10,00 – 12,00

Propriétés physiques

Consistance normale de la pâte de ciment (%):	25 – 28,50
Finesse suivant la méthode de Blaine (NA 231):	4150 – 5250
Retrait à 28 jours en µm/m	<1 000
Expansion en mm	0,3 – 2,5

Temps de prise à 20°C (NA 230)

Début de prise (min)	140 - 195
Fin de prise (min)	195 - 290

Résistance à la compression (NA 234)

02 jours (MPa)	≥ 10,0
28 jours (MPa)	≥ 42,5

Algerian Cement Company (SPA)

Hamtram: Dalas, Nisla (ACC)
Tél: +213 35 50 78 20
Fax: +213 35 55 70 30

Direction générale

33, Rue des Pins Hydra, Alger
Tél: +213 (0) 21 48 16 88
Fax: +213 (0) 21 46 10 71

Ciment Blanc Algérie (SPA)

Usine Oggaz (CBA)
BP 57, 23260, Mascara
Tél: / Fax: +213 (0) 40 04 86 80

LAFARGE
لافارج

Annexe (B) : Fiche technique du SIKAPLAST BV 40 +.

Construction

Notice technique
Edition Janvier 2011
Notice n°1.19
Version n° 01.2011
SIKAPLAST® BV 40 +

SIKAPLAST® BV 40 +

Plastifiant/Réducteur d'Eau pour hautes résistances mécaniques.

Conforme à la norme NF EN 934-2 tab. 1 et 2

Présentation SIKAPLAST® BV 40 + est un plastifiant réducteur d'eau pour haute résistance mécanique non chloré et prêt à l'emploi, à base de polycarboxylates modifiés, qui se présente sous la forme d'un liquide marron.

Domaines d'application SIKAPLAST® BV 40 + permet d'obtenir des bétons plastiques ayant de fortes résistances mécaniques à court et à long terme.

- bétons à hautes performances,
- bétons précontraints,
- bétons préfabriqués étuvés.
- bétons avec des granulats concassés,
- bétons retarder en surdosage.

Pour les bétons étanches, le SIKAPLAST® BV 40 + diminue l'absorption capillaire des bétons et augmente leur compacité. Il permet donc de réduire la pénétration de l'eau et peut être utilisé dans les cas suivants: bétons enterrés, réservoirs, piscines, etc.

A dosage élevé, le SIKAPLAST® BV 40 + augmente le temps de prise du béton. La température jouant un rôle important, il est bon de procéder à des essais.

Le SIKAPLAST® BV 40 + est compatible avec nos entraîneurs d'air SIKA AER et SIKA AER5. Cette combinaison conduit à :

- l'amélioration des résistances aux cycles gel-dégel,
- la possibilité de coulage en continu (béton extrudé, béton routier),
- l'amélioration des résistances de tous bétons situés dans les zones de marnage.

Caractères généraux SIKAPLAST® BV 40+ est un plastifiant réducteur d'eau à haute performance qui confère au béton les propriétés suivantes :

- haute réduction d'eau,
- maintien prolongé de la rhéologie,
- robustesse vis-à-vis de la ségrégation,
- bel aspect de parement au décoffrage.

CLASSIFICATION 3R



Caractéristiques

Aspect Liquide marron

Conditionnement

- Bidon de 5 kg
- Bidon de 10 kg
- Fût de 220 kg
- Cubitenaire de 1000 kg

Sika®

Stockage	Dans un local fermé, à l'abri de l'ensoleillement direct et du gel, entre 5 et 30 °C. Le produit peut geler, mais, une fois dégelé lentement et réhomogénéisé, il retrouve ses qualités d'origine. En cas de gel prolongé et intense, vérifier qu'il n'a pas été déstabilisé.
Conservation	Un an dans son emballage d'origine intact
Données techniques	
densité	1,040 ± 0,015
pH	4,7 ± 1
Teneur en ions Cl ⁻	≤ 0,1 %
Teneur en Na ₂ O Eq.	≤ 0,5 %
Extrait sec	11,5 ± 1,5 %
Conditions d'application	
Dosage	Plage d'utilisation recommandée: 0,3 à 1,5 % du poids de liant selon les performances recherchées. Dosage usuel du SIKAPLAST® BV40 +: 0,3 % à 1 %.
Mise en œuvre	SIKAPLAST® BV 40 + est ajouté, soit, en même temps que l'eau de gâchage, soit en différé dans le béton préalablement mouillé avec une fraction de l'eau de gâchage.
Précautions d'emploi	En cas de contact avec la peau, laver abondamment à l'eau.

Mentions légales

Produit réservé à un usage strictement professionnel.
Nos produits bénéficient d'une assurance de responsabilité civile.
«Les informations sur la présente notice, et en particulier les recommandations relatives à l'application et à l'utilisation finale des produits SIKA, sont fournies en toute bonne foi et se fondent sur la connaissance et l'expérience que la Société SIKA a acquises à ce jour de ses produits lorsqu'ils ont été convenablement stockés, manipulés et appliqués dans des conditions normales. En pratique, les différences entre matériaux, substrats et conditions spécifiques sur site sont telles que ces informations ou toute recommandation écrite ou conseil donné n'impliquent aucune garantie de qualité marchande autre que la garantie légale contre les vices cachés. Notre responsabilité ne saurait d'aucune manière être engagée dans l'hypothèse d'une application non conforme à nos renseignements. Les droits de propriété détenus par des tiers doivent impérativement être respectés. Toutes les commandes sont acceptées sous réserve de nos Conditions de Vente et de Livraison en vigueur. Les utilisateurs doivent impérativement consulter la version la plus récente de la fiche technique correspondant au produit concerné, qui leur sera remise sur demande.»



Sika El Djazair
08 route de l'Arbaa, 16111 Eucalyptus
Alger/ ALGERIE
Web : dza.sika.com

Tel.: 213 (0) 21 50 21 84
213 (0) 21 50 16 82 à 85
Fax: 213 (0) 21 50 22 08

