

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued

**Faculté des sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et D'Hydraulique**



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de master

Spécialité : génie civil

Option : matériaux en génie civil

Thème

**Résistance et durabilité du
béton à base d'un sable silico-calcaire**

Présentée par :

- Latreche assem
- Mansour hicham
- Triki ala eddine
- Kahaldi ilyas

Dirigé par Dr :

Tarek Djedid

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

en fin de ce travail, nous remercions d'abord Dieu de nous avoir donné la volonté et la patience, qui nous a accordé le succès, pour terminer ce travail.

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude au le Dr Tarek DJEDID que nous fournie des informations sous encadrer de notre recherches, et de m'avoir accepté, supporté et soutenu physiquement et moralement sans relâche pendant les bons et les mauvais moments pendent cette recherche .

Nous remercions également sincèrement tous les professeurs du Département de génie civil et d'hydraulique.

Nous remercions également les personnels du Laboratoire des Travaux Publics de sud de la zone d'el oued, et pour leur directeur, Mr. Mounir MEZDAOUD

Aussi, le personnel du laboratoire NEZOLAB, ainsi que l'entreprise de Fateh.

Remerciements

en fin de ce travail, nous remercions d'abord Dieu de nous avoir donné la volonté et la patience, qui nous a accordé le succès, pour terminer ce travail.

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude au le Dr Tarek DJEDID que nous fournies des informations sous encadrer de notre recherches, et de m'avoir accepté, supporté et soutenu physiquement et moralement sans relâche pendant les bons et les mauvais moments pendant cette recherche .

Nous remercions également sincèrement tous les professeurs du Département de génie civil et d'hydraulique.

Nous remercions également les personnels du Laboratoire des Travaux Publics de sud de la zone d'el oued, et pour leur directeur, Mr. Mounir MEZDAOUD

Aussi, le personnel du laboratoire NEZOLAB, ainsi que l'entreprise de Fateh.

Résumé

Après plusieurs essais expérimentaux, les chercheurs ont découvert que 50% des échanges de sable rivière avec du sable calcaire concassé est le rapport idéal qui donne les meilleures propriétés du béton sur le plan mécanique (compression - traction - flexion ...) et sur le côté physique, la durabilité.

L'objectif principal de cette recherche est de trouver le pourcentage idéal de fines (SSC) résultant de la substitution de 50% du sable de rivière par du sable calcaire pour du béton ordinaire. Les différences dans les proportions de ces fines (SSC) qui ont été testées lors de ces travaux sont: (8%, 10%, 12% et 14%), et nous avons examiné l'effet de ces changements sur les propriétés du béton frais et durci.

Les résultats obtenus dans notre étude expérimentale, nous avons constaté que le pourcentage idéal de ce fines est 14% par rapport au reste des ratios étudiés, ce qui a amélioré les propriétés physiques et mécaniques du béton par rapport au béton témoin.

Mots clés: Granulats, sable siliceux, sable de calcaire (concassé), sable silico-

calcaire, fines de sable silico-calcaire, béton, caractéristiques physico-mécaniques

ملخص

بعد عدة اختبارات تجريبية ، اكتشف الباحثون أن 50٪ من استبدال رمال النهر برمال الحجر الجيري المسحوق هي النسبة المثالية التي تعطي أفضل خواص الخرسانة على الجانب الميكانيكي (الضغط - الشد - الانحناء ...) وعلى الجانب الفيزيائي، الديمومة.

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو إيجاد النسبة المثالية للعناصر الدقيقة الناتجة من استبدال 50 ٪ رمال النهر برمال الحجر الجيري للخرسانة العادية. الاختلافات في نسب هذه العناصر الدقيقة (SSC) التي تم اختبارها خلال هذا العمل هي: (6٪ ، 8٪ ، 10٪ ، 12٪ و 14٪) ، وقمنا بفحص تأثير هذه التغيرات على خصائص الخرسانة الطازجة و المتصلبة.

النتائج التي تم الحصول عليها في دراستنا التجريبية ، وجدنا أن النسبة المثالية في العناصر الدقيقة هي 14٪ مقارنة ببقيّة النصب المدروسة، التي أدت إلى تحسين خواص الخرسانة الفيزيائية والميكانيكية مقارنة مع خرسانة الشاهد .

الكلمات المفتاحية : الحصى والرمال السيليسي والرمال الجيري المكسر، رمل المزيج سيليكات الكالسيوم، الدقائق الناعمة لسيليكات الكالسيوم، الخرسانة، الخصائص الفيزيائية والميكانيكية .

Sommaire Table des matières

Résumé	-
ملخص	-
Table des matières	-
Liste des tableaux	-
Liste des figures	-
Liste des abréviations	-
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse Bibliographique	
I.1. Définition de béton	04
I.2 Les différents types de béton	04
I.3 Différents types de sables	04
I.4. Qualités requises pour un sable naturel ou artificiel	05
I.5. Le sable modifié de carrière	05
I.6. Pourquoi le sable fabriqué est-il utilisé ?	05
I.7. Avantages du sable manufacturé (M-Sand)	06
I.8.Utilisation du sable concassé dans le béton	06
I.9.Effet du sable artificiel sur les propriétés de durabilité de béton	07
I.10. Effet du sable artificiel sur les propriétés du béton frais	07
I.11. L'attaque sulfatique	08
I.12.Phénomène de carbonatation	09

Sommaire

I.13. Phénomène de pénétration des chlorures	10
Chapitre II : Matériels et méthodes expérimentales	
II.1 Introduction	12
II.2 Module de finesse NF P 18 304	12
II.3 Caractéristiques physiques	12
II.4 Essai d'équivalent de sable:(NF P 18-598)	13
II.5. Caractéristiques des matériaux utilisés	14
II.5.1. Ciment	14
II.5.2. Eau de gâchage	14
II.5.3 Les sables utilisés	14
II.5.3.1 Sable alluvionnaire (sable de Rivière) «SR »	15
II.5.3.2 Sable calcaire concassé «SC »	16
II.5.3.3 Sable -calcaire « SSC » Naturellement	17
II.5.3.4 Sable «SC » avec de variation le taux des fines	19
II.5.3.5 Sable «SC » avec de variation le taux des fines	20
II 5.3.6 Sable «SC » avec de variation le taux des fines	21
II 5.3.7 Sable «SC » avec de variation le taux des fines	22
II.5.4 Les Gravieres	23
II.5.5 Les Adjuvants	26
II.6. La Formulation des bétons	27

Sommaire

II.6.1. La formulation selon la méthode de Dreux-Gorisse	27
II.6.2Essai d'ouvrabilité au cône d'Abrams	36
II.6.3. Essai de la masse volumique	37
II.6.4Essais réalisés pour le béton à l'état durci	38
II.6.4.1 Essais mécaniques	38
II.6.4.2 Résistance à la flexion	39
II.6.4.3 Essai ultrasonique	40
II.6.4.4. Essais de mesure de la Porosité et Absorption d'eau	41
II.6.4.5 la Porosité : ASTM - C642	41
II.6.4.6. Essai Proctor:	42
II.6.4.7. Absorption capillaire:	44
II.7.Conclusion	45
II.8 DURABILITÉ :	45
II.8.1Eprouvettes conservées dans l'acide chlorhydrique Hcl:	46
Chapitre III : Analyse et discussions des résultats	
III. 1 Introduction	48
III.2 Résultats du comportement le béton a l'état frais	48
III.2.1Ouvrabilité	48
III.2.2Densité à l'état frais de différents bétons étudiés	49

Sommaire

III.3 Résultats du comportement physico-mécanique du béton a l'état durci	50
III.3.1.Essai de la compression	50
III.3.2. Essai de flexion	52
III.3.3. Essai de traction par fendage	54
III.3.4Absorption capillaire	56
III.3.5La porosité	58
III.3.6Essai ultrasonique	59
III.3.7 Essai de Proctor	60
III.3.8 DURABILITÉ	61
III.4. Conclusion	64
CONCLUSIONS GÉNÉRALES ET PERSPECTIVES	66
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	69
LES ANNEXES	-

Liste des Tableaux

Chapitre II		
Tableau II -1	analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554	15
Tableau II-2	caractéristiques physiques	15
Tableau II-3	caractéristiques chimique	15
Tableau II-4	analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554	16
Tableau II-5	caractéristiques physiques	16
Tableau II-6	caractéristiques chimique	17
Tableau II-7	analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554	17
Tableau II-8	caractéristiques physiques	18
Tableau II-9	analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554	19
Tableau II-10	caractéristiques physique	19
Tableau II-11	analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554	20
Tableau II-12	caractéristiques physiques	20
Tableau II-13	analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554	21
Tableau II-14	caractéristiques physiques	21
Tableau II-15	analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554	22
Tableau II-16	caractéristiques physiques	22
Tableau II-17	analyse granulométrie de graviers 3/8	24
Tableau II-18	caractéristiques physiques	24
Tableau II-19	analyse granulométrie de graviers 8/15	25

Sommaire

Tableau II-20	caractéristiques physiques	25
Tableau II-21	détermination de G (coefficient granulaire)	27
Tableau II-22	donnant les valeurs du terme correcteur K [Dreux Festa1998]	31
Tableau II-23	La norme NF EN 206 classe l'affaissement du béton en cinq groupes	32
Tableau II-24	les valeurs de coefficient de compacité γ	33
Tableau II-25	les résultats du dosage au matériaux pour chaque béton:	36
Tableau III-26	La relation du poids volumétrique du sol avec teneur d'eau	60

Liste des Figures

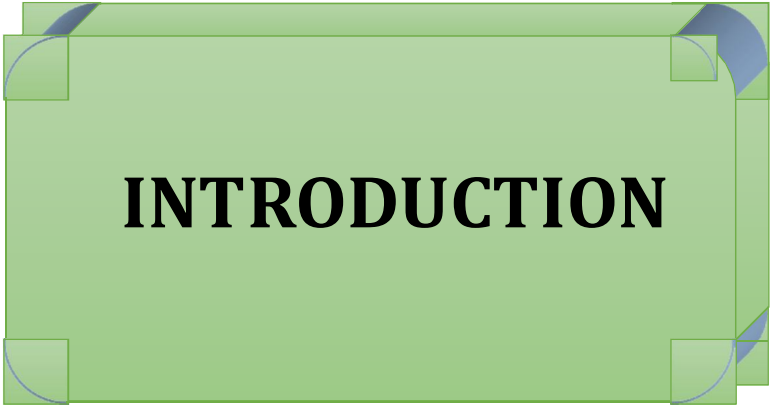
Chapitre II		
Figure II.1	Principe de l'essai d'équivalence de sable	13
Figure II.1	sac de ciment	14
Figure II.3.	La courbe granulométrique de mélange de trois types de sable (SR et SC et mélange de sable SSC «50 % SR + 50% SC »)	18
Figure II.4.	La courbe granulométrique de mélange sable (SC) « 8 à 14 % de fines »	23
Figure II.5.	Enchantions graviers utilisés 3/8 et 8/15	26
Figure II.6.	La courbe granulométrique de graviers 3/8 et 8/15	26
Figure II.7.	La table relative à l'affaissement à dosage du ciment	29
Figure II.8.	Mesure de l'affaissement au cône d'Abrams.	37
Figure II-9	Essai de traction par fendage	38
Figure II-10	essai de flexion	39
Figure II-11	Essai ultrasonique	40
Figure II-12	séchage des éprouvettes dans le four	42
Figure II-13	Essai Proctor	43
Figure II-14	L'essai d'absorption par capillarité	44
Figure II-15	Principe de l'essai D'absorption par capillaire	44
Figure II-16	perte de masse des éprouvettes dans l'acide (HCl).	46
Chapitre III		
Figure III -1	Variation de la densité du béton en fonction de la variation du taux de fines (silice – calcaire)	48
Figure III -2	Variation de la densité du béton en fonction de la variation du taux de fines (silice – calcaire)	49
Figure III -3	Essai de compression	50
Figure III -4	Variation de la résistance à la compression du béton en	51

Sommaire

	fonction variation le taux de fines (silico-calcaire)	
Figure III -5	Résistance à la compression du béton en fonction de variation taux de fines (silico-calcaire) Mémoire 2019/2020	51
Figure III -6	Essai de flexion	52
Figure III -7	Variation de la résistance à la flexion du béton en fonction de variation le taux de fines (SSC)	53
Figure III -8	Résistance à la flexion du béton en fonction de variation le taux de fines(silico-calcaire) Mémoire 2019/2020	53
Figure III -9	Essai de traction par fendage	55
Figure III -10	Variation de la résistance à la traction par fendage du béton en fonction de variation le taux de fines (SSC)	55
Figure III -11	Résistance à la traction par fendage du béton en fonction de variation le taux de fines (silico-calcaire) Mémoire 2019/2020	56
Figure III -12	Variation de l'absorption capillaire du béton en fonction de variation le taux de fines (SSC) a âge de 28 jours	57
Figure III -13	Variation de l'absorption capillaire du béton en fonction de variation le taux de fines (SSC) a âge de 90 jours.	57
Figure III -14	Variation de porosité du béton en fonction De taux de fines (silico-calcaire)	58
Figure III -15	L'évolution de la vitesse ultrasonique en fonction du pourcentage de fines (SC) pour les différents types de béton à 7, 28 et 60 jours	59
Figure III -16	La courbe suivante montre la relation du poids volumétrique du sol avec teneur d'eau	60
Figure III -17	Essai de flexion	61
Figure III -18	différentes résistances à la Flexion	62
Figure III -19	Variation de porosité du béton en fonction De taux de fines (silico-calcaire)	63
Figure III -20	Variation de l'absorption capillaire du béton en Fonction de variation le taux de fines (SSC) a âge de 90 jours (DURABILITÉ)	63

Liste des abréviations

Mf	module de finesse de sable
Mvabs	La Masse volumique absolue
Mvapp	La masse volumique apparente
SC	silico-calcaire
SSC	sable silico calcaire
Rc	la résistance à la compression du béton
B0	Béton témoin
B8	Béton de 8% fines (SSC)
B10	Béton de 10% fines (SSC)
B12	Béton de 12% fines (SSC)
B14	Béton de 14% fines (SSC)



INTRODUCTION

I.1. Introduction :

Le secteur de la construction est l'un des plus gros consommateurs des ressources naturelles et de l'énergie dans les diverses industries. Il est maintenant devenu de plus en plus demandé dans l'industrie de la construction qui demande de développer des concepts durables pouvant améliorer les aspects économique, environnementale et la santé des communautés, et de bénéficier par les avantages des ressources et matériaux, de transports et le renforcement des capacités locales de l'économie et des communautés. Dans le monde, le béton est un des principaux matériaux de construction utilisés dans l'industrie de la construction. Environ 35 à 40% du volume de sable est utilisé dans la fabrication de béton. Le sable naturel utilisé dans le béton est l'une des ressources naturelles les moins chers. Cependant, l'exploitation excessive du sable naturel a conduit à l'épuisement des lits naturels dans les pays en voie de développement, plusieurs régions en Algérie sont confrontées à une pénurie de sable naturel de bonne qualité. Il est donc nécessaire de rechercher des alternatives au sable naturel sans sacrifier la durabilité du béton / mortier. De nombreuses alternatives au sable naturel sont considérées par les chercheurs. Parmi les substituts au sable naturel on trouve le sable manufacturé (M- Sable), le sable de laitier de cuivre, la poussière de carrière traitée, le sable de dune, Offshore Sand, les cendres volantes, les déchets de démolition de construction, les déchets de scieries d'aluminium, etc. Les environnementalistes lance l'alarme quant au danger de l'utilisation excessif du sable de rivière. Par conséquent, le sable naturel est devenu très coûteux et la disponibilité est devenue très rare dans plusieurs régions.

Les granulats sont généralement divisés en deux catégories :

les fines et les grosses.

Les granulats fins sont des sables naturels ou manufacturés dont la taille peut atteindre 5mm. Les gros granulats sont constitués de particules retenues sur le tamis de 5 mm et pouvant aller jusqu'à 150 mm La taille maximum du gros granulat la plus couramment utilisée est de 25mm.



CHAPITRE I

I.1. Définition de béton:

Le béton est un matériau de construction composé d'un mélange de granulats, de sable, et d'eau aggloméré par un liant hydraulique (le plus souvent du ciment) qui sert de « colle ». On y ajoute éventuellement des adjuvants et d'autres ingrédients pour modifier ses caractéristiques.

Pour fabriquer 1 m³ de béton, il faut environ 300 kg de ciment, 800 kg de sable, 1.050 kg de granulat et 175 l d'eau.

Les premiers bétons remontent à plus de 3.000 ans avant J. C. Ils étaient alors composés d'argile, de sable, de gravier et d'eau et appelés béton de terre ou torchis. L'invention du « ciment romain » en 1796 puis du béton précontraint vont sceller le succès du béton. C'est aujourd'hui le matériau de construction le plus utilisé au monde : on estime sa production à environ une tonne par habitant sur la planète. L'impact écologique du béton est particulièrement élevé : chaque tonne produite émet en moyenne 575 kg de CO₂. Au niveau mondial, la fabrication de ciment compte ainsi pour 5 % des émissions de CO₂. Elle consomme aussi de grandes quantités d'eau et de sable.

I.2 Les différents types de béton :

- ✓ Le béton armé, composé d'une armature en acier recouverte de béton.
- ✓ Le béton fibré est renforcé de fibres synthétiques ou métalliques qui renforcent sa traction ou sa tenue au feu.
- ✓ Le béton précontraint consiste à mettre en tension des câbles en acier avant la prise, ce qui va comprimer le béton une fois solidifié.
- ✓ Le béton Haute Performance (BHP), avec une plus faible porosité et une plus grande résistance à la corrosion et au gel.
- ✓ Le béton auto laçant est plus fluide que le béton classique et présente donc l'avantage de pouvoir être coulé dans un coffrage sans vibration (technique utilisée pour éliminer les bulles d'air).

I.3 Différents types de sables :

sables naturels et sables artificiels:

On distingue les sables naturels des sables artificiels.

A Sables naturels: Les sables naturels peuvent être issus des rivières. Également appelé « sable des rivières » ou « sable alluvionnaire », il se caractérise par sa forme arrondie et sa dureté,

et il provient de l'action de l'eau sur les rochers.

Un autre type de sable naturel est le sable de carrière, extrait des sablonnières et à la forme angulaire. Le sable de carrière est soit retiré du sol en masse, soit fabriqué à partir de roches extraites en carrière.

Quant au sable de mer, qui provient de roches sous-marines, il est particulièrement chargé en sel. L'utilisation de ce type de sable nécessite un rinçage minutieux et peut être à l'origine d'éventuelles efflorescences.

Enfin, le sable de feuilles est un sable fin, comportant de nombreux vides d'air qui imposent lors de son utilisation une association avec d'autres sables. Ce sable est récupéré sur les

B Sables artificiels: Les sables artificiels comprennent les sables résultant du concassage de blocs de laitier des hauts-fourneaux, le sable concassé obtenu de façon identique mais sans filler, le laitier granulé ayant subi un refroidissement rapide, et le laitier broyé obtenu à partir du concassage du laitier granulé.

I.4. Qualités requises pour un sable naturel ou artificiel:

Un sable est jugé de bonne qualité s'il remplit certaines conditions.

Tout d'abord, il ne doit pas renfermer plus de 3 % d'impuretés (limons, produits industriels nocifs, poussière etc.)

Ensuite, il doit être composé de grains de taille et de dimensions différentes, de manière à remplir les vides laissés entre les divers types de granulats reliefs montagneuses bétons dépolluants ou autonettoyants ont également été mis au point.

I.5. Le sable modifié de carrière:

Le sable manufacturé est communément connu sous plusieurs noms tels que sable concassé, sable de roche, sable vert, sable UltraMod, sable Robo, sable de Poabs, sable de Barmac, sable de Pozzolan, etc. IS 383-1970 (réaffirmé 2007) reconnaît la fabrication du sable Le sable'. Le sable manufacturé (M-Sand) est un interactive de sable naturel pour la construction en béton. Le sable manufacturé est produit à partir de pierre dure par concassage. Le sable concassé est de forme cubique avec des bords rectifiés, lavé et classé comme matériau de construction. La taille du sable fabriqué (M-Sand) est inférieure à 4,75 mm.[1]

I.6. Pourquoi le sable fabriqué est-il utilisé ?

Le sable manufacturé est une alternative au sable naturel. En raison de la croissance

rapide du secteur de la construction, la demande de sable a considérablement augmenté, provoquant une carence en sable de rivière adapté dans la majeure partie du monde.

En raison de l'épuisement du sable de rivière de bonne qualité pour l'utilisation de la construction, l'utilisation de sable manufacturé a été accrue. Une autre raison d'utiliser MS-and est sa disponibilité et son coût de transport. Étant donné que le sable manufacturé peut être concassé à partir des roches des granits durs, il peut être facilement disponible à proximité, réduisant ainsi le coût de transport depuis le lit de sable de la rivière lointaine. Ainsi, le coût de construction peut être contrôlé en utilisant du sable manufacturé comme matériau alternatif pour la construction. L'autre avantage de l'utilisation de M-Sand est qu'il peut être dépourvu de poussière et que les tailles de sable m-sable peuvent être facilement contrôlées de manière à ce qu'elles répondent aux critères de classement requis pour la construction donnée. [1]

I.7. Avantages du sable manufacturé (M-Sand) :

- Il est bien classé dans la proportion requise. - Il ne contient pas de composé organique et soluble qui affecte le temps de prise et les propriétés du ciment, ainsi la résistance requise du béton peut être maintenue. - Il ne contient pas d'impuretés telles que des revêtements d'argile, de poussière et de limon ; augmente les besoins en eau, comme dans le cas du sable de rivière, qui altère la liaison entre la pâte de ciment et les agrégats. Ainsi, la qualité et la durabilité du béton ont augmenté. - M-Sand est obtenu à partir de roche dure spécifique (granite) en utilisant la technologie de pointe internationale, ce qui permet d'obtenir la propriété requise du sable.

- M-Sand est de forme cubique et est fabriqué à l'aide d'une technologie telle que la roche frappée en acier à haute teneur en carbone, puis le procédé ROCK ON ROCK, qui est synonyme de processus naturel soumis à l'information sur le sable de rivière. - Des machines modernes et importées sont utilisées pour produire M-Sand afin de garantir la zone de classement requise pour le sable. [1].

I.8.Utilisation du sable concassé dans le béton :

Dans ce paragraphe on présente quelques travaux des recherches concernant l'utilisation du sable concassé dans le béton calcaires issues du sable de concassage sur les propriétés du béton :

Çelik et Marar (1996) ont utilisé de la poussière de roche (calcaire <75 mm) pour Remplacer le sable dans le béton pour des proportions allant jusqu'à 30%, avec tous les autres Ingrédients et proportions constantes. Ils ont conclu que l'effondrement et l'air la teneur en béton frais a diminué, en pourcentage de la teneur en poussière a augmenté. Tout en considérant les propriétés mécaniques, la teneur en poussière jusqu'à 10% ont amélioré la résistance à la compression et la

résistance à la flexion du béton et a observé que le béton avec une teneur en poussière allant jusqu'à 5% améliorerait la Résistance aux chocs. Des teneurs en poussière supérieures à 15% ont augmenté l'eau Absorption du béton. La perméabilité à l'eau du béton est diminuée à mesure que le pourcentage de teneur en poussière a augmenté. Lorsque la teneur en poussière dépasse la valeur de 10%, la contrainte de retrait au séchage a diminué

I.9.Effet du sable artificiel sur les propriétés de durabilité de béton :

(Ahmed et El Kord., 1989) ont indiqué que l'ajout de micro fines appelées «poussières» augmentait les propriétés de retrait du béton. Sept mélanges de béton ont été fabriqués et mesurés sur un an. À cet égard, une augmentation de la quantité de micro fines a augmenté le retrait au séchage. (Celik Ozyildirim, 1993) a sondé les propriétés de pénétration des ions chlorure, de corrosion et de la rapide perméabilité du béton. Il a confirmé que ces paramètres dépendaient du rapport eau / ciment, du type de ciment et de la température de durcissement. (Switch et Heng., 1995) ont observé la durabilité du béton avec l'addition de poudre de calcaire. Les résultats ont montré qu'une influence bénéfique d'une poudre de calcaire sur la durabilité du béton était observée lorsque $E / C < 0.6$. Au-dessus de cette valeur, la poudrée calcaire n'a presque pas d'effet essentiel. (Ueda et al., 1996) ont souligné que l'acide sulfurique est difficile à pénétrer dans le ciment durci. La réaction entre le ciment hydraté et l'acide sulfurique ne se produit que dans la partie de surface des éprouvettes. La partie de surface est donc un domaine principal de la réaction de l'acide sulfurique. (St. John, 1998) a examiné la composition de l'agrégat, le type de ciment, le rapport eau / ciment, le système de vide d'air, l'identification des adjuvants et les défauts de surface de la pâte. Dans cette étude, l'investigateur a montré que dans le béton attaqué par de l'eau douce (pH bas), la texture de la couche externe serait constituée de gel de silice recouvrant une zone carbonatée. La couche gélatineuse externe peut ne pas être complètement intacte, car elle peut facilement se rompre pendant le transport et le processus de test. Cette tendance est toujours observée dans le béton qui a été attaqué par une eau acide.(Wilson et al., 1998) ont conclu que la propriété hydraulique telle que la capacité de sorption est directement liée à la composition du béton. La sportivité diminue systématiquement avec l'augmentation de la densité apparente, de la teneur en ciment et du niveau de compactage.

I.10. Effet du sable artificiel sur les propriétés du béton frais :

(Ahmed et al., 1989) ont examiné l'influence du sable de pierre naturelle et concassée d'une taille de particules inférieure à 75 microns sur la performance du béton frais. La poussière de pierre

ordinaire obtenue des concasseurs n'est pas conforme à la norme IS : 383-1970. La présence de particules squameuses, mal calibrées et à texture rugueuse a conduit à un béton dur. Les résultats du test ICAR 102

(International Center for Aggregates Research) ont indiqué qu'un béton de bonne qualité pouvait être produit avec des niveaux de micro fine pouvant atteindre 18%, lorsque les adjuvants chimiques sont utilisés pour augmenter l'ouvrabilité du béton à un rapport E / C fixe. (Zain et al., 2000) ont déduit que le remplacement partiel du sable par de la poussière de carrière, sans l'ajout d'autres adjuvants, améliorerait l'ouvrabilité des mélanges de béton.

(Le guide sur la construction en béton, 2002) de la Cément and Concrète of Australie (CCAA) indique que la forme et la texture des particules d'agrégat ont une influence importante sur l'ouvrabilité du béton fraîchement mélangé, car elles affectent la demande en eau et le rapport eau-ciment. (Ghataora et al., 2004) ont utilisé les fines de carrière de calcaire d'une taille inférieure à 4 mm. Ils ont suggéré que les fines de carrière puissent être pompées par des techniques d'hydro-transport utilisant uniquement de l'eau. Les fines de carrière pourraient être transformées en pâtes cémenteuses et pompées sur de longues distances. (Revathi et al., 2009) ont étudié la performance des refus de carrière dans le flux de boues de cendres volantes et de gypse. Les refus industriels tels que les cendres volantes, le gypse et les refus de carrière ont été utilisés dans la préparation du flux de boue. Ils ont souligné que les refus de carrière peuvent être utilisés efficacement dans les boues de plâtre à base de cendres volantes et que leur ajout augmente la quantité d'eau nécessaire.

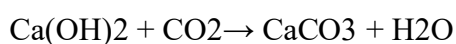
1.11. L'attaque sulfatique :

La plupart des sols contiennent du sulfate sous forme de gypse $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (typiquement 0,01 à 0,05% exprimé en SO_4); cette quantité est considérée sans danger pour le béton. La solubilité du gypse dans l'eau à des températures normales est plutôt limitée (environ 1 400 mg / l de SO_4) (Mehta et Monteiro, 2006). Des concentrations plus élevées de sulfate dans les eaux souterraines sont généralement dues à la présence de sulfates de magnésium, de sodium et de potassium. Le sulfate d'ammonium est fréquemment présent dans les sols agricoles et dans l'eau. Les effluents des fours (utilisant des combustibles à haute teneur en soufre) et de l'industrie chimique peuvent contenir de l'acide sulfurique. La décomposition de la matière organique dans les marais, les lacs peu profonds, les fosses minières et les canalisations d'égout entraîne souvent la

formation de H₂S qui est transformé en acide sulfurique par l'action bactérienne. L'eau utilisée dans les fours de refroidissement en béton peut également contenir une concentration élevée de sulfate en raison de l'évaporation. Ainsi, il n'est pas rare de trouver des concentrations de sulfate potentiellement nocives dans les eaux naturelles et industrielles. La dégradation du béton résultant de réactions chimiques entre le ciment hydraté et les ions sulfates provenant d'une source extérieure est connue pour prendre deux formes distinctes. Le processus de détérioration prédominant dans un cas donné dépend de la concentration et de la source des ions sulfate (c'est-à-dire du cation associé) dans l'eau de contact et de la composition de la pâte de ciment dans le béton. L'attaque par les sulfates peut se manifester sous forme de dilatation et de fissuration du béton. Lorsque le béton se fissure, sa perméabilité augmente et l'eau agressive pénètre plus facilement à l'intérieur, accélérant ainsi le processus de dégradation. Parfois, la dilatation du béton peut causer de graves problèmes structurels, tels que le déplacement des murs du bâtiment dû à la poussée horizontale exercée par une dalle en expansion. L'attaque par les sulfates peut également prendre la forme d'une diminution progressive de la résistance et d'une perte de masse due à la perte de cohésion des produits d'hydratation du ciment.

I.12. Phénomène de carbonatation :

le CO₂ présent dans l'air pénètre dans le béton par le réseau poreux et les fissures et, en présence d'eau dans les pores, abaisse le pH (initialement de 13) de la solution interstitielle du béton à 9 par réaction avec la pâte de ciment hydratée et notamment la portlandien :



* au fur et à mesure de la progression du front de carbonatation, les armatures initialement protégées par une couche d'oxyde de fer (liée à l'alcalinité de la solution interstitielle) sont alors dépassivées et le phénomène de corrosion s'initie.

* La carbonatation est maximale lorsque l'humidité relative est modérée (cycle séchage/humidité).

* Après environ 30 ans, la profondeur de carbonatation dans un béton d'ouvrage peut varier de 1 à 30 mm suivant la compacité du béton, la fissuration de peau et le milieu environnant.

- La corrosion induite par carbonatation est donc fonction de :

* L'exposition des parements au CO₂ et à l'eau

* La qualité du béton en place (compacité) et notamment en parement avec l'absence ségrégation, de bullage ou de fissuration (retrait gêné, dessiccation)

*L'enrobage du premier lit d'armature

I.13. Phénomène de pénétration des chlorures :

✓ En pénétrant dans le béton par diffusion, les chlorures réagissent avec les hydrates (Ca(OH)_2 notamment) de la pâte de ciment, ce qui conduit à la dépassivation et à la corrosion des armatures.

✓ La pénétration des chlorures est favorisée par des cycles séchage/humidité également.

✓ Distinction entre chlorures libres sous forme ionique dans la solution interstitielle (extractibles à l'eau) et chlorures totaux (extractibles à l'acide).

✓ Seuls les chlorures libres (solubles dans l'eau) peuvent diffuser et jouer un rôle actif dans le processus de corrosion des armatures.

✓ On définit un seuil critique $[\text{Cl}^- \text{libres}]_{\text{critique}} = 0,4\%$ par rapport à la masse de ciment soit 0,04 à 0,1% par rapport à la masse de béton.

✓ lorsque $[\text{Cl}^- \text{libres}] > [\text{Cl}^- \text{libres}]_{\text{critique}}$ au voisinage des armatures, le phénomène de corrosion s'initie.

La corrosion induite par la pénétration des chlorures est donc fonction de:

✓ La quantité initiale de chlorures dans le béton

✓ L'exposition des parements aux chlorures et à l'eau

✓ La qualité du béton en place (compacité), et notamment en parement avec l'absence de ségrégation, de bullage ou de fissuration (retrait gêné, dessiccation)

✓ L'enrobage du premier lit d'armature



CHAPITRE II

CHAPITRE II
MATERIELS ET METHODES EXPERIMENTALES**II.1 Introduction :**

Ce chapitre décrit en détails tous les essais réalisés au cours de la présente recherche, les matériaux utilisés ainsi que les résultats de leur caractérisation en les comparant en respectant les normes utilisées.

Le programme expérimental utilisé dans notre étude des bétons ordinaires à base de substitution 50 % de sable alluvionnaire avec sable issu du concassage du calcaire (sable -calcaires), Ensuite, nous séparons les fines de mélange, et le rajoutons dans des proportions suivantes : 8%, 10%, 12% et 14% pour confectionner les bétons B8, B10, B12 et B14 respectivement, aussi le dosage en ciment et le super plastifiant fixés à 400 Kg/m³ et 2% respectivement, Le béton témoin (B0) est le béton référence (à base de sable alluvionnaire), on a pu observer en suite le comportement de ces bétons à l'état frais et durci. On a abordé aussi dans ce chapitre, la composition des différents bétons en adoptant la méthode de Dreux-Gorisse pour notre béton ordinaire, en exposant finalement les quantités des constituants pour toutes les mélanges dans cette étude.

II.2 Module de finesse NF P 18 304 :

Le module de finesse (Mf) du sable est défini dans la norme comme la somme des pourcentages cumulatifs retenus sur une série de tamis normalisés donnée, Divisée par 100. Il indique la finesse d'un sable :
Plus le module de finesse est élevé, plus le sable est grossier

$$MF = \frac{\Sigma \text{ Refus cumulés } 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5}{100}$$

II.3 Caractéristiques physiques :**1) La Masse volumique apparente NF P 18-554 NF P 18-554**

La masse volumique apparente est la masse du granulat occupant l'unité de volume, tous vides inclus. On la détermine en calculant le quotient.

2) La masse volumique absolue NF EN 12620

La masse volumique absolue d'un matériau 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.

Cet essai a pour but de permettre de connaître la masse d'une fraction granulaire lorsque par exemple on élabore une composition de bétons.

II.4 Essai d'équivalent de sable: (NF P 18-598)

Dans le cas des sables cet essai consiste à plonger un poids défini de sable dans une solution floculant. Après agitation, on laisse décanter le mélange pendant 20 minutes. Ensuite, on mesure la hauteur, dans l'éprouvette normalisée, du sédiment H1, et du sédiment + floculat H2. Le résultat :

$$ES_v \% = \frac{h_1}{h_2} \times 100, \quad ES \% = \frac{h_1}{h'_2} \times 100$$

ES : équivalent de sable mesuré au piston

ES_v : équivalent de sable mesuré visuellement
h₁ : hauteur du sable propre seulement

h₁ : hauteur du sable propre seulement au piston
h'₂ :

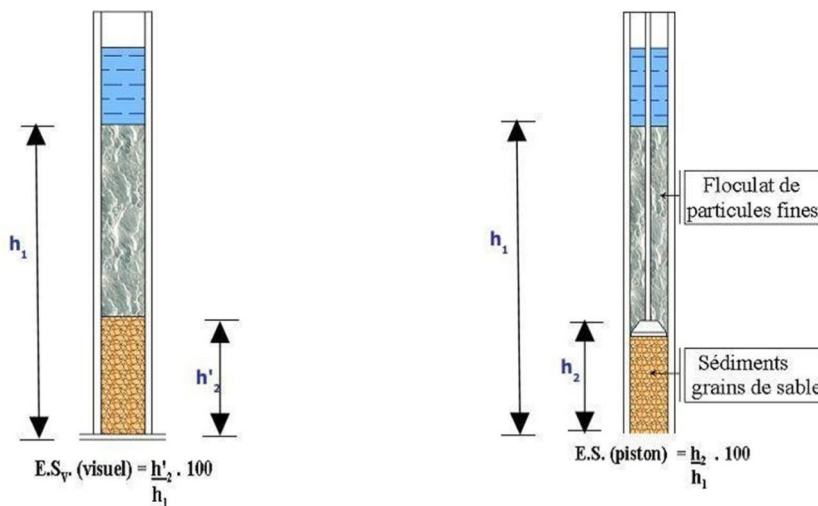


Figure II.1 : Principe de l'essai d'équivalent de sable.

II.5. Caractéristiques des matériaux utilisés :

II.5.1. Ciment :

Le ciment utilisé dans ce travail est un ciment composé de type CEM I/R 42.5N de classe de résistance 42.5 Mpa produit par la cimenterie de BISKRIA, les caractéristiques physiques, chimiques et minéralogiques et mécaniques



Figure II.2 : sac du ciment.

II.5.2. Eau de gâchage :

Eau incorporée au mélange liant et granulats afin d'enclencher sa prise et de conférer au béton sa plasticité, donc son ouvrabilité. La qualité de l'eau de gâchage doit répondre à la norme **NF EN 1008**.

L'eau utilisée pour le gâchage du notre béton est de l'eau potable.

II.5.3 Les sables utilisés :

Les sables utilisés pour la production de nos bétons sont : de mélange 50 % de sable naturel concassé (sable calcaire) a granulométrie 0/3 mm de carrière aine toute de la zone Batna et 50 % sable naturel roulé de la zone Djamaa Après mélangé les deux sables , nous obtenons un mélange de (sable silico-calcaires «SSC ») , on a fait varier le taux des fines de se mélange : 8%, 10%, 12% et 14% on a obtenu les résultats des essais physiques et d'analyse granulométrique suivants de chaque taux

II.5.3.1 Sable alluvionnaire (sable de Rivière) «SR »**Tableau II-1 : analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554**

analyse granulométrique par tamisage				
matériau : sable de rivière de la zone Djamaa «SR »				
masse sèche : 1000 g				
ouverture des tamis (mm)	refus partiel	Retenu cumulés	pourcentage refus (%)	pourcentage Passant(%)
6.3	0	0	0	100
5	54.55	54.55	5.45	94.55
2.5	101.73	156.28	15.62	84.37
1.25	47.67	203.95	20.39	79.61
0.63	141.84	345.79	34.57	65.42
0.315	326.72	672.51	67.25	32.75
0.16	174.13	846.64	84.66	15.34
0.08	69.36	916.00	91.60	8.40
module de finesse "Mf"=2.28				

Tableau II-2 : caractéristiques physiques

Caractéristiques	Résultats	Unité
masse volumique apparent	1.531	g/cm ³
masse volumique absolue	2.520	g/cm ³
Equivalent de Sable « ES »	77.40	%

Tableau II-3 : caractéristiques chimique

L'élément chimique	Résultats %	Norme
Insolubles	96	NF P15-461
SO ₄ ⁻²	0.65	BS1377

II.5.3.2 Sable calcaire concassé «SC »

Tableau II-4: analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554

analyse granulométrique par tamisage matériau : Sable calcaire concassé «SC » de la zone Djamaa masse sèche : 1000 g				
ouverture des tamis (mm)	refus partiel	Retenu cumulés	pourcentage refus (%)	pourcentage Passant(%)
6.3	0	0	0	100
5	0.14	0.14	0.01	99.99
2.5	215.35	215.49	21.54	78.45
1.25	133.98	349.47	34.94	65.05
0.63	186.26	535.73	53.57	46.43
0.315	60.52	596.25	59.62	40.38
0.16	122.39	718.64	71.86	28.14
0.08	96.68	815.32	81.53	18.47
module de finesse " Mf " =2.42				

Tableau II-5 : caractéristiques physiques :

Caractéristiques	Résultats	Unité
masse volumique apparent	1.402	g/cm ³
masse volumique absolue	2.496	g/cm ³
Equivalent de Sable « ES »	63.20	%

Tableau II-6 : caractéristiques chimique :

L'élément chimique	Résultats %	Norme
Insolubles	35	NF P15-461
SO₄⁻²	0.60	BS1377

II.5.3.3 Sable -calcaire « SSC » Naturellement

Tableau II-7 : analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554

analyse granulométrique par tamisage matériau : Sable silico -calcaire «SSC »masse sèche : 1000 g				
ouvertures des tamis (mm)	refus partiel	Retenu cumulé	pourcentage refus (%)	pourcentage Passant(%)
6.3	-	-	-	-
5	0	0	0	100
2.5	51.67	51.67	5.16	94.84
1.25	154.33	206	20.6	79.4
0.63	195.44	401.44	40.14	59.86
0.315	243.20	644.64	64.46	35.54
0.16	122.82	767.46	76.74	23.26
0.08	105.80	873.26	87.32	12.68
module de finesse " Mf " = 2.08				

Tableau II-8 : caractéristiques physiques :

Caractéristiques	Résultats	Unité
masse volumique apparent	1.485	g/cm^3
masse volumique absolue	2.552	g/cm^3
Equivalent de Sable « ES »	70	%

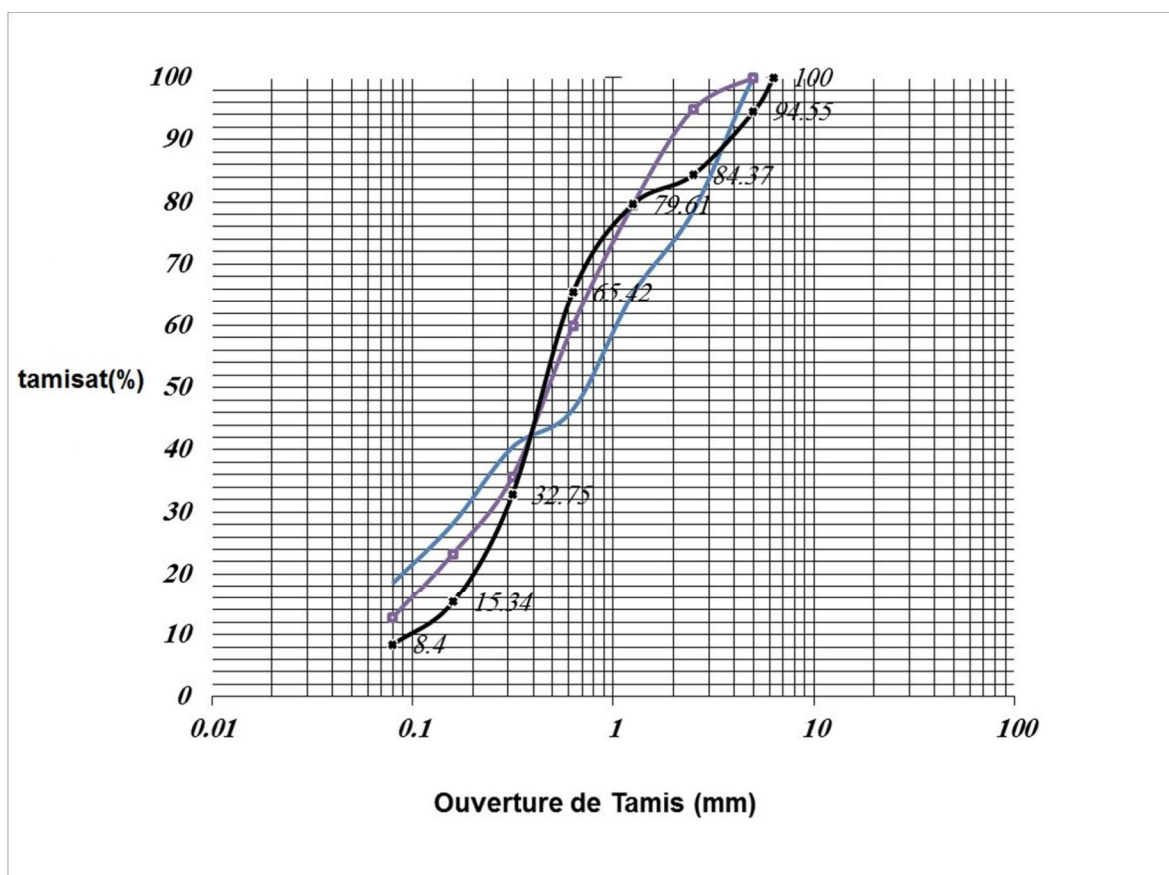


Figure II.3 : La courbe granulométrique de mélange de trois types de sable

(SR et SC et mélange de sable SSC «50 % SR + 50% SC »)

II.5.3.4 Sable «SC » avec de variation le taux des fines:

Sable «SC » de 8% des fines :

Tableau II-9 : analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554

analyse granulométrique par tamisage matériau : Sable -calcaire «SSC » masse sèche : 1000 g				
ouverture des tamis (mm)	refus partiel	Retenu cumulés	pourcentage erefus (%)	pourcentage Passant(%)
6.3	-	-	-	-
5	0	0	0	100
2.5	75.5	75.5	7.55	92.45
1.25	150.20	224.7	22.47	77.53
0.63	187.35	412.05	41.20	58.8
0.315	315.22	727.27	72.72	27.28
0.16	138	865.27	86.52	13.48
0.08	91.64	956.91	95.69	4.31
module de finesse " Mf " = 2.30				

Tableau II-10 : caractéristiques physique :

Caractéristiques	Résultats	Unité
masse volumique apparent	1.548	g/cm^3
masse volumique absolue	2.564	g/cm^3
Equivalent de Sable « ES »	75.60	%

II.5.3.5 Sable «SC » avec de variation le taux des fines :

➤ Sable «SC » de 10% des fines :

Tableau II-11 : analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554

analyse granulométrique par tamisage matériau : Sable -calcaire «SSC »masse sèche : 1000 g				
ouverture des tamis (mm)	refus partiel	Retenu cumulés	pourcentage refus (%)	pourcentage Passant(%)
6.3	-	-	-	-
5	0	0	0	100
2.5	74.22	74.22	7.42	92.58
1.25	141.93	216.15	21.61	78.39
0.63	172.33	388.48	38.84	61.16
0.315	304.36	692.84	69.28	30.72
0.16	176.28	869.12	86.91	13.09
0.08	71.88	941	94.10	5.9
module de finesse " Mf " = 2.24				

Tableau II-12: caractéristiques physiques:

Caractéristiques	Résultats	Unité
masse volumique apparent	1.598	g/cm ³
masse volumique absolue	2.569	g/cm ³
Equivalent de Sable « ES »	74.15	%

II 5.3.6 Sable «SC » avec de variation le taux des fines:

Sable «SC » de 12% des fines:

Tableau II-13 : analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554

analyse granulométrique par tamisage matériau : Sable -calcaire «SSC »masse sèche : 1000 g				
ouverture des tamis (mm)	refus partiel	Retenu cumulé	pourcentage refus (%)	pourcentage Passant(%)
6.3	-	-	-	-
5	0	0	0	100
2.5	70.22	70.22	7.02	92.98
1.25	135.56	205.78	20.57	79.43
0.63	166.20	371.98	37.19	62.81
0.315	299.29	671.27	67.12	32.88
0.16	171.17	842.44	84.24	15.76
0.08	87.88	930.32	93.03	6.97
module de finesse " Mf " = 2.16				

Tableau II-14 : caractéristiques physiques

Caractéristiques	Résultats	Unité
masse volumique apparent	1.674	g/cm ³
masse volumique absolue	2.574	g/cm ³
Equivalent de Sable « ES »	73.66	%

II 5.3.7 Sable «SC » avec de variation le taux des fines :

Sable «SC » de 14% des fines :

Tableau II-15 : analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P 18-554

analyse granulométrique par tamisage				
matériau : Sable -calcaire «SSC »masse sèche : 1000 g				
ouvertures des tamis (mm)	refus partiel	Retenu cumulés	pourcentage refus (%)	pourcentage Passant(%)
6.3	-	-	-	-
5	0	0	0	100
2.5	65.22	65.22	6.52	93.48
1.25	132.51	197.73	19.77	80.23
0.63	164.21	361.94	36.19	63.81
0.315	293.06	655	65.5	34.5
0.16	166.13	821.13	82.11	17.89
0.08	79.84	900.97	90.09	9.91
module de finesse " Mf " = 2.10				

Tableau II-16: caractéristiques physiques:

Caractéristiques	Résultats	Unité
Masse volumique apparent	1.763	g/cm ³
Masse volumique absolue	2.579	g/cm ³
Equivalent de Sable « ES »	72.06	%

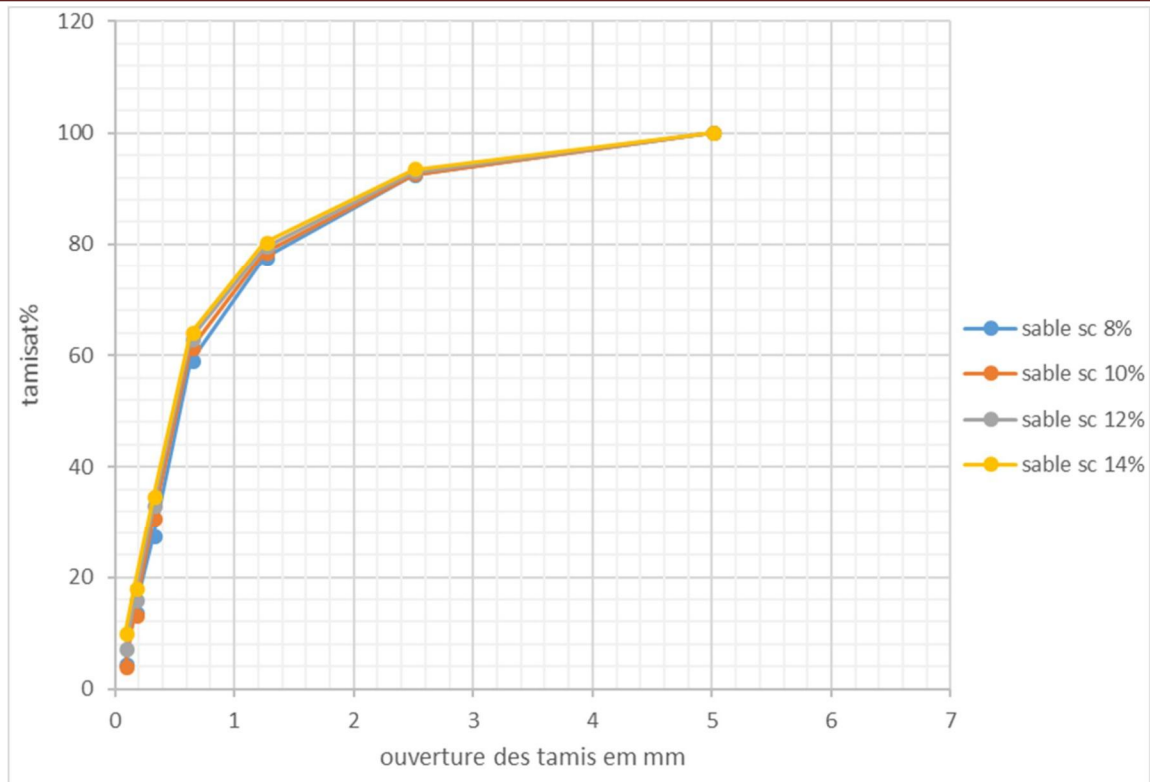


Figure II.4 La courbe granulométrique de mélange sable (SC)

« 8 à 14 % de fines »

II.5.4 Les Gravier :

Les graviers utilisés sont des graviers de carrière **AINE TOUTA** de la Zone BATNA. Dans notre analyse nous avons utilisé deux type de gravier qui sont : le gravier 3/8 et le Gravier 8/15.

➤ Les Graviers 3/8

Tableau II-17 analyse granulométrie de graviers 3/8

analyse granulométrique par tamisagematériau : graviers 3/8 masse sèche : 3000 g				
ouverture des tamis (mm)	refus partiel	Retenu cumulés	pourcentage refus (%)	pourcentage Passant(%)
10	6	6	0.2	99.8
8	36	42	1.4	98.4
6.3	1126	1168	38.93	60.87
5	616	1784	59.46	40.34
2.5	1138	2922	97.4	2.4
1.25	44	2966	98.86	0.94

Tableau II-18 : caractéristiques physiques :

Caractéristiques	Résultats	Unité
masse volumique apparent	1.306	g/cm ³
masse volumique absolue	2.634	g/cm ³
propreté superficielle	1.06	%
Los Angeles	28.40	%
coefficient d'absorption	2.15	%
coefficient d'Aplatissement	28	%

Tableau II-19 analyse granulométrie de graviers 8/15

Analyse granulométrique par tamisagematériaux : graviers 8/15 masse sèche : 4000 g				
ouvertures des tamis (mm)	refus partiel	Retenu cumulés	pourcentage refus (%)	pourcentage Passant(%)
20	0	0	0	100
16	442	442	11.05	88.95
12.5	1899	2341	58.52	41.48
10	865	3206	80.15	19.85
8	535	3741	93.52	6.48
6.3	217	3958	98.95	1.05
5	29	3987	99.67	0.33

Tableau II-20 : caractéristiques physiques :

Caractéristiques	Résultats	Unité
masse volumique apparent	1.299	g/cm^3
masse volumique absolue	2.665	g/cm^3
propreté superficielle	0.87	%
Los Angeles	27.31	%
coefficient d'absorption	1.12	%
coefficient d'Aplatissement	15.46	%



Figure II.5 Enchantions graviers utilisé 3/8 et 8/15

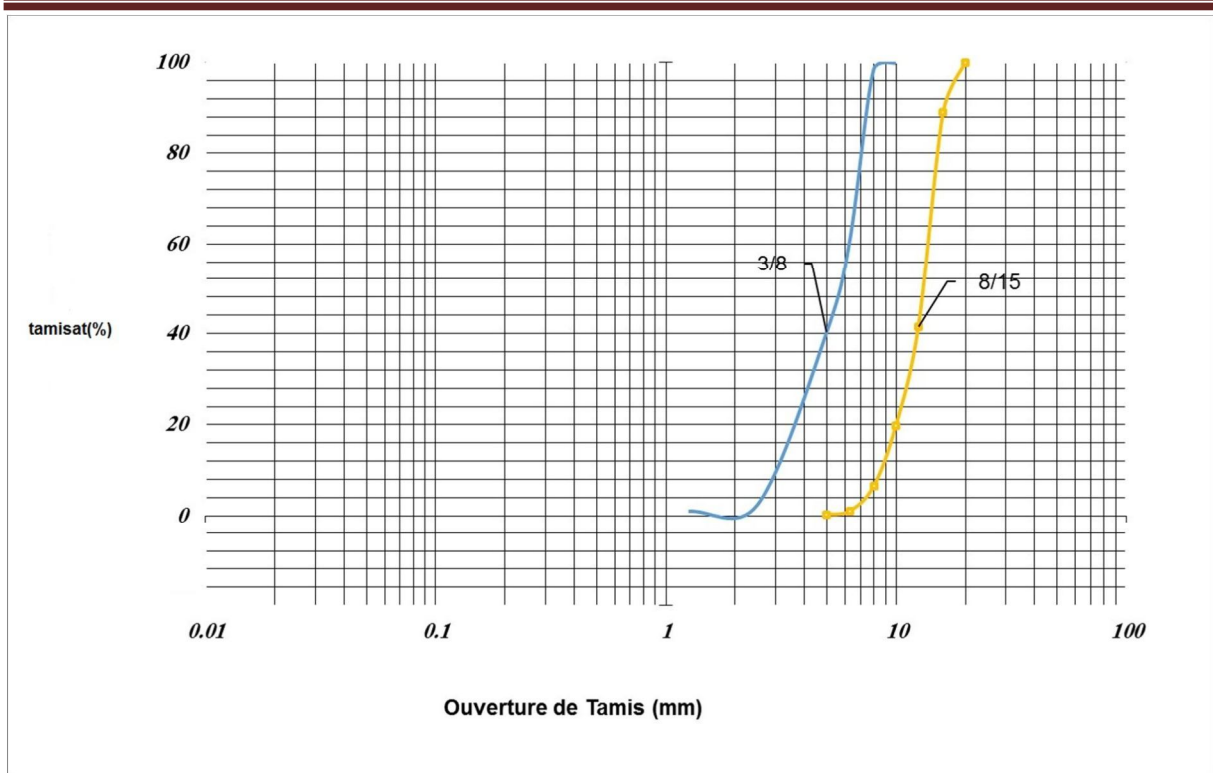


Figure II.6 La courbe granulométrique de graviers 3/8 et 8/15

II.5.5 Les Adjuvants :

Le MEDAPLAST SP 40 est un super plastifiant haut réducteur d'eau permettant d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité. En plus de sa fonction principale de super plastifiant, il permet de diminuer considérablement la teneur en eau du béton.

Grâce à ses propriétés :

- Sur béton frais : Obtention d'un E/C très bas, béton plastique à fluides, une très bonne maniabilité, un long maintien de l'ouvrabilité et de faciliter la mise en œuvre du béton.
- Sur béton durci : Bonne résistance initial et finales, diminue la porosité, diminue le retrait et bel aspect de parement au décoffrage. (ANNEX 09)

II.6. La Formulation des bétons :

Pour définir un mélange optimal qui puisse assurer la résistance et la maniabilité désirée, nous avons utilisé la méthode de DREUX –GORISSE [16] qui est utilisée pour la formulation des bétons par le laboratoire des travaux publics du sud (la zone d'el oued). Pour tracer les courbes nous, avons utilisé programmé « Excel ».

II.6.1. La formulation selon la méthode de Dreux-Gorisse

1) Les Données pour le Mélange de sable sillico-calcaire.

Nous expliquerons en détail le mélange contenant 10 % des fines :

- Affaissement ($A = 9\text{cm}$) et le béton de vibration normale.
- Le ciment utilisé est un CEM I B 42.5.
- Les graviers concassés
- Le sable (50 % concassé 50% roulé) .
- $F_{c28} = \sigma_{28j} = 37\text{Mpa}$
- σ_c (la résistance maximal de ciment) = $62.5\text{ Mpa} = 625\text{ bar}$

(cette valeur est le maximale de résistance du ciment utilisé à 28 jours [1])

- M_f (module de finesse de sable utilisé) = **2.08**

2) détermination de G (coefficient granulaire) D'après le tableau ci-dessous et égale à 0.45

Qualité des granulats	Dimension D des granulats		
	Fins $D \leq 16\text{mm}$	Moyens $(25 \leq D \leq 40\text{ mm})$	Gros $(D \geq 63\text{ mm})$
Excellente	0.55	0.60	0.65
Bonne , courante	0.45	0.50	0.55
Passable	0.35	0.40	0.45

Tableau II-21 : détermination de G (coefficient granulaire)

3) Résistance visée « σ'_{28j} » :

Par sécurité, la résistance visée « σ'_{28j} » est majorée de 15% par rapport à la résistance que nous souhaitons obtenir. Ainsi, la résistance visée est obtenue comme suit : La résistance désirée pour le béton à 28 jours est : $\sigma_{28j} = 37 \text{ MPa} = 370 \text{ bar}$ La résistance visée vaut alors :

$$\sigma'_{28j} = 1.15 \sigma_{28j} = 1.15 \times 37 = 42.55 \text{ MPa} = 425.5 \text{ bar}$$

5) Dosage en ciment et en eau :

$$C/E = \frac{\sigma'_{28j} + 0.5 * G * \sigma_c}{G * \sigma_c}$$

$$C/E = \frac{425.5 + 0.5 * 0.45 * 625}{0.45 * 625}$$

$$C/E = 2.01$$

Remarque :

l'augmentation du pourcentage des fines entraînera une augmentation de la surface spécifique de granulats, et par conséquent, il faut ajouter le super plastifiant et éviter l'augmentation de l'eau ou profiter de la réduction de celui-ci en raison de la grande efficacité que le super plastifiant joue dans l'amélioration de l'efficacité opérationnelle du béton.

Sur cette échelle, Notre étude a modifié le taux des fines (silico- calcaire) dans le mélange . pour améliorer la maniabilité du notre béton frais, nous avons ajouté le super plastifiant au mélange , en fonction de la réduction le rapport E/C au la valeur 0,35 => C/E = 2.35

-la valeur de l'affaissement au cône (ouvrabilité) choisie , et en utilisant l'abaque ci-dessous.

-La valeur du dosage en ciment C , faire une intersection est entre deux courbes.

-on obtenu La dosage en ciment égale à 400 kg/ m³ + 2 % super plastifiant.

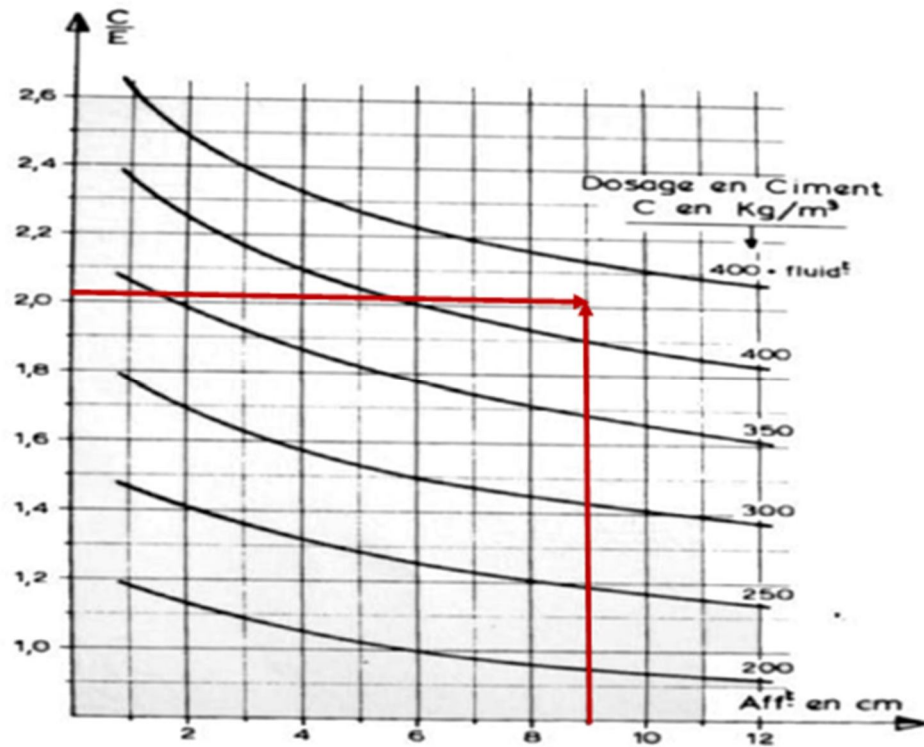


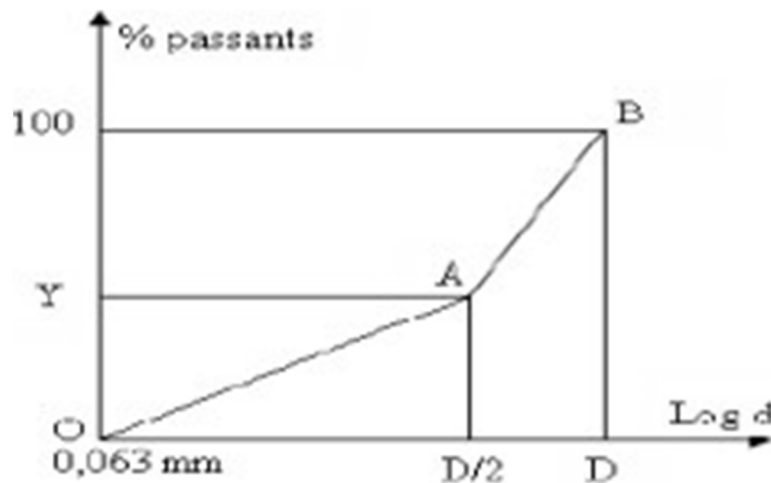
Figure II-7 La l'abaque relatif l'affaissement a dosage du ciment

5) La valeur en Eau est calculé comme suit :

$$E = \frac{C}{C/E}$$

$$E = 140 \text{ LITRES}$$

6) Traçage de la courbe granulaire de référence (OAB):



Sur le graphe de l'analyse granulométrique du sable et graviers à utiliser pour la fabrication du béton, on trace la courbe de la composition granulaire de référence (OAB) .

Le point O de la courbe sera placé à l'origine (0,0).

Le point B de la courbe aura pour ordonnée 100% tamisât, et à l'abscisse la dimension D du plus gros granulat.

Le point de brisure A aura pour coordonnées :

$$\begin{aligned} X &= D/2 \text{ si } D \leq 20\text{mm} \\ X &= \text{milieu du segment } [5\text{mm}, D] \text{ si } D > 20\text{mm}. \\ Y &= 50 \sqrt{D} + K + K_s + K_p \end{aligned}$$

➤ **Calcul de XA**

On a $D \leq 20\text{mm}$ Donc $XA = D/2 = 16 / 2 = 8 \text{ mm}$

➤ **Calcul de $Y_A = 50 \sqrt{d} + k + k_s + k_p$ ($k_p = 0$)**

K est un terme correcteur qui dépend du dosage en ciment, de l'efficacité du serrage, de la forme des granulats et du module de finesse du sable.

Tableau II-22 :donnant les valeurs du terme correcteur K [Dreux Festa1998]

puissante		Normal		Faible		Vibration	
concassé	Roulé	concassé	Roulé	concassé	Roulé	Forme des granulats (du sable en particulier)	
-4	-6	-2	-4	0	-2	400 + Fluid	Dosage en ciment
-2	-4	0	-2	2	0	400	
0	-2	2	0	4	2	350	
2	0	4	2	6	4	300	
4	2	6	4	8	6	250	
6	4	8	6	10	8	200	

Notre granulat utilisé sont concassé et roulé donc :

$$K = (-2 -4) / 2 = -6 / 2 = -3$$

$$k_s = 6M_f - 15 = 6 \times 2.08 - 15 = -2.52$$

$$YA = 50 - 4 - 3 + (-2.52)$$

$$YA = 40.48$$

7) Traçage de la courbe granulaire (Voir l'Annexe)

8) détermination en pourcentages des matériaux secs :

Après le traçage de courbe en déterminée le pourcentage de sable et graviers :

$$\text{Sable} = 33.5 \%$$

$$\text{Gravies} = 8.5 \%$$

$$\text{Gravies } 8/15 = 8.5 \%$$

9) Détermination en volume des matériaux secs**Tableau II-23 : La norme NF EN 206 classe l'affaissement du béton en cinq groupes :**

classe	Affaissement (mm)	aspect
S1	10 à 40	ferme
S2	50 à 90	plastique
S3	100 à 150	Très plastique
S4	160 à 210	fluide
S5	≥ 220	Très fluide

a) Détermination du volume absolu "V" de l'ensemble des granulats ,y compris le ciment :

$$V = 1000\gamma \text{ (en litres)}$$

(γ coefficient de compacité, voir tableau ci-dessous)

Tableau II-24 : les valeurs de coefficient de compacité γ

Consistance	Serrage	valeur de coefficient de compacité γ						
		D=5	D=8	D=12.5	D=20	D=31.5	D=50	D=80
Molle (TP-FI)	Piquage	0.750	0.780	0.795	0.805	0.810	0.815	0.820
	Vibration faible	0.755	0.785	0.800	0.810	0.815	0.820	0.825
	Vibration normale	0.760	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
Plastique (P)	Piquage	0.760	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
	Vibration faible	0.765	0.795	0.810	0.820	0.825	0.830	0.835
	Vibration normale	0.770	0.800	0.815	0.825	0.830	0.835	0.840
	Vibration puissante	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
Ferme (F)	Vibration faible	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
	Vibration normale	0.780	0.810	0.825	0.835	0.840	0.845	0.850
	Vibration puissante	0.785	0.815	0.830	0.840	0.845	0.850	0.855

Nota ces valeurs sont convenables pour des granulats roulés sinon il conviendra d'apporter les corrections suivantes :

➤ Sable roulé et gravier concassé = -0.01

➤ Sable et gravier concassé = -0.03

Dans notre cas le sable est (50% roulé + 50% concassé) et gravier concassé D_{max} = 16 mm entre 12.5 et 20mm

$$\text{Alors : } \gamma = (0.815 + 0.825) / 2 = 0.820 - 0.02 \Rightarrow \gamma = 0.800$$

Donc : la volume absolu de matériaux secs : $V = 1000 \gamma = 0.800 \times 1000 = 800$ litres

10) détermination du volume absolu "Vc" du ciment

*Volume absolu du ciment :

$$\text{Ciment } V_c = C/3.1 \Rightarrow V_c = 400/3.1 = 129.03 \text{ L/m}^3$$

Avec C : dosage en ciment en (kg) .

- La valeur de (gr/cm³) c'est la masse volumique absolu de ciment.

b) Détermination du volume absolu "Vgt" des granulats :

$$* V_{gt} = V - V_c \text{ (en litre)} \Rightarrow V_{gt} = 800 - 129.03 = 670.97 \text{ L/m}^3$$

c) Détermination du volume absolu "Vs" du sable :

$$* V_s = V_{gt} \cdot \% \text{ sable (en litre)} \Rightarrow V_s = 670.97 \cdot 33.5/100 = 224.77 \text{ L/m}^3$$

d) Détermination du volume absolu "Vg" du gravier 3/8 :

$$* V_g = V_{gt} \times \% \text{ gravier (en litre)} \Rightarrow V_g = 670.97 \cdot 8.5/100 = 57.03 \text{ L/m}^3$$

e) Détermination du volume absolu "VG" du gravier 8/15:

$$V_G = V_{gt} \cdot \% \text{ gravier (en litre)} \Rightarrow V_G = 670.97 \cdot 58/100 = 389.16 \text{ L/m}^3$$

11) Détermination du dosage en matériaux : (pour 1 m³ de béton):

- Dosage en sable sera : $S = V_s \cdot \gamma_s$ (en kg).

$$\Rightarrow \text{Sable: } S = V_s \cdot \gamma_s = 224.77 \cdot 2.569 = 577.43 \text{ kg /m}^3$$

- Dosage en gravier 3/8 sera $g = V_g \cdot \gamma_g$ (en kg).

$$\Rightarrow \text{Gravier } g = V_g \cdot \gamma_g = 57.03 \cdot 2.634 = 150.22 \text{ kg /m}^3$$

- Gravier 8/15 : $G = V_G \cdot \gamma_G$

$$\Rightarrow G = 389.16 \cdot 2.665 = 1037.11 \text{ kg /m}^3$$

12) Récapitulatif des dosages en kg/m³ :

Sable : 577.43 kg /m³

☐ **Gravier 3/8 : 150.22 kg /m³**

☐ **Gravier 8/15 : 1037.11 kg /m³**

☐ **Ciment : 400 Kg/m³**

☐ **Eau : 140 Kg/m³**

Total (Δ) = 2324.76 Kg/m³

(Δ : densité théorique du béton frais mise en œuvre).

$$\gamma_b = \Delta / 1000 = 2324.76 / 1000 = 2.32476 \text{ g/cm}^3$$

Le tableau suivant résume les résultats du dosage au matériaux pour chaque béton par méthode

Dreux-gorisse :

Tableau II-25: les résultats du dosage au matériaux pour chaque béton:

Sym de béton	Nom de béton	Pourcentage de granulats en %			dosage de chaque matériau en kg/m ³					Masse volume g/cm ³
		sable	g3/8	G8/15	sable	g3/8	G8/15	C	E	
B0	témoin	32.2	9.5	58.3	567.77	167.89	1042.46	400	140	2.338
B8	8% de fines	34	8	58	585	141.39	1037.11	400	140	2.323
B10	10% defines	33.5	8.5	58	577.43	150.22	1037.11	400	140	2.324
B12	12% defines	33.2	8.8	58	573.38	155.51	1037.11	400	140	2.326
B14	14% defines	34.2	8.3	57.5	591.65	146.69	1028.16	400	140	2.326

Essais réalisés pour le béton à l'état frais :

II.6.2 Essai d'ouvrabilité au cône d'Abrams:

Cet essai est réalisé suivant la recommandation de la norme EN 12350-2

(EN 12350-2,1999), Il s'agit de donner l'affaissement d'un cône de béton sous l'effet de son propre poids.

Le béton est introduit dans le moule en 3 couches d'égales hauteurs qui seront mises en place au moyen d'une tige de piquage actionnée 25 fois par couche. Après avoir arasé en roulant la tige de piquage sur le bord supérieure du moule, le démoulage s'opère en soulevant le moule avec précaution. Le béton n'étant plus maintenu s'affaisse plus ou moins suivant sa consistance. La mesure doit être effectuée sur le point le plus haut du béton et dans la minute qui suit le démoulage comme la montre la figure II-9

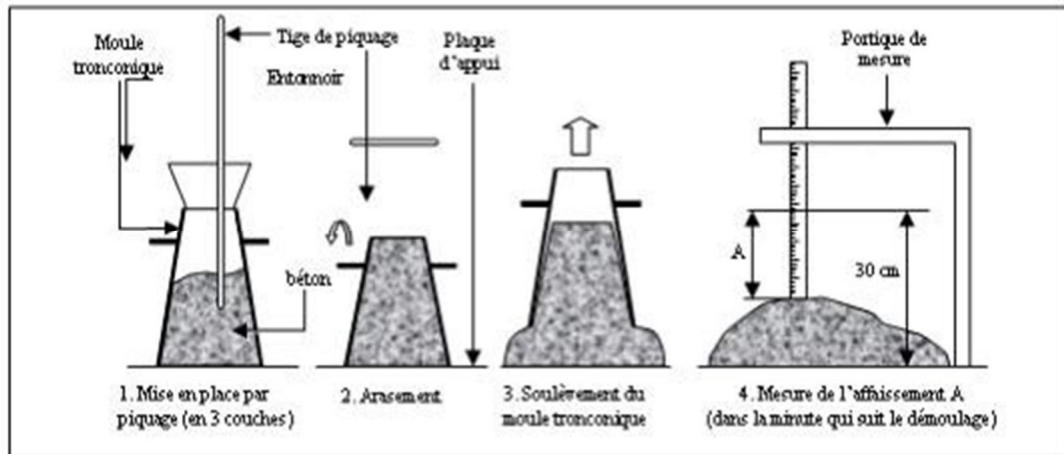


Figure II-8 : Mesure de l'affaissement au cône d'Abrams.

La norme **NF EN 206** classe l'affaissement du béton en cinq catégories : voir Tableau II-29

II.6.3. Essai de la masse volumique :

Le béton frais est compacté à l'aide d'une barre dans un conteneur rigide et étanche de volume de 5 l et de masse connue, suivant la spécification de la norme EN12350-6 (EN 12350-6, 1999). La quantité du mélange est répartie en deux couches et doit soumettre à au moins 25 coups par couche. Pour éliminer les poches d'air piégé, après le compactage de chaque couche, on a tapoté les parois du conteneur de manière intelligente avec le maillet jusqu'à ce que les grosses bulles d'air cessent d'apparaître à la surface et que les dépressions laissées par la tige ou la barre de compactage soient éliminées.

Finalement la densité est calculée à partir de la formule :

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

Où

ρ : la masse volumique

m_1 : est la masse du conteneur, en kilogrammes;

m_2 : est la masse du conteneur plus la masse de l'échantillon du béton dans le conteneur, en kilogrammes;

V : est le volume du conteneur En mètres cubes.

II.6.4 Essais réalisés pour le béton à l'état durci

II.6.4.1 Essais mécaniques

II.5.4.1 Résistance à la compression et à la traction :

L'essai de compression uni axiale est réalisé suivant la norme EN 12390-3 « Essai pour béton durci – Résistance à la compression des éprouvettes ». Les extrémités des éprouvettes sont rectifiées par surfacage avec une rectifieuse. L'éprouvette est placée et centrée sur une presse hydraulique de marque UTEST de 2000 kN puis soumise à un taux de chargement de 0,6 kN.s⁻¹ jusqu'à la rupture, l'éprouvette permet de calculer la résistance en compression comme suit :

$$R_c = F / a^2$$

Avec F : la charge maximale en N,

a : dimension de la section (a = 100 mm).

R_c : résistance à la compression

L'essai de traction par fendage est exécuté selon la norme EN 12390-6

« Essai pour béton durci

– Détermination de la résistance en traction par fendage des éprouvettes ».

Il consiste à appliquer suivant la génératrice d'une éprouvette cylindrique, un effort de compression sur une zone étroite. Les contraintes de traction orthogonales qui en résultent provoquent la rupture de l'éprouvette par traction. Celles-ci fournissent l'intensité de la résistance à la traction par fendage.

Les éprouvettes sont centrées sur la presse hydraulique UTEST de 2000 kN. L'effort est appliqué à travers des bandes de chargement et un taux de chargement de 0,6 kN.s⁻¹.

La charge maximale qui provoque la rupture de l'éprouvette permet de calculer la résistance en traction par fendage suivant la formule :

$$f_{ct} = \frac{2 * P}{\pi * L * D}$$

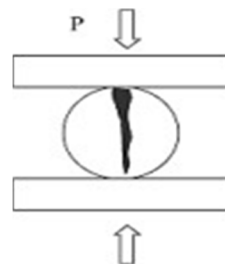


Figure II-9 essai de traction par fendage

avec : **f_{ct}** la résistance à la traction par fendage en MPa,

P la charge maximale en N,

L la longueur de la ligne de contact avec l'éprouvette en mm .

D la dimension transversale nominale en mm.

II.6.4.2 Résistance à la flexion :

La résistance à la flexion a été effectuée sur des éprouvettes prismatiques du béton 7x7x28cm conformément à la norme NF EN 12390-5 (NF EN 12390-5, 1999). Cet essai est réalisé avec une presse CBR universelle de capacité 50 kN et de vitesse 1.27mm/min, livré avec anneau dynamométrique et un comparateur et un support conçu spécialement pour la flexion (flexion trois points).

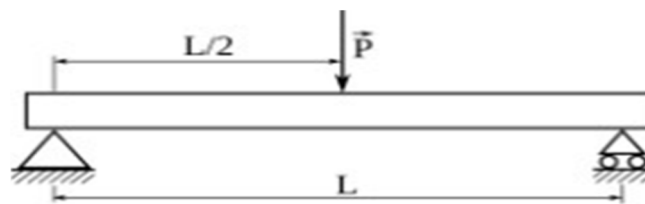


Figure II-10 essai de flexion

L'essai est déroulé comme suit:

- Placer l'éprouvette 7x7x28 entre les appuis du support de flexion. La face latérale de l'éprouvette doit être en contact avec les appuis.
- Amener l'appui supérieur en contact avec la face supérieure de l'éprouvette après la mise en marche de la presse jusqu'à la rupture.
 - Lire la valeur de la graduation correspondante à l'intensité de la charge appliquée.
 - Convertir la dernière valeur en force de rupture; soit " P ".
- Refaire la même démarche pour les autres éprouvettes.

Application de la formule ci-après pour calculer la résistance à la flexion :

$$R_f = \frac{3PL}{2b^3}$$

p : la charge ; L: longueur entre les appuis ; b : les dimensions (7 x 7 x 7) cm³.

II.6.4.3 Essai ultrasonique

Le matériel utilisé est l'appareil à ultrasons «Proceq Pundit Lab» (Figure II-11).

Cet essai est réalisé suivant la norme **EN 12504-4** (EN 12504-4, 2004), le principe de l'essai est qu'une impulsion de vibrations longitudinales est produite par un transducteur électroacoustique maintenu en contact avec une surface du béton sous test. Après avoir parcouru une longueur de chemin connue dans le béton, l'impulsion de vibrations est convertie en un signal électrique par un deuxième transducteur et des circuits de synchronisation électroniques permettent de mesurer le temps de transit de l'impulsion.

Dans cette étude, nous avons testé des éprouvettes cylindriques 22*11 cm séchées jusqu'à masse constante dans l'étuve à 45°C , trois mesures sont faites sur des éprouvettes utilisées pour chaque formulation de béton. ces mesures sont faites aux échéances 7,28 et 60 jours.



Figure II-11 Essai ultrasonique

Et après lecture directe du temps et la vitesse ultrasonique d'après l'écran (figure II-13). ou procède au calcul de la vitesse ultrasonique par l'application de la relation suivante :

$$V=L/T \text{ (m/s)}$$

L : longueur de l'éprouvette

T : temps nécessaire à une impulsion ultrasonore

pour se déplacer du transducteur émetteur

au transducteur récepteur.

II.6.4.4. Essais de mesure de la Porosité et Absorption d'eau

La perméabilité et la porosité accessible à l'eau sont des indicateurs majeurs de la durabilité des bétons. En effet, ces deux paramètres caractérisent l'aptitude du matériau à laisser pénétrer et circuler des agents agressifs, que ce soit en phase liquide ou bien en phase gazeuse.

II.6.4.5 la Porosité :

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer la porosité du béton parmi lesquelles la désignation de la norme ASTM C642 et la norme NF P18-459 (mars 2010).

Le but de cette méthode est de déterminer le pourcentage de taille de pores présent dans l'échantillon d'essai, afin de connaître l'effet de la structure interne du béton sur l'interconnexion entre les pores.

➤ Mode d'essai

1- Séchage la étuve a 105⁰C de l'échantillon, pendant au moins 24 heures, jusqu' a obtention d'une masse constante, afin de faire évaporé toute la quantité d'eau évaporable. Cette masse est note **M_{sec}**.

2- Émersion de l'échantillon dans l'eau pendant 24h

3- Chauffage jusqu' a évolution pendant 5 heures, puis pesage de l'échantillonnage l'air (soit **M_{air}** ce point) puis pesage a l'eau (pesée hydrostatique, soit **M_{eau}** ce point).

➤ Calcul de la porosité accessible à l'eau

Calculer par la formule :

$$V_p = \frac{M_{air} - M_{sec}}{M_{air} - M_{eau}} \times 100$$

Où :

- V_p volume des vides (%),
- M_{sec} poids de l'échantillon après étuvage (g),
- M_{air} poids à l'air immersion (g),
- M_{eau} poids à l'eau immersion (g).



Figure II-12 séchage des éprouvettes dans les fours

II.6.4.6. Essai Proctor:

Les remblais posent à l'ingénieur routier un certain nombre de problèmes, d'où on peut citer :

- La stabilité des talus
- La résistance des talus à l'érosion.
- Le tassement.
- Et le compactage.

Le « compactage » est le procédé le plus économique toujours utilisé dans la construction des remblais pour améliorer la densité sèche du sol (γ_d).

Le « compactage » est une réduction pratiquement instantanée du volume du sol dû à la réduction des vides d'air. Il ne y'a aucune expulsion d'eau ce qui différencie le compactage de la consolidation.

L'étude du compactage s'effectue à l'aide d'un damage normalisé connu sous le

nom de « l'essai Proctor ».

L'essai Proctor a pour but de déterminer, pour un compactage d'intensité donnée, la teneur en eau à laquelle doit être compacté un sol pour obtenir la densité sèche maximum. La teneur en eau ainsi déterminée et appelée « teneur en eau optimum Proctor ».

Objectif de l'épreuve Proctor :

PRINCIPE DE L'ESSAI Proctor

L'essai Proctor consiste à compacter dans un moule standard, à l'aide d'une dame standard et selon un processus bien déterminé, un échantillon du sol à étudier et à déterminer la teneur en eau du sol et sa densité sèche après le compactage.

L'essai Proctor est répété plusieurs fois de suite sur des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%, 16%) On détermine ainsi plusieurs points de la courbe représentative des densités sèches en fonction des teneurs en eau. On trace alors la courbe en interpolant entre les points expérimentaux. Elle représente un maximum dont l'abscisse est « la teneur en eau optimum Proctor », et l'ordonnée « la densité sèche maximum Proctor ».

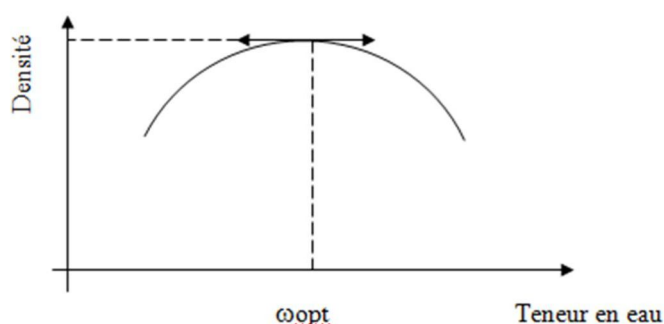


Figure II-13 Essai Proctor

CONCLUSION sur l'Essai Proctor

Sur les chantiers de stabilisation, on exige, en général, des densités sèches égales à 90 % ou à 95 % de la densité sèche maximum Déterminée à l'essai Proctor ; d'où l'importance d'avoir au moment du Compactage une teneur en eau très voisine de la teneur en eau optimum.

Cette Condition est souvent difficile à remplir, ce qui limite les possibilités de stabilisation des sols : en périodes de pluie, la teneur en eau du sol naturel est généralement supérieure à la teneur optimum, il faut aérer le sol pour le faire sécher ou attendre une période plus sèche. En période sèche les apports d'eau sont importants (la teneur en eau optimum varie entre 6 et 12% selon la nature du sol et l'engin de compactage utilisé.)

II.6.4.7. Absorption capillaire:

Le test de l'absorption capillaire a été effectué sur des échantillons des bétons immergés pendant 72 heures dans l'eau. Ces échantillons ont été sciés à partir des éprouvettes prismatiques $70 \times 70 \times 280$ et ont de dimensions $70 \times 70 \times 70$ mm.

Ce test a été réalisé selon la recommandation de l'Association Française de Génie Civil. Le mode opératoire se déroule comme suit :

- Sécher les échantillons dans une étuve à 70°C jusqu'à une masse constante telle que $\Delta m/\text{jour} \leq 0.1\%$ pour assurer une dessiccation complète des échantillons.
- Imperméabiliser à l'aide de paraffine (ciré) toutes les faces extérieures des échantillons sauf la face qui sera étudiée et laisser jusqu'à séchage.
- Mesurer la masse sèche et placer les faces à étudier dans un bassin d'eau de 5 mm d'épaisseur.
- Mesurer la masse pondérale de l'échantillon dans le temps (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90) min, 24h, 48h, 72h.
- Déterminer la quantité d'eau absorbée.



Figure II.14: L'essai d'absorption par capillarité

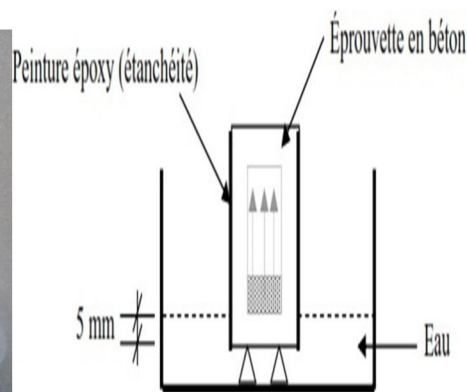


figure II.15: Principe de test

Absorption par les capillaires du béton

Pour chaque échéance de mesure (t), le coefficient d'absorption capillaire est défini

par la relation suivante :

$$C_t = \frac{M_t - M_0}{A}$$

Où :

- C_t est le coefficient d'absorption à l'échance t (g/cm^2),
- A est la section de l'éprouvette (cm^2),
- M_t est la masse à une échance t (g),
- M_0 est la masse initiale de l'éprouvette (g).

Notons que cette opération a été mesurée à chaque échance citée précédemment.

II.7.Conclusion

Nous avons résumé à ce chapitre après avoir effectué des essais expérimentales chimiques et physiques sur les deux sables utilisés (sable roulé et sable concassé), ainsi que sur le sable silico-calcaire, En incluant le gradient granulaire du sable mélangé (silico-calcaire) et avec changement du rapport des fines de (8% , 10% , 12% ,14%) nous avons observé l'augmentation de la masse apparente et l'absolue.

Aussi la diminution du module de finesse (M_f), cela a formulation du béton, ce qui a entraîné une augmentation de sa masse volumétrique

II.8 DURABILITÉ :

La durabilité d'un béton n'est pas une caractéristique, mais plutôt sa réponse aux charges en service et aux conditions environnementales ; la durabilité d'un béton dépend d'une multitude de caractéristiques du matériau, ainsi que de l'agressivité de son environnement. Un élément en béton qui subit des cycles de chargement et de déchargement ou de mouillage et de séchage, par exemple, peut se fissurer à cause de ces cycles. Des agents agressifs extérieurs pénétreront facilement dans sa matrice à travers les fissures et microfissures formées. Ces agents agressifs peuvent, par la suite, réagir avec les hydrates pour diminuer davantage la capacité portante de l'élément. La définition et les spécifications des bétons doivent prendre en compte : les agressions liées à la carbonatation et à la pénétration des chlorures (en présence de sels), la prévention des désordres dus aux gonflements internes du béton (alcali-réaction et réaction sulfatique interne), la durabilité des bétons durcis soumis au gel en présence ou non de

sels de déverglaçage. Les caractéristiques induites sont à contrôler au cours de l'exécution pour assurer la durabilité de l'ouvrage.

II.8.1 Échantillons immergés dans HCL:

Pour l'incubation lorsque les échantillons ont été immergés 8 % 10 % 12 % 14% et l'échantillon a constaté qu'il y avait un changement dans la couleur des échantillons et la présence de sédiments sur eux avec le passage de 90 jours d'incubation, un changement dans la diminution du pourcentage de masse



II Figure .16. Éprouvettes dans l'acide (Hcl).

Les résultats de la perte de masse sont en Annexe 09



CHAPITRE III

CHAPITRE III : ANALYSE ET DISCUSSIONS DES RÉSULTATS

III. 1 Introduction

Dans ce chapitre, Il nous présente l'étude des résultats du comportement du béton substitution du 50 % du sable de rivière avec sable de calcaire , lors de la variation du pourcentages des fines de sable (SC) pour ce béton à l'état frais et à l'état durci avec une analyse de ces résultats, afin l'obtenir de pourcentage optimal de fines (SSC) et une formulation adéquate qui repent aux exigence de la résistance et de la durabilité.

III.2 Résultats Le comportement du béton donne un état frais

III.2.1 Ouvrabilité

Les résultats de l'influence de la variation de fines du sable (sillico – calcaire) sur l'ouvrabilité des bétons confectionnés pour une dosage en eau et super plastifiant fixés sont présentés dans la figure III.1

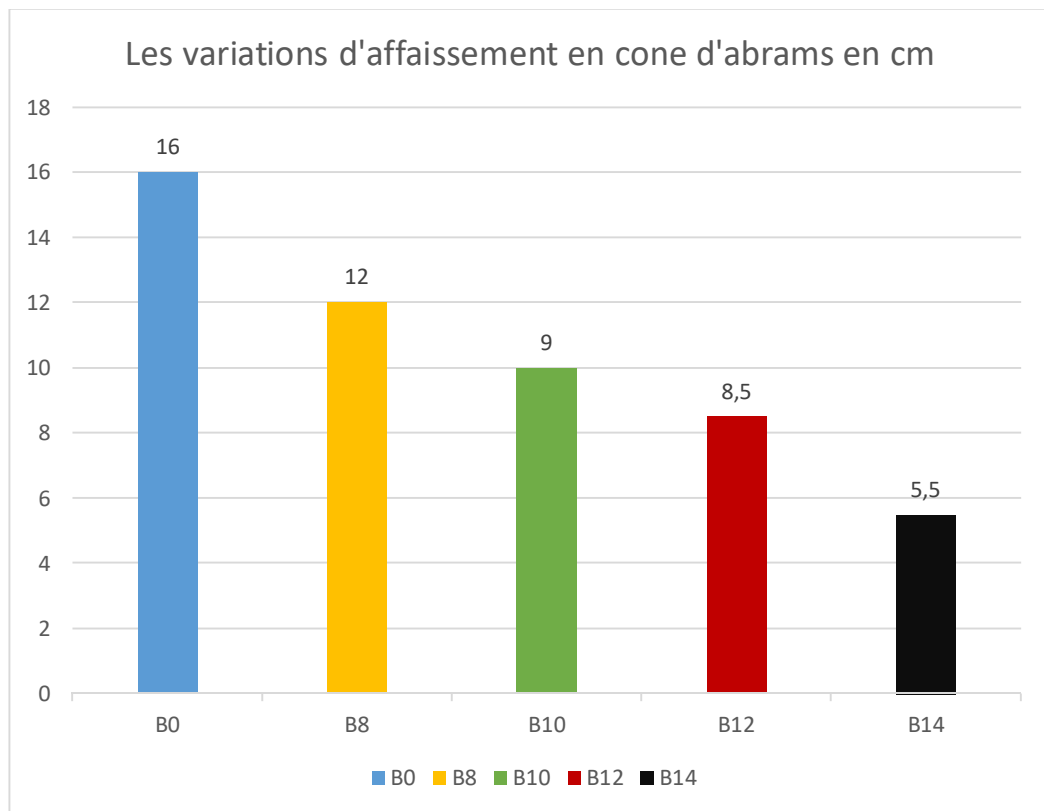


Figure III.1. L'effet du contraste dans le rapport

Atterrissage (sillico – calcaire)

Nous avons noté que l'augmentation de l'affaissement est proportionnel à diminution du pourcentage de fines (SSC) avec a rapport de d' $E/C = 0.35$ et un Super Plastifiant égale 1% par apport au poids du ciment .

Les causes probables de l'affaissement élevée de béton B0 (béton témoin) sont les suivantes :

- La forme géométrique (arrondie) des grains roulés .

III.2.2 Densité à l'état frais de différents bétons étudiés

la figure III.2 présente les résultats de la densité à l'état frais des différent béton a base de sable d'un pourcentage (silico –calcaire -50% -50%) avec la variation des pourcentages des fines .

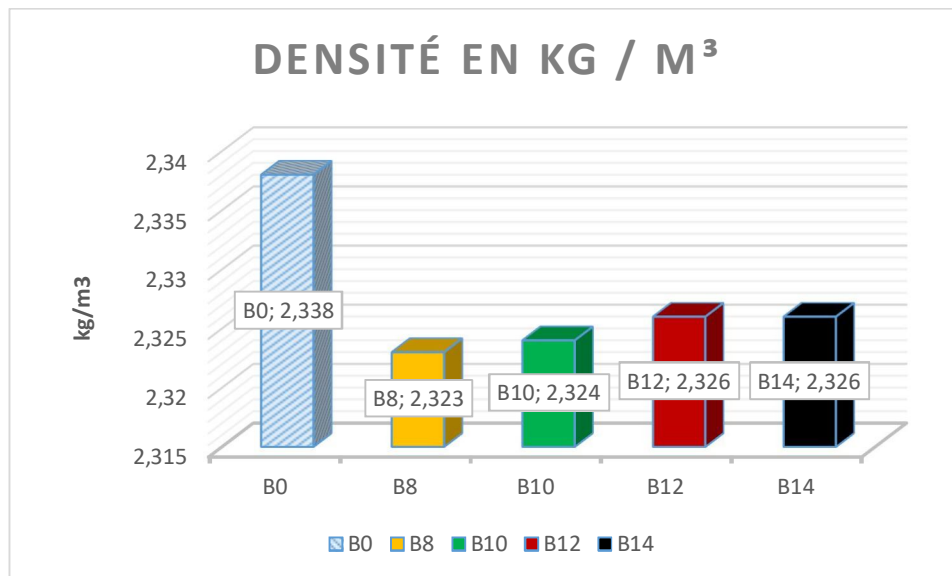


Figure III.2. Variation de la densité du béton en fonction de variation le taux de fines (silico – calcaire)

D'après les résultats obtenus, on remarque une augmentation de la densité avec l'augmentation de la teneur en fines pour le béton a base de sable (silico – calcaire).

Et pour cela a bon arrangement des grains , dû à l'élargissement du gradient granulaire, et conduit ainsi à obtenir du béton moins de vides.

Nous avons remarqué que le béton B0 (béton témoin) est à base de sable de rivière, sa densité est aussi élevée que –

Par rapport au béton à base de sable (silico-calcaire), nos attentes sont que sa composition

Utilisation de la méthode Dreux-gorisse

Résultats du comportement physico-mécanique du béton a l'état durci

III.3.1. Essai de la compression

La résistance à la compression est une caractéristique primordiale des bétons et l'un des paramètres principaux de notre recherche. Cette dernière a été mesurée à différentes échelles. Elle représente la moyenne des résistances d'une série de trois éprouvettes cubiques soumises à l'écrasement.

Les résistances à la compression ont été suivies sur des éprouvettes de 10x10x10 cm soumises à une immersion continue à l'eau jusqu'au jour d'écrasement , La Figure III.3 chaque type de béton avec âge (7 et 28 et 60) jours dans le but de prendre un pourcentage optimal des fines (SC) pour béton a base de sable (silico-calcaire) et pour obtenir des meilleurs résultats a résistance de compression .



Figure III.3. Essai de compression

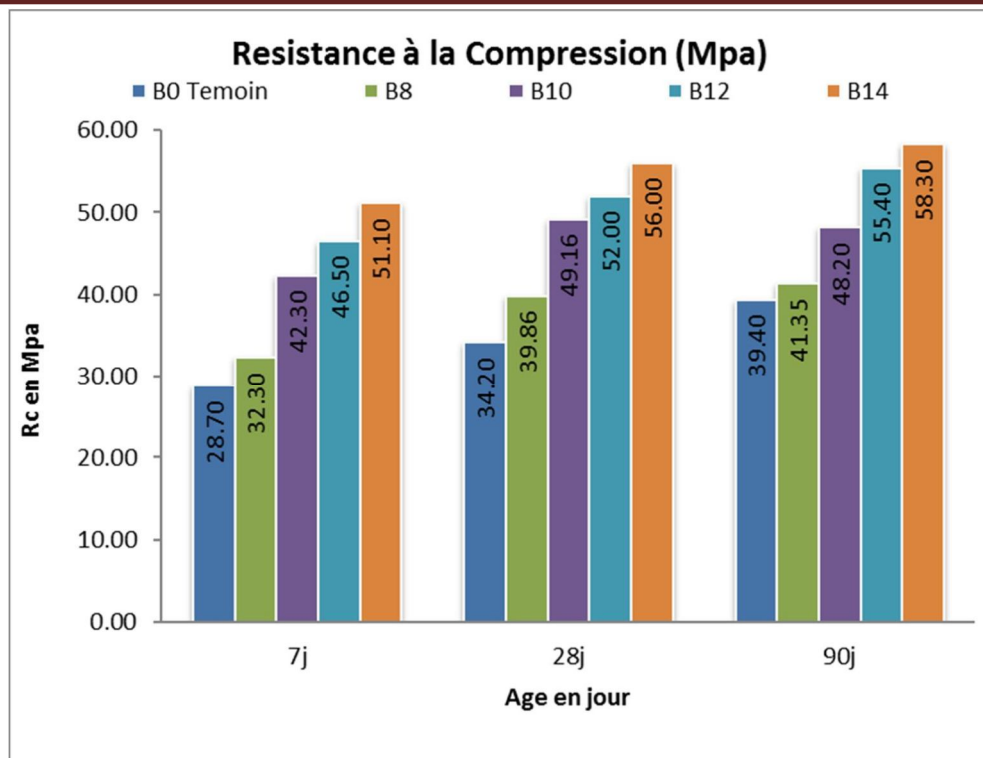


Figure III.4 Variation de la resistance a la compression du beton en fonction variation le taux de fines (silico-calcaire)

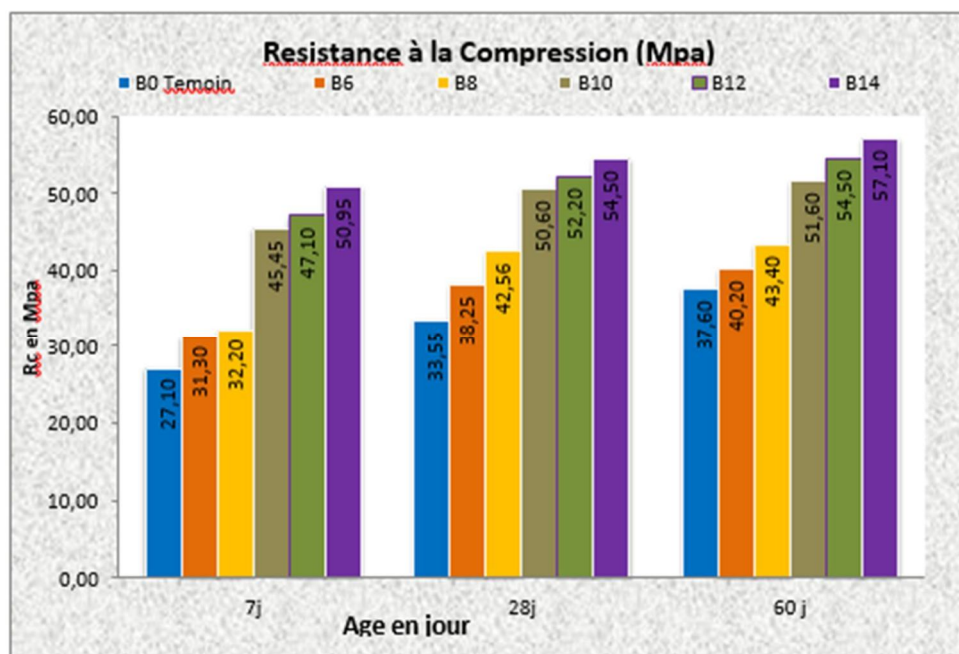


Figure III.5 Résistance à la compression du béton en fonction de variation taux de fines (silico-calcaire) Mémoire L'année dernière

Après avoir vu les résultats de la compression, nous remarquons :

- qu'ils sont augmentés avec le temps, jusqu'à 28 jours, au delà de cette échéance et on remarque une petite évolution de la résistance mécanique à la compression .

- Les résistances à la compression pour le béton de sable silico-calcaire sont meilleurs que le béton témoin (B0), en raison d'adhérence entre les grains.

- L'augmentation de la résistance correspondant à l'augmentation du pourcentage de fines afin de les remplir de pores.

Déduire que le béton qui contient de différents pourcentages des fines silico-calcaire

(8% à 14 %) sont influencés positivement sur la résistance à la compression,

Notre résultat indique que le béton à 14% des fines de sable (SC) donne le meilleur résultat

- Nous notons et comparons les résultats obtenus l'année dernière à partir de la thèse de fin d'études dans la figure III.5 qu'il y a une plus grande différence dans les résultats de la force 90j Supérieure à 60j

III.3.2. Essai de flexion :

Pour effectuer cet essai, on a préparé trois éprouvettes prismatiques (7*7*28) (cm³) pour dans le but de prendre une valeur moyenne.

On teste chaque type de béton avec l'âge (7, 28 et 60) jours , dans le but de prendre un pourcentage optimal des fines (SC) pour le béton à base de sable (SC) et pour obtenir des meilleurs résultats à la résistance à la flexion .



Figure III.6. Essai de flexion

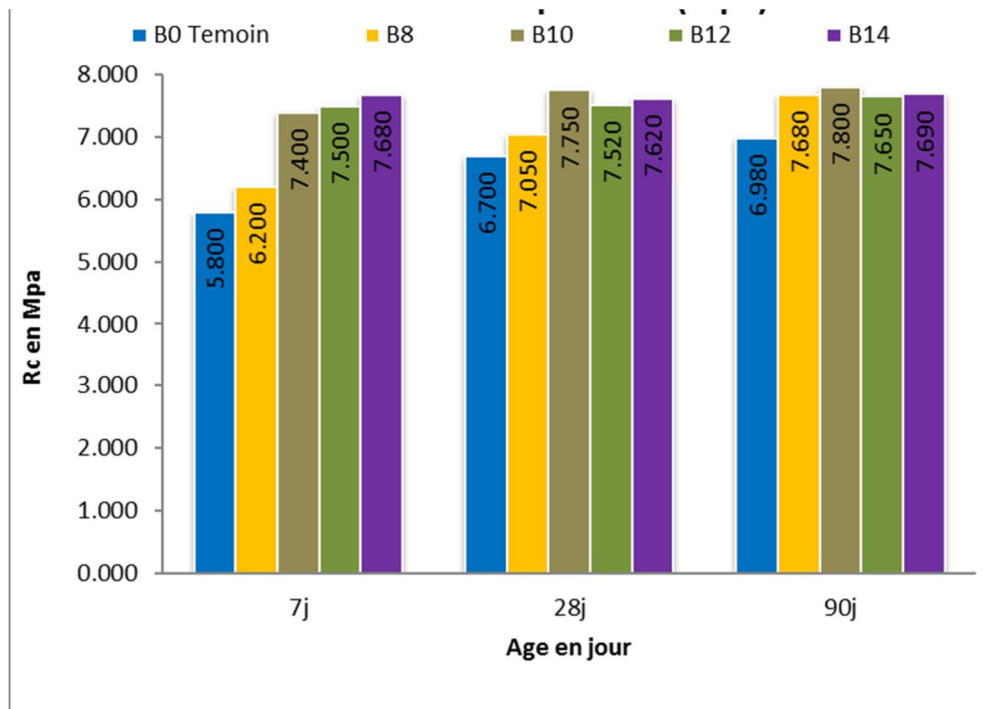


Figure III.7. Variation de la résistance à la flexion du béton en fonction de variation le taux de fines (SSC)

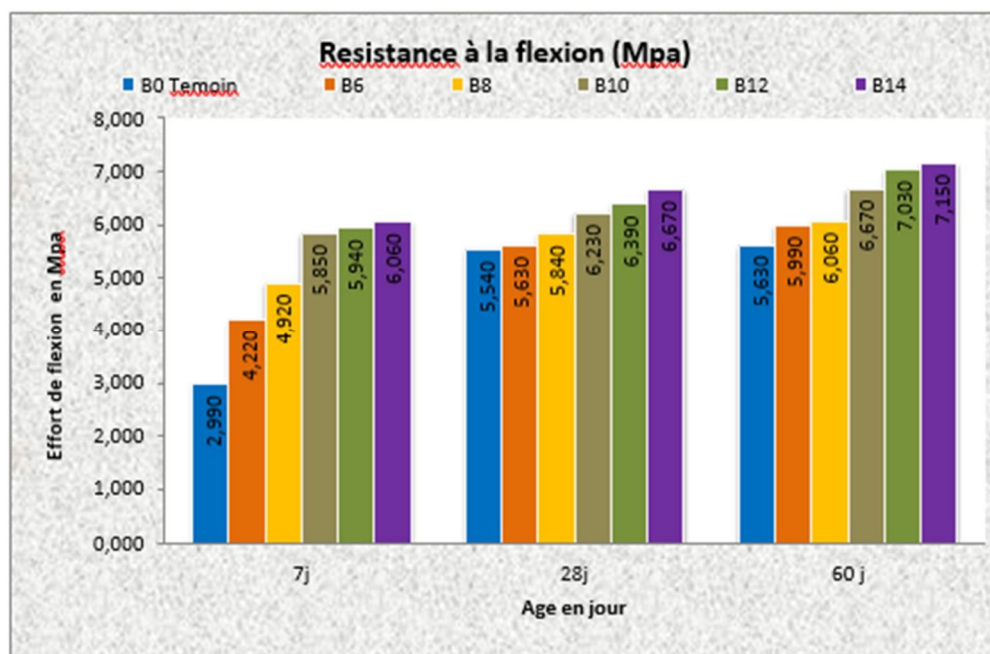


Figure III.8 Résistance à la flexion du béton en fonction de variation le taux de fines(silico-calcaire) Mémoire L'année dernière

- Nous notons dans les types de béton (SSC) qu'il y a une augmentation rapide de la résistance à la flexion pendant les sept premiers jours de l'âge du durcissement de béton, puis est ralenti jusqu'au 28ème jour, quand elle commence à se stabiliser partiellement, Cela explique les étapes de l'hydratation la pate du ciment .

- Pour B0 (béton témoin), la résistance à la flexion augmente linéairement, jusqu'à ce qu'elle soit partiellement stabilisée, à partir du 28ème jour.

- Nous avons remarqué que les résistances à la flexion pour le béton a base d'un sable silico-calcaire sont supérieures que le béton témoin, en raison de la forme angulaire des grains calcaire Qui en gendre de meilleur cohésion entre le granulats et la pate.

Nous concluons qu'il est un gain de la résistance à la flexion lorsque on commence d'introduire les fines dans ce type de béton jusqu'à la substitution de grains de sale avec

14 % des fines avec pourcentage d'augmentation de la résistance entre la valeur minimal de B0 et maximal B14 est égale: 51.9 % , afin de réduire les pores .

-- Nous notons et Il n'y a pas de grande différence résultats obtenus l'année dernière à partir de la thèse de fin d'études dans la figure III.8 qu'il y a une plus grande Il n'y a pas différence dans les résultats de la force 90j et 60j

III.3.3. Essai de traction par fendage :

Cet essai Pour le but de déterminer la résistance a la traction par fendage , on a préparé trois éprouvettes cylindriques (11 cm, 22 cm) dans le but de prendre une valeur moyenne.

On tester chaque type du béton avec l' âge (7 , 28 et 60 jour) jours , dans le but de prendre une optimal pourcentage des fines (SC) pour béton a base de sable (sillico-calcaire) et pour obtenir des meilleur résultats a résistance de traction par fendage .



Figure III.9. Essai de traction par fendage

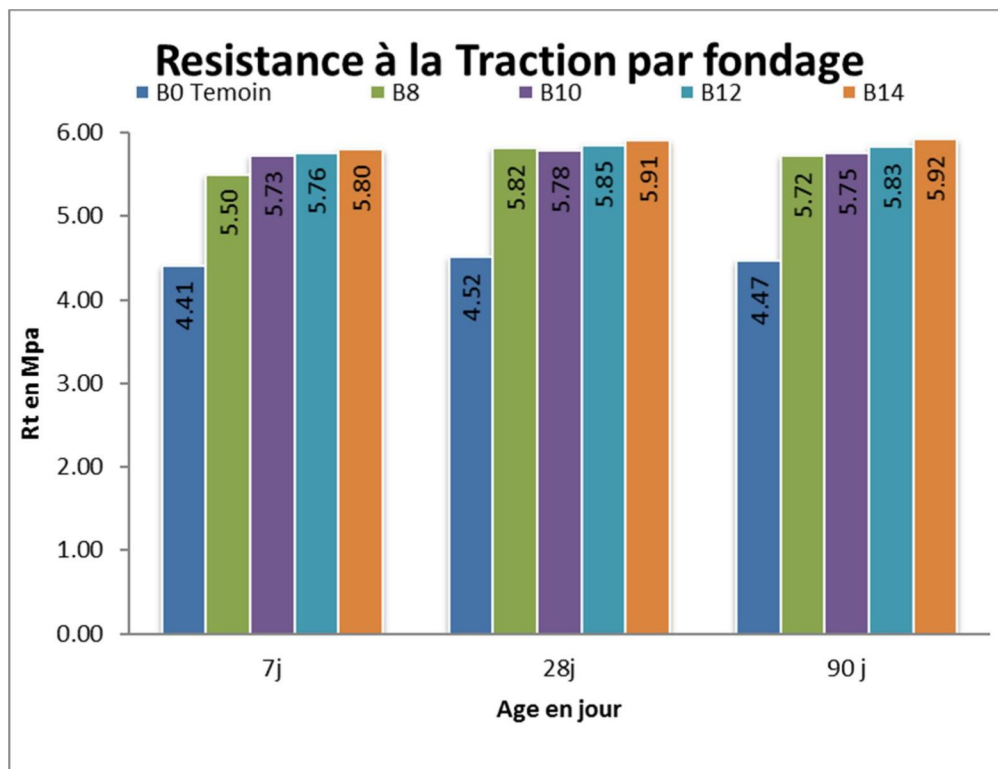


Figure III.10. Variation de la résistance à la traction par fendage du béton en fonction du taux de fines (SSC)

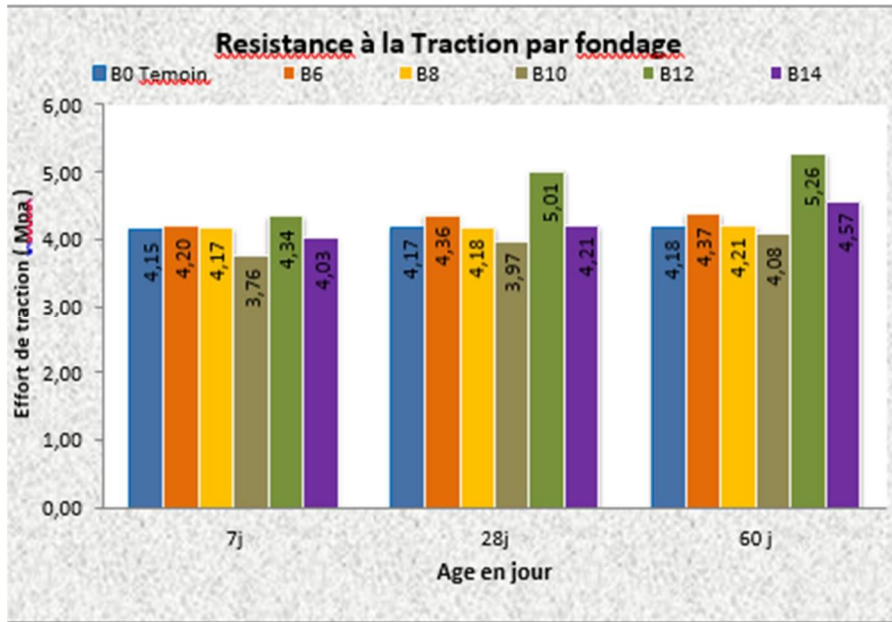


Figure III.11 Résistance à la traction par fendage du béton en fonction de variation le taux de fines (silico-calcaire) Mémoire L'année dernière

Nous notons qu'il y a un développement progressif de la résistance à la traction par fendage au fil de temps jusqu'à 60 jours, avec une convergence des résultats enregistrés entre les différents types des bétons réalisés, y compris le béton témoin, mais le béton qui contient un pourcentage de 12 % des fines (SSC) a donné de meilleurs résultats dans toutes les échéances proposées

- Nous notons les résultats obtenus l'année dernière à partir de la thèse de fin d'études dans la figure III.11 qu'il y a une plus grande différence dans les résultats de la force 90j Supérieure à 60j

III.3.4 Absorption capillaire

Le test de l'absorption capillaire a été effectué sur des échantillons des bétons à âges

(28 et 90) jours , immergés pendant 72 heures dans les eaux . Ces échantillons ont été sciés à partir des éprouvettes prismatiques 70×70×280 et ont de dimensions 70×70×70 mm.

Les résultats d'absorption capillaire pour Le béton a déférente pourcentage de fines (SC) et, présentés dans le Colonnes de la figure III.12et III.13

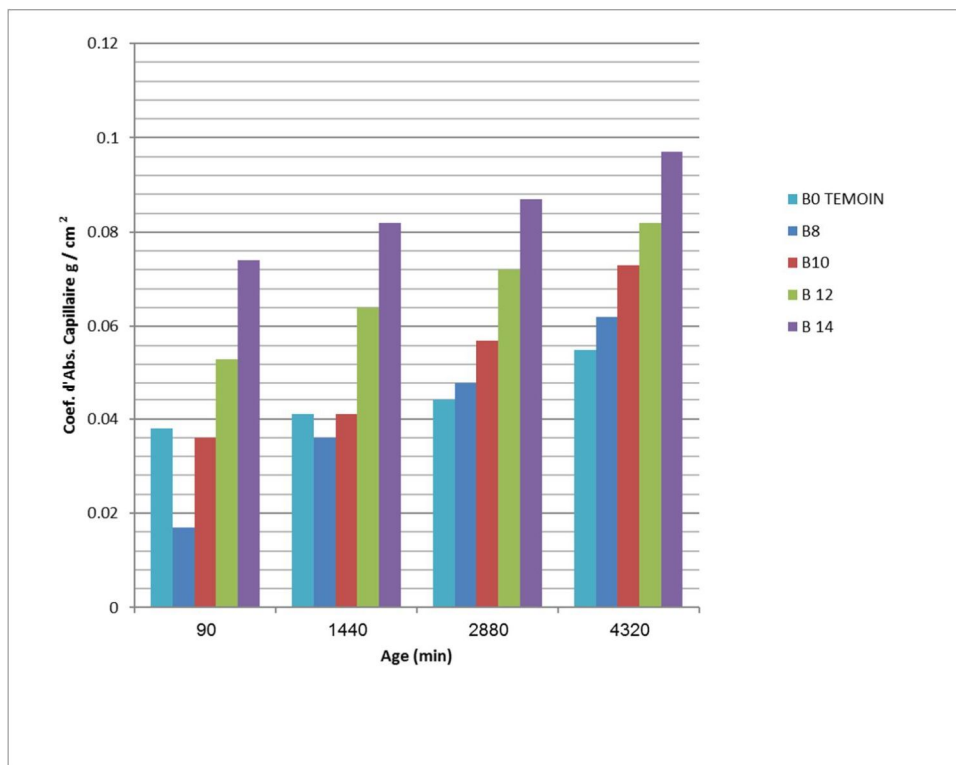


Figure III.12. Variation de l'absorption capillaire du béton en fonction de variationle taux de fines (SSC) a âge de 28 jours

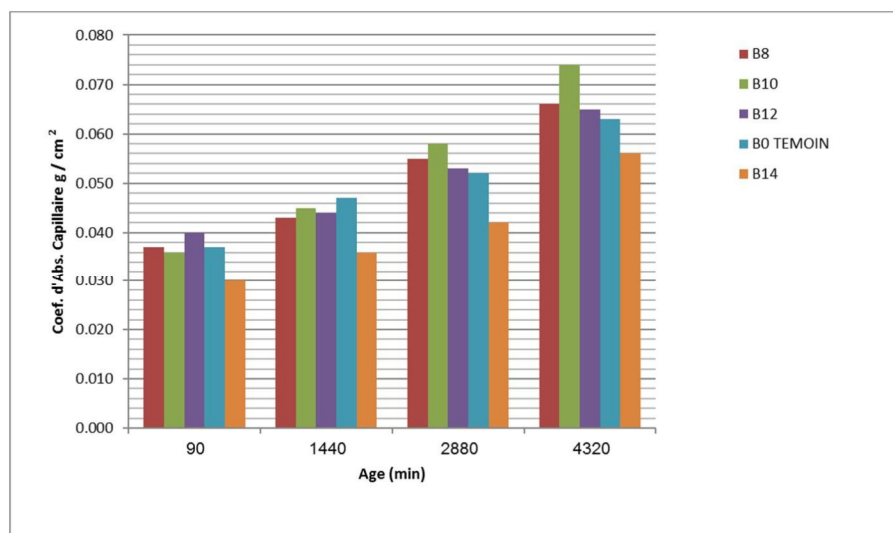
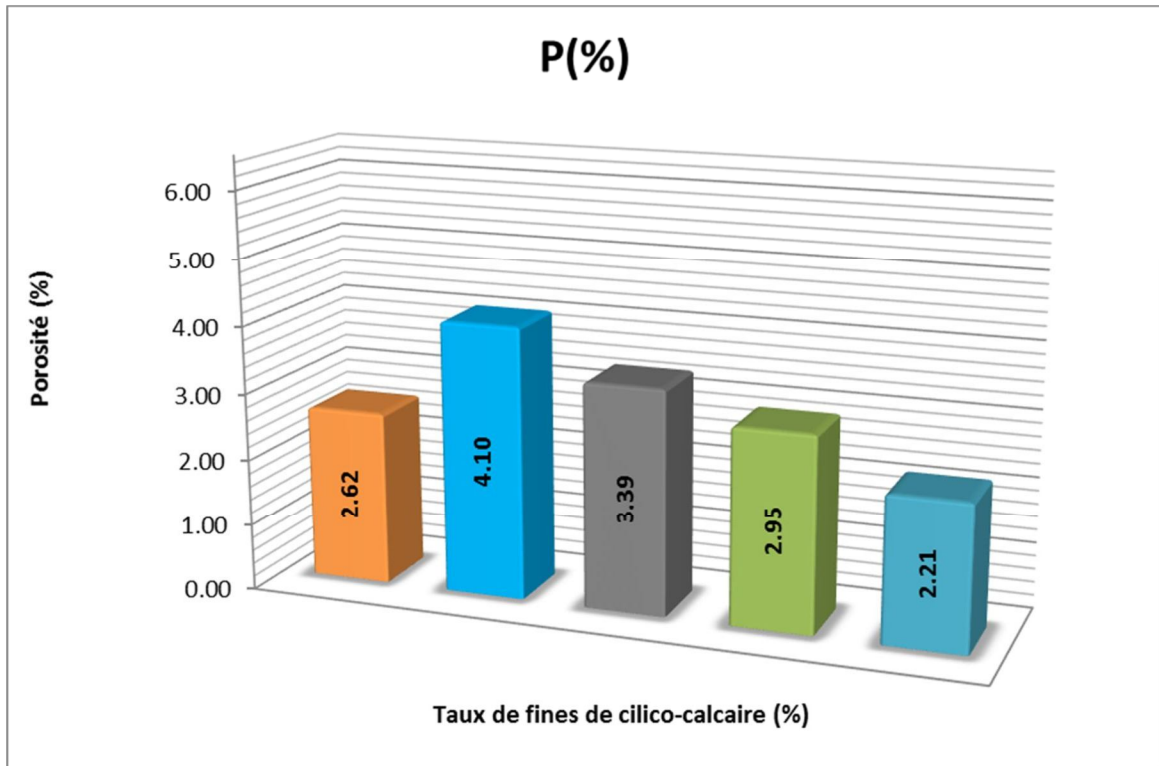


Figure III.13. Variation de l'absorption capillaire du béton en fonction de variationle taux de fines (SSC) a âge de 90 jours.

Nous avons observé à partir des résultats obtenus que le béton témoin est moins absorbable que le béton d'égale pourcentage silico-calcaire, en raison de la nature du sable calcaire plus d'absorption d'eau.

III.3.5 La porosité

la figure III.15 montre les résultats de l'essai de la porosité (Pourcentages des vides) ASTM C 642.



**Figure III.14. Variation de porosité du béton en fonction
De taux de fines(silico-calcaire)**

D'après les résultats obtenus, on remarque une réduction de la porosité en fonction de l'augmentation de la teneur en fines pour le béton à base de sable (silico-calcaire), ce qui conduit à la fermeture des espaces inter granulaires.

Les valeurs obtenues nous indiquent que B14 est moins poreux que les autres bétons, plus le béton témoin à un pourcentage des pores presque comparable avec B14.

nous avons confirmé sans doute que le béton B8 a une porosité plus élevée que les autres.

Le béton B14 a une fermeture des vides de 2.21 % par rapport au béton B8, ce qui explique le rôle bénéfique des vides qui calment les pores, dans ce sens nous disons que les grains de B0 sont moins orientés par rapport au B14.

La différence de pourcentage des fines.

La nature de répartition des grains de la forme arrondi pour le sable siliceux de béton B0, est plus répartie que les nature de répartition du béton du sable combiné (SSC) .

III.3.6Essai ultrasonique

Cet essai Pour le but de déterminer l'impulsion de vibrations longitudinales est produite par un transducteur électroacoustique en contact avec une surface du éprouvettes de forme éprouvettes cylindriques (22*11) cm séchées sous test .

On tester chaque type du béton avec l'âge (7, 28 et 90 jour), dans le but de prendre une optimal pourcentage des fines (SC) pour béton a base de (SSC) sont présentés dans la figureIII.15

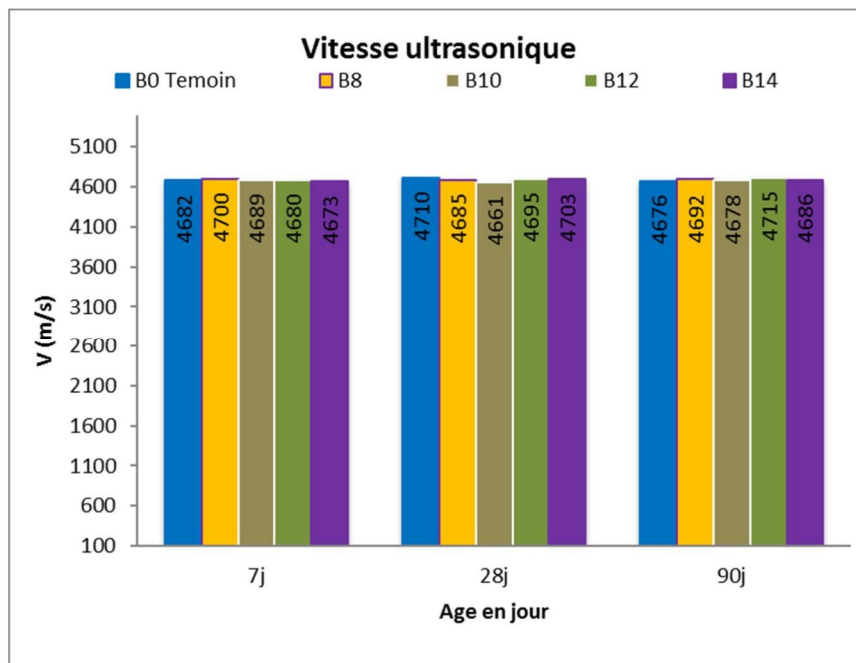


Figure III.15. L'évolution de la vitesse ultrasonique en fonction du pourcentage de fines(SC) pour les différents types de béton à 7, 28 et 60 jours

Nous avons remarqué que l'augmentation de pourcentage des fines de 14 % la vitesse ultrasonique est Croissance , et cela est dû le rôle de fines (SC) que jouez sur le remplissant des vides.

III.3.7 Essai de Proctor:

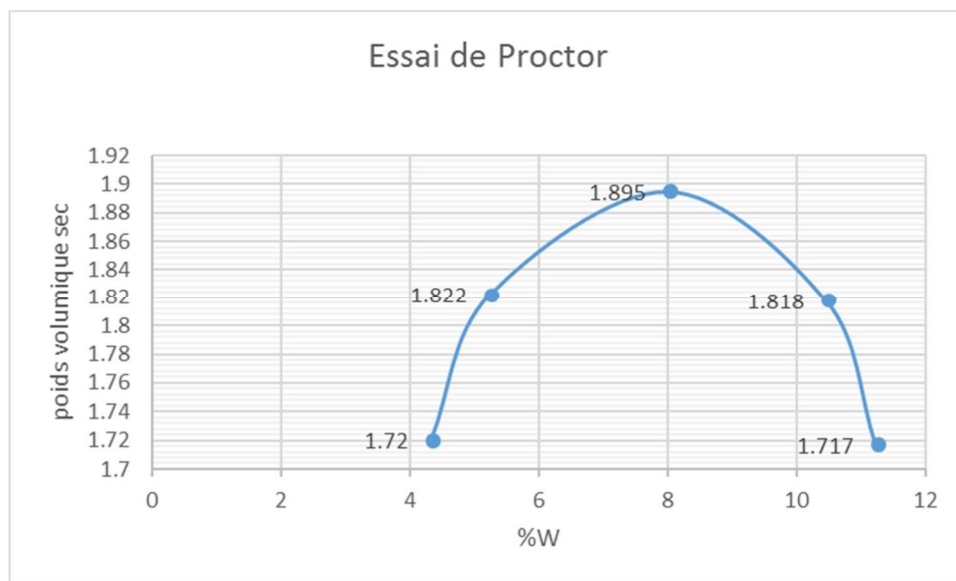


Figure III.16 La courbe suivante montre la relation du poids volumétrique du sol avec teneur d'eau B8

Cette expérience permet de trouver la valeur de la densité sèche maximale du sol, afin de faire la relation entre le taux d'humidité idéal et la densité sèche.

B10	1.746	1.881	1.865	1.879	1.872
B12	1.792	1.885	1.872	1.886	1.789
B14	1.773	1.856	1.772	1.881	1.870
TIMOI	1.691	1.744	1.716	1.750	1.688

III.26 Tableau La relation du poids volumétrique du sol avec teneur d'eau

On note à partir des résultats de l'expérience et du tableau que
la valeur maximale est B8

	B10	B12	B14	TIMOI
$\gamma_{\max}$	1.881	1.886	1.881	1.750
γ_d	6.5	6	6.5	5

III.3.8 DURABILITÉ:

1) Résistance à la compression : Les essais de la compression par l'application de compression axial ont été effectués, selon la norme NF EN 206-1, sur des éprouvettes de béton

7×7×28 cm³ âgée de j jours dans une presse de béton jusqu'à la rupture.

2) Résistance des éprouvettes immergées dans (Hcl) :

On constate sur la Figure 20, qu'il y a une évolution de la résistance en fonction de l'âge jusqu'à de 60 jours. On remarque une diminution de la résistance. Les bétons BFE ont une meilleure résistance par rapport les autres bétons.



Figure III.17. Essai de flexion

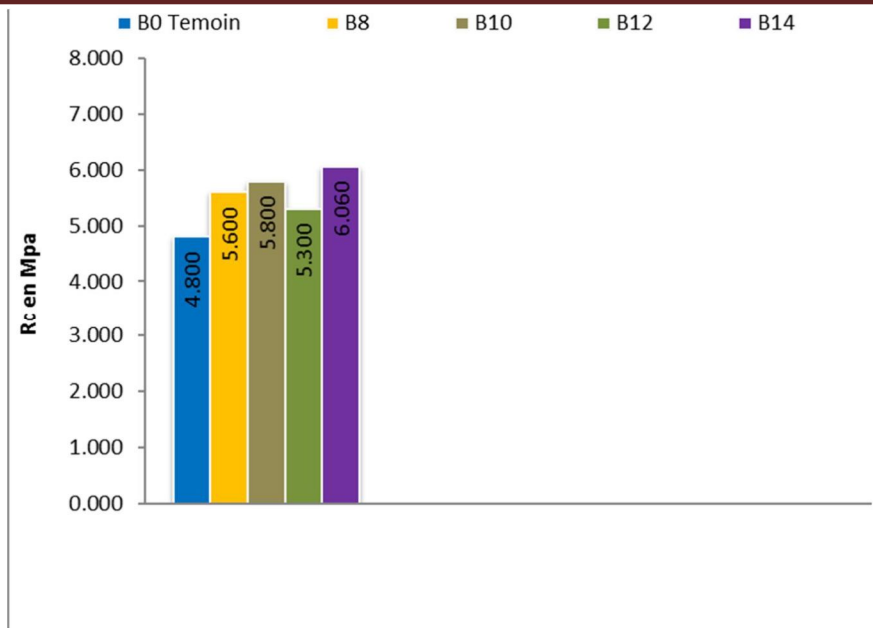
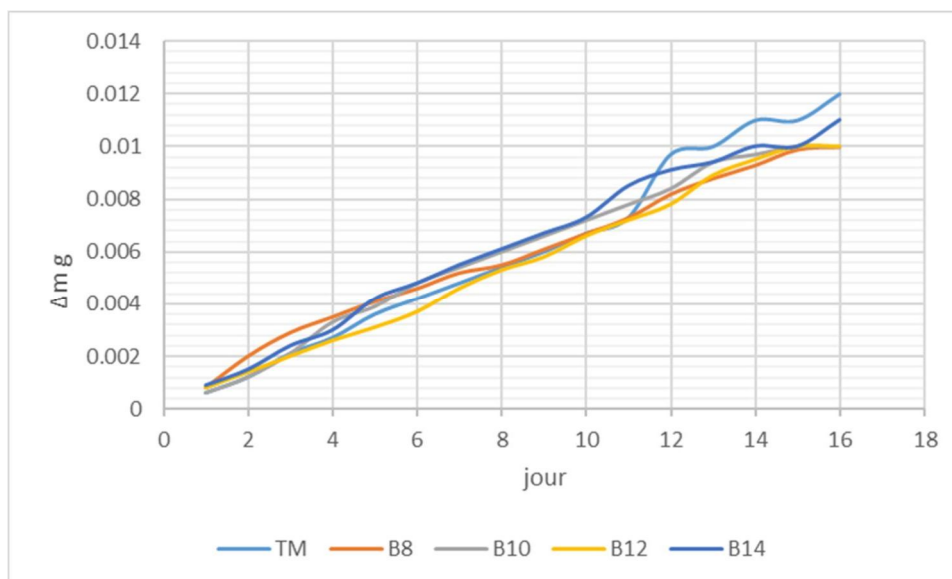


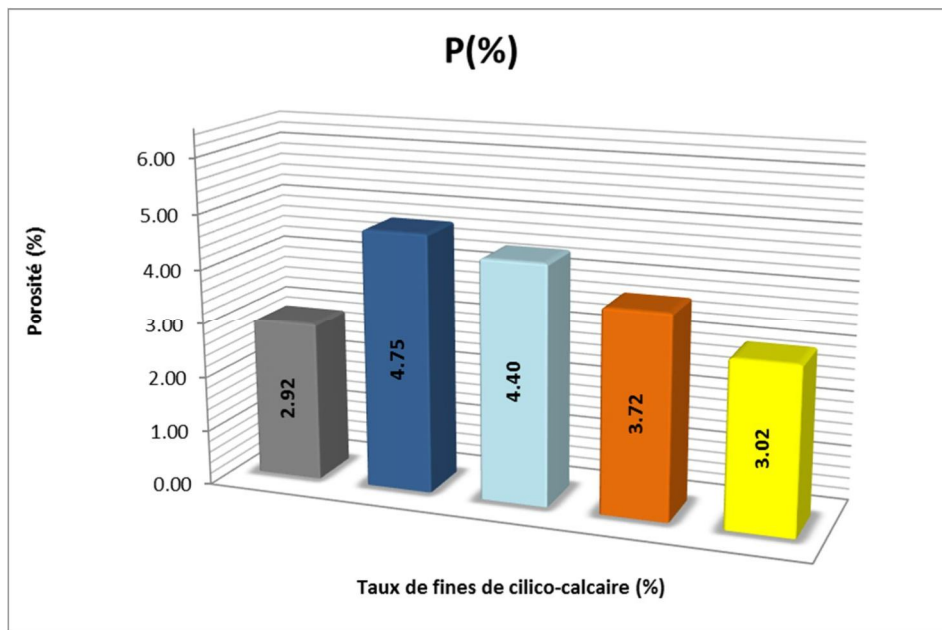
Figure 18 : résistances à la Flexion

Nous notons, comme le montre la figure, que les résultats des échantillons immergés dans HCL ont une résistance à la flexion inférieure à celle des échantillons présentés sur la figureIII.7



courbe de perte de masse

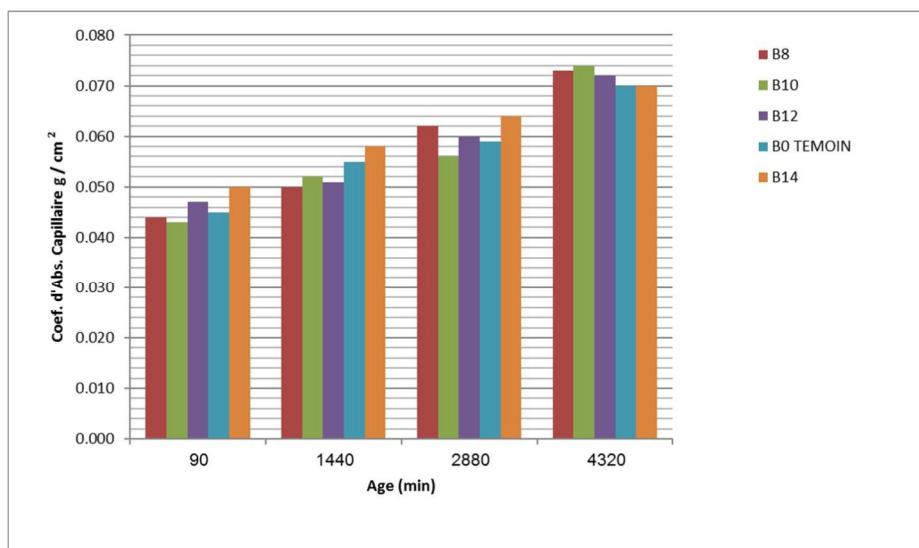
3) La porosité (DURABILITÉ) :



**Figure III .19 Variation de porosité du béton en fonction
De taux de fines (silico-calcaire)**

Nous notons, comme le montre la figure, que les résultats des échantillons immergés dans HCL ont une augmentation de la porosité par rapport aux résultats de la figure III.14

4) Absorption capillaire (DURABILITÉ) :



**Figure III.20. Variation de l'absorption capillaire du béton en
Fonction de variation le taux de fines (SSC) a âge de 90 jours
(DURABILITÉ)**

On note, comme le montre la figure III.20, que les résultats des échantillons immergés dans HCL sont plus absorbants que les échantillons présentés sur la figure III.13 à l'âge de 90 jours

III.4. Conclusion

Ce chapitre renferme l'ensemble des résultats expérimentaux sur les béton de sable siliceux B0 (béton témoin) et le béton substituer de 50% sable rivière avec sable concassé (béton de sable silico-calcaire) avec changement les pourcentages des fines de ce sable (SC) de 8 % à 14 % .

Les résultats trouvés montre qu'il ya une différence entre le béton B0 et le béton de sable (SC) même avec les changement des pourcentages des fines de sable de béton (SSC).

Et ces différences sont représentées comme suit :

Le béton (SSC) que contient de différents pourcentages des fines silico-calcaire (8% à 14 %) sont influe positivement sur le performance par-rapport béton témoin au raison des pores colmaté et la cohésion entre les grains de forme angulaire, avec une augmentation A 90 jours la résistance à la compression des béton B14 à est décroît avec 34,20% pour le béton B0, 29,6% pour un taux de substitution de 6%, 24% pour un taux de substitution de 8%, 9,7% pour un taux de substitution de 10% et de 4,6% pour un taux de substitution de 12%.

-Nous concluons de ce chapitre que les échantillons pendant 90 jours immergés dans une solution de HCL ont des résultats différents en termes de résistance à la compression et d'absorption capillaire avec des échantillons immergés dans l'eau uniquement.

Résumé général ET PERSPECTIVES

Résumé général ET PERSPECTIVES

Ce travail a porté essentiellement sur étude l' effet de la variation de fines issues d'un sable silico-calcaire sur les performances physico–mécaniques du béton .

L'objectif de notre travail expérimentale nous permettons de comprendre les tous types de formulation, la caractérisation des bétons (à l'état frais et durci), l'influence de la granulométrie des agrégats sur le comportement mécanique de béton ordinaire à l'état durci.

D'après les résultats obtenus, On peut conclure que :

✓ La masse volumique du béton B14 à l'état frais est élevée par rapport au B12, B10, B8 ceci s'explique par la grande pourcentages de fines qui crée un bon arrangement parfait entre les grains.

✓ La résistance à la compression dépend de la présence des fines (SSC).

✓ Une bonne résistance à la compression et à la flexion pour le béton B14 par rapport les bétons B12, B10, B8 et le béton témoin.

✓ L'évolution de la vitesse de propagation des ondes ultrasons dans les bétons élaborés en fonction du temps.

✓ La caractérisation des bétons par l'ultrason donne une idée sur l'homogénéité de la structure interne du béton et montre l'effet de la présence des classes granulaires des agrégats sur la résistance mécanique. En effet, la variation de taux de fines dans tous les bétons élaborés, donne une excellente vitesse , car la distribution granulaire permet un bon remplissage au qui assure au béton une bonne compacité, donc une meilleure résistance mécanique.

✓ Tous les types bétons étudiés, présentent une perturbation des valeurs de la résistance à la traction par fendage à 60 jours de cure, peut être à cause de la fausse position des éprouvettes en cours d'écrasement .

- ✓ Tous les bétons étudiés, présentent une évolution à la Résistance mécaniques à la flexion et à la compression dans les bétons de substitution de sable (B6 à B14), malgré que le béton B0 (témoin) plus dense, ceci à l'origine de la bonne arrangement des bétons à la base de (50 / 50) avec une bonne précision de taux des fines .
- ✓ Les indicateur de durabilité montre que le béton témoin gagne une valeur minimale de l'absorption capillaire, mais à 60 jours , le béton qui contient 14 % des fines silico-calcaire a bénéficié le moindre d'absorption capillaire , cette situation est probablement causée par saturation des fines silico-calcaire à long terme .

Après ce diagnostic qui a dégagé de nouvelles interrogations concernant l'emploi du sable de concassage comme matériau alternatif avec le sable alluvionnaire dans le béton. Ces questions pourraient conduire à de nouvelles recherches sur ce sujet et son effet sur la résistance physico-mécanique dans les ouvrages en béton armé, on cite notamment :

- L'influence de la nature des grains sur les comportement du béton à base de sable silico-calcaire (50 / 50).
- L'influence des taux d'incorporation des fines silico-calcaire sur le comportement de la maniabilité du béton innovant.

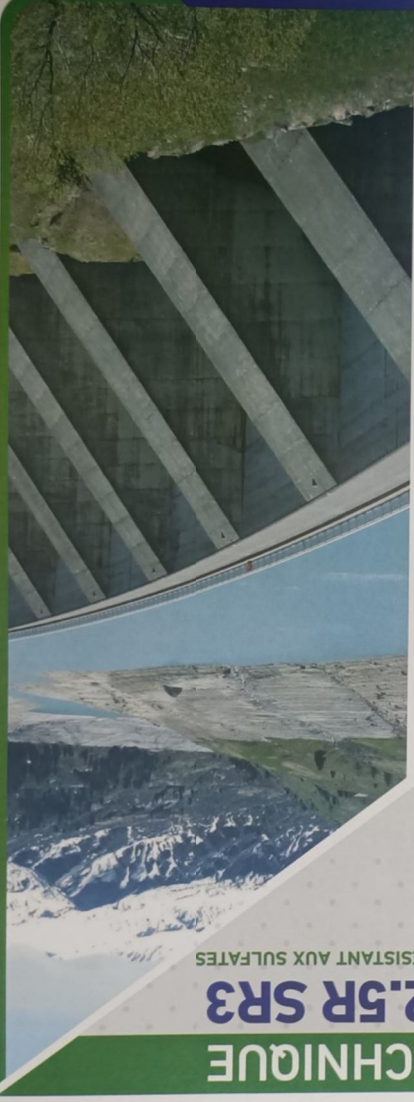
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] G. e. F. .. Dreux, Nouveau guide du béton et de ses constituants., EYROLLES, Huitième édition 1998 Troisième tirage 2007..
- [2] Benkali Sarah : « caractérisation expérimentale des bétons autoplaçants obtenus par ajout des déchets de construction » Thèse de magistère université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou..
- [3] <http://mdevmd.accesmad.org/mediatek/mod/page/view.php>
- [4] Baron.J et Sauterey.R, 1982 .Le béton hydraulique Connaissances et Pratique, Presses del'école des ponts et chaussées, sous la direction de Jacques Baron et Raymond Sauterey
- [5] Chanvillard. G, 1999. Connaissances générale sur le matériau béton, Ed. Aléas
- [6] CIM béton, 2000. Construire avec les bétons, Ed du Moniteur.
- [7] Dreux.G et Festa.J.1998. Nouveaux guide du béton et de ces constituants,
- [8] BaCaRa Projet Français, 1996.Le béton compacté au rouleau, Presses de l'Ecole-, Nationale des Ponts et Chaussées, Ed.Eyrolles France.
- [9] Aitcin .P.C, 2001 Ed. Eyrolles. Bétons haute performance.
- [10] Bresson.J,1980. Prévision des résistances, facteur de maturité, temps équivalent,Journée d'étude ITBTP du 15 novembre 1979 ;durcissement accéléré des bétons,Paris ,AnnInst.Tech.Batim.Trav.publics, 1980,387, 106-111.
- [11] Poitrat.E ,2004: Biocarburants, Techniques de l'Ingénieur, traité Génie énergétique, BE8550.
- [12] Richard et Cheyrezy.M 1995.Les bétons de poudres réactives, Annales ITBTP. Sériebéton 320.
- [13] Dupain.R, Lanchon.R et Saint-Arromain.J.C, 1995.Granulats, sols, ciments et bétons, EdEducavivre, 276p Paris.

Références

- [14] John Wiley and Sons, Taylor F, Thompson S, 1912. A treatise on concrete plain and reinforced, New York.
- [15] Granulats- Définitions, conformité, spécifications ,indice de classement P 18-540.
- [16] GEORGES DREUX : «Nouveau guide du béton » Edition Eyrolles, 1981.
- [17] Neville.A.M : propriété des bétons traduit par le CRIB, Ed. Eyrolles, 1998
- [18] Chanvillard.G et Laplante.P. « Viser une résistance à court terme pour tenir les délais de fabrication : les bétons bases et donnés pour leur formulation ». 1997.
- [19] Neville.A.M : propriété des bétons traduit par le CRIB, Ed. Eyrolles, 1998
- [20] Baron. J et Souterey. R. « Le béton hydraulique connaissance et pratique presses ». 1982.
- [21] YAGOUBI M. S., Etude de caractérisation et corrélation aux moyens des essais non- destructifs et essais direct d'un béton à haute performance (BHP) à base de matériaux locaux,
Thème de Master, Université de Mohamed Boudiaf M'sila , 2016
- [22] DJEDID T, Effet de la substitution du sable de rivière par du sable de carrière sur la durabilité des bétons à base de différents ciments algériens dans des environnements chimiques, Thèse de Doctorat, Université Mohamed khaidr Biskra ,Jan 2020.
- [23] DJEDID T, A. Guettala, M. Mani. Study of the workability and mechanical strength of concrete in the face of upwelling (Case of the El Oued region of Algeria. J Fundam Appl Sci.11(1), 368-384. doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v11i1.24>. ISSN 1112-9867, 2019.

LES ANNEXES



BC
البيسكرية الإسمنت

SPA BISKRIA CIMENT

FICHE TECHNIQUE

CEM I 42.5R SR3

CIMENT PORTLAND RÉSISTANT AUX SULFATES



CEM I 42.5R SR3 Un Ciment gris résistant aux sulfates, pour la réalisation de béton mortiers, béton-armé ou non-armé en hivers comme en été, lorsqu'une résistance aux sols agressives est préconisée.

CEM I 42.5R SR3 : Conforme à la norme Algérienne (NA442-2013).

DOMAINES D'APPLICATION

- Les infrastructures et superstructures à réaliser dans des milieux agressifs.
- Béton pour décoffrage, décintrage et démoulage rapide.
- Centrale d'épuration d'eau et station de dessalement.
- Bétonnage par temps froid résistant au gel et aux sels.
- Béton auto plaçant et chapes.

Un ciment pour tous vos travaux de constructions demandant de hautes résistances initiales, en contact avec les Sols agressives, les applications agricoles, hydrauliques, il est aussi recommandé pour les utilisations suivantes :

- Structure à réaliser dans des milieux agressifs.
- Structure à réaliser dans des milieux hydrauliques
- Ce produit est préconisé dans tous les travaux

- Structure à réaliser dans des milieux agressifs.
- Structure à réaliser dans des milieux hydrauliques et maritimes.
- Ce produit est préconisé dans tous les travaux souterrains, tunnels, barrages,...etc.

Dosage pour béton		Mortier de briquetage		Mortier de finitions		
ciment 50K X1	+	Sable (sec) 0/5	+	Gravillons (sec) 8/15mm 15/25mm	+	Eau (litrés)
ciment 50K X1	+	Sable Correcteur 0/1mm	+	Sable (sec) 0/4mm	+	Eau (litrés)
		X7		X4		
		+		+		
		X6		X9		
		+		+		
		X9		X6		
		+		+		
		X1		X9		
		+		+		
		X1		X6		
		+		+		
		X1		X9		
		+		+		
		X1		X6		
		+		+		
		X1		X9		
		+		+		
		X1		X6		
		+		+		
		X1		X9		
		+		+		
		X1		X6		
		+		+		
		X1		X9		
		+		+		
		X1		X6		
		+		+		
		X1		X9		
		+		+		
		X1		X6		
		+		+		
		X1		X9		
		+		+		
		X1		X6		
		+		+		
		X1		X9		
		+		+		
		X1		X6		
		+		+		
		X1		X9		
		+		+		
		X1		X6		
		+		+		
		X1		X9		
		+		+		
		X1		X6		
		+		+		
		X1		X9		
		+		+		

Remarque: un bidon = 10 litres

Analyses chimiques (%)		Perte au feu	1.0 – 1.9
		Teneur en sulfates (SO ₃)	2.2 – 2.6
		Teneur en Oxyde de Magnésium (MgO)	1.7 – 2.8
		Teneur en Chlorures (Cl)	0.02 – 0.05
		Résidu insoluble	≤ 0.75
Composition Potentielle du Clinker (Selon Bogue) (%)			
C ₃ S	56 – 66		
C ₂ A	1.4 – 3.0		
C ₄ AF + 2 C ₃ A	≤ 20		
Propriétés physiques			
Consistance normale (%)		25.8 – 26.4	
Expansion à chaud (mm)		0.5 – 1.0	
Temps de prise (min)		valeurs	
Début de prise		170 – 190	
Fin de prise		230 – 280	
Résistance à la compression			
valeurs		20 – 25	
		28 jours (MPa)	
		28 jours (MPa)	

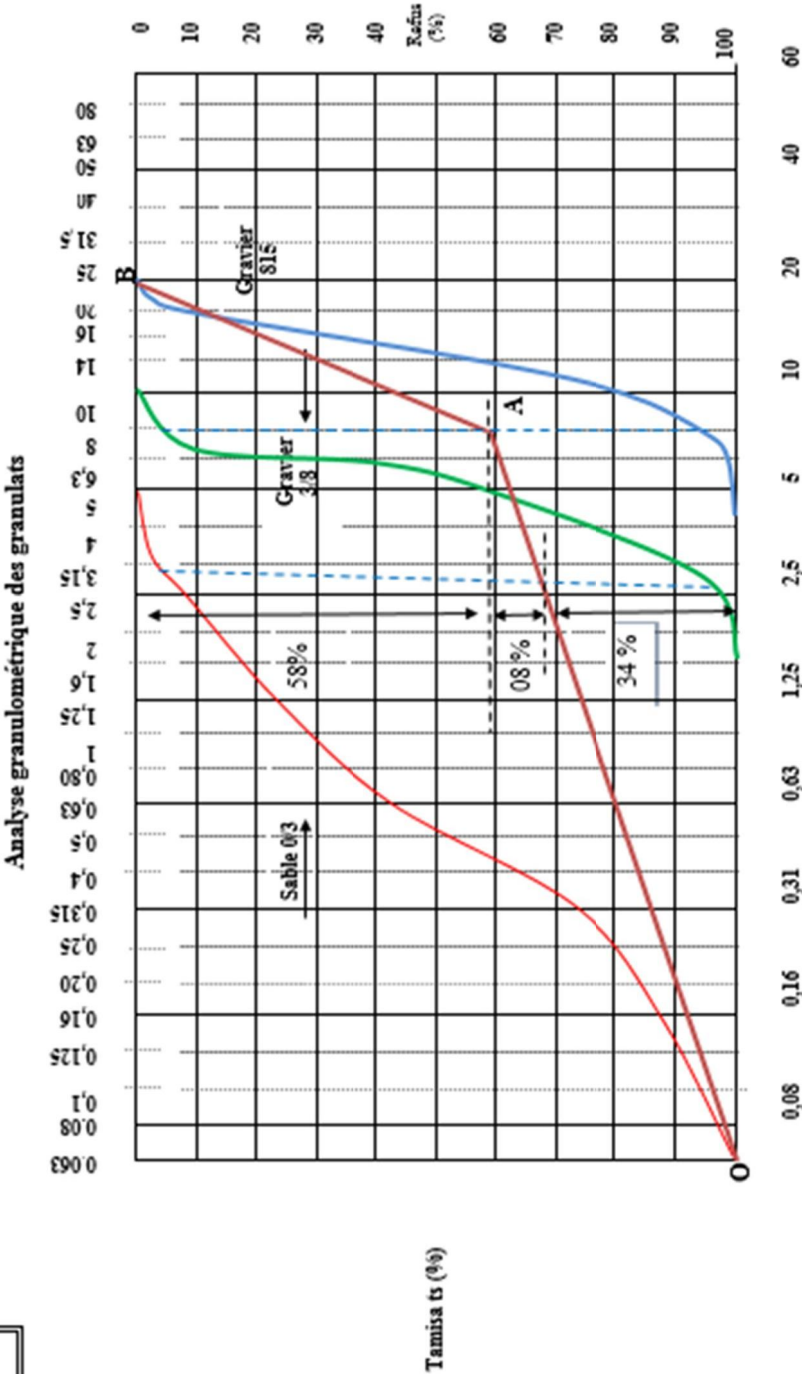


SPA BISKRIA CIMENT
Adresse : Djar Belahrache
Branis , Biskra Algerie

Tel: +213 (0) 560 753 424
Fax: +213 (0) 33 62 73 92
contact@biskriaciment-dz.com
www.biskriaciment-dz.com

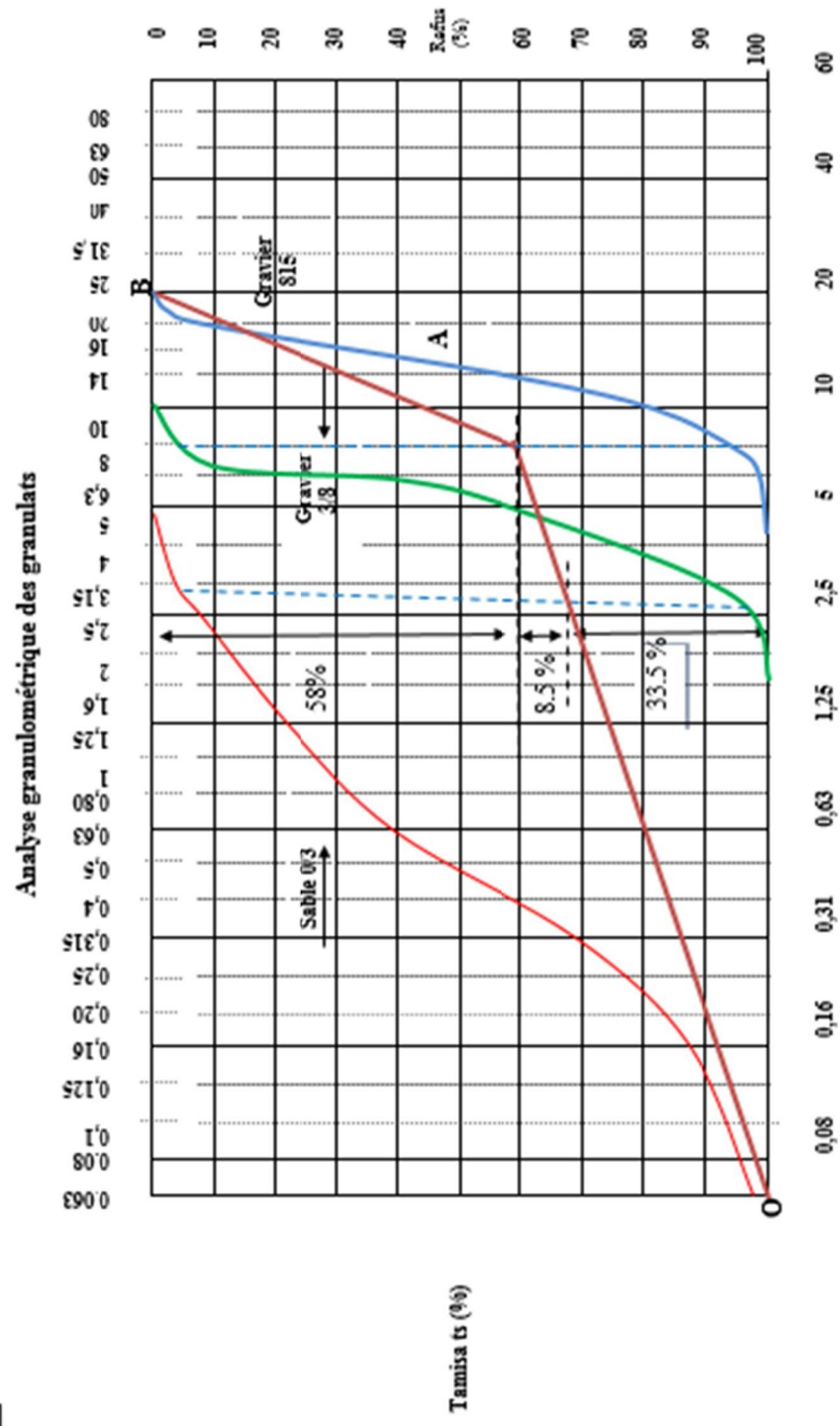
ANNEXE 03

C = 400 kg/m³ + FLUID
SABLE 8%



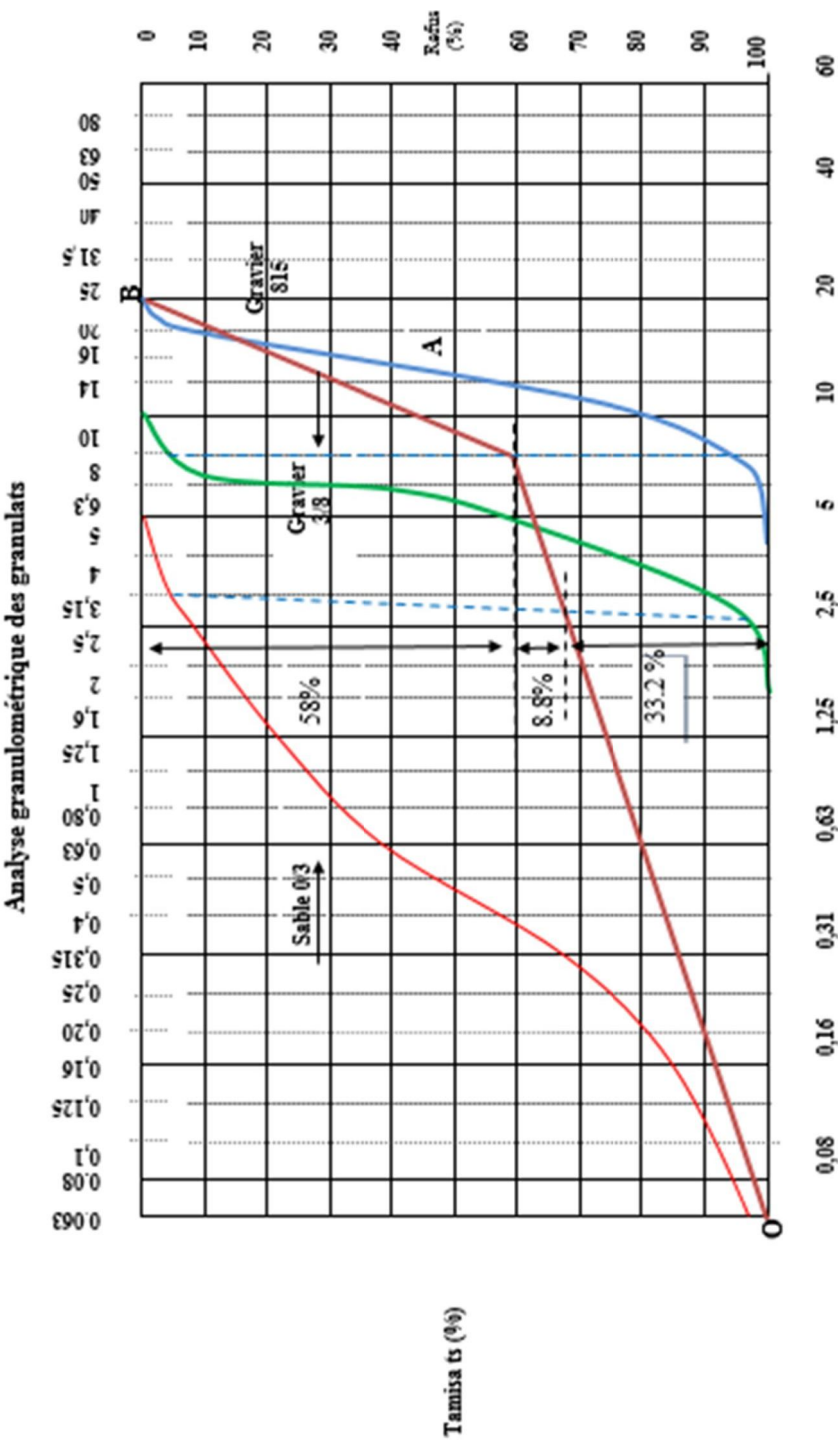
ANNEXE 04

C = 400 kg/m³
Sable 10%



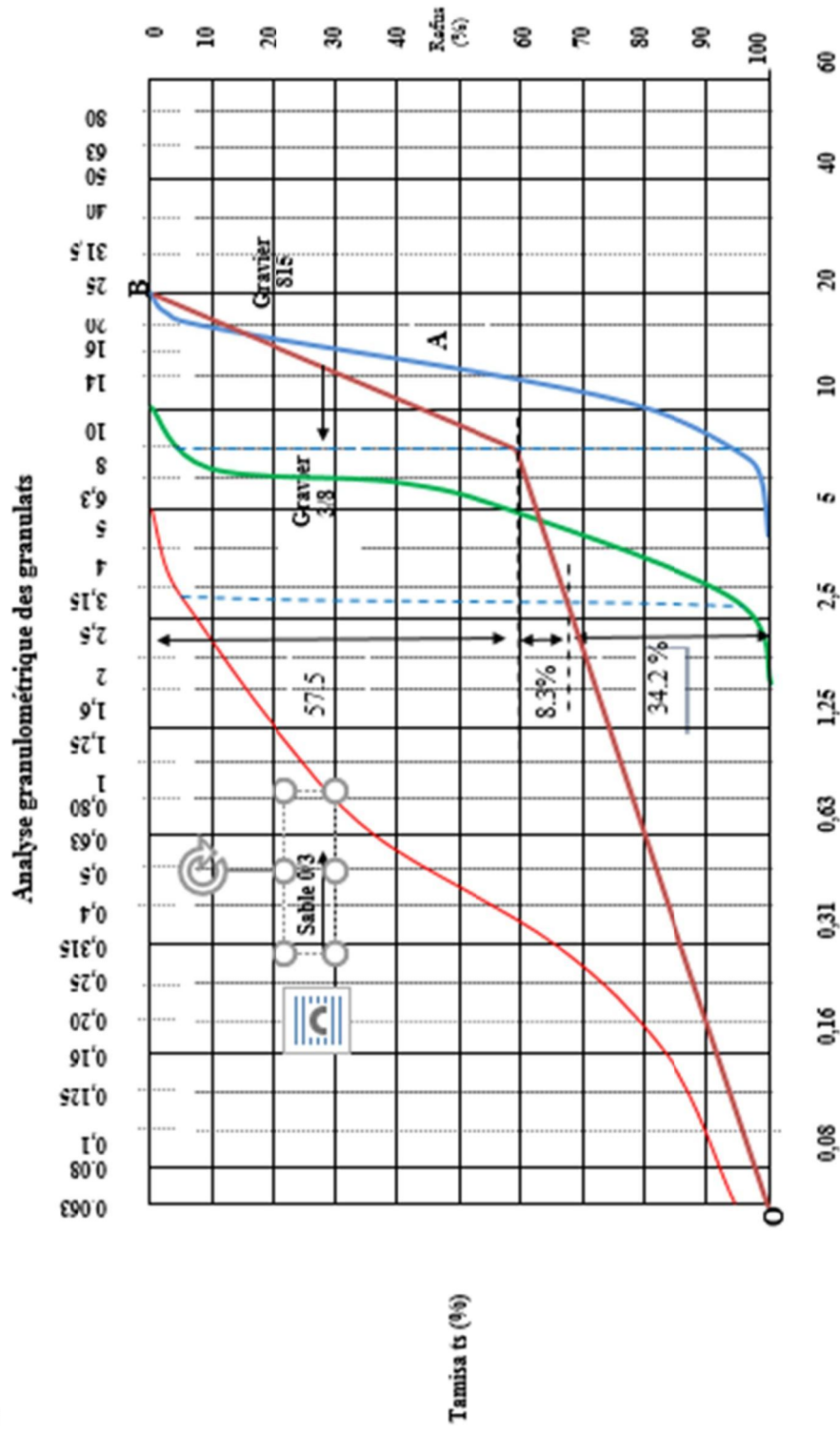
ANNEXE 05

C = 400 kg/m³
Sable 12%



ANNEXE 06

C = 400 kg/m³
Sable 14 %





ANNEXE 07

ANNEXE N °09
Coefficient d'absorption d'eau capillaire en fonction de
temps : (Ct)
Forme cubique : 7*7*7* cm3

Types de Béton / Nbr de Echantillon		Poids echant, avec Ciré en (g)	0	Temps de poids en minute (g)											
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	1440	2880	4320
B0 TEMOIN	1	835,23		835,66	835,70	836,92	837,10	837,18	837,18	837,18	837,46	837,61	837,70	837,75	838,12
	2	845,20		846,32	846,45	846,52	846,60	846,61	846,61	846,61	846,80	846,80	846,86	846,90	847,92
	3	837,32		837,52	837,69	837,80	837,92	838,45	838,45	838,45	838,45	838,97	839,31	839,60	839,89
Moyenne		839,25		839,83	839,94	840,14	840,41	840,74	840,74	840,74	840,90	841,12	841,29	841,41	841,97
Ct			0,00	0,011	0,014	0,018	0,023	0,030	0,030	0,030	0,033	0,038	0,041	0,044	0,055
B8	1	855,35		855,50	855,51	855,52	855,58	855,60	855,60	855,60	855,60	855,60	856,76	857,60	858,10
	2	854,10		854,33	854,46	854,50	854,53	854,53	854,53	854,55	854,55	854,60	855,98	856,75	857,00
	3	855,13		856,41	856,50	856,60	856,80	856,92	856,92	856,92	856,92	856,95	857,20	857,80	858,20

LES ANNEXES

Moyenne	854,86	855,41	855,49	855,54	855,63	855,68	855,68	855,70	855,70	855,72	856,64	857,24	857,76
Ct		0,00		0,012	0,013	0,016	0,016	0,016	0,016	0,017	0,036	0,048	0,062
B 10	1	853,90	854,12	854,20	854,31	854,32	854,42	854,42	854,46	854,46	855,51	856,85	857,53
	2	891,25	892,23	892,50	892,68	892,85	892,85	892,95	893,20	893,55	893,75	893,81	894,95
3	852,48	853,10	853,30	853,32	853,35	853,40	853,70	853,80	853,90	854,50	855,40	856,00	
Moyenne	865,87	866,48	866,66	866,77	866,84	866,89	866,89	866,90	867,30	867,92	868,68	869,49	
Ct		0,00	0,012	0,016	0,018	0,019	0,020	0,022	0,035	0,036	0,041	0,057	0,073
B 12	1	869,10	869,72	870,80	870,85	870,90	870,90	870,98	871,15	871,45	872,00	872,60	873,09
	2	865,22	865,85	865,98	866,11	866,23	866,42	866,86	867,26	867,80	868,52	868,71	869,18
	3	868,50	868,98	869,24	869,45	869,82	870,25	870,60	870,93	871,45	871,74	872,10	872,70
Moyenne	867,60	868,18	868,67	868,80	868,98	869,19	869,45	869,61	869,90	870,23	870,75	871,13	871,65
Ct		0,00	0,011	0,021	0,024	0,028	0,037	0,041	0,046	0,053	0,064	0,072	0,082
B 14	1	872,40	872,96	874,00	874,23	874,43	874,55	874,95	875,31	875,54	876,30	876,65	877,22
	2	870,21	871,00	871,90	872,41	872,66	872,97	873,26	873,50	873,67	874,43	874,65	875,00
	3	869,80	870,12	871,42	871,76	872,13	872,39	872,62	872,98	873,32	873,64	874,02	874,50
Moyenne	870,80	871,36	872,44	872,80	873,07	873,30	873,61	873,93	874,17	874,44	874,86	875,10	875,57
Ct		0,00	0,011	0,033	0,040	0,046	0,051	0,063	0,068	0,074	0,082	0,087	0,097

ANNEXE 08

60 JOURS

Coefficient d'absorption d'eau capillaire en fonction de temps : (Ct)

Forme cubique : 7*7*7* cm3

Types de Béton / Nbr de Echantillon		Poids échant, avec Ciré en (g)	0	Temps de poids en minute (g)											
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	1440	2880	4320
B0 TEMOIN	1	860,20		861,03	862,48	862,53	862,56	862,60	862,60	862,62	862,67	862,78	862,96	863,00	863,44
	2	862,56		863,30	863,51	863,76	863,78	863,83	863,93	863,93	863,93	864,03	864,89	865,21	865,50
	3	868,72		869,12	869,48	869,53	869,63	869,82	869,82	869,82	869,91	870,24	870,60	870,98	871,82
Moyenne		863,82		864,48	865,15	865,27	865,32	865,41	865,45	865,45	865,50	865,68	866,15	866,39	866,92
Ct			0,00	0,013	0,027	0,029	0,030	0,032	0,033	0,033	0,034	0,037	0,047	0,052	0,063
B8	1	851,60		852,00	852,54	852,70	852,87	852,95	853,12	853,24	853,24	853,24	853,44	854,02	854,80
	2	858,80		859,23	859,66	859,85	860,32	860,70	860,81	860,81	860,81	860,90	861,20	861,80	862,10
	3	853,10		854,02	854,53	854,68	854,68	854,68	854,68	854,71	854,76	854,86	855,30	855,79	856,36
Moyenne		854,50		855,08	855,57	855,74	855,95	856,11	856,20	856,25	856,27	856,33	856,64	857,20	857,75
Ct			0,00	0,011	0,021	0,025	0,029	0,032	0,034	0,035	0,036	0,037	0,043	0,055	0,066
B10	1	861,17		862,00	862,39	862,51	862,73	862,92	863,03	863,03	863,03	863,15	863,53	864,08	864,83

	2	870,90		871,10	871,29	871,32	871,34	871,35	871,35	871,35	872,67	873,10	873,98	874,58
	3	861,10		861,85	862,20	862,20	862,20	862,30	862,30	862,50	862,70	863,30	863,80	864,75
Moyenne		864,39		864,98	865,29	865,34	865,42	865,52	865,56	865,62	866,17	866,64	867,28	868,05
	Ct		0,00	0,012	0,018	0,018	0,021	0,023	0,023	0,025	0,036	0,045	0,058	0,074
B12	1	879,70		880,22	880,56	880,97	881,38	881,38	881,52	881,52	881,62	881,85	882,15	882,90
	2	880,26		881,08	881,72	881,89	882,20	882,30	882,48	882,48	882,61	882,80	883,00	883,43
	3	878,10		878,80	879,10	879,20	879,45	879,55	879,55	879,55	879,78	880,00	880,83	881,38
Moyenne		879,35		880,03	880,46	880,68	881,01	881,07	881,18	881,18	881,33	881,55	881,99	882,57
	Ct		0,00	0,013	0,022	0,027	0,033	0,035	0,037	0,037	0,040	0,044	0,053	0,065
B14	1	866,09		867,00	867,26	867,35	867,37	867,37	867,37	867,41	867,44	867,64	868,03	868,90
	2	871,14		872,10	872,30	872,45	872,52	872,52	872,52	872,52	872,83	873,30	873,48	873,81
	3	884,45		885,11	885,32	885,52	885,62	885,65	885,65	885,65	885,82	886,12	886,47	887,24
Moyenne		873,89		874,73	874,96	875,10	875,17	875,18	875,18	875,19	875,36	875,68	875,99	876,65
	Ct		0,00	0,017	0,021	0,024	0,026	0,026	0,026	0,026	0,030	0,036	0,042	0,056

ANNEXE 09

perte de masse des éprouvettes dans l'acide (Hcl).

	28j	32j	36j	40j	44j	48j	52j	56j	60j	64j	68j	72j	76j	80j	84j	88j
m(g) TM	3280	3278	3275	3273	3270	3268	3266	3264	3262	3260	3258	3250	3247	3245	3243	3240
Δm	0.0006	0.0012	0.0021	0.0027	0.0036	0.0042	0.0048	0.0054	0.0060	0.0067	0.0073	0.0097	0.010	0.011	0.011	0.012
m(g) B8	3405	3401	3398	3396	3394	3392	3390	3389	3387	3385	3383	3380	3378	3376	3374	3372
Δm	0.0008	0.0020	0.0029	0.0035	0.0041	0.0046	0.0052	0.0055	0.0061	0.0067	0.0073	0.0082	0.0088	0.0093	0.0099	0.010
m(g) B10	3294	3292	3289	3285	3283	3280	3278	3276	3274	3272	3270	3268	3265	3264	3262	3260
Δm	0.0006	0.0012	0.0021	0.0033	0.0039	0.0048	0.0054	0.0060	0.0066	0.0072	0.0078	0.0084	0.0094	0.0097	0.010	0.010
m(g) B12	3442	3440	3438	3436	3434	3432	3429	3427	3425	3422	3420	3418	3414	3412	3410	3408
Δm	0.0008	0.0014	0.0020	0.0026	0.0031	0.0037	0.0046	0.0053	0.0058	0.0066	0.0072	0.0078	0.0089	0.0095	0.010	0.010
m(g) B14	3265	3263	3260	3258	3254	3252	3250	3248	3246	3244	3242	3240	3239	3237	3235	3234
Δm	0.0009	0.0015	0.0024	0.0030	0.0042	0.0048	0.0055	0.0061	0.0067	0.0073	0.0085	0.0091	0.0094	0.010	0.010	0.011

ANNEXE 10

Description

Le MEDAPLAST SP 40 est un super plastifiant haut réducteur d'eau permettant d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité. En plus de sa fonction principale de super plastifiant, il permet de diminuer considérablement la teneur en eau du béton.

Domaines D'application

- Bétons à hautes performances
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons architecturaux
- Bétons extrudés
- Bétons BCR

Propriétés :

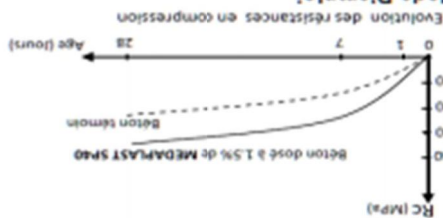
Grâce à ses propriétés le MEDAPLAST SP 40 permet :

- Sur béton frais :**
 - Améliorer la fluidité
 - Augmenter la maniabilité
 - Réduire l'eau de gâchage
 - Éviter la ségrégation
 - Faciliter la mise en œuvre du béton
- Sur béton durci :**
 - Augmenter les résistances mécaniques même à jeune âge
 - Diminuer la porosité
 - Diminuer la durabilité
 - Diminuer le retrait

DESIGNATION		Rc MPA	
Jours	7j	28j	
Témoin	8,05	31,3	
MEDAPLAST SP 40 (1,5%)	13,65	38,13	

Béton CPJ 42,5 = 350Kg/m³ : E/C = 0,46
Gravier et sable concassés

- ### Caractéristiques :
- Aspect : Liquide
 - Couleur : Marron
 - PH : 8,2
 - Densité : 1,20 ± 0,01
 - Teneur en chlore : < 1g/L
 - Extrait sec : 40%



Mode D'emploi

Le MEDAPLAST SP 40 est introduit dans l'eau de gâchage. Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 50 à 70% de l'eau de gâchage ait été introduite.

Dosage :

Plage de dosage recommandée : 0,6% à 2,5% du poids de ciment soit 0,5L à 2L pour 100 kg de ciment. Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.

Conditionnement Et Stockage

Le MEDAPLAST SP 40 est conditionné en bidons de 12Kg, fûts de 270 kg et cubiténaires de 1200 kg. Durée de conservation : Une année dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur (5°C < t < 35°C).

Précaution D'emploi

Manipulation non dangereuse. Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur : www.granflex-dz.com

PV d'essais conforme aux normes, établi par le CNERIB en 17 JUL 2016.

Les renseignements donnés dans cette notice sont basés sur notre connaissance et notre expérience à ce jour. Il est recommandé de procéder à des essais de convergence pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.

Zone Industrielle Oued Smar - BP85 Oued Smar - 16270 Alger

Tél : (213) 021 51 66 81 & 82
Fax : (213) 021 51 64 22 & 021 51 65 23
www.granflex-dz - E-mail: granflex@granflex.dz



ANNEXE 11

	Nbre	Msec après 105 C etuvage	Mair après 5h à l'aire	Meau pesée hydrostatique	% de vides (porosité) Vp
B0	1	2391.00	2421.00	1448.00	3.08
	2	2398.00	2419.00	1441.00	2.15
Moyenne		2394.50	2420.00	1444.50	2.62
B8	1	2433.00	2511.00	1493.00	7.66
	2	2435.00	2440.00	1498.00	0.53
Moyenne		2434.00	2475.50	1495.50	4.10
B10	1	2539.00	2596.00	1392.00	4.73
	2	2420.00	2441.00	1410.00	2.04
Moyenne		2479.50	2518.50	1401.00	3.39
B12	1	2495.00	2535.00	1420.00	3.59
	2	2460.00	2485.00	1405.00	2.31
Moyenne		2477.50	2510.00	1412.50	2.95
B14	1	2472.00	2500.00	1411.00	2.57
	2	2469.00	2489.00	1408.00	1.85
Moyenne		2470.50	2494.50	1409.50	2.21