

Introduction générale

Introduction générale :

Au cours de ces dernières années, le développement de la construction en Algérie a amené plusieurs producteurs nationaux et internationaux à investir dans le BPE (Béton Prêt à l'Emploi) pour mieux répondre aux demandes sans cesse croissante de ce produit.

Selon les données recueillis auprès des entreprises productrices, la quantité du béton BPE vendue en 2012 au niveau de la wilaya de Tlemcen est d'environ 90508 m³, distribuée par six entreprises locales. La qualité du béton reste problématique car elle n'obéit pas toujours aux règles et normes en vigueur d'une manière continue et constante.

Les contraintes de qualité rencontrées dans le marché algérien sont liées à la qualité des constituants du béton et à leur disponibilité. La crise du ciment rend ce produit très convoité et peu contrôlé d'une part, la production des granulats au niveau de certaines carrières n'est pas soumise aux tests de qualité requis d'autre part. En effet l'utilisation excessive et anarchique du sable roulé de Terga a fait l'objet d'un arrêté d'interdiction pour préserver l'environnement et du coup, les entreprises se rabattent sur d'autres sables (concassé ou roulé) de substitution disponibles localement. Sauf que la qualité de ces sables n'est pas toujours suivie et assurée.

L'objectif de notre projet de fin d'étude est d'étudier l'impact de la qualité des matériaux locaux utilisés dans la confection du béton sur la qualité de ce dernier et identifier les paramètres favorables et défavorables à un BPE de qualité. Pour ce faire, nous avons associé trois entreprises locales. Deux laboratoires d'analyse et de contrôle qualité des matériaux et une entreprise qui produit et commercialise le BPE.

Le plan de ce document se résume comme suit :

Le premier chapitre de ce mémoire est consacré a une revue bibliographie sur les travaux déjà réalisés et sur les statistiques pour montrer l'importance du BPE.

Les méthodes de formulation les plus couramment utilisées dans les entreprises, le transport et la mise en œuvre de ces bétons sont présentées dans le chapitre II.

Le chapitre III traite des caractéristiques des matériaux locaux utilisés dans ce projet.

La présentation et l'interprétation des résultats obtenus, en termes d'ouvrabilité et de résistance, sont présentées dans le chapitre IV.

En fin, une conclusion générale résume les différents points d'impact de notre projet.

Chapitre 1

Chapitre 1 : Le béton BPE : Généralités et statistiques

1. Introduction :

La production de Béton Prêt à l'Emploi « BPE » passe par trois phases initiales : stockage, dosage et malaxage. Pour garantir une qualité convenable aux exigences de la construction, la norme 206-1 apporte une grande contribution, elle remplace l'ancienne norme 18-305 avec un champ d'application élargi.

La région de Tlemcen produit une quantité importante de BPE, les données locales sur la qualité de ce produits ne sont pas toujours disponibles ni représentatives. Une tentative d'investigation en termes de statistiques pour le côté quantitative et résistance pour le côté qualité, a été élaborée dans ce chapitre.

2. Le Béton Prêt à l'Emploi « BPE » dans tous ses états :

2.1 Le béton près a l'emploi:

Le Béton Prêt à l'Emploi, communément appelé « BPE », est un béton élaboré dans une centrale à béton, puis transporté jusqu'au chantier dans des camions malaxeurs. Il peut ensuite être mis en œuvre au moyen d'un « tapis » ou d'une pompe à béton. Le Processus de fabrication est contrôlé dans un laboratoire intégré à la centrale à béton. Il respecte des règles précises d'élaboration et de formulation.

2.2 Fabrication du béton dans les centrales BPE : (2)

Pour fabriquer le béton, il faut tout d'abord doser les constituants, en référence à une formule sélectionnée, puis assurer un mélange aussi homogène que possible. La chaîne de fabrication du béton en centrale passe par trois étapes: le stockage, le dosage et le malaxage. En fonction du besoin de la mise en place, ce matériau est fabriqué selon deux modes différents : continu ou discontinu. Pour une production à très forte cadence et sur des périodes de plusieurs heures, comme pour les barrages et les chaussées, des centrales continues sont souvent utilisées. Dans la pratique, il est plus courant de produire le béton dans les centrales discontinues, « gâchée par gâchée ». C'est aussi le mode de production adoptée par des centrales BPE dont le débit est compris entre 40 m³/h et 150 m³/h. Nous allons détailler les trois étapes de la fabrication dans les centrales de BPE.

2.2.1 Stockage :

Le but du stockage est de conserver les propriétés des constituants, de faciliter l'extraction des matériaux lors de la production, et d'assurer la continuité de la production. Les moyens de stockage sont spécifiques pour chaque constituant.

Les granulats sont stockés soit en trémie, soit en tour compartimentée. Un stock secondaire sur le sol est souvent observé. Les tours compartimentées sont alimentées par des godets ou la bande transporteuse. Les liants et les additions sont toujours stockés dans deux ou trois silos. Les adjuvants sont stockés soit en citerne, soit en fût. L'eau utilisée est en grande partie de l'eau propre.

Au cours du stockage, diverses perturbations d'état des constituants peuvent entraîner des effets préjudiciables à la qualité du béton produit. Il faut donc prendre des précautions pour limiter leurs influences. Certaines informations sur les états des propriétés de constituants tels que teneur en eau, quantité d'éléments fins sont des paramètres importants pour formuler un béton de qualité. Par conséquent, des dispositifs permettant de suivre en continu la variation de ces propriétés tels que les sondes de teneur en eau des granulats.



Figure 1.1 stockage des granulats

2.2.2 Dosage :

Le dosage est l'ensemble des opérations permettant de remplir les constituants dans le malaxeur de sorte que ses proportions fixées par les formules nominales soient respectées.

Le dosage se fait en référence à des consignes qui sont déterminées à partir de la formulation théorique, et par les paramètres d'état des constituants (teneur en eau, absorption d'eau des granulats...). Dans la pratique, les quantités de matériaux effectivement utilisées dans une gâchée fluctuent en plus ou en moins, par rapport aux formules théoriques à fabriquer. C'est pourquoi la norme EN 206-1 définit les tolérances à respecter lors du dosage. Le référentiel de la marque NF renforce les tolérances demandées à des centrales de BPE.

Le succès du dosage est assuré par des bonnes combinaisons de fonctionnement entre différents matériels dans les chaînes de dosage.



Figure 1.2 dosage des constituants

2.2.3 Malaxage :

Après le dosage, les constituants sont versés dans un malaxeur et mélangés à l'aide d'un système de pales de brassage. Les granulats sont d'abord introduits, suivis par les pulvérulents (ciment et/ou addition) et en dernier l'eau et l'adjuvant. L'objectif du malaxage est de répartir des constituants de nature et de tailles différentes en vue d'obtenir un mélange le plus homogène possible. La répartition homogène s'accompagne d'une structure optimale, attendue pour un mélange poly-phasique comme le béton: le ciment entre en contact avec l'eau, les petits grains s'empilent dans les vides des plus gros grains et la pâte enrobe les granulats. L'homogénéité du béton est un objectif primordial du malaxage.



Figure 1.3 malaxage des constituants

2.3 Les avantages de béton prêt à l'emploi (3) :

Parmi les avantages apportés par la fabrication du béton en centrale BPE il faut souligner :

2.3.1 Les avantages techniques :

En fonction des exigences du chantier, le BPE peut mettre au point et livrer les bétons les mieux adaptés, dont les caractéristiques font l'objet d'un suivi grâce à des contrôles de laboratoire, qui permettent de s'assurer également de la conformité des constituants.

L'automatisation très poussée des centrales et la précision des dosages contribuent à la régularité et à la qualité des produits livrés. Les centrales disposent d'une large gamme de produits.

2.3.2 Les avantages sociaux :

Le BPE évite les manutentions pénibles nécessaires au chargement des bétonnières de chantier.

2.3.3 Les avantages économiques :

Le BPE évite le gaspillage et l'immobilisation de stocks sur le chantier, réduisant les investissements en matériel et en hommes. Par la ponctualité des livraisons et grâce aux délais courts, la productivité des chantiers se trouve améliorée.

2.3.4 La simplification de l'organisation du chantier :

Les manutentions de constituants sont supprimées ; les variations de cadences de bétonnage sont mieux absorbées grâce à la souplesse des livraisons du béton.

L'emprise des chantiers sur la voirie est réduite.

3. La norme NF EN 206-1 (4) :

Au courant de l'année 2004, la norme NF EN 206-1 a été publiée en France afin de remplacer l'ancienne norme expérimentale XP P 18-305, concernant la fabrication des bétons de structure. Cette norme a entraîné des modifications au niveau des critères de résistance, des contrôles à effectuer, des classes d'environnement des bétons.

La norme NF EN 206-1 s'applique aux bétons de structure qu'ils soient des bétons prêts à l'emploi ou des bétons réalisés sur chantier et enfin les éléments en béton préfabriqués, destinés aux bâtiments et aux ouvrages de génie civil.

La norme NF EN 206-1 s'applique aussi pour le Béton Prêt à l'Emploi et également aux bétons lourds et à certains bétons légers sauf :

- les bétons non-structuraux (bétons de remplissage, bétons de calage de bordures de trottoir.)
- les bétons aérés ;
- les bétons mousses ;
- les bétons poreux (caverneux) ;
- les bétons très légers (masse volumique < 800 kg / m³) ;

- les bétons réfractaires ;
- les bétons de granulats non minéraux.

Pour les BPE, la norme NF EN 206-1 présente des évolutions par rapport à la norme XP P 18-305 mais n'introduit pas de nouveautés fondamentales. Les évolutions apportées par cette norme sont :

3.1 Clarification des responsabilités des différents intervenants :

3.1.1 Producteur- prescripteur :

Il fournit un **Béton à Propriété Spécifiée (BPS)** ou il a remplacé les BCN. C'est un béton dont les performances sont garanties par le fournisseur de BPE. Pour ce béton, le client prescripteur doit fournir au producteur la spécification normative complète du béton (classe d'exposition, classe de résistance, classe de chlorures, classe de consistance et dimension maximale nominale des granulats).

3.1.2 Client-prescripteur :

Il formule un **Béton à Composition Prescrite (BCP)**, ce dernier a remplacé les BCS. C'est un béton pour lequel la composition est spécifiée au producteur par le client-prescripteur. Ce dernier a la responsabilité de s'assurer que la composition est conforme aux exigences de la norme et qu'elle peut atteindre les performances attendues dans l'ouvrage. Le producteur est responsable de fournir un béton respectant cette composition prescrit

3.2 Spécifications de base des BPS :

3.2.1 La classe de résistance à la compression :

La classe de résistance à la compression des bétons à 28 jours est désignée par la lettre C de (concrete) suivi de deux nombres correspondant aux résistances mesurées respectivement sur éprouvettes cylindriques et cubiques. La résistance caractéristique est définie avec un fractile de 5 % quel que soit le niveau de résistance du béton.

Tableau 1.1 classe de résistance à la compression

Classe de résistance à la compression	Résistance caractéristique minimale sur cylindres	Résistance caractéristique minimale sur cubes
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50

3.2.2 La classe de consistance :

Il existe 5 classes de consistance des bétons (S1 à S5). La mesure de l'affaissement est réalisée à l'aide du cône d'Abrams (Slump test).

Tableau 1.2 classe de consistance

Classes de consistance	Affaissement (mm)
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	>220

3.2.3 La classe de teneur en chlorures :

Quatre classes de chlorures sont définies dans la norme NF EN 206-1 (0, 20- 0,40- 0,65 et 1,0). Ce rapport correspond à la teneur maximale en ions Cl^- rapportée à la masse de ciment.

Tableau 1.3 classe de teneur en chlorures

Utilisation du béton	Classe de chlorures
Contenant des armatures de précontrainte en acier	Cl 0,20
Contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées	Cl 0,40
Contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées et formulées avec des ciments de type CEM III	Cl 0,65
Ne contenant ni armatures en acier, ni pièces métalliques noyées	Cl 1,0

3.2.4 Dimension des granulats :

Le béton est spécifié selon la dimension maximale des granulats. La classification est fonction de la dimension nominale supérieure du plus gros granulat présent dans le béton.

3.2.5 La classe D'exposition :

La norme NF EN 206-1 définit 18 classes d'exposition regroupées par risque de corrosion ou d'attaques dépendant des actions et conditions environnementales auxquelles le béton de l'ouvrage, ou de la partie de l'ouvrage, est soumis. À ces classes sont associées des exigences minimales que le béton doit respecter.

Un même béton peut être soumis à plusieurs classes d'exposition différentes. Dans ce cas, le béton doit respecter la sélection des plus sévères exigences définies pour chaque classe.

4. Recherche bibliographique

Cette partie traite de quelques résultats de recherche bibliographique dans le domaine des ajouts dans la composition des bétons, l'influence de quelques paramètres au niveau de la mise en œuvre et de la qualité en termes de résistance des différents types de bétons.

- L'utilisation des ajouts cimentaire traditionnelles dans le béton est devenue de plus en plus une approche économique et environnementale dans le domaine de la contribution. L'amélioration des propriétés à l'état frais et durci du béton, par l'ajout de certains éléments fins a un impact écologique, et économique. (FAYCAL ALADIRE, 2009)

Tableau 1.4 les résistances de différentes ajouts (5)

Mélanges à rapport E/L=0,55				
Age (j)	Témoin	Verre finement broyé	Fumé de silice	laitier
1	13	9,1	9,9	7,4
3	16,3	14,8	14,4	12,6
7	19,1	18	18,5	15,8
28	23,8	24,2	28,6	24,6
91	27,8	30,8	33	28,3
180	30,3	35,6	34,5	30,7
360	31,5	40,4	34,9	34,9

- Le travail de DANIEL BOULET en 1997 présente les résultats d'une étude expérimentale sur l'influence du pompage sur la création d'un réseau de bulles d'air dans le béton, il s'agit d'une étude de l'influence de certains paramètre de composition sur la création des bulles d'air suite à l'augmentation de la pression, la figure montre l'influence de pression sur l'augmentation de la teneur en air.

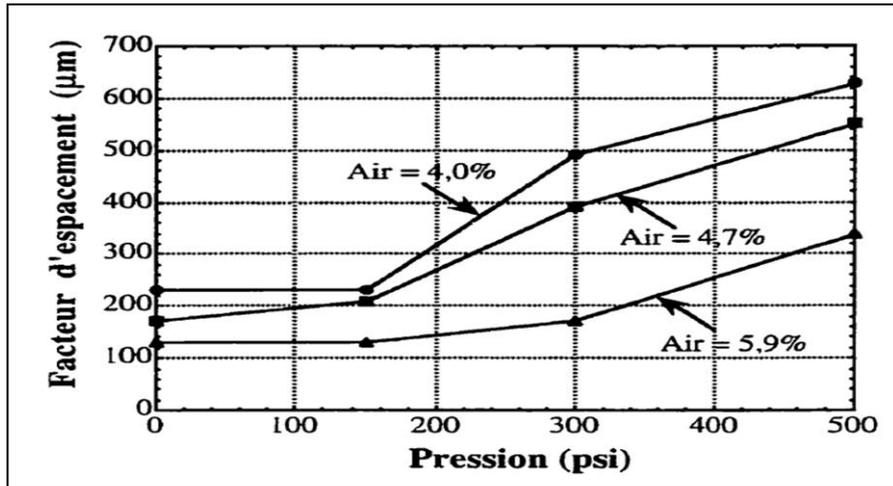


Figure 1.4 influences de la pression sur la création des bulles d'aires (6)

- Les fournisseurs de béton doivent assurer la qualité de bon produits, en premier lieu une maîtrise de la composition du béton fabriqué, le travail de Ngoc-Dong LE est basé sur la construction d'un modèle de puissance consommée par le malaxeur, reliant les caractéristiques rhéologique du béton par l'utilisation d'un variateur de vitesse le malaxeur.

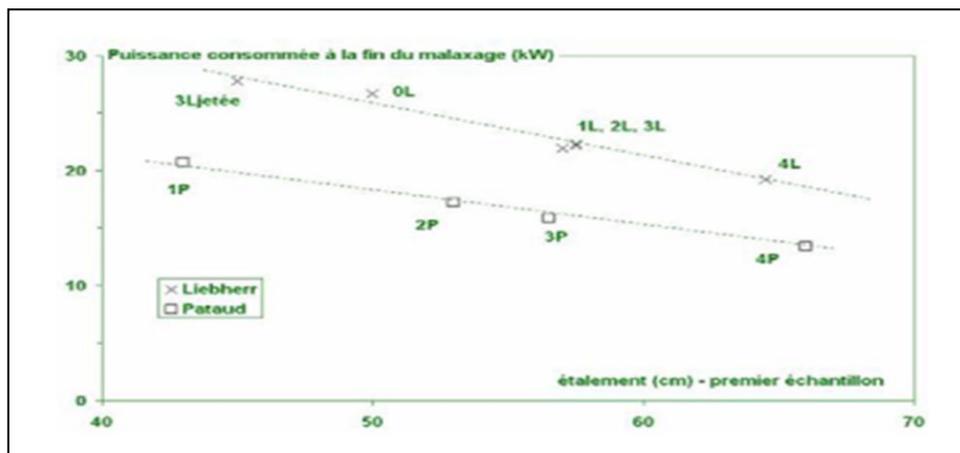


Figure 1.5 l'affaissement en fonction de puissances de malaxeur (7)

Les résultats trouvés permettent de montrer qu'il est possible d'estimer convenablement le seuil l'affaissement au cône d'Abrams du béton encouru de malaxage.

Tableau 1.5 l'influence fréquences et les puissances sur Affaissement

Palier	Indication de puissance/palier de fréquence					Affaissement (cm)
	50 HZ	40 HZ	30 HZ	20 HZ	12 HZ	
B4-1	29,2	19,3	12,1	6,3	2,2	4,5
B4-2	24,7	15,6	9,1	4,0	1,0	14,7
B4-3	60,1	45,7	29,6	18,4	10,3	7,0
B4-4	30,8	18,3	11,4	6,2	2,0	14,0
B4-5	23,1	14,3	9,0	4,0	1,0	17,0
B4-6	18,9	12,1	6,4	3,6	0,4	22,0
B4-7	41,8	27,2	17,0	9,6	4,2	4,5

- Les travaux de recherche ont montré l'influence de la cure sur la résistance de certain béton notamment des BAP en fonction de la température. ANTOINE CHARBEL a démarré ses études en 2006 par les confections du béton avec deux températures différente ; l'une à 35°C et l'autre conventionnelle à 20° C.

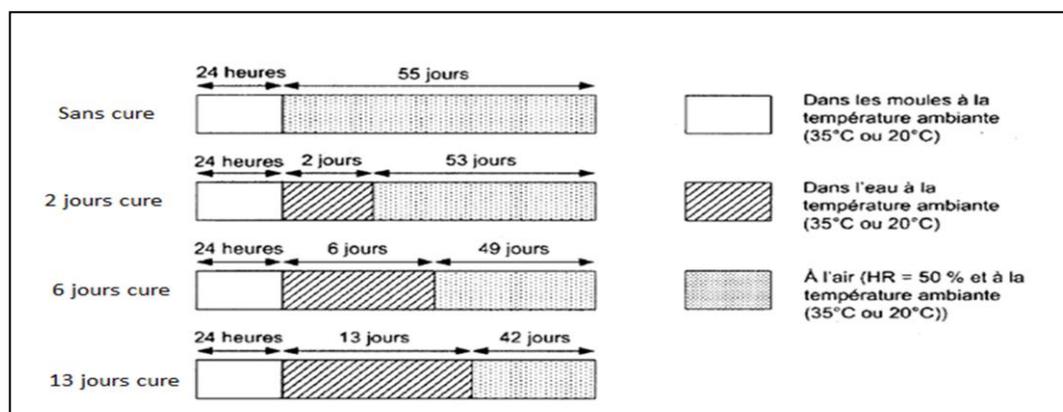


Figure 1.6 les modes de cure mode humides (8)

Tableau 1.6 les résistances de deux premier jours de cure (8)

		2 jours
E/L=0.32	Chaud 35 °C	53,4
		48,2
	Conventionnel 20°C	35
		22,5
E/L=0.38	Chaud 35 °C	43
		39,2
	Conventionnel 20°C	34,2
		17

5. Production locale et distribution :

Les statistiques que nous avons récoltées sont réparties sur un rayon environ 15 km de la wilaya de Tlemcen et nous avons sept producteurs, trois publics (STARR, SEROR, SEGERWITE) et deux privés (ETPBH, BHM).

Tableau 1.7 production de SOGERHWIT

NOM DE L'ENTREPRISE :						
SOGERHWIT						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
TOTAL	110.5	12	45	358	3332.5	1351.5

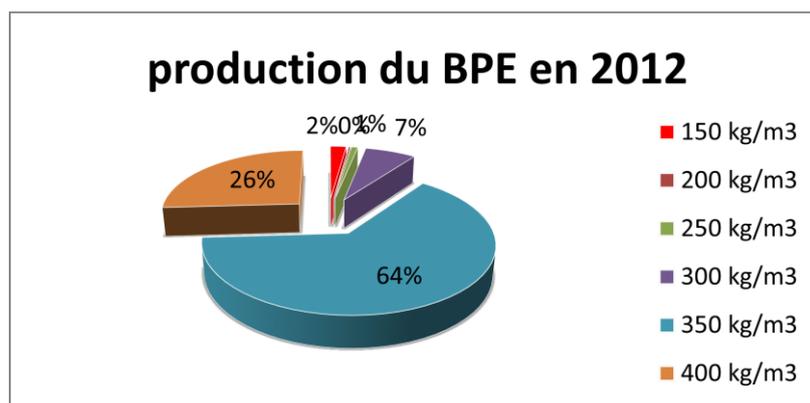


Figure 1.7 Diagramme de production SOGERHWIT

Tableau 1.8 production de BHM

NOM DE L'ENTREPRISE :						BHM
BHM						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
TOTAL	1049	45	1943,5	25	9387	1041,5

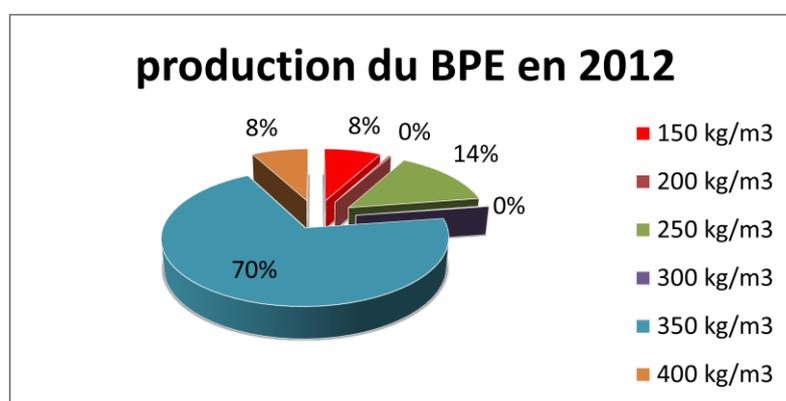


Figure 1.8 Diagramme de production BHM

Tableau 1.9 production de SEROR 1

NOM DE L'ENTREPRISE :						
SEROR 1						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
TOTAL	0	2552	171	5	522	7139,51

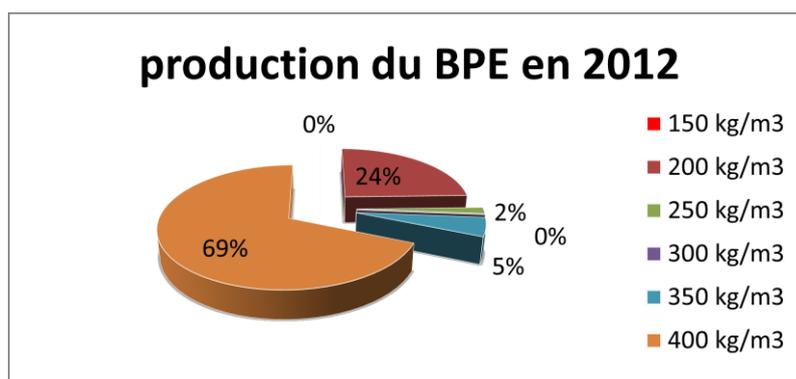


Figure 1.9 Diagramme de production SEROR 1

Tableau 1.10 production de SEROR 2

NOM DE L'ENTREPRISE :						
SEROR 2						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
TOTAL	0	3285	515	0	1632	15824,5

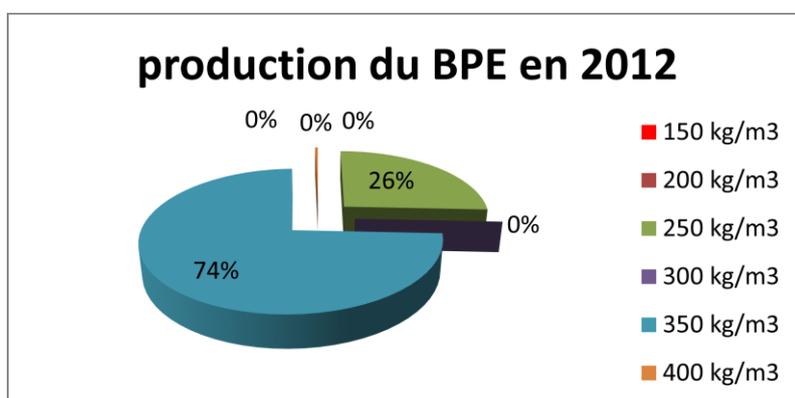


Figure 1.10 Diagramme de production SEROR 2

Tableau 1.11 production de STARR

NOM DE L'ENTREPRISE :						
STARR						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
TOTAL	0	0	1538,86	0	31728,89	999,64

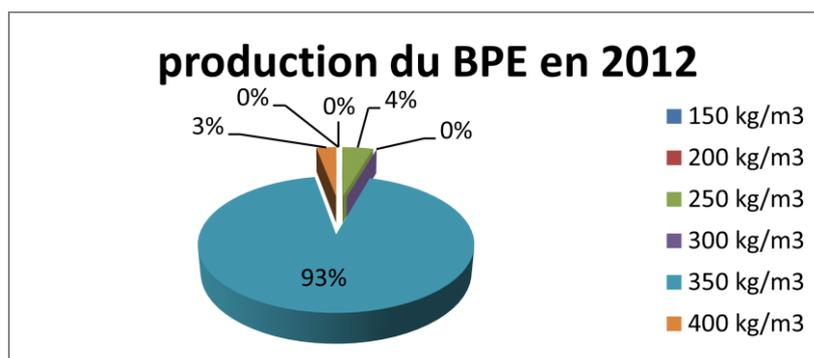


Figure 1.11 Diagramme de production STARR

Tableau 1.12 production d'E.T.P.B.H

NOM D'ENTREPRISE :						
E.T.P.B.H						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
TOTAL	0	0	1493	0	4297	36

E.T.P.B.H

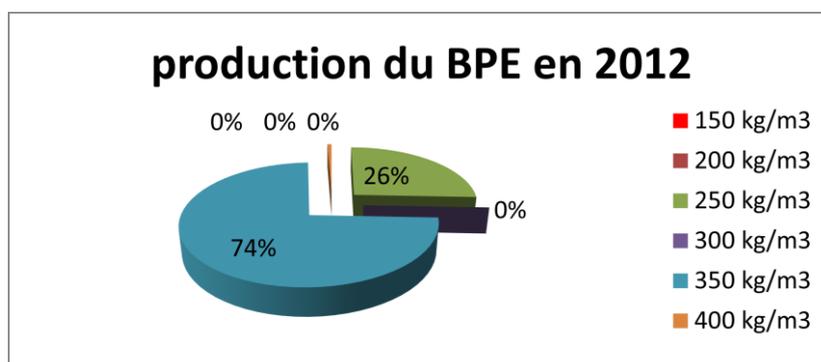


Figure 1.12 Diagramme de production E.T.P.B.H

6. Statistique sur les résistances pour différents producteur du BPE :

Les tableaux ci dessus montrent les résistances à la compression, ces résultats sont collecté depuis le Laboratoire des Travaux Publique Ouest LTPO pour le mois d'aout.

6.1 Résultats pour 7 jours :

Tableau 1.13 résistance à 7 jours

Les intervalles de Résistance (bar)	Le nombre des résultats	Le nombre total	La moyenne des résistances (bar)
[100-150]	0	93	324.05
[150-200]	3		
[200-250]	2		
[250-300]	13		
[300-350]	40		
[350-400]	35		

6.2 Résultats pour 28 jours :

Tableau 1.14 résistance à 28 jours

Les intervalles de résistance (bar)	Le nombre des résultats	Le nombre total	La moyenne des résistances (bar)
[100-150]	10	204	232.24
[150-200]	39		
[200-250]	73		
[250-300]	60		
[300-350]	17		
[350-400]	5		

7. Conclusion :

D'après les statistiques, on voit clairement qu'il y'a une production très importante en terme de quantité dans la willaya de Tlemcen, les résistances sont acceptable mais on n'est pas sûre qu'ils sont des valeurs représentatives, il reste aux organismes accrédités de s'assurer du bon respect des normes

Chapitre 2

Chapitre2 : Fabrication du Béton

1. Introduction :

L'étude de la composition d'un béton consiste à définir le mélange optimal des différents granulats dont on dispose ainsi que le dosage en ciment et en eau afin de réaliser un béton dont les qualités soient celles recherchées pour la construction de l'ouvrage.

Les méthodes citées sont les plus couramment utilisées dans les différentes entreprises qui produisent du BPE au niveau local.

Un intérêt particulier est consacré au transport et à la mise en œuvre du BPE afin de garantir sa qualité et sa livraison dans les meilleures conditions.

2. Méthode de BOLOMEY (9) :

La méthode de BOLOMEY ne peut être appliquée qu'aux granulats dont la masse volumique absolue est comprise entre 2,5 et 2,7 kg/m³; ce sont d'ailleurs les granulats les plus courants.

Par une formule appropriée on trace une courbe granulométrique de référence et l'on s'efforce de réaliser avec les granulats dont on dispose une composition granulaire totale (ciment compris) dont la courbe granulométrique soit aussi proche que possible de la courbe de référence théorique.

La formule de base est la suivante :

$$P = A + (100 - A) \sqrt{\frac{d}{D}}$$

P : est le pourcentage de grains passant à la passoire de diamètre d

D : est le diamètre du plus gros granulat

A : représente le pourcentage d'éléments très fins contenus dans le mélange sec.

Cette méthode aboutit, théoriquement tout au moins, à une granularité continue.

Tableau 2.1 le pourcentage d'éléments très fins

A : le pourcentage d'éléments très fins		
consistance du béton	granulats roulés	granulats concassés
béton damé	[6 8]	[8 10]
béton armé	10	[12 14]
béton coulé	12	[14 16]

La courbe de référence c'est un segment qui passe par deux point : (0 A), (D 100)

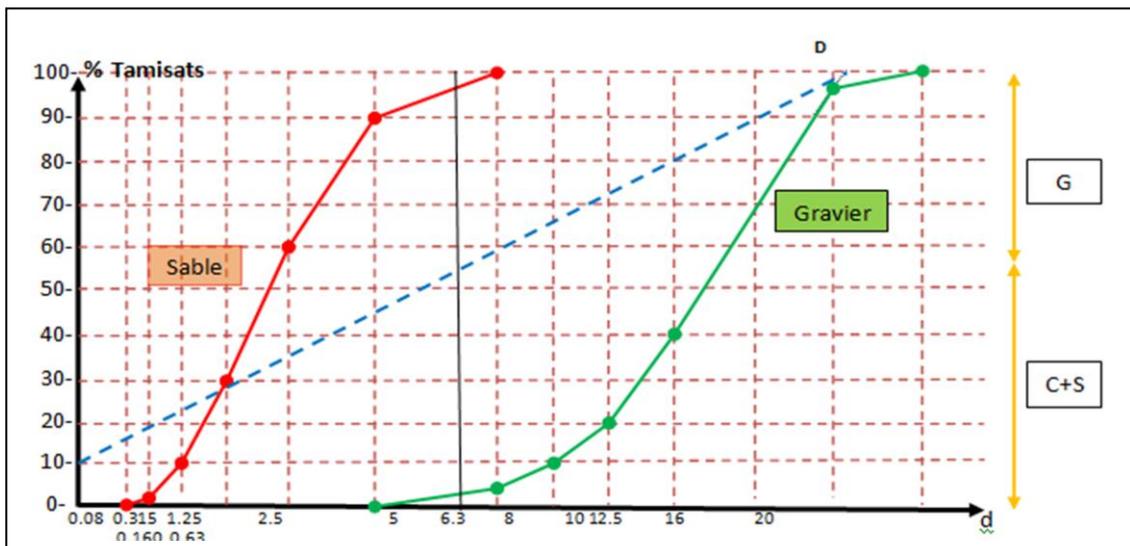


Figure 2.1 courbe de référence (Méthode de BOLOMEY)

3. Méthode de FAURY (9) :

FAURY proposa une nouvelle loi de granulation de type continu, il s'est inspiré pour cela de la théorie de Caquot relative à la compacité d'un granulat de dimension uniforme correspondant à un serrage moyen.

La loi de granulation qui en découle est une loi fonction de $\sqrt[5]{d}$. La courbe granulométrique idéale conduisant à la compacité maximale est alors théoriquement une droite ; cependant FAURY a distingué les grains fins et moyens ($<D/2$), des gros grains ($>D/2$) et la pente de la droite n'est pas la même pour chacune de ces deux catégories. On trace pour l'ensemble du mélange, ciment compris une courbe granulométrique de référence qui est composée de deux droites si l'on opère sur un graphique gradué, en abscisse, en $\sqrt[5]{d}$, l'abscisse du point de rencontre de ces deux droites est fixé à $D/2$ et son ordonnée Y est donnée par une formule tenant compte de la grosseur D du granulat et comportant certains paramètres dont la valeur est une valeur tabulée en fonction de types des granulats (roulés ou concassés) et de la puissance du serrage (simple piquage ou vibration plus ou moins intense).

Y, se calcule par la formule suivante :

$$Y(D/2) = A + \sqrt[5]{D} + \frac{B}{\frac{R}{D} - 0.75}$$

A : valeur sont indiqué dans le tableau

B : varie de 1 à 2 selon que le béton ferme ou mou.

D : est exprimé en dimension de passoire.

R : est le rayon moyen du moule

La courbe de référence passe par trois points :

Point Origine : (0.0065 0)

Point Extrémité : (D 100)

Point Brisure : (D/2 Y(D/2))

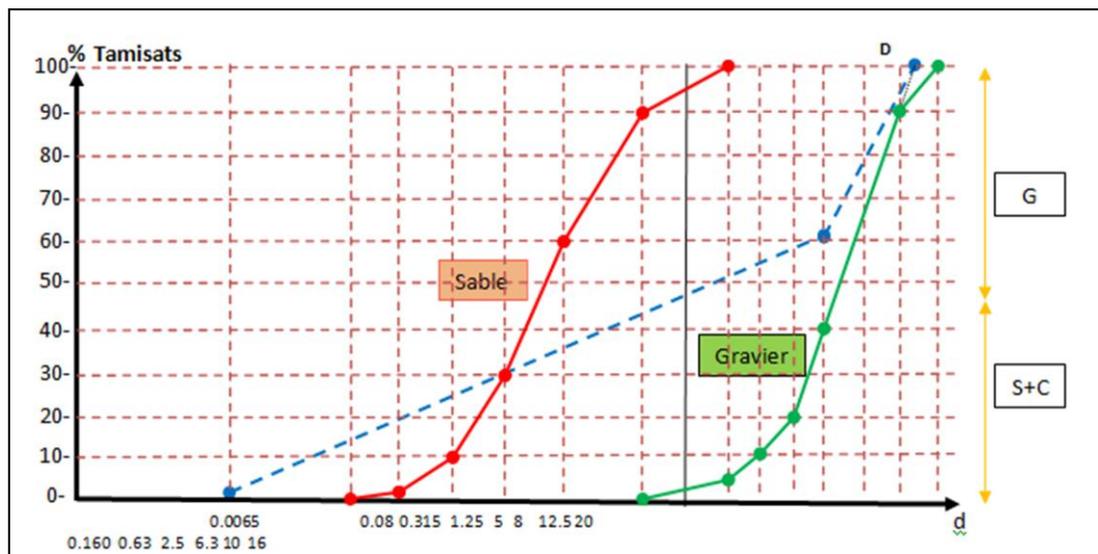


Figure 2.2 courbe de référence (Méthode de FAURY)

L'échelle proportionnelle à $\sqrt[5]{d}$

4. Méthode DREUX-GORISSE (10):

Cette méthode est une synthèse de ce qui nous apparut comme le plus valable et le plus intéressant dans les méthodes existantes, elle tient compte des résultats d'une grande enquête sur les dosages les plus usuels pour divers bétons jugés aujourd'hui satisfaisants,

La résistance et l'ouvrabilité désirées conduisent à déterminer le dosage en ciment et le dosage en eau.

Une courbe de référence granulaire est ensuite tracée schématiquement en tenant compte des paramètres concernant le béton étudié et ses constituants : dimension des granulats, dosage en ciment, plasticité, intensité de serrage, module de finesse de sable.

Cette courbe de référence permet de doser les proportions, en volume absolue. Des différents granulats dont on dispose.

Les pourcentages de sable et de gravier exprimé à partir de la courbe granulaire de référence construite par l'une des méthodes de composition de béton. La courbe OAB, où B à l'ordonnée 100% correspond à la dimension D du plus gros granulats et le point de brisure A à des coordonnées ainsi définies comme suit:

En abscisse : si $D \leq 20$ mm l'abscisse est $D/2$, si $D \geq 20$ mm l'abscisse est située au milieu du segment, gravier limité par le module 38(5mm) et le module correspond à D.

Il reste à déterminer le pourcentage de tamisats du point de brisure. Cette position dépend des proportions du mélange. Or, les proportions du mélange influent sur la compacité du béton et par conséquent sur sa résistance.

Le problème consiste donc à déterminer l'ordonnée du point de brisure qui permettra de donner la meilleure compacité au béton. Cette position est optimisée par la méthode CES DREUX GORISSE. L'ordonnée optimisée du point de brisure, YA est déterminée par la relation suivante :

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_s + k_p$$

Cette relation prend en compte l'influence de la forme des granulats, du dosage en ciment, de la vibration, de la finesse du sable et de la mise en œuvre du béton par une pompe à béton sur la compacité du béton et sa facilité de mise en œuvre.

K, optimisation de la compacité en fonction du type de vibration, de la forme des granulats, et du dosage en ciment. Voir tableau ci-contre :

Tableau 2.2 pour l'obtention le coefficient k

vibration		faible		normale		puissante	
		roulé	concasse	roule	concasse	roule	concasse
dosage ciment	400+f	-2	0	-4	-2	-6	-4
	400	0	2	-2	0	-4	-2
	350	2	4	0	2	-2	0
	300	4	6	2	4	0	2
	250	6	8	4	6	2	4
	200	8	10	6	8	4	6

K_s , ajustement de la granularité du sable pour $FM > 2,8$, $K_s = 5,4 \times FM - 15f$

K_p , ajustement du dosage en sable pour faciliter le transfert par les pompes à béton.

$K_p = 0$ si béton non pompable, $+5 K_p + 10$ si le béton pompable.

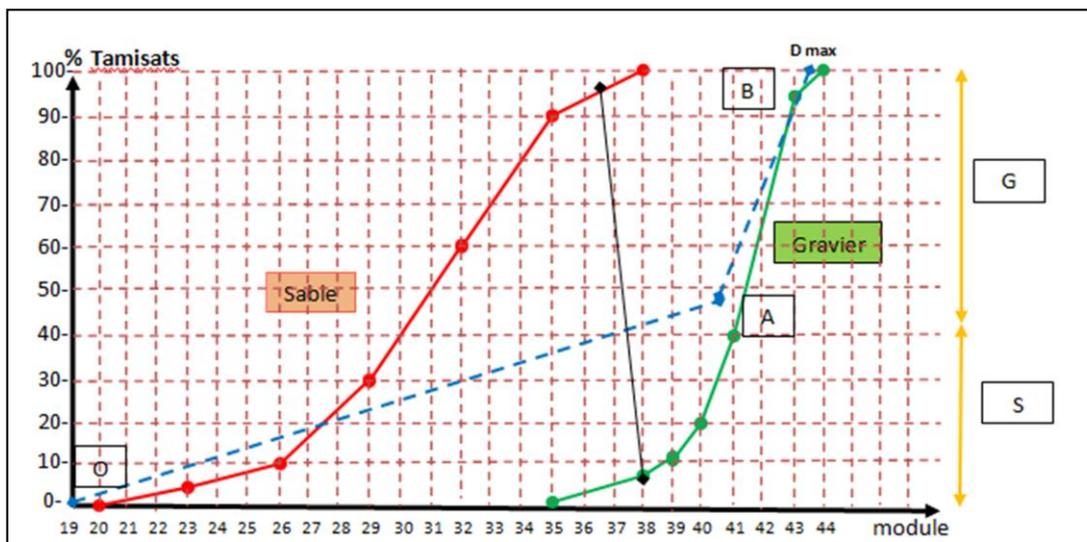


Figure 2.3 courbe de référence (Méthode DREUX-GORISSE)

5. Transport (11) :

Le transport du béton frais jusqu'au lieu de coulage fait appel à des matériels très différents, selon qu'il s'agit de parcourir de courtes distances sur un chantier ou qu'il doit être acheminé depuis une centrale de fabrication, parfois éloignée de plusieurs kilomètres.

5.1 Bétonnières portées (truck-mixer, ou toupie):

Les bétonnières portées est le matériel de transport qui offre la possibilité de malaxage en cours de déplacement. Cette bétonnière est constituée d'une cuve de malaxage cylindro-conique dont l'axe est incliné d'environ 15° sur l'horizontale,

montée sur la plate-forme d'un camion, Lors de la rotation de la cuve, deux rang de spires hélicoïdales en acier dur, fixées sur la paroi intérieur de la cuve, assurent le malaxage du béton et ramènent les produit vers le fond de la cuve, La rotation en sens inverse provoque au contraire la vidange de la cuve.

La capacité en béton de ces bétonnières portées varie de 4 à 10 m³ , Les plus courantes ont une capacité de 6 m³ , au-delà elles sont généralement montées sur un semi-remorque. Un réservoir d'eau avec volucompteur complète l'équipement de la bétonnière portée, sa capacité est de 400 à 1000 litres, cette eau sert a soit de l'ajouter à l'arrivé au site, soit à nettoyer la cuve après sa vidange. On peut trouver sur cette bétonnière une pompe à béton ou un tapis transporteur articulé, ceux-ci facilitent la mise en œuvre en place directe du béton dans le coffrage.



Figure 2.4 Bétonnière portées

5.2 Bennes à béton :

C'est le matériel le plus utilisé pour transporter, sur les chantiers, le béton depuis la bétonnières jusqu'au coffrage. Mais cette utilisation n'est pas limitative et on peut résoudre, avec la benne à béton beaucoup de problème de distribution et de mise en place du béton.

Elle peut revêtir diverses formes :

- Tronconique.
- Cylindrique.
- Cylindro-conique.
- Rectangulaire.
- En forme de sabot.

Réalisé le plus souvent en acier, elle peut être également en alliage d'aluminium. Cela permet un gain de poids et une absence de rouille.

Elle est remplie par le haut, et vidée en partie basse par ouverture mécanique ou pneumatique d'une trappe. La commande d'ouverture peut être faite à distance. La partie inférieure de la benne est souvent munie d'un manchon qui permet de diriger

la coulée de béton et de limiter la hauteur de chute, génératrice de phénomène de ségrégation. La benne est acheminée sur le site de bétonnage par chargeur, grue ou même hélicoptère dans les cas difficiles.



Figure 2.5 Benne à béton

5.3 Tapis transporteur :

Il s'agit de transporteur à bandes analogues à ceux employés pour le transport des granulats, mais spécialement conçue pour le béton. Ils peuvent transporter de grandes quantités, mais présentent des problèmes quant à leur salisseur. En usine, l'alimentation sélective de nombreux petits postes de travail est difficile. De plus, il se produit fréquemment une ségrégation au point de déversement.

Certain fabricant de bétonnière portées proposent des tapis à béton d'une longueur de 10 à 12 mètres articulés en trois éléments et fixés à la bétonnière. Légers et maniables, ils permettent la mise en place du béton directement de la bétonnière à l'ouvrage à couler.

Leur utilisation est particulièrement intéressante dans le cas de construction de maisons individuelles. Une fois repliés à gauche ou à droite de la bétonnière, ils ne prennent guère de place.



Figure 2.6 Tapis transporteur

5.4 Goulottes à béton :

On utilise quelquefois, pour transporter le béton sur quelques mètres, des sortes de rigoles dans lesquelles le béton s'écoule par gravité. Elles sont soit fabriquées sur le chantier avec des panneaux de bois, soit métalliques.

On appelle également parfois « goulottes » des sortes d'entonnoirs généralement de forme rectangulaire qui s'adaptant sur le dessus des banches évitent, lorsque la benne déverse le béton, qu'il ne s'en écoule à côté.

Il existe deux cas où on écoule du béton à la goulotte. On le fait soit pour éviter une hauteur de déversement trop importante du béton, dans un ouvrage aérien, soit pour écouler du béton dans un ouvrage sous l'eau afin d'éviter le dévalement de celui-ci. Dans ces deux cas, la goulotte est constituée d'un entonnoir prolongé par un long tuyau rigide.



Figure 2.7 Goulotte à béton

5.5 Le transport par pompage :

Le pompage du béton pour son transport sur le chantier se développe de plus en plus grâce à la mise au point d'un matériel bien adapté et à la possibilité de conduire le béton jusqu'à l'endroit précis où il doit être mise en place, en des points parfois difficilement accessibles.

Aujourd'hui, le pompage et la mise en place du matériel nécessaires souvent associé avec la fourniture du béton prêt à l'emploi car il permet d'améliorer la rotation des camions par la diminution des temps d'attente sur chantier. Et on distingue trois type de pompes :

5.5.1 Les pompes à piston (pompe classique) :

Qui représente le type de matériel le plus généralement utilisé, ont des débits compris pour les appareils courants entre 8 et 70 m³/h allant jusqu'à 180 m³/h pour certaines d'entre elles. Elles permettent de pomper sur des distances de plusieurs centaines de mètres, par contre les pressions élevées (pouvant dépasser 10MPa)

qu'elles exercent sur le béton peuvent provoquer un essorage qu'il faut limiter par l'étude du béton.



Figure 2.8 pompe à piston

5.5.2 Les pompes à rotor :

Le béton étant propulsé sous l'effet de l'écrasement d'un tuyau dans lequel il est introduit et qui travaille à basse pression, ce qui justifie leur emploi pour certains types de bétons compressibles à l'état frais, notamment ceux présentant un pourcentage élevé d'air entrainé. Les bétons mous ou cellulaires ainsi que ceux dont une partie des granulats est polystyrène expansé.

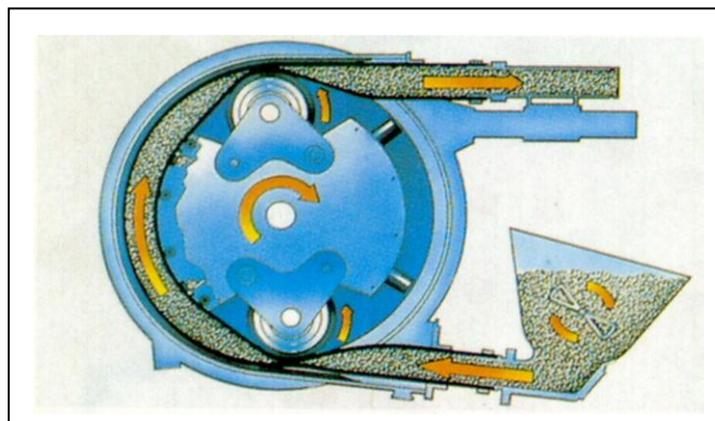


Figure 2.9 pompe à rotor

5.5.3 Les pompes pneumatiques :

Un certain volume de béton étant introduit dans une cuve tronconique puis propulsé dans une conduite sous la pression de l'air comprimé par un effet de chasse, dans ce cas la pression à exercer au départ peut s'évaluer approximativement par la formule :

$$P = 0.14 L f + 0.24H$$

P : pression en bar.

L : longueur de la canalisation en mètres.

f : coefficient de frottement du béton dans la canalisation (f = 0.20 pour tube neufs lisse et 0.40 pour tube usagés rugueux).

H : hauteur de dénivellation en mètres.

La limite d'utilisation des pompes en distance équivalente s'exprime en tenant en compte les coudes à grand rayon (2m) de 90° et 135° et que la dimension maximum des granulats doit être au plus égale à $\frac{1}{4}$ du diamètre inférieur de la canalisation, la formule suivant donne cette distance équivalente :

$$D+3H+10C1+5C2 \leq 350m$$

D : distance horizontale en mètres.

H : dénivellation en mètres.

C1 : nombre de coudes à 90°.

C2 : nombre de coudes à 135°.



Figure 2.10 pompe pneumatique

Pour que le béton peut être pompable il doit présenter les qualités suivantes :

- Avoir de préférence une courbe granulométrique continue.
- Présenter une bonne cohésion et un faible ressuage.
- être bien plastique (affaissement \geq à 10 cm), le débit étant d'ailleurs plus faible que la consistance du béton est ferme.

6. Mise en œuvre (12) :

6.1 Vibration :

La vibration est le moyen le plus couramment utilisé pour assurer la mise en place du béton dans les coffrages. Elle a pour effet de liquéfier le béton autour de la zone d'action du vibreur ce qui réduit considérablement les frottements internes des grains constituant le béton et permet un parfait remplissage des moules.

Ainsi pour sous l'effet de la vibration, le béton d'une part est conduit dans les moindres recoins du coffrage, d'autre part son serrage est optimisé d'où un accroissement de sa compacité et par voie de conséquence, une amélioration de ses caractéristiques mécaniques et de sa durabilité. Et on distingue plusieurs types de vibration :

6.2 La vibration externe :

Cette vibration est réalisée au moyen de vibrateurs de coffrage fixés sur les coffrages qui doivent être solide, rigide et suffisamment lourds pour transmettre la vibration de façon homogène évitant la formation de neouds et de ventre. Pouvant être entraînés électriquement avec des fréquences de l'ordre de 3000 à 6000. Ou pneumatique avec des fréquences courant généralement plus élevées. Comprises entre 10000 et 15000, leur emploi est en principe réservé pour la mise en place de bétons de voiles, poutre, en fabrication, Ets, les épaisseurs des pièces devant être limitées, la profondeur du béton intéressé par ce type de vibration ne dépasse pratiquement pas 25 cm.

6.3 La vibration interne ou pervibration :

Cette technique est faite à l'aide d'aiguille vibrante introduite dans la masse de béton frais. Les aiguilles vibrantes sont constituées d'un tube métallique à l'intérieur duquel une masse lotte excentrée tourne à très grande vitesse produisant la vibration. les aiguilles vibrantes peuvent être électrique, pneumatique, ou thermique entraînées dans ce dernier cas, par un petit moteur indépendant à essence, les fréquences usuelles des aiguilles étant comprises entre 10000 et 20000 périodes.

6.4 La vibration superficielle :

Dans cette cas la vibration qui s'exécute au moyen de vibrateur de surface, telles les règles vibrantes, les taloche vibrante, et qui est plus spécialement réservés aux dallages, aux chaussées, à certains panneaux préfabriqués et d'une façon plus générale aux surfaces important d'épaisseur de l'ordre de 15 à 20 cm.

6.5 La durée de vibration :

Pratiquement la vibration peut être estimée suffisante et ne devant plus être prolongée lorsque :

- Le béton ne tasse plus.
- Le dégagement de bulles d'air s'arrête.
- La laitance commence à apparaitre en surface.
- Le bruit émis par le vibrateur se stabilise.

Le calcul du temps total de vibration des pièces en béton armé ou non (évaluation approximative correspondant à une vibration énergétique).

$$T = \frac{25}{\phi} \left(\frac{100}{A + 5} + G \right) \left(\frac{V}{10} + 2.5 \right) F$$

T : temps total de vibration effective en secondes.

ϕ : diamètre de l'aiguille pervibrant.

A : affaissement au cône cm.

V : volume en litres de la pièce ($V > 25$ litres).

Tableau 2.3 coefficient granulaire

G : coefficient granulaire		
Gravier	sable	G
Roulé	Roulé	1
Concassé	Roulé	3
Concassé	Concassé	5

Tableau 2.4 coefficient de ferrailage

F : coefficient de ferrailage	
Ferrailage	F
Très dense	1.50
Dense	1.35
Normal	1.20
Faible	1.10
Béton non ferraille	1.00

L'intérêt de cette formule est de permettre d'évaluer en fonction des paramètres essentiels, le temps global maximal de vibration nécessaire ; cette évaluation bien qu'approximative n'en reste pas moins utile pour pouvoir prévoir un ordre de grandeur.

6.6 Quelques techniques de vibration :

- Il faut déplacer le vibreur de point en points, distant les uns des autres d'environ 6 à 8 fois le diamètre de l'aiguille, soit environ tous les 30 à 40 cm pour une aiguille de 50mm.
- Il faut vibrer le béton par couches d'épaisseur de 40 à 50 cm au maximum dans le cas de vibration à l'aiguille, lors de mise en place à l'aide de règle vibrante ou de taloche, dans le cas de dallage, l'épaisseur des couches serrées par vibration superficielle doit être limitée à 20 cm pour des bétons peu ou non armés et à 15 cm pour les béton armés.
- Lorsque l'élément vibré comporte plusieurs couches, il faut faire pénétrer l'aiguille sur environ 10 cm dans la couche sous-jacente.
- Ne pas incliner l'aiguille à plus de 45° par rapport à la verticale.
- Ne pas bloquer l'aiguille contre les armatures, comme cela se voit d'aiguille fréquemment sur les chantiers.
- Retirer lentement l'aiguille pour éviter de créer des cheminées de mortier et de laitance

6.7 La ségrégation du béton :

C'est un phénomène inhérent à l'hétérogénéité du béton qui se trouve soumis à différentes manipulation telle que malaxage, transport, chute dans les coffrages à travers les ferrillages, et aussi lorsque le béton est trop vibré ou s'il ya un excès d'eau, les granulats de diamètres les plus importants ont tendance à couler et ceux de faibles diamètres à remonter si tous les granulats sont de même densité. Dans ce cas, c'est l'action combinée de la gravité et de la vibration qui engendre la séparation.

Cette phénomène peut engendrer de graves défauts tels que porosités, nids de graviers mal enrobé, ou à l'excès de mortier, ces défauts ne compromettent pas seulement l'esthétique par des parements défectueux que l'on est contraint de ragréer tant bien que mal, mais également la durabilité de l'ouvrage car les bétons ségrévés sont plus sensible à l'action des eaux agressive, du gel et des intempéries et protège mal les armatures contre la corrosion.

Il sera donc essentielle sur le chantier de détecter, avant que le mal ne soit fait, toute cause de ségrégation et d'y remédier dans toute la mesure du possible. Le laboratoire C.E.S a défini un indice de ségrégation comme suit :

$$I = \frac{\frac{M}{M+G}}{\frac{M'}{M'+G'}}$$

M : masse du mortier (sable+ciment+eau) de l'échantillon.

G : masse du gravier de l'échantillon.

M' : masse du mortier (sable+ciment+eau) de la composition.

G' : masse du gravier de la composition.

- Un indice de valeur unité ($I=1$) correspond à une absence de ségrégation.
- Si $I > 1$; elle correspond à une ségrégation par enrichissement en mortier.
- Si $I < 1$; elle correspond à une ségrégation par en appauvrissement mortier

Une valeur de « I » égale 0.9 à 1.1 peut être admissible selon le cas bien sûr.

6.8 Joint de reprise :

Lorsqu'une pièce ne peut pas être coulée en une seule fois, il conviendra de prévoir des joints de reprise sans les laisser se former au hasard de l'avancement du bétonnage ou d'une fin de journée.

Les joints de reprise ne doivent pas se présenter suivant des surfaces plus ou moins informes, mais suivant des plans disposés en principe normalement à la direction des contraintes.

Les plans verticaux de reprises seront réalisés à l'aide de coffrage provisoire qui pourra ne pas être bien réglés. On peut également employer un grillage à mailles fines soutenu par un treillis rigide ou quelques planches. Le grillage reste noyé dans la masse et on obtient ainsi une surface rugueuse présentant un bon accrochage. Mais dans ce cas, il faut éviter de couler contre le grillage un béton trop mou ou pauvre en gros granulats, et s'abstenir de vibrer trop près et trop longtemps. Il faut ensuite, immédiatement après sa prise, faire sauter la laitance qui se sera accumulée au pied du grillage à travers lequel elle se sera écoulée.

Les plans horizontaux ou dont l'inclinaison permet de bétonner en talus, ne devront pas présenter de surface trop lisse, ce qui est souvent le cas par suite de ressuage du mortier à la vibration. On pourra, lorsque la prise commence à peine, piquer la surface en y créant ainsi des petits alvéoles. À défaut, il conviendra avant d'exécuter la reprise, de repiquer la surface plus ou moins durcie.

Avant bétonnage, les plans de reprise doivent être mouillés, puis autant que possible, soufflés à l'air comprimé pour nettoyer et évacuer de l'eau stagnante dans les alvéoles ou les flaches.

Il faut noter qu'en effet, une reprise de bétonnage peut affaiblir la résistance, favoriser la corrosion des armatures, compromettre l'étanchéité ou poser des problèmes d'aspect. Elle ne peut donc être exécuter à n'importe quel emplacement.

7. Conclusion :

Les méthodes de formulations ont le même principe c'est de chercher la compacité. Le transport du béton prêt à l'emploi en Algérie se fait généralement par camions bétonnières puis mis en œuvre par pompage.

Pour avoir un béton de qualité il faut respecter les recommandations pour le transport et la mise au cours de livraison

Chapitre 3

Chapitre 3 : Identification des matériaux locaux

1. Introduction :

Nous traiterons dans ce chapitre de la caractérisation des matériaux utilisés dans la composition des différents mélanges de béton. Nous avons comme objectif commun avec :

- ✓ l'E.N.G de travailler avec des granulats définis ; sable, gravie (3/8, 8/16 et 16/25).
- ✓ STARR de travailler avec des granulats définis ; sable, gravie (3/8, 8/16 et 16/25).
- ✓ BOUIHI de travailler avec le sable.

Les échantillons prélevés pour chaque granulats est analysé au niveau du laboratoire de matériaux de construction de département de génie civil.

2. Caractérisation des constituants :

2.1 Identification et analyse du sable :

L'identification du sable concerne les propriétés dimensionnelles du sable, les propriétés physiques et les propriétés physico chimique :

2.1.1 Propriété dimensionnelles [EN 933-1 et 933-2] :

L'analyse granulométrique à pour objectif de déterminer la grosseur des grains qui constituent les granulats (le sable) et le pourcentage de chaque grosseur grâce a une série de tamis emboite les uns sur les autres dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes.

Les résultats de cette analyse granulométrique par voie sèche sont donnes comme suit :

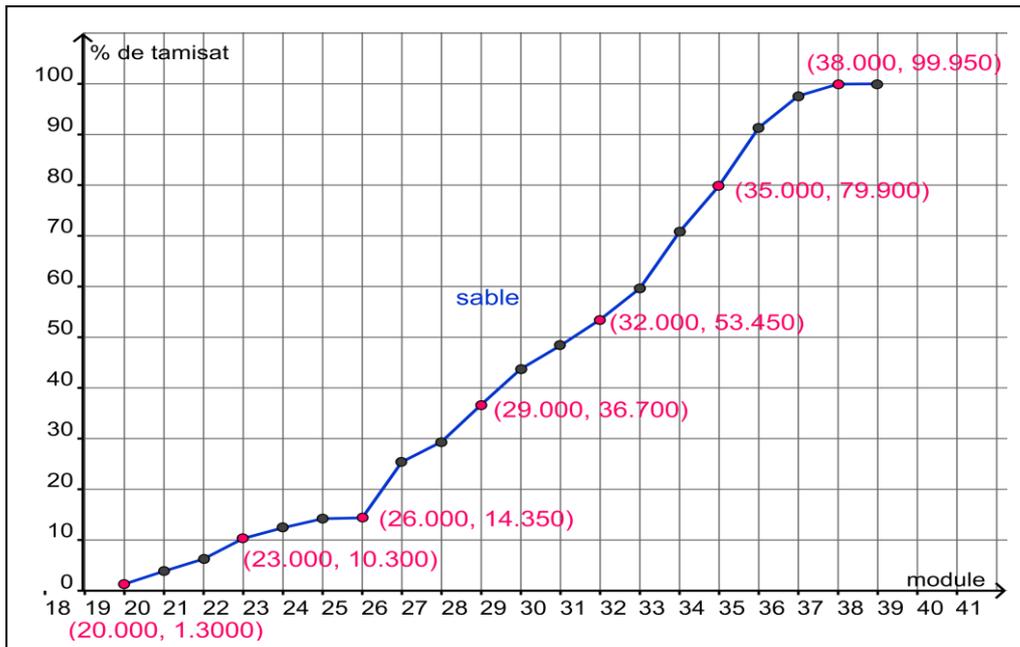


Figure3. 1 : Analyse granulométrique de sable ENG

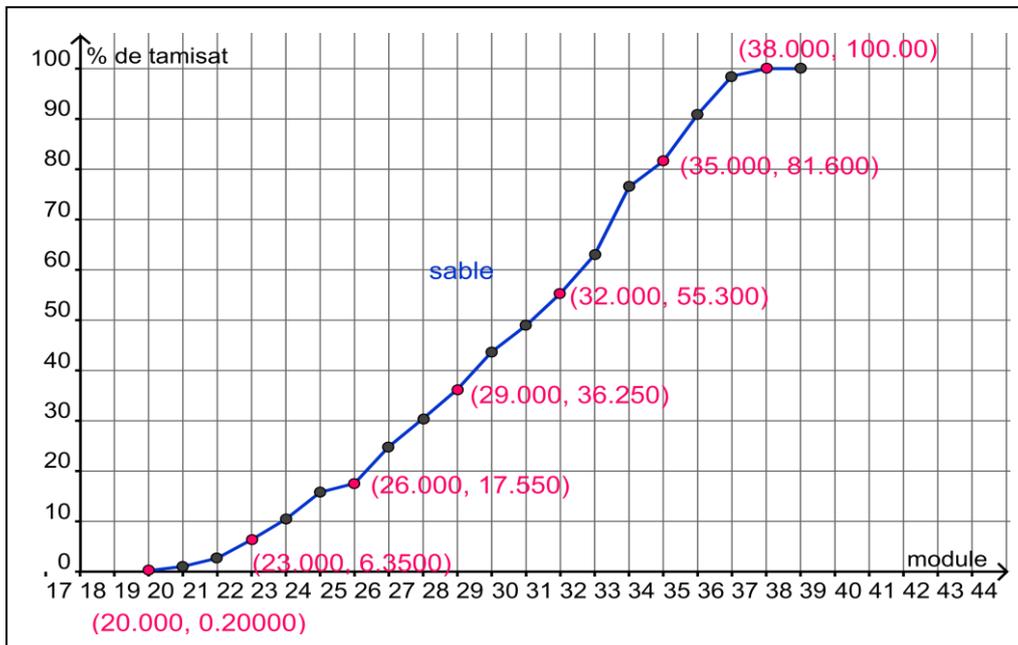


Figure 3.2 : Analyse granulométrique de sable STARR

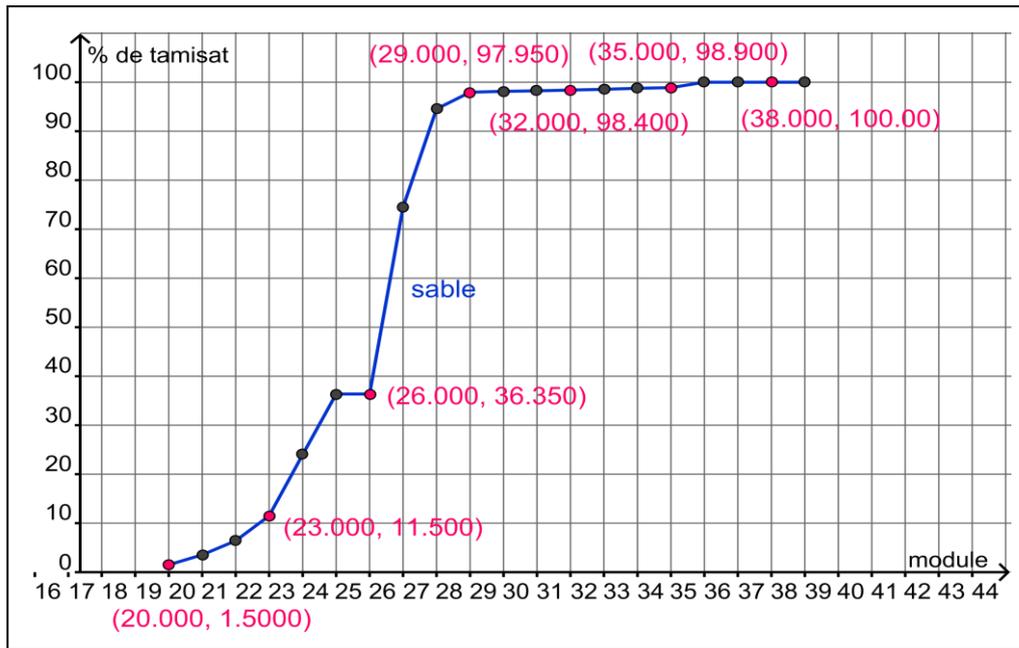


Figure 3.3 : Analyse granulométrique de sable BOUIHI

La correction de l'ENG avec différents proportions du sable BOUIHI nous a donné les résultats comme suite :

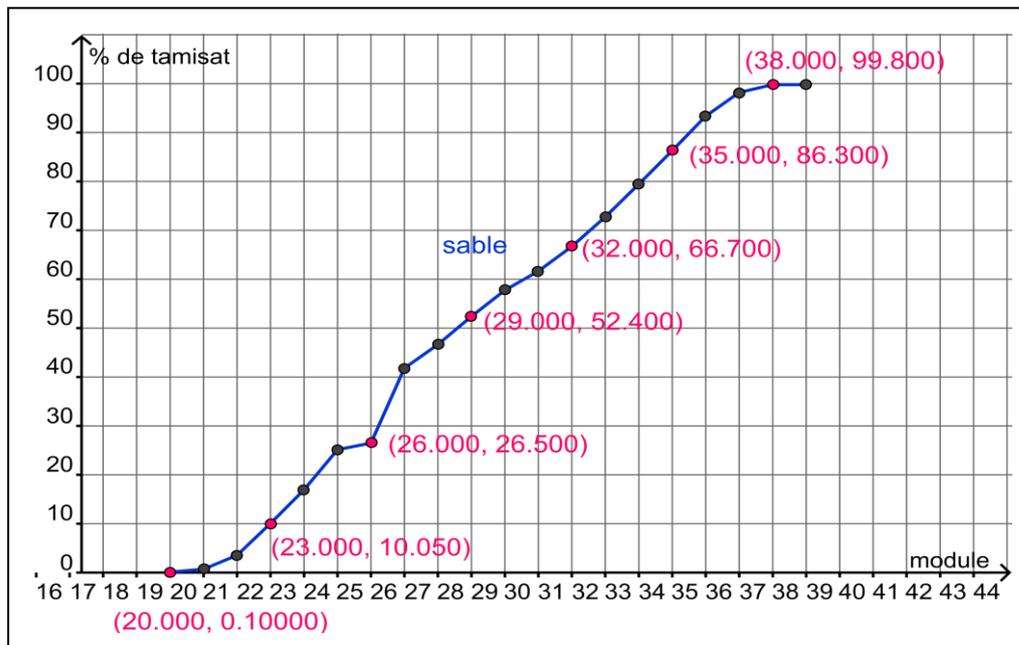


Figure 3.4 : Analyse granulométrique de sable 1/4 BOUIHI+3/4ENG

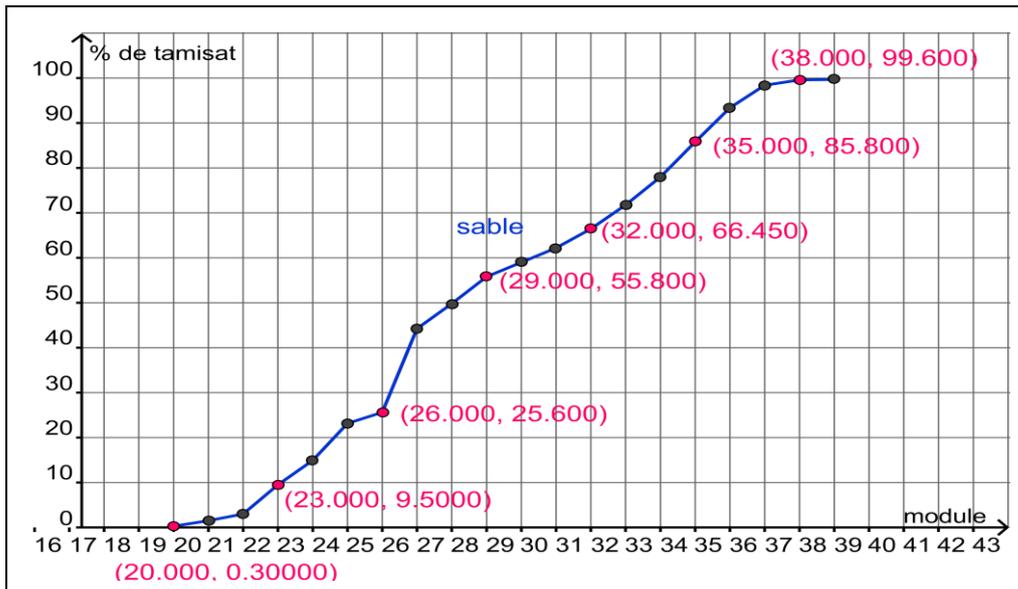


Figure3. 5 : Analyse granulométrique de sable 1/3 BOUIHI+2/3ENG

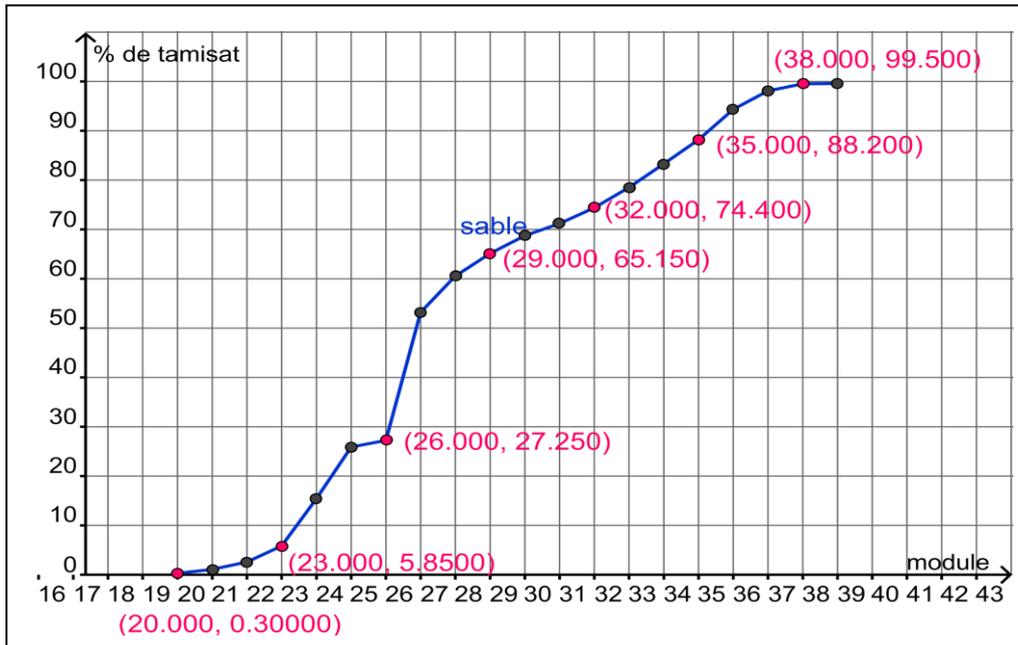


Figure3.6 : Analyse granulométrique de sable 1/2 BOUIHI+1/2 ENG

2.1.2 Le module de finesse du sable :

Le module de finesse du sable est égale a (1/100) de la somme des refus cumule exprime en pourcentage sur les différent tamis de la série compose (0.16-0.315-0.63-1.25-2.5-5).

Tableau3. 1 module de finesse

Module de finesse			
sable	ENG	STARR	BOUIHI
Mf	3,05	3,03	1,57

Après la correction du sable de l'ENG le module de finesse est récapitulé dans le tableau 3.2

Tableau3. 2 module de finesse aprêr la correction de l'ENG

Module de finesse			
sable	1/4 BOUIHI +3/4ENG	1/3 BOUIHI+2/3 ENG	1/2 BOUIHI+1/2 ENG
Mf	2,6	2,6	2,4

2.1.3 Propriétés physiques :

Les propriétés physiques du béton dépendant de plusieurs facteurs qu'on va définir :

2.1.3.1 Masse volumique absolue du sable :

La masse volumique absolue est la masse d'un corps par unité de volume de matière pleine sans aucun vide entre les grains (volume absolue).

La méthode du ballon est plus précise mais plus délicate, il y a pas de lecture de volume mais seulement des pesées.

Tableau3.3 Masse volumique absolue du sable ; par méthode du ballon

Masse volumique absolue (Méthode du ballon)			
sable	ENG	STARR	BOUIHI
intervalles	[2649-2666,67]	[2673,80-2710,03]	/
moyen ρ_{abs}	2655	2688	2632

2.1.3.2 La masse volumique apparente du sable :

La masse volumique apparente est la masse d'un corps par unité de volume total y compris les vides entre les grains de ce corps (volume apparent).

Tableau3.4 Masse volumique apparent du sable

Masse volumique apparente			
sable	ENG	STARR	BOUIHI
intervalles	[1660-1676]	[1608,4-1621]	[1370-1372]
moyen ρ_{app}	1666	1616	1371

2.1.4 Propriétés physiques et physico chimique :

La propreté des granulats peut s'apprécier de différence façons telles que l'essai de l'équivalent de sable, essai de bleu méthylène:

2.1.4.1 Equivalent de sable [NF P 18-598] :

Cet essai utilise de manière courante pour évaluer la propreté des sables entrant dans la composition des bétons, l'équivalent du sable et déduit par la formule suivant :

$$ESV = (h_2/h_1)100 \quad ESP = (h'_2/h_1)100$$

h1:sable propre +éléments fins

h2:sable propre seulement

Tableau 3.5 équivalent de sable

équivalent du sable			
sable	ENG	STARR	BOUIHI
intervalles ESV	[84,53-84,69]	[82,05-85,22]	[88,69-89,40]
moyen ESV	84,59	84,16	89,17
intervalles ESP	[80,41-81,63]	[77,78-79,57]	[81,69-83,44]
moyen ESP	81	79	83

2.1.4.2 Bleu de méthylène (les fines) [NF P 94-068] :

Cet essai, utilisé de manière courante pour caractériser l'activité des argiles contenues dans les sols, est également utilisé pour évaluer l'influence des fines d'origine argileuses contenues dans les sables. Cet essai est un test performant et fiable pour quantifier de manière sûre et simple la propreté des granulats.

La prise de l'essai, de masse M, est introduite dans le bécher contenant(500±5)ml d'eau déminéralisée, puis le tout est agité à l'aide d'un agitateur rotatif à ailettes, à raison de 600 tr/min pendant 5 minutes puis à raison de 400tr/min pendant tout le reste de l'essai.

Les résultats s'exprime par la formule suivante : $MB = (V/Mf) * 10$

Tableau 3.6 bleu méthylène

bleu méthylène			
sable	ENG	STARR	BOUIHI
v	5	5	20
M	60	60	60
MB=v/m	0.083	0.083	0.33

2.2 Identification et analyse du gravier :

Pour pouvoir construire des ouvrages fiables, dans les normes, et haute efficacité technico -économique, il faut déterminer les caractéristiques intrinsèques du matériau utilisé : à savoir ses propriétés dimensionnelles, physiques, physico-chimiques et mécaniques.

Cette analyse se fera pour trois classe granulaire 3/8 ,8/16 et16/25

2.2.1 Propriété dimensionnelle du gravier

- **Analyse granulométrique du gravier3/8 :**

Masse sèche : 1.6kg.

Procédé utilise : tamisage par voie sèche.

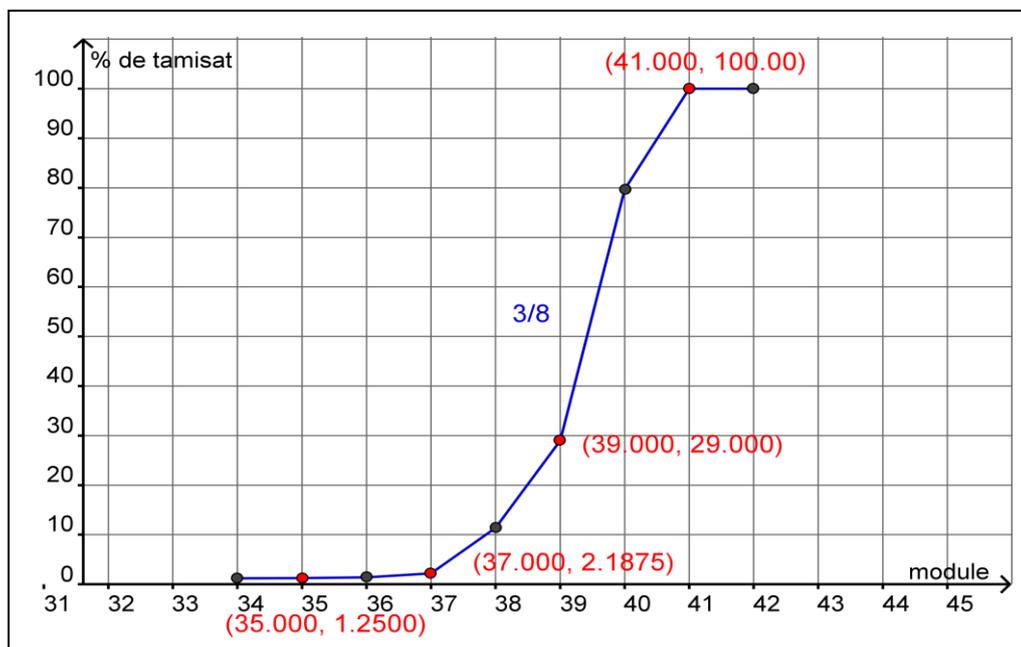


Figure 3.7 : analyse granulométrique de gravier 3/8 ENG

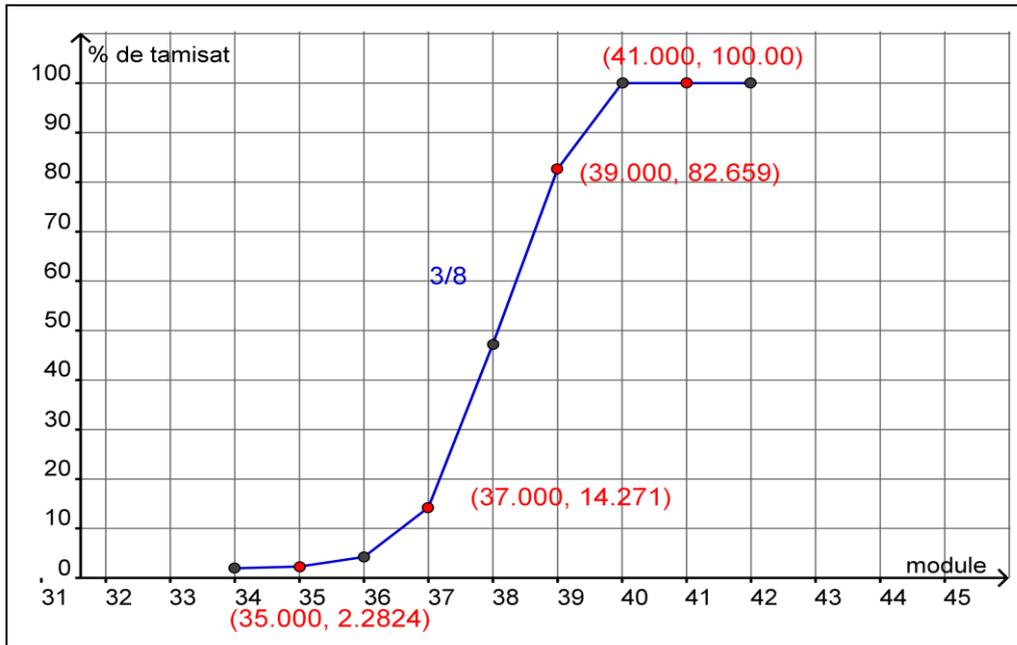


Figure 3.8 : analyse granulométrique de gravier 3/8 STARR

- **Analyse granulométrique du gravier 8/16 :**

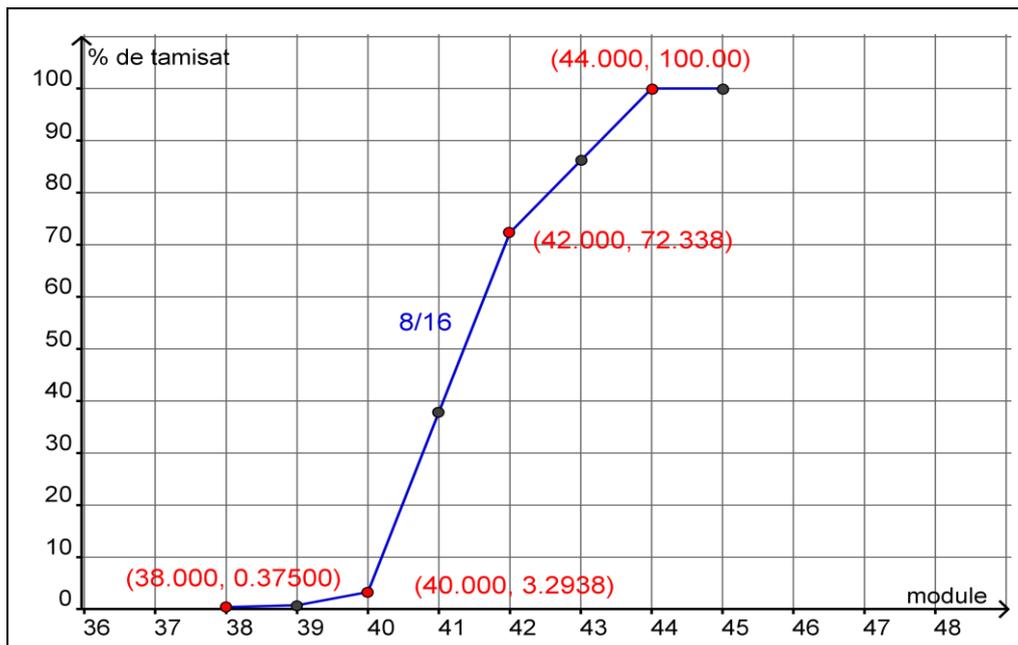


Figure 3.9 : analyse granulométrique de gravier 8/16 ENG

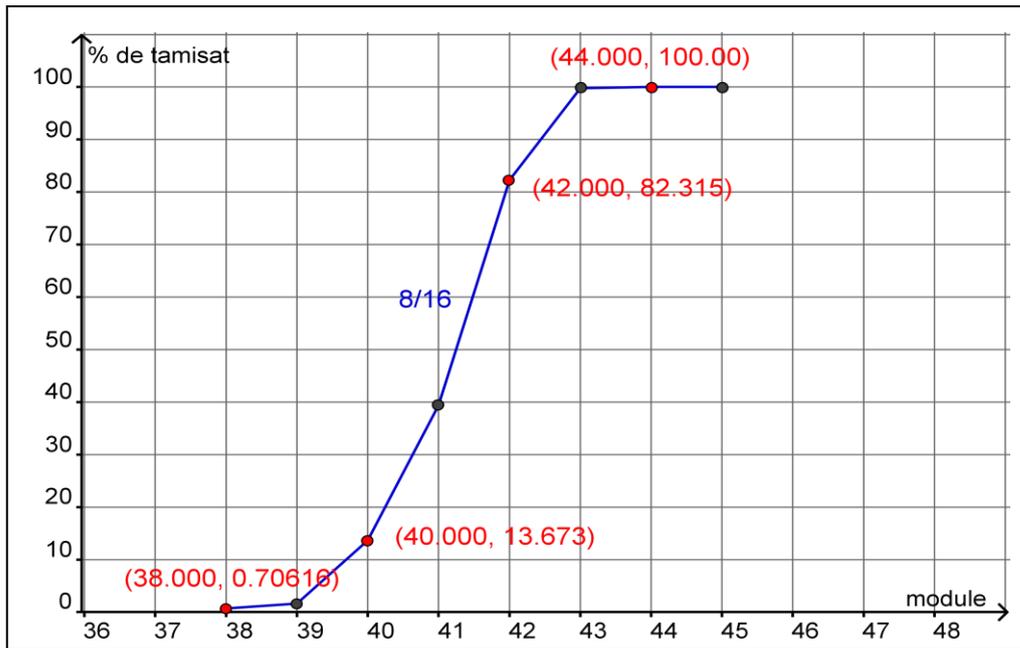


Figure 3.10: analyse granulométrique de gravier 8/16 STARR

- **Analyse granulométrique du gravier 16/25 :**

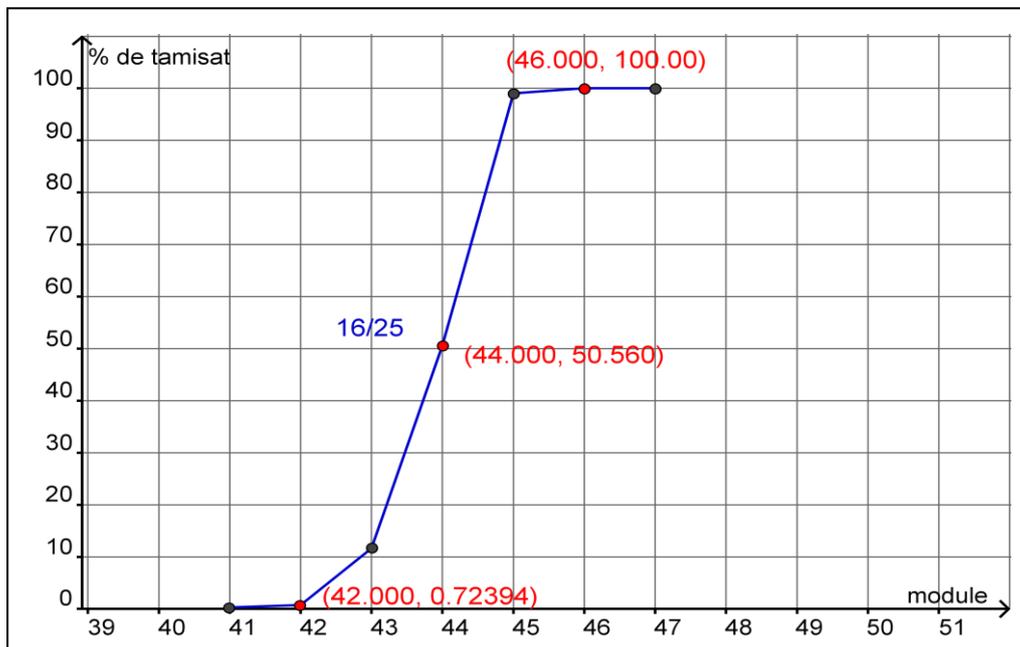


Figure 3.11: analyse granulométrique de gravier 16/25 ENG

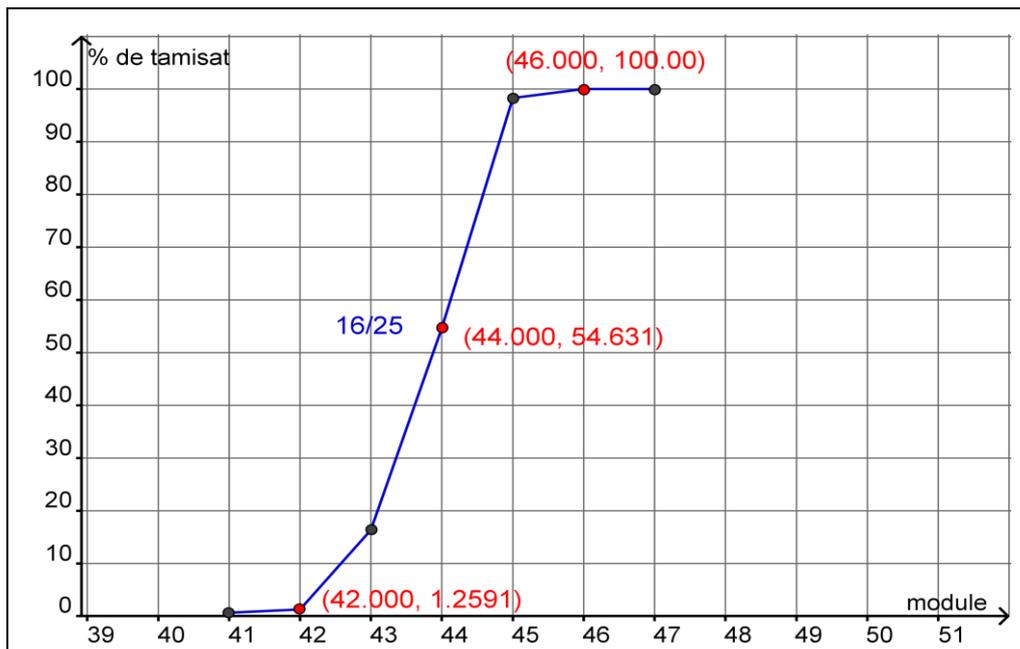


Figure 3.12: analyse granulométrique de gravier 16/25 STARR

2.2.2 Propriété physiques et physico-chimique

2.2.2.1 Masse volumique apparent du gravier :

La masse volumique d'un granulat est le rapport entre sa masse et son volume.

Tableau 3.7 Masse volumique apparent du gravier 3/8

Masse volumique apparente		
Gravier 3/8	ENG	STARR
intervalles	[1363,6-1392,8]	[1331,8-1334,8]
moyen ρ_{app}	1374	1333

Tableau 3.8 Masse volumique apparent du gravier 8/16

Masse volumique apparente		
Gravier 8/16	ENG	STARR
intervalles	[1318-1374,6]	[1345,4-1347]
moyen ρ_{app}	1330	1346

Tableau 3.9 Masse volumique apparent du gravier 16/25

Masse volumique apparente		
Gravier 16/25	ENG	STARR
intervalles	[1339,5-1348,5]	[1248,2-1257,8]
moyen ρ_{app}	1343	1254

2.2.2.2 Masse volumique absolue du gravier :

Tableau 3.10 Masse volumique absolue du gravier 3/8 ; par méthode du ballon

Masse volumique absolue (Méthode du ballon)		
Gravier 3/8	ENG	STARR
intervalles	[2649-2666,67]	/
moyen ρ_{abs}	2661	2660

Tableau 3.11 Masse volumique absolue du gravier 8/16 ; par méthode du ballon

Masse volumique absolue (Méthode du ballon)		
Gravier 8/16	ENG	STARR
intervalles	/	/
moyen ρ_{abs}	2632	2660

Tableau 3.12 Masse volumique absolue gravier 16/25 ; par méthode du ballon

Masse volumique absolue (Méthode du ballon)		
Gravier 8/16	ENG	STARR
intervalles	[2631,58-2693,33]	[2618,44-2630,89]
moyen ρ_{abs}	2657	2627

2.2.2.3 Propreté des graviers :

C'est le pourcentage d'impuretés déterminées par lavage de la poussière adhérentes aux grains plus gros est donné par la formule suivante :

$$P=100* (M1-M2)/M2$$

Avec M1 : est la masse des granulats secs avant lavage

M2 : est la masse des granulats secs après lavage

Tableau 3.13 coefficient d'impuretés de 3/8

coefficient d impureté		
Gravier 3/8	ENG	STARR
coefficient d'impuretés $i=100*((M1-M2)/M2)$	1,09	2,25

coefficient d impureté		
Gravier 8/16	ENG	STARR
coefficient d'impuretés $i=100*((M1-M2)/M2)$	0,74	1,01

Tableau 3.15 coefficient d'impuretés de 16/25

coefficient d'impureté		
Gravier 16/25	ENG	STARR
coefficient d'impuretés $i=100*((M1-M2)/M2)$	0,58	0,62

La norme p 18.305 prescrit que dans les granulats pour des bétons de qualité, le pourcentage de graviers ne dépasse pas 5%, néanmoins certaines prescriptions limitant ce pourcentage à 1.5% ;

2.2.3 Propriétés mécaniques

Lors de la fabrication d'un béton le malaxage et source de frottement intenses entre grains si ceux-ci ne sont pas assez résistants ils peuvent se casser en produisant des sable ou des éléments fins.

Il est donc nécessaire de procéder des essais aux résistances, afin que les granulats puissent répondre aux spécifications de fabrication des bétons.

2.2.3.1 Los Angeles [Norme P18-573] :

L'essai consiste a mesuré la masse des éléments inférieur à 1.6mm produit par la fragmentation du matériau testé $4\text{mm} < d < 50\text{mm}$, la résistance à la fragmentation s'exprime par le coefficient los Angeles LA :

$$LA = (m/M) * 100$$

Avec m : masse des éléments inférieur à 1.6 mm.

M : la masse d'échantillon soumis al essai.

Tableau 3.16 coefficient de Los Angeles 3/8

Los Angeles		
Gravier 3/8	ENG	STARR
coefficient de LA= $100*(m/M)$	30,97	30.42

Tableau 3.17 coefficient de Los Angeles 8/16

Los Angeles		
Gravier 8/16	ENG	STARR
coefficient de LA= $100*(m/M)$	30,01	29.97

Tableau 3.18 coefficient de Los Angeles 16/25

Los Angeles		
Gravier 16/25	ENG	STARR
coefficient de LA= $100*(m/M)$	29,93	29.04

La norme P 18 541 préconise pour les granulats courants un coefficient Los Angeles $\leq 30\%$

2.2.3.2 micro-Deval [P 18-572] :

L'essai consiste à mesurer, dans des conditions normalisées usures des granulats produite par frottement mutuels, en présence d'une charge abrasive, dans un cylindre en rotation.

La formule est donnée comme suit :

$$MD = (m/M) * 100$$

Avec M : la masse de matériau soumise à l'essai ($4\text{mm} < d < 50\text{ mm}$)

m : la masse des éléments inférieur a 1.6 mm

Tableau 3.19 coefficient de micro-Deval 3/8

Micro Deval		
Gravier 3/8	ENG	STARR
coefficient de MD=100*(m/M)	8.24	7.91

Tableau 3.20 coefficient de Micro- Deval 8/16

Micro Deval		
Gravier 8/16	ENG	STARR
coefficient de MD=100*(m/M)	7.96	8.01

2.3 Identification et analyse du ciment :

Le ciment utilisé pour cette étude provient de la cimenterie de BENI SAF « CEM II /A ». D'après NF P 15-010 qui donne de la classification des ciments en fonction de leur composition, ce ciment contient : 80%de clinker et 20% d'ajout minéraux.

2.3.1 Propriété physiques :

C'est le même principe sauf que le toluène est utilisé à la place de l'eau car les liants hydraulique ont la propriété de s'hydrater en présence d'eau.

2.3.1.1 La masse volume apparent du ciment :

Connaissant la masse de ciment et le volume du récipient calibré (1l), on peut calculer la masse volumique apparente du ciment.

Tableau 3.21 Masse volumique apparent du ciment

Masse volumique apparente	
ciment	
intervalles	[1029,4-1035,2]
moyen ρ_{app}	1032

La masse volumique apparent est incluses dans l'intervalle impose par la norme NA 231 compris entre 900-1100 kg/m³

2.3.1.2 La masse volume absolue du ciment :

Il consiste à mesurer le déplacement du niveau de liquide contenu dans un récipient à col étroit, lorsqu'on y introduit la poudre dont on cherche la masse volumique absolue.il s'exprime par la formule suivante : $P_{abs} = (M2-M1) / (V2-V1)$

Tableau 3.22 Masse volumique absolue du ciment

Masse volumique absolue (Méthode du densitomètre de chatelier)	
ciment	
intervalles	[2980,58-2995]
moyen ρ_{abs}	2975

La masse volumique absolus est incluses dans l'intervalle impose par la norme na 231 compris entre 2900-3150 kg/m³

2.3.2 Essai sur la pâte de ciment durcissant :

2.3.2.1 Essai De Consistance (EN 196-3) :

La consistance de la pâte du ciment est une caractéristique qui évalue au cours du temps .pour pouvoir étudier l'évolution de la consistance en fonction des différents paramètres il faut pouvoir partir d'une consistance qui soit la même pour toutes les pates étudiées. L'essai se fait par l'appareil de Vicat.

Tableau 3.23 La consistance de la pâte du ciment

pourcentage %	masse ciment(g)	eau (l)	d
27%	500	135	9,5
27,20%	500	136	6,5

2.3.2.2 Essai de début de prise(EN 196-3) :

L'essai consiste à suivre l'évolution de la consistance d'une pâte de consistance normalisée; l'appareil utilisé est appareil de VICAT équipé d'une aiguille de 1,13 mm de diamètre. Quand sous l'effet d'une charge de 300 g l'aiguille s'arrête à une distance d du

fond du moule telle que $d = 4\text{mm} \pm 1\text{mm}$ on dit que le début de prise est atteint. Ce moment, mesuré à partir du début du malaxage, est appelé « TEMPS DE DEBUT DE PRISE ».

Tableau 3.24 le début de prise du ciment

prise ciment								
t (min)	0	16	30	60	75	100	112	117
d (mm)	0	0	0	0	0	1	3	3

2.4 Les adjuvants :

SIKAPLAST BV 40 + est un plastifiant réducteur d'eau pour haute résistance mécanique non chloré et prêt à l'emploi, qui se présente sous la forme d'un liquide marron. LA Plage d'utilisation recommandée : 0,3 à 1,5 % du poids de liant selon les performances recherchées.

2.4.1 Mise en œuvre :

SIKAPLAST BV 40 + est ajouté, soit, en même temps que l'eau de gâchage, soit en différé dans le béton préalablement mouillé avec une fraction de l'eau de gâchage.

2.4.2 Caractères généraux :

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

3. Conclusion :

Vu l'importance de la qualité des constituants dans la composition des bétons, il semble nécessaire de donner une importance particulière à ce matériau, Les granulats utilisés, ont de bonnes caractéristiques physiques, chimiques et mécaniques, réalisés à l'aide des essais faits au niveau de laboratoire de l'université de Tlemcen.

Chapitre 4

Chapitre 4 : Analyse et interprétation des résultats

1. Introduction :

Dans ce chapitre, on va traiter l'influence du rapport G/S et aussi l'influence d'ajout d'adjuvant sur la résistance du béton. Les échantillons utilisés pour la résistance sont de dimension 16x32 conformément à la norme NF P 18-400.

Toutes les compositions ont été formulées avec un dosage en ciment de 350 Kg/m³

Quatre séries d'essais ont été élaboré pour un total de 24 compositions par la méthode Dreux-Gorisse.

Le protocole des essais a été conduit comme suit :

- **Etape 1 :**

Dans cette étape nous avons confectionné 12 compositions de béton réparti sur 6 compositions sans adjuvant avec une ouvrabilité donnée par un affaissement au cône d'Abrams entre 10 et 15 cm.

Pour les 6 autres compositions, nous avons ajouté 1% d'adjuvant par rapport à la quantité du ciment.

Pour les 12 compositions, nous avons aussi fait varier le rapport G/S en prenant les valeurs de $k = 0$, $k = 5$ et $k = 10$.

- **Etape 2 :**

Dans cette étape nous avons formulé 6 compositions avec un $k = 5$ en utilisant un sable composé (sable ENG + sable Bouihi) avec les proportions suivantes :

75% + 25%, 66,7% + 33,3% et 50% + 50 %.

3 compositions parmi les 6 ont été réalisées avec un ajout de 1% d'adjuvant.

- **Etape 3 :**

Cette étape a été conduite pour permettre une comparaison avec les autres compositions en utilisant les granulats de l'entreprise même qui produit le BPE. Deux compositions ont été réalisées, une sans adjuvant et l'autre avec 1% adjuvant pour un $k = 5$.

- **Etape 4 :**

Cette étape a été basée sur les résultats obtenus sur les précédentes compositions. L'écart étant important, il fallait éliminer toutes les sources d'erreurs possibles.

Un soin particulier a été apporté dans le choix des moules utilisés et un nettoyage rigoureux de la bétonnière a permis d'extraire une quantité non négligeable de béton durci.

Les granulats utilisés pour cette composition sont ceux de l'ENG. Le rapport de G/S a été pris par rapport à $k = 0$.

Deux compositions ont été réalisées, une avec adjuvants et l'autre sans adjuvants.

2. Exploitation des résultats d'essais

2.1 Processus de formulation

La méthode de formulation de Dreux-Gorisse nous a permis de déterminer les quantités optimales de matériaux (eau E, ciment C, sable S, gravillon g et gravier G) nécessaires à la confection d'un mètre cube de béton.

Plusieurs étapes de calcul successives sont nécessaires à l'obtention de la formulation théorique de béton. Afin de répondre de manière rapide et efficace au changement de paramètre tel que le rapport G/S en variant k, un programme informatique a été conçu et réalisé grâce au tableur Excel et au logiciel Geogebra (1).

2.1.1 Dosage en ciment C :

Nous avons fixé un dosage de 350 kg/m^3 , c'est le plus couramment utilisé dans les entreprises qui produisent le béton prêt à l'emploi

2.1.2 Dosage en eau E :

La quantité d'eau retenue est celle qui nous a donné un affaissement compris entre 10 et 15 cm. Ceci nous a amené à des valeurs de E/C compris entre 0,54 et 0,6.

2.1.3 Mélange optimal à minimum de vides :

Il s'agit de déterminer les pourcentages des granulats qui vont permettre la réalisation d'un squelette granulaire à minimum de vides. Les quantités des matériaux de chaque classe granulaire doivent être judicieuses pour que les plus petits éléments viennent combler les vides laissés par les plus gros. La courbe granulométrique théorique d'un matériau à minimum de vides peut être schématisée par une droite brisée : Démarche proposée par Dreux pour déterminer le mélange optimum à minimum de vide.

- **Tracé de la droite de référence de Dreux :**

La droite de référence de Dreux représente la courbe idéale d'un matériau à minimum de vides. C'est une droite brisée dont le point de brisure est défini par son abscisse X et son ordonnée Y :

En abscisse :

Module de $D_{\max} = 45.02$ $\text{Module}(X) = (\text{Module}(D_{\max}) + 38) / 2$

$$\text{Module}(X) = \frac{(45.02 + 38)}{2} = 41.51$$

Tableau 4.1 l'abscisse D_{max}

	tamis (mm)	module
D_{max}	25,23	45,02
x	10,12	41,51

En ordonnée :

$$y = 50 - \sqrt{D_{max}} + K$$

Y est donné en pourcentage de passants cumulés

AN:

$$y = 50 - \sqrt{25.23} + 0 = 44.98$$

La droite de Dreux passe par trois points (O, A, B)

Tableau 4.2 coordonnées des points de la courbe de référence

	module	tamis (mm)	
	x		y
o	19,00	0,06	0,000
A	41,51	10,12	44,98
B	45,02	25,23	100,00

2.1.4 Pourcentages en volumes absolus de matériaux :

Pour déterminer les pourcentages en volumes absolus de granulats permettant la confection d'un mélange à minimum de vide il est nécessaire de tracer comme indiqué sur la figure 3 des droites reliant deux à deux les courbes granulométriques des matériaux du mélange.

Ces droites sont définies par 5 % de refus pour le matériau à faible granularité et par 5 % de passant pour le matériau à forte granularité. L'intersection des droites ainsi tracées avec la droite brisée de Dreux permet, par prolongement sur l'axe des ordonnées, de déterminer les pourcentages en volumes absolus de chaque matériau. Ces pourcentages doivent permettre l'obtention d'un mélange dont la courbe granulométrique est proche de la droite brisée de Dreux. Si la courbe du mélange obtenue est trop éloignée de la courbe de Dreux, un ajustement de ces pourcentages peut s'avérer nécessaire.

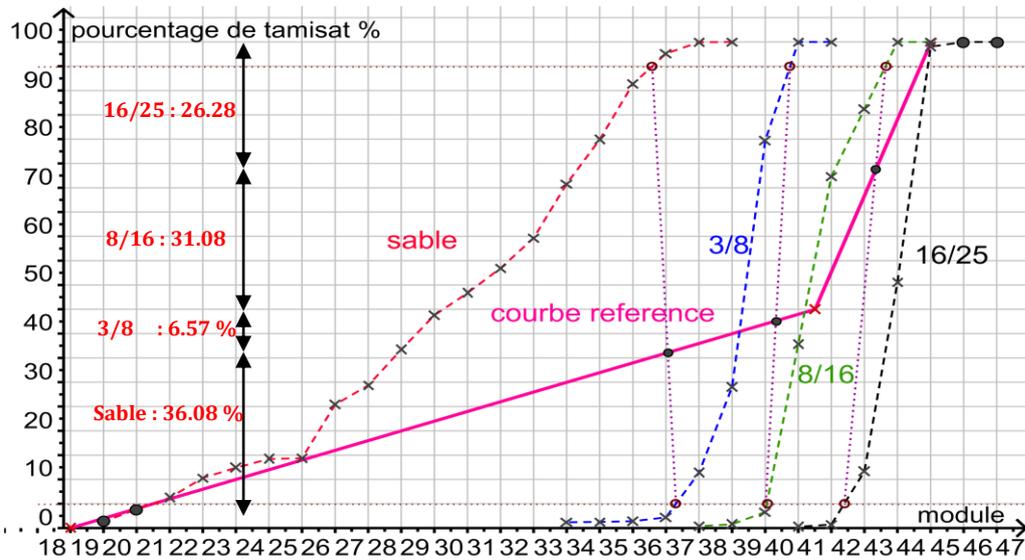


Figure 4.1 Détermination des pourcentages en volumes absolus de matériau.

2.1.5 Compacité du béton :

Pour déterminer les masses de granulats entrant dans la composition de béton, il est nécessaire de déterminer la compacité du béton qui correspond au volume absolu en m³ de solide contenu dans un mètre cube de béton (volumes absolus de ciment, de sable et de gravier).

La valeur choisie $\gamma = 0.820$

2.1.6 Masses de granulats :

Connaissant le volume total absolu des granulats (V) et les pourcentages en volume absolue de sable et de gravier, il est alors possible de déterminer les volumes de sable et de gravier :

Le volume de ciment : $C = c \cdot \rho_{ABS \text{ ciment}} = 350 / 3.038 = 115.21 \text{ l}$

Le volume des granulats : $V = 1000 \cdot \gamma - C = 1000 \cdot 0.82 - 115.208 = 704.79 \text{ l}$

Les volumes du sable et de gravier :

- $V_s = V \cdot S \% = 704.79 \cdot 36.08\% = 254.29 \text{ l}$
- $V_{3/8} = V \cdot 3/8 \% = 704.79 \cdot 6.57\% = 46.30 \text{ l}$
- $V_{8/16} = V \cdot 8/16 \% = 704.79 \cdot 31.08\% = 219.05 \text{ l}$
- $V_{16/25} = V \cdot 16/25 \% = 704.79 \cdot 26.28\% = 185.22 \text{ l}$

La composition pondérale du sable et de gravier :

- $M_s = V_s * \rho_{ABS\text{ sable}} = 254,29 * 2.49 = 632,33 \text{ kg}$
- $M_{3/8} = V_{3/8} * \rho_{ABS\ 3/8} = 46,30 * 2.56 = 118,74 \text{ kg}$
- $M_{8/16} = V_{8/16} * \rho_{ABS\ 8/16} = 219,05 * 2.54 = 556,93 \text{ kg}$
- $M_{16/25} = V_{16/25} * \rho_{ABS\ 16/25} = 185,22 * 2.54 = 470,06 \text{ kg}$

Résumé des résultats:

Tableau 4.3 composition pour K=0

	constituant sec 1m ³	teneur en eau	constituant humide 1m ³
sable	632,33	1.42%	641,31
gravier 3/8	118,74	0.34%	119,14
gravier 8/16	556,93	/	556,93
gravier 16/25	470,06	/	470,06
ciment	350,00		350,00
Eau visé	/		177

Il existe dans 632.33 kg un pourcentage de 1.42% de l'eau équivalente à 8.98 litre donc on remplace cette quantité par le sable et on obtient 641.31 kg.

2.1.7 Rapport E/C :

Nous avons estimé le E/C parce que les matériaux été humide et qu'il a fallu déterminer la teneur en eau avec l'essai de l'alcool à brulé. La teneur en eau a été prise en considération dans les formulations,

$$E_{\text{final}} = (E_{\text{visé}}) + E_1$$

E_1 : c'est l'eau absorbe par les granulats

$E_{\text{visé}}$: c'est l'eau qui atteint un affaissement voulue entre 10 et 15 cm avec granulats humide

Tableau 4.4 pourcentage de la teneur en eau

	1 m ³	w%
sable	632,58	1,42%
gravier 3/8	118,768576	0,34%

AN :

$$E_{\text{final}} = 177 + (1.42\% \cdot 632.58) + (0.34\% \cdot 118.77) = 186.38 \text{ l}$$

La masse volumique théorique

$$P_{\text{théorique}} = \Sigma \text{sable} + \text{gravier } 3/8 + \text{gravier } 8/16 + \text{gravier } 16/25 + \text{ciment} + \text{eau visé} = 2314.44$$

La masse volumique réelle

Le moyen entre trois éprouvettes donc $\rho_{\text{réel}} = 2407.98$

2.1.8 La correction (12) :

Si $\rho_{\text{réel}} - P_{\text{théorique}} < 0$. Correction à déduire car la formule proposée fait plus du mètre cube.

Si $\rho_{\text{réel}} - P_{\text{théorique}} > 0$. Correction à ajouter car la formule proposée fait moins du mètre cube.

Sur la masse de chacun des granulats dont les pourcentages sont $G_{\text{sable}}, G_{3/8}, G_{8/16}, G_{16/25}$, et les masses $M_{\text{sable}}, M_{3/8}, M_{8/16}, M_{16/25}$ la correction à apporter sera :

$$\frac{x \cdot M_{\text{sable}}}{Mt} \quad \frac{x \cdot M_{3/8}}{Mt} \quad \frac{x \cdot M_{8/16}}{Mt} \quad \frac{x \cdot M_{16/25}}{Mt}$$

Avec :

$$x(\text{kg}) = \rho_{\text{réel}} - P_{\text{théorique}} = 93,54 \quad \text{et} \quad Mt = \Sigma M_{\text{sable}} + M_{3/8} + M_{8/16} + M_{16/25} = 1778,06$$

Tableau 4.5 correction des constituants secs

$x = \rho_{\text{réel}} - P_{\text{théorique}} =$	La correction	
93,54		
sable	665,5957691	
Gravier 3/8	124,9867025	
Gravier 8/16	586,2291077	
Gravier 16/25	494,7890298	
densité théorique corrigé	2408,48	$\Sigma G = 1778,06$

2.1.9 La courbe du mélange

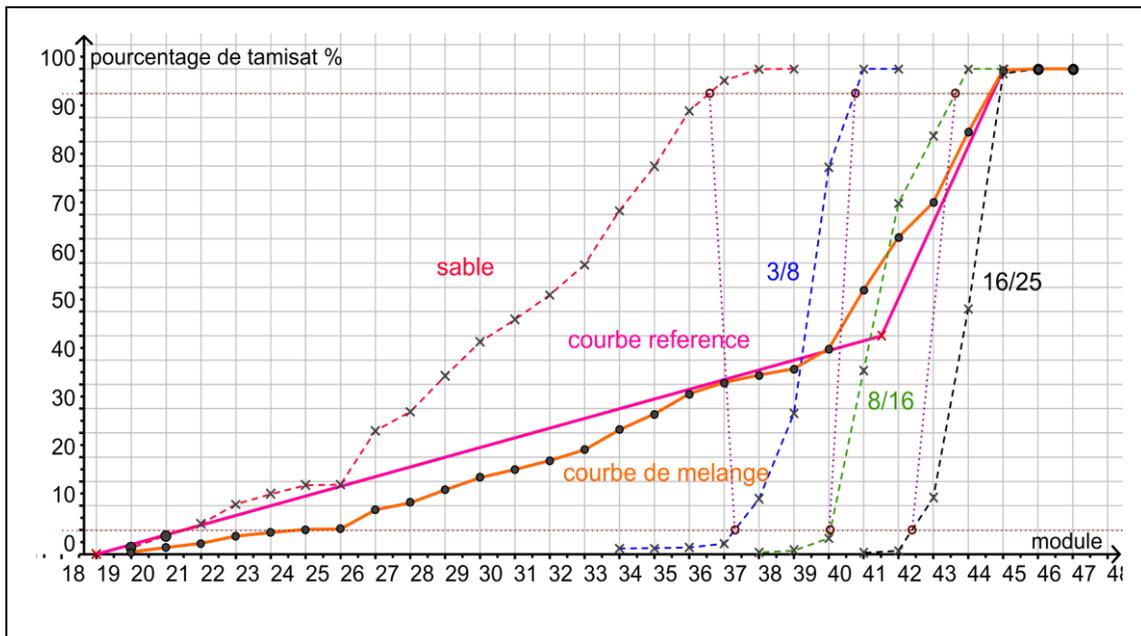


Figure 4.2 courbe de mélange pour K=0 ENG

3. Les compositions des différentes formulations :

Les compositions des différentes formulations sont résumées dans les tableaux ci-dessous pour les différentes valeurs de k.

- Formulation avec les granulats de l'ENG pour $k = 0$

Tableau 4.6 résumé des compositions pour $K=0$ avec/sans adjuvant ENG

Constituant sec	Sans Adjuvant			Avec Adjuvant		
	K0 1	K0 2	K0 S conf	K0 1 A	K0 2 A	K0 A conf
Sable	632,33	632,33	632,33	632,33	632,33	632,33
Gravier 3/8	118,74	118,74	118,74	118,74	118,74	118,74
Gravier 8/16	556,93	556,93	556,93	556,93	556,93	556,93
Gravier 16/25	470,06	470,06	470,06	470,06	470,06	470,06
ciment	350	350	350,00	350	350	350,00
Eau	186,38	238,45	190,79	174,76	174,85	167,93
Affaissement =	14	11	11,00	>16,00	>16,00	>16
$P_{\text{théorique}} =$	2314,44	2366,51	2318,84	2302,82	2302,91	2295,99
$P_{\text{réel}} =$	2407,98	2415,76	2436,50	2402,80	2415,76	2413,17

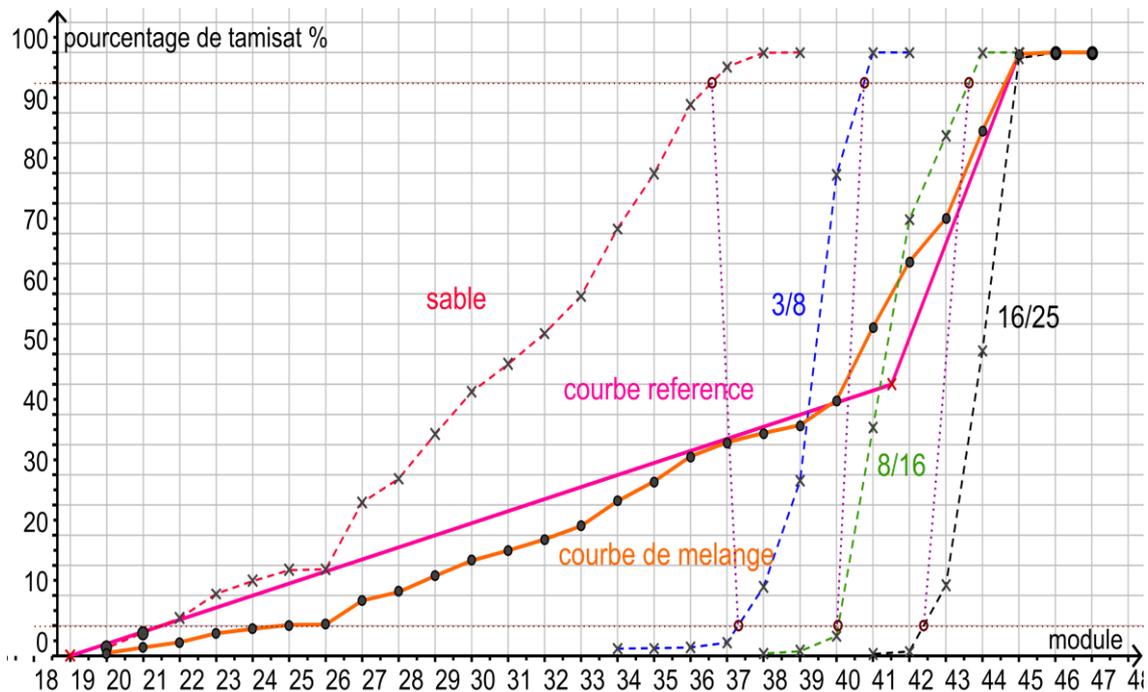


Figure 4.3 courbe de mélange pour $K=0$ ENG

- Formulation avec les granulats de l'ENG pour k = 5

Tableau 4.7 résumé des compositions pour K=5 avec/sans adjuvant ENG

Constituant sec	Sans Adjuvant			Avec Adjuvant		
	K5 1	K5 2	K5 1 conf	K5 1 A	K5 2 A	K5 1 A conf
Sable	701,37	701,37	701,37	701,37	701,37	701,37
Gravier 3/8	134,69	134,69	134,69	134,69	134,69	134,69
Gravier 8/16	523,71	523,71	523,71	523,71	523,71	523,71
Gravier 16/25	416,86	416,86	416,86	416,86	416,86	416,86
ciment	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00
Eau visé	207,55	207,55	219,97	174,7	174,15	174,25
Affaissement =	14	14	14,00	>16,00	>16,00	>16,00
P théorique =	2334,18	2334,18	2346,59	2301,33	2300,78	2300,88
P réel =	2392,43	2371,70	2407,98	2322,45	2389,84	2406,69

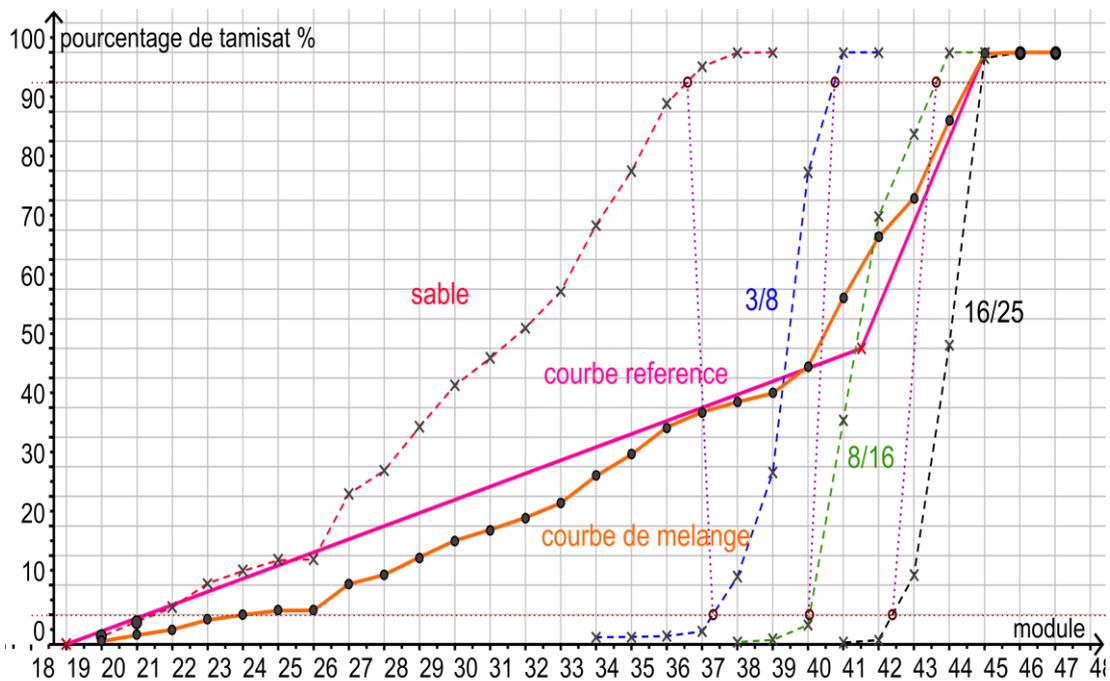


Figure 4.4 courbe de mélange pour K=5 ENG

- Formulation avec les granulats de l'ENG pour k = 10

Tableau 4.8 résumé des compositions pour K=10 avec/sans adjuvant ENG

Constituant sec	Sans Adjuvant		Avec Adjuvant	
	K 10 1	K10 2	K 10 1 avec	K 10 2 avec
Sable	770,20	770,20	770,20	770,20
Gravier 3/8	151,23	151,23	151,23	151,23
Gravier 8/16	487,71	487,71	487,71	487,71
Gravier 16/25	366,11	366,11	366,11	366,11
ciment	350,00	350,00	350,00	350,00
Eau visé	203,35	209,06	173,99	179,42
Affaissement =	13	11	>15,00	>=14,00
P théorique =	2328,60	2334,32	2299,24	2304,67
P réel =	2389,84	2361,33	2415,76	2356,14

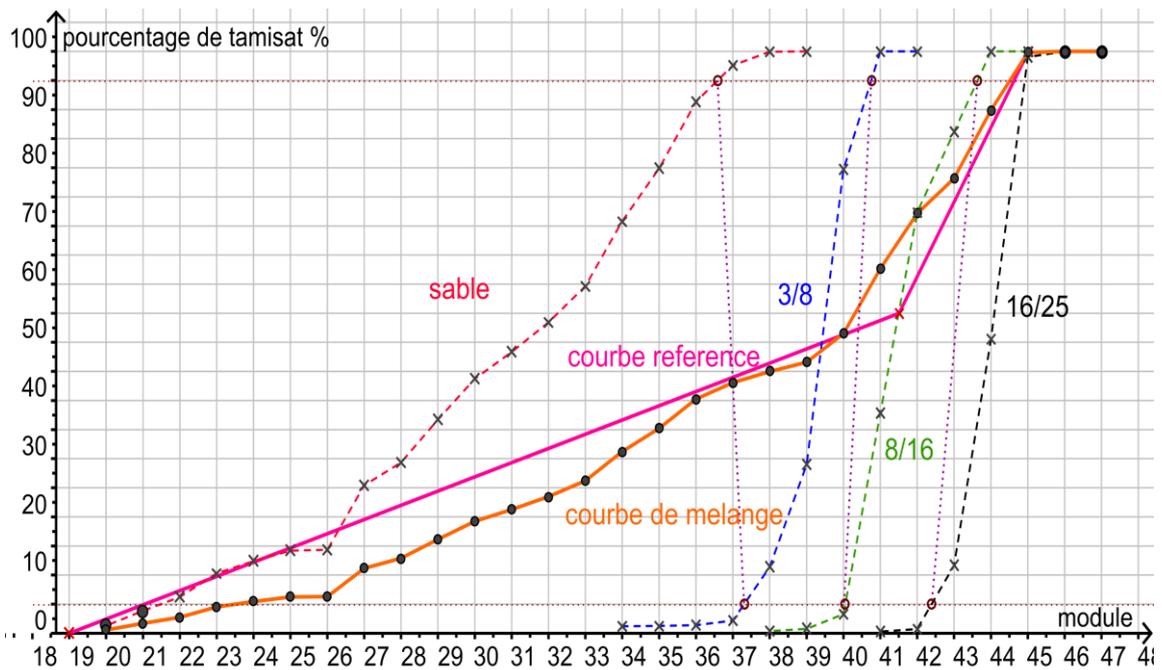


Figure 4.5 courbe de mélange pour K=10 ENG

- Formulation avec les granulats de l'entreprise STARR pour $k = 5$

Tableau 4.9 résumé des compositions pour $K=5$ avec/sans adjuvant STARR

Constituant sec		
	STARR k 5 S	STARR k 5 A
Sable	725,05	725,05
Gravier 3/8	134,22	134,22
Gravier 8/16	364,19	364,19
Gravier 16/25	650,60	650,60
ciment	350,00	350,00
Eau visé	197,52	171,81
Affaissement =	13	>16
$P_{\text{théorique}} =$	2421,58	2395,87
$P_{\text{réel}} =$	2422,24	2436,50

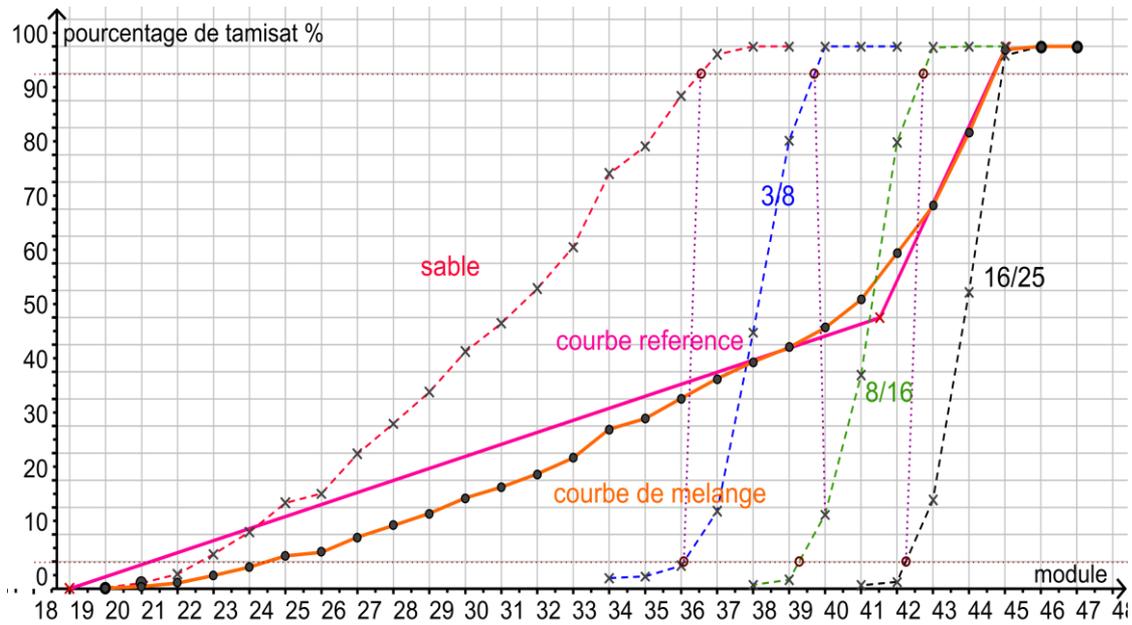


Figure 4.6 courbe de mélange pour $K=5$ STARR

- Formulation pour K = 5 avec les proportions 75% sable ENG et 25% sable BOUIHI

Tableau 4.10 résumé des compositions pour K=5 avec/sans adjuvant 1/4 BOUIHI+3/4 ENG

Constituant sec 1/4 BOUIHI		
	Sans adjuvant	avec adjuvant
Sable	752,97	752,97
Gravier 3/8	138,40	138,40
Gravier 8/16	523,73	523,73
Gravier 16/25	416,78	416,78
ciment	350,00	350,00
Eau visé	209,04	169,04
Affaissement =	13	15,00
P théorique =	2390,91	2350,91
P réel =	2385,95	2347,07

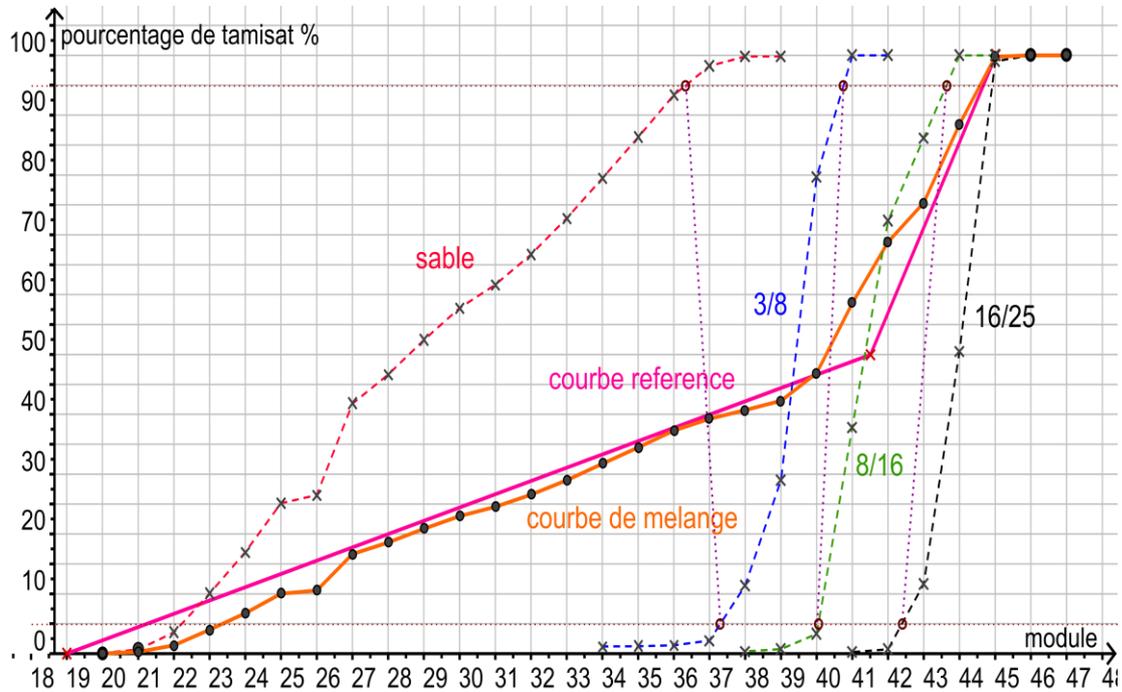


Figure 4.7 courbe de mélange pour K=5 1/4 BOUIHI+3/4 ENG

- Formulation pour $K = 5$ avec les proportions 66.7% sable ENG et 33.3% sable BOUIHI

Tableau 4.11 résumé des compositions pour $K=5$ avec/sans adjuvant 1/3 BOUIHI+2/3 ENG

Constituant sec 1/3 BOUIHI		
	Sans adjuvant	avec adjuvant
Sable	752,65	752,65
Gravier 3/8	138,71	138,71
Gravier 8/16	523,73	523,73
Gravier 16/25	416,78	416,78
ciment	350,00	350,00
Eau visé	204,05	178,34
Affaissement =	12,00	>15,00
$P_{\text{théorique}} =$	2385,92	2360,20
$P_{\text{réel}} =$	2371,70	2376,88

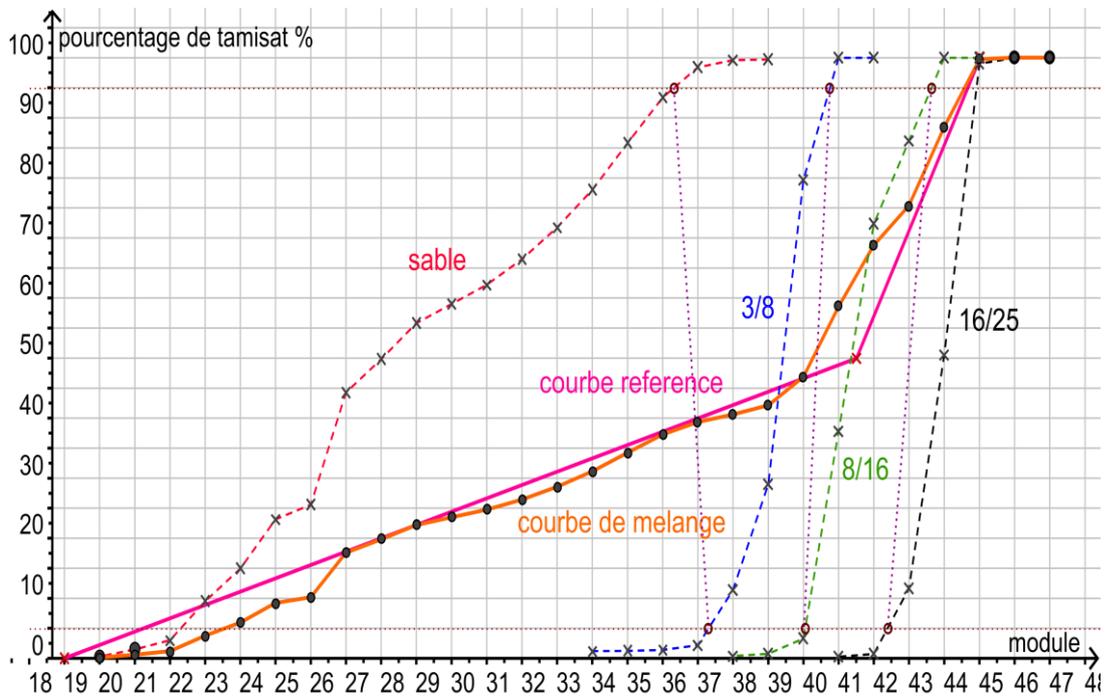


Figure 4.8 courbe de mélange pour $K=5$ 1/3 BOUIHI+2/3 ENG

- Formulation pour K = 5 avec les proportions 50% sable ENG et 50% sable BOUIHI

Tableau 4.12 résumé des compositions pour K=5 avec/sans adjuvant 1/2 BOUIHI+1/2 ENG

Constituant sec 1/2 BOUIHI		
	Sans adjuvant	avec adjuvant
Sable	750,24	750,24
Gravier 3/8	140,97	140,97
Gravier 8/16	523,78	523,78
Gravier 16/25	416,78	416,78
ciment	350,00	350,00
Eau visé	205,64	185,64
Affaissement =	10,00	>16,00
P théorique =	2387,41	2367,41
P réel =	2360,03	2356,14

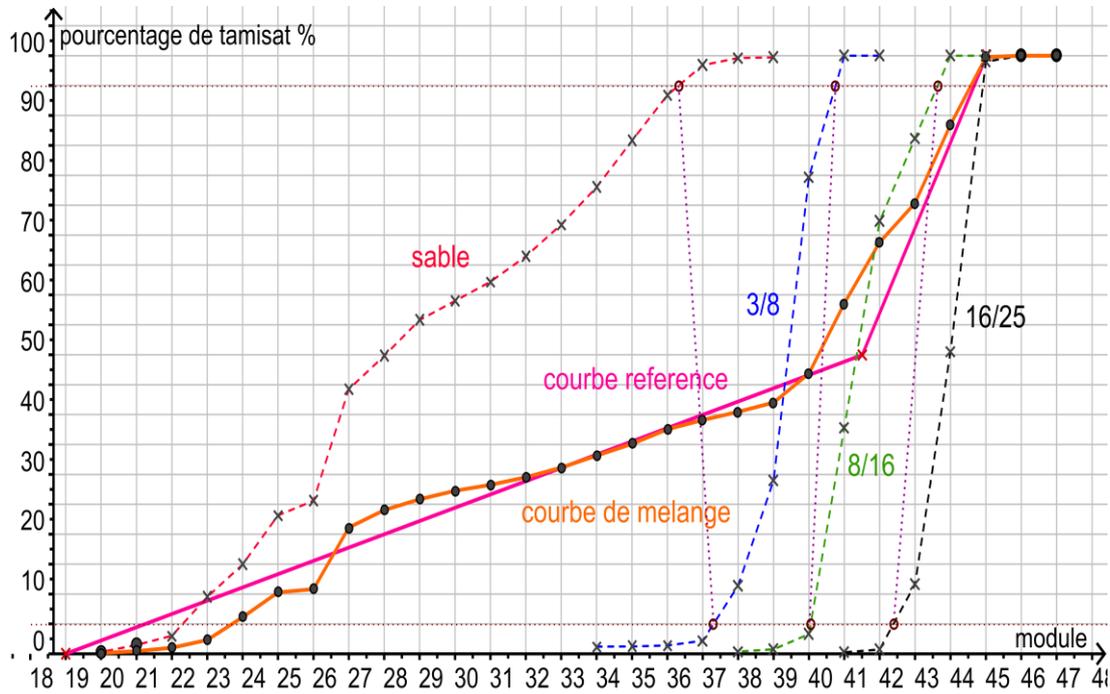


Figure 4.9 courbe de mélange pour K=5 1/2 BOUIHI+1/2 ENG

4. Interprétation des résultats :

Etape 1 :

Résultats des essais sans adjuvant :

Tableau 4.13 étape1 : résultats sans adjuvant

ENG	E/C	AFF	RC7	RC 14	RC 28	G/S	OBSERVATION
K0 S	0,53	14,00	16,25	/	20,5	1,77	#----lab2 # --- lab1 #----MDC
	0,53		17,9				
	0,68	11,00	14,375		17,1		
	0,68		14,75				
k5 S	0,59	14,00	23,5	/	25,7**	1,50	
	0,59		14				
	0,59	13,00	14,25		19,1**		
	0,59		15,5				
	0,63	14,00	/		37,75		32,08**
					36,25		
37,25							
K10 S	0,58	13,00	22,625	/	33	1,28	
	0,58		21,125				
	0,60	11,00	22,875		32,841**		
	0,60		21,125				
<u>Remarque :</u> *: un seul néoprène **: deux néoprène s: sans néoprène							

Les éprouvettes 16x32 conservées à l'air libre ont été testées à la compression par écrasement au niveau du premier laboratoire pour le cas des résistances à 7 jours et confronté aux résultats faibles pour une telle composition, nous avons reconfirmé au niveau du deuxième laboratoire à 28 jours d'âge.

Le sable a joué un rôle favorable dans cette première série d'essai. Il est à noter que le module de finesse de ce sable est de 3,05, ce qui a pu favoriser cette augmentation de résistance

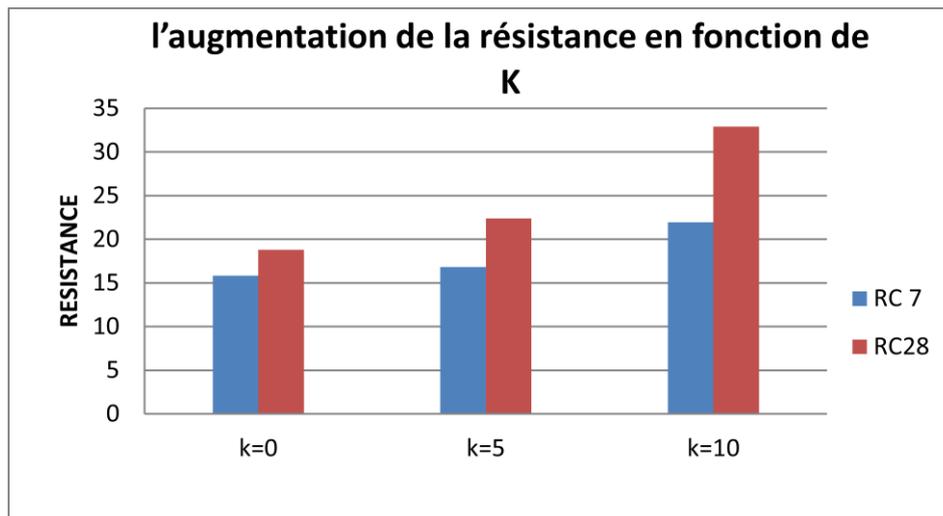


Figure 4.10 l'augmentation de la résistance en fonction de K

NB : Les valeurs des écrasements données par le Lab1 sont plus importantes que celles du Lab2

A cet effet une attention particulière a été prêtée au mode d'écrasement : utilisation du néoprène pour les deux faces au niveau des essais d'écrasement.

Sur un lot de 3 éprouvettes, deux sont testées à 7 jours et une à 28 jours. Exception faite pour une série de 4 éprouvettes dont 3 testées à 14 jours et une à 28 jours.

Résultats des essais avec adjuvants :

Tableau 4.14 étape 1 : résultats avec adjuvant

ENG	E/C	AFF	RC7	RC 14	RC 28	G/S	OBSERVATION
K0 A	0,50	16+	34,63	/	35+**	1,77	#---LAE # --- LTPO - #---MDC
	0,50		36		35+**		
	0,50	16+	30,5		35+**		
	0,50		29,5				
k5 A	0,50	16+	32	/	35+**	1,50	
	0,50		31,5		35+		
	0,50	16+	27,5		35+		
	0,50		28,5				
	0,50	16+	/		40,5 38,5 20,815*		28,86**
K10 A	0,58	16+	32,63	/	35+	1,28	
	0,58		32,88		35+		
	0,60	14,00	37,5**		35+**		
	0,60		37,5**				
Remarque : *: un seul néoprène **: deux néoprène s: sans néoprène							

Le tableau 3-2 résume les résultats des confections faites avec 1% d'adjuvant, malgré toutes les incertitudes humain et matériel. On a remarqué qu'il y'a une amélioration considérable en termes de résistance et d'affaissement qu'elle que soit le G/S.

L'apport de l'adjuvant apporte une plus grande résistance et une meilleure ouvrabilité.

Les valeurs de 35+ signifient que la résistance a dépassé les 35 MPa car les machines utilisées au niveau des deux laboratoires externes sont réglées pour s'arrêter à 35 MPa.

Etape 2 :

Résultats des essais formulés avec différents pourcentages de sables ENG et BOUIHI

Tableau 4.15 étape 2 : résultats sans adjuvant

ENG+BOUIHI	E/C	AFF	RC7	RC 28	G/S	OBSERVATION
0% BOUIHI	0,59	14,00	23,50	25,70	1,50	#---LAE # --- LTPO #---MDC
			14,00			
		13,00	14,25	19,10		
			15,50			
25% BOUIHI	0,60	13,00	18,50		1,51	
			12,00			
			9,69			
			9,99			
33% BOUIHI	0,59	12,00	13,07		1,51	
			12,04			
				16.22 s		
				17.5 s		
50% BOUIHI	0,59	10,00	10,21		1,52	
			9,23			
				17.1		
				16.46		
<u>Remarque :</u> *: un seul néoprène **: deux néoprène s: sans néoprène						

La deuxième série d'essai est basé sur la correction de la finesse de sable de l'ENG par le sable de BOUIHI, la seul raison qui nous a amené à choisir ce matériau c'est le seul disponible actuellement sur le marché en termes de sable roulé et les résultats obtenus confirment ce que les entreprises visitées nous ont dit.

En effet l'ajout du sable BOUIHI en quantité plus grande diminue la résistance. Ce sable est très utilisé en tant que mortier facile à manier, mais pour le béton il est catastrophique.

Les essais de qualité sur ce sable n'ont révélé toutes ses insuffisances. Une analyse plus rigoureuse suite à ces résultats au niveau du lab1 a révélé un VB plus grand qui confirme la présence de particules argileuses colmatées.

Tableau 4.16 étape 2 : résultats de avec adjuvant

ENG+BOUIHI	E/C	AFF	RC7	RC 28	G/S	OBSERVATION
0% BOUIHI	0,50	16+	32,00	35+	1,50	
			31,50			
			27,50	35+		
			28,80			
25% BOUIHI	0,49	16+	18,11		1,51	
			19,07			
				19.37		
				20.24		
33% BOUIHI	0,51	16+	17,25		1,51	
			14,44			
				22.5		
				18.47		
50% BOUIHI	0,54	16+	9,13		1,52	
			10,28			
				16.13		
				17.46		
<u>Remarque :</u> *: un seul néoprène **: deux néoprène s: sans néoprène						

#----LAE
---LTPO
- #----MDC

L'ajout de l'adjuvant ne peut pas régler le problème, même s'il a donné de meilleurs résultats.

On conclut à la suite de cette modeste expérience que ce type de sable doit être formellement interdit d'usage dans les bétons de qualité car ce dernier contient les motte d'argile voire la figure 4.11 . Cette information doit être portée au grand public.

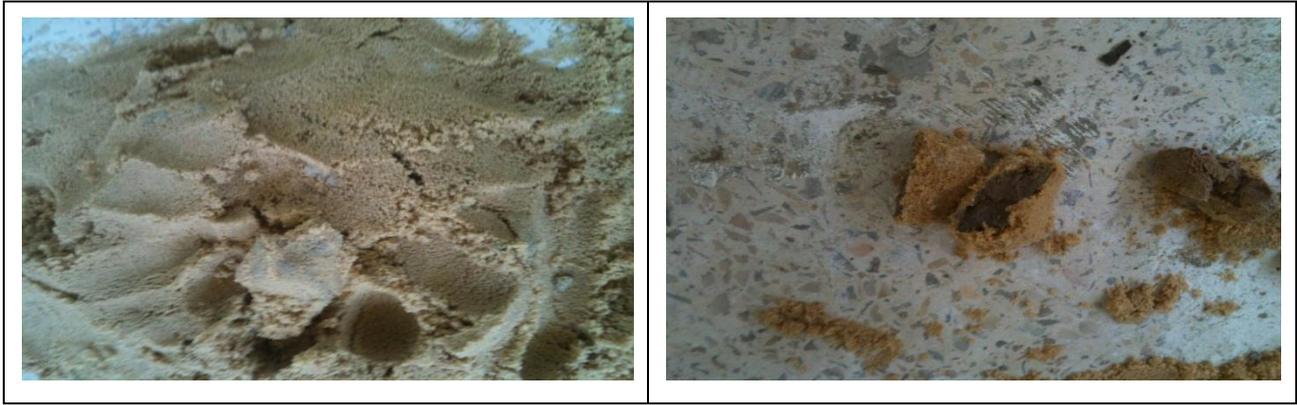


Figure 4.11 les mottes d'argile dans le sable de BOUIHI

Etape 3 :

Résultats des essais formulés avec différents les granulats de l'entreprise qui commercialise la BPE.

Tableau 4.17 étape3 : résultats avec et sans adjuvant

	G/S	E/C	RC 28 SANS ADJUVANT	OBSERVATION
Sans adjuvant	1,61	0,56	19,00	#---LAE # --- LTPO - #---MDC
			18,50	
			17,31	
			15,31	
Avec adjuvant	1,61	0,56	35+	
			35+	
			32.75	
			32.25	
<u>Remarque :</u> *: un seul néoprène **: deux néoprène s: sans néoprène				

La formulation pour un $k = 5$ a donné des résultats insuffisants pour les compositions de béton sans adjuvant est de très bon résultats pour les compositions avec adjuvants (supérieur à 35 MPa).

Les résultats obtenus par ces granulats sont comparables à ceux obtenus par les granulats de l'ENG.

Etape 4 :

Cette étape est venue suite aux résultats obtenus jusqu'à présent qui pouvaient susciter un doute sur la fiabilité au niveau du liant utilisés et du matériel qui a servi pour la confection et les essais.

Nous avons remarqué, après coup, que certains moules d'éprouvette n'étaient pas tout à fait uniforme. Ceci peut aussi expliquer certains résultats décalés par rapport à d'autres.



Figure 4.12 les éléments de doute

Fort de cette expérience, les éprouvettes confectionnées pour cette étape ont été soigneusement choisies et un raclage a été fait au niveau de la bétonnière pour éliminer toutes particules indésirables.

Résultats des essais sans/ adjuvant :

Tableau 4.18 étape4 : résultats sans/avec adjuvant

ENG	E/C	AFF	RC 28	G/S	OBSERVATION
k0 s	0,55	11,00	32,25	1,77	#----LAE # --- LTPO - #----MDC
			28,5		
			25,94**		
			30,734**		
k0 A	0,50	16+	35,075		
			38,75		
			31,33**		
			34,376**		
<u>Remarque :</u> *: un seul néoprène **: deux néoprène s: sans néoprène					

Les résultats obtenus sont cette fois très satisfaisant, confirmés au niveau des deux laboratoires sollicités, l'apport de l'adjuvant n'est pas significatif. Par contre en termes d'ouvrabilité, on a enregistré une grande amélioration.

5. Conclusion :

Les résultats présentés dans ce chapitre sont très satisfaisantes. Le rapport G/S jouent un rôle important pour la résistance à la compression et aussi l'utilisation de 1% d'adjuvant peut augmenter la résistance du béton au simple ou double, dans ce chapitre on a montré l'intérêt de choisir les bons constituant dans les formulations.

Conclusion générale

Conclusion générale et recommandations :

L'objectif de ce travail consiste à étudier l'effet de l'ajout d'adjuvant pour différents rapports de G/S.

Il a été démontré que l'apport d'adjuvant améliore considérablement l'ouvrabilité et donne un gain de résistance.

Ce travail a mis en évidence que le sable de BOUIHI ne doit pas être utilisé dans la confection du béton.

Cette expérience nous a permis de nous rapprocher des professionnels en la matière et d'être intégré dans le processus de contrôle et d'analyse à travers les deux laboratoires qui nous ont accueillis.

Cette étude nous a permis aussi de comprendre l'importance d'une rigueur dans la fabrication d'un béton BPE en considérant toutes les étapes de confection avec le contrôle nécessaire dans le respect des normes en vigueur.

Malheureusement, cette rigueur n'est pas toujours suivie par toutes les entreprises en charge de la fabrication et commercialisation du béton. Néanmoins, nous recommandons pour les futurs travaux dans ce domaine ce qui suit :

- Donner un plus grand intérêt à la pratique de la norme 206-1 qui permet de prendre en charge quelques paramètres de qualité.
- Faire une étude comparative sur les méthodes d'écrasement des éprouvettes en utilisant les différents moyens de surfaçage : néoprène, souffre, ciment, ou utilisation d'une rectifieuse d'une part et l'effet de la vitesse de charge d'autre part.
- étudier l'influence de différentes séquences dans le malaxage.
- étudier l'évolution de la résistance du béton

Bibliographie

Bibliographie

1. GEOGEBRA . *GEOGEBRA PRIM*. [En ligne] <http://www.geogebra.org/>.
2. **Cormon, p.** *La fabrication du béton*. paris : Eyrolles, 1977.
3. **CIMBETON**. *Les nouvelles solutions des bétons prêts à l'emploi*. PARIS : s.n., 2004.
4. **LAFARGE**. *NORME NF EN 206-1 ET DTU 21*. 2004.
5. **ALADDINE, FAYCAL**. PROPRITE A L ETET FRAIS ET DURCI DES BETON INCORPORANT DU VERRE FINEMENT BROYE. QUEBEC : s.n., FEVRIER 2009.
6. **BOULET, DANIEL**. INFLUENCE DU POMPAGE SUR LA CREATION DU RESEAU DE BULLES D AIR DU BETON . OTTAWA : s.n., DECEMBRE 1997.
7. **LE, NGOC DONG**. AMITE DU BETON EN PRODUCTION ELIORATION DE LA REGULA. PARIS : s.n., 29 MAI 2007.
8. **CHARBEL, ANTOINE**. INFLUENCE DE LA DUREE DU CURE SUR LA RESISTANCE. OTTAWA : s.n., JUILLET 2008.
9. **Fouad, Pr. GHOMARI**. univ-tlemcen. *univ-tlemcen*. [En ligne] <http://fsi.univ-tlemcen.dz/cours/Methodes-de-composition-du-beton.pdf>.
10. METHODE DE DREUX GORISSE. *ballatore.info*. [En ligne] <http://ballatore.info.fr>.
11. **CATED**. *LE BETON MATERIEL DE FABRICATION ET DE MISE EN OEUVRE* . PARIS : PUBLICATIONS DU MONITEUR, 1982.
12. **DREUX, GEORGES et FESTA, JEAN**. *NOUVEAU GUIDE DU BETON ET DE SES CONSTITUANTS*. PARIS : EYROLLES, 1998.
13. **Charonnat, Yaroslave**. *Fabrication du béton hydraulique*. Technique de l'ingénieur. 1980. C 2 225.
14. **MATERIAUX** . [En ligne] http://www.la.refer.org/materiaux/chapitre_deux_exp.html.
15. **CIMBETON**. *LES BETONS:FORMULATION,FABRICATION ET MISE EN OEUVRE* . PARIS : s.n., 2006.

Résumé

Les producteurs de bétons doivent assurer la qualité de leurs produits. Ceci requiert, en premier lieu, une maîtrise de la composition du béton fabriqué. Cependant, il n'y a pas une régularité en terme de constituants au niveau de marché algérien.

Cette étude est basée sur la confection par la méthode de Dreux-Gorisse de 84 éprouvettes qui ont été testées au niveau de trois laboratoires. Le béton recherché est maniable avec un affaissement compris entre 10 et 15 cm,

Les résultats de ce mémoire montrent un gain de résistance lorsqu'on augmente sensiblement le dosage d'un sable comme celui de l'ENG (Mf = 3,05). Par contre l'utilisation d'un sable comme celui de Bouihi dans le béton et pour n'importe quelle proportion conduit à une faible résistance.

L'ajout d'adjuvant plastifiant (réducteur d'eau) à 1% de la masse du ciment donne une amélioration significative de l'ouvrabilité et un gain de résistance.

Un travail de recherche statistique sur la production de BPE annuel au niveau local ainsi sur la résistance des bétons produits localement durant une période donnée de temps.

Mots clé:

Béton, adjuvant, sable, granulats, ouvrabilité et résistance.

Abstract:

The concrete's producers should ensure the quality of their products, this requires at first to master the composition of the concrete, but there is no steadiness concerning the component of concrete in the Algerian market.

This study is based on 84 cylindrical specimens of concrete, where they were tested in three different laboratories, the method used for the formulations is Dreux-Gorisse's one. The concrete looked for is workable at 10 up to 15 cm.

The results of this memoire shows a gain of strength, when we increase a little bit the quantity of sand like the case of ENG(FM=3,05). In the other hand, using a sand of Bouihi in concrete, with whatever proportion lead us to a lower strength.

Adding the platifier admixtures (water-reducer) with just 1% of the of ciments's weight, present a significant improvement concerning workability and also strength.

A statistical work were done about the annual production locally and also about strength of concrete locally made during a periode of time well known.

Keyword:

Concrete, admixture, sand, aggregate, workability and strength.

ملخص:

ينبغي على منتجي الخرسانة ضمان جودة منتجاتهم, و هذا يتطلب في البداية السيطرة على تكوين خلطة خرسانة جيدة, و لكن ليس (1) هنالك ثبات بشأن مكونات الخرسانة في السوق الجزائرية

و تعتمد هذه الدراسة على 84 عينة اسطوانية مصنوعة من الخرسانة حسب طريقة DREUX GORISSE و التي اجري عليها التجارب في ثلاثة مختبرات مختلفة. الخرسانة المراد الوصول اليها عملية بنسبة 10 الى 15 سم.

النتائج المعروضة في هذا البحث تظهر زيادة في المقاومة عند زيادة كمية الرمل على حسابا الحصى و هذا هو الحال بالنسبة لرمل (ENG) ذو نسبة نعومة 3,05. ولكن استعمال رمل (BOUIHI) في الخرسانة مهما تكن نسبة التناسب, فان المقاومة تكون ضعيفة.

استعمال المساعد (مخفض-الماء) بنسبة 1 بالمائة من كتلة الاسمنت, فانه يعطي نتائج معبرة من حيث الانسيابية و كذا من حيث المقاومة.

الإحصائيات الموجودة في هذا العمل تعنى بالإنتاج السنوي المحلي الكمي للخرسانة الجاهزة للاستعمال وكذا مقاومة هذا الاخير خلال مدة زمنية معلومة.

كلمات المفتاح:

الخرسانة, المساعد, الرمل, الركام, الانسيابية و المقاومة

Annexes

Annexe 01 : Norme 206-1

Classes de résistance :

Classe de résistance à la compression	Résistance caractéristique minimale sur cylindres	Résistance caractéristique minimale sur cubes
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

Classes d'exposition

Type d'agression	Classe d'exposition	Cause de risque
Aucun risque de corrosion ou d'attaque	X0	béton non armé ou faiblement armé avec un enrobage d'au moins 5 cm ne subissant aucune agression
Corrosion des armatures induite par carbonatation	XC1	sec (faible humidité de l'air ambiant)
	XC2	humide, rarement sec
	XC3	humidité modérée (humidité de l'air ambiant moyenne ou élevée)
	XC4	alternance d'humidité et de séchage
Corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine	XD1	humidité modérée (surfaces de bétons exposées à des chlorures transportés par voies aériennes)
	XD2	humide, rarement sec (ex. piscines en béton non complètement protégé)
	XD3	alternance d'humidité et de séchage (ex. dalles de parc de stationnement de véhicules)
Corrosion induite par des chlorures présents dans l'eau de mer	XS1	béton exposé à l'air véhiculant du sel marin
	XS2	béton immergé en permanence dans l'eau de mer,
	XS3	zones de marnage ou zones soumises à des projections ou des embruns.
	XF1	zone de gel faible ou modéré

Cycles de gel/dégel, avec ou sans sels de déverglaçage	XF2	zone de gel faible ou modéré + sels de déverglaçage
	XF3	zone de gel sévère
	XF4	zone de gel sévère + sels de déverglaçage
Attaques chimiques	XA1	environnements à agressivité chimique faible, modérée ou forte. La classe XA3 ne prend en compte que les pH jusqu'à 4. Au-dessous, des préconisations supplémentaires sont nécessaires (protections, résines...).
	XA2	
	XA3	

Annexe 02: Production locale

NOM D'ENTREPRISE :						
SOGERHWIT						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
JANVIER	21	12		64	157	
FÉVRIER	16		2	73	174,5	285
MARS	7		11	60	214,5	290,5
AVRIL	2		15	43	312	25
MAI	2			57	487	14
JUIN	8			31	278,5	210
JUILLET	8		5		414	139
AOÛT	3		5	14	338,5	
SEPTEMBRE	13,5			5	282	228
OCTOBRE	1,5			11	197	2
NOVEMBRE	4,5		7		104,5	103
DÉCEMBRE	24				373	55
TOTAL	110,5	12	45	358	3332,5	1351,5

NOM D'ENTREPRISE :						BHM
BHM						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
JANVIER	10	8	192	25	369,5	328
FÉVRIER	8		128		1273	143
MARS	5		358		1006,5	268
AVRIL	8		200		1102,5	16
MAI	25	5	178		974	30
JUIN	44		267,5		830	14
JUILLET	123		258		1129	18
AOÛT	32		11		337	79
SEPTEMBRE	305		109		590,5	54
OCTOBRE	416		32		422,5	23,5
NOVEMBRE	61	32	201		295	
DÉCEMBRE	12		9		1057,5	68
TOTAL	1049	45	1943,5	25	9387	1041,5

NOM D'ENTREPRISE :						
SEROR 1						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
JANVIER				5	78	348,21
FÉVRIER		47			86	500,08
MARS		367			55	596,3
AVRIL		551	12		24	524,89
MAI		386	19		25	666,82
JUIN		390,5	36		109	705,61
JUILLET		285	16		31	534,94
AOÛT						
SEPTEMBRE		473	73		45	671,32
OCTOBRE		40,5	7		12	861,56
NOVEMBRE		12	8		23,5	947,98
DÉCEMBRE					33,5	781,8
TOTAL	0	2552	171	5	522	7139,51

NOM D'ENTREPRISE :						
SEROR 2						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
JANVIER			18,5		94	1222
FÉVRIER		17	7,5		13	2372,5
MARS		532	18		144,5	2202
AVRIL		474	19		87	2300
MAI		544	90		178	2307
JUIN		450	58,5		162	2115
JUILLET		607	47		377	1229
AOÛT		36			15	221
SEPTEMBRE		553	111		229,5	1148,5
OCTOBRE		72	29,5		173	193,5
NOVEMBRE			104		88	99
DÉCEMBRE			12		71	415
TOTAL	0	3285	515	0	1632	15824,5

NOM D'ENTREPRISE :						
STARR						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
JANVIER			41,04		864,59	27,36
FÉVRIER			35,58		1013,7	23,72
MARS			94,68		2430,2	63,12
AVRIL			72,36		1775,4	48,24
MAI			62,4		1856	21,6
JUIN			102,84		2994,6	68,56
JUILLET			186,6		3272	124,4
AOÛT			63,24		1364,6	42,16
SEPTEMBRE			124,76		2842,4	83,84
OCTOBRE			365,52		6403,8	227,68
NOVEMBRE			132,44		2133,6	66,96
DÉCEMBRE			257,4		4778	202
TOTAL	0	0	1538,86	0	31728,89	999,64

NOM D'ENTREPRISE :						E.T.P.B.H
E.T.P.B.H						
MOIS/DOSAGE	150 kg/m3	200 kg/m3	250 kg/m3	300 kg/m3	350 kg/m3	400 kg/m3
JANVIER			83		260	
FÉVRIER			55		262	21
MARS			145		351	
AVRIL			85		461	
MAI			169		398	
JUIN			100		406	
JUILLET			96		382	
AOÛT			80		188	
SEPTEMBRE			205		451	
OCTOBRE			172		433	
NOVEMBRE			199		198	
DÉCEMBRE			104		507	15
TOTAL	0	0	1493	0	4297	36

Annexe 03: Statistique des résistances

Pour 7 jours :

Les poids	Les Résistances	Les poids	Les Résistances	Les poids	Les Résistances
12	142	15,1	220	15	250
12,1	159	15,1	200	15,1	240
12	159	15,2	200	15	260
12,4	227	14,5	205	14,7	240
12,7	239	14,6	195	14,7	220
12,4	227	14,6	200	14,8	230
15,1	200	15,4	250	14,6	130
15,2	190	15,3	270	14,5	120
15,1	190	15,3	260	14,5	135
15	190	15,3	275	14,9	145
15,1	195	15,1	250	14,9	210
15	195	15,7	260	14,8	200
15,1	210	16	300	14,8	190
15,2	220	16,1	305	14,8	190
15,2	230	16	300	14,9	190
14,4	150	15	250	14,7	275
14,3	160	16	240	14,8	270
14,3	160	16	230	14,8	280
14,4	270	15,8	310	15,1	215
14,5	290	15,3	350	15,1	260
14,7	280	15,5	340	15,2	270

14,4	200	15	350	15,5	230
14,4	110	15	340	15,9	220
14,3	210	15,1	330	15,9	220
14,4	210	15,3	245	12	205
14,3	200	15,3	265	12	216
14,3	200	15,3	200	12	105
14,7	210	15,9	265	14,7	140
14,5	195	16	280	14,6	150
14,6	205	15,8	275	14,5	150
15,2	285	14,6	280	13,8	190
15,1	270	14,7	270	13,9	190
15,1	280	14,7	280	13,8	190
15,3	300	14,5	220	14,6	275
15,2	285	14,5	200	14,6	260
15,2	210	14,4	215	14,7	270
15,3	300	14,7	140	15,1	265
15,3	300	14,8	190	15,1	245
15,4	280	14,9	190	15	255
14,6	270	14,7	230	16	300
15	250	14,7	210	16,2	290
15,3	260	14,8	220	16,3	300
14	170	14,3	260	15,2	275
14,1	170	14,4	240	15,3	260
14,1	165	14,4	250	15,3	270
14,6	175	14,6	225	14,9	285

15,1	170	14,8	245	14,1	260
15	175	14,8	235	14,1	270
15,2	200	16,1	245	14,4	270
14,9	200	15,9	250	14,5	250
15	195	16,1	235	14,4	260
15	190	15	220	15,5	210
15	190	15	240	15,4	230
15,3	195	14,9	210	15,6	220
14,4	200	15	190	15	340
14,4	190	15	190	15,2	320
14,5	190	15	190	15	330
14,9	215	12,2	205	14,9	240
14,4	200	12,2	210	14,9	250
14,4	200	12,1	205	14,9	250
16	300	13,8	260	15	100
16	285	15,1	260	15,2	245
16,1	300	12	227	15	250
15,1	225	12,1	239	15	250
15,1	225	12	222	14,7	370
15,1	215	15	160	14,7	370
14,1	270	14,9	155	14,6	375
14,1	250	15	245	15	250

Pour 28 jours :

Les poids	Les Résistances	Les poids	Les Résistances	Les poids	Les Résistances
14,6	375	15,7	375	14,3	340
14,7	375	15,9	370	14,4	335
15,2	365	15,5	370	14,4	330
14,7	300	13	318	15	245
14,5	315	13	307	15	270
14,9	300	13,1	307	15,1	260
14,5	375	15,3	340	14,7	375
14,5	370	15	335	14,5	350
14,9	375	15	350	14,8	300
16	325	15	340	14,4	325
16	340	15	360	14,3	325
16	340	15,1	350	14,3	315
14,2	300	15	240	14,5	300
14,2	300	14,4	250	14,8	370
14,2	315	15	260	14,7	355
15,1	370	14,5	330	14,7	325
15	375	14,6	330	15	325
14,9	375	14,7	320	14	330
15,1	350	14,8	370	14,7	250
15	350	15	350	14,9	280
14,9	340	15,1	355	14,8	270
14,5	250	14,4	300	14,1	370

Annexe 04: les normes des essais

- Propriété dimensionnelles [EN 933-1 et 933-2]
- Equivalent de sable [NF P 18-598]
- Bleu de méthylène (les fines) [NF P 94-068]
- LOS ANGELES [Norme P18-573]
- Micro DEVAL [P18 -572]
- Essai De Consistance (EN 196-3)
- Essai de début de prise(EN 196-3)

Annexe 05: Tamisage des granulats

Sable de l'ENG :

nature de l'échantillon : sable			Classe granulaire 0/3	
module	masse sèche : M(g)= 1000		procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentages des refus cumules Pr= (Mc/M) 100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
39	6,3	0	0	100
38	5	0,5	0,05	99,95
37	4	24	2,4	97,6
36	3,15	86,5	8,65	91,35
35	2,5	201	20,1	79,9
34	2	292	29,2	70,8
33	1,6	403,5	40,35	59,65
32	1,25	465,5	46,55	53,45
31	1	516,5	51,65	48,35
30	0,8	562,5	56,25	43,75
29	0,63	633	63,3	36,7
28	0,5	706,5	70,65	29,35
27	0,4	746	74,6	25,4
26	0,315	856,5	85,65	14,35
25	0,25	858	85,8	14,2
24	0,2	876	87,6	12,4
23	0,16	897	89,7	10,3
22	0,125	937,5	93,75	6,25
21	0,1	961,5	96,15	3,85
20	0,08	987	98,7	1,3
fond	fond	997	99,7	0,3

Sable de STARR :

nature de l'échantillon : sable			Classe granulaire 0/3	
masse sèche : 1		M (kg)=	procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
modul e	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentages des refus cumules Pr= (Mc/M) 100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
39	6,3	0,000	0	100
38	5	0,000	0	100
37	4	0,015	1,5	98,5
36	3,15	0,091	9,1	90,9
35	2,5	0,184	18,4	81,6
34	2	0,235	23,5	76,5
33	1,6	0,370	37	63
32	1,25	0,447	44,7	55,3
31	1	0,511	51,05	48,95
30	0,8	0,563	56,3	43,7
29	0,63	0,638	63,75	36,25
28	0,5	0,696	69,55	30,45
27	0,4	0,752	75,15	24,85
26	0,315	0,825	82,45	17,55
25	0,25	0,842	84,2	15,8
24	0,2	0,896	89,55	10,45
23	0,16	0,937	93,65	6,35
22	0,125	0,973	97,3	2,7
21	0,1	0,990	98,95	1,05
20	0,08	0,998	99,8	0,2
fond	fond	1,000	99,95	0,05

Correction de sable de l'ENG par le sable de BOUIHI :

nature de l'échantillon : sable 1/4 BOUIHI			Classe granulaire 0 /3	
masse sèche : 1000		M(g)=	procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
module	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentages des refus cumules Pr= (Mc/M)100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
39	6,3	2	0,2	99,8
38	5	2	0,2	99,8
37	4	18	1,8	98,2
36	3,15	66,5	6,65	93,35
35	2,5	137	13,7	86,3
34	2	205,5	20,55	79,45
33	1,6	272,5	27,25	72,75
32	1,25	333	33,3	66,7
31	1	383,5	38,35	61,65
30	0,8	422,5	42,25	57,75
29	0,63	476	47,6	52,4
28	0,5	533,5	53,35	46,65
27	0,4	582	58,2	41,8
26	0,315	735	73,5	26,5
25	0,25	748,5	74,85	25,15
24	0,2	830,5	83,05	16,95
23	0,16	899,5	89,95	10,05
22	0,125	964,5	96,45	3,55
21	0,1	993	99,3	0,7
20	0,08	999	99,9	0,1
fond	fond	999,8	99,98	0,02

nature de l'échantillon : sable 1/2 BOUIHI			Classe granulaire 0 / 3	
masse sèche : 1000		M(g)=	procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
module	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentages des refus cumules Pr= (Mc/M) 100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
39	6,3	4	0,4	99,6
38	5	5	0,5	99,5
37	4	19	1,9	98,1
36	3,15	56,5	5,65	94,35
35	2,5	118	11,8	88,2
34	2	167	16,7	83,3
33	1,6	215	21,5	78,5
32	1,25	256	25,6	74,4
31	1	288	28,8	71,2
30	0,8	312,5	31,25	68,75
29	0,63	348,5	34,85	65,15
28	0,5	394,5	39,45	60,55
27	0,4	468	46,8	53,2
26	0,315	727,5	72,75	27,25
25	0,25	741	74,1	25,9
24	0,2	845,5	84,55	15,45
23	0,16	941,5	94,15	5,85
22	0,125	974	97,4	2,6
21	0,1	989	98,9	1,1
20	0,08	997	99,7	0,3
fond	fond	1000	100	0

nature de l'échantillon : sable 1/3 BOUIHI			Classe granulaire 0 / 3	
masse sèche : 1000		M(g)=	procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
module	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentages des refus cumules Pr= (Mc/M) 100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
39	6,3	3	0,3	99,7
38	5	4	0,4	99,6
37	4	16	1,6	98,4
36	3,15	66	6,6	93,4
35	2,5	142	14,2	85,8
34	2	220	22	78
33	1,6	282,5	28,25	71,75
32	1,25	335,5	33,55	66,45
31	1	378	37,8	62,2
30	0,8	410	41	59
29	0,63	442	44,2	55,8
28	0,5	502	50,2	49,8
27	0,4	557,5	55,75	44,25
26	0,315	744	74,4	25,6
25	0,25	768,5	76,85	23,15
24	0,2	850,5	85,05	14,95
23	0,16	905	90,5	9,5
22	0,125	970	97	3
21	0,1	985	98,5	1,5
20	0,08	997	99,7	0,3
fond	fond	999,9	99,99	0,01

nature de l'échantillon : sable 1 BOUIHI			Classe granulaire 0 / 3	
masse sèche : 1000		M(g)=	procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
module	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentages des refus cumules Pr= (Mc/M) 100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
39	6,3	0,004	0,0004	99,99
38	5	0,005	0,0005	99,99
37	4	0,0065	0,00065	99,99
36	3,15	0,0085	0,00085	99,99
35	2,5	11	1,1	98,9
34	2	12,5	1,25	98,75
33	1,6	14,5	1,45	98,55
32	1,25	16	1,6	98,4
31	1	17,5	1,75	98,25
30	0,8	18,5	1,85	98,15
29	0,63	20,5	2,05	97,95
28	0,5	54,5	5,45	94,55
27	0,4	255	25,5	74,5
26	0,315	636,5	63,65	36,35
25	0,25	636,5	63,65	36,35
24	0,2	760	76	24
23	0,16	885	88,5	11,5
22	0,125	936	93,6	6,4
21	0,1	964,5	96,45	3,55
20	0,08	985	98,5	1,5
fond	fond	0,9995	0,09995	99,90

Les graviers ENG :

nature de l'échantillon : gravie			Classe granulaire 3/8	
masse sèche : M(g)= 1600			procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
modul e	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentages des refus cumules Pr= (Mc/M) 100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
42	12,5	0	0	100
41	10	0	0	100
40	8	325	20,31	79,69
39	6,3	1136	71	29
38	5	1418	88,63	11,38
37	4	1565	97,81	2,19
36	3,15	1577,6	98,6	1,4
35	2,5	1580	98,75	1,25
34	2	1580,8	98,8	1,2
fond	fond	1597,2	99,83	0,175

nature de l'échantillon : gravie			Classe granulaire 8/16	
masse sèche : M (kg)= 3,200			procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
module	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentages des refus cumules Pr= (Mc/M) 100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
45	25	0	0	100
44	20	0	0	100
43	16	0,44	13,83	86,17
42	12,5	0,89	27,66	72,34
41	10	1,99	62,18	37,82
40	8	3,10	96,71	3,29
39	6,3	3,18	99,24	0,76
38	5	3,19	99,63	0,38

nature de l'échantillon : gravie			Classe granulaire 16 /25	
masse sèche : M(g)= 5000,4			procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
modul e	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentages des refus cumules Pr= (Mc/M) 100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
47	40	0	0	100
46	31,5	0	0	100
45	25	49,2	0,98	99,02
44	20	2472,2	49,44	50,56
43	16	4418,8	88,37	11,63
42	12,5	4964,2	99,28	0,72
41	10	4987,2	99,74	0,26
fond	fond	5000	99,996	0,008

Les graviers STARR :

nature de l'échantillon : gravie			Classe granulaire 3/8	
masse sèche : M(g)= 1,7			procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
modul e	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentages des refus cumules Pr= (Mc/M)100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
42	12,5	0	0	100
41	10	0	0	100
40	8	0	0	100
39	6,3	0,30	17,34	82,66
38	5	0,90	52,74	47,26
37	4	1,46	85,73	14,27
36	3,15	1,63	95,75	4,24
35	2,5	1,66	97,72	2,28
34	2	1,67	98,07	1,94
fond	fond	1,70	99,8	0,2

nature de l'échantillon : gravie			Classe granulaire 8/16	
masse sèche : M (kg)= 3,2004			procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
modul e	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentage des refus cumules Pr= (Mc/M)100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
45	25	0	0	100
44	20	0	0	100
43	16	0,0072	0,22	99,78
42	12,5	0,57	17,69	82,31
41	10	1,94	60,64	39,36
40	8	2,76	86,33	13,67
39	6,3	3,14	98,38	1,62
38	5	3,18	99,29	0,71

nature de l'échantillon : gravie			Classe granulaire 16 /25	
masse sèche : M(g)= 5,0034			procédé utilisée : tamisage par voie sèche	
modul e	ouverture des tamis (mm)	masse des refus cumules Mc(g)	pourcentages des refus cumules Pr= (Mc/M)100	pourcentage des tamisats cumules Pt=100-Pr
47	40	0	0	100
46	31,5	0	0	100
45	25	0,084	1,671	98,33
44	20	2,27	45,37	54,63
43	16	4,19	83,67	16,33
42	12,5	4,94	98,74	1,26
41	10	4,97	99,38	0,62
fond	fond	4,99	99,70	0,30

Annexe 06: Formulation du béton

ENG K0 essai 1 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	632,33	1,42%	641,31
Gravier 3/8	118,74	0,34%	119,14
Gravier 8/16	556,93		556,93
Gravier 16/25	470,06		470,06
ciment	350		350,00
Eau visé	186,38		177,00
P _{théorique} =2314,44 P _{réel} =2407,98			Affaissement =14

ENG K0 essai 2 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	632,33	1,42%	641,31
Gravier 3/8	118,74	0,34%	119,14
Gravier 8/16	556,93		556,93
Gravier 16/25	470,06		470,06
ciment	350		350,00
Eau visé	238,45		229,07
P _{théorique} =2366,51 P _{réel} =2415,76			Affaissement =11

ENG K0 essai 1 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	632,33	1,42%	641,31
Gravier 3/8	118,74	1,82%	120,90
Gravier 8/16	556,93		556,93
Gravier 16/25	470,06		470,06
ciment	350		350,00
Eau visé	174,76		163,62
P _{théorique} =2302,82 P _{réel} =2402,80			Affaissement >16

ENG Ko essai 2 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	632,33	1,42%	641,31
Gravier 3/8	118,74	1,82%	120,90
Gravier 8/16	556,93		556,93
Gravier 16/25	470,06		470,06
ciment	350		350,00
Eau visé	174,85		163,71
P _{théorique} = 2302,91 P _{réel} =2415,76			Affaissement >16

ENG K5 essai 1 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	701,37	1,42%	711,33
Gravier 3/8	134,69	1,82%	137,14
Gravier 8/16	523,71		523,71
Gravier 16/25	416,86		416,86
ciment	350,00		350,00
Eau visé	207,55		195,14
P _{théorique} =2334,18 P _{réel} =2392,43			Affaissement =14

ENG K5 essai 2 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	701,37	1,42%	711,33
Gravier 3/8	134,69	1,82%	137,14
Gravier 8/16	523,71		523,71
Gravier 16/25	416,86		416,86
ciment	350,00		350,00
Eau visé	207,55		195,14
P _{théorique} =2334,18 P _{réel} =2371,70			Affaissement =14

ENG K5 essai 1 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	701,37	1,42%	711,33
Gravier 3/8	134,69	1,82%	137,14
Gravier 8/16	523,71		523,71
Gravier 16/25	416,86		416,86
ciment	350,00		350,00
Eau visé	174,7		162,29
P théorique =2301,33 P réel =2322,45			Affaissement >16,00

ENG K5 essai 2 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	701,37	5,43%	739,44
Gravier 3/8	134,69	1,82%	137,14
Gravier 8/16	523,71		523,71
Gravier 16/25	416,86		416,86
ciment	350,00		350,00
Eau visé	174,15		133,63
P théorique =2300,78 P réel =2389,84			Affaissement >16,00

ENG K10 essai 1 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	770,20	1,42%	781,14
Gravier 3/8	151,23	1,82%	153,98
Gravier 8/16	487,71		487,71
Gravier 16/25	366,11		366,11
ciment	350,00		350,00
Eau visé	203,35		189,66
P théorique =2328,60 P réel =2389,84			Affaissement =13

ENG K10 essai 2 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	770,20	1,42%	781,14
Gravier 3/8	151,23	1,82%	153,98
Gravier 8/16	487,71		487,71
Gravier 16/25	366,11		366,11
ciment	350,00		350,00
Eau visé	209,06		195,37
P théorique = 2334,32 P réel =2361,33			Affaissement =11

ENG K 10 essai 1 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	770,20	5,43%	812,01
Gravier 3/8	151,23	1,82%	153,98
Gravier 8/16	487,71		487,71
Gravier 16/25	366,11		366,11
ciment	350,00		350,00
Eau visé	173,99		129,43
P théorique =2299,24 P réel =2415,76			Affaissement >15,00

ENG K 10 essai 2 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	770,20	5,43%	812,01
Gravier 3/8	151,23	1,82%	153,98
Gravier 8/16	487,71		487,71
Gravier 16/25	366,11		366,11
ciment	350,00		350,00
Eau visé	179,42		134,86
P théorique =2304,67 P réel =2356,14			Affaissement >=14,00

STARR k5 essai 1 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	725,05	1,01%	732,37
Gravier 3/8	134,22	1,21%	135,85
Gravier 8/16	364,19		364,19
Gravier 16/25	650,60		650,60
ciment	350,00		350,00
Eau visé	197,52		188,57
P théorique =2421,58 P réel =2422,24			A=13,00

STARR k5 essai 1 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	725,05	1,01%	732,37
Gravier 3/8	134,22	1,21%	135,85
Gravier 8/16	364,19		364,19
Gravier 16/25	650,60		650,60
ciment	350,00		350,00
Eau visé	171,81		162,86
P théorique =2395,87 P réel =2436,50			A>16,00

BOUIHI (1/4) +ENG (3/4) K5 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	752,97	5,04%	790,92
Gravier 3/8	138,40	1,82%	140,92
Gravier 8/16	523,73		523,73
Gravier 16/25	416,78		416,78
ciment	350,00		350,00
Eau visé	209,04		168,57
P théorique =2390,91 P réel =2385,95			A =13,00

BOUIHI (1/4) +ENG (3/4) K5 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	752,97	5,04%	790,92
Gravier 3/8	138,40	1,82%	140,92
Gravier 8/16	523,73		523,73
Gravier 16/25	416,78		416,78
ciment	350,00		350,00
Eau visé	169,04		128,57
P théorique =2350,91 P réel =2347,07			A=15,00

BOUIHI (1/3) +ENG (2/3) K5 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	752,65	4,38%	785,61
Gravier 3/8	138,71	1,82%	141,23
Gravier 8/16	523,73		523,73
Gravier 16/25	416,78		416,78
ciment	350,00		350,00
Eau visé	204,05		168,57
P théorique =2385,92 P réel =2371,70			A=12,00

BOUIHI (1/3) +ENG (2/3) K5 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	752,65	4,38%	785,61
Gravier 3/8	138,71	1,82%	141,23
Gravier 8/16	523,73		523,73
Gravier 16/25	416,78		416,78
ciment	350,00		350,00
Eau visé	178,34		142,86
P théorique =2360,20 P réel =2376,88			A>15,00

BOUIHI (1/2) +ENG (1/2) K5 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	750,24	4,60%	784,75
Gravier 3/8	140,97	1,82%	143,53
Gravier 8/16	523,78		523,78
Gravier 16/25	416,78		416,78
ciment	350,00		350,00
Eau visé	205,64		168,57
P théorique =2387,41 P réel =2360,03			A=10,00

BOUIHI (1/2) +ENG (1/2) K5 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	750,24	4,60%	784,75
Gravier 3/8	140,97	1,82%	143,53
Gravier 8/16	523,78		523,78
Gravier 16/25	416,78		416,78
ciment	350,00		350,00
Eau visé	185,64		148,57
P théorique =2367,41 P réel =2356,14			A>16,00

Confirmation ENG K0 essai 1 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	632,33	5,43%	666,67
Gravier 3/8	118,74	1,82%	120,90
Gravier 8/16	556,93		556,93
Gravier 16/25	470,06		470,06
ciment	350,00		350,00
Eau visé	190,79		154,29
P théorique =2318,84 P réel =2436,50			11,00

Confirmation ENG K0 essai 1 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	632,33	4,38%	666,67
Gravier 3/8	118,74	1,82%	120,90
Gravier 8/16	556,93		556,93
Gravier 16/25	470,06		470,06
ciment	350,00		350,00
Eau visé	167,93		131,43
P théorique =2295,99P réel =2413,17			A>16

Confirmation ENG K5 essai 2 sans adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	701,37	5,43%	739,46
Gravier 3/8	134,69	1,82%	137,14
Gravier 8/16	523,71		523,71
Gravier 16/25	416,86		416,86
ciment	350,00		350,00
Eau visé	219,97		179,43
P théorique =2346,59 P réel =2407,98			14,00

Confirmation ENG K5 essai 1 avec adjuvant

	Constituant sec	w%	Constituant humide
Sable	701,37	5,43%	739,46
Gravier 3/8	134,69	1,82%	137,14
Gravier 8/16	523,71		523,71
Gravier 16/25	416,86		416,86
ciment	350,00		350,00
Eau visé	174,25		133,71
P théorique =2300,88 P réel =2406,69			A>16,00

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre1 : Le béton BPE : Généralités et statistiques	
1. Introduction :.....	Erreur ! Signet non défini.
2. Le Béton Prêt à l'Emploi « BPE » dans tous ses états : ..	Erreur ! Signet non défini.
2.1 Le béton prêt a l'emploi:.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2 Fabrication du béton dans les centrales BPE : (1) ..	Erreur ! Signet non défini.
2.2.1 Stockage :.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.2 Dosage :.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2.3 Malaxage :.....	Erreur ! Signet non défini.
2.3 Les avantages de béton prêts à l'emploi (2) :.....	Erreur ! Signet non défini.
2.3.1 Les avantages techniques :.....	Erreur ! Signet non défini.
2.3.2 Les avantages sociaux :.....	Erreur ! Signet non défini.
2.3.3 Les avantages économiques :	Erreur ! Signet non défini.
2.3.4 La simplification de l'organisation du chantier :	Erreur ! Signet non défini.
3. La norme NF EN 206-1 (3) :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.1 Clarification des responsabilités des différents intervenants :	Erreur ! Signet non défini.
3.1.1 Producteur- prescripteur :	Erreur ! Signet non défini.
3.1.2 Client-prescripteur :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2 Spécifications de base des BPS :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.1 La classe de résistance à la compression :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.2 La classe de consistance :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.3 La classe de teneur en chlorures :	Erreur ! Signet non défini.
3.2.4 Dimension des granulats :	Erreur ! Signet non défini.
3.2.5 La classe D'exposition :.....	Erreur ! Signet non défini.
4. Recherche bibliographique.....	Erreur ! Signet non défini.
5. Production locale et distribution :	Erreur ! Signet non défini.
6. Statistique sur les résistances pour différents producteur du BPE :	Erreur ! Signet non défini.
6.1 Résultats pour 7 jours :.....	Erreur ! Signet non défini.

- 6.2 Résultats pour 28 jours :.....**Erreur ! Signet non défini.**
7. Conclusion :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre2 : fabrication du béton

1. Introduction :.....**Erreur ! Signet non défini.**
2. Méthode de BOLOMEY (8) :.....**Erreur ! Signet non défini.**
3. Méthode de FAURY (8) :.....**Erreur ! Signet non défini.**
4. Méthode DREUX-GORISSE (9):.....**Erreur ! Signet non défini.**
5. Transport (10) :.....**Erreur ! Signet non défini.**
5.1 Bétonnières portées (truck-mixer, ou toupie):.....**Erreur ! Signet non défini.**
5.2 Bennes à béton :.....**Erreur ! Signet non défini.**
5.3 Tapis transporteur :.....**Erreur ! Signet non défini.**
5.4 Goulottes à béton :.....**Erreur ! Signet non défini.**
5.5 Le transport par pompage :.....**Erreur ! Signet non défini.**
5.5.1 Les pompes à piston (pompe classique) :.....**Erreur ! Signet non défini.**
5.5.2 Les pompes à rotor :.....**Erreur ! Signet non défini.**
5.5.3 Les pompes pneumatiques :.....**Erreur ! Signet non défini.**
6. Mise en œuvre (11) :.....**Erreur ! Signet non défini.**
6.1 Vibration :.....**Erreur ! Signet non défini.**
6.2 La vibration externe :.....**Erreur ! Signet non défini.**
6.3 La vibration interne ou pervibration :.....**Erreur ! Signet non défini.**
6.4 La vibration superficielle :.....**Erreur ! Signet non défini.**
6.5 La durée de vibration :.....**Erreur ! Signet non défini.**
6.6 Quelques techniques de vibration :.....**Erreur ! Signet non défini.**
6.7 La ségrégation du béton :.....**Erreur ! Signet non défini.**
6.8 Joint de reprise :.....**Erreur ! Signet non défini.**
7. Conclusion :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Le chapitre 3 : identification des matériaux locaux

1. Introduction :.....**Erreur ! Signet non défini.**
2. Caractérisation des constituants :.....**Erreur ! Signet non défini.**
2.1 Identification et analyse du sable :.....**Erreur ! Signet non défini.**

- 2.1.1 Propriété dimensionnelles [EN 933-1 et 933-2] :**Erreur ! Signet non défini.**
- 2.1.2 Le module de finesse du sable :**Erreur ! Signet non défini.**
- 2.1.3 Propriétés physiques :**Erreur ! Signet non défini.**
- 2.1.4 Propriétés physiques et physico chimique :..**Erreur ! Signet non défini.**
- 2.2 Identification et analyse du gravier :.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.2.1 Propriété dimensionnelle du gravier**Erreur ! Signet non défini.**
 - Analyse granulométrique du gravier^{3/8} :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.2.2 Propriété physiques et physico-chimique.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.2.3 Propriétés mécaniques**Erreur ! Signet non défini.**
- 2.3 Identification et analyse du ciment :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.3.1 Propriété physiques :.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.3.2 Essai sur la pate de ciment durcissant :**Erreur ! Signet non défini.**
- 2.4 Les adjuvants :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.4.1 Mise en œuvre :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.4.2 Caractères généraux :**Erreur ! Signet non défini.**
- 3. Conclusion :**Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre4 : Analyse et interprétation des résultats

- 1. Introduction :**Erreur ! Signet non défini.**
- 2. Exploitation des résultats d'essais**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.1 Processus de formulation**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.1.1 Dosage en ciment C :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.1.2 Dosage en eau E :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.1.3 Mélange optimal à minimum de vides :**Erreur ! Signet non défini.**
 - Tracé de la droite de référence de Dreux :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.1.4 Pourcentages en volumes absolus de matériaux :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.1.5 Compacité du béton :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.1.6 Masses de granulats :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.1.7 Rapport E/C :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.1.8 La correction (11) :**Erreur ! Signet non défini.**
 - 2.1.9 La courbe du mélange**Erreur ! Signet non défini.**

3. Les compositions des différentes formulations :	Erreur ! Signet non défini.
4. Interprétation des résultats :	Erreur ! Signet non défini.
4. Conclusion :	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion générale.....	70
Bibliographie.....	Erreur ! Signet non défini.

Annexes

Annexe 01 : Norme 206-1	72
Annexe 02: Production locale.....	75
Annexe 03: Statistique des résistances.....	81
Annexe 04: les normes des essais.....	58
Annexe 05: Tamisage des granulats.....	86
Annexe 06: Formulation du béton.....	96

