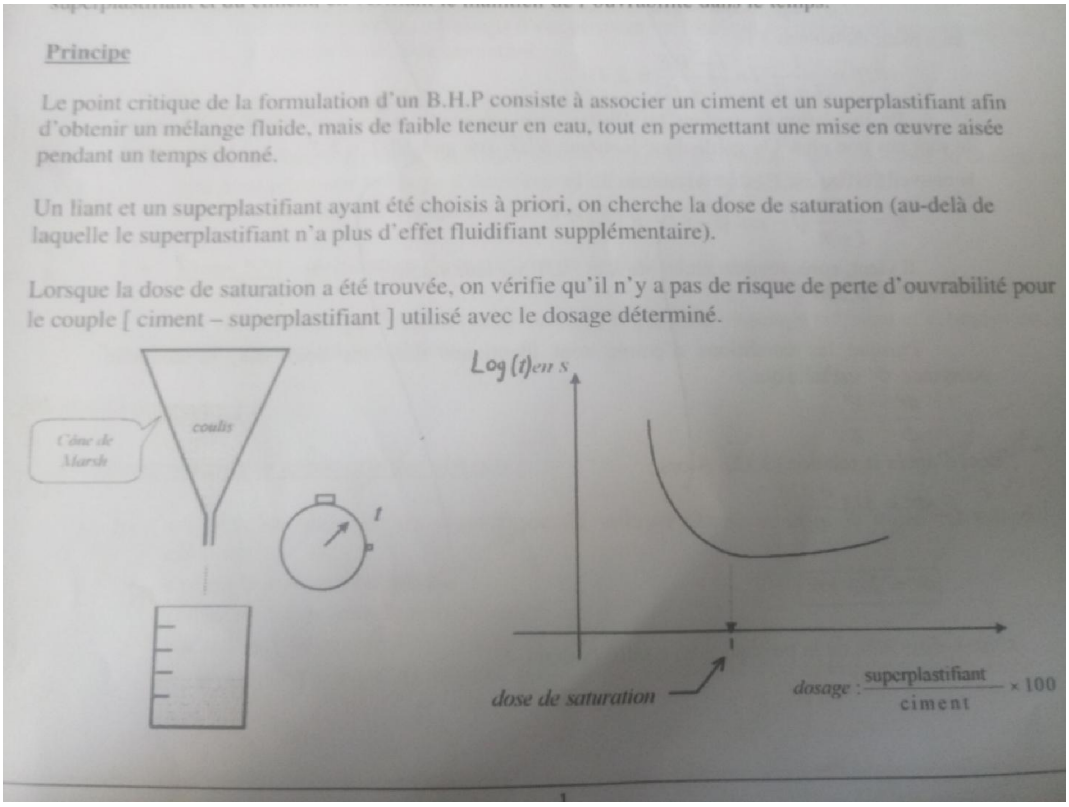
Chapitre 3
Techniques expérimentales

CHAPITRE III : ESSAIS ET FORMULATIONS D'UN BHP

Introduction

Les béton à hautes performance de plus en plus utilisés dans les usines de pré fabrication et sur les chantiers ont résistance caractéristique à 28 jours de 60 à 100 MPa. Pour atteindre ces résistance élevées, ile sont fabriqués à partir de ciments CEM-I 52.5, et le rapport E/C doit être le plus faible possible ; la perte de maniabilité étant compensée par l'adjonction d'adjuvants et de produits ultra-fins tels que la fumé de silice

Le cout des additifs utilisées (superplastifiant et fumé de silice) justifie de prévoir le dosage correspondant aux performances attendue. D'autre part, les BHP sont mis en œuvre avec une consistance très plastique voire fluide (slump de l'ordre de 20 cm !) il convient d adapter la formulation du matériau, en particulier d'optimiser le couple [ciment- superplastifiant] Par ailleurs on doit s'assurer de la compatibilité du superplastifiant et du ciment, en vérifiant le maintien de l'ouvrabilité dans le temps



Principe de Cone de Marsh

III.1. Méthodes d'optimisation des coulis de ciment

On présente ici les règles de formulation des coulis de ciment en fonction des propriétés rhéologiques et mécaniques visées. Dans la pratique, la formulation doit répondre à un cahier des charges dont le plus simple est composé de quatre spécifications dans les domaines suivants

- Fluidité;
- Injectabilité;
- Stabilité à l'état frais;
- Résistance mécanique.

Parmi les essais développés pour la caractérisation des fluidités des coulis on retrouve l'essai au **Cône de Marsh**. Ce dernier qui présente une approche simple pour la caractérisation de la fluidité de pâte de ciment contenant des additions minérales et des adjuvants ou non.

Pour les coulis fluidifié, il existe toujours un dosage en adjuvant dit « **Dosage de saturation** », au- dessus duquel aucune augmentation significative de la fluidité de la pâte ne se produit. Ce dosage peut être exploité pour le choix du type du Superplastifiant et sondosage.

En se basant sur l'approche au Cône de Marsh, nous avons étudié l'influence du rapport Eau/liant, du type et du dosage en additions minérale ainsi que celui de l'adjuvant sur la fluidité des pâtes de ciments. Les résultats obtenus vont dans le sens de la mise au point des couli

III.2.Méthodes des coulis

Pour étudier le comportement rhéologique d'un ciment en présence de Superplastifiant on utilise la méthode des coulis qui consiste à mesurer la perte de fluidité d'un coulis du ciment. En effet il existe deux méthodes issues de deux école différentes.

- *Méthode Française(L.C.P.C)*
- Méthode canadienne

III.3.Formulation des BHP

La recherché des haute performances passe par laréduction de la porosité du béton durci c est-a-dire de son pourcetage de vides.En effet ,les dimensions et les volumes des pores capillaries sont les principaux parameters qui régssent les résistance mécanique du béton et les proprieties de transfert determinants pour la durabilité . loptimisation de la BHP consiste a

diminuer la porosite BHP consiste a diminuer la porosité de la matrice cimentaire et a optimiser le squlette granulaire.La formulation d un BHP suit les trois principales étapes suivantes :

1) Détermination dune formule thérique prévisionnelle
2) Optimisation du mélange en laboratoire
3) Validation de la formule sur chantier

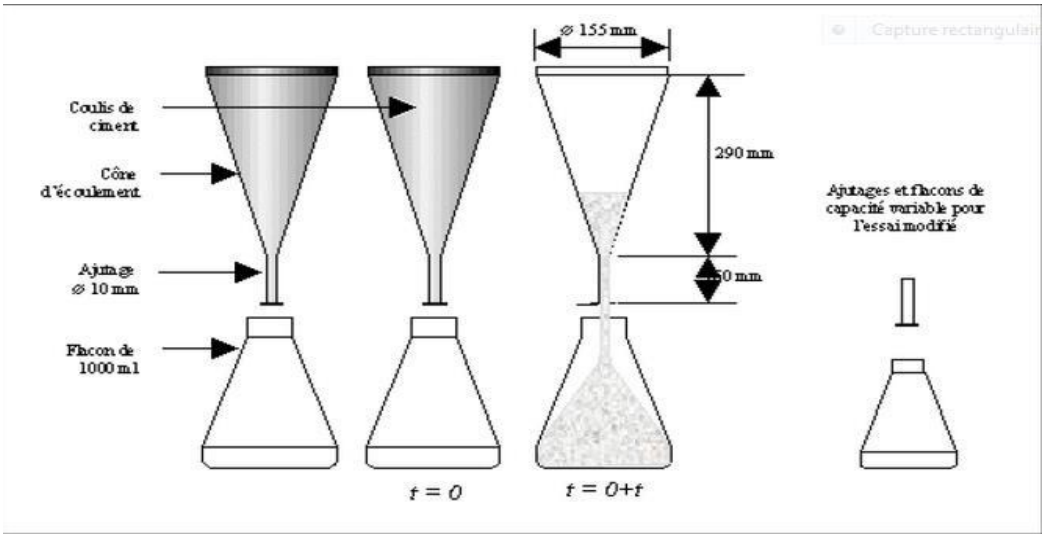


Figure III.1: Cône de Marsh

III.4.Programme experimental adopter

Nous envisageons dans cette partie de travailler sur la rhéologie des coulis avec additions (fines) disponibles localement. Nous abordons le problème par analogie avec de très nombreuses études menées à travers le monde.

Ce travail de caractérisation et d'optimisation consiste à mesurer le temps d'écoulement sur pâte fluidifiée et non fluidifiée dans un cône entre deux repères et à faire des essais de répétabilité sur pâte pure et avec additions, mettant ainsi au point le coulis de référence, après quoi on teste l'efficacité des fluidifiants disponibles et ce pour déterminer la composition optimale du coulis fluidifié vis-à-vis de l'ouvrabilité.

Nous avons fixé :

1. Lee rapport E/L ; et Nous avons varié:

2. Le type et la teneur

3. .Le dosage en Superplastifiant

III.4.1.Méthode du Cône de Marsh

Différents cônes de Marsh sont utilisés depuis longtemps dans plusieurs secteurs industriels pour apprécier la fluidité de différents types de coulis. Cette méthode consiste à préparer un certain volume de coulis et à mesurer son temps d'écoulement. Les cônes peuvent avoir des caractéristiques géométriques légèrement différentes les unes des autres et le diamètre de l'orifie inférieur peut varier de 5 mm à 12.5 mm

Différentes versions de la méthode du cône Marsh ont été présentées par différents auteurs. La méthode présentée est celle qui est utilisée à l'Université de Sherbrooke depuis plusieurs années.

Le cône utilisé est un cône de plastique normalisé par l'industrie pétrolière pour mesurer l'écoulement de 1.21s de boues de forage (Figure III.5). Ce cône particulier à été sélectionné par ce que qu'il est commercialement disponible et qu'il est bien adapté aux besoins des études portant sur la compatibilité entre les ciments et les superplastifiants [**02].**

III.4.2. Préparation de l'échantillon et mesure du temps d'écoulement

III.4.2.1Préparation des coulis

Les coulis ont été préparés dans un malaxeur de marque {**FORM+TEST SEIDNER**} de capacité 5 litres**,** en utilisant deux vitesses ; la vitesse rapide 120 tours/mn et la lent 60 tours/mn. Les pesés des constituants ont été effectuées dans la balance électrique de précision

± 0.1 gr.

La préparation de l'échantillon comprend les étapes suivantes :

- ❖ Peser l'eau et le Superplastifiant dans le contenant où sera effectué le malaxage;
- ❖ Démarrer le système de malaxage tous en introduisant progressivement la quantité en moins de 1 minute et 90secondes
- ❖ Arrêter le malaxage pendant 15 secondes de façon à nettoyer avec une spatule le ciment qui reste collé les bords du contenant;
- ❖ Malaxer pendant 60 secondes;
- ❖ Mesurer la température;
- ❖ Mesurer le temps qu'il faut pour remplir de coulis un vase gradué de 1litre
- ❖ Placer le coulis dans une bouteille de plastique qui sera ensuite placée entre deux rouleaux de façon à maintenir le coulis homogène et à simuler le transport du

coulis;

Mesurer le temps d'écoulement à différents instants jusqu' à 60 ou 90minutes. A chaque fois, on mesure la température ducoulis.

Note:

Dans une version modifiée de cet essai, il à été proposé de faire le coulis en utilisant tous les matériaux ayant une dimension inférieure à 2 mm qui se retrouveront dans le BHP

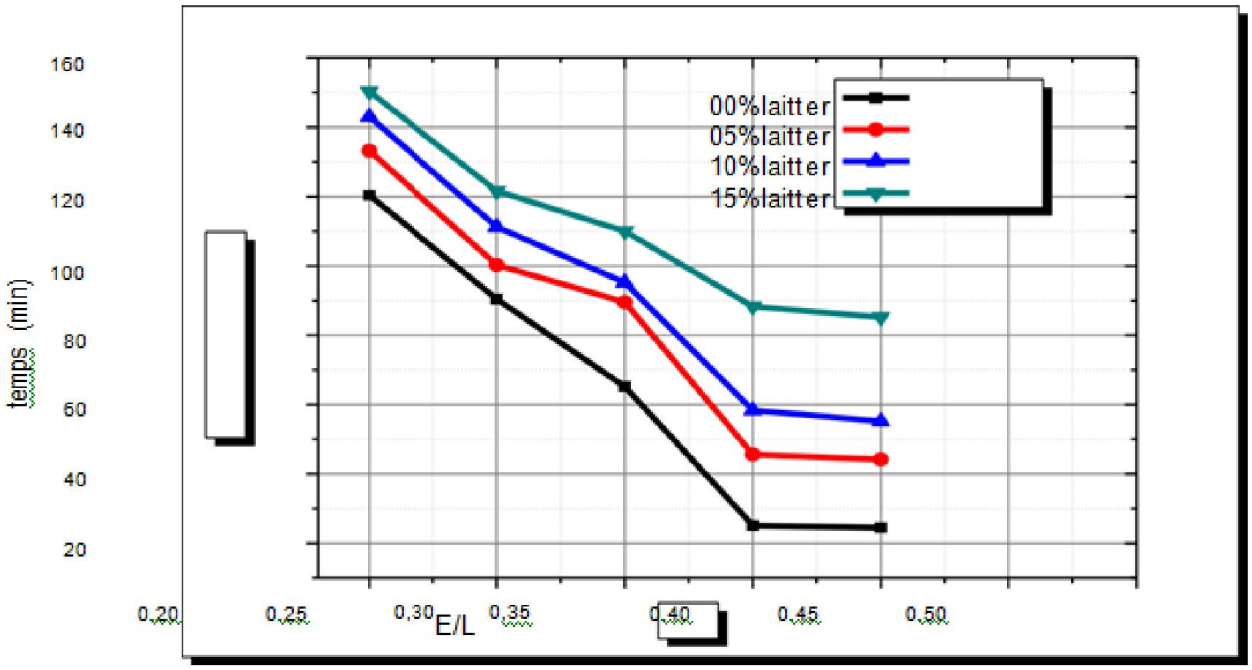


Figure III.3 : Détermination du temps d'écoulement au cône de Marsh

III.4.2.2.Influence sur le moment d'addition du Superplastifiant dans lebéton

Le Super plastifiant est plus efficace lorsqu'il est ajouté après l'humidification de coulis **,**

environ 75% de l'eau de gâchage, ou fractionné dans le cas d'eau E/C très bas :

- **1/3** dans l'eau de gâchage;
- **2/3** vers la fin de malaxage.

Le temps optimal d'addition du Superplastifiant dans le coulis est 2 minutes après le malaxage ciment- additions- eau. A ce moment, le Superplastifiant reste suffisamment disponible pour jouer son rôle de dispersant du C3S et C2S, et ce qui explique l'augmentation de lafluidité.

III.4.3.Point de saturation

Quand on mesure le temps d'écoulement pour différents dosages en superplastifiants à différents instants et que l'on exprime ce dosage sous

forme de pourcentage de solides contenus dans le Superplastifiant par rapport à la masse se ciment, on obtient une courbe qui ressemble en général à celle présentée à la (Figure III.4).

Cette courbe est composée de deux parties linéaires ayant des pentes différentes. L'intersection de ces deux parties linéaires est ce que l'on appelle le «point de saturation», c'est- à- dire le point à partir duquel, dans les conditions expérimentales de mesure, toute augmentation du dosage en Superplastifiant n'à plus de répercussion sensible sur la rhéologie du coulis. Le dosage en Superplastifiant qui correspond à ce point est appelé le point de saturation.

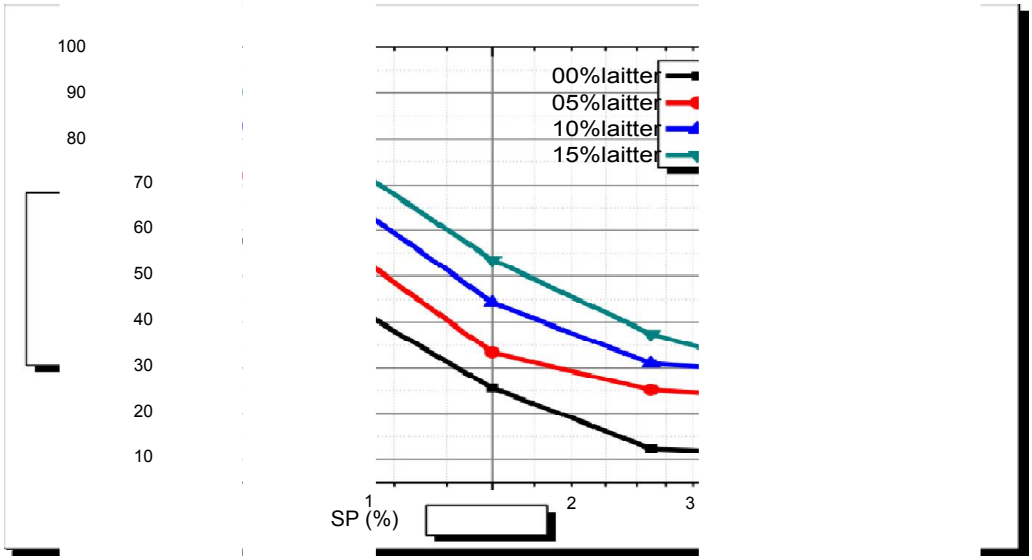


Figure III.4: temps d'écoulement en fonction du dosage en superplastifiants

III.5.Masse volumique apparente des différant mélanges de gravier

20 % G 3/8

40 % G 8/16

40 % G 16/25

III.6.Masse volumique et la porosité des différant mélange de sable

Après avoir effectué des essais de masse volumique et de porosité, les mélanges de sable

Tableau III.2. 90 % sable de Biskra + 10% sable concasse

La masse volumique apparente a l'état lâche (g / cm^3)	1.606
La masse volumique apparente a l'état compacte (g / cm^3)	**1.760**
La masee volumique absolue (g / cm^3)	**2.573**
la porosité a l'état lâche (%)	**37.58**
la porosité a l'état compacte (%)	**31.59**

Tableau III.3. 80% sable de Biskra +20% sable concasse

La masse volumique apparente a l'état lâche (g / cm^3)	1.620
La masse volumique apparente a l'état compacte (g / cm^3)	**1.770**
La masee volumique absolue (g / cm^3)	**2.606**
la porosité a l'état lâche (%)	**37.69**
la porosité a l'état compact (%)	**31.92**

Tableau III.4.70 % sable de Biskra + 30% sable concasse

La masse volumique apparente a l'état lâche (g / cm^3)	1.61
La masse volumique apparente a l'état compacte (g / cm^3)	**1.76**
La masee volumique absolue (g / cm^3)	**2.546**
la porosité a l'état lâche (%)	**39.13**
la porosité a l'état compact (%)	**30.87**

Tableau III.5.50 % sable de Biskra + 50% sable concasse

La masse volumique apparente a l'état lâche (g / cm^3)	1.59
La masse volumique apparente a l'état compacte (g / cm^3)	**1.765**
La masee volumique absolue (g / cm^3)	**2.626**
la porosité a l'état lâche $(\%)$	**39.45**
la porosité a l'état compacte $(\%)$	**32.78**

Tableau III.6. 30 % sable de Biskra + 70% sable concasse

La masse volumique apparente a l'état lâche (g / cm^3)	1.583
La masse volumique apparente a l'état compacte (g / cm^3)	**1.747**
La masee volumique absolue (g / cm^3)	**2.728**
la porosité a l'état lâche $(\%)$	**41.97**
la porosité a l'état compact $(\%)$	**35.96**

III.7.calcul de proportion des constituants

III.7.1.Formulation du BHP

Exemple de formulation d'un **BHP**

BHP sans additions	BHP avec addition : a base de fumée de silice
Ciment CEM I 52.5►►►450(Kg/ m^3)	Ciment CEM I 52.5►►►420(Kg/ m^3)
Gravillon 6/20►►►1027(Kg/ m^3)	**Fumée de silice►►►35(Kg/ m^3)**
Sable 1(0/4) ►►►648(Kg/ m^3)	**Gravillon (6/10)►►►250(Kg/ m^3)**
Sable 2(0/1) ►►►105(Kg/ m^3)	**Gravillon (10/14) ►►►730(Kg/ m^3)**
Eau ►►►160(L/ m^3)	**Sable 1(0/4) ►►►660(Kg/ m^3)**
Susperplastifiant ►►►11.25(Kg/ m^3)	**Sable 2(0/1) ►►►140(Kg/ m^3)**
Adjuvant retardateur ►►►4.5(Kg/ m^3)	**Eau ►►►152(L/ m^3)**
	Susperplastifiant ►►►1.73 $(\%)$

Après avoir des essais de masse volumique et de porosité, les mélanges de sable on a :

- **70 % sable de Beskra**
- **30 % sable concasse**

III.7.1.1.Données de base

Tableau III.7: Donnés de bases pour la formulation.

Données de base Description	Données de base Description
Béton HP de classe	**C 60/75**
Consistance	**béton plastique**
Dimension maximale de granulat	**D= 25mm**
Forme des granulats	**concassés +roulé**
Qualité des granulats	**Bonne (courante)**
Serrage	**vibration normale (courante)**
Dosage en ciment	**C = 450kg/m3**
Module de finesse MF	**1.58**
Coefficient granulaire G	**0,45**
AF	**9**

III.7.1.2.Formulation du Béton témoin pour 1 (m^3) de béton.

$$\begin{cases} E = 160L \\ C = 450kg/m3 \\ S_{Beskra} = 560kg/m3 \\ S_{concasse} = 226kg/m3 \\ G_{3/8} = 240kg/m3 \\ G_{8/16} = 440kg/m3 \\ G_{16/25} = 440kg/m3 \end{cases}$$

III.7.1.3.Formulation du Béton témoin pour1 (m^3) (0% laitier)(8% de fumée de silice)

$$\begin{cases} E = 160\ L/m3 \\ C = 414kg/m3 \\ \text{Fumée de silice} = 36\ kg/m3 \\ S_{Beskra} = 560kg/m3 \\ S_{concasse} = 240kg/m3 \\ G_{3/8} = 196kg/m3 \\ G_{8/16} = 392kg/m3 \\ G_{16/25} = 392kg/m3 \end{cases}$$

III.7.1.3. Formulation du Béton témoin pour1 (m^3) (5% laitier) et (8% de fumée de silice)

E = 160 L/m3
C = 393.3kg/m3
Fumée de silice = 36 kg/m3
Laitier = 20.7 kg/m3
S_{Beskra} =560kg/m3
$S_{concasse}$ =240kg/m3
$G_{3/8}$ =196kg/m3
$G_{8/16}$ =392kg/m3
$G_{16/25}$=392kg/m3

III.7.1.4. Formulation du Béton témoin pour1 (m^3) (10% laitier) et (8% de fumée de silice)

E = 160 L
C = 372.6kg/m3
Fumée de silice = 36 kg/m3
Laitier = 41.1 kg/m3
S_{Beskra} =560kg/m3
$S_{concasse}$ =240kg/m3
$G_{3/8}$ =196kg/m3
$G_{8/16}$ =392kg/m3
$G_{16/25}$=392kg/m3

III.7.1.5. Formulation du Béton témoin pour1 (m^3) (15% laitier) et (8% de fumée de silice)

E = 160 L
C = 351.9kg/m3
Fumée de silice = 36 kg/m3
Laitier = 41.1 kg/m3
S_{Beskra} =560kg/m3
$S_{concasse}$ =240kg/m3
$G_{3/8}$ =196kg/m3
$G_{8/16}$ =392kg/m3
$G_{16/25}$=392kg/m3

III.7.1.6. Formulation du Béton témoin pour1 (m^3) (0% laitier) et (5% de fumée de silice

E = 160 L/m3
C = 427.5kg/m3
Fumée de silice = 22.5 kg/m3
S_{Beskra} =560kg/m3
$S_{concasse}$ =240kg/m
$G_{3/8}$ =196kg/m3
$G_{8/16}$ =392kg/m3
$G_{16/25}$=392kg/m3

III.7.1.7. Formulation du Béton témoin pour1 (m^3) (5% laitier) et (5% de fumée de silice)

- E = 160 L/m3
- C = 405kg/m3
- Fumée de silice = 22.5 kg/m3
- Laitier = 22.5/m3
- S_{Beskra} =*560kg/m3*
- $S_{concasse}$ =240kg/m3
- $G_{3/8}$ =196kg/m3
- $G_{8/16}$ =392kg/m3
- $G_{16/25}$=392kg/m3

III.7.1.8. Formulation du Béton témoin pour1 (m^3) (10% laitier) et (5% de fumée de silice)

- E = 160 L/m3
- C = 382.5kg/m3
- Fumée de silice = 22.5 kg/m3
- Laitier = 45kg/m3
- S_{Beskra} =*560kg/m3*
- $S_{concasse}$ =240kg/m3
- $G_{3/8}$ =196kg/m3
- $G_{8/16}$ =392kg/m3
- $G_{16/25}$=392kg/m3

III.7.1.9. Formulation du Béton témoin pour1 (m^3)(15% laitier) (5% de fumée de silice)

- E = 160 L/m3
- C = 360.5kg/m3
- Fumée de silice = 22.5 kg/m3
- Laitier = 67.5kg/m3
- S_{Beskra} =*560kg/m3*
- $S_{concasse}$ =240kg/m3
- $G_{3/8}$ =196kg/m3
- $G_{8/16}$ =392kg/m3
- $G_{16/25}$=392kg/m3

III.7.1.10. Formulation du Béton témoin pour1 (m^3) (15% laitier)(5% de fumée de silice)

- E = 160 L/m3
- C = 360.5kg/m3
- Fumée de silice = 22.5 kg/m3
- Laitier = 67.5kg/m3
- S_{Beskra} =*560kg/m3*
- $S_{concasse}$ =240kg/m3
- $G_{3/8}$ =196kg/m3
- $G_{8/16}$ =392kg/m
- $G_{16/25}$=392kg/m3

III.7.1.11. Formulation du Béton témoin pour1 (m^3) (5% laitier) et (0% de fumée de silice)

E = 160 L/m3
C = 427.5kg/m3
Laitier 22.5kg/m3
S_{Beskra} =560kg/m3
$S_{concasse}$ =240kg/m3
$G_{3/8}$ =196kg/m3
$G_{8/16}$ =392kg/m3
$G_{16/25}$=392kg/m3

III.7.1.12. Formulation du Béton témoin pour1 (m^3) (10% laitier) et (0% de fumée de silice)

E = 160 L/m3
C = 405kg/m3
Laitier=45kg/m3
S_{Beskra} =560kg/m3
$S_{concasse}$ =240kg/m3
$G_{3/8}$ =196kg/m3
$G_{8/16}$ =392kg/m3
$G_{16/25}$=392kg/m3

III.7.1.13. Formulation du Béton témoin pour1 (m^3) (15% laitier) et (0% de fumée de silice)

E = 160 L/m3
C = 382.5kg/m3
Laitier=67.5kg/m3
S_{Beskra} =560kg/m3
$S_{concasse}$ =240kg/m3
$G_{3/8}$ =196kg/m3
$G_{8/16}$ =392kg/m3
$G_{16/25}$=392kg/m3

III.8.Formulation des different mélanges testés

III.8.1.Mélanges 1 Béton témoin (B1)

B1 : Pour coulage de 9 éprouvettes cubiques: V=

[(0.1×0.1×0.1) ×9 =0.009m3

Formulation de Béton à base sans additions

$$\begin{cases} E = 1.44L \\ C = 4.05kg \\ S_{Beskra} = 5.04kg \\ S_{concasse} = 2.034kg \\ G_{3/8} = 1.764kg \\ G_{8/16} = 3.528\text{kg} \\ G_{16/25} = 3.528\text{kg} \end{cases}$$

III.8.2.Mélanges 2 (0% laitier) et (8% de fumée de silice) (B2)

B2 : : Pour coulage de 9 éprouvettes cubiques: V= [(0.1×0.1×0.1) ×9 =0.009m3

Formulation de Béton à base ((0% laitier) et (8% de fumée de silice)

$$\begin{cases} E = 1.44\ L \\ C = 3.726\text{kg} \\ \text{Fumée de silice} = 0.324\text{kg} \\ S_{Beskra} = 5.04kg \\ S_{concasse} = 2.16\text{kg} \\ G_{3/8} = 1.764\text{kg} \\ G_{8/16} = 3.528\text{kg} \\ G_{16/25} = 3.528\text{kg} \end{cases}$$

III.8.3.Mélanges 3 (5% laitier) et (8% de fumée de silice) (B3)

B3 : : Pour coulage de 9 éprouvettes cubiques: V= [(0.1×0.1×0.1) ×9 =0.009 m3

Formulation de Béton à base (5% laitier) et (8% de fumée de silice)

$$\begin{cases} E = 1.44\ L \\ C = 3.5397\text{kg} \\ \text{Fumée de silice} = 0.324\text{kg} \\ \text{Laitier} = 0.3726\text{kg} \\ S_{Beskra} = 5.04kg \\ S_{concasse} = 2.16\text{kg} \\ G_{3/8} = 1.764\text{kg} \\ G_{8/16} = 3.528\text{kg} \\ G_{16/25} = 3.528\text{kg} \end{cases}$$

III.8.4.Mélanges 4 (10% laitier) et (8% de fumée de silice) (B4)

B4 : : Pour coulage de 9 éprouvettes cubiques: V= [(0.1×0.1×0.1) ×9 =0.009 m3

Formulation de Béton à base (10% laitier) et (8% de fumée de silice)

- E = 1.44 L
- C = 3.3534kg
- Fumée de silice = 0.324kg
- Laitier = 0.3726kg
- S_{Beskra} =5.04kg
- $S_{concasse}$ =2.16kg
- $G_{3/8}$ =1.764kg
- $G_{8/16}$ =3.528kg
- $G_{16/25}$=3.528kg

III.8.5.Mélanges 5 (15% laitier) et (8% de fumée de silice) (B5)

B5 : : Pour coulage de 9 éprouvettes cubiques: V= [(0.1×0.1×0.1) ×9 =0.009 m3

Formulation de Béton à base (15% laitier) et (8% de fumée de silice)

- E = 1.44 L
- C = 3.1671 kg
- Fumée de silice = 0.324kg
- Laitier = 0.05589kg
- S_{Beskra} =5.04kg
- $S_{concasse}$ =2.16kg
- $G_{3/8}$ =1.764kg
- $G_{8/16}$ =3.528kg
- $G_{16/25}$=3.528kg

III.8.6.Mélanges 6 (0% laitier) et (5% de fumée de silice) (B6)

B6 : : Pour coulage de 9 éprouvettes cubiques: V= [(0.1×0.1×0.1) ×9 =0.009 m3

Formulation de Béton à base 0% laitier) et (5% de fumée de silice)

- E = 1.44 L
- C = 3.8475 kg
- Fumée de silice = 0.2025kg
- S_{Beskra} =5.04kg
- $S_{concasse}$ =2.16kg
- $G_{3/8}$ =1.764kg
- $G_{8/16}$ =3.528kg
- $G_{16/25}$=3.528kg

III.8.7.Mélanges 7((5% laitier) et (5% de fumée de silice) (B7)

E = 1.44 L
C = 3.645 kg
Fumée de silice = 0.2025kg
Laitier = 0.2025kg
S_{Beskra} =5.04kg
$S_{concasse}$ =2.16kg
$G_{3/8}$ =1.764kg
$G_{8/16}$ =3.528kg
$G_{16/25}$=3.528kg

III.8.8.Mélanges 8(5% laitier) et (5% de fumée de silice) (B8)

E = 1.44 L
C = 3.4425kg
Fumée de silice = 0.2025kg
Laitier = 0.405kg
S_{Beskra} =5.04kg
$S_{concasse}$ =2.16kg
$G_{3/8}$ =1.764k
$G_{8/16}$ =3.528kg
$G_{16/25}$=3.528kg

III.8.9.Mélanges 9(15% laitier) et (5% de fumée de silice) (B9)

E = 1.44 L
C = 3.24kg
Fumée de silice = 0.2025kg
Laitier = 0.6075kg
S_{Beskra} =5.04kg
$S_{concasse}$ =2.16kg
$G_{3/8}$ =1.764k
$G_{8/16}$ =3.528kg
$G_{16/25}$=3.528kg

III.8.10.Mélanges10((5% laitier) et (0% de fumée de silice) (B10)

E = 1.44 L
C = 3.8475kg
Laitier = 0.2025kg
S_{Beskra} =5.04kg
$S_{concasse}$ =2.16kg
$G_{3/8}$ =1.764k
$G_{8/16}$ =3.528kg
$G_{16/25}$=3.528kg

III.8.11.Mélange 11((10% laitier) et (0% de fumée de silice) (B11)

$$\begin{cases} E = 1.44\ L \\ C = 3.645kg \\ Laitier = 0.405kg \\ S_{Beskra} = 5.04kg \\ S_{concasse} = 2.16kg \\ G_{3/8} = 1.764k \\ G_{8/16} = 3.528kg \\ G_{16/25} = 3.528kg \end{cases}$$

III.8.12.Mélanges12 ((15% laitier) et (0% de fumée de silice) (B12)

$$\begin{cases} E = 1.44\ L \\ C = 3.4425kg \\ Laitier = 0.6075kg \\ S_{Beskra} = 5.04kg \\ S_{concasse} = 2.16\ kg \\ G_{3/8} = 1.764kg \\ G_{8/16} = 3.528kg \\ G_{16/25} = 3.528kg \end{cases}$$

III.9.Préparation de mélange

d'un béton ordinaire. Pour parvenir à effectuer des essais sur le béton frais, il faut suivre une certaine méthodologie.

- Le premier paramètre à prendre en compte est la capacité du malaxeurutilisé.

Après avoir déterminé les proportions de chaque constituant on suit le mode opératoire suivant:

- Vérifier en premier le nombre et l'état des moules prismatique cubique nécessaires pour les essais. Ces derniers doivent être graissés à l'aide d'une huile pour faciliter le décoffrage.
- Réunir tout le matériel nécessaire pour effectuer lesessais.
- Vérifier que les matériaux ne sont pas humides, si non les sécher préalablement dans l'étuve.
- Préparer la quantité d'eau nécessaire pour la gâchée. Le superplastifiant est ajouté à un quart de l'eau degâchage.
- Peser les matériaux secs (gravier, sable, ciment, pouzzolane) et les introduire dans le malaxeur.
- Mettre le malaxeur en marche pour homogénéiser le mélangesec.
- Laisser le malaxeur en marche et ajouter progressivement la première un quart de l'eau de gâchage (celle qui contientl'adjuvant).

- ❖ Ajouter la trois quart d'eaugraduellement.
- ❖ Effectuer immédiatement les essais après arrêt du malaxage, les essais sont réalisés au moins deux fois pour valider les valeurs obtenues.
- ❖ Remplir les éprouvettes en deux/trois couches avecvibration.

III.10.Conservation des éprouvettes

Après le gâchage du béton, les moules sont conservés dans une pièce à température ambiante, et démoulés après 24h.

Tableau III.8: Tableau récapitulative

	S Beskra	S concass	Gc 3/8	Gc8/16	G16/25	Eau	C	Laitier	E/L
B1	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.44	4.05	/	0.35
B2	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.4	4.05	/	0.32
B3	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.38	4.05	0.2025	0.32
B4	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.35	4.05	0.3726	0.32
B5	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.44	4.05	0.5589	0.32
B6	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.44	4.05	/	0.35
B7	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.45	4.05	0.2025	0.35
B8	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.46	4.05	0.405	0.34
B9	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.48	4.05	0.6075	0.33
B10	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.51	4.05	0.2025	0.32
B11	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.55	4.05	0.405	0.32
B12	5.04	2.16	1.76	3.52	3.52	1.58	4.05	0.6075	0.33

III.11.Performances des bétons à l'étatfrais

III.11.1.Affaissement au cone d'Abrams

1) Principe del'essai:

Cet essai consiste à mesurer la hauteur d'affaissement d'un volume tronconique de béton frais. Ce dernier est compacté dans un moule ayant la forme d'un tronc de cône.

Lorsque le cône est soulevé verticalement, l'affaissement du béton permet de mesurer sa consistance.

2) Appareillage:

- Moule pour former l'éprouvette : en métal non directement attaquable par la pâte de ciment, d'une épaisseur minimale de1,5 mm. La paroi intérieure du moule doit être lisse, sans aspérités. Le moule doit avoir la forme d'un tronc de cône creux aux dimensions intérieures suivantes :
  - diamètre de la base : (200± 2)mm.
  - Diamètre du haut: (100± 2) mm.
  - Hauteur: (300± 2)mm.

III.12.Performances des bétons l'étatdurci

III.12.1.Essai compression NF EN206-1

1) But de l'essai:

- Le but est de déterminer la résistance à la compression du béton.
- L'essai se fait sur une éprouvette cylindrique de dimensions normalisées et d'élancement de 2. (H= 2 Ø) ou éprouvette cubique 10 x 10 x 10. Les dimensions les plus utilisées sont : H= 32 cm Ø = 16 cm.[2]

2) Principe de l'essai:

- Après malaxage, on remplit en béton un moule cylindrique normalisé, le remplissage du moule se fera en 3 couches bien vibrées chacune.
- L'éprouvette sera immergée dans un bac d'eau pour durcir à une température moyenne de 20C°.
- Le démoulage se fera après un 24 heures. Généralement, la résistance est déterminée à 28 jours.

3) Conduite de l'essai:

- Ce temps écoulé, on retire le moule et on fait passer l'éprouvette à la presse permet la lecture de la force qui s'exerce sur les facettes latérales du cylindre debéton.
- Eprouvette sera placée entre les deux mâchoires de la machine et on élèvera une seule lecture.
- Celle de la force correspondant à la rupture de l'échantillon. Soit F cettelecture.
- Calculs : la résistance $G = \frac{F}{S}$

- S : section de l'éprouvette : 100cm^2.

❖ F : force au moment de larupture.

Et essai se fait également sur les roches que l'on doit tailler au préalable sous forme de cubes d'arête égale à 7 cm

Figure III.5: Presse hydraulique NF EN206-1

a) Presse laboratoire de B.E.R.M **b) Presse laboratoire génie civil**

Conclusion

Ce chapitre représente un plan détaillé des techniques et modes opératoires des essais normalisés effectués sur les constituants de nos bétons nécessaire à la formulation;

Après en a parlé des procédés de fabrication de notre BHP et le mode de conservation (cure) des éprouvettes.

Il était important de définir la partie normative à laquelle doivent répondre les différents mélanges. La méthode de formulation a été développée et le calcul des proportions des constituants a été fait suivi par des essais de caractérisation a l'états frais (conne d'abrams) et Durci (résistance a la compression et traction)