

## Chapitre 2 : MATERIAUX UTILISES ET METHODES EXPERIMENTALES

### 2.1. Introduction

Dans le but de mettre en évidence l'influence d'utilisation du sable de carrière et éventuellement les ajouts minéraux et adjuvants sur les propriétés des mortiers et bétons à l'état frais et à l'état durcis, on a utilisé un ciment de la classe CPA CEM I 42.5- ES, deux types de sable l'un issu de carrière et l'autre issu d'oued (alluvionnaire), et des gros agrégats de pierres concassées, en outre un ajout minéral actif « la pouzzolane naturelle » et un adjuvant superplastifiant. Les caractéristiques de ces matériaux et ainsi les méthodes expérimentales seront présentées dans ce chapitre.

### 2.2. Le ciment

Le ciment utilisé dans tous les essais appartient à la classe CPA CEM I 42.5- ES selon NA442-2000 provenant de la cimenterie de Ain Touta (wilaya de Batna).

#### 2.2.1. Composition chimique et minéralogique du ciment

Les essais pour la détermination des caractéristiques chimiques du ciment a été effectuée au niveau du laboratoire de la cimenterie de Ain-Touta (Batna) selon la norme NF EN 196-2. La composition chimique du ciment CPA utilisé dans tous les essais ainsi que sa composition minéralogique sont données respectivement aux **tableaux 2.1 et 2.2**.

**Tableau 2.1 :** Composition chimique du ciment

Elément	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P.F
%	21.62	4.49	5.37	63.91	1.66	1.92	0.25	0.03	0.81

**Tableau 2.2 :** Composition minéralogique du ciment

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
52.48	22.69	2.82	16.32

#### 2.2.2. Propriétés physiques

##### 2.2.2.1. La finesse du ciment

La finesse d'un ciment peut être caractérisée par sa surface massique : c'est la surface totale des grains contenus dans une unité de masse exprimée en m<sup>2</sup> / kg de poudre ou (cm<sup>2</sup>/g). L'étude de la finesse ou surface spécifique du ciment est d'autant plus nécessaire puisqu'elle a une influence directe sur les propriétés mécaniques et rhéologiques du mortier et béton. Elle est calculée en fonction du temps au moyen de l'appareil de Blaine ou « perméabilimètre de Blaine » (EN 196-6).

La surface spécifique  $S$  est calculée par la formule : 
$$S = k \frac{\sqrt{e^3} \cdot \sqrt{t}}{\rho(1-e) \cdot \sqrt{\eta}}$$

$S$  : Surface spécifique

$k$  : Constante de l'appareil

$e$  : Porosité de la couche tassée

$t$  : Temps mesuré en secondes

$\rho$  : Masse volumique ( $\text{g/cm}^3$ )

$\eta$  : Viscosité de l'air à la température d'essai (en poises).

Aussi elle peut être déterminée par la formule :  $S = k_t \cdot k_d \cdot k_a \cdot \sqrt{T}$  (B. Mezghiche)

$k_a$  : Constante de l'appareil (0.255)

$k_t$  : Constante de la température

$k_d$  : Constante de densité

$T$  : Temps mesuré en secondes.

### 2.2.2.2. La consistance normale

Le but de l'essai de consistance est précisément de déterminer la quantité optimale d'eau de gâchage. La consistance est évaluée ici en mesurant l'enfoncement, dans la pâte d'une tige cylindrique sous l'effet d'une charge constante. La consistance évaluée de cette manière sera appelée « consistance Vicat ». (EN 196 – 3).

### 2.2.2.3. Le temps de prise

Le début ou la fin de prise dépend de plusieurs paramètres, il varie notamment suivant la composition chimique et la finesse de mouture de ciment étudié, il dépend aussi de la température ambiante et, le cas échéant, des dosages en adjuvant, utilisés à une même température et sans adjuvant, deux ciments différents pourront se distinguer, par une plus ou moins grande rapidité de prise. L'objectif de l'essai est de définir, pour un ciment donné, un temps qui soit signification de cette rapidité de prise. (EN196 – 3).

Le **tableau 2.3** résume les caractéristiques physiques du ciment.

**Tableau 2.3** : Caractéristiques physiques du ciment.

Masse volumique apparente $\text{g/cm}^3$	Masse volumique absolue $\text{g/cm}^3$	Surface spécifique $\text{cm}^2/\text{g}$	Consistance normale (%)	Début de prise (heure : min)	Fin de prise (heure : min)
1.02	3.02	3470	27	2 :50	3 :45

### 2.2.2.4. Essais mécaniques sur le ciment

### 2.2.2.5. Mesure des résistances à la compression et à la flexion

Les ciments sont classés d'après leur résistance mécanique minimale, à la rupture par compression à 7 et 28 jours d'âge, mesurée sur des éprouvettes prismatiques  $(4 \times 4 \times 16) \text{cm}^3$  en mortier normal (EN 196 - 1).

Les résultats des essais de résistance sont donnés dans le **tableau 2.4**.

**Tableau 2.4** : Résistance à la compression et à la flexion du ciment.

Résistances en (MPa)	7 j	28 j
à la compression	34.2	48.6
A la flexion	4.8	6.5

Donc, l'activité du ciment CPA CEM I 42.5 MPa est vérifiée.

### 2.3. Les agrégats

Pour pouvoir réaliser notre étude, on a choisi d'utiliser des agrégats locaux, à savoir un sable de carrière, un sable alluvionnaire d'oued (comme témoin) et des graviers de pierres concassées. Les agrégats utilisés alors sont les suivants :

- Gravier de pierres concassées (PC) : 7/15 et 15/25 provenant d'une carrière à Biskra.
- Sable concassé de fraction 0/3 (SC): provenant d'une carrière à Biskra.

Pour ce sable, on a utilisé trois types selon la teneur en fines à savoir :

- ✓ Sable de carrière sans modification (SM) : pourcentage des fines 12 %.
  - ✓ Sable de carrière tamisé au tamis 0,16 mm (ST) : pourcentage des fines 4 %.
  - ✓ Sable de carrière lavé (SL) : pourcentage des fines 0.1 %.
  - Sable alluvionnaire de fraction 0/5 comme témoin (Stm) : pourcentage des fines 6 %.  
provenant d'oued Djedi (Biskra).
- ❖ On note que les différents pourcentages des fines ont été obtenus en procédant à des analyses granulométriques des sables.

#### 2.3.1. Le Sable

Le sable est le constituant du squelette granulaire qui a le plus d'impact sur les qualités du béton et du mortier. Il joue un rôle primordial en réduisant les variations volumiques, les chaleurs dégagées et le prix de revient des bétons. Il doit être propre et ne pas contenir d'éléments nocifs. En vue de son utilisation dans la confection des mortiers et bétons, le sable doit être soumis à des essais de laboratoire tels que l'analyse granulométrique, l'essai de l'équivalent de sable et l'analyse chimique ...etc. Avant d'exposer les différentes caractéristiques de notre sable, nous tenons à rappeler quelques spécifications des normes françaises concernant les sables. Il est préférable que la courbe granulométrique du sable appartienne au fuseau proposé pour la granularité optimale de sable à béton qui correspond à un module de finesse (MF) compris entre 2,2 et 2,8. La teneur en sulfates doit être inférieure à 0.2% conformément à la norme NF EN 196-2. La présence de sulfates dans les granulats est à l'origine de réactions expansives dues à la formation d'étringite.

La norme NF P 18-583 stipule que le pourcentage des chlorures doit être indiqué par le fournisseur s'il est égal ou supérieur à 0.02%.

Le pourcentage d'éléments coquilliers dans un sable doit être inférieur ou égale à 5% conformément à la norme NF P 18-540. Si les éléments coquilliers sont en trop grandes proportions, ils peuvent diminuer sensiblement les résistances et l'ouvrabilité des bétons.

### 2.3.2. Granulométrie et forme des grains

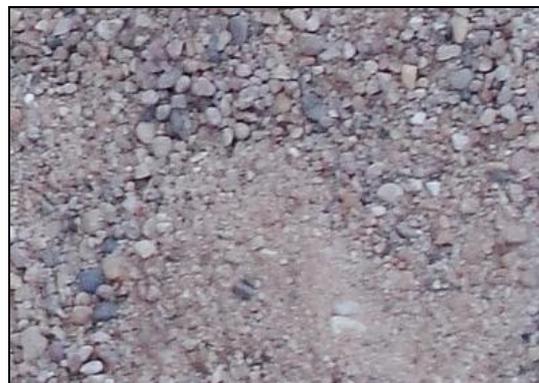
L'analyse granulométrique a été réalisé conformément à la norme NF EN 933-1, qui permet de déterminer la grosseur et les pourcentages de grains constituant l'échantillon. Elle s'applique à tous les granulats de dimension inférieur ou égale à 80 mm, en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimension des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas, le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis.

La forme des grains pour le gravier des pierres concassées est plus au moins ronde.

Les courbes granulométriques des différents types d'agrégats utilisés (voir **photos 2.1 à 2.4**) sont représentées dans les figures (2.1 à 2.5).



**Photo 2.1** : Sable de carrière



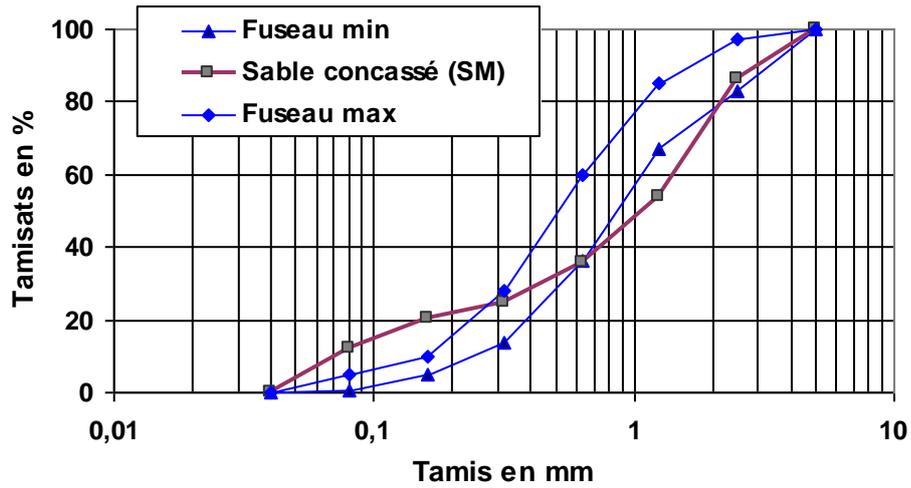
**Photo 2.2** : Sable d'oued (alluvionnaire)



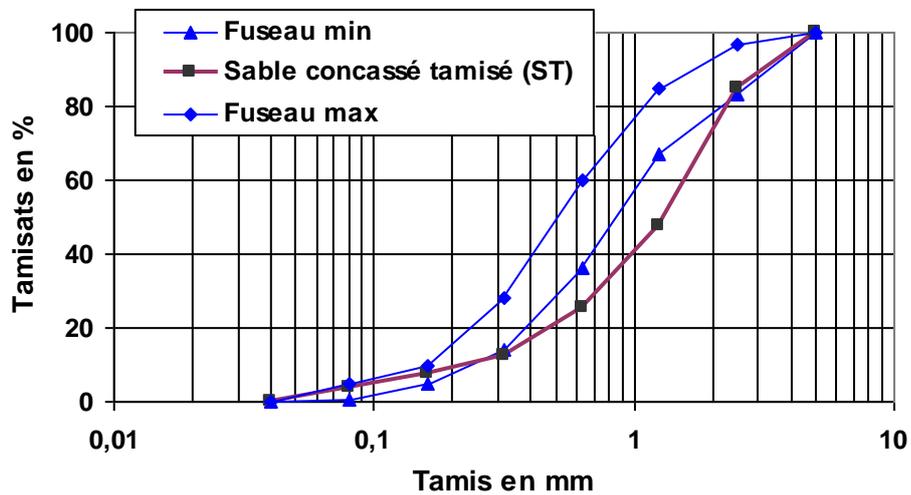
**Photo 2.3** : Gravier de pierres concassées



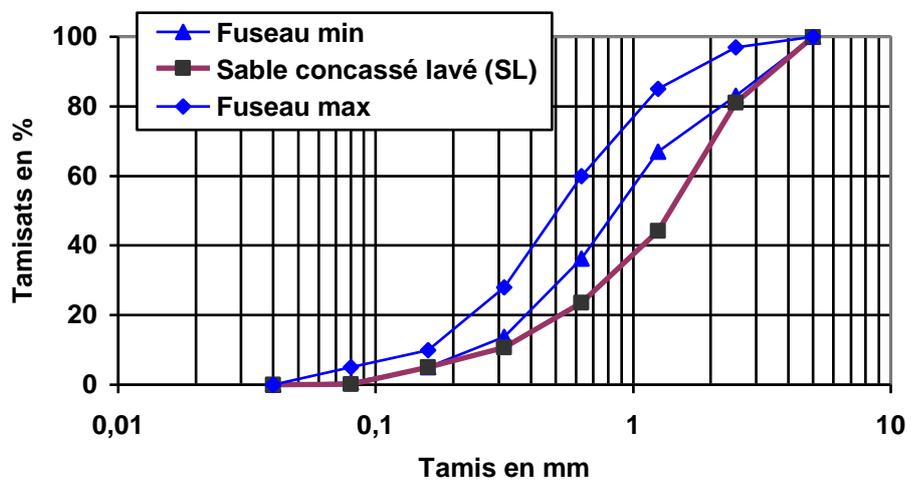
**Photo 2.4** : Pouzzolane naturelle (broyé)



**Figure 2.1 :** Courbe granulométrique du sable de carrière sans modification (SM).  
(Pourcentage des fines 12 % ; Module de finesse = 2.79)



**Figure 2.2 :** Courbe granulométrique du sable de carrière tamisé (ST).  
(Pourcentage des fines 4 % ; Module de finesse = 3.22)



**Figure 2.3 :** Courbe granulométrique du sable de carrière lavé (SL).  
(Pourcentage des fines 0.1 % .Module de finesse = 3.36)

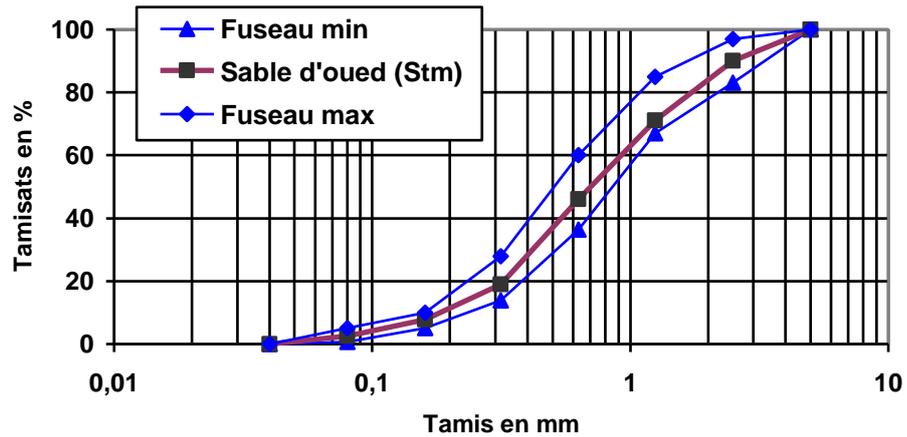


Figure 2.4 : Courbe granulométrique du sable d’oued (Stm).  
(Pourcentage des fines 6 %.Module de finesse = 2.69)

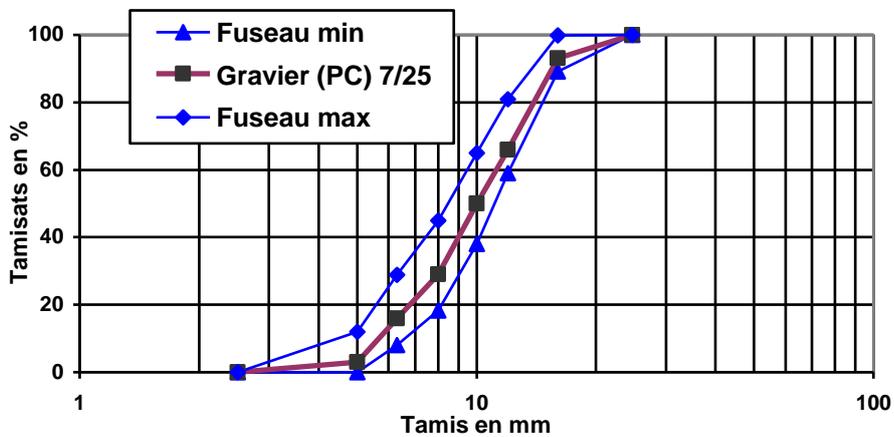


Figure 2.5 : Courbe granulométrique du gravier de pierres concassées (PC) 7/25.

### 2.3.3. Masses volumiques

Les masses volumiques apparentes et absolues des différents granulats utilisés sont mesurées d’après la norme NF P 18-554 et 555, les résultats sont résumés dans le **tableau 2.5**.

Tableau 2.5 : Masses volumiques des granulats utilisés

Granulats	Masse volumique absolue g/cm <sup>3</sup>	Masse volumique apparente g/cm <sup>3</sup>
Sable concassé	2.67	1.59
Sable d’oued	2.50	1.62
Gravier	2.67	1.48

### 2.3.4. Absorption d’eau

Le coefficient d’absorption est défini comme le rapport de l’augmentation de la masse de l’échantillon après immersion dans l’eau pendant 24 heures à 22° C à la masse sèche de l’échantillon conformément à la norme NF P 18-555.

Les résultats de cet essai sur les granulats utilisés sont donnés au **tableau 2.6**.

**Tableau 2.6 :** Absorption d'eau des granulats utilisés

Granulats	Sable concassé	Sable d'oued	Gravier
Absorption %	2.4	1.2	1.5

### 2.3.5. Propriétés des granulats

#### 2.3.5.1. Propreté des gros agrégats (impureté)

Les impuretés concernées sont telles que le limon, l'argile, et des matériaux solubles. Pour les granulats naturels, les impuretés sont en général un mélange de poussière, de petites particules d'argile. Le pourcentage prescrit par la norme NF P 18-591 à ne pas dépasser est fixé à 3 %. Les résultats concernant nos granulats indiquent qu'ils ne comportent pas d'impuretés.

#### 2.3.5.2. Résistance à l'abrasion ( Essai Los -Angeles)

La dureté des granulats utilisés a été contrôlée par l'essai de Los- Angeles conformément à la norme NF P 18-573 qui exige la valeur limite de 40 % à ne pas dépasser. La valeur obtenue de cet essai nous donne un Los Angeles égal à 22 %, qui est une indication d'un bon granulat.

#### 2.3.5.3. Equivalent de sable

Cet essai, utilisé de manière courante pour évaluer la propreté des sables. L'essai a été fait conformément à la norme (NF P18 – 598).

Les résultats de l'essai sur les sables utilisés est donnés au **tableau 2.7**.

**Tableau 2.7 :** Equivalent de sable

Equivalent de sable	Sable concassé			Sable d'oued (Stm)
	SM	ST	SL	
Esv (%)	92	95	99	73
Es (%)	84	94	98	71
Nature et qualité du sable	Sable très propre : l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.			Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.

#### 2.3.5.4. Compacité et porosité des granulats

La compacité C est défini par le rapport du volume de matière pleine au volume total, alors que la porosité (P) est par définition le complément à l'unité de la compacité.

$$C = \frac{MV_{app}}{MV_{abs}} \times 100 (\%); \quad P = 1 - C (\%)$$

$MV_{app}$  : Masse volumique apparente.

$MV_{abs}$  : Masse volumique absolue.

La compacité selon Dreux [21] pour les granulats courants est de l'ordre de 55 % à 65 %. L'essai est réalisé selon la norme NFP18-554, **tableau 2.8**.

**Tableau 2.8** : Compacité et porosité des granulats.

Granulats	Sable concassé	Sable d'oued	Gravier
Compacité (%)	60	69	55
Porosité (%)	40	31	45

### 2.3.5.5. Analyse chimique des granulats utilisés

L'analyse chimique des granulats utilisés est indispensable dans le but de savoir le taux des matières nuisibles qui peuvent affecter la qualité du béton ou mortier. L'analyse chimique a été effectuée au niveau du laboratoire de la cimenterie de Ain-Touta. Le **tableau 2.9** montre la composition chimique du gravier et sable de carrière.

**Tableau 2.9** : Composition chimique du gravier et du sable de carrière.

Elément	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	P.F	M.O
%	2.35	45.70	0.29	1.89	0.74	/	42.48	/

## 2.4. Eau de gâchage

Toutes les eaux ne peuvent être utilisées pour gâcher les bétons et les mortiers, l'eau potable est toujours utilisable, mais dans certains cas l'eau contient des impuretés, ce qui nécessite une analyse chimique pour déterminer les impuretés qui s'y trouvent. Ces impuretés sont soit des composés chimiques qui peuvent être actifs vis-à-vis du ciment, des granulats ou des armatures, soit des particules en suspension qui sont indésirables.

- L'excès d'impuretés détériore les propriétés du béton : les propriétés physiques et mécaniques (prise et résistance), les propriétés esthétiques (tâches, efflorescences), la durabilité (corrosion des armatures).

La teneur en chlorures admise ne doit pas dépasser 500mg. Les chlorures peuvent provenir de l'eau de gâchage, du ciment, des granulats et éventuellement de l'adjuvant. Les chlorures en faible proportion peuvent modifier légèrement la prise et le durcissement du ciment, par contre la forte proportion peut réagir avec le ciment et compromettre la durabilité du béton, leurs effets sont néfastes sur les armatures dont la corrosion provoque l'éclatement du béton.

Selon la norme NF P 18.325 la quantité maximale des ions chlorures est fixée aux valeurs suivantes :

- ✓ 1% pour les bétons non armés
  - ✓ 0.5% pour les bétons armés
  - ✓ 0.2% pour les bétons précontraints
- La norme NF P 18-303 stipule que :
- Les matériaux en suspension doivent être inférieures à 0.5% de l'eau en masse pour le béton non armé. L'argile en suspension fait diminuer les caractéristiques mécaniques.
  - Les matières organiques doivent être inférieures à 0.5% .Les micro algues diminuent les résistances et ont un effet d'entraînement d'air diminuant la compacité.
  - Les sulfates doivent être inférieures à 0.1% pour le béton non armé. Ils réagissent avec le ciment pour former de l'étringite qui s'accompagne de gonflement.
  - Les nitrates doivent être inférieures à 0.05%.
  - Les sels de sodium (Na) et de potassium (K) doivent être inférieures à 0.1%. Ils interviennent dans la rhéologie du béton, la prise du ciment et la durabilité du matériau durci.
  - L'acidité en pH doit être supérieure à 4.

L'eau utilisée dans la fabrication des mélanges du mortier et béton est provenant du robinet exempt d'impuretés. Il s'agit d'une eau potable, sa température n'est pas contrôlée lors du gâchage, quoique le béton obtenu a une température assez constante d'un mélange à l'autre, de 18 à 20 °C.

### 2.5. Superplastifiant

Il s'agit d'un superplastifiant MEDAPLAST- SP40 provenant de la Société Algérienne Granitex, de couleur marron, de densité  $1,22 \pm 0,01$  et de 32 % d'extrait sec. Il a été incorporé directement dans le mélange après quelques minutes de malaxage, selon la norme NFP18-335. Il permet d'obtenir des bétons et mortiers plus maniable et de très haute qualité. Lors de nos essais, on a incorporer dans les mélanges une quantité de ce superplastifiant égale à 0.5% de la masse du ciment utilisé.

### 2.6. La pouzzolane naturelle

Afin d'améliorer les propriétés physiques et mécaniques du mortier et béton, la pouzzolane naturelle a été incorporée au ciment avec une proportion de **10 %** en masse de ciment en substitution.

La pouzzolane utilisée est une pouzzolane naturelle d'origine volcanique de provenance du gisement de Bouhamidi (Béni-Saf), et fournie par la cimenterie de Ain-Touta en quantité suffisante pour nos besoins d'élaboration sur le plan expérimental. Cette pouzzolane est fournie

sous forme de roches concassées de type pierre ponce et scorie de diamètres variant de 5 à 10 mm. Pour pouvoir la substituer au ciment CPA, nous avons d'abord procédé à son étuvage à 105 °C afin d'éliminer toute éventuelle humidité et faciliter son broyage. Nous l'avons ensuite complètement broyé puis passé au tamisage.

Les caractéristiques physiques de la pouzzolane naturelle d'origine volcanique sont illustrées dans le **tableau 2.10** suivant :

**Tableau 2.10** : Caractéristiques physiques de la pouzzolane naturelle

Caractéristiques physiques	Unité	Valeurs
masse volumique apparente	g/ cm <sup>3</sup>	0.98
masse volumique absolue	g/ cm <sup>3</sup>	2.70
surface spécifique Blaine	cm <sup>2</sup> /g	4700
pouzzolannicite	%	85
absorption	%	58.70
porosité	%	57.10
humidité	%	2.50
perte au feu	%	5.60

Le **tableau 2.11** illustre à son tour la composition chimique de la pouzzolane naturelle.

**Tableau 2.11** : Composition chimique de la pouzzolane naturelle

Composants	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>4</sub>	Cl	P.F
%	45.21	17.85	9.99	9.84	4.38	/	/	3.91

## 2.7. Composition des mortier et bétons

Afin de réaliser cette étude, plusieurs mélanges de mortier et béton de différents dosages et avec des différents rapport E/C ont été faits à base de **quatre types de sable** à savoir :

- ◆ Sable de carrière sans modification
- ◆ Sable de carrière tamisé au tamis 0.16 mm
- ◆ Sable de carrière lavé
- ◆ Sable d'oued (témoin)

Notons que le calcul de ces mélanges a été fait par la méthode des « volumes absolus » élaborée par le professeur B.Scramtaïv [47].

Les mélanges du mortier et béton ont été réalisés comme suivant :

- Pour le mortier, un dosage variable de 300, 350 et 400 Kg/m<sup>3</sup> et avec un rapport E/C variant 0.65, 0.70 et 0.75. Pour l'ajout de la pouzzolane et le superplastifiant, on a choisi d'utiliser le rapport E/C de 0.70 avec les trois dosages de 300, 350 et 400 Kg/m<sup>3</sup>.
- Pour le béton, un dosage variable de 300, 350 et 400 Kg/m<sup>3</sup> et avec un rapport E/C variant 0.4, 0.5 et 0.6. Pour l'ajout de la pouzzolane et le superplastifiant, on a choisi d'utiliser deux rapports E/C 0.4 et 0.5 avec un dosage de 350 Kg/m<sup>3</sup>.

Les **tableaux 2.12 à 2.15** présentent la formulation complète des différents mélanges de mortier et béton comme indiquée au dessus.

**Tableau 2.12 :** Composition des mélanges de mortier avec « sable d'oued » témoin pour différents dosages de ciment 300, 350 et 400 kg/m<sup>3</sup>

E/C	Ciment kg/m <sup>3</sup>	Eau l/m <sup>3</sup>	Sable kg/m <sup>3</sup>
0.65	300	195	1765
	350	227	1644
	400	260	1520

**Tableau 2.13 :** Composition des mélanges de mortier avec « sable concassé » pour différents dosages de ciment 300, 350 et 400 kg/m<sup>3</sup>

E/C	Ciment kg/m <sup>3</sup>	Eau l/m <sup>3</sup>	Sable kg/m <sup>3</sup>
0.65	300	195	1884
0.70		210	1845
0.75		225	1805
0.65	350	227	1754
0.70		245	1707
0.75		262	1661
0.65	400	260	1623
0.70		280	1570
0.75		300	1516

**Tableau 2.14 :** Composition des mélanges de béton avec « sable concassé » pour différents dosages de ciment 300, 350 et 400 kg/m<sup>3</sup>

E/C	Ciment kg/m <sup>3</sup>	Eau l/m <sup>3</sup>	Pierres concassés kg/m <sup>3</sup>	Sable kg/m <sup>3</sup>
0.4	300	120	1213	872
0.5		150	1182	823
0.6		180	1143	782
0.4	350	140	1172	816
0.5		175	1143	751
0.6		210	1115	686
0.4	400	160	1133	757
0.5		200	1106	677
0.6		240	1089	588

**Tableau 2.15 :** Composition des mélanges de béton avec « sable d'oued » témoin pour différents dosages de ciment 300, 350 et 400 kg/m<sup>3</sup>

E/C	Ciment kg/m <sup>3</sup>	Eau l/m <sup>3</sup>	Pierres concassés kg/m <sup>3</sup>	Sable kg/m <sup>3</sup>
0.5	300	150	1182	770
	350	175	1143	703
	400	200	1106	634

## 2.8. Confection et cure des éprouvettes

Pour le mortier, nous avons élaboré des séries d'éprouvettes cubiques (50x50x50) mm<sup>3</sup> destinées aux essais de compression et des prismes (70x70x280) mm<sup>3</sup> destinées aux essais de flexion simple et aux essais du retrait et gonflement.

Pour le béton, des éprouvettes cubiques (10x10x10) cm<sup>3</sup> ont été réalisées pour les essais de compression, d'absorption d'eau par immersion, de durabilité et de ramollissement, des prismes (10x10x40) cm<sup>3</sup> pour les essais de flexion simple et les essais de déformabilité. La confection des éprouvettes est faite conformément aux normes NF P 18-404 et 405.

Les moules contenant les échantillons sont couverts de film en plastique et stockés dans l'environnement de laboratoire. Le démoulage est effectué après une durée de 24h et les

échantillons sont conservés au laboratoire dans l'eau sous une température de  $20^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  jusqu'au jour de l'échéance. Il est à noter que pour les différents mélanges de mortier et béton, trois éprouvettes par échéance ont été utilisés pour effectuer l'essai, soit 28 jours.

## 2.9. Malaxage du béton

Le malaxage du béton est effectué selon la norme NF P 18-404.

Les constituants sont introduits dans la cuve dans l'ordre suivant :

- ✓ Placer les gros graviers, liant (ciment + ajout) et le sable.
- ✓ Malaxer à sec pendant 1mn.
- ✓ Ajouter l'eau d'une façon uniforme et malaxer pendant 2mn (pour les bétons avec adjuvant le superplastifiant est introduit dans la deuxième partie d'eau de gâchage et malaxé pendant 30 secondes - voir la fiche technique-).
- ✓ Directement après le malaxage on remplit les moules à raison de deux couches, la vibration est effectuée à l'aide d'une table vibrante.
- ✓ Enfin araser et lisser la surface du béton à l'aide d'une truelle.
- ✓ Les éprouvettes sont ensuite maintenues dans le moule pendant 24 heures.
- ✓ Après démoulage, les éprouvettes sont pesées et conservées dans l'eau à  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  jusqu'à la date d'essai.

## 2.10. Programme des essais

### 2.10.1. Ouvrabilité

Pour le mortier, l'ouvrabilité a été mesurée par la table à secousses conformément aux normes NF P 18-452 et NF P 15-437. Le mortier, après avoir été mis en place et démoulé d'un moule tronconique, reçoit 30 chocs en 30 secondes. On mesure le diamètre de la galette ainsi obtenue. L'étalement en mm (**Figure 2.6**) est donné par la formule:

$$E = \frac{D_1 - D_2}{2} \text{ mm} ; \quad \text{avec } D_r = \text{diamètre final et } D_i = \text{diamètre initial 100 mm}.$$

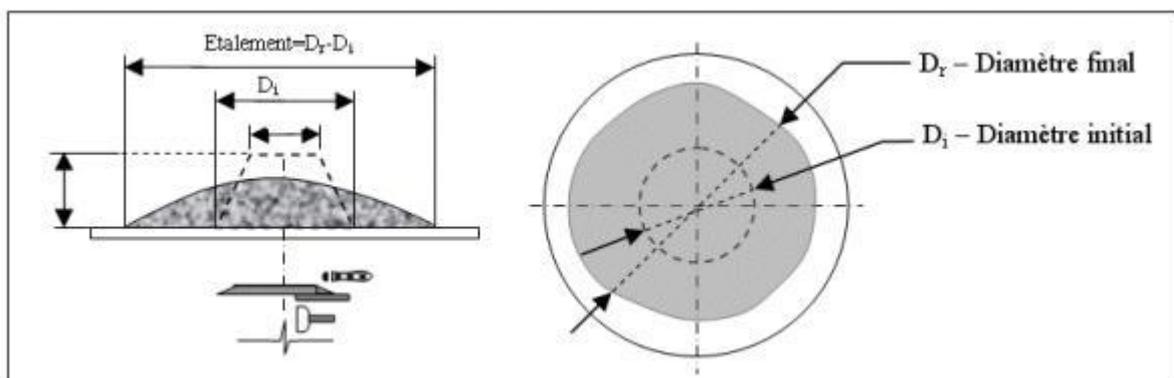


Figure 2.6 : Table à secousses

Le contrôle de l'ouvrabilité des bétons est effectué grâce à l'essai d'affaissement au cône d'Abrams (Slump test – NF P 18-451), (**photo 2.5**). Il s'agit de constater l'affaissement d'un cône de béton sous l'effet de son propre poids. Plus cet affaissement sera grand et plus le béton sera réputé fluide. Cet essai consiste à remplir le cône en trois couches tassées avec une tige d'acier pointue de 16 mm de diamètre à raison de 25 coups par couche, puis soulever le moule avec précaution et mesurer l'affaissement en cm.

Les mesures sont évidemment quelque peu dispersées et il ne faut pas accorder à cet essai un caractère trop rigoureux, mais on peut admettre qu'il caractérise bien la consistance d'un béton et permet le classement approximatif indiqué au **tableau 2.16**. [21]

**Tableau 2.16** : Appréciation de la consistance en fonction de l'affaissement au cône. [21]

Classe de consistance	Affaissement (cm)	Tolérance (cm)
Ferme F	0 à 4	$\pm 1$ cm
Plastique P	5 à 9	$\pm 2$ cm
Très plastique TP	10 à 15	$\pm 3$ cm
Fluide Fl	$\geq 16$	



**Photo 2.5** : Essai du Slump-test.

### 2.10.2. Essai de la résistance à la compression

Cet essai a été effectué sur une presse de force et de dimension appropriées à l'éprouvette à tester et cela conformément à la norme NF P 18-406 et à la norme EN 196-1. Pour les différents mélanges de mortier et béton, trois éprouvettes par échéance ont été utilisés pour effectuer l'essai, soit après 28 jours de cure (**photo 2.6**).



**Photo 2.6** : Eprouvettes cubiques (10x10x10) cm<sup>3</sup>.

### 2.10.3. Essai de traction par flexion

L'essai a été effectué selon la norme NF P 18 – 407 et à la norme EN 196-1. Les éprouvettes sont testées après une cure de 28 jours dans l'eau. On a pris la moyenne de trois éprouvettes pour chaque type de béton (**photo 2.7**).



**Photo 2.7** : Eprouvettes prismatiques (10x10x40) cm<sup>3</sup>.

### 2.10.4. Essai d'absorption d'eau par immersion

L'absorption par immersion consiste à mettre les éprouvettes du béton dans l'étuve et de les peser jusqu'à poids constant, ensuite les immerger totalement dans l'eau à 20°C pendant une durée de 24h c'est-à-dire jusqu'à saturation du matériau.

### 2.10.5. Coefficient de ramollissement

Le coefficient de ramollissement est le rapport de la résistance à la compression d'un matériau saturé d'eau  $R_{sat}$  à la résistance à la compression du matériau sec  $R_{sec}$ . Pour les matériaux dont le coefficient de ramollissement est égal ou supérieur à 0.80 sont considérés comme résistant à l'eau. Les résistances  $R_{sat}$  et  $R_{sec}$  sont mesurées sur éprouvettes cubiques 10x10x10<sup>3</sup> cm à 28 jours d'âge.

### 2.10.6. Essai du retrait et gonflement

Le retrait est un facteur très important dans la pratique, car il entraîne souvent l'apparition de fissures qui peuvent nuire à la durabilité du béton. La présence des éléments fins engendre des modifications dans le squelette solide vis-à-vis de la déformation (retrait) du mortier. Cet essai consistera à mesurer le retrait et le gonflement sur des différents mortiers à base de sable de carrière. Les mesures et les observations sont faites au cours de cet essai portent sur la mesure du retrait et du gonflement des mortiers sur prismes 4x4x16 cm<sup>3</sup> sur une période de 28 jours.

### 2.10.7. Essai de Durabilité

Afin de caractériser d'une façon générale la durabilité du béton à base de sable concassé et tenant en compte la nature du climat sévère de notre région qui se distingue par un écart très important des températures entre l'hiver et l'été avec en particulier de très hautes températures en ce dernier, on a opté d'exposer des éprouvettes de ce béton à des ambiances cycliques de température simulant ainsi notre climat. Cet essai a pour but d'apprécier l'endurance du ce type du béton par estimation d'une éventuelle chute sa la résistance à la compression.

Des éprouvettes alors, à l'âge de 28 jours, ont été mises à une température de 60 °C pendant 24h, ensuite laissées refroidir naturellement pendant 24h, formant ainsi un cycle. Au bout de 20 cycles, ces éprouvettes y compris témoin ont été écrasées. Les résistances à la compression issues de cet essai nous ont données une idée sur la durabilité du béton à base de sable concassé.

### 2.10.8. Essai de déformabilité et module d'élasticité

Pour pouvoir étudier l'influence d'utilisation du sable de concassé sur la déformabilité du béton à 60 jours, on a réalisé huit types de béton à partir des quatre types de sable à savoir : sable de carrière sans modification, sable de carrière tamisé au tamis 0.16 mm, sable de carrière lavé et sable d'oued (comme témoin) , soit quatre béton dosé à 350 Kg/m<sup>3</sup> en ciment et avec un rapport E/C de 0,5 et quatre autres du même dosage en ciment et avec un rapport E/C de 0,6 . Chaque type comprend trois échantillons prismatiques (10×10×40) cm<sup>3</sup>.

Les essais ont été effectués à 60 jours du durcissement, la déformation a été mesurée au moyen de comparateurs à cadran ayant la valeur d'une division de 0.01 mm qui sont installés à l'aide de cadres appropriés sur une distance de 200 mm dans le sens longitudinal et de 100 mm dans le sens transversal. (Photo 2.8).

**Photo 2.8** : Essai de déformabilité sur éprouvette prismatique (10×10×40) cm<sup>3</sup>.



### 2.11. Conclusion

Les essais physiques, les analyses chimiques et les analyses minéralogiques effectués donnent une idée générale sur les caractéristiques principales des matériaux servant à la formulation des mortiers et bétons qui seront étudiés au chapitre suivant à l'état frais et à l'état durci.. La connaissance de ces caractéristiques nous aide d'une façon significative à commenter les résultats des essais expérimentaux.