



Université Mohamed khider –Biskra

Faculté d'Architecture, de l'Urbanisme, de Génie Civil et de l'Hydraulique

Département de Génie civil et d'Hydraulique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies

Filière : génie civil

Spécialité : matériaux en génie civil

Réf. :

Présenté et soutenu par :

**Ben Sahal Soual Tamani Intissar**

Le: Click here to enter a date.

## Effet d'adjuvant sur les caractéristiques de béton et porosité

Jury : Hachemi Samia, Chadli Mounira

Encadreur : Ben Aichi Elhadj

Année universitaire : 2024/2025

# **Remerciements**

Je remercie Allah, le Tout Puissant, le Miséricordieux, de m'avoir appris ce que j'ignorais, de m'avoir donné la santé et tout dont je nécessitais pour l'accomplissement de ce mémoire.

Également, mon encadreur de projet de fin d'étude **Dr BEN AICHI El-hadj**, docteur à l'université Mohamed Khider Biskra, pour son encadrement, ses directives et sa disponibilité

Je remercie le **Monsieur. TOUR Abd-Elmonaim** - Ingénieur de laboratoire de matériaux et construction de génie civil,

et **monsieur GATTALA Ismail** Ingénieur de laboratoire de hydraulique pour m'avoir assisté dans la réalisation des éprouvettes et la conduite des essais de laboratoire, ET pour ses conseils

# Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma très chère grand-mère Saoudi Mabroki Ismahan qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père mohamed Saleh que j'aime plus que tout et qui m'a toujours encouragée et qui croit en moi, merci au meilleur papa du monde.

A ma très chère mère Sabrina qui me soutient dans le bonheur comme dans la douleur, qui me comprend mieux que quiconque.

À mes frères et sœurs : Nidhal ,Fadia , Naila , Moncef ,Inssaf

A toute la famille Ben sahal soual .

A ma copine Achouak chabi et Debza lyna , qui m'a aidée tout au long de ce travail

## Résumé

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'amélioration des propriétés physiques et de la durabilité du béton à travers l'utilisation d'adjuvants. L'objectif principal est d'étudier l'influence de certains adjuvants sur le comportement du béton durci, notamment en ce qui concerne sa perméabilité, sa porosité et sa résistance aux cycles d'humidité.

Pour cela, plusieurs formulations de béton ont été préparées avec et sans adjuvants, puis soumises à une série d'essais expérimentaux, à savoir :

- l'essai de perméabilité à l'eau,
- l'absorption capillaire et par immersion,
- le test par ultrasons,
- ainsi que les essais de mouillage et de séchage.

Les résultats obtenus ont montré que l'ajout d'adjuvants permet, dans la majorité des cas, d'améliorer la compacité du béton, de réduire sa porosité et de limiter la pénétration de l'eau. Ces effets contribuent à renforcer la durabilité du matériau, en particulier pour les ouvrages exposés à des environnements agressifs ou humides.

Ce travail met en évidence l'intérêt de l'utilisation raisonnée des adjuvants dans la formulation des bétons modernes, tout en soulignant la nécessité d'adapter leur type et leur dosage en fonction des performances recherchées.

## **Abstract**

This thesis is part of an effort to improve the physical properties and durability of concrete through the use of admixtures. The main objective is to study the influence of certain admixtures on the behavior of hardened concrete, particularly in terms of its permeability, porosity, and resistance to moisture cycles.

To this end, several concrete formulations were prepared, with and without admixtures, and then subjected to a series of experimental tests, namely:

- water permeability testing,
- capillary and immersion absorption,
- ultrasonic testing,
- as well as wetting and drying tests.

The results obtained showed that the addition of admixtures generally improves the compactness of the concrete, reduces its porosity, and limits water penetration. These effects help to enhance the material's durability, especially for structures exposed to aggressive or humid environments.

This work highlights the importance of the rational use of admixtures in the formulation of modern concretes, while emphasizing the need to adapt their type and dosage according to the desired performance.

## **Liste des symboles**

**BO** : béton ordinaire

**BAdj** : béton avec adjuvant

**RC** : Résistance à la compression.

**F** : Charge de rupture.

**S** : Surface

# Table des

# matières

<b>MATIERIERES</b>	<b>N PAGE</b>
<b>Remerciements</b>	
<b>Dédicace</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Table des matières</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Introduction générale</b>	
<b>Chapitre I : Recherche Bibliographique</b>	
I.1. Introduction	2
I.2. Concepts Généraux	3
I.2.1. Le béton	3
I.2.2. Adjuvants chimiques	4
I.2.3. Focus sur les superplastifiants	5
I.2.4. Types et évolution historique	5
I.3. Effet des Superplastifiants sur les Propriétés du Béton	6
I.3.1. Propriétés mécaniques	6
I.3.2. Propriétés physiques	6
I.3.3. Impact des superplastifiants	8
I.4. Facteurs influençant l'efficacité des superplastifiants	10
I.4.1. Dosage optimal	10
I.4.2. Compatibilité avec les composants du mélange	10
I.5. Conclusion	14
<b>Chapitre II : matériaux et les essais réalisées</b>	
II.1. Introduction	17
II.2. MATERIAUX UTILISES	17
II.2.1. Ciment	17
II.2.2 Eau	18
II.2.3. Les granulats	18
II.2.4. Adjuvant superplastifiant	19

II.3. Essais des caractéristiques des matériaux utilisés	19
II.3.1. Analyse granulométrique	20
II.3.2. La masse volumique	22
II.3.2.1. La masse volumique absolue	22
II.3.2.2. La masse volumique apparente	23
II.3.3. Equivalent de sable	24
II.3.4. Module de finesse	26
II.4. FORMULATIONS DES MELANGES	26
II.5. ESSAIS REALISES	30
II.5.1. Essai de compression simple (Norme EN 196-1)	30
II.5.2. Absorption	30
II.5.3. Essai de mouillage – séchage (ASTM D559 – 57)	33
II.5.4. Essai de perméabilité à l'eau	34
II.5.5. Essai d'auscultation dynamique (ultrason) P18-418	34
II.5.6. L'essai brésilien (ou essai diamétral de compression indirecte)	35
II.5.7. Affaissement	37
II.6. Conclusion	39
<b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>	
III.1. INTRODUCTION	41
III.2. Résultats d'essais	41
III.2.1. Comportement du béton à l'état frais	41
III.2.2. Résultats de l'essai d'absorption par immersion	42
III.2.4. Résultats de l'essai d'absorption par capillaire	44
III.2.3. Résultats de l'essai aux ultrasons	45
III.2.4. Résultats de l'essai brésilien	46
III.2.4. Résultats de l'essai de perméabilité à l'eau	47
III.2.5. Résultats de l'essai de mouillage – séchage (ASTM D559 – 57)	48
III.3. Conclusion	49
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	53
<b>REFERENCE</b>	56



# Liste des tableaux

<b>TABLEAUX</b>	<b>N PAGE</b>
<b>Chapitre II : matériaux et les essais réalisées</b>	
Tableau. II.1. La masse volumique de ciment .	17
Tableau.I.2. Caractéristiques techniques	17
Tableau.II.3. Caractéristiques de super plastifiant.	19
Tableau II.4. Les masses volumiques apparentes et absolues des différents types de granulats.	24
Tableau. II.5 . Equivalent de sable.	25
Tableau. II.6. module de finesse.	26
Tableau. II.7. Dépense en matériaux pour 1 m <sup>3</sup> de béton	29
Tableau. II.8 . 1m <sup>3</sup> 16Ø 32 de béton avec et sons adjuvants.	29
Tableau.II.10. Interprétation des résultats d'affaissement	38
<b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>	
Tableau.III.1. Résistance à la compression en ( Mpa )	41
Tableau.III.2. Résultats de l'essai d'absorption par immersion	42
Tableau.III.3. Résultats de l'essai d'absorption par capillaire	44
Tableau.III.4. Résultats de l'essai aux ultrasons	45
Tableau.III.5. Résultats de l'essai de mouillage – séchage (ASTM D559 – 57)	48
Tableau.II.5. Résultats de résistance en compression	49

# Liste des figures

<b>FIGURE</b>	<b>N PAGE</b>
<b>Chapitre I : Recherche Bibliographique</b>	
Figure I.1. Composition de béton	4
Figure I.2. L'essai d'affaissement (slump test).	7
Figure I.3. Illustration des mécanismes de pénétration de l'eau ou des ions chlorure	8
Figure I.4. Microscopie électronique (MEB) comparant microstructure d'un béton avec/sans superplastifiant	9
<b>Chapitre II : matériaux et les essais réalisées</b>	
Fig. II.1. Gravier 15/25	18
Fig. II.2. Gravier 8/15	18
Fig. II.3. Sable d'oued lioua 0/5	18
Fig. II.4. Tamis dans table vibration.	20
Fig II.5. Analyse granulométrique de gravier 8/15	20
Fig II.6. Analyse granulométrique de gravier 15/25	21
Fig II.7 . Analyse granulométrique de sable	21
Fig. II.8. Essai de masse volumique absolue.	22
Fig. II.9. Essai de la masse volumique apparente.	23
Fig. II.10 . Essai d'équivalent de sable.	25
Fig.II.11.Courbe d'analyse granulométrique.	28
Img. II.12. Presse d'essai de compression.	30
Img. II.13. Essai de Absorption totale (par immersion).	31
Img. II.14. Essai de Absorption capillaire.	32
Img. II.15. Four de séchage.	33
Fig. II.16. Four de séchage.	34
Fig. II.17. Appareil d'ultrason.	35
Fig. II.18. Appareil d'écrasement .	37
Fig.II.19. Essai d'affaissement au cône d'Abra.ms.	38
<b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>	
Fig.III.1. Evolution de la résistance en compression a fonction le percentage	42

---

adjuvants

---

Fig.III.2. Résultats de l'essai d'absorption par immersion	43
Fig.III.3. Résultats de l'essai d'absorption par capillaire	44
Fig.III.4. Résultats de l'essai aux ultrasons	46
Fig.III.5. essai brésilien	47
Fig.III.6. Résultats de l'essai de mouillage – séchage	49

---

# **Introduction**

**générale**

# **Introduction générale**

---

## **Introduction générale**

Le béton est sûrement un des matériaux les plus employés dans le champ du génie civil, à cause de sa grande disponibilité et de ses bons résultats mécaniques et de sa faculté à s'ajuster à différents environnements et contraintes.

Par contre, les besoins d'aujourd'hui concernant la durabilité et la résistance aux éléments nuisibles demandent une amélioration constante de ses caractéristiques, à la fois lorsqu'il est nouveau et lorsqu'il est sec. Dans ce contexte, l'utilisation des adjuvants dans la formulation du béton s'est largement démocratisée. Ces produits, incorporés en faible quantité, permettent de modifier certaines caractéristiques du béton, comme la maniabilité, le temps de prise, la porosité ou encore la résistance à la pénétration de l'eau et aux cycles d'humidité. Leur impact peut être déterminant pour prolonger la durée de vie des ouvrages et améliorer leur comportement face aux agressions physiques et chimiques. L'objectif principal de ce mémoire est d'étudier l'effet de l'ajout d'adjuvants spécifiques sur les caractéristiques physiques et mécaniques du béton durci, avec une attention particulière portée à sa durabilité. Pour cela, une série d'essais expérimentaux ont été réalisés sur différentes formulations de béton, incluant ou non des adjuvants, afin de comparer leurs performances.

Les essais réalisés dans le cadre de ce travail incluent :

- L'essai de perméabilité, permettant d'évaluer la capacité du béton à résister à la pénétration de l'eau sous pression,
- L'absorption capillaire et l'immersion, pour analyser le comportement du béton face à l'eau en conditions de capillarité ou de saturation,
- Le test par ultrasons, utilisé pour estimer l'homogénéité et la compacité du béton,
- Les essais de mouillage et de séchage, afin de simuler les cycles hydriques que le béton peut subir en service et d'évaluer sa stabilité dimensionnelle et sa porosité ouverte.

Ce travail vise ainsi à mieux comprendre l'influence des adjuvants sur les mécanismes de transport de l'eau dans le béton, qui jouent un rôle fondamental dans sa durabilité à long terme.

Le mémoire se structure autour des axes suivants :

- Une étude bibliographique sur les adjuvants et leur interaction avec la matrice cimentaire,
- Une description de la méthodologie expérimentale adoptée,
- Une analyse approfondie des résultats des différents essais,
- Et une conclusion générale mettant en évidence les apports de cette étude et les perspectives qu'elle ouvre dans le domaine des matériaux durables en génie civil.

# **Chapitre I :**

## **Recherche**

## **Bibliographique**

# Chapitre I: Recherche Bibliographique

---

## Chapitre I : Recherche Bibliographique

### I.1. Introduction

#### Importance du sujet

Le béton est un matériau incontournable dans le domaine de la construction moderne, en raison de sa polyvalence, de sa résistance mécanique et de son coût relativement abordable. Cependant, ses performances sont souvent limitées par des défis majeurs tels que la **durabilité** (résistance aux agressions chimiques, au gel ou à la corrosion), la **résistance mécanique optimale** et la nécessité de réduire les coûts environnementaux et économiques liés à sa production.

Pour surmonter ces limites, l'utilisation d'**adjuvants chimiques** s'est imposée comme une solution innovante. Parmi ces adjuvants, les **superplastifiants** jouent un rôle clé en améliorant la maniabilité du béton tout en réduisant la quantité d'eau nécessaire, ce qui optimise sa compacité et ses propriétés finales. Toutefois, leur intégration soulève des questions critiques, notamment concernant leur **impact sur la porosité** du béton. En effet, la microstructure poreuse est un facteur déterminant pour les **performances mécaniques** (résistance en compression, traction) et la **durabilité** (perméabilité, résistance aux cycles gel-dégel). Une porosité mal contrôlée peut compromettre la longévité des structures, même si la résistance initiale semble satisfaisante.

Cette problématique justifie une analyse approfondie des interactions entre les superplastifiants, la porosité et les propriétés globales du béton, afin de guider les pratiques industrielles vers des formulations plus durables et efficaces.

#### Objectifs du chapitre

Ce chapitre de **recherche bibliographique** vise à :

1. **Analyser de manière critique** les travaux scientifiques existants sur l'effet des superplastifiants sur les propriétés du béton, notamment :
  - o Les **propriétés mécaniques** (résistance en compression, module d'élasticité).
  - o Les **propriétés physiques** (maniabilité, temps de prise).
  - o La **durabilité** (perméabilité, résistance à la corrosion).

# Chapitre I: Recherche Bibliographique

---

2. **Explorer le lien** entre l'utilisation de ces adjuvants et l'**évolution de la microstructure poreuse** du béton :

- L'influence des superplastifiants sur la **taille**, la **distribution** et la **connectivité des pores**.
- Les mécanismes par lesquels la porosité modifiée affecte les performances mécaniques et la durabilité.

En synthétisant les connaissances actuelles, ce chapitre identifiera également les **lacunes de recherche**, comme l'impact à long terme des superplastifiants sur la dégradation du béton, et préparera le terrain pour les études expérimentales ultérieures.

## I.2. Concepts Généraux

### I.2.1. Le béton

#### Composition

Le béton est un matériau composite largement utilisé dans le domaine de la construction pour ses performances mécaniques et sa durabilité. Il est constitué de quatre composants principaux :

- **Le ciment** : un liant hydraulique, généralement du ciment Portland, qui réagit avec l'eau pour former une pâte capable de durcir.
- **Les granulats** : des matériaux inertes (sables, graviers, concassés) qui forment l'ossature du béton et en assurent la stabilité dimensionnelle.
- **L'eau** : nécessaire à l'hydratation du ciment, elle déclenche les réactions chimiques responsables du durcissement.
- **Les adjuvants** : des produits chimiques ajoutés en faible quantité pour modifier certaines propriétés du béton, comme le temps de prise, la fluidité ou la résistance [1].

# Chapitre I: Recherche Bibliographique



**Figure I.1.** Composition de béton. [2]

## Importance de la porosité

La porosité du béton désigne la quantité de vides présents dans sa matrice. Elle joue un rôle essentiel dans la performance globale du matériau. Une porosité élevée peut entraîner :

- Une **perméabilité accrue**, facilitant la pénétration de l'eau, des gaz et des agents agressifs (chlorures, sulfates).
- Une **réduction de la durabilité**, surtout dans les environnements agressifs ou soumis à des cycles de gel/dégel.
- Une **diminution de la résistance mécanique**, car les vides agissent comme des points faibles dans la structure [3].

Un bon contrôle de la porosité permet donc d'améliorer la durabilité et la résistance du béton à long terme.

## I2.2. Adjuvants chimiques

### Classification

Les adjuvants sont classés selon leur fonction dans la formulation du béton :

- **Plastifiants** : améliorent la maniabilité du béton en réduisant la quantité d'eau nécessaire.

# Chapitre I: Recherche Bibliographique

---

- **Superplastifiants** : agents très puissants permettant une forte réduction de l'eau tout en assurant une bonne fluidité.
  - **Accélérateurs** : réduisent le temps de prise ou augmentent la résistance initiale.
  - **Retardateurs** : prolongent le temps de prise, utiles dans les climats chauds.
  - **Entraîneurs d'air** : introduisent des bulles d'air pour augmenter la résistance au gel.
  - **Autres adjuvants spécialisés** : inhibiteurs de corrosion, hydrofuges, agents d'expansion, etc.
- [4]

## I.2.3. Focus sur les superplastifiants

### Définition et composition chimique

Les superplastifiants sont des adjuvants de nouvelle génération utilisés pour formuler des bétons très fluides ou à haute performance. Ils appartiennent principalement à deux grandes familles :

- **Les polycarboxylates éthers (PCE)** : plus récents, très performants et modulables selon les besoins.
- **Les sulfonates** : naphtalène ou mélamine sulfonate, utilisés dans les générations précédentes [5].

### Mécanisme d'action

Les superplastifiants agissent en dispersant les particules de ciment. Ce phénomène repose sur :

- Une **répulsion électrostatique** (dans les adjuvants sulfonés) qui empêche les particules de s'agglomérer.
- Un **effet stérique** (dans les PCE) qui crée une barrière physique autour des particules.

Ce double effet permet une **réduction significative de l'eau** (jusqu'à 30 %), une **amélioration de la maniabilité** sans perte de résistance, et la possibilité de produire des bétons autoplaçants [6].

## I.2.4. Types et évolution historique

L'évolution des superplastifiants peut être résumée comme suit :

1. **Première génération** : sulfonates de lignine (efficacité limitée).

# Chapitre I: Recherche Bibliographique

---

2. **Deuxième génération** : naphtalène sulfonate formaldéhyde (NSF) et mélamine sulfonate (SMF).
3. **Troisième génération** : polycarboxylates éthers (PCE), apportant une meilleure rétention d'ouvrabilité et une compatibilité accrue avec d'autres composants [7]

## I.3. Effet des Superplastifiants sur les Propriétés du Béton

### I.3.1. Propriétés mécaniques

Les superplastifiants influencent de manière significative les propriétés mécaniques du béton, notamment en permettant une réduction du rapport eau/ciment sans altérer la maniabilité. Cette réduction améliore directement la compacité et la résistance mécanique.

#### Résistance en compression et en traction

Des études comparatives montrent que l'utilisation de superplastifiants permet d'augmenter la résistance à la compression de 20 à 50 % selon le type de ciment et la formulation du béton [8]. En effet, la réduction de la porosité capillaire entraîne une densification de la matrice cimentaire. De même, la résistance en traction, bien que généralement plus faible que la compression, bénéficie aussi d'une meilleure cohésion interne et d'une interface améliorée entre la pâte et les granulats [9].

### I.3.2. Propriétés physiques

#### Maniabilité

L'un des effets les plus marquants des superplastifiants est l'amélioration de la **maniabilité** sans ajout d'eau. Grâce à leur effet dispersant, ils permettent d'obtenir un béton plus fluide, ce qui facilite le coulage, le compactage et réduit le risque de ségrégation. L'essai d'affaissement (ou essai au cône d'Abrams) montre des hausses notables de la consistance, souvent de l'ordre de 60 à 150 mm selon le dosage [11].

#### Temps de prise

# Chapitre I: Recherche Bibliographique

L'effet sur le **temps de prise** dépend de la nature chimique du superplastifiant. Certains, comme les lignosulfonates, tendent à le retarder, tandis que les PCE modernes peuvent être formulés pour avoir un effet neutre ou légèrement accélérateur. Il est donc crucial d'adapter le choix du superplastifiant selon les contraintes du chantier (climat, durée de transport, etc.) [12].

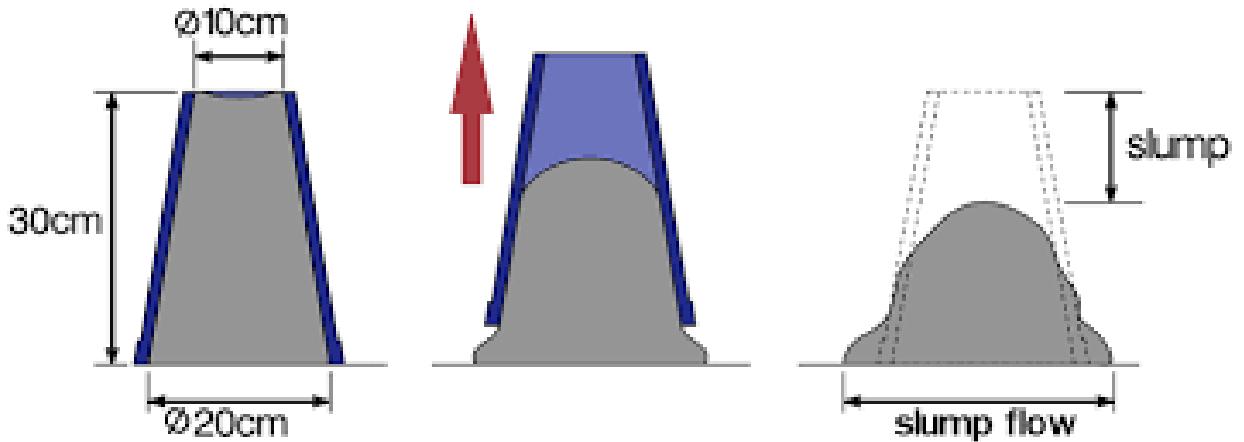


Figure I.2. L'essai d'affaissement (slump test). [13]

## Durabilité

Les superplastifiants participent indirectement à l'amélioration de la **durabilité** du béton grâce à la réduction du rapport eau/ciment et à l'augmentation de la compacité.

## Perméabilité, corrosion et gel

Un béton à faible porosité présente une **perméabilité réduite**, ce qui ralentit la pénétration des agents agressifs comme les ions chlorure ou le dioxyde de carbone. Cela limite la corrosion des armatures et prolonge la durée de vie des structures. Par ailleurs, les bétons superplastifiés sont également plus résistants aux cycles **gel/dégel**, à condition que l'air entraîné soit maîtrisé [14].

Ces caractéristiques rendent les superplastifiants particulièrement intéressants pour les environnements marins, les ponts ou les zones soumises à des sels de dé verglaçage.

# Chapitre I: Recherche Bibliographique



**Figure I.3.** Illustration des mécanismes de pénétration de l'eau ou des ions chlorure [15].

## Méthodes de mesure de la porosité

La caractérisation de la porosité du béton se fait principalement par :

- **La prosimètre par intrusion de mercure (MIP)** : méthode la plus courante pour analyser la taille et la distribution des pores capillaires.
- **La microscopie électronique à balayage (MEB)** : permet une observation fine de la texture interne du béton.
- **La mesure de la perméabilité à l'eau ou à l'air** : pour évaluer la connectivité des pores [16]

### I.3.3. Impact des superplastifiants

L'utilisation de superplastifiants influence directement la formation et la distribution des pores dans le béton.

#### Réduction de la taille des pores

En permettant une diminution significative du rapport eau/ciment tout en conservant une bonne ouvrabilité, les superplastifiants contribuent à :

- **Réduire le volume total des pores capillaires**, ce qui augmente la densité du matériau.
- **Modifier la structure du réseau poreux**, en favorisant la fermeture des pores interconnectés et en améliorant l'étanchéité.

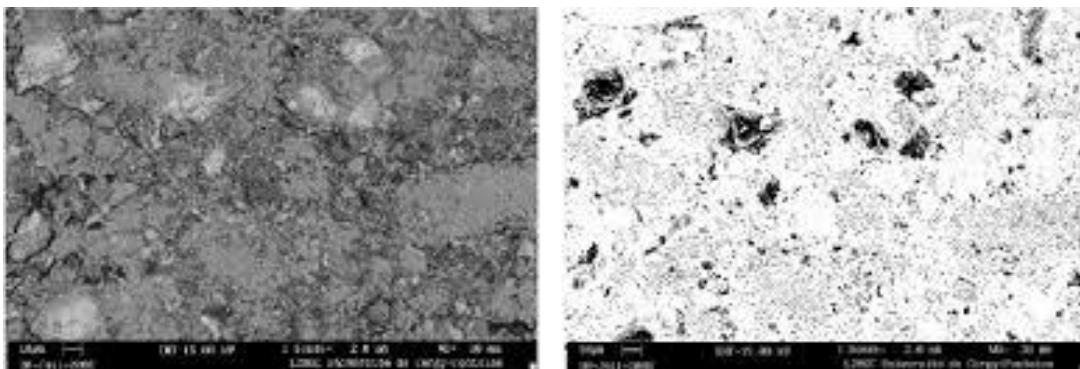
# Chapitre I: Recherche Bibliographique

- Diminuer la connectivité des pores, limitant la migration des agents agressifs [17].

## Relation porosité – durabilité – résistance

Plusieurs études expérimentales ont démontré que la réduction de la porosité, induite par l'utilisation de superplastifiants, améliore la **résistance mécanique** et la **durabilité** du béton. Cette densification de la matrice :

- Augmente la résistance à la compression.
- Réduit la diffusion des ions chlorure et la carbonatation.
- Améliore la tenue au gel/dégel [18].



**Figure I.4.** Microscopie électronique (MEB) comparant microstructure d'un béton avec/sans superplastifiant. [19]

## Défis

Malgré les avantages généralement observés, certaines études soulignent des **contradictions** concernant l'effet des superplastifiants, notamment selon le **dosage** :

- À **faibles dosages**, les superplastifiants améliorent clairement la microstructure.
- À **dosages élevés**, on observe parfois une **reprise de la porosité** due à un excès d'eau libre ou à des phénomènes de ségrégation.
- Certaines formulations très fluides peuvent également **favoriser l'air occlus non contrôlé**, ce qui modifie la nature des pores [20].

# Chapitre I: Recherche Bibliographique

---

Cela souligne la nécessité d'un **dosage optimal**, adapté à chaque formulation, ainsi qu'un contrôle strict sur les conditions de mise en œuvre.

## I.4. Facteurs influençant l'efficacité des superplastifiants

L'efficacité des superplastifiants dépend de plusieurs paramètres intrinsèques et extrinsèques à la formulation du béton. Une mauvaise adaptation de ces facteurs peut compromettre les performances attendues, notamment en termes de maniabilité, de résistance et de durabilité.

### I.4.1. Dosage optimal

Le **dosage** est un élément clé pour tirer pleinement parti des avantages des superplastifiants. Un **sous-dosage** n'assure pas l'effet plastifiant souhaité, tandis qu'un **surdosage** peut engendrer :

- Une **instabilité du mélange** (ex. ségrégation, ressusage),
- Une **prise retardée** voire inhibée dans certains cas,
- Une **porosité accrue**, due à l'air occlus ou à un excès de fluide libre.

Il est donc nécessaire de trouver un **équilibre entre maniabilité, ouvrabilité et durabilité**. La littérature recommande généralement un dosage compris entre 0,5 % et 2 % du poids du ciment, à ajuster selon les objectifs spécifiques et les conditions de chantier [21].

### I.4.2. Compatibilité avec les composants du mélange

L'interaction des superplastifiants avec les autres éléments de la formulation est un facteur déterminant.

#### Type de ciment

Les superplastifiants réagissent différemment selon la composition du ciment. Par exemple :

- Les **ciments riches en C3A** (aluminate tricalcique) peuvent **absorber fortement** certains adjuvants, réduisant leur efficacité.
- Les **ciments à faible alcalinité** ou à base de laitier peuvent réagir plus lentement, influençant le temps de prise [22].

# Chapitre I: Recherche Bibliographique

---

## Granulats

Les caractéristiques des granulats, notamment leur nature physique, leur distribution granulométrique et leur propreté, jouent un rôle fondamental dans le comportement et la performance de la bétonnière, aussi bien à l'état frais qu'à l'état durci. Plusieurs aspects méritent une attention particulière :

### 1. Granulats très fins ou poussiéreux

La présence de particules très fines, de poussière ou de matières argileuses dans les granulats – en particulier dans le sable – augmente considérablement la surface spécifique à enrober par la pâte de ciment. Cela entraîne une demande en eau plus élevée afin de mouiller complètement ces surfaces, ce qui a pour effet de détériorer le rapport eau/ciment (E/C) et de diminuer l'efficacité des adjuvants tels que les superplastifiants. En conséquence, la maniabilité du béton diminue, et les résistances mécaniques à long terme peuvent être compromises. De plus, les fines argileuses peuvent former une pellicule autour des granulats, nuisant à l'adhérence avec la pâte de ciment et fragilisant la microstructure du béton [23].

### 2. Surface rugueuse des granulats

Les granulats à surface rugueuse ou anguleuse (par exemple : gravillons concassés, basalte) nécessitent une quantité plus importante de pâte de ciment pour assurer un enrobage uniforme et une bonne maniabilité. En effet, ces surfaces augmentent les frottements internes dans le mélange et limitent l'écoulement, ce qui rend le béton plus difficile à mettre en œuvre (mise en place, vibration, pompage, etc.). Toutefois, cette rugosité peut avoir un effet bénéfique sur le plan mécanique, car elle améliore l'ancrage mécanique entre les granulats et la pâte, ce qui favorise la résistance du béton, à condition que l'enrobage soit bien assuré [23].

### 3. Granulométrie des granulats

La répartition des dimensions des granulats, aussi appelée courbe granulométrique, influence directement la compacité du mélange et sa facilité de mise en œuvre. Un bon empilement granulaire, combinant fines et gros granulats de manière équilibrée, permet de réduire les vides entre les particules et donc de limiter la quantité nécessaire de pâte de ciment. À l'inverse, une mauvaise granulométrie (trop uniforme ou déséquilibrée) entraîne des vides importants, qui nécessitent une surcharge en liant hydraulique et en eau pour combler les interstices, ce qui peut augmenter le retrait, réduire la durabilité et alourdir le coût du béton [23].

# Chapitre I: Recherche Bibliographique

---

## 4. Propreté des granulats

La propreté des granulats est un critère essentiel de qualité. Les impuretés telles que les argiles, matières organiques ou sels solubles peuvent perturber l'hydratation du ciment, inhiber l'action des adjuvants, et nuire à l'adhérence entre le granulat et la pâte. Ces impuretés peuvent également favoriser l'apparition de fissures, de réactions délétères (comme la réaction alcali-silice), ou encore accélérer la corrosion des armatures par migration d'agents agressifs à travers le réseau poreux [23].

## Autres adjuvants

La combinaison avec d'autres adjuvants (accélérateurs, retardateurs, entraîneurs d'air, etc.) peut générer des **interactions chimiques ou physiques** :

- Certains **retardateurs** peuvent neutraliser l'effet plastifiant.
- L'association avec des **entraîneurs d'air** peut introduire trop de bulles d'air, altérant la résistance mécanique [24].

## Conditions de mélange et d'application

Les conditions ambiantes et les paramètres de mise en œuvre influencent également la performance des superplastifiants.

## Température

Une **température élevée** accélère les réactions d'hydratation, réduisant le temps disponible pour le coulage. Certains superplastifiants perdent en efficacité à chaud, ce qui peut nécessiter une adaptation du dosage ou l'utilisation d'un adjuvant retardateur compatible [25].

## Humidité

Une humidité excessive peut modifier le rapport eau/ciment et perturber la dispersion attendue. En revanche, un milieu trop sec peut favoriser l'évaporation rapide de l'eau de gâchage, affectant la maniabilité.

# Chapitre I: Recherche Bibliographique

---

## Temps de malaxage

Un **malaxage insuffisant** empêche la dispersion homogène de l'adjuvant, alors qu'un **malaxage excessif** peut introduire de l'air ou favoriser la déstructuration du mélange. Un temps de malaxage optimal est nécessaire pour garantir une bonne répartition du superplastifiant dans la pâte cimentaire [26].

## Conclusions clés de la littérature

L'analyse bibliographique des effets des superplastifiants sur le béton met en évidence une série d'**avantages bien établis**, ainsi que certaines **limites** et **zones d'ombre** encore à investiguer.

## Avantages

- Les superplastifiants permettent une **réduction importante du rapport eau/ciment** tout en maintenant une excellente maniabilité, ce qui améliore simultanément la **résistance mécanique** et la **durabilité** du béton [27].
- Leur effet dispersant favorise une **meilleure compacité de la microstructure**, limitant la perméabilité et renforçant la résistance aux attaques chimiques ou aux cycles gel/dégel [28].
- Ils contribuent à une **optimisation de la mise en œuvre**, en rendant le béton plus fluide, notamment dans les ouvrages à armatures denses ou les coffrages complexes [29].

## Limites

- L'efficacité dépend fortement du **dosage**, de la **compatibilité avec les ciments** et des **conditions climatiques**, ce qui complique leur utilisation généralisée sans essais préalables.
- À **dosages élevés**, certains superplastifiants peuvent provoquer une ségrégation ou une instabilité du mélange, voire retarder excessivement la prise [30].
- Enfin, leur **effet à long terme sur la microstructure poreuse** (notamment en environnement agressif) reste mal connu et constitue une limite importante dans les ouvrages durables [31].

# Chapitre I: Recherche Bibliographique

---

## Hypothèses de recherche

À la lumière de cette synthèse, l'étude expérimentale à venir cherchera à **vérifier les hypothèses suivantes :**

1. **L'ajout de superplastifiants réduit significativement la porosité capillaire du béton**, en modifiant la distribution et la connectivité des pores à courte et moyenne échéance.
2. **Un dosage optimal maximise la résistance mécanique sans compromettre la durabilité**, alors qu'un surdosage inverse cet effet.
3. **Les performances des superplastifiants varient selon le type de ciment utilisé**, suggérant des phénomènes d'interaction chimique spécifiques.

Ces hypothèses serviront de **base méthodologique** pour la conception des essais en laboratoire, avec des paramètres contrôlés portant sur le type d'adjuvant, le dosage, et les conditions de cure.

## I.5. Conclusion

L'étude bibliographique menée dans les chapitres précédents a permis de dresser un panorama complet des connaissances actuelles sur les **superplastifiants** et leur **influence sur les propriétés du béton**. Il ressort de cette analyse que ces adjuvants jouent un rôle central dans l'amélioration des performances du béton, notamment en termes de **résistance mécanique**, de **maniabilité**, de **durabilité** et de **contrôle de la porosité**.

Les superplastifiants, en particulier ceux à base de **polycarboxylates**, permettent de réduire efficacement le rapport eau/ciment tout en conservant une bonne ouvrabilité. Cette caractéristique influence directement la **microstructure poreuse**, ce qui conditionne à la fois la **résistance à la compression** et la **perméabilité** du béton. Cependant, leur **efficacité dépend de nombreux facteurs** : le dosage, la compatibilité avec les autres composants, les conditions de mise en œuvre, ainsi que les caractéristiques propres du ciment et des granulats.

Par ailleurs, la **littérature scientifique souligne certaines incertitudes**, notamment quant à **l'effet à long terme** des superplastifiants sur l'évolution de la porosité et leur interaction avec d'autres

## **Chapitre I: Recherche Bibliographique**

---

adjuvants. Ces zones grises justifient une **approche expérimentale ciblée** pour combler les lacunes identifiées.

Dans ce contexte, l'étude à venir vise à **valider expérimentalement** plusieurs hypothèses formulées à partir de cette synthèse théorique. Elle s'articulera autour d'un protocole de caractérisation des bétons incorporant différents types et dosages de superplastifiants, en se focalisant sur leurs **effets microstructuraux et mécaniques**.

Cette transition ouvre donc sur les **chapitres appliqués** du mémoire, à commencer par la **méthodologie expérimentale**, suivie de la **présentation et l'analyse des résultats**, avant de conclure sur les perspectives techniques et scientifiques de cette recherche.

# **Chapitre II :**

## **matériaux et les**

## **essais réalisées**

# **Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai**

---

## **Chapitre II : matériaux et les essais réalisées**

### **II.1. Introduction**

Dans ce chapitre, nous présentons les matériaux utilisés dans la fabrication des bétons étudiés, en décrivant leurs principales caractéristiques physiques. Ensuite, nous exposons les essais expérimentaux réalisés pour déterminer les propriétés mécaniques des différentes formulations de béton, tels que la résistance à la compression, la flexion, ainsi que les tests d'absorption et de perméabilité. L'objectif est d'évaluer l'influence des adjuvants sur les performances du béton.

### **II.2. MATERIAUX UTILISES**

#### **II.2.1. Ciment**

Le ciment utilisé dans tous les mélanges étudiés était le ciment Portland CEM I 42.5R. Le Tableau II.1 présente la composition chimique de ce ciment mesurée par le laboratoire LPCMA.

**Tableau. II.1. La masse volumique de ciment .**

<b>Ciment</b>	
<b>Masse volumique apparente</b> (g/cm <sup>3</sup> )	1 ,19
<b>Masse volumique absolue</b> (g/cm <sup>3</sup> )	3,08

**Tableau.I.2. Caractéristiques techniques**

<b>Analyse chimique %</b>	<b>Valeur</b>
Perte au feu	26 -37
Teneur en sulfates SO <sub>3</sub>	2.2 -2.8
Teneur en Oxyde de magnésium MgO	1.7 -2.8
Teneur en chlorures Cl-	0.03 -0.07

<b>Composition potentielle du clinker) selon bogue ) %</b>	<b>Valeur</b>
C3S	56-66
C2S	5.1-7.2

<b>PROPRETÉS PHYSIQUES</b>	<b>Valeur</b>
----------------------------	---------------

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

Consistance normale %	25.8 - 26.4
Expansion a chaud mm	0.25 - 1.0
Temps de prise min	Valeur
Début de prise	150 - 190
Fin de prise	220 - 250
Resistance a la compression	Valeur
2 jour MPa	20 - 29
28 jour MPa	42.5 - 52.5

### II.2.2 Eau

L'eau utilisée pour le mélange et le durcissement de tous les spécimens était de l'eau du robinet, qui est disponible à l'intérieur du laboratoire.

### II.2.3. Les granulats

Les granulats utilisés dans cette étude sont les granulats naturels

Dans cette étude, nous avons utilisé du sable de oued lioua de fraction 0/5, et nous avons utilisé du gravier de fraction 8/15 et 15/25.



Fig. II.1. Gravier 15/25.



Fig. II.2. Gravier 8/15.



Fig. II.3. Sable de oued lioua 0/5.

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

---

### II.2.4. Adjuvant superplastifiant

Les **superplastifiants** sont des adjuvants chimiques utilisés dans la formulation du béton afin d'améliorer sa **ouvrabilité** (facilité de mise en œuvre) **sans augmenter le rapport eau/ciment**. Ils permettent de **réduire fortement la teneur en eau** d'un béton frais tout en conservant une bonne fluidité, ce qui se traduit par une **augmentation de la compacité** et donc de la **résistance mécanique** et de la **durabilité** du béton durci.

Sur le plan technique, l'ajout de superplastifiant permet :

- Une **meilleure dispersion** des particules de ciment,
- Une **réduction du volume de vides** dans la pâte de béton,
- Une **amélioration de la rhéologie** du béton (fluidité sans ségrégation),
- Une **diminution de la perméabilité** grâce à une structure plus dense.

L'utilisation de superplastifiants est particulièrement indiquée dans les bétons à **hautes performances**, les bétons autoplaçants ou les ouvrages nécessitant une grande durabilité. Ces adjuvants jouent un rôle fondamental dans l'obtention de bétons résistants et homogènes, notamment dans les environnements agressifs ou pour les structures fortement sollicitées.

**Tableau.II.3.** Caractéristiques de super plastifiant.

Aspect	Liquide
Couleur	Brun
Densité a 25 C	1.07 ±0.02
Ph	4 - 7

### II.3. Essais des caractéristiques des matériaux utilisés

Dans notre travail, nous avons fait trois essais sur les caractéristiques des matériaux utilisés, à savoir :

- Essai d'analyse granulométrique.
- Essai volumétrique absolue.
- Essai de masse volumétrique apparente.

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

### II.3.1. Analyse granulométrique

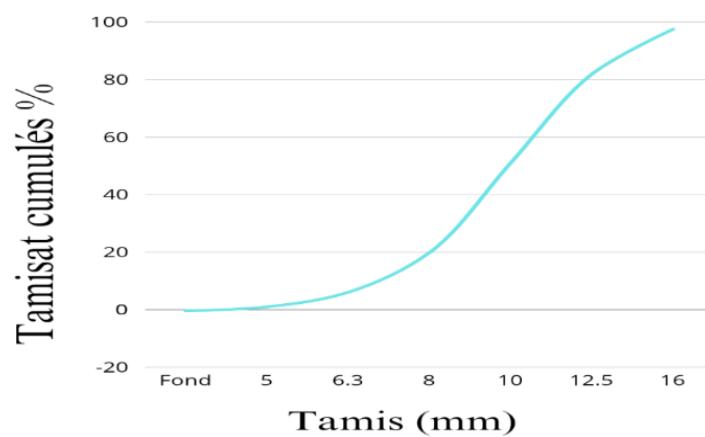
L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des différents éléments constituants les granulats.

La masse de l'échantillon pour l'essai de l'analyse granulométrique dépend des dimensions des éléments les plus gros qu'il contient.



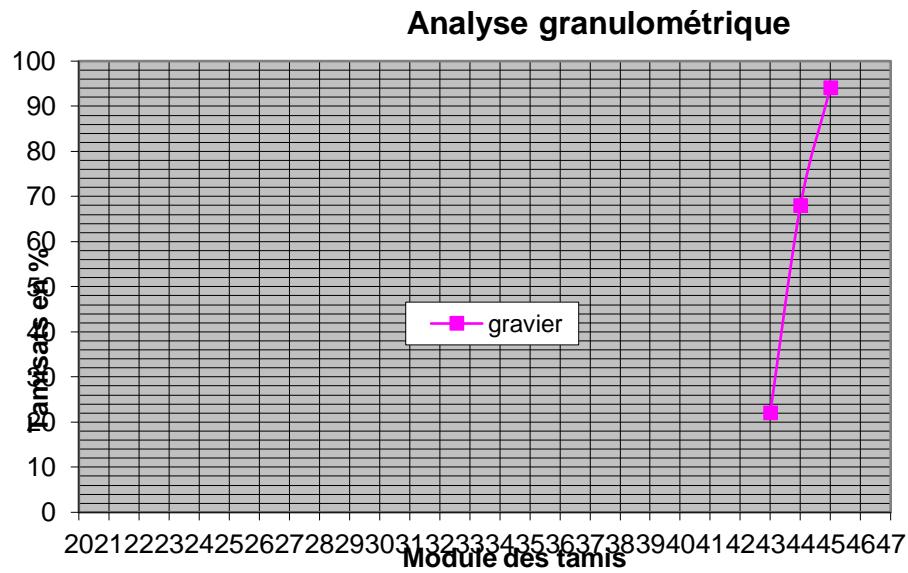
**Fig. II.4.** Tamis dans table vibration.

Les résultats obtenus sont représentés sous forme d'un tracé (courbe granulométrique) sur un diagramme granulométrique comportant en abscisse la grosseur des grains et en ordonnée le pourcentage des tamisat cumulés.



## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

**Fig II.5.** Analyse granulométrique de gravier 8/15



## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

### II.3.2. La masse volumique

Pour étudier la formulation d'un béton, il est indispensable de connaître la masse volumique absolue et apparente des granulats.

Elles sont exprimées en kg/m<sup>3</sup>, la masse volumique absolue est la masse par unité de volume de la matière qui constitue les granulats, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre les grains.

La masse volumique apparente est la masse du matériau par unité de volume, celui-ci intégrant à la fois les grains et les vides.

Elles sont déterminées selon la méthode classique, respectivement masse d'un certain volume de matériau et éprouvette graduée.

#### II.3.2.1. La masse volumique absolue

##### a. Mode opératoire

- Mettre dans une éprouvette graduée un volume  $V_1$  d'eau.
- Peser une masse  $M$  d'échantillon, et l'introduire dans l'éprouvette (bien éliminer les bulles d'air).
- Lire le nouveau volume  $V_2$ .
- Le volume absolu est :  $V_{ab} = V_2 - V_1$
- La masse volumique absolue est :

$$\rho = \frac{M}{V_{ab}} \text{ g/cm}^3$$



**Fig. II.8.** Essai de masse volumique absolue.

#### II.3.2.2. La masse volumique apparente

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

### a. Mode opératoire

- Prendre l'échantillon, dans les deux mains format entonnoir.
- Placer c'est deux mains à 10 cm environ au-dessus d'une mesure d'un litre soit  $V_1$  sont volume.
- Laisser tomber cet échantillon, ni trop vite, ni trop lentement.
- Verser ainsi le corps, toujours au centre de la mesure, jusqu'à ce qu'il débord tout autour en formant un cône.
- Araser à la règle, et peser le contenu, soit  $M_2$ .

La masse volumique apparente d'échantillon est donnée par la formule suivante :

$$\rho = \frac{(M_2 - M_1)}{V_1}$$

$M_1$  : la masse de récipient vide.

$M_2$  : la masse de récipient + l'échantillon.



**Fig. II.9.** Essai de la masse volumique apparente.

**Tableau II.4.** Les masses volumiques apparentes et absolues des différents types de granulats.

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

Constituents	Masse volumique Absolu	Masse volumique apparente
Sable	2,5	1,62
Gravier 8/15	2,67	1,33
Gravier 15/25	2,72	1,39

### II.3.3. Equivalent de sable

L'équivalent de sable est un **indice exprimé en pourcentage** qui caractérise la **proportion relative de sable** (particules utiles) par rapport aux **fines** (argiles et matières colloïdales) contenues dans un granulat.

#### Principe de l'essai :

L'essai consiste à :

1. **Mélanger** un échantillon de sable avec une solution spéciale (généralement à base de chlorure de calcium, glycérol et formol),
2. **Secouer** l'échantillon pour bien disperser les fines,
3. **Laisser reposer** dans une éprouvette graduée pendant un certain temps (généralement 20 minutes),
4. **Mesurer deux hauteurs :**
  - La hauteur totale occupée par les **matières en suspension** (argiles),
  - La hauteur occupée par la **couche de sable propre** décanté.

#### Formule de calcul :

$$ES = \left( \frac{HAUTEUR DE SABLE}{HAUTEUR TOTALE} \right) \times 100$$

#### Interprétation :

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

---

- **ES élevé ( $\geq 85$ )** : sable propre, peu d'argile, bon pour les bétons et enrobés.
- **ES moyen (entre 60 et 85)** : acceptable dans certains cas.
- **ES faible ( $< 60$ )** : présence importante d'argiles, peut entraîner des problèmes d'adhérence, de retrait ou de durabilité.

### Norme de référence :

- **NF P 18-598** (en France)
- **ASTM D2419** (équivalent américain)

### Utilisation :

L'essai est couramment utilisé pour :

- Les sables destinés au **béton**,
- Les matériaux pour les **chaussées et enrobés bitumineux**,
- Le **contrôle qualité** des carrières.



**Fig. II.10 .** Essai de équivalent de sable.

**Tableau. II.5 .** Equivalent de sable.

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

Granulat	E.S. V	E.S. P
Sable propre	79,08	76,92

### II.3.4. Module de finesse

Le **module de finesse** est la **somme des pourcentages cumulés** de l'échantillon **retenus** sur une série de tamis normalisés, divisée par 100.

◆ **Tamis normalisés utilisés (en mm) :**

Selon la norme (comme **NF EN 933-1**), les tamis généralement utilisés sont :

**5 mm – 2.5 mm – 1.25 mm – 0,63 mm – 0,315 mm – 0,16 mm– 0,08 mm**

◆ **Formule de calcul :**

$$M_f = \frac{\text{Somme des pourcentages cumulés retenus sur les tamis}}{100}$$

**Tableau. II.6.** module de finesse.

Granulat	Module de finesse
Sable un peu grossier	3,3

## II.4. FORMULATIONS DES MELANGES

### Méthode Dreux-Gorisso

Approche de formulation des bétons développée par des ingénieurs français pour optimiser les proportions de granulats, ciment, eau et adjuvants, visant à atteindre une résistance, une ouvrabilité et une durabilité spécifiques. Elle privilégie la création d'un squelette granulaire dense en minimisant les vides entre les granulats.

## **Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai**

---

### **Donné de base**

#### **1. Propriétés des matériaux :**

- Type de ciment (ex. : CEM I, CEM II).
- Caractéristiques des granulats (granulométrie, forme, absorption, humidité).
- Dimension maximale des granulats (Dmax).
- Résistance en compression cible (ex. : à 28 jours).
- Ouvrabilité souhaitée (affaissement au cône d'Abraams).

#### **2. Facteurs environnementaux : Exposition (gel-dégel, sulfates, etc.).**

### **Étapes de la Formulation**

#### **1. Déterminer le rapport Eau/Ciment (E/C) :**

- Basé sur la résistance cible et le type de ciment (utilisation d'abaques ou de tables empiriques).

#### **2. Calculer la quantité de ciment :**

- Ciment ( $\text{kg/m}^3$ ) = Eau ( $\text{kg/m}^3$ ) Rapport E/C.
- Respecter les exigences minimales de durabilité (normes EN 206-1).

#### **3. Estimé la quantité d'eau :**

- Choisir une teneur en eau initiale selon l'ouvrabilité et Dmax.
- Ajuster en fonction de l'absorption et de l'humidité des granulats.

#### **4. Proportionnement des granulats (squelette granulaire) :**

- Utiliser l'abaque de Dreux pour déterminer le pourcentage de sable optimal, en fonction de :

- **Dmax.**

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

- Module de finesse du sable.
- Forme des granulats (anguleux vs. roulés).
- Appliquer un coefficient de correction (tables Dreux-Gorisso) pour ajuster la courbe granulométrique.

### 5. Calculer les masses de granulats :

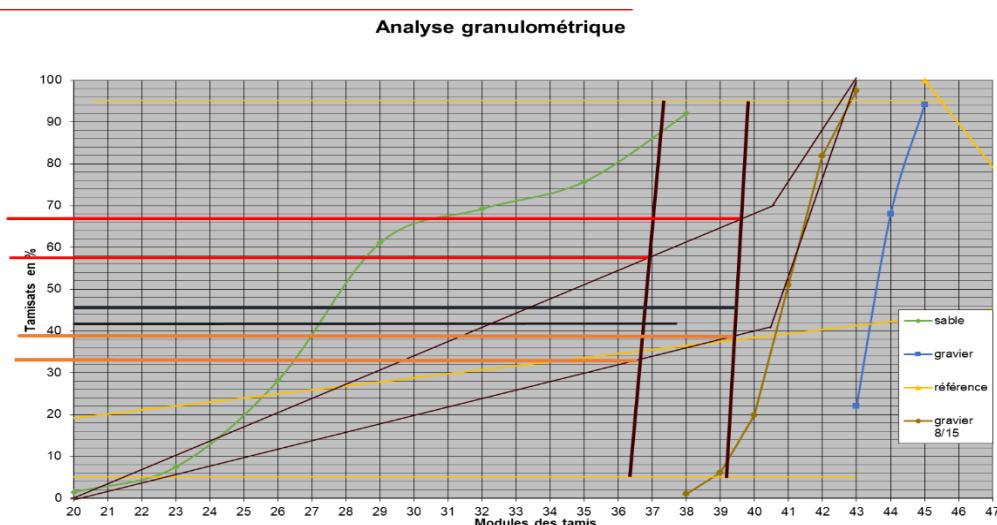
- Volume total des granulats =  
 $1 \text{ m}^3 - (\text{Volume de ciment} + \text{eau} + \text{air})$
- Répartir entre granulats fins (sable) et grossiers selon le pourcentage de sable corrigé.
- Optimiser la compacité (courbe granulométrique idéale).

### 6. Adjuster pour l'humidité :

- Compenser l'absorption des granulats et l'humidité libre pour éviter les erreurs sur l'eau effective.

### 7. Essai pratique et adjustments :

- Tester le mélange (ouvritabilité, résistance, masse volumique).
- Affiner les proportions si nécessaire (ex. : modifier le pourcentage de sable ou E/C).



**Fig.II.11.**Courbe d'analyse granulométrique.

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

Dans le cadre de cette étude, une série de formules de béton a été préparée afin de réaliser les essais en laboratoire nécessaires pour évaluer les propriétés du béton à l'état ordinaire ainsi qu'après l'ajout d'adjuvants améliorateurs. Ces mélanges ont été coulés dans des moules de formes **cubique 10\*10\*10** et **cylindriques 16Ø\*32**, dans le but d'adapter la forme de l'éprouvette au type d'essai prévu (résistance à la compression, résistance à la flexion, etc.).

Chaque type de mélange a été préparé selon des dosages précis et étudiés, en respectant les normes techniques en vigueur dans ce domaine. Ce qui suit présente, sous forme de tableaux, la composition de chaque mélange en fonction de sa nature et de la forme du moule utilisé.

**Tableau. II.7.** Dépense en matériaux pour 1 m<sup>3</sup> de béton

<b>E</b>	<b>201.00</b>
<b>C</b>	350.00
<b>S</b>	777.00
<b>G5/15</b>	396.06
<b>G15/25</b>	672.45

Ce tableau présente les quantités relatives des composants du béton nécessaires pour préparer un mètre cube et des éprouvettes de différentes dimensions, en incluant une majoration de 20 % pour les pertes.

Ce tableau présente la composition de deux formulations de béton (F1 et F2), chacune destinée à la fabrication de six éprouvettes, avec des proportions identiques en eau, ciment, sable et granulats, tandis que le dosage de l'adjuvant varie afin d'étudier son effet sur le comportement du béton.

**Tableau. II.8 .** 1m3 16Ø 32 de béton avec et sans adjuvants.

composants	E	C	S	G5/15	G15/25
<b>1 m3</b>	201.00	350.00	777.00	396.06	672.45

Ce tableau présente deux formulations de béton (F1 et F2) préparées avec les mêmes quantités d'eau, de ciment, de sable et de granulats, la seule différence résidant dans l'ajout d'un adjuvant dans la formulation F2 afin d'analyser son impact sur les performances du béton.

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

---

### II.5. ESSAIS REALISES

#### II.5.1. Essai de compression simple (Norme EN 196-1)

La mesure de la résistance à la compression a été effectuée sur des éprouvettes cubiques de dimensions  $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ , et  $16\varnothing 32 \text{ cm}^3$  à l'aide d'une presse hydraulique.

La résistance à la compression est donnée par la formule :

$$R_c = F/S$$

Où :

$R_c$  : Résistance à la compression (MPa).

$F$  : Charge de rupture (N).

$S$  : Surface moyenne des faces d'éprouvette ( $\text{mm}^2$ ).



Img. II.12. Presse d'essai de compression.

#### II.5.2. Absorption

##### 1. Absorption totale (par immersion)

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

### Définition :

Il s'agit de la quantité d'eau qu'un échantillon de béton peut absorber lorsqu'il est **entièrement immergé dans l'eau pendant une durée déterminée (souvent 24 heures)** après avoir été complètement séché.

### Ce que cela mesure :

Cet essai évalue la **porosité ouverte**, c'est-à-dire le volume des vides connectés à la surface à travers lesquels l'eau peut pénétrer.

### Objectif de l'essai :

- Évaluer la capacité du béton à absorber l'humidité.
- Prédire sa durabilité face à la pénétration de l'eau, au gel/dégel, à la corrosion, etc.

### Procédure de l'essai :

1. Séchage de l'échantillon à 105 °C jusqu'à masse constante.
2. Pesée à sec  $M_{sec}$
3. Immersion dans l'eau pendant 24 h.
4. Pesée à l'état saturé  $M_{esatur}$
5. Calcul de l'absorption :

$$Absorption = \frac{M_{esatur} - M_{sec}}{100}$$



**Img. II.13.** Essai de Absorption totale (par immersion).

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

---

### 2. Absorption capillaire

#### Définition :

C'est la capacité du béton à absorber l'eau par **capillarité**, c'est-à-dire lorsque seule une **partie de l'échantillon (la base)** est en contact avec l'eau.

#### Ce que cela mesure :

L'essai permet de mesurer la **vitesse de migration de l'eau** à travers les pores capillaires du béton, ce qui donne une indication de sa **perméabilité**.

#### Objectif de l'essai :

- Évaluer le risque de **remontées capillaires**.
- Connaître le comportement du béton face à l'humidité ascensionnelle.

#### Procédure de l'essai (selon NF P 18-459, par exemple) :

1. Séchage de l'échantillon.
2. Mise en contact de la base avec une lame d'eau (3 à 5 mm de hauteur).
3. Suivi du gain de masse en fonction du temps (30 min, 1h, 4h, etc.).
4. Calcul du **taux d'absorption capillaire**, souvent exprimé en g/cm<sup>2</sup>.



Img. II.14. Essai de Absorption capillaire.

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

---

### II.5.3. Essai de mouillage – séchage (ASTM D559 – 57)

L'essai de mouillage-séchage est défini comme une série alternée d'une période de mouillage à 20°C (dans l'eau) pendant 5 heures et d'une période de séchage à l'étuve à 71°C pendant 42 heures. Pour chaque mortier, nous avons enregistré les pertes de poids après les douze cycles de vieillissement.

- 1 cycle = 5 heures dans l'eau à 20°C, suivies de 42 heures de séchage à l'étuve à 71°C.

#### Essai de mouillage et de séchage :

Pour déterminer la résistance et le comportement des échantillons de béton ( $10 \times 10 \times 10$ ) cm<sup>3</sup> lorsqu'ils sont soumis à des alternances pluviométriques (saturation en hiver et séchage en été), une série d'essais de mouillage-séchage a été réalisée selon la norme ASTM D559, comme suit :

- 12 cycles de séchage/mouillage comprenant :
  - 5 heures d'immersion, après lesquelles l'échantillon est pesé.
  - 42 heures de séchage à l'étuve à une température de 71°C.



Img. II.15. Four de séchage.

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

### II.5.4. Essai de perméabilité à l'eau

L'essai de perméabilité vise à évaluer la capacité du béton à résister à la pénétration de l'eau sous pression. Cet essai est crucial pour juger de la **durabilité** des bétons soumis à des environnements agressifs, notamment en présence d'humidité constante.

Les éprouvettes utilisées sont de **forme cylindrique** et préparées à partir de **carottes de béton** prélevées dans des blocs coulés. Comme illustré dans la figure ci-dessous, les carottes sont d'abord **découpées** à l'aide d'une **scie diamantée** (photo 2) pour obtenir des sections régulières destinées à l'essai.

Ensuite, les échantillons sont **placés dans une cellule d'essai** (photo 1) où l'eau est appliquée à une **pression constante** sur une face du cylindre. On mesure ensuite la quantité d'eau ayant traversé l'échantillon pendant une période déterminée. La machine utilisée permet de tester **plusieurs éprouvettes simultanément** et est équipée de **manomètres et de colonnes graduées** pour suivre l'évolution de l'infiltration.

Les résultats obtenus permettent de comparer la perméabilité de différents types de béton (ordinaire, avec adjuvants, etc.) et d'évaluer l'effet des formulations sur la **compacité** et la **résistance à la pénétration de l'eau**.



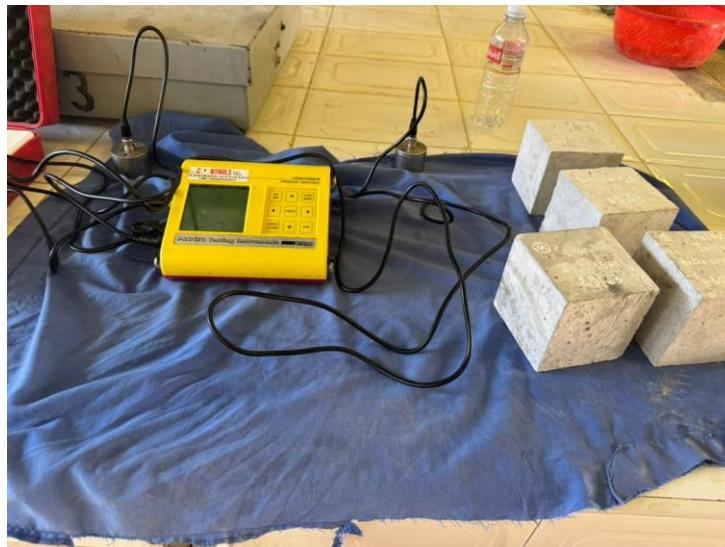
**Fig. II.16.** Appareil de perméabilité

### II.5.5. Essai d'auscultation dynamique (ultrason) P18-418

L'auscultation par ultrason est une méthode non destructive destinée à tester l'homogénéité du béton,

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

elle consiste à déterminer la vitesse de propagation d'ondes longitudinales (de compression) à travers un élément en béton. Le principe de la méthode consiste à mesurer le temps mis par une onde à parcourir une distance donnée. La relation entre la vitesse de propagation des ondes ultrasoniques et la résistance à la compression est affectée par un nombre de variables tels que l'âge du béton, les conditions d'humidités, le rapport entre les granulats et le ciment, le type des granulats et la localisation des aciers et des fissures. Le contrôle par ultrasons permet, sans nuire à l'intégrité d'une structure, de caractériser les défauts qu'elle contient et de porter ainsi un jugement sur l'acceptation des pièces réalisées.



**Fig. II.17.** Appareil d'ultrason.

### II.5.6. L'essai brésilien (ou essai diamétral de compression indirecte)

L'essai brésilien (ou essai diamétral de compression indirecte) est une méthode utilisée principalement pour déterminer la résistance à la traction indirecte des matériaux fragiles comme le béton, la roche ou certains mortiers. Voici une présentation détaillée :

#### 1. Principe de l'essai

## **Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai**

---

L'essai brésilien consiste à soumettre un cylindre à une compression diamétrale, ce qui génère une traction perpendiculaire à la direction de la charge. Ce type d'essai est particulièrement utile pour les matériaux qui ne peuvent pas être facilement testés en traction directe.

### **2. Matériel utilisé**

Éprouvette cylindrique (dimensions standards : diamètre = 100 mm, hauteur = 50 mm)

Presse de compression

Capteurs de force et de déplacement (optionnels pour analyses plus fines)

### **3. Procédure**

1. L'éprouvette est placée horizontalement entre les plateaux de la presse.
2. La charge est appliquée de manière centrée sur le diamètre horizontal du cylindre.
3. L'effort provoque une fissure verticale au centre de l'éprouvette, signe de la rupture en traction.
4. Calcul de la résistance à la traction indirecte

La résistance est donnée par la formule :

$$\sigma_t = \frac{2F}{\pi DL}$$

où :

$\sigma_t$  : résistance à la traction indirecte (MPa)

F : charge maximale appliquée (N)

D : diamètre de l'éprouvette (mm)

L : hauteur (ou épaisseur) de l'éprouvette (mm)

### **5. Avantages de l'essai**

- Facilité de mise en œuvre
- Reproductibilité des résultats
- Permet de tester la traction indirecte sans dispositifs complexes

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

---

### 6. Limites

- Hypothèse de distribution homogène de la contrainte
- Ne s'applique qu'aux matériaux cassants
- La forme et les conditions de chargement influencent les résultats

### 7. Applications

- Caractérisation mécanique des roches (géotechnique)
- Contrôle qualité du béton et des matériaux de construction
- Études de durabilité et fissuration



**Fig. II.18.** Appareil d'écrasement .

#### II.5.7. Affaissement

##### Objectif :

Déterminer la **consistance** du béton frais, c'est-à-dire son aptitude à s'écouler ou à être mis en place dans les coffrages.

##### Normes de référence :

- EN 12350-2
- NF P18-451
- ASTM C143

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

---

### Matériel nécessaire :

- Cône d'Abra.ms (hauteur : 300 mm, diamètre inférieur : 200 mm, diamètre supérieur : 100 mm)
- Tige de compactage métallique (16 mm de diamètre, 600 mm de long)
- Règle ou mètre
- Plaque rigide et humide (en acier ou plastique)
- Truelle

### Procédure :

1. Poser le cône d'Abra.ms sur une plaque rigide et l'humidifier.
2. Remplir le cône en **3 couches égales**, chacune tassée **25 coups** avec la tige.
3. Une fois rempli, lisser la surface et **retirer le cône verticalement** sans secousses, en **5 à 10 secondes**.
4. Mesurer l'**affaissement** en mm : distance verticale entre la hauteur initiale du cône et la hauteur du béton après affaissement.

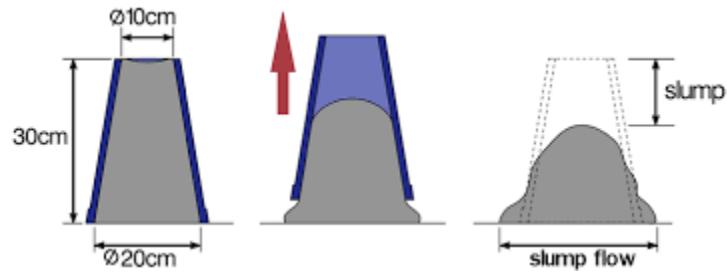
### Interprétation des résultats :

**Tableau.II.10.** Interpretation des résultats d'affaissement

Affaissement (mm)	Consistance du béton	Type d'utilisation
<b>0 – 30</b>	Très sec	Béton compacté par vibration intense
<b>30 – 60</b>	Sec	Dallage, fondations
<b>60 – 150</b>	Plastique à fluide	Voiles, poteaux
<b>&gt;150</b>	Très fluide (auto-plaçant)	Béton autoplaçant (BAA)

## Chapitre II: caractérisation du matériau utilisé est essai

---



**Fig.II.19.** Essai d'affaissement au cône d'abrams.

### II.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les caractéristiques des matériaux utilisés, leurs proportions pour toutes les formulations ainsi que les essais réalisés. Les résultats obtenus sont présentés dans chapitre suivant.

# Chapitre

## III :

### Résultats et

### discussion

# **Chapitre III : Résultats et discussion**

---

## **Chapitre III : Résultats et discussion**

### **III.1. INTRODUCTION**

Dans ce chapitre, nous présenterons les résultats obtenus à partir de l'étude ou des expériences, puis nous les analyserons afin d'en interpréter la portée et les implications. Cette présentation vise à clarifier la réalisation des objectifs et à tirer des conclusions scientifiques.

### **III.2. Résultats d'essais**

#### **III.2.1. Comportement du béton à l'état frais**

Tous les bétons sont conçus avec un affaissement compris entre : 7 et 9 cm seuil de béton plastique

#### **Comportement du béton à l'état durci**

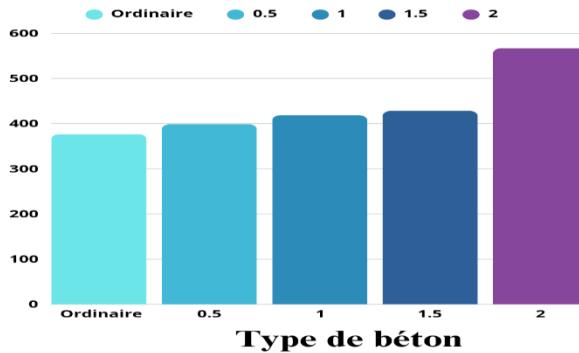
#### **Résistance à la compression**

L'essai de compression, selon la norme européenne EN 12390-3, est un test permettant de déterminer la résistance à la compression du béton en appliquant une charge axiale croissante sur une éprouvette standard jusqu'à rupture.

**Tableau.III.1.** résistance à la compression en ( Mpa )

Type de béton	Résultat (MPa ou observation)
<b>BO</b>	37,65
<b>BAdj 05 %</b>	39,855
<b>BAdj 1%</b>	41,84
<b>BAdj 1.5%</b>	42,81
<b>BAdj 2%</b>	56,68

## Chapitre III : Résultats et discussion



**Fig.III.1.** Evolution de la résistance en compression à foction le pourcentage adjuvants

D'après le tableau.**III.1** et la figure **III.1**. On Remarque que :

La Résistance à la compression croit avec l'ajout de super plastifiant P/R à la résistance de béton ordinaire et que les bétons confectionnée avec 2% d'adjuvant donnent les meilleurs résultats qui est de 56.68 MPa

### III.2.2. Résultats de l'essai d'absorption par immersion

L'essai d'absorption par immersion, conformément aux normes européennes (comme EN 13057), est une méthode visant à déterminer la quantité d'eau absorbée par un matériau cimentaire durci après immersion complète, afin d'évaluer sa porosité et sa durabilité.

**Tableau.III.2.** Résultats de l'essai d'absorption par immersion

Type de béton	(M1) [kg]	(M2) [kg]	Absorption (%)
<b>BO</b>	2.35	2.47	5.27
<b>BAdj1%</b>	2.36	2.44	3.71
<b>BAdj1.5%</b>	2.51	2.58	3.13

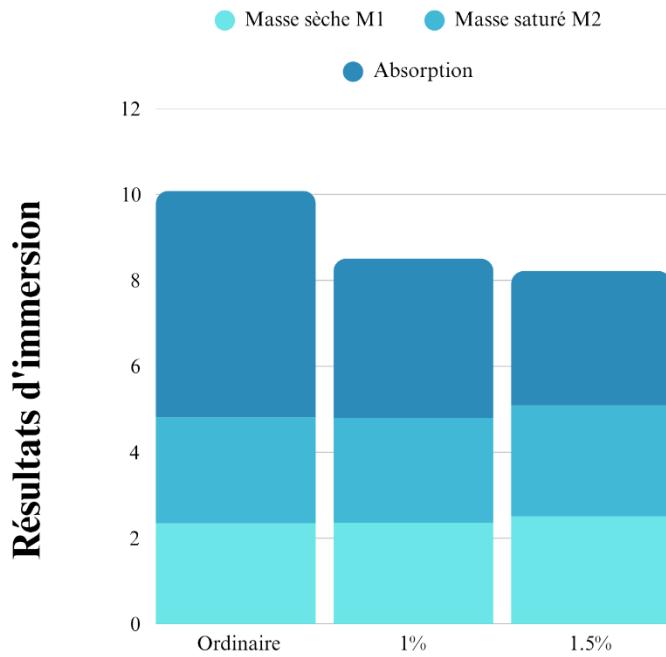
$$Ab = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100$$

$$Ab = \frac{2,468 - 2,345}{2,345} 100 = 5,27$$

## Chapitre III : Résultats et discussion

$$Ab = \frac{24,425 - 2,345}{2,345} 100 = 3,71$$

$$Ab = \frac{2,583 - 2,505}{2,505} 100 = 3,13$$



**Fig.III.2.** Résultats de l'essai d'absorption par immersion

Les résultats présentés dans ce tableau montrent l'effet de l'ajout d'un superplastifiant à différents dosages (1 % et 1,5 %) sur l'absorption d'eau du béton après saturation. On observe que le béton ordinaire, sans adjuvant, présente une absorption d'eau de 5,27 %, ce qui reflète une porosité relativement élevée. En revanche, l'ajout de 1 % de superplastifiant permet de réduire l'absorption à 3,71 %, tandis qu'un dosage de 1,5 % abaisse encore ce taux à 3,13 %. Cette diminution significative de l'absorption indique une amélioration de la compacité et de la densité du béton grâce à l'action du superplastifiant, qui favorise une meilleure dispersion des particules de ciment et une réduction des vides capillaires. De plus, l'écart plus faible entre la masse sèche (M1) et la masse saturée (M2) dans les échantillons contenant le superplastifiant confirme la réduction de la capacité d'absorption d'eau. Ces résultats démontrent l'efficacité du superplastifiant pour optimiser la microstructure du béton et améliorer sa durabilité face à la pénétration de l'eau.

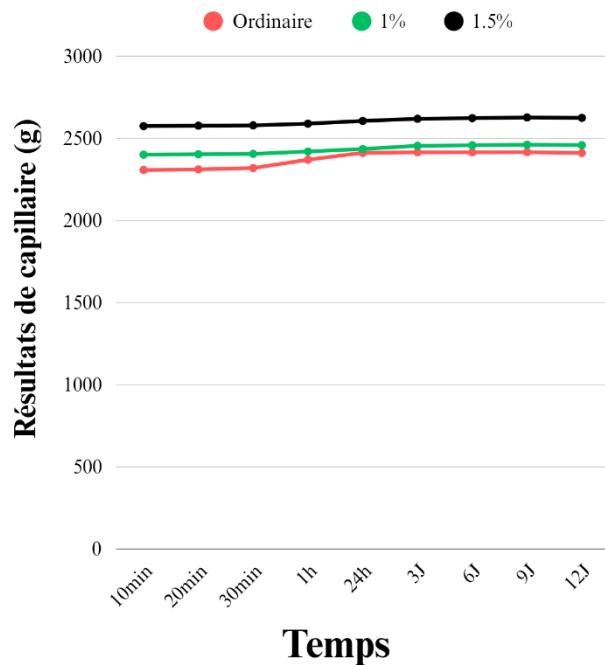
## Chapitre III : Résultats et discussion

### III.2.4. Résultats de l'essai d'absorption par capillaire

L'essai d'absorption par capillarité, conformément à la norme européenne EN 13057, permet de mesurer la capacité d'un matériau cimentaire durci à absorber l'eau par action capillaire, en vue d'évaluer sa porosité connectée et sa susceptibilité à la pénétration de l'humidité.

**Tableau.III.3.** Résultats de l'essai d'absorption par capillaire

Temps	Seche	10min	20min	30min	1h	24h	3j	6j	9j	12j
<b>BO (g)</b>	2294,00	2307,28	2311,18	2314,70	2318,80	2370,18	2411,43	2415,02	2416,16	2411,89
<b>BAdj1%</b> <b>(g)</b>	2390,36	2400,75	2403,22	2405,37	2419,70	2435,13	2454,44	2457,99	2460,58	2458,83
<b>BAdj1.5% (g)</b>	2561,89	2574,57	2576,94	2578,99	2589,05	2606,15	2619,18	2622,91	2626,99	2624,48



**Fig.III.3.** Résultats de l'essai d'absorption par capillaire

Le graphique montre l'évolution de l'absorption capillaire en fonction du temps pour trois types de béton : béton ordinaire, béton avec 1 % de superplastifiant, et béton avec 1,5 % de superplastifiant.

On observe que :

## Chapitre III : Résultats et discussion

- **Le béton ordinaire** (courbe rouge) présente une absorption capillaire relativement modérée mais croissante avec le temps, atteignant environ 2350 g après 72 heures.
- **Le béton avec 1 % de superplastifiant** (courbe verte) présente les valeurs les plus faibles d'absorption capillaire tout au long de l'essai, indiquant une structure plus dense et moins perméable à l'eau.
- **Le béton avec 1,5 % de superplastifiant** (courbe noire), bien qu'ayant les valeurs les plus élevées, montre une stabilité au fil du temps, ce qui pourrait s'expliquer par une répartition différente des pores ou un excès d'adjuvant ayant altéré l'équilibre optimal de compacité.

L'ajout de superplastifiant réduit globalement l'absorption capillaire du béton, en particulier à un dosage de 1 %, ce qui améliore significativement sa durabilité en limitant la pénétration de l'eau. En revanche, une dose plus élevée (1,5 %) semble produire un effet contraire ou atteindre une limite d'efficacité, soulignant l'importance de déterminer un dosage optimal pour chaque formulation.

### III.2.3. Résultats de l'essai aux ultrasons

L'essai aux ultrasons, ou mesure de la vitesse des ultrasons dans le béton, est une méthode non destructive utilisée pour évaluer l'homogénéité, la compacité, et parfois la résistance mécanique d'un élément en béton (réf. norme EN 12504-4).

**Tableau.III.4.** Résultats de l'essai aux ultrasons

Type de béton	Vitesse (V) (m/s)	Ed (MPa)	Rc (MPa)	Ecrasement (KN)
<b>Béton ordinaire</b>	4565	47.5	8.06	449,5
<b>0,5 %</b>	4915	55.55	15.54	465,0
<b>1,0 %</b>	4955	56.28	16.51	682,2
<b>1,5 %</b>	5250	65.18	34.20	521,3

$$V = \frac{L}{T} \quad / \quad L = 0.10 \text{ m} \quad / \quad V > 4500 \text{ m/s}$$

$$E_d = \frac{V^2 \gamma (1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

## Chapitre III : Résultats et discussion

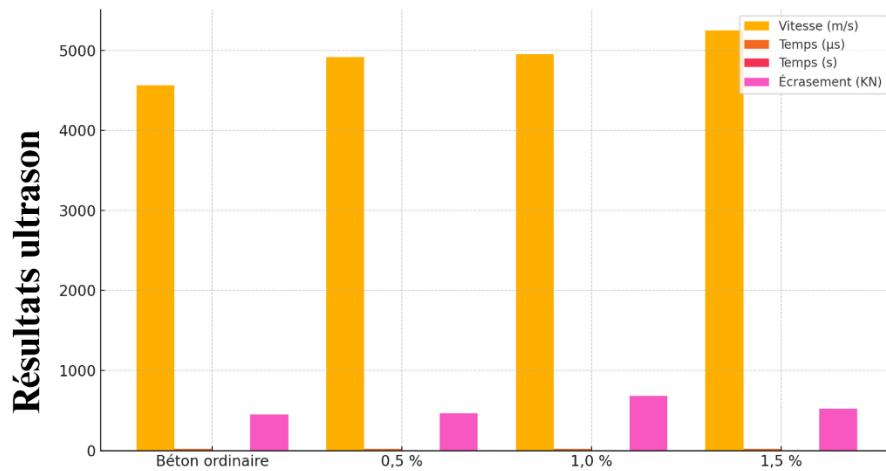
V: la vitesse des ondes, exprimée en km/s

$\gamma$ : la masse volumique de béton exprimé en kg/m<sup>3</sup>

v : coefficient de poisson du béton, dont la valeur est de 0.15 pour un béton de haute résistance et de 0.3 pour un béton de faible résistance

$E_d$ : module d'élasticité dynamique, exprimé en MPa

$$R_c = 16.7 e^{ED/122500}$$



**Fig.III.4.** Résultats de l'essai aux ultrasons

Les résultats de l'essai ultrasonique montrent que la vitesse de propagation des ondes à travers les différents bétons varie entre 4566 m/s et 5249 m/s, ce qui reflète une bonne qualité mécanique et une compacité structurelle satisfaisante. Le béton avec 1,5 % d'adjuvant a enregistré la vitesse la plus élevée (5249 m/s), indiquant une structure interne dense et homogène. En revanche, le béton aléatoire a présenté la vitesse la plus faible, ce qui peut suggérer une porosité plus importante ou des hétérogénéités internes. Ces résultats confirment que l'ajout d'adjuvants améliore la compacité et la qualité globale du béton.

### III.2.4. Résultats de l'essai brésilien

L'essai brésilien, aussi appelé **essai de traction indirecte par fendage**, est utilisé pour déterminer la **résistance à la traction** des matériaux cimentaires durcis comme le béton (réf. norme **EN 12390-6**).

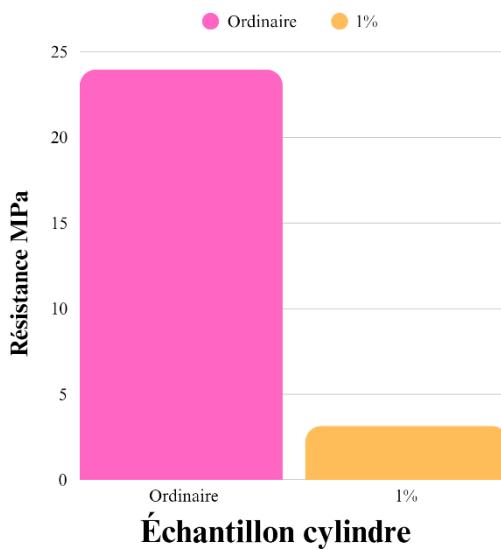
## Chapitre III : Résultats et discussion

$$\rho_t = \frac{2P}{\pi D L}$$

Cylindrique 1% :

$$\rho_t = \frac{2 \times 245400}{\pi \times 160 \times 310} = 3,15 \text{ MPa}$$

Cylindrique ordinaire : 23,96 MPa



**Fig.III.5.** essai brésilien

Le graphique présenté compare la résistance de deux types de béton : un béton **ordinaire**, testé selon l'**essai de compression**, et un béton contenant **1 % d'adjuvant de type superplastifiant**, dont la résistance a été mesurée à l'aide de l'**essai brésilien (traction indirecte)**.

On observe que :

- Le béton **ordinaire** présente une résistance très élevée, dépassant **23 MPa**, ce qui est attendu étant donné que l'essai de compression mesure la capacité du béton à supporter une charge axiale directe.
- En revanche, le béton modifié avec **1 % de superplastifiant** montre une résistance nettement plus faible (**inférieure à 5 MPa**), ce qui s'explique principalement par le **type d'essai utilisé**, à

## Chapitre III : Résultats et discussion

savoir l'essai brésilien, qui donne naturellement des valeurs de résistance plus faibles car il s'agit de résistance à la traction.

### III.2.4. Résultats de l'essai de perméabilité à l'eau

L'essai de perméabilité à l'eau permet d'évaluer la capacité du béton durci à **résister à la pénétration de l'eau sous pression**, ce qui est un indicateur essentiel de sa durabilité, notamment pour les ouvrages exposés à l'humidité ou à l'eau sous pression (réf. norme **EN 12390-8**).

Jour	Pression appliquée	Q	K	Q	K
		ordinaire	ordinaire	1.5%SP	1.5%SP L
		L	m/s	L	
1	1 bar	0.25	$1.51 \times 10^{-7}$	0.15	$9.05 \times 10^{-8}$
2	1 bar	0.5	$3.02 \times 10^{-7}$	0.10	$6.03 \times 10^{-8}$
		reduit			
3	2 bars	0.5	$1.51 \times 10^{-7}$	0.10	$3.02 \times 10^{-8}$

Les résultats de l'essai de perméabilité montrent que le béton avec 1,5 % de superplastifiant présente une réduction significative du volume d'eau pénétrée et du coefficient de perméabilité par rapport au béton ordinaire. Cela traduit une amélioration notable de la résistance du béton à la pénétration de l'eau sous pression, renforçant ainsi sa durabilité en milieu humide.

### III.2.5. Résultats de l'essai de mouillage – séchage (ASTM D559 – 57)

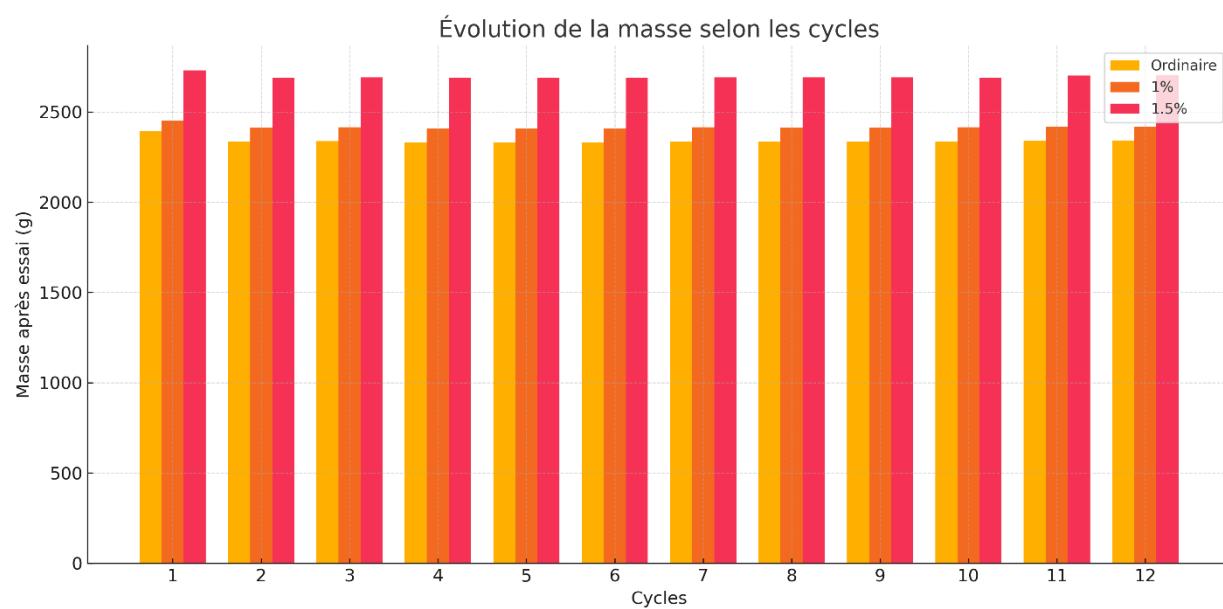
L'essai de mouillage – séchage est une méthode utilisée principalement pour évaluer la **résistance à la dégradation** des matériaux traités aux liants hydrauliques, comme les sols stabilisés ou certains bétons, lorsqu'ils sont soumis à des **cycles alternés d'immersion dans l'eau et de séchage à l'air chaud**.

**Tableau.III.5.** Résultats de l'essai de mouillage – séchage (ASTM D559 – 57)

Cycles	M1	BO	B 1%	B 1.5%

## Chapitre III : Résultats et discussion

	BO	B 1%	B 1.5%			
<b>1</b>	2392,75	2450,51	2729,05	2392,75	2450,51	2729 ,05
<b>2</b>				2333,92	2412,12	2688,52
<b>3</b>				2337,36	2414,43	2691,30
<b>4</b>				2330,30	2409,45	2686,57
<b>5</b>				2330,56	2409,87	2686,83
<b>6</b>				2330,46	2409,55	2686,96
<b>7</b>				2335,38	2413,35	2690,51
<b>8</b>				2334,75	2412,83	2690,31
<b>9</b>				2335,06	2413,25	2690,59
<b>10</b>				2337,01	2414,76	2692,26
<b>11</b>				2340 ,02	2416,47	2700,21
<b>12</b>				2342.35	2418.02	2705,01



**Fig.III.6.** Résultats de l'essai de mouillage – séchage

**Tableau.II.5.** Résultats de résistance en compression

## Chapitre III : Résultats et discussion

Béton	Résistance en compression (MPa)
BO	42.49
BAdj 1%	56.35
BAdj 1.5%	63.08

$$\Delta_w = \Delta_0 - \Delta_{12} \quad / \quad \frac{W_0 - W_{12}}{W_0} \times 100 \quad / \quad \Delta W > 0$$

$$\Delta_w \text{ or } = 2392,75 - 2342,35 = 50,4 \rightarrow 2\%$$

$$\Delta_w 1\% = 2450,51 - 2418,02 = 32,49 \rightarrow 1\%$$

$$\Delta_w 1,5\% = 2729,05 - 2705,01 = 24,04 \rightarrow 0,8\%$$

Après avoir réalisé l'essai de cycles de mouillage et de séchage et obtenu les résultats présentés ci-dessus, il a été constaté que tous les types de béton étudiés présentent une très haute résistance face à ce type de sollicitations climatiques. Il a également été observé qu'une diminution du pourcentage de perte de masse correspond à une augmentation de la résistance du béton, ce qui indique une relation inverse entre ces deux paramètres. Par ailleurs, les résultats ont mis en évidence une relation proportionnelle entre le taux d'adjuvants (minéraux ou chimiques) incorporés dans le mélange et la résistance du béton à la dégradation, cette dernière augmentant avec la quantité d'additifs utilisée.

### III.3. Conclusion

À travers l'ensemble des essais réalisés et analysés dans ce chapitre, il ressort clairement que l'ajout de super plastifiant dans les mélanges de béton a un impact significatif sur les propriétés physiques et mécaniques du matériau. Les résultats montrent une amélioration progressive de la résistance à la compression avec l'augmentation du dosage en super plastifiant, atteignant une performance optimale à 2 %, ce qui indique une meilleure compacité et une réduction notable de la porosité.

Les essais d'absorption, qu'ils soient par immersion ou par capillarité, confirment cette tendance : les bétons contenant des adjuvants présentent des taux d'absorption moindres, traduisant une structure plus dense et plus durable face à la pénétration de l'eau. Néanmoins, un excès d'adjuvant peut parfois

## **Chapitre III : Résultats et discussion**

---

inverser cet effet bénéfique, comme observé à 1,5 %, ce qui souligne la nécessité de maîtriser précisément les dosages.

L'essai aux ultrasons a renforcé ces observations, en mettant en évidence une corrélation claire entre la vitesse de propagation des ondes et la qualité interne du béton. Enfin, les essais de résistance à la traction (essai brésilien) et de dégradation par cycles de mouillage-séchage ont permis d'apprécier la performance des bétons sous des sollicitations indirectes ou environnementales, confirmant à nouveau l'effet bénéfique — mais conditionnel — des adjuvants.

En somme, les résultats obtenus démontrent que l'intégration de super plastifiants améliore la durabilité, la compacité et la résistance du béton, à condition d'un dosage optimal, au-delà duquel l'efficacité peut décroître.

# Conclusion

## général

# Conclusion general

---

## Conclusion général

Le présent travail s'est inscrit dans le cadre de l'étude de l'influence des adjuvants sur les caractéristiques physiques du béton durci, en particulier celles liées à sa durabilité. Face aux enjeux actuels du génie civil, notamment la pérennité des structures et la résistance des matériaux aux agressions extérieures, l'optimisation de la composition du béton à l'aide d'adjuvants représente une voie de recherche particulièrement prometteuse.

À travers une campagne expérimentale ciblée, plusieurs formulations de béton ont été élaborées avec ou sans adjuvants, puis soumises à différents essais tels que :

- la perméabilité à l'eau sous pression,
- l'absorption capillaire et par immersion,
- les essais par ultrasons,
- ainsi que les cycles de mouillage et de séchage.

Les résultats obtenus ont mis en évidence l'impact significatif des adjuvants sur le comportement du béton. De manière générale, l'ajout d'adjuvants a permis d'améliorer l'imperméabilité, de réduire la porosité ouverte, et de stabiliser les performances du matériau face aux variations d'humidité. Par ailleurs, les essais ultrasonores ont confirmé une meilleure compacité interne du béton adjuvanté, traduisant une matrice plus homogène et moins sujette à la fissuration.

Cependant, ces effets varient en fonction du type et du dosage de l'adjuvant utilisé. Une formulation non adaptée peut, au contraire, engendrer une augmentation de la porosité ou une modification du comportement hydrique du béton. Il est donc essentiel de bien maîtriser les interactions entre les constituants du béton pour optimiser ses propriétés.

Ce mémoire a ainsi permis de mieux comprendre les mécanismes par lesquels les adjuvants influencent les propriétés de transfert d'eau et la structure interne du béton. Les résultats obtenus offrent une base de réflexion pour des applications concrètes dans le domaine des matériaux de construction, notamment pour les ouvrages exposés à des environnements humides ou agressifs.

## **Conclusion general**

---

Enfin, cette étude pourrait être poursuivie par des recherches complémentaires portant sur d'autres types d'adjuvants, ou en étudiant le comportement à long terme du béton dans des conditions réelles de service.

# **REFERENCE**

## REFERENCES

---

N	REFERENCE
1	AFNOR, Norme NF EN 206, "Béton – Spécification, performance, production et conformité", AFNOR, 2014
2	Mehta, P.K., Monteiro, P.J.M., Concrete: Microstructure, Properties, and Materials, 4th ed., McGraw-Hill, 2014
3	NF EN 934-2, Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Partie 2 : Adjuvants pour béton, AFNOR, 2009.
4	Rixom, R., Mailvaganam, N., Chemical Admixtures for Concrete, 3rd ed., Taylor & Francis, 1999.
5	Mindess, S., Young, J.F., Darwin, D., Concrete, 2nd ed., Prentice Hall, 2003.
6	Flatt, R., Schober, I., "Superplasticizers and the rheology of concrete", Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 2012.
7	Aït-Mokhtar, A., & Bellegou, H., "Influence des superplastifiants sur les propriétés mécaniques du béton", Matériaux & Techniques, 2007.
8	Chafic, A., "Effet des adjuvants chimiques sur les résistances du béton", Revue des Matériaux de Construction, 2010.
9	Neville, A.M., Properties of Concrete, 5th ed., Pearson Education, 2011.
10	Popovics, S., Concrete Materials: Properties, Specifications, and Testing, 2nd ed., Noyes Publications, 1992.
11	Marchand, J., & Pleau, R., Durabilité des bétons, Presses Internationales Polytechnique, 2005.
12	Aïtcin, P.-C., High Performance Concrete, E & FN Spon, 1998.
13	Taylor, H.F.W., Cement Chemistry, 2nd ed., Thomas Telford, 1997.
14	Diamond, S., "Mercury porosimetry: an inappropriate method for the measurement of pore size distributions in cement-based materials", Cement and Concrete Research, 2000.
15	Juillard, P., et al., "Impact des superplastifiants sur la microstructure du béton", Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 2008.
16	Djerbi, A., "Étude de la durabilité des bétons à base d'adjuvants", Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke, 2004.

---

## REFERENCES

---

- 17 Scrivener, K., & Gartner, E., "Microstructure and porosity of cementitious materials", Materials and Structures, 2005.
- 18 Aïtcin, P.-C., "Dosage optimal des superplastifiants dans les bétons à haute performance", Revue Française du Génie Civil, 2000.
- 19 Ramachandran, V.S., Concrete Admixtures Handbook, 2nd ed., Noyes Publications, 1995.
- 20 Kosmatka, S.H., Wilson, M.L., Design and Control of Concrete Mixtures, 16th ed., PCA, 2016.
- 21 Marchand, J., & Bilodeau, A., "Interférences entre adjuvants chimiques dans le béton", Matériaux & Construction, 2001.
- 22 Mindess, S., & Young, J.F., Concrete, 2nd ed., Prentice Hall, 2003.
- 23 Kearsley, E.P., & Wainwright, P.J., "Effect of mixing time on the properties of concrete", Cement and Concrete Research, 2002.
- 24 Aïtcin, P.-C., "Superplasticizers: Key Components in High-Performance Concrete", Concrete International, 2003.
- 25 Mehta, P.K., Monteiro, P.J.M., Concrete: Microstructure, Properties, and Materials, 4th ed., McGraw-Hill, 2014.
- 26 Neville, A.M., Properties of Concrete, 5th ed., Pearson Education, 2011.
- 27 Rixom, R., & Mailvaganam, N., Chemical Admixtures for Concrete, 3rd ed., E&FN Spon, 1999.
- 28 Saoula, S., "Effets à long terme des adjuvants plastifiants sur la microstructure du béton", Revue des Techniques Nouvelles, 2015.
- 29 Djerbi Tegguer, A., "Étude expérimentale et modélisation de la perméabilité des bétons à haute performance", Thèse de doctorat, Université de Laval, 2009.

# **ANNEX**



# SPA BISKRIA CIMENT



## FICHE TECHNIQUE

### CEM I 42.5R CIMENT PORTLAND

Ciment portland, pour les bétons hautes performances et a une résistance rapide à court terme, destiné aux domaines où les délais de décoffrage sont courts, il est recommandé particulièrement pour le bétonnage par temps froid.

#### CEM I 42.5R:

Conforme à la norme Algérienne (NA442-2013).



## DOMAINES D'APPLICATION

Un ciment pour tous vos travaux de constructions de haute résistance a jeune âge, il est aussi recommandé pour les utilisations suivantes:

- ▶ Produits en bétons qui demandent un durcissement rapide.
- ▶ Le bétonnage dans des coffrages coulissant, surtout en période hivernale.
- ▶ Béton résistant au gel en présence de sels de dé verglaçage.
- ▶ Tabliers de ponts.
- ▶ Béton pompé.
- ▶ Béton projeté



## APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- ▶ Béton armé à haute résistance.
- ▶ Béton autoplaçant.



Un produit conforme aux normes et spécifications de l'Union européenne. Le marquage CE est une exigence légale pour certains produits sur le marché de l'UE.



Produit conçu et fabriqué sous un Système de Management de la Qualité certifié ISO 9001 par AFAQ-AFNOR.





## FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment	Sable (sec) 0/5	Gravillons (sec) 8/15mm - 15/25mm	Eau (litres)
Dosage pour béton	50k X1	+ X7	+ X5 + X4	25 L
	Ciment	Sable Correcteur 0/1mm	Sable (sec) 0/4mm	Eau (litres)
Mortier de briquetage	50k X1	+ X6	+ X9	35 L
Mortier de finitions	50k X1	+ X9	+ X6	35 L

Remarque: un bidon =10 litres



## CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Analyses chimiques (%)	Valeur	Résistance à la compression	Valeur
Perte au feu	26 – 37	2 jours (MPa)	20 – 29
Teneur en sulfates (SO <sub>3</sub> )	2.2 – 2.8	28 jours (MPa)	42.5 – 52.5
Teneur en Oxyde de Magnésium (MgO)	1.7 – 2.8		
Teneur en Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	0.03 – 0.07		
Composition Potentielle du Clinker (Selon Bogue) (%)	Valeur		
C <sub>3</sub> S	56 – 66		
C <sub>2</sub> S	5.1 – 7.2		
Propriétés physiques	Valeur		
Consistance normale (%)	25.8 – 26.4		
Expansion à chaud (mm)	0.25 – 1.0		
Temps de prise (min)	Valeur		
Début de prise	150 – 190		
Fin de prise	220 - 250		



## CONSIGNES DE SÉCURITÉ

### PROTÉGEZ VOTRE PEAU:

Portez les équipements adapté dans vos chantiers:



casques



lunettes



gants



genouillères



chaussures



vêtements de sécurité

Djar Belahrache, Branis, Biskra, Algérie

Tel: (+213) 0560 753 424

Fax: (+213) 033 62 73 92

www.biskriaciment-dz.com

contact@biskriaciment-dz.com



# Walcrete 77

## Superplastifiant haut réducteur d'eau, pour béton prêt à l'emploi

### DESCRIPTION

**Walcrete 77** est un superplastifiant unique et polyvalent basé sur une technologie de polymères innovante. Son action diffère des polymères traditionnels dans la mesure où l'adsorption de **Walcrete 77** sur les particules de liant est assurée par une liaison chimique qui ne gêne pas l'écoulement du béton. Cette innovation améliore considérablement le comportement rhéologique du béton traité avec **Walcrete 77**, ce qui se traduit par une viscosité et une limite d'élasticité inférieure, associées à une meilleure rétention de la maniabilité.

### DOMAINE D'APPLICATION

**Walcrete 77** est un superplastifiant recommandé pour :

- Béton prêt à l'emploi
- Béton auto-plaçant
- Béton préfabriqué et précontraint
- Béton auto-compactant et pour un long maintien de rhéologie
- Béton à Haute résistance,
- Béton à Haute Performance,
- Béton pour coffrage Tunnel.

### PROPRIÉTÉS & AVANTAGES

- Conférer des propriétés rhéologiques en réduisant la viscosité
- Améliore considérablement la pompabilité du béton en réduisant les pressions de pompage pour les applications horizontales et verticales
- Facilite également le placement et la finition du béton
- Facilité de mise en place et de finition du béton
- Finition de surface améliorée
- Durabilité du béton
- Compatible avec tous les types de liants, ciments et additifs minéraux.

### CARACTÉRISTIQUES

Aspect	Liquide
Couleur	Brun
Densité à 25°C	1,07 ± 0,02
Ph	4 - 7

### MODE D'EMPLOI

**Walcrete 77** est un adjuvant pour béton qui doit être incorporé dans le malaxeur. L'effet optimal est obtenu par incorporation du **Walcrete 77** dans le béton en différé, c'est-

à-dire après l'addition de 70% de l'eau de gâchage dans le malaxeur. Eviter d'ajouter le **Walcrete 77** sur les granulats secs.

### DOSAGE

Le dosage recommandé est de 0,3 à 2 % du poids de ciment en fonction de la formulation du béton et des propriétés souhaitées

### CONDITIONNEMENT

**Walcrete 77** est disponible dans les conditionnements suivants :

- Cubi IBC de 1000 litres (1070 Kg)
- Fût de 210 litres (224,7 Kg)
- En vrac

### CONDITION DE STOCKAGE

Le produit **Walcrete 77** doit être stocker dans son emballage d'origine bien fermé et dans des conditions de températures supérieures à +5°C et inférieures à +35°C

### DURÉE DE VIE

**Walcrete 77** se conserve 12 mois dans son emballage à compter de la date de fabrication.

Pour les conseils spécifiques de stockage, consulter le service technique de GCS.

### PRÉCAUTION D'EMPLOI

**Walcrete 77** ne contient aucune substance exigeant un label particulier.

### GCS Chemicals

N° 348 Elgammes Route de Elkhroub  
Constantine  
Tél : +213 (0)557 34 10 99  
+213 (0)668 89 32 07  
Email: [gcschemicalsalgeria@gmail.com](mailto:gcschemicalsalgeria@gmail.com)