

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département de génie civil et Hydraulique

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : Génie civil

Spécialité : *Structure*

Par :

Badji Abdelhakim

Daouadi Idriss

Thème

Corrélation entre les essais destructifs et les essais non destructifs par les matériaux locaux de la région de Ghardaïa

Soutenu le 10/2020

Devant le jury :

Salhi Aïmed

M A A

Université Ghardaïa

Président

Dahane S

Magister

Université Ouargla

Examineur

Rezma Yacine

Ingénieur CTC

CTC Ghardaïa

Encadreur

Laroui Hocine

Directeur CTC

CTC Ghardaïa

Invité

Année universitaire 2019/2020

Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Avec joie, fierté et respect, Je dédie ce mémoire :

À ma plus chère mère qui m'a soutenu et encouragé durant toute ma vie.

À mon père

À mes chers frères

À mes chères sœurs

À toute la famille : Badji

À mon binôme : Idriss

À tous ma promotion de Génie Civil 2019/2020

À tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation.

Enfin, nos remerciements vont également à tous ceux et celles qui de près ou de loin nous ont apporté aide et encouragement. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

Abdelhakim

Dédicaces

À ma chère mère

*ma raison d'être, ma raison de vivre, la lanterne qui éclaire mon
chemin.*

À mon cher père ALLAH YARHAMOU

*en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les
soutiens et les sacrifices dont il a fait preuve à mon égard.*

À mes chers frères

À mes chères sœurs

À toute la famille : Daouadi

À mon binôme : Abdelhakim

À mon encadreur Rezma Yacine

À tous mes amis : section master II GC université de Ghardaïa

*En témoignage de l'amitié sincère et du soutien inébranlable que vous
m'avez apporté.*

Je dédie ce travail.

Idriss

Résumé

Dans le cadre de contrôles des structures de génie civil, il est indispensable d'établir une méthode de contrôle lors de la confection des ouvrage ou pendent la mise en œuvre soit par la confection des éprouvettes cubique ou cylindrique ou par les essais non destructifs. Pour les ouvrages ou il n y a pas un historique de contrôle par les essais destructifs, il faut avoir une méthode combiné pour collabore avec les essais non destructifs pour avoir plus de fiabilité des essais non destructifs.

Dans notre étude nous avons fait une corrélation entre les essais destructifs et les essais non destructifs et essayé d'établir des relations entre les deux méthodes par une approche de modalisation statique avec un logiciel et déduire un model de béton fabriqué a partir des matériaux locaux de notre région.

Mots clés : béton, Corrélation, modalisation, essais destructifs, non destructifs.

ملخص

في سياق عمليات التفتيش على هياكل الهندسة المدنية ، من الضروري إنشاء طريقة تحكم أثناء إنشاء الهياكل أو أثناء التنفيذ إما عن طريق إعداد قطع الاختبار المكعبة أو الأسطوانية أو عن طريق الاختبارات غير المدمرة. بالنسبة للهياكل التي لا يوجد فيها سجل للتحكم عن طريق الاختبار المدمر ، من الضروري وجود طريقة مشتركة للتعاون مع الاختبارات غير المدمرة للحصول على مزيد من الموثوقية للاختبار غير المتلف. قمنا في دراستنا بإجراء علاقة ارتباط بين الاختبارات التحطيمية والاختبارات غير التحطيمية وحاولنا إقامة علاقات بين الطريقتين من خلال نهج التهيئة الثابتة مع البرامج واستنتاج نموذج ملموس مصنوع من مواد محلية. منطقتنا

الكلمات المفتاحية: الخرسانة الارتباط التشكيل الاختبارات التحطيمية غير التحطيمية

Abstract

In the context of inspections of civil engineering structures, it is essential to establish a control method during the construction of the structures or during the implementation either by the preparation of cubic or cylindrical test pieces or by non-destructive tests. For structures where there is no history of control by destructive testing, it is necessary to have a combined method to collaborate with non-destructive testing to have more reliability of non-destructive testing.

In our study we made a correlation between destructive tests and non-destructive tests and tried to establish relations between the two methods by a static modalization approach with software and to deduce a concrete model made from local materials of our region.

Keywords: concrete, correlation, modalization, destructive tests, non-destructive.

Table des matières

Introduction générale

Dédicace

Résumé

المخلص

Abstract

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction

Objectif

Chapitre I : Etude bibliographique.

Introduction	3
I.1-Définition du béton :	3
I.2- Les constituants de béton	3
1- Le ciment	3
2- Les granulats	4
I.3-Propriétés du béton	5
1- Propriétés du béton frais	5
2- Propriétés du béton durci	6
I.4-Les facteurs influant sur la résistance mécanique	7
1- Qualité du ciment	7
2- Dosage en ciment et en eau	7
3- Influence des granulats	7
4- Influence de la température et de l'humidité	8

Chapitre II : Le contrôle par les essais non destructifs et les essais destructifs

Introduction	9
II.1-Les essais non destructifs	9
1- Définition	9
2- But d'utilisation	10
3- Principales méthodes	10
II.1.1-Scléromètre : NF EN 12504-2	10
1- Principe de l'essai	10
2- Appareillage NF EN 12504-2	11
3- Points de mesures	11
4- Les avantages de la méthode scléromètre:	12
5- Les inconvénients de la méthode scléromètre	13
II.1.2-Essai d'auscultation dynamique (ultrason) P18-418	13
II.2-Contrôles par les essais destructifs	14
1- Résistance à la compression (NF-EN-12390-3)	14
2- Résistance à la traction (flexion trois points)	15

Chapitre III : Partie expérimentale

Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructifs et les essais destructifs

Introduction	17
III.1-LES CARACTERISTIQUES DES CONSTITUANTS	17
Formulation N° 01	
a- Le sable	19
1-Essai analyse granulométrique de sable NA 2607	19
2-Essai d'équivalent de sable NF EN 933-8+A1	19
3-Essai masse volumique de sable NA 455	19
a- Le gravier	21
1-Essai analyse granulométrique de gravier	21
2-Résistance au choc : NF EN 1097-2	21
3-Détermination des masses volumiques des graviers NA 255	22
4-Essais de détermination du coefficient d'absorption d'eau NA 255	22
5-Essais de détermination propriété superficielle NA 463	22
Formulation N° 02	
a- Le sable	24
1-Essai analyse granulométrique de sable NA 2607	24
2-Essai d'équivalent de sable NF EN 933-8+A1	24
3-Essai masse volumique de sable NA 455	24
b- Le gravier	25
1-Essai analyse granulométrique de gravier	25
2-Résistance au choc : NF EN 1097-2	26
3-Détermination des masses volumiques des graviers NA 255	26
4-essais de détermination du coefficient d'absorption d'eau NA 255	26
5-Essais de détermination propriété superficielle NA 463	27
Formulation N° 03	
a- Le sable	28
1-Essai analyse granulométrique de sable NA 2607	28
2-Essai d'équivalent de sable NF EN 933-8+A1	28
3-Essai masse volumique de sable NA 455	29

b- Le gravier	30
1-Essai analyse granulométrique et coefficient d'aplatissement de gravier	30
2-Résistance au choc : NF EN 1097-2	30
3-Détermination des masses volumiques des graviers NA 255	31
4-essais de détermination du coefficient d'absorption d'eau NA 255	31
5-Essais de détermination propriété superficielle NA 463	31
III.2-VERIFICATION DES PERFORMANCES DU MELANGE	33
III.3-LES RESULTATS DES ESSAI NON DESTRUCTIFS ET ESSAIS DESTRUCTIFS	35
1-Les résultats des essais non destructifs	35
2-Les résultats des essais destructifs	37
III.4-ANALYSE DES RESULTATS	39
1-Résultats des réponses	39
1.1-Réponse : résistance d'écrasement de béton (F_{ce})	39
1.2- Réponse : résistance de béton en scléromètre (F_{cs})	43
1.3- Réponse : résistance de béton en ultrason (F_{cu})	46
III.5-CONCLUSION ET RECOMMANDATION	50

CONCLUSION GENERAL

Liste des figures

Titres

- Figure I.1:** Exemples de granulats d'origines différentes. [4]
- Figure I.2 :** les étapes de mesure d'affaissement
- Figure II.3 :** L'appareil de scléromètre
- Figure II.4 :** Principe du Scléromètre. [2]
- Figure II.5:** Grille de mesure sur ouvrage [8]
- Figure II.6 :** Courbe de transformation unique CNERIB (1998).
- Figure II.7:** mesure par la méthode Ultrason
- Figure II.8:** étalonnage de l'appareil Ultrason
- Figure II.9:** les étapes d'écrasement à la compression
- Figure II.10 :** Schéma mécanique de l'essai de traction par flexion trois points [11]
- Figure II.11 :** Différents essais de mesure de la résistance de béton. [7]
- Figure III.12 :** Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévues de **Fce** (MPa).
- Figure III.13 :** Variation de la réponse **Fce** en fonction de l'âge et les résistances des testes combiné
- Figure III.14 :** Courbes isoréponses de la variation secléro ultrason
- Figure III.15 :** Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévues de **Fcs** (MPa).
- Figure III.16 :** Variation de la réponse **Fcs** en fonction de l'âge et les résistances des testes combiné
- Figure III.17 :** Courbes isoréponses de la variation secléro ultrason
- Figure III.18 :** Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévues de **Fcu** (MPa).
- Figure III.19 :** Variation de la réponse **Fcu** en fonction de l'âge et les résistances de l'écrasement
- Figure III.20 :** Courbes isoréponses de la variation écrasement et l'âge

Liste des tableaux

Titres

Tableau I.1 : [NA 16002] Les cinq classes de consistance suivant la norme.

Tableau III.1 : nature des matériaux utilisé et leur provenance pour la formulation N°01

Tableau III.2 : nature des matériaux utilisé et leur provenance pour la (formulation N°02)

Tableau III.3 : nature des matériaux utilisé et leur provenance pour la (formulation N°03)

Tableau III.4 : NA 2607 Analyse granulométrique de sable pour la (formulation N°01)

Tableau III.5 : NF EN 933-8+A1 Essai équivalent de sable pour la (formulation N°01)

Tableau III.6 : NA 455 Masse volumique de sable (formulation N°01)

Tableau III.7 : Caractéristiques physique de sable (formulation N°01)

Tableau III.8 : NA 2607Analyse granulométrique des deux fractions de graviers (formulation N°01)

Tableau III.9 : NF EN 1097-2. Essai Los Angeles des deux fractions de graviers (formulation N°01)

Tableau III.10 : NA 255 Essai de la masse volumique des deux fractions de graviers (formulation N°01)

Tableau III.11: NA 255 coefficient d'absorption d'eau des deux fractions de graviers (formulation N°01)

Tableau III.12: NA 463 Propriété superficielle des deux fractions de graviers (formulation N°01)

Tableau III.13 : Caractéristiques intrinsèques, physiques, mécaniques des deux fractions de graviers (formulation N°01)

Tableau III.14 : NA 2607 Analyse granulométrique de sable pour la (formulation N°02)

Tableau III.15 : NF EN 933-8+A1 Essai équivalent de sable pour la (formulation N°02)

Tableau III.16 : NA 455 Masse volumique de sable (formulation N°02)

Tableau III.17 : Caractéristiques physique de sable (formulation N°02)

Tableau III.18 : NA 2607Analyse granulométrique des trois fractions de graviers (formulation N°02)

Tableau III.19 : NF EN 1097-2. Essai Los Angeles des trois fractions de graviers (formulation N°02)

Tableau III.20 : NA 255 Essai de la masse volumique des trois fractions de graviers (formulation N°02)

Tableau III.21: NA 255 coefficient d'absorption d'eau des trois fractions de graviers (formulation N°02)

Tableau III.22: NA 463 Propriété superficielle des trois fractions de graviers (formulation N°02)

Tableau III.23 : Caractéristiques intrinsèques, physiques, mécaniques des trois fractions de graviers (formulation N°02)

Tableau III.24 : NA 2607 Analyse granulométrique de sable pour la (formulation N°03)

Tableau III.25 : NF EN 933-8+A1 Essai équivalent de sable pour la (formulation N°03)

Tableau III.26 : NA 455 Masse volumique de sable (formulation N°03)

Tableau III.27 : Caractéristiques physique de sable (formulation N°03)

Tableau III.28 : NA 2607 Analyse granulométrique des deux fractions de graviers (formulation N°03)

Tableau III.29 : NF EN 1097-2. Essai Los Angeles des deux fractions de graviers (formulation N°03)

Tableau III.30 : NA 255 Essai de la masse volumique des deux fractions de graviers (formulation N°03)

Tableau III.31: NA 255 coefficient d'absorption d'eau des deux fractions de graviers (formulation N°03)

Tableau III.32: NA 463 Propriété superficielle des deux fractions de graviers (formulation N°03)

Tableau III.33 : Caractéristiques intrinsèques, physiques, mécaniques des deux fractions de graviers (formulation N°03)

Tableau III.34 : Pourcentage et quantité des constituant (formulation N°01)

Tableau III.35 : Pourcentage et quantité des constituant (formulation N°02)

Tableau III.36 : Pourcentage et quantité des constituant (formulation N°03)

Tableau III.37 : Résultats des essais non destructifs (scléromètre - ultrason) pour les trois formulations

Tableau III.38 : Résultats des essais destructifs (écrasement a la compression) pour les trois formulations

Tableau III.39 : Résumé de l'ajustement de la réponse **Fce**.

Tableau III.40 : Paramètres issus de l'analyse de la variance de la réponse **Fce**

Tableau III.41 : Paramètres et coefficient du model établi.

Tableau III.42 : Résumé de l'ajustement de la réponse **Fcs**.

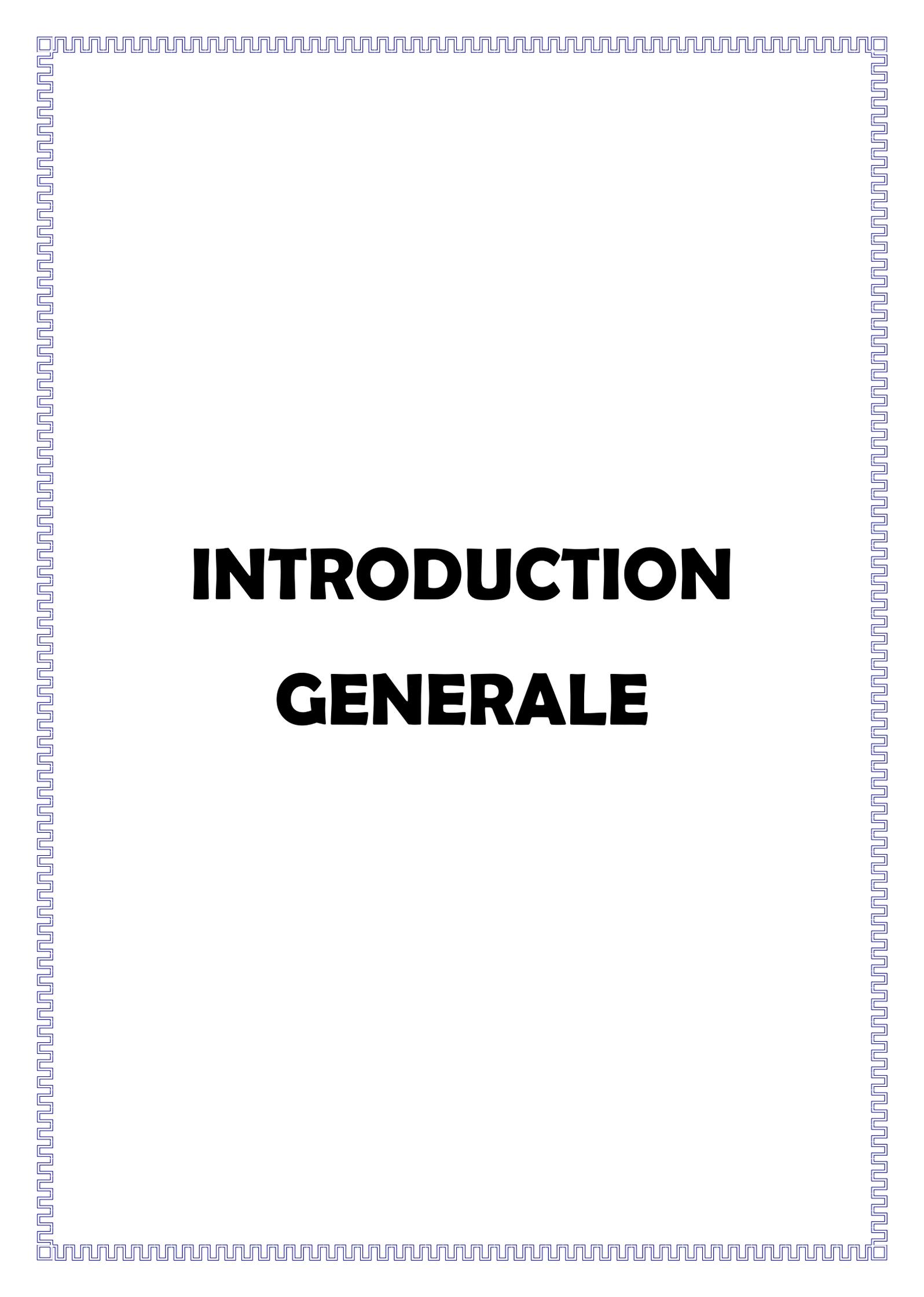
Tableau III.43 : Paramètres issus de l'analyse de la variance de la réponse **Fcs**

Tableau III.44 : Paramètres et coefficient du model établi

Tableau III.45 : Résumé de l'ajustement de la réponse **Fcu**.

Tableau III.46 : Paramètres issus de l'analyse de la variance de la réponse **Fcu**

Tableau III.47 : Paramètres et coefficient du model établi

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, framing the entire page.

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le béton est un matériau de construction qui trouve son champ d'utilisation pratiquement, dans tous les domaines de génie civil pour les avantages économiques et techniques qu'ils présentent mais d'une manière générale les problèmes de qualité rencontrés dans les structures en béton apparaissent à différentes phases de la réalisation des ouvrages, notamment lors de la confection du béton et lors de sa mise en œuvre. [1]

Les problèmes de qualité rencontrés dans les structures en béton apparaissent à différentes phases de la réalisation des ouvrages, si pour cette raison que depuis longtemps il y a une demande accrue pour des méthodes plus précises et en même temps, plus souples d'évaluation de la qualité du béton. Pour cela on recourt aux essais destructif et non destructifs (END) du béton qui a une grande importance scientifique et pratique.

On définit les essais destructif, ceux basé sur la détérioration des matériaux contrôlé pour détermine les performances souhaité et les propriétés aussi.

On définit les essais non-destructif, s'il s'agit de mesures n'endommageant pas les constructions sans modification ni sa performance ni son apparence. Une importante caractéristique de ce type des essais est qu'ils peuvent être refaits au même endroit ou presque, ce qui permet de suivre les changements des propriétés du béton dans le temps. [2]

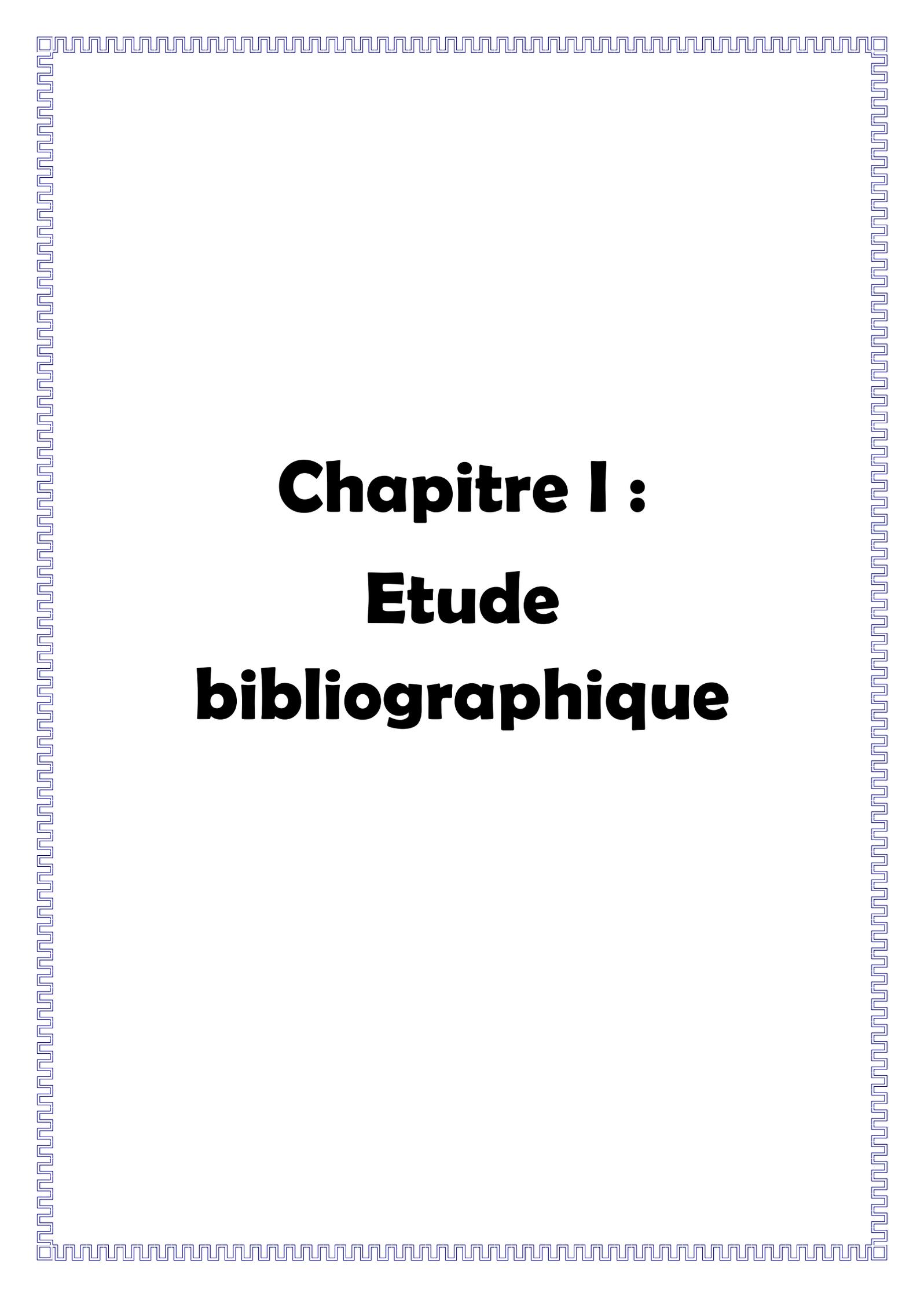
Dans notre étude on va faire une corrélation entre les essais destructifs et les essais non destructifs on utilisant un logiciel statique GMP7.

Ce thème est organisé comme suit :

- L'introduction générale ;
- Le premier chapitre constitue la première partie qui est sacrée à l'étude bibliographique et généralité sur le béton ;
- Le chapitre II, parle sur le contrôle par les essais destructifs ;
- Le chapitre III, parle sur le contrôle par les essais non destructifs ;
- Le chapitre III présente la partie expérimentale les caractéristiques des matériaux utilisés dans les mélanges préparés et les procédures à suivre, et les résultats obtenus résistance à la compression, l'indice scléromètre, la vitesse d'ultrason et le model mathématique établi.
- Finalement, une conclusion générale.

OBJECTIF :

L'objectif principal de ce travail est de comparer les deux méthodes essais destructifs et essais non destructifs utilisées dans le contrôle de la qualité de béton des structures et d'essayer d'établir une approche de modélisation entre les deux méthodes en utilisant un logiciel statique. Ainsi que déduire un modèle de béton fabriqué à partir des matériaux locaux pour la région de Ghardaïa.

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, framing the entire page.

Chapitre I :

Etude

bibliographique

Chapitre I : Etude bibliographique

Introduction :

La résistance mécanique et la déformation sont des propriétés importantes des bétons, car elles jouent un grand rôle principal sur la stabilité et la durabilité des ouvrages.

Dans ce chapitre nous avons donné des définitions et généralité sur le béton dans les deux cas frais et durci et leur propriété et les caractéristiques physiques et mécaniques de ces constituants.

I.1-Définition du béton :

Le béton est un matériau composite. Il est constitué de plusieurs matériaux différents, qui deviennent homogènes entre eux, soit à la mise en œuvre (béton frais), soit après durcissement (béton durci). Ses composants sont déterminés dans des proportions étudiées afin d'obtenir des propriétés souhaitées telles que la résistance mécanique, la consistance, la durabilité, l'aspect architectural (formes, teintes, textures), la résistance au feu, l'isolation thermique et phonique, et ceci en utilisant des méthodes spécialisées dites « méthodes de formulation du béton ». [1]

I.2-Les constituants d'un béton

1-Le ciment [4]

Le ciment est un liant hydraulique qui se présente sous la forme d'une poudre minérale fine s'hydratant en présence d'eau. Il forme une pâte faisant prise qui durcit progressivement à l'air ou dans l'eau. C'est le constituant fondamental du béton puisqu'il permet la transformation d'un mélange sans cohésion en un corps solide. Le ciment est composé essentiellement de silicates et d'aluminates de calcium résultant de la combinaison de la chaux (CaO), de silice (SiO₂), d'alumine (Al₂O₃) et d'oxyde de fer (Fe₂O₃). La chaux nécessaire à la fabrication du ciment est extraite de la roche calcaire ; l'alumine, la silice et l'oxyde de fer sont extraits de l'argile. Le calcaire et l'argile contiennent, en plus des oxydes déjà mentionnés, d'autres oxydes et en particulier Na₂O +K₂O et MgO, l'oxyde ferrique.

Classes de résistance des ciments courants :

La résistance normale d'un ciment est la résistance mécanique à la compression mesurée à 28 jours, conformément à la norme NF EN 196 – 1, elle est exprimée en MPa. Pour chaque type de ciment, trois classes de résistance sont définies en fonction de la résistance normale à 28 jours, ces classes sont notées, 32,5, 42,5 et 52,5.

2-Les granulats

On appelle granulat un matériau granulaire utilisé dans le domaine de construction, soit lié à d'autres substances (liant, bitume) pour obtenir mortier, bétons, bétons routiers ...etc. [3]

Les granulats, sont tout matériau inerte qui entre dans la composition des bétons. C'est l'ensemble des grains compris entre 0 et 125 mm, les granulats vont des fillers, sables, graviers, aux cailloux. La provenance des granulats peut être naturelle, de transformation (artificielle) et pour ces dernière années de recyclage.

On distingue quatre catégories de granulats en fonction de leur provenance :

- Les granulats d'origine alluvionnaire, ils sont considérés comme roulés, ou semi concassés;
- Les granulats de roches massives; appelés aussi granulats concassés,
- Les granulats de transformation ayant subis des transformations physico-chimiques;
- Les granulats de recyclage. [4]

La norme française XP P 18-540 donne une définition des principales divisions granulométrique des granulats :

- Sable 0/D ou $1 < D < 6.3$ mm
- Graves 0/D ou $D > 6.3$ mm
- Gravillon d/D ou $D \leq 125$ mm



Figure I.1: Exemples de granulats d'origines différentes. [4]

I.3-Propriétés du béton

Le béton doit être considéré sous deux aspects :

- **Le béton frais** : mélange de matériaux solides en suspension dans l'eau, se trouve en état foisonné à la sortie des appareils de malaxage et en état compacté après sa mise en œuvre dans son coffrage ;
- **le béton durci** : solide dont les propriétés de résistance mécanique et de durabilité s'acquièrent au cours du déroulement de réactions physico-chimiques entre ses constituants, d'une durée de quelques jours à quelques semaines.

1-Propriétés du béton frais [5]

La propriété essentielle du béton frais est son ouvrabilité qui est la facilité offerte à la mise en œuvre du béton pour le remplissage parfait du coffrage et l'enrobage complet du ferrailage. L'ouvrabilité doit être telle que le béton soit maniable et qu'il conserve son homogénéité. Elle est caractérisée par une grandeur représentative de la consistance du béton frais. Dans le cas de béton ordinaire elle est principalement influencée par :

- La nature et le dosage du liant.
- La forme des granulats.
- La granularité et la granulométrie.
- Le dosage en eau. Parmi les essais qui nous permettent de calculer l'ouvrabilité d'un béton:
- Affaissement au cône d'abrams

Ouvrabilité (ou maniabilité) : NA 5102

L'ouvrabilité d'un béton est couramment appréciée par le test du cône d'Abrams, ou le béton est mis dans un moule conique, l'affaissement du béton une fois le moule enlever donne une appréciation sur sa maniabilité. La mise en place du béton dans le moule se fait en 4 couches d'épaisseurs égales, piquer à l'aide d'une tige à raison de 25 coups pour chaque couche. Le cône est ensuite enlevé doucement sans secousses. [1]



Figure I.2 : les étapes de mesure d'affaissement

On peut classer comme suit les qualités d'ouvrabilité (plasticité) du béton en fonction de l'affaissement au cône : [NA 16002]

Affaissement en mm	Plasticité	Classe
10 à 40	Ferme	S1
50 à 90	Plastique	S2
100 à 150	Très plastique	S3
160 à 210	Fluide	S4
≥ 220	Très fluide	S5

Tableau I.1 : [NA 16002] Les cinq classes de consistance suivant la norme

2-Propriétés du béton durci [5]

Lorsque le béton a durci, sa forme ne peut plus être modifiée mais ses caractéristiques continuent d'évoluer pendant de nombreux mois, voire des années.

- La compacité d'un béton (ou sa faible porosité) est un avantage déterminant pour sa durabilité.
- Une bonne résistance à la compression est la performance souvent recherchée pour le béton durci.
- Les phénomènes de retrait sont une caractéristique prévisible dans l'évolution du béton.
- Les caractéristiques de déformations sous charge du béton sont connues et peuvent être mesurées.
- Propriété physique (étanchéité, porosité, perméabilité, absorption capillaire)

Résistance à la compression [5]

Parmi toutes les sollicitations mécaniques, la résistance du béton en compression uni-axiale a été la plus étudiée, vraisemblablement parce qu'elle projette généralement une image globale de la qualité d'un béton, puisqu'elle est directement liée à la structure de la pâte de ciment hydratée. De plus, la résistance du béton en compression est presque invariablement l'élément clé lors de la conception des structures en béton et lors de l'établissement des spécifications de conformité.

Résistance à la traction :

La résistance caractéristique à la traction du béton à j jour notée f_{tj} , est conventionnellement définie par la relation :

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06f_{cj}$$

Dans laquelle f_{tj} et f_{cj} sont exprimées en (MPa ou N/mm²). Cette formule est valable pour les valeurs de $f_{cj} < 60$ MPa.

I.4-Les facteurs influant sur la résistance mécanique [6]

Parmi ces paramètres, on peut citer :

1-Qualité du ciment

La qualité mécanique du ciment est traduite par sa classe de résistance, qui est un paramètre déterminant pour la résistance du béton. Plus celle-ci est élevée plus la résistance du béton l'est également. Elle est mesurée à 28 jours sur des éprouvettes de mortier normalisé. On distingue trois classes de résistances **32,5**, **42,5** et **52,5**.

2-Dosage en ciment et en eau

La résistance croît avec le dosage pondéral du ciment C et décroît avec le dosage pondéral de l'eau ; c'est pourquoi le facteur **E/C** est déterminant pour la résistance du béton.

3-Influence des granulats

La proportion relative sable/gravier mais aussi la forme et la nature influent la résistance, Bolomey 1930 a établi que c'est essentiellement la forme (roulés ou concassés) et la taille maximale des granulats qui influent la résistance. Le module de finesse et la propreté du sable ainsi que le fuseau granulométrique jouent également un facteur important.

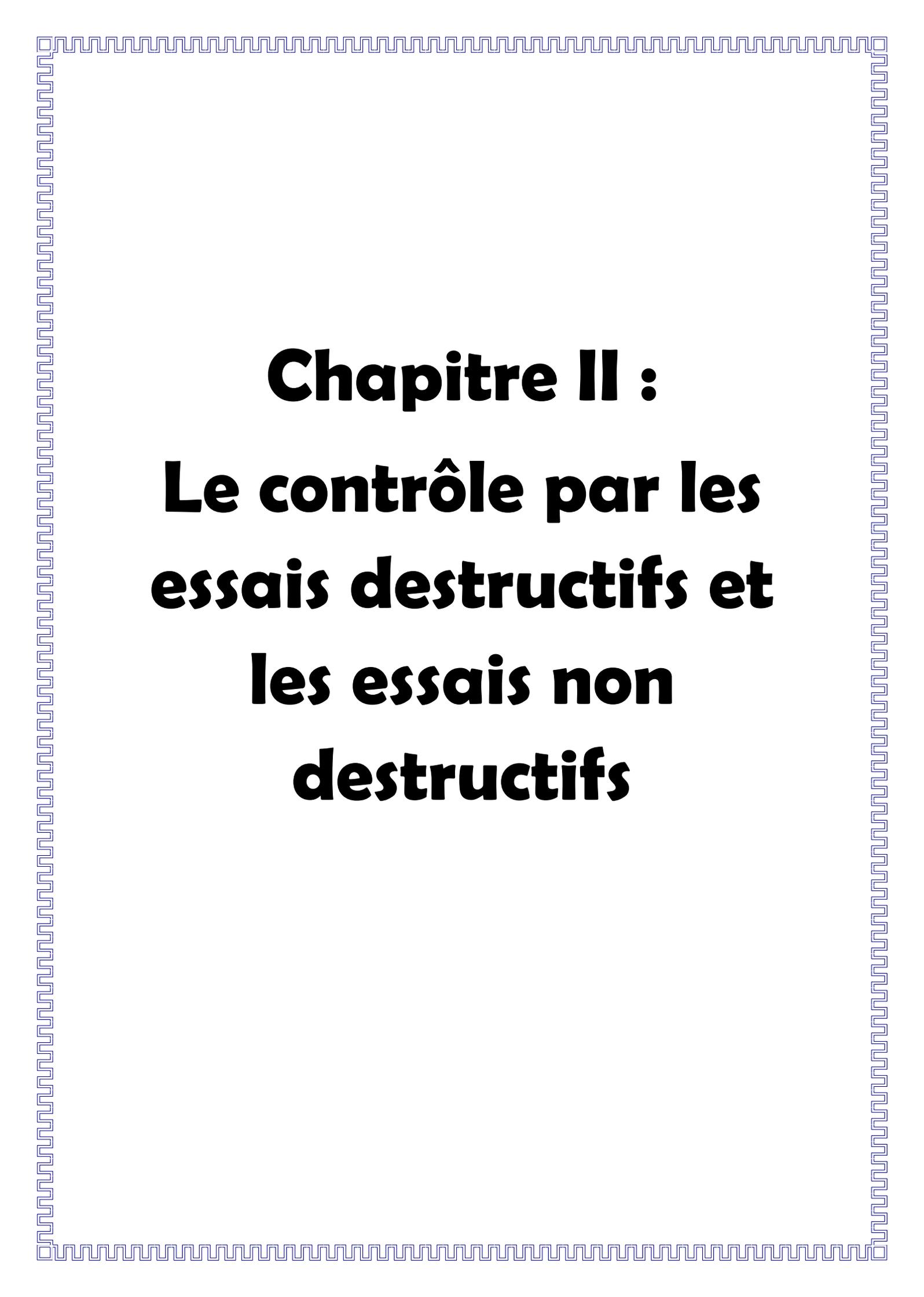
4-Influence de la température et de l'humidité

Ces paramètres sont influents, notamment durant la phase de durcissement. L'hydratation du ciment Portland étant une réaction exothermique, elle est accélérée par une élévation de température. Il se produit alors une contraction thermique après prise dont les effets sont d'autant plus importants que les pièces sont massives et les coffrages sont isolants. Cependant, des températures trop élevées ou mal contrôlées à cause de l'enlèvement trop rapide de coffrages peuvent être défavorables au matériau durci par la génération des contraintes dues à la dessiccation, créant alors des réseaux de fissures ou de microfissures. Les réactions d'hydratation sont fortement ralenties en dessous d'une hygrométrie de conservation de 80%. Il est donc nécessaire de retenir l'eau à l'intérieur du béton à la fois

pour favoriser l'hydratation mais aussi pour éviter des contraintes de dessiccation risquant de générer des fissures ; cette protection durant les premiers jours d'hydratation est communément appelée cure.

Conclusion :

Dans ce chapitre on 'a fait une définition de béton et leurs propriétés dans l'état frais et l'état durci, et les différents facteurs influent sur la résistance du béton.

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, framing the entire page.

Chapitre II :

Le contrôle par les essais destructifs et les essais non destructifs

Chapitre II : Le contrôle par les essais destructifs et les essais non destructifs

Introduction :

Dans ce chapitre pour la première partie nous avons présenté les essais non destructifs, on va baser beaucoup plus sur l'auscultation par scléromètre et auscultation ultrasonique, la deuxième partie est consacré pour les essais destructifs tel que l'écrasement par compression, la traction par flexion et on va baser dans notre travail sur l'écrasement par compression qui s'intéresse.

II.1- Contrôles par les essais non destructifs

Les méthodes utilisées pour évaluer la qualité du béton dans les bâtiments ou les ouvrages comprend les essais de résistance à la compression, à la flexion et à la traction effectués sur des éprouvettes coulées au même moment.

Les principaux désavantages de cette méthode sont que les résultats ne sont pas obtenus immédiatement; le béton des éprouvettes peut être différent de celui de l'ouvrage car le cure ou le compactage peuvent être différents; ainsi que les propriétés de résistance d'une éprouvette de béton dépendent de sa grosseur et de sa forme. [7]

1-Définition :

Les essais non destructifs (END) représentent des méthodes de reconnaissance couramment appliquées aux structures de bâtiments, ouvrage d'art ou de génie civil. Comme leur nom l'indique il s'agit de mesures n'endommageant pas les constructions. Etant entendu que quelques désordres mineurs peuvent être apportés à la structure sans toutefois modifier ni sa performance ni son apparence. Une importante caractéristique des essais non destructifs est qu'ils peuvent être refaits au même endroit ou presque, ce qui permet de suivre les changements des propriétés du béton dans le temps. Les essais non destructifs peuvent jouer un rôle exceptionnel dans la garantie de la qualité du béton et dans le développement ultérieur de la technologie de construction. La signification de ces essais se développera considérablement à l'avenir, parce que sa technologie de mesure automatisée et la réduction de la taille de l'appareillage de mesure ouvriront des applications entièrement nouvelles.[8]

Le besoin d'ausculter un ouvrage :

- Vérifié (la conformité des hypothèses) ;
- Détecter (un défaut, un endommagement) ;
- Caractérisé (un défaut, un endommagement).

2-But d'utilisation :

Ces essais sont rapides et légers à mettre en œuvre, et apportent de surcroît une réponse globale à l'échelle d'une structure ou d'un ouvrage, dans le cadre de contrôles d'ouvrages neufs ou en construction comme de diagnostics d'état d'ouvrages anciens. [8]

3-Principales méthodes :

Les méthodes le plus couramment utilisées dites non destructives est les techniques d'auscultation sclérométrique et ultrasonique

II.1.1-Scléromètre : NF EN 12504-2

C'est l'instrument le plus utilisé dans le diagnostic des ouvrages déjà bâti. Le scléromètre est composé d'une tige en acier, sortant d'un cylindre, qui est appuyée sur le béton et comprime un ressort. En fin de course, ce ressort projette une masse sur la tige, sur laquelle elle rebondit ; ce rebondissement, d'autant plus important que le béton est dur, est mesuré la dureté.

C'est la méthode de dureté superficielle consiste essentiellement à une auscultation du béton par une manière standard, en utilisant une masse donnée activée par une certaine énergie puis mesurer ensuite le rebondissement. [9]



Figure II.3 : L'appareil de scléromètre

1-Principe de l'essai :

Le principe de base de l'essai au scléromètre est que le rebond d'une masse élastique dépend de la dureté de la surface sur laquelle frappe la masse.

Dans l'essai au scléromètre une masse approximative de 1.8 kg montée sur un ressort a une quantité potentielle fixe d'énergie qui lui est transmise par un ressort tendu à partir d'une position fixe, ce que l'on obtient en pressant la tête du marteau contre la surface du béton mis à l'essai. Lors de son relâchement, la masse rebondit depuis la tête, toujours en contact avec la surface du béton et la distance qu'elle parcourt, exprimée en pourcentage de l'extension

initiale du ressort est appelée l'indice de rebondissement. Cet indice est indiqué par un curseur qui se déplace le long d'une règle graduée. [2]

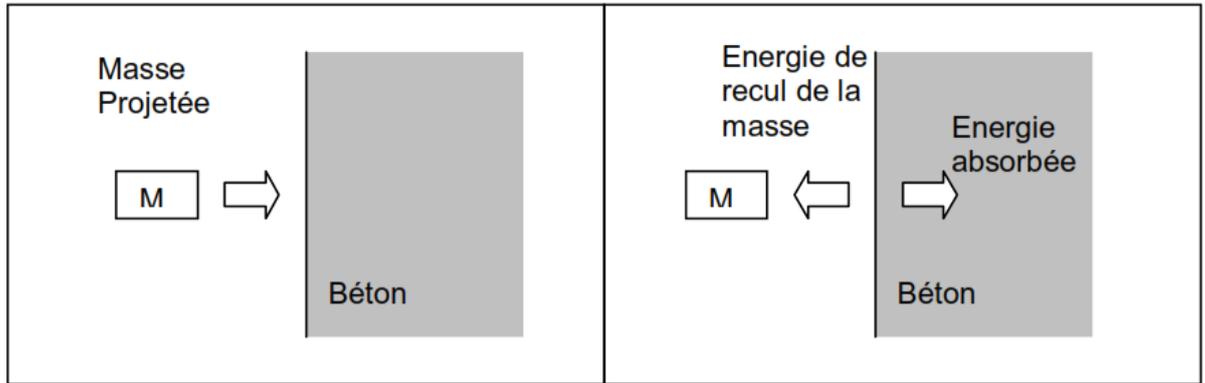


Figure II.4 : Principe du Scléromètre. [2]

2-Appareillage : NF EN 12504-2

Il existe plusieurs modèles de scléromètres selon le type de recul ainsi que l'énergie d'impact. Le modèle le plus utilisé est le scléromètre SCHMIDT. L'appareil est composé d'une masselotte chargée par un ressort qui se projette sur une tige métallique appelée tige de percussion. Il est livré avec une pierre à polir et un bloc d'étalonnage.

3-Points de mesures :

La surface de mesure doit être divisée en zones de 400 cm² au moins, et structurée en une grille de points de mesure ayant pour espacement $d = 30 \div 50$ mm. Les points de mesures extrêmes doivent être au moins à 30 mm des bords de la surface testée.

Effectuer au moins 10 mesures successives dans la même zone. La surface de cette zone est équivalente à celle d'un carré d'environ 25 cm de côté. Au cours de ces mesures, il convient de ne pas effectuer l'essai à moins de 3 à 4 cm des bords de l'élément testé.

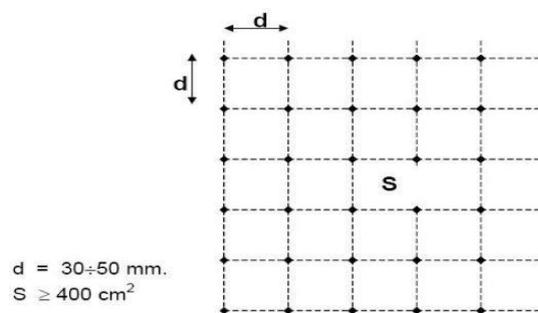


Figure II.5: Grille de mesure sur ouvrage [8]

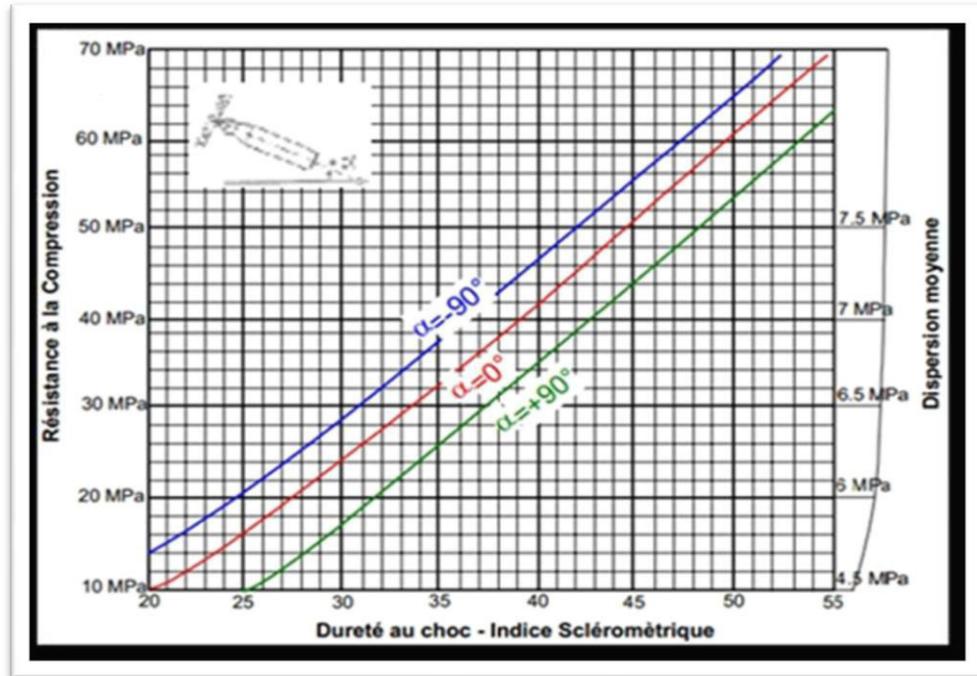


Figure II.6 : Courbe de transformation unique CNERIB (1998).

4-Les avantages de la méthode scléromètre: [9]

- C'est une méthode peu coûteuse, simple et rapide
- L'essai au scléromètre est comparatif, il est utile pour évaluer l'homogénéité du béton dans une structure ou lors de la fabrication d'éléments semblables des éléments préfabriqués. Et vérifier si le développement de la résistance d'un béton a été affecté par le gel au jeune âge ;
- L'essai peut aussi être utilisé pour vérifier si la valeur de l'indice de rebondissement a atteint la valeur désirée correspondant à la résistance du béton, ce qui peut aider à décider du moment où l'on peut mettre la structure en service ;
- Une application particulière de l'essai au scléromètre consiste à évaluer la résistance à l'abrasion des planchers de béton, qui dépend largement de la dureté de surface.

5-Les inconvénients de la méthode scléromètre [9]

- Une précision entre ± 15 et $\pm 20\%$ n'est possible qu'avec des éprouvettes qui ont été coulées et soumises à un traitement de cure ;
- Les résultats sont influencés par des facteurs tels que l'égalité de la surface, la grosseur et la forme de l'éprouvette ;
- La résistance obtenue n'est que celle de la peau de béton, elle ne renseigne pas sur le béton à l'intérieur de la masse de l'ouvrage ;

- La méthode sclérométrique constitue une voie directe utilisée pour la détermination du degré d'homogénéité du béton et la dureté de la surface de l'élément en béton. Bien que l'essai au scléromètre soit utile, il ne constitue nullement une mesure fiable de la résistance du béton compte tenu des paramètres influents la précision de détermination de cette résistance ;
- Plusieurs méthodes sont utilisées pour la transformation des indices sclérométriques en résistance mécanique à la compression du béton.

II.1.2-Essai d'auscultation dynamique (ultrason) P18-418

L'auscultation par ultrason est une méthode non destructive destinée entre à tester l'homogénéité du béton, 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. [4]

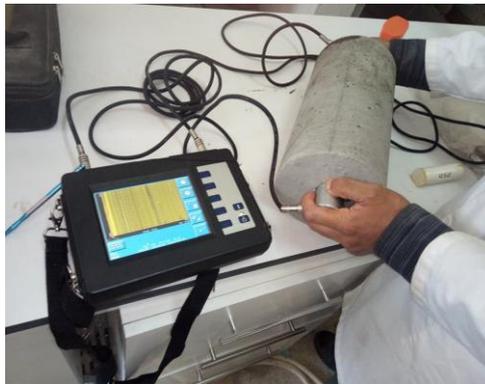


Figure II.7: mesure par la méthode Ultrason

Étalonnage de l'appareil :

L'ultrason doit toujours être contrôlé par des essais d'étalonnage avant chaque utilisation. L'étalonnage consiste à vérifier le temps de propagation à travers la tige d'étalonnage dont le temps est connu à l'avance. Il faut ajuster l'ultrason dans le cas où le temps mesuré ne correspond pas à celui marqué sur la tige d'étalonnage.



Figure II.8: étalonnage de l'appareil Ultrason

II.2-Contrôles par les essais destructifs

1-Résistance à la compression (NF-EN-12390-3)

Un essai de compression est réalisé sur des éprouvettes cylindriques afin de déterminer la résistance en compression moyenne du matériau, ainsi que son module d'élasticité longitudinal, ou module d'Young.

Cet essai consiste à appliquer une contrainte de compression sur les éprouvettes cylindriques posées verticalement. Les éprouvettes sont au préalable surfacées afin que le contact avec les plateaux de la presse engendre le moins de frottements possible. L'objectif est d'appliquer une contrainte homogène dans toute la section durant l'essai. Le risque de voir apparaître des concentrations de contraintes, pouvant causer une rupture prématurée de l'éprouvette, est ainsi limité. Le surfacage permet ainsi d'assurer la reproductivité et la fiabilité de l'essai et surtout de diminuer l'effet de frettage. Cet effet est dû à la diminution de l'effet de Poisson due aux frottements entre les plateaux de la presse et l'éprouvette. Les parties en contact se retrouvent ainsi en tri-compression, or une éprouvette en béton résistera mieux à une sollicitation en tri-compression qu'en compression uniaxiale. L'objectif est d'estimer la résistance à la compression uniaxiale. [10]





Figure II.9: les étapes d'écrasement à la compression

2-Résistance à la traction (flexion trois points) [11]

C'est un essai destructif est réalisé sur des éprouvettes prismatiques (10*10*40) cm³ selon les normes NF P. 18-407, il s'agit de déterminer la résistance à la flexion trois points de l'éprouvette soumise à un effort centré exercé à l'aide d'une presse hydraulique (voir la Figure suivante).

La résistance à la traction en MPa est la moyenne des résultats de trois éprouvettes. La contrainte de traction par flexion est donnée par la relation ci-dessous :

$$\sigma_t = 3FL/2b^3$$

Ou σ_t : contrainte de traction (en MPa).

F : charge de rupture (en KN).

b : coté de la section carrée (en mm), b=100mm.

L : distance entre appuis (en mm), L=300mm.

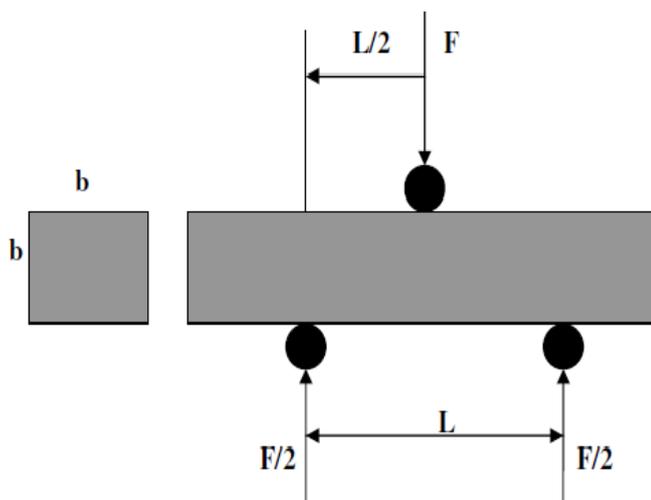


Figure II.10 : Schéma mécanique de l'essai de traction par flexion trois points [11]

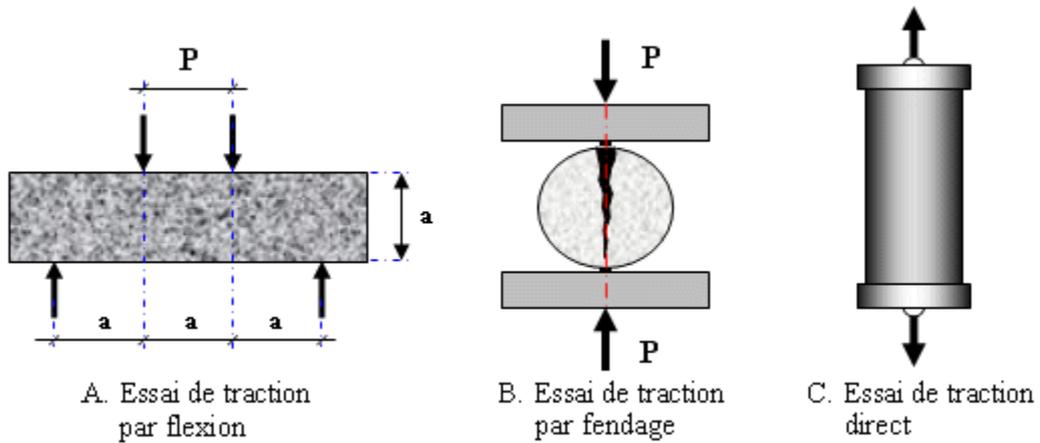
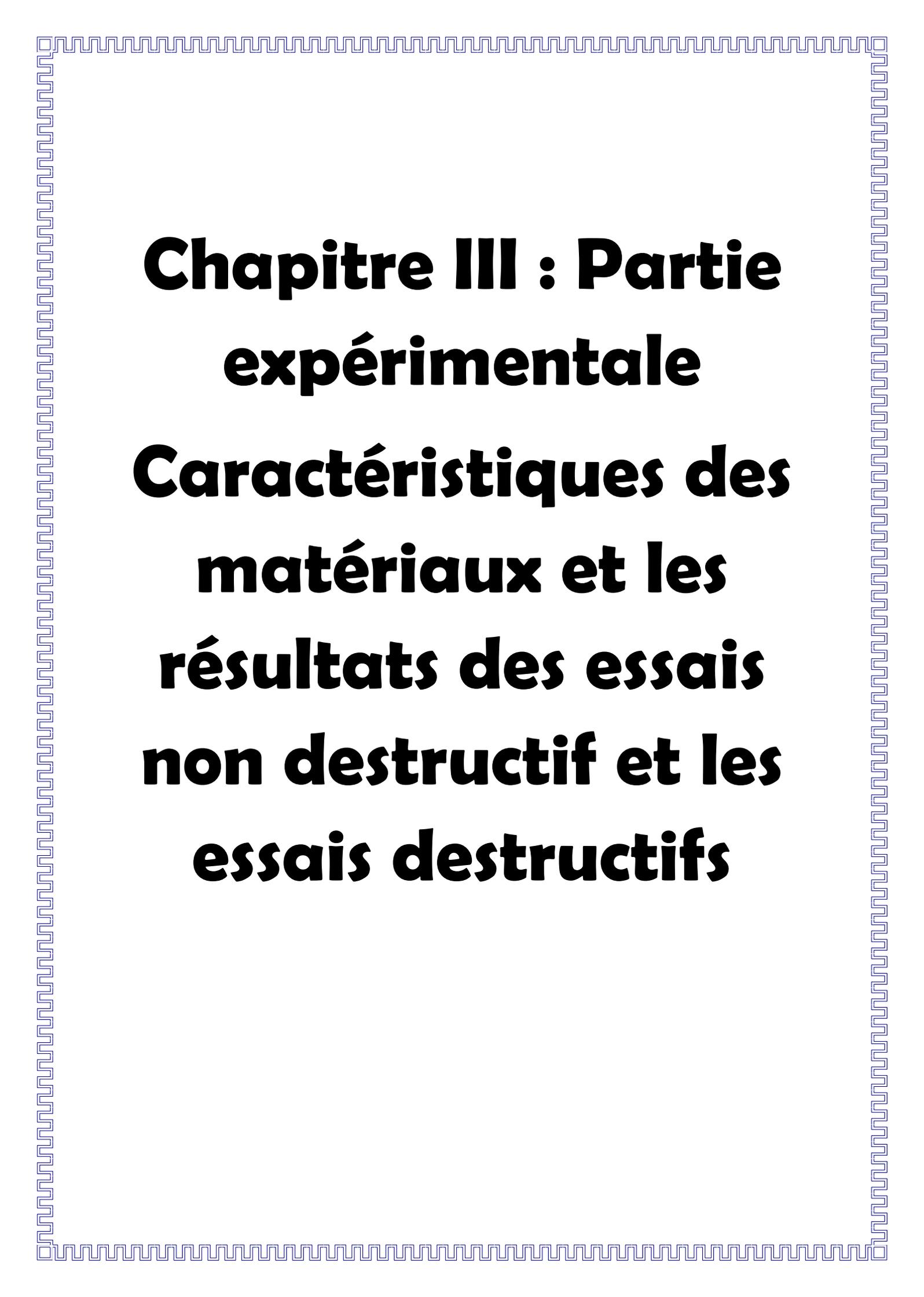


Figure II.11 : Différents essais de mesure de la résistance de béton. [6]

Conclusion:

Dans ce chapitre on a fait une présentation sur les essais destructifs tel que scléromètre, ultrason, et les essais non destructifs tel que l'écrasement par compression, la traction par flexion.



**Chapitre III : Partie
expérimentale**

**Caractéristiques des
matériaux et les
résultats des essais
non destructif et les
essais destructifs**

Chapitre III : Partie expérimentale
Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

Introduction

Dans la première partie de ce chapitre nous avons décrits les différents constituants entrant dans la composition d'un béton tel que : (granulats, ciment). Ainsi que leurs caractéristiques essentielles de chaque composant avec une description détaillée des modes opératoire pour chaque essai. La formulation utilisée par la méthode graphique dite méthode de J.FAURY, et dans la deuxième partie on va présenter les différents résultats obtenus des essais réalisés non destructifs (Scléromètre, Ultrason) destructifs (essai de compression). Ces essais sont réalisés au niveau du laboratoire des travaux publics du sud LTPSUD.

III.1-LES CARACTERISTIQUES DES CONSTITUANTS:

Les différents constituants (matériaux) rentrant dans cette étude, pour chaque formulation présentés dans les tableaux suivants:

Formulation N° 01:

Tableau III.1 : nature des matériaux utilisé et leur provenance pour la (formulation N°01)

Matériaux	Nature	Provenance
Ciment	CPJ-CEMII/B classe 42,5.	M'sila
Sable	Sable d'oued	HAMDA LAGHOUAT
Gravier 3/8	concassé	station de concassage ZELFANA
Gravier 8/15		
Gravier 15/25		

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

Formulation N° 02:

Tableau III.2 : nature des matériaux utilisé et leur provenance pour la (formulation N°02)

Matériaux	Nature	Provenance
Ciment	CRS Mokaouem classe 42,5.	cimenterie lafarge
Sable	concassé	station de concassage BERRIANE
Gravier 3/8	concassé	station de concassage BERRIANE
Gravier 8/15		
Gravier 15/25		

Formulation N° 03:

Tableau III.3 : nature des matériaux utilisé et leur provenance pour la (formulation N°03)

Matériaux	Nature	Provenance
Ciment	CPJ-CEMII/B classe 42,5.	M'sila
Sable	Sable d'oued	Zelfana
Gravier 3/8	concassé	station de concassage METLILI
Gravier 8/15		

Remarque : les trois formulations sont réalisé avec un dosage du ciment 350 kg/m^3 pour avoir une résistance de compression $F_{c28} = 25 \text{ MPa}$

5-Résultats des essais réalisées :

Formulation N° 01:

a- Le sable:

1-Essai analyse granulométrique de sable NA 2607

Les résultats d'analyse granulométrique de sable sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.4 : NA 2607 Analyse granulométrique de sable (formulation N°01)

Analyse granulométrique par tamisage NA 2607	
Analyse granulométrique de sable du béton	
Ouverture tamis (mm)	Pourcentage tamisâtes cumulés (%)
5	100
2.5	92
1.25	88
0.63	60
0.315	26
0.160	08
0.08	02
Module de finesse MF	1.84

2-Essai d'équivalent de sable NF EN 933-8+A1

Les résultats obtenus sont présentées au tableau suivant :

Tableau III.5 : NF EN 933-8+A1 Essai équivalent de sable pour la (formulation N°01)

Equivalent de sable selon la norme NF EN 933-8+A1		
Matériaux	ESV (%)	ESP (%)
Sable d'oued LAGHOUAT	68	64

3-Essai masse volumique de sable NA 455

Les résultats obtenus sont présentées au tableau suivant :

Tableau III.6 : NA 455 Masse volumique de sable (formulation N°01)

Masse volumique de sable selon la norme NA 455		
Matériaux	Masse volumique apparente [t/m³]	Masse volumique absolue [t/m³]
Sable d'oued LAGHOUAT	1.56	2.65

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

Récapitulation des résultats :

Les résultats des caractéristiques physiques du sable, et les essais réalisées sont résumés au tableau suivant:

Tableau III.7 : Caractéristiques physique de sable (formulation N°01)

Essai		Sable	Exigence NA5043
Equivalent de sable [%]	ESP	64	≥ 60 %
	ESV	68	/
Module de finesse		1.84	1.5 ≤ MF ≤ 2.8
Masse volumique absolue [t/m ³]		2.65	/
Masse volumique apparente [t/m ³]		1.56	/

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

b- Le gravier:

1-Essai analyse granulométrique de gravier:

Les résultats sont consignés dans les tableaux suivants :

Tableau III.8 : NA 2607 Analyse granulométrique des deux fractions de graviers (formulation N°01)

Analyse granulométrique par tamisage NA 2607			
Ouverture tamis (mm)	Gravier 8/15	Gravier 8/15	Gravier 15/25
	Pourcentage tamisâtes cumulés (%)	Pourcentage tamisâtes cumulés (%)	Pourcentage tamisâtes cumulés (%)
31.5	100	100	100
25	100	100	96
20	100	100	43
16	100	87	03
12.5	100	47	0
10	100	17	0
8	90	03	0
6.3	65	0	0
5	30	0	0
2.5	03	0	0

2-Résistance au choc : NF EN 1097-2

Le tableau suivant récapitule les résultats de Los Angeles pour les deux graviers

Tableau III.9 : NF EN 1097-2. Essai Los Angeles des deux fractions de graviers (formulation N°01)

Essai LOS ANGELES selon la norme NF EN 1097-2.					
Matériaux	Classes granulaires	Poids			LA (%)
		Initial (M) (g)	Final (m') (g)	< 1.6mm m = 5000-m'	
3/8	4-6.3	-	-	-	-
8/15	6.3-10	5000	3535	1365	29
15/25	10-14	5000	3635	1465	27

3-Détermination des masses volumiques des graviers NA 255

Les résultats obtenus pour les deux échantillons sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.10 : NA 255 Essai de la masse volumique des deux fractions de graviers (formulation N°01)

Masse volumique selon la norme NA 255		
Classe de gravier	Masse volumique apparent [t/m³]	Masse volumique absolue [t/m³]
3/8	1.35	2.64
8/15	1.37	2.65
15/25	1.34	2.68

4-Essais de détermination du coefficient d'absorption d'eau NA 255

Les résultats obtenus pour les deux échantillons sont présentés dans le tableau :

Tableau III.11: NA 255 coefficient d'absorption d'eau des deux fractions de graviers (formulation N°01)

coefficient d'absorption d'eau selon la norme NA 255	
Classe de gravier	coefficient d'absorption d'eau [%]
3/8	2.03
8/15	1.81
15/25	2.42

5-Essais de détermination propriété superficielle NA 463

Les résultats obtenus pour les deux échantillons sont présentés dans le tableau :

Tableau III.12: NA 463 Propriété superficielle des deux fractions de graviers (formulation N°01)

Propriété superficielle selon la norme NA 463.	
Classe de gravier	Propriété superficielle [%]
3/8	1.02
8/15	0.53
15/25	0.30

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

Récapitulation des résultats :

Les caractéristiques intrinsèques physiques mécaniques de gravier sont résumées au tableau suivant:

Tableau III.13 : Caractéristiques intrinsèques, physiques, mécaniques des deux fractions de graviers (formulation N°01)

Essai	Gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25	Exigences NA 5043
Le Poids spécifique [t/m ³]	2.64	2.65	2.68	/
Masse volumique apparent [t/m ³]	1.35	1.37	1.34	/
Los Angeles [%]	-	29	27	≤ 40 %
Absorption d'eau [%]	2.03	1.81	2.42	≤ 5.0 %
La propreté superficielle [%]	1.02	0.53	0.30	≤ 1.5 %

Commentaires :

- D'après les résultats obtenus $ES \geq 60\%$, module de finesse $MF = 2.54$ dans la fourchette $1.5 \leq MF \leq 2.8$ donc les caractéristiques physiques de sable analysé sont acceptables.
- $LA \leq 40$ Donc nos gravillons résistent aux chocs.
- La propriété superficielle de deux classes de gravier $\leq 1.5 \%$
- Les échantillons des graviers analysés présentent des caractéristiques physico-mécaniques acceptables.

Formulation N° 02:

a- Le sable:

1-Essai analyse granulométrique de sable

Les résultats d'analyse granulométrique de sable sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.14 : NA 2607 Analyse granulométrique de sable pour la (formulation N°02)

Analyse granulométrique par tamisage NA 2607	
Analyse granulométrique de sable du béton	
Ouverture tamis (mm)	Pourcentage tamisâtes cumulés (%)
6.3	100
5	100
2.5	96
1.25	78
0.63	66
0.315	56
0.160	43
0.08	30
Module de finesse MF	1.61

2-Essai d'équivalent de sable

Les résultats obtenus sont présentées au tableau suivant :

Tableau III.15 : NF EN 933-8+A1 Essai équivalent de sable pour la (formulation N°02)

Equivalent de sable selon la norme NF EN 933-8+A1		
Matériaux	ESV (%)	ESP (%)
Sable d'oued LAGHOUAT	70	67

3-Essai masse volumique de sable

Les résultats obtenus sont présentées au tableau suivant :

Tableau III.16 : NA 455 Masse volumique de sable (formulation N°02)

Masse volumique de sable selon la norme NA 455		
Matériaux	Masse volumique apparente [t/m³]	Masse volumique absolue [t/m³]
Sable d'oued LAGHOUAT	1.66	2.74

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

Récapitulation des résultats :

Les résultats des caractéristiques physiques du sable, et les essais réalisées sont résumés au tableau suivant:

Tableau III.17 : Caractéristiques physique de sable (formulation N°02)

Essai		Sable	Exigence NA5043
Equivalent de sable [%]	ESP	67	≥ 60 %
	ESV	70	/
Module de finesse		1.61	1.5 ≤ MF ≤ 2.8
Masse volumique absolue [t/m ³]		2.74	/
Masse volumique apparente [t/m ³]		1.66	/

b- Le gravier:

1-Essai analyse granulométrique de gravier:

Les résultats sont consignés dans les tableaux suivants :

Tableau III.18 : NA 2607 Analyse granulométrique des trois fractions de graviers (formulation N°02)

Analyse granulométrique par tamisage NA 2607			
Ouverture tamis (mm)	Gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25
	Pourcentage tamisâtes cumulés (%)	Pourcentage tamisâtes cumulés (%)	Pourcentage tamisâtes cumulés (%)
40	100	100	100
31.5	100	100	99
25	100	100	98
20	100	98	88
16	100	86	19
12.5	100	52	04
10	99	26	02
8	93	08	02
6.3	78	03	00
5	55	00	00
2.5	21	00	00
1.25	03	00	00

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

2-Résistance au choc : NF EN 1097-2

Le tableau suivant récapitule les résultats de Los Angeles pour les trois graviers

Tableau III.19 : NF EN 1097-2. Essai Los Angeles des trois fractions de graviers
(formulation N°02)

Essai LOS ANGELES selon la norme NF EN 1097-2.		
Matériaux	Classes granulaires	LA (%)
3/8	4-6.3	33
8/15	6.3-10	32
15/25	10-14	/

3-Détermination des masses volumiques des graviers NA 255

Les résultats obtenus pour les trois échantillons sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.20 : NA 255 Essai de la masse volumique des trois fractions de graviers
(formulation N°02)

Masse volumique selon la norme NA 255		
Classe de gravier	Masse volumique apparent [t/m³]	Masse volumique absolue [t/m³]
3/8	1.23	2.65
8/15	1.30	2.71
15/25	1.24	2.70

4-Essais de détermination du coefficient d'absorption d'eau NA 255

Les résultats obtenus pour les trois échantillons sont présentés dans le tableau :

Tableau III.21: NA 255 coefficient d'absorption d'eau des trois fractions de graviers
(formulation N°02)

coefficient d'absorption d'eau selon la norme NA 255	
Classe de gravier	coefficient d'absorption d'eau [%]
3/8	4.64
8/15	3.41
15/25	2.99

5-Essais de détermination propriété superficielle NA 463

Les résultats obtenus pour les trois échantillons sont présentés dans le tableau :

Tableau III.22: NA 463 Propriété superficielle des trois fractions de graviers
(Formulation N°02)

Propriété superficielle selon la norme NA 463.	
Classe de gravier	Propriété superficielle [%]
3/8	2.01
8/15	0.25
15/25	0.28

Récapitulation des résultats :

Les caractéristiques intrinsèques physiques mécaniques de gravier sont résumées au tableau suivant:

Tableau III.23 : Caractéristiques intrinsèques, physiques, mécaniques des trois fractions de graviers (formulation N°02)

Essai	Gravier 3/8	Gravier 8/15	Gravier 15/25	Exigences NA 5043
Le Poids spécifique [t/m³]	2.65	2.71	2.70	/
Masse volumique apparent [t/m³]	1.23	1.30	1.24	/
Los Angeles [%]	33	32	/	≤ 40 %
Absorption d'eau [%]	4.64	3.41	2.99	≤ 5.0 %
La propreté superficielle [%]	2.01	0.25	0.28	≤ 1.5 %

Commentaires :

- D'après les résultats obtenus $ES \geq 60\%$, module de finesse $MF= 1.61$ dans la fourchette $1.5 \leq MF \leq 2.8$ donc les caractéristiques physiques de sable analysé sont acceptables.
- $LA \leq 40$ Donc nos gravillons résistent aux chocs.
- La propriété superficielle de deux classes de gravier $\leq 1.5 \%$
- Les échantillons des graviers analysés présentent des caractéristiques physico-mécaniques acceptables.

Formulation N° 03:

a- Le sable:

1-Essai analyse granulométrique de sable

Les résultats d'analyse granulométrique de sable sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.24 : NA 2607 Analyse granulométrique de sable pour la (formulation N°03)

Analyse granulométrique par tamisage NA 2607	
Analyse granulométrique de sable du béton	
Ouverture tamis (mm)	Pourcentage tamisâtes cumulés (%)
5	100
2.5	98
1.25	90
0.63	70
0.315	42
0.160	13
0.08	02
Module de finesse MF	1.82

2-Essai d'équivalent de sable

Les résultats obtenus sont présentées au tableau suivant :

Tableau III.25 : NF EN 933-8+A1 Essai équivalent de sable pour la (formulation N°03)

Equivalent de sable selon la norme NF EN 933-8+A1		
Matériaux	ESV (%)	ESP (%)
Sable d'oued LAGHOUAT	66	63

3-Essai masse volumique de sable

Les résultats obtenus sont présentées au tableau suivant :

Tableau III.26 : NA 455 Masse volumique de sable (formulation N°03)

Masse volumique de sable selon la norme NA 455		
Matériaux	Masse volumique apparente [t/m³]	Masse volumique absolue [t/m³]
Sable d'oued LAGHOUAT	1.63	2.58

Récapitulation des résultats :

Les résultats des caractéristiques physiques du sable, et les essais réalisées sont résumés au tableau suivant:

Tableau III.27 : Caractéristiques physique de sable (formulation N°03)

Essai		Sable	Exigence NA5043
Equivalent de sable [%]	ESP	63	≥ 60 %
	ESV	66	/
Module de finesse		2.66	1.5 ≤ MF ≤ 2.8
Masse volumique absolue [t/m³]		2.58	/
Masse volumique apparente [t/m³]		1.63	/

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

b- Le gravier:

1-Essai analyse granulométrique et coefficient d'aplatissement de gravier:

Les résultats sont consignés dans les tableaux suivants :

Tableau III.28 : NA 2607 Analyse granulométrique des deux fractions de graviers
(formulation N°03)

Analyse granulométrique par tamisage NA 2607		
Ouverture tamis (mm)	Gravier 3/8	Gravier 8/15
	Pourcentage tamisâtes cumulés (%)	Pourcentage tamisâtes cumulés (%)
31.5	100	100
25	100	100
20	100	100
16	100	87
12.5	100	45
10	100	15
8	91	2
6.3	62	0
5	34	0
2.5	2	0

2-Résistance au choc : NF EN 1097-2

Le tableau suivant récapitule les résultats de Los Angeles pour les deux graviers

Tableau III.29 : NF EN 1097-2. Essai Los Angeles des deux fractions de graviers
(formulation N°03)

Essai LOS ANGELES selon la norme NF EN 1097-2.		
Matériaux	Classes granulaires	LA (%)
3/8	4-6.3	29
8/15	6.3-10	27

3-Détermination des masses volumiques des graviers NA 255

Les résultats obtenus pour les deux échantillons sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.30 : NA 255 Essai de la masse volumique des deux fractions de graviers
(formulation N°03)

Masse volumique selon la norme NA 255		
Classe de gravier	Masse volumique apparent [t/m³]	Masse volumique absolue [t/m³]
3/8	1.30	2.55
8/15	1.30	2.63

4-Essais de détermination du coefficient d'absorption d'eau NA 255

Les résultats obtenus pour les deux échantillons sont présentés dans le tableau :

Tableau III.31: NA 255 coefficient d'absorption d'eau des deux fractions de graviers
(formulation N°03)

coefficient d'absorption d'eau selon la norme NA 255	
Classe de gravier	coefficient d'absorption d'eau [%]
3/8	2.68
8/15	2.85

5-Essais de détermination propriété superficielle NA 463

Les résultats obtenus pour les deux échantillons sont présentés dans le tableau :

Tableau III.32: NA 463 Propriété superficielle des trois fractions de graviers (formulation N°03)

Propriété superficielle selon la norme NA 463.	
Classe de gravier	Propriété superficielle [%]
3/8	0.89
8/15	0.78

Récapitulation des résultats :

Les caractéristiques intrinsèques physiques mécaniques de gravier sont résumées au tableau suivant:

Tableau III.33 : Caractéristiques intrinsèques, physiques, mécaniques des deux fractions de graviers (formulation N°03)

Essai	Gravier 8/15	Gravier 15/25	Exigences NA 5043
Le Poids spécifique [t/m³]	2.55	2.63	/
Masse volumique apparent [t/m³]	1.30	1.30	/
Los Angeles [%]	30	/	≤ 40 %
Absorption d'eau [%]	2.68	2.85	≤ 5.0 %
La propreté superficielle [%]	0.89	0.78	≤ 1.5 %

Commentaires :

- D'après les résultats obtenus $ES \geq 60\%$, module de finesse $MF = 2.66$ dans la fourchette $1.5 \leq MF \leq 2.8$ donc les caractéristiques physiques de sable analysé sont acceptables.
- $LA \leq 40$ Donc nos gravillons résistent aux chocs.
- La propriété superficielle de deux classes de gravier $\leq 1.5 \%$
- Les échantillons des graviers analysés présentent des caractéristiques physico-mécaniques acceptables.

III.2-VERIFICATION DES PERFORMANCES DU MELANGE

L'étude de composition de béton consiste à définir les quantités des différents constituants :

Graviers, sable, ciment ainsi que la quantité d'eau, afin de réaliser un béton de qualité.

La méthode utilisée est la méthode graphique dite méthode de J.FAURY ; les dosages obtenus pour 01 m³ de béton sont présentés dans les tableaux (III.34, III.35 et III.36).

Pour vérifier les caractéristiques du béton, nous avons réalisé les essais destructifs (résistance à la compression), et les essais non destructifs (scléromètre – ultrason) au niveau du laboratoire, dont deuze éprouvettes (150*300) mm (07, 14 et 28 jours 03 éprouvettes pour chaque age) pour chaque formulation de béton ont été confectionnées selon la norme NA 5093, après vérification de la consistance du béton à l'aide de l'essai de cône d'Abrams selon la norme NA 5102.

L'écrasement a été fait selon la norme NA 5075 par une machine d'essai conforme à la norme NA 5076.

Formulation N° 01

Tableau III.34 : Pourcentage et quantité des constituant (formulation N°01)

COMPOSITIONS	Pourcentages (%)	Masses (Kg)	Volumes apparents (L)
Ciment	13.60	350	/
Sable	30.40	666	416
Gravier 3/8	16.00	353	231
Gravier 8/15	16.00	353	235
Gravier 15/25	24.00	530	365
Eau potable		170 L	
Le rapport eau sur ciment efficace E/C			0.45
Le rapport gravier sur sable G/S			1.87

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

Formulation N° 02

Tableau III.35 : Pourcentage et quantité des constituant (formulation N°02)

COMPOSITIONS	Pourcentages (%)	Masses (Kg)	Volumes apparents (L)
Ciment	14.30	350	/
Sable concassé 0/3	32.70	712	429
Gravier 3/8	19.00	400	325
Gravier 8/15	11.00	237	182
Gravier 15/25	23.00	494	398
Eau potable	232 L		
Le rapport eau sur ciment efficace E/C		0.54	
Le rapport gravier sur sable G/S		1.59	

Formulation N° 03

Tableau III.36 : Pourcentage et quantité des constituant (formulation N°03)

COMPOSITIONS	Pourcentages (%)	Masses (Kg)	Volumes apparents (L)
Ciment	14.5	350	/
Sable	32.5	716	448
Gravier 3/8	25.0	555	363
Gravier 8/15	28.0	662	415
Eau potable	170 L		
Le rapport eau sur ciment efficace E/C		0.38	
Le rapport gravier sur sable G/S		1.64	

Voir les courbes granulométriques et la courbe de référence en annexe

Commentaire :

Les affaissements obtenus à l'aide de cône d'Abrams pour les trois formulations sont :

- Formulation N° 01 **Aff = 11 cm** caractérisant un béton de classe **S3** (béton très plastique) selon la classification de la norme NA16002.
- Formulation N° 02 **Aff = 09 cm** caractérisant un béton de classe **S2** (béton plastique) selon la classification de la norme NA16002.
- Formulation N° 03 **Aff = 12 cm** caractérisant un béton de classe **S3** (béton très plastique) selon la classification de la norme NA16002.

III.3-LES RESULTATS DES ESSAI NON DESTRUCTIFS ET ESSAIS

DESTRUCTIFS:

1-Les résultats des essais non destructifs

Les résultats obtenus sont résumés au tableau suivant:

Tableau III.37 : Résultats des essais non destructifs (scléromètre - ultrason) pour les trois formulations

formulation	Age (jours)	Essai scléromètre						Essai Ultrason				
		scléromètre					Résistance cubique (MPa)	Résistance cylindrique (MPa)	Epaisseur (cm)	Vitesse m/s	Résistance (MPa)	
		Lecture				moy						
N° 01	14	31	34	30	29	30	32	26.5	22.5	30	4120	26.8
		32	30	36	36	32						
	28	38	34	38	34	40	38	37.0	31.5	30	4240	29.7
		38	40	36	38	40						
	56	38	42	38	39	42	40	40.0	34.0	30	4260	30.1
		41	38	38	42	40						
N° 02	14	32	32	32	31	34	33	28.5	24.2	30	4180	27.5
		31	35	36	31	35						
	28	40	40	37	40	40	39	38.5	32.7	30	4230	29.4
		40	38	39	39	38						
	56	40	42	40	39	42	41	40.5	34.4	30	4320	31.3

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

		39	40	42	42	42						
N° 03	14	30	28	32	32	32	31	24.0	20.4	30	4260	30.1
		28	34	30	32	30						
	28	37	37	38	32	36	36	33.5	28.5	30	4290	30.6
		34	34	38	32	38						
	56	37	36	37	40	36	38	37.0	31.5	30	4310	31.2
		42	36	39	36	36						

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

2-Les résultats des essais destructifs

Les résultats obtenus sont résumés au tableau suivant:

Tableau III.38 : Résultats des essais destructifs (écrasement a la compression) pour les trois formulations

formulation	Age (jours)	Essai écrasement par compression				
		Poids (g)	Densité (g/cm ³)	Charge (KN)	Résistance (MPa)	Résistance moy (MPa)
N° 01	07	12300	2.32	308.37	17.45	17.70
		12250	2.31	319.85	18.10	
		12220	2.30	310.13	17.55	
	14	12210	2.30	364.91	20.65	20.62
		12240	2.31	376.93	21.33	
		12300	2.32	351.45	19.89	
	28	12280	2.32	505.93	28.63	28.41
		12320	2.32	513.36	29.05	
		12300	2.32	487.03	27.56	
56	12260	2.32	513.53	29.06	29.09	
	12310	2.32	520.42	29.45		
	12280	2.32	508.58	28.78		
N° 02	07	12300	2.32	339.29	19.20	19.41
		12290	2.32	359.61	20.35	
		12330	2.33	330.28	18.69	
	14	12350	2.33	394.43	22.32	21.82
		12340	2.33	379.58	21.48	
		12320	2.32	382.76	21.66	
28	12340	2.33	538.97	30.50	30.48	

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

N° 03		12350	2.33	548.88	31.06		
		12330	2.33	527.85	29.87		
	56	12320	2.32	567.43	32.11	32.01	
		12345	2.33	555.77	31.45		
		12300	2.32	573.61	32.46		
	07	12250	2.31	311.90	17.65	17.13	
		12200	2.30	290.69	16.45		
		12230	2.31	305.72	17.30		
		14	12240	2.31	362.79	20.53	20.19
			12200	2.30	351.48	19.89	
			12250	2.31	355.90	20.14	
		28	12260	2.31	487.91	27.61	27.35
12240			2.31	485.08	27.45		
12250			2.31	476.76	26.98		
56	12300	2.32	519.54	29.40	28.98		
	12280	2.32	511.94	28.97			
	12250	2.32	504.69	28.56			

III.4-ANALYSE DES RESULTATS:

1-Résultats des réponses

En utilisant le logiciel de modélisation statistique (JMP7), on a trouvé de chaque réponse :

- Un résumé de l'ajustement,
- Une analyse de la variance.
- Une estimation des coefficients des modèles.
- Des profileurs de prévision
- et finalement une représentation graphique des réponses en fonction d'âge et résultats de secléro et d'ultrason.

Remarque : Fce= résistance écrasement

Fcs= résistance secléro

Fcu= résistance ultrason

1.1-Réponse : résistance d'écrasement de béton (Fce)

Dans la figure suivante donne la variation de **fce** en (MPa) observée (mesurée lors des essais) en fonction de celle prédite par le modèle établi, dans les coefficients sont donnés par le Tableau III.41.

D'après cette figure, on constate que la corrélation est faible ($R^2=0,98$). le résumé de l'ajustement de la réponse **fce** (R^2 , moyenne de la réponse et nombre des essais) sont récapitulés dans le tableau III.40.

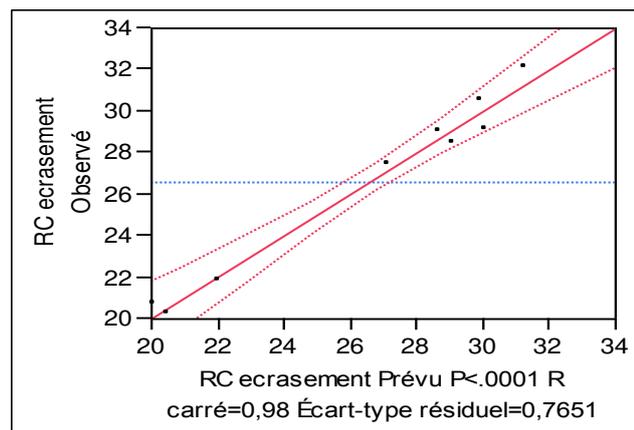


Figure III.12 : Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévues de **Fce** (MPa).

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

Tableau III.39 : Résumé de l'ajustement de la réponse **Fce**.

Paramètre	Valeurs
R ²	0.98
Moyenne de la réponse	26.55
Observations (ou sommes pondérées)	9

L'analyse de la variance (ANOVA), qui regroupe le degré de liberté, la somme des carrés, le carré moyen et le rapport F (de Fisher) sont donné dans le Tableau **III.41**

Tableau III.40 : Paramètres issus de l'analyse de la variance de la réponse **Fce**

Source	Degré(s) de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F
Modèle	3	156.773	52.2577	89.2714
Résidus	5	2.9269	0.5854	Prob. > F
Total	8	159.700		<0.001

D'après la probabilité de Student qui exigent une probabilité de **89 %** et qui corresponde à une valeur supérieure à 2, en valeur absolue, du rapport de Fisher (dans notre cas rapport F=0.15). On peut dire que le modèle proposé est acceptable, malgré que le coefficient de corrélation est plus ou moins faible.

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

Dans le Tableau III.41 suivant on trouve des estimations des coefficients du modèle de **Fce** proposé.

Tableau III.41 : Paramètres et coefficient du model établi

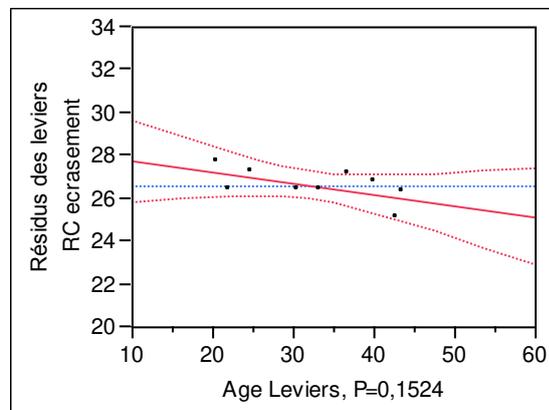
Terme	Estimation	Écart-type	Rapport t	Prob.> t
Constante	-16,95567	7,334287	-2,31	0,0687
Age	-0,051804	0,03071	-1,69	0,1524
Secléro	0,8650382	0,093046	9,30	0,0002
Ultrason	0,6829062	0,253332	2,70	0,0430

D'après ce tableau, on peut écrire le modèle mathématique décrivant la contrainte maximale **Fce**, en fonction de l'âge et les résistances des testes combiné dans le domaine d'étude:

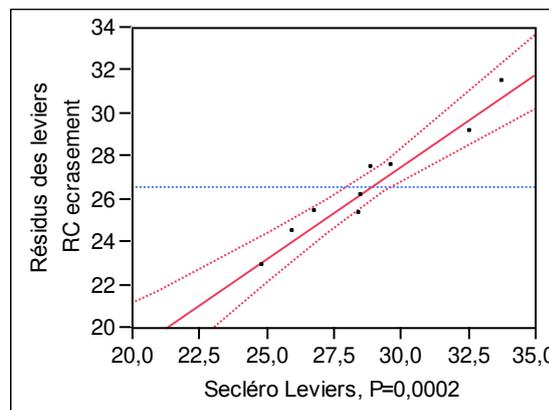
$$Fce = -16.95567 - 0.051804 * Age + 0.8650382 * Fcs + 0.6829062 Fcu$$

En utilisant ce modèle, on peut estimer la variation réponse fce en fonction de l'âge et les résistances des testes combiné séparément. La Figure III.13 donne le profileur de prévision de la réponse **Fce**

Graphique des leviers



Graphique des leviers



Graphique des leviers

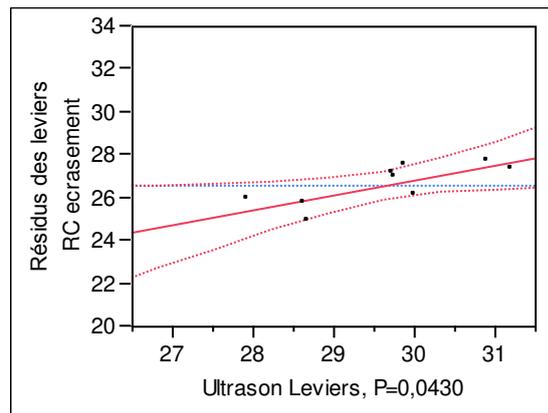


Figure III.13 : Variation de la réponse **Fce** en fonction de l'âge et les résistances des testes combiné

D'après cette figure, on remarque que la contrainte fce diminué en fonction de l'âge et augmente en fonction des résistances combiné. Mais, on remarque que l'effet de la variation des résistances combine est plus important que celui de la variation de l'âge.

L'exploitation du modèle de la contrainte maximale **Fce**, trouvé permet de tracer les courbes isoréponses (profileur d'isoréponses) représentées dans la Figure III.14. Cette figure constitue un outil flexible pour faire des prévisions de la réponse ultrason en fonction de scléromètre.

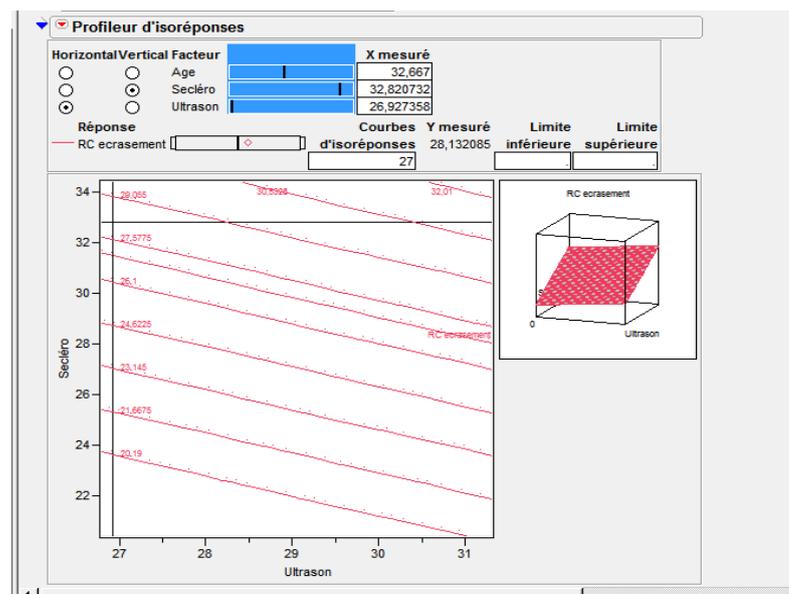


Figure III.14 : Courbes isoréponses de la variation secléro ultrason

1.2- Réponse : résistance de béton en scléromètre (Fcs)

D'après la figure suivante donne la variation de **Fcs** en (MPa) observée (mesurée lors des essais) en fonction de celle prédite par le modèle établi, donc les coefficients sont donné par le Tableau III.44 .d'après cette figure, on constate que la corrélation est faible (**R²=0.96**) .le résumé de l'ajustement de la réponse f_{cs} (R², moyenne de la réponse et nombre des essais) sont récapitulés dans le tableau III.42.

Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévues

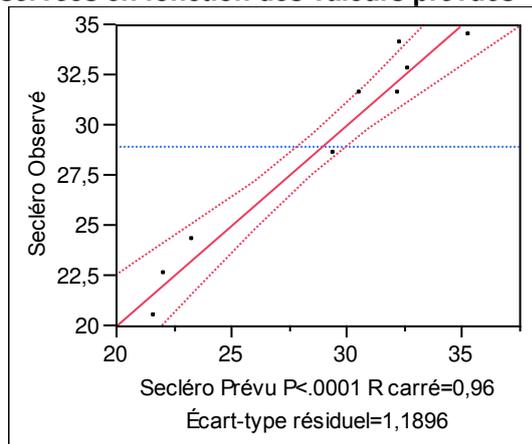


Figure III.15 : Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévues de **Fcs** (MPa).

Tableau III.42 : Résumé de l'ajustement de la réponse **Fcs**.

Résumé de l'ajustement

R carré	0,961348
R carré ajusté	0,948464
Écart-type résiduel	1,189569
Moyenne de la réponse	28,85556
Observations (ou sommes pondérées)	9

L'analyse de la variance (ANOVA), qui regroupe le degré de liberté, la somme des carrés, le carré moyen et le rapport F (de Fisher) sont donné dans le Tableau III.43.

Tableau III.43 : Paramètres issus de l'analyse de la variance de la réponse Fcs

Analyse de la variance

Source	Degré(s) de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F
Modèle	2	211,17178	105,586	74,6151
Résidus	6	8,49045	1,415	Prob. > F
Total	8	219,66222		<,0001

D'après la probabilité de Student qui exigent une probabilité de **75 %** et qui corresponde à une valeur supérieure à 2, en valeur absolue, du rapport de Fisher (dans notre cas rapport F=0.001). On peut dire que le modèle proposé (ci-après) est acceptable, malgré que le coefficient de corrélation est plus ou moins faible.

Dans le Tableau III.44 suivant on trouve des estimations des coefficients du modèle de **Fcs** proposé.

Tableau III.44 : Paramètres et coefficient du model établi

Estimations des coefficients

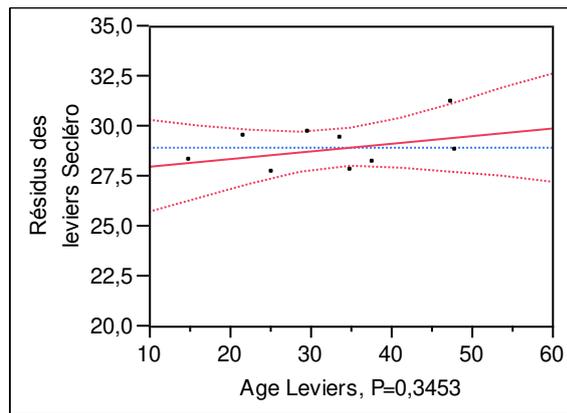
Terme	Estimation	Écart-type	Rapport t	Prob.> t
Constante	0,5890507	3,292022	0,18	0,8639
Age	0,0388527	0,037942	1,02	0,3453
RC écrasement	1,0168481	0,157276	6,47	0,0006

D'après ce tableau, on peut écrire le modèle mathématique décrivant la contrainte maximale Fcs, en fonction de l'âge et les résistances des testes combiné dans le domaine d'étude:

$$Fcs = 0.5890507 + 0.0388527 * Age + 1.0168481 * Fce$$

En utilisant ce modèle, on peut estimer la variation réponse Fcs en fonction de l'âge et les résistances d'écrasement séparément. La Figure III.16 donne le profileur de prévision de la réponse **Fcs**

Graphique des leviers



Graphique des leviers

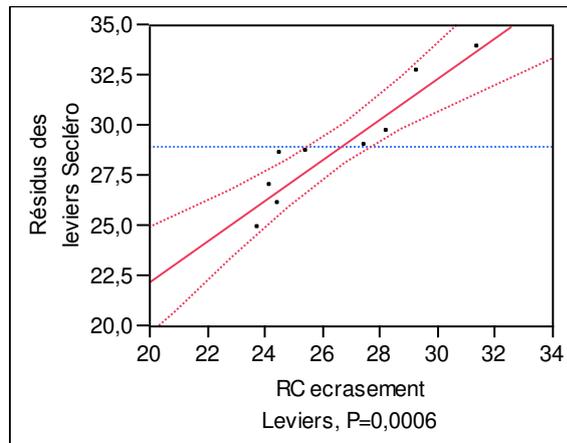


Figure III.16 : Variation de la réponse **Fcs** en fonction de l'âge et les résistances des testes combiné

D'après cette figure, on remarque que la contrainte fcs augmente en fonction de l'âge et augmente en fonction des résistances d'écrasement.

L'exploitation du modèle de la contrainte maximale fcs, trouvé permet de tracer les courbes isoréponses (profileur d'isoréponses) représentées dans la Figure III.17. Cette figure constitue un outil flexible pour faire des prévisions de la réponse écrasement en fonction de l'âge.

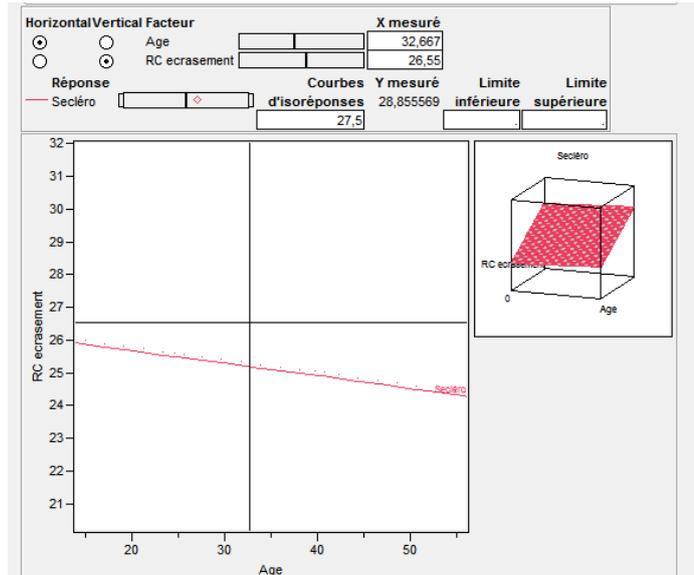


Figure III.17 : Courbes isoréponses de la variation secléro ultrason

1.3- Réponse : résistance de béton en ultrason (Fcu)

D’après la figure suivante donne la variation de Fcu en (MPa) observée (mesurée lors des essais) en fonction de celle prédite par le modèle établi, donc les coefficients sont donné par le Tableau III.47. d’après cette figure, on constate que la corrélation est faible ($R^2=0.56$). le résumé de l’ajustement de la réponse Fcu (R^2 , moyenne de la réponse et nombre des essais) sont récapitulés dans le tableau III.45.

Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévues

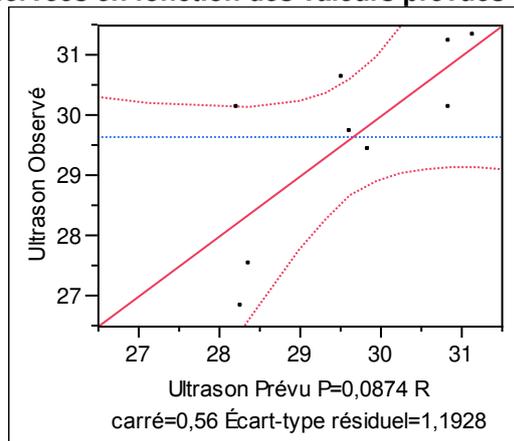


Figure III.18 : Graphique des valeurs observées en fonction des valeurs prévues de Fcu (MPa).

Tableau III.45 : Résumé de l'ajustement de la réponse Fcu.

R carré	0,55628
R carré ajusté	0,408374
Écart-type résiduel	1,192838
Moyenne de la réponse	29,63333
Observations (ou sommes pondérées)	9

L'analyse de la variance (ANOVA), qui regroupe le degré de liberté, la somme des carrés, le carré moyen et le rapport F (de Fisher) sont donné dans le Tableau III.46

Tableau III.46 : Paramètres issus de l'analyse de la variance de la réponse Fcu

Analyse de la variance

Source	Degré(s) de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F
Modèle	2	10,702832	5,35142	3,7610
Résidus	6	8,537168	1,42286	Prob. > F
Total	8	19,240000		0,0874

D'après la probabilité de Student qui exigent une probabilité de 3 % et qui corresponde à une valeur supérieure à 2, en valeur absolue, du rapport de Fisher (dans notre cas rapport F=0.0874). On peut dire que le modèle proposé (ci-après) est acceptable, malgré que le coefficient de corrélation est plus ou moins faible.

Dans le Tableau III.47 suivant on trouve des estimations des coefficients du modèle de fcu proposé.

Tableau III.47 : Paramètres et coefficient du model établi

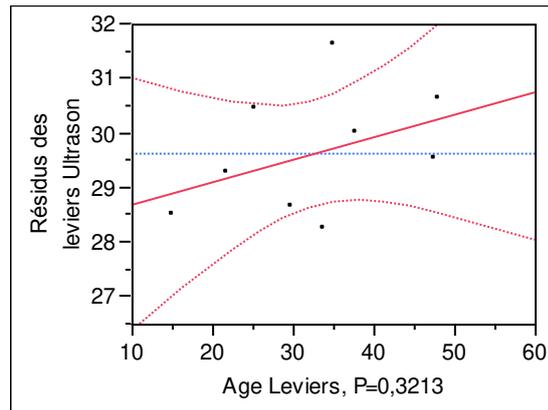
Terme	Estimation	Écart-type	Rapport t	Prob.> t
Constante	25,598655	3,301067	7,75	0,0002
Age	0,0411234	0,038047	1,08	0,3213
RC ecrasement	0,1013678	0,157708	0,64	0,5441

D'après ce tableau, on peut écrire le modèle mathématique décrivant la contrainte maximale Fcu, en fonction de l'âge et les résistances des testes combiné dans le domaine d'étude:

$$F_{cu} = 25.598655 + 0.411234 * \text{Age} + 0.1013678 F_{ce}$$

En utilisant ce modèle, on peut estimer la variation réponse fcu en fonction de l'âge et les résistances d'écrasement séparément. La Figure III.19 donne le profileur de prévision de la réponse fcu

Graphique des leviers



Graphique des leviers

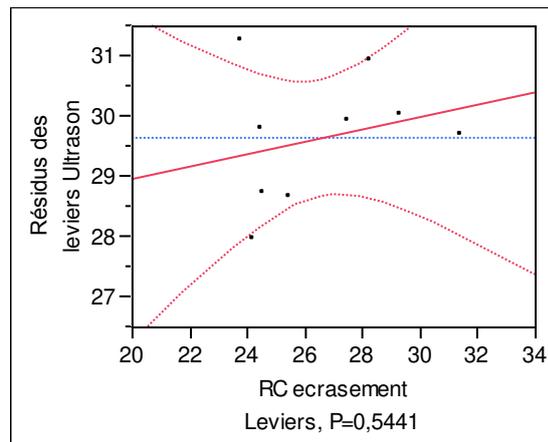


Figure III.19 : Variation de la réponse **F_{cu}** en fonction de l'âge et les résistances de l'écrasement

D'après cette figure, on remarque que la contrainte fcu augmente en fonction de l'âge et augmente en fonction des résistances d'écrasement.

L'exploitation du modèle de la contrainte maximale fcs, trouvé permet de tracer les courbes isoréponses (profileur d'isoréponses) représentées dans la Figure III.20. Cette figure constitue un outil flexible pour faire des prévisions de la réponse écrasement en fonction de l'âge

Chapitre III : Caractéristiques des matériaux et les résultats des essais non destructif et les essais destructifs

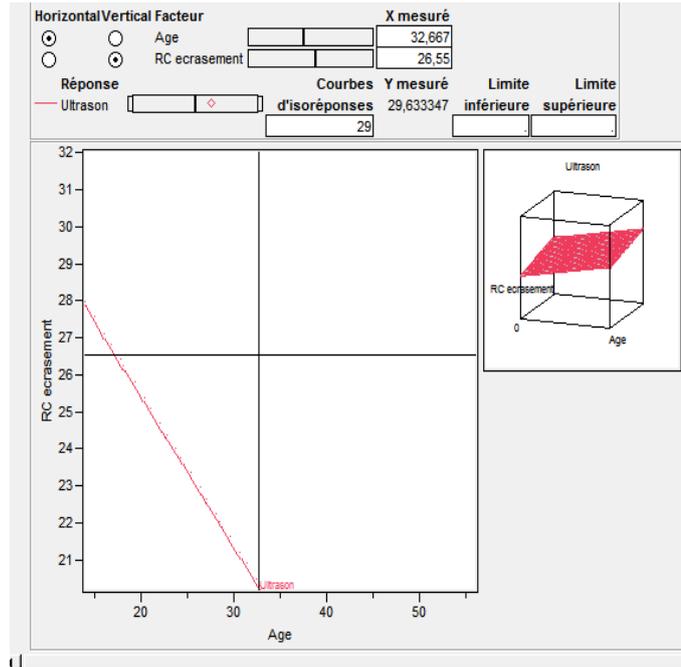


Figure III.20 : Courbes isoréponses de la variation écrasement et l'âge

III.5-CONCLUSION ET RECOMMANDATION:

Dans ce chapitre nous avons essayé de rassembler les conclusions des travaux effectués sur la comparaison des résultats obtenus par les méthodes destructives et les méthodes non destructives pour le contrôle de la qualité de béton

A partir de cette étude on peut citer les conclusions suivantes

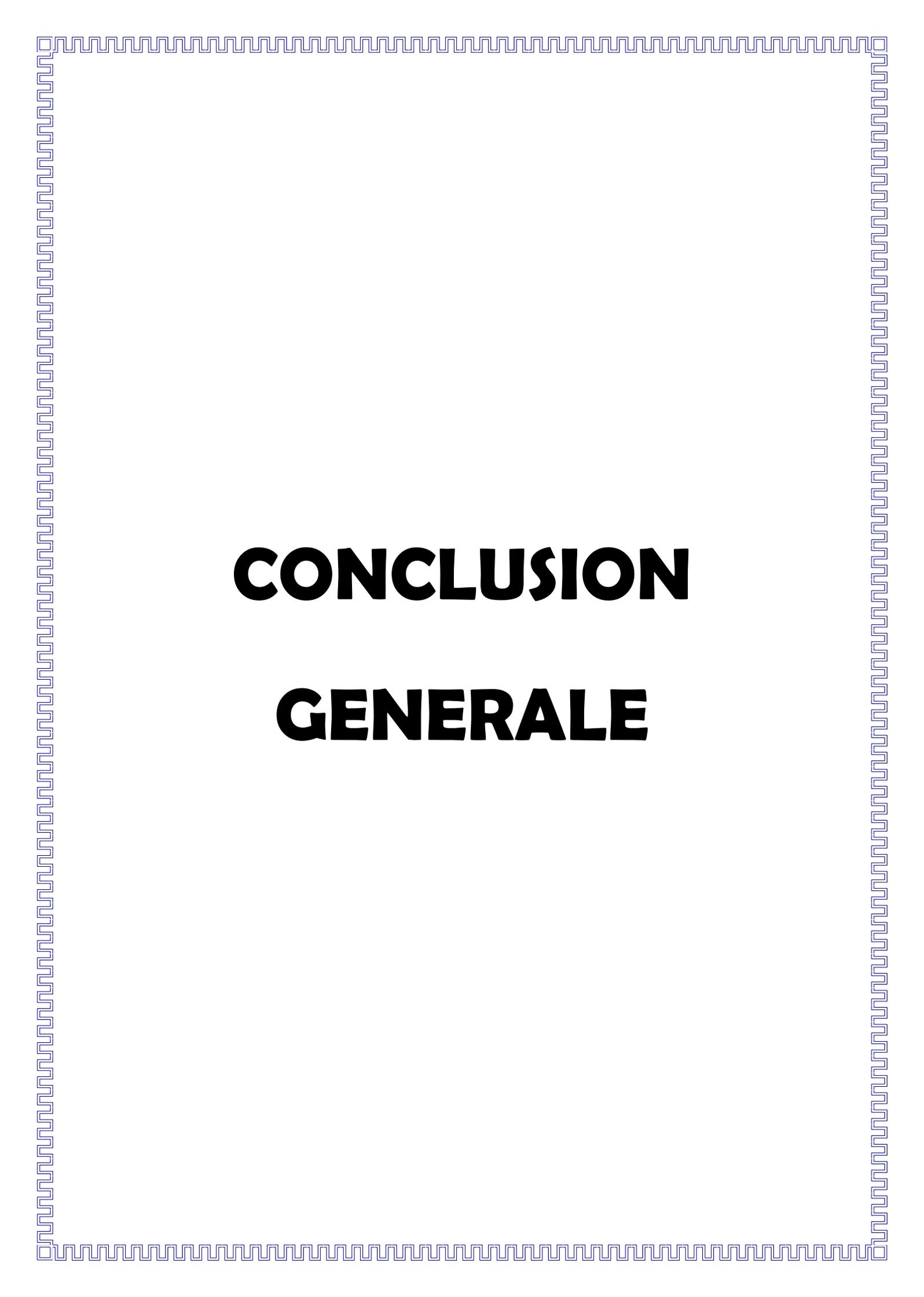
- Les compositions optimales retenues pour les formulations étudiées sont consignées sur les tableaux précédents ;
- Les résultats des essais non destructifs ont donné des résistances pour l'essai scléromètre d'ordre :
 - Entre 20.40 et 24.20 MPa à 14 jours.
 - Entre 28.50 et 32.70 MPa $\geq F_{c28}$ à 28 jours d'âge du béton.
- Pour l'essai ultrason les vitesses obtenues sont comme suit :
 - Entre 4050 et 4100 pour les éprouvettes de 07 jours.
 - Entre 4120 et 4210 pour les éprouvettes de 14 jours.
 - Entre 4230 et 4300 pour les éprouvettes de 28 jours d'âge du béton.

Ces vitesses caractérisent un béton de bonne qualité et homogène suivant l'étude RILEM

- Les formulations étudiées sont satisfaisantes. En effet pour les essais destructifs (écrasement par compression) elles ont donné lieu à des résistances à la compression d'ordre :
 - Entre 17.13 et 19.40 MPa à 07 jours.
 - Entre 20.19 et 21.82 MPa à 14 jours.
 - Entre 27.35 et 30.48 MPa $\geq F_{c28}$ à 28 jours.
 - Entre 28.98 et 32.01 MPa $\geq F_{c28}$ à 56 jours d'âge du béton.

Par conséquent les formulations données ci-dessus peuvent donner un béton de bonne qualité si les recommandations suivantes seront respectées :

- Respecter les dosages des différents composants ;
- Veiller sur la propreté des granulats ;
- Utiliser le vibreur convenablement (respecter le temps de vibration);
- Le cure doit commencer dès le début de prise du béton, pendant dix (10) jours au minimum, soit par humidification, soit par enduit temporaire imperméable.

A decorative border consisting of a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, forming a frame around the page.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale :

Dans cette étude on 'a effectuée une association entre les essais destructifs et les essais non destructifs pour avoir une relation entre les deux en utilisant une approche de modélisation statistique (offerte par le logiciel JMP7 de SAS Institute)..

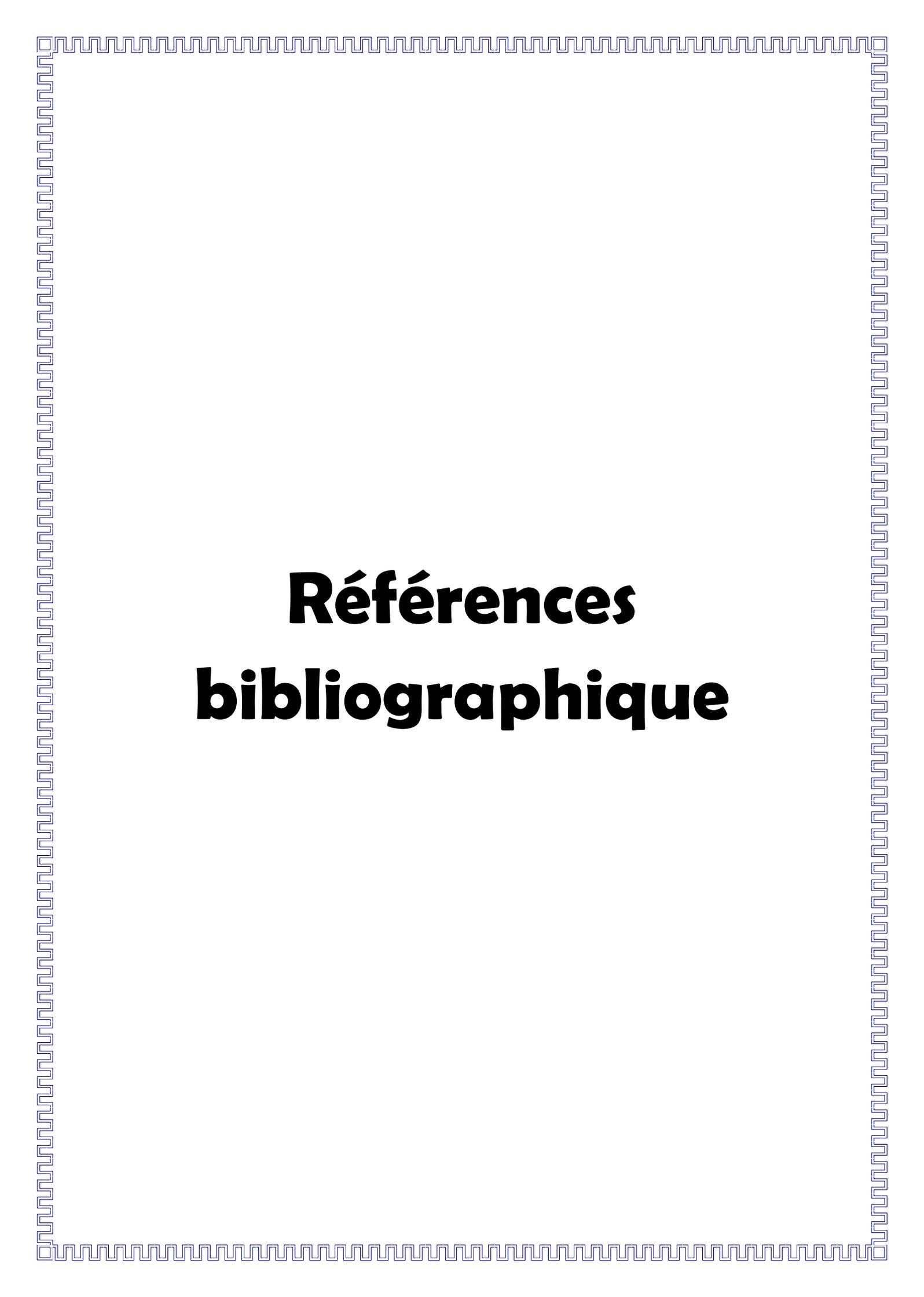
Cette étude se diviser de deux parties : la première partie qui comporte une étude bibliographique qui nous a permis d'enrichir nos connaissances sur les principales méthodes de contrôle des structures en génie civil.

La deuxième partie contient la partie expérimentale de cette recherche, où nous avons présenté les différents constituants des trois formulations et leurs caractéristiques, et les différents essais réalisés et la discussion des résultats des essais. Le travail expérimental consiste à confectionner des cylindres de diamètre 150 mm et de hauteur 300 mm au laboratoire afin de caractériser le béton utilisé (contrainte de compression, auscultation scléromètre et ultrason).

Les résultats des ultrasons sont influencés par plusieurs facteurs tels que les fissures, la rugosité de surface, Les vides à l'intérieur du béton.

Le model mathématique établi par les équations entre les essais destructifs et non destructifs précédentes va nos aider pour la diagnostique des structures ou il n y pas un historique d'écrasement dans le cas d'utilisation des matériaux locaux de la région de Ghardaïa.

A travers cette étude nous avons amélioré nos connaissances sur les domaines d'utilisation des essais non destructifs surtout lorsqu'il s'agit de l'évaluation de la qualité du béton ; Ce travail édité dans l'an 2020, l'année de la pandémie du covid-19 et le confinement général avec les contraintes d'effectuer des déplacements et des réunions pour faire enrichir notre sujet.

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, framing the entire page.

Références bibliographique

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **HARID HANA SRAIDI SAMIRA** «Contrôle de la qualité du béton par des essais non destructifs» l'Université 08 Mai 1945 de Guelma Juin 2016
- [2] **Berra Manel** « Caractérisation aux moyens des essais destructifs et NDT d'un BAP à base de granulats recyclés et fumée de silice » Mémoire de Master, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA 2016
- [3] **Blizak Ahmed Khalil** «Influence de sable mixte sur les propriétés du micro béton au ciment blanc» Université Mohamed Boudiaf - M'sila 2015/2016
- [4] **TALEB KARINA** « Etude à l'état frais et à l'état durci de l'influence des Fines de Mortiers de Démolition sur les propriétés des Mortiers», Université mouloud mammeri Tizi Ouzou 2015/2016
- [5] **AHMED Faycel** «CONCEPTION D'UN BETON DESTINE AUX OUVRAGES HYDROTECHNIQUES» ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE-ARBAOUI Abdellah Avril-2015
- [6] **Samia Hannachi** « Evaluation de la résistance a la compression du béton sur site : application de la méthode combinée » Thèse doctorat UNIVERSITÉ MENTOURI CONSTANTINE 1 juin 2015
- [7] **Yagoubi Messaoud Essaghir** «Étude de caractérisation et corrélation aux moyens des essais non-destructifs (NDT) et essai direct d'un béton à haute performance (BHP) à base de matériaux locaux» Mémoire de master Université Mohamed Boudiaf - M'sila 2015
- [8] **Djebri Noura** « l'évaluation de la qualité du béton in situ » Mémoire de magister, Biskra 2006, pp06-76.
- [9] **Mezghiche Bouzidi**, « essais non-destructifs du béton», cours de 3ème année licence, université Mohamed Khaider, Biskra, 2013.
- [10] **Xavier Jourdain, Hélène Horsin, Francois Soleilhet** «Essais destructifs sur éprouvettes en béton et acier d'armature» école normale supérieure Paris Saclay 2018
- [11] **Mohamed Rabehi** «Apport à la caractérisation de la porosité ouverte du béton d'enrobage par l'utilisation des tests d'absorption capillaire» Thèse présentée en vue de l'obtention Du Diplôme de Doctorat en Sciences Université Mohamed Khider – Biskra 2014.

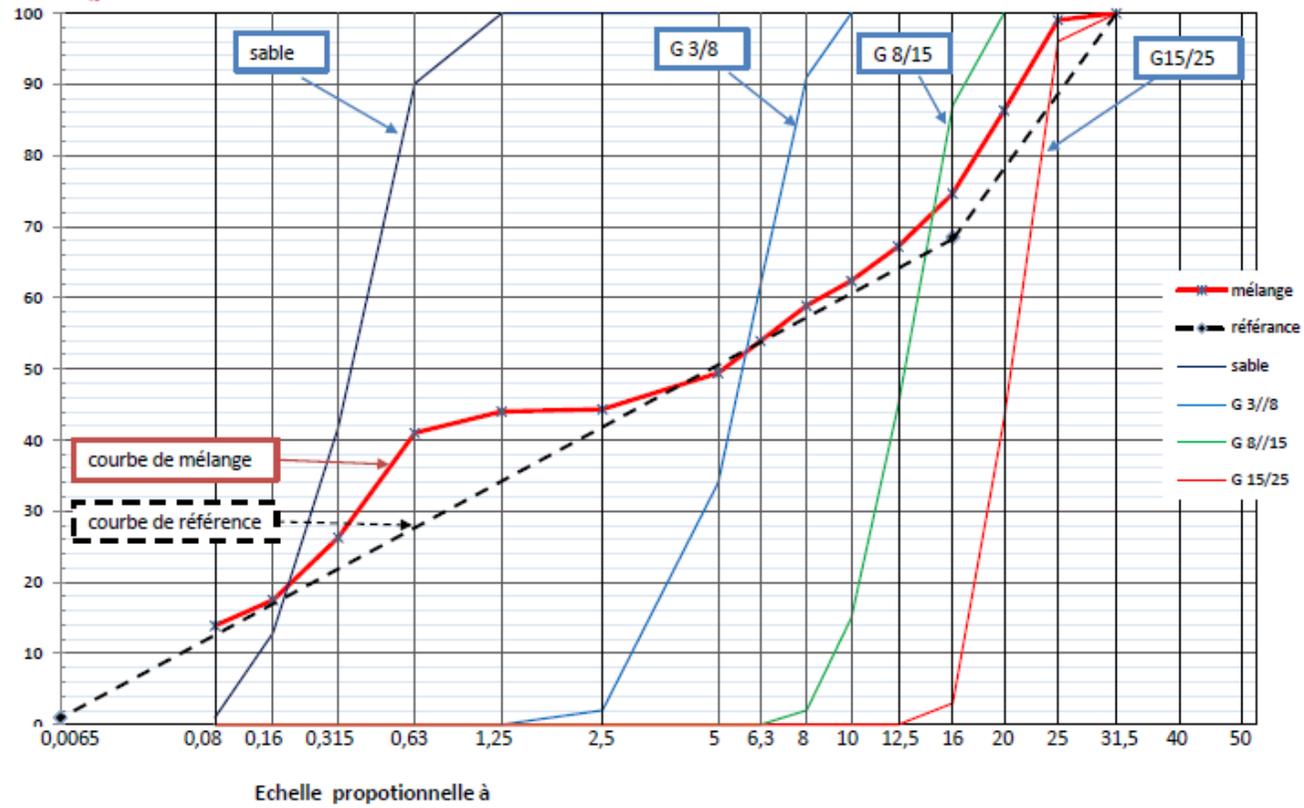
Annexe

LES COURBES GRANULOMETRIQUES ET LA COURBE DE REFERENCE DE LA FORMULATION N° 01



L.T.P.Sud
béton C25/30

COURBES GRANULOMETRIQUES
SELON : M, FAURY



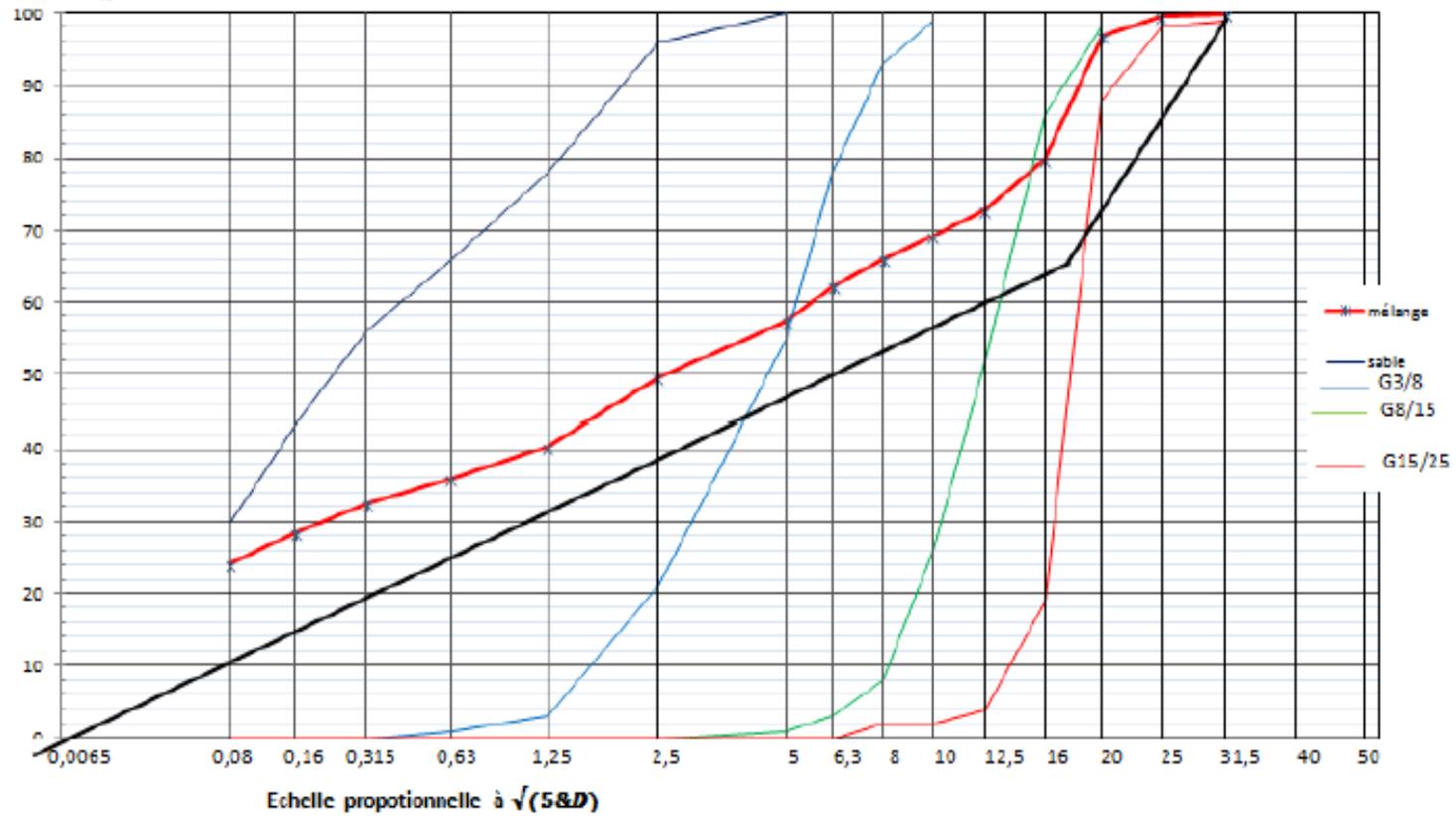
Date

LES COURBES GRANULOMETRIQUES ET LA COURBE DE REFERENCE DE LA FORMULATION N° 02



L.T.P.Sud

COURBES GRANULOMETRIQUES
SELON : M. FAURY



LES COURBES GRANULOMETRIQUES ET LA COURBE DE REFERENCE DE LA FORMULATION N° 03

