

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES ECOLOGIQUES ET ENVIRONNEMENT



## *Mémoire de fin d'études*

En Vue d'Obtention Du Diplôme Master En Ecologie Et Environnement

**Spécialité : Protection des Ecosystèmes**

*Thème*

# **Valorisation des granulats de démolition dans la confection du béton**

Présenté par

Soutenu le 13/07/2023

**TOUAZI Katia**

**BACHTARZI Azzedine**

Devant le jury

**Présidente : Mme SADOUDI- ALI AHMED. D**

**Professeur à UMMTO**

**Promotrice : Mme. CHIBANE. G**

**MCB à UMMTO**

**Co-promotrice : Mme. ALI AHMED. C.**

**MCA à UMMTO**

**Examinatrice : Mme. BACHI.K**

**MCB à UMMTO**

Année 2022 - 2023



## REMERCIEMENTS

*En premier lieu, nous tenons à présenter nos vifs remerciements à notre promotrice Mme CHIBANE. G pour sa disponibilité, ses encouragements et ses précieux conseils qui nous ont permis d'aller au bout de ce travail.*

*Notre gratitude va ensuite à notre co-promotrice Mme ALI AHMED. C pour nous avoir accompagnés dans la réalisation de ce travail de recherche, sa disponibilité aussi bien lors de la réalisation de la partie expérimentale au laboratoire de béton ainsi que pour la rédaction du manuscrit, nous a permis de mener à bien ce travail. Nous la remercions également pour ses conseils et ses précieuses orientations.*

*Nos remerciements vont respectueusement vers les membres du jury, Pr SADOUDI D et Dr BACHI K pour avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*Nos chaleureux remerciements vont également aux enseignants qui ont veillé au bon déroulement de notre formation tout au long de notre cursus, qu'ils trouvent ici l'expression de nos sentiments les plus respectueux.*

*Enfin nous adressons nos sincères sentiments de gratitude et de reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail.*

## **DEDICACES**

**J**e dédie ce travail accompagné d'un grand amour et de tous mes sentiments de respect, de gratitude et de reconnaissance :

**A** celle qui m'a instruit de sa sagesse, et qui m'a arrosé de tendresse et d'espoirs, ma mère.

**A** mon support dans ma vie, qui m'a encouragé et guidé, mon père.

**A** mon frère : Mouh.

**A** mes sœurs à qui je dois la force, l'exemple et les soutiens : Samira, Fetta et Ouerdia

**A** celle avec qui j'ai partagé tous les moments d'émotion, pour son soutien moral et sa compréhension, mon binôme Katia.

**A** mon meilleur ami Hocine et toutes les personnes qui m'apportent de la joie.

**BACHTARZI Azzedine**

# DEDICACES

## Je tiens à dédier ce modeste travail

**À** ma chère maman et mon cher papa pour avoir été toujours présents à mes côtés et pour m'avoir soutenue à aller de l'avant dans chaque étape de ma vie. Je les remercie pour leurs encouragements, sacrifices et bienveillance qui m'ont permis de mener à bien mes études et de parvenir aujourd'hui à réaliser mon mémoire de fin d'études. Cette dédicace ne saura exprimer toute la reconnaissance et la gratitude que je témoigne à leur égard.

**À** mes chers frères et sœurs (Cherif, Djaouida, Yahia, Lamia, Lyes, Meziane, Amel et Ouahid), leur aide morale m'est très précieuse et a grandement contribué à ma réussite, et m'a incitée à avancer dans ma vie.

**À** la mémoire de ma défunte grand-mère Ouardia, qui a une place très spéciale dans mon cœur.

**À** mon binôme Azzedine, pour son sérieux, sa détermination et sa compréhension tout au long de ce travail.

**À** mes chers amis, (Lynda, Lydia, Hakim et Melissa), qui m'ont toujours soutenue et étaient constamment présents à mes côtés.

**TOUAZI Katia**

# Sommaire

## Liste des figures

### Liste des tableaux

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

## Synthèse bibliographiques

I. Introduction.....	3
----------------------	---

II. Généralités sur les déchets.....	3
--------------------------------------	---

II.1. Définition des déchets .....	3
------------------------------------	---

II.2. Classification des déchets .....	4
--	---

II.2.1. Déchets ménagers .....	4
--------------------------------	---

II.2.2 Déchets spéciaux.....	4
------------------------------	---

II.2.3. Déchets inertes .....	5
-------------------------------	---

II.3. La gestion des déchets .....	5
------------------------------------	---

II.3.1. La collecte .....	5
---------------------------	---

II.3.2. Le mouvement .....	5
----------------------------	---

II.3.3. Le tri.....	5
---------------------	---

II.3.4. Traitement écologiquement rationnel des déchets.....	6
--	---

II.3.5. Valorisation.....	6
---------------------------	---

II.3.6. Elimination.....	6
--------------------------	---

II.3.7. Enfouissement.....	6
----------------------------	---

II.4. La politique algérienne sur la gestion des déchets.....	6
II.4.1. Cadre institutionnel.....	6
II.4.2. Cadre réglementaire.....	8
III. Déchets du bâtiment et travaux publics (BTP).....	8
III.1. Les différents types de déchets de chantier.....	8
III.2. Caractérisation des déchets du BTP.....	9
III.3. Quelques chiffres des déchets de construction en Algérie.....	9
IV. L'impact négatif des déchets du BTP sur l'environnement.....	10
V. Valorisation du béton recyclé.....	11
<b>V.1. Comment valoriser le béton ? .....</b>	<b>11</b>
V.2. Recyclage de béton en chiffres.....	12
VI. Conclusion.....	12

### **Matériel et méthodes**

II.1. Introduction.....	13
II.2 Matériels.....	13
II.2.1. Béton.....	13
II-3- Méthodes.....	18
II-3-1-Confection des bétons.....	18
II.3.2. Confection des spécimens en béton.....	21
II.3.3. Préparation des moules.....	21
II.3.4. Remplissage des moules.....	22

II.3.5. Vibration du béton .....	23
II.3.6. Procédure d'essai .....	23
II.4. Analyse statistique .....	24
II.5. Conclusion .....	24

## **Résultats et discussion**

III.1. Introduction .....	25
III.2. Résultats des essais .....	25
III.2.1. Effet des pourcentages de GBR .....	26
III.2.2. Effet du taux de pouzzolane .....	28
III.2.3 Effet du taux de superplastifiant .....	31
III.3 Analyse statistique .....	34
III.4. Conclusion .....	35
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>36</b>

## **Références bibliographique**

## **Résumé**

## Liste figure

<b>Fig.1:</b> Ciment utilisé .....	14
<b>Fig.2 :</b> Granulat 3/8 .....	14
<b>Fig.3 :</b> Granulat 8/15 .....	14
<b>Fig.4 :</b> GBR 3/8 .....	15
<b>Fig.5 :</b> GBR 8/15 .....	15
<b>Fig.6 :</b> Le sable.....	16
<b>Fig.7 :</b> La pouzzolane.....	17
<b>Fig.8 :</b> Le super-plastifiant .....	17
<b>Fig.9 :</b> Schéma de l'expérience .....	20
<b>Fig.10 :</b> préparation des moules .....	21
<b>Fig.11 :</b> Remplissage des moules .....	21
<b>Fig.12 :</b> vibration du béton.....	22
<b>Fig.13 :</b> spécimens en béton.....	23
<b>Fig.14 :</b> Presse hydraulique .....	24
<b>Fig.15 :</b> résistance à la compression selon différents taux de GBR, pour 10% de pouzzolane et 0,5% de superplastifiant. ....	26
<b>Fig.16 :</b> résistance à la compression selon différents taux de GBR, pour 10% de pouzzolane et 0,75% de superplastifiant. ....	26
<b>Fig.17 :</b> résistance à la compression selon différents taux de GBR, pour 15% de pouzzolane et 0,5% de superplastifiant. ....	27
<b>Fig.18 :</b> résistance à la compression selon différents taux de GBR, pour 15% de pouzzolane et 0,75% de superplastifiant. ....	27
<b>Fig.19 :</b> résistance à la compression du béton à 25% de GBR et 0,5% de superplastifiant pour différents taux de pouzzolane .....	29
<b>Fig.20 :</b> résistance à la compression du béton à 25% de GBR et 0,75% de superplastifiant pour différents taux de pouzzolane. ....	29
<b>Fig.21 :</b> résistance à la compression du béton à 50% de GBR et 0,5% de superplastifiant pour différents taux de pouzzolane.....	30

<b>Fig.22</b> : résistance à la compression du béton à 50% de GBR et 0,75% de superplastifiant pour différents taux de pouzzolane .....	30
<b>Fig.23</b> : résistance à la compression du béton à 25% de GBR et 10% de pouzzolane pour différents taux de superplastifiant .....	32
<b>Fig.24</b> : Résistance à la compression du béton à 25% de GBR et 15% de pouzzolane pour différents taux de superplastifiant .....	32
<b>Fig.25</b> : résistance à la compression du béton à 50% de GBR et 10% de pouzzolane pour différents taux de superplastifiant .....	33
<b>Fig.26</b> : résistance à la compression du béton à 50% de GBR et 15% de pouzzolane pour différents taux de superplastifiant .....	33

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau I.1.</b> Quantités de débris issus des catastrophes naturelles en Algérie. ....	10
<b>Tableau II.1 :</b> Les masses en Kg des différents constituants .....	19
<b>Tableau II.2 :</b> Les compositions des bétons .....	21
<b>Tableau III.1 :</b> Résistance à la compression des bétons. ....	25

L'industrie de la construction et des infrastructures utilise des ressources naturelles et produit des quantités significatives de déchets. Pour répondre à la demande croissante des grands projets d'aménagement, il est nécessaire d'extraire davantage de granulats provenant des carrières. Cependant, cela peut entraîner la pollution des nappes d'eau souterraines et la transformation des sites naturels. De plus, les réglementations concernant l'ouverture de nouvelles carrières obligent à rechercher des solutions de recyclage **(BOURMATTE ; 2017)**

L'utilisation croissante des granulats recyclés, bien qu'ils ne représentent qu'une petite part de la production, présente une tendance à la hausse. L'incorporation de ces granulats recyclés dans le béton permet d'économiser les granulats provenant des cours d'eau. Le recyclage présente un intérêt accru car il crée un nouveau secteur d'activité soutenu par l'ensemble des acteurs locaux et industriels. **(BOURMATTE ; 2017)**

Bien qu'il y ait eu plusieurs études de recherche sur leur utilisation potentielle avec des liants hydrauliques pour la construction d'ouvrages ou de bâtiments, les granulats recyclés sont encore peu utilisés en tant que granulats de béton. Cependant, certains pays comme la Suisse ou le Danemark ont adopté des normes pour la fabrication de béton à base de granulats recyclés. **(BOURMATTE ; 2017)**

En outre, l'utilisation de ces granulats recyclés en remplacement des granulats naturels contribuerait à réduire l'épuisement des ressources naturelles et permettent d'obtenir des bétons dont le comportement serait proche de celui du béton à base de granulats naturels. Pour ce faire, les granulats recyclés doivent être introduits dans des proportions de 20% et 50% selon **(Vivian W Y Tam et al. (2007), Boulay (2014), Etxeberria et al. (2007), Chakradhara Rao et al.(2011), Rao et al. (2007) et Corinaldesi (2010))**

L'objectif de cette étude est d'analyser les caractéristiques des granulats recyclés issus du béton et de promouvoir leur réutilisation dans la fabrication de bétons. Le programme de recherche comprendra des travaux visant à valoriser ces matériaux en les combinant avec d'autres matières (Pouzzolane et super plastifiant). La valorisation de ces granulats provenant de bétons de démolition ou d'autres déchets pour la production de béton hydraulique peut élargir leur champ d'application actuel.

Est-il envisageable de mettre en œuvre un processus de recyclage et de réutilisation des déchets issus de la démolition de constructions ?

Afin d'explorer les possibilités, une étude expérimentale a été menée pour évaluer la faisabilité de substituer les granulats naturels par des granulats provenant de démolitions dans différentes proportions massiques.

Plusieurs combinaisons ont été testées, allant de l'absence de substitution (0 % de granulats provenant de démolitions ; 100 % de granulats naturels) à des substitutions croissantes (25% et 50 % de granulats provenant de démolitions) en remplacement les granulats naturels.

Le travail s'est articulé autour de trois grandes parties. Après une introduction générale, une revue bibliographique exhaustive est réalisée pour présenter les différentes techniques de gestion des déchets existantes. La deuxième partie a détaillé le matériel utilisé ainsi que les méthodes employées pour la fabrication des éprouvettes en béton. Les résultats des essais réalisés sur ces éprouvettes ont été présentés dans la troisième partie. Enfin, une conclusion générale a été formulée, mettant en évidence les apports significatifs de cette recherche.

### I. Introduction

La protection de l'environnement est devenue une préoccupation collective croissante. Dans une perspective de développement durable intégré, la question des déchets doit être abordée dans une approche globale de gestion des risques et des ressources, couvrant l'ensemble du cycle de vie des déchets, de leur génération à leur traitement final. Cela implique de prendre en compte les déchets dès la phase de conception, d'adopter des stratégies de réduction à la source, de valorisation et d'élimination.

Le recyclage permet une gestion plus efficace des ressources en valorisant les "déchets" et en réduisant la demande de granulats naturels traditionnels. Il contribue également à limiter les impacts environnementaux et écologiques en réduisant la nécessité de nouvelles zones de dépôt, d'ouverture de carrières et d'exploitation des lits alluvionnaires.

Ce chapitre présente la réglementation relative aux déchets, ainsi que la gestion et l'activité de recyclage de ces matériaux.

### II. Généralités sur les déchets

#### II.1. Définition des déchets

Le terme déchet peut être défini différemment selon le sujet ou l'intérêt de la recherche et parfois l'origine et l'état des déchets. Parmi les nombreuses définitions existantes, nous pouvons lister celles qui nous semblent les plus intéressantes.

- Les déchets sont des résidus laissés par le propriétaire car ils sont inutilisables, sales ou encombrants.
- "Un déchet est tout résidu, substance, matière, produit d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation ou, plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que le propriétaire a l'intention d'abandonner."

#### Approche environnementale

Du point de vue environnemental, un déchet constitue une menace à partir du moment où l'on envisage un contact avec l'environnement. Ce contact peut-être direct ou comme le résultat d'un traitement. Cette approche peut conduire à considérer des sous-produits de nature dangereuse ou contenant des polluants comme des déchets, indépendamment de leur valeur ou de leur possible réutilisation (**ROGAUME, 2015**).

### **Approche réglementaire**

Selon la loi N° 01-19 du 12 décembre 2001, parue dans le journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire du 15 décembre 2001 portant sur « La gestion, le contrôle et l'élimination des déchets », on entend par Déchet « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation et plus généralement toute substance ou produit et tout bien meuble, dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou d'éliminer ».

### **II.2. Classification des déchets**

Les déchets sont souvent un mélange hétérogène dont la composition varie avec le temps et le lieu (par exemple, les déchets ménagers aux propriétés différentes selon qu'ils soient urbains ou ruraux, d'été ou d'hiver). Plusieurs classifications ont été proposées. L'une d'entre elles donne une vue d'ensemble elle est complète et basée sur les limites de collecte, en distinguant les origines communales, industrielles et agricoles. Une des limites de cette classification réside dans les nombreuses interférences qui existent entre ces différentes origines.

La loi N 1-19, dans son article 5 a classé les déchets en 3 catégories :

- Les déchets ménagers et assimilés (déchets généraux)
- les Déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux.
- les déchets inertes.

#### **II.2.1. Déchets ménagers**

Les déchets ménagers et assimilés, également appelés déchets solides urbains (DSU), font référence aux déchets produits par les ménages dans le cadre de leurs activités quotidiennes. Ils comprennent généralement les déchets solides générés dans les foyers, les jardins, les parcs, les espaces publics, ainsi que les déchets similaires produits par les petites entreprises et les institutions.

#### **II.2.2 Déchets spéciaux**

Font référence à des déchets qui ont des propriétés spécifiques qui les distinguent des déchets ménagers courants. Ces propriétés peuvent être liées à leur composition chimique, leur forme physique, leur toxicité ou leur inflammabilité, par exemple. Les déchets spéciaux peuvent

inclure des matériaux tels que les équipements électroniques, les piles et batteries, les huiles usagées, les produits chimiques de laboratoire, les déchets de construction et de démolition, les pneus, etc.

### **II.2.3. Déchets inertes**

Sont des déchets qui ne peuvent pas être jetés dans les poubelles ordinaires en raison de leur taille, de leur poids ou de leur nature, et qui nécessitent donc un traitement spécial. Ils peuvent provenir des ménages ou des entreprises, et incluent généralement des objets tels que des meubles, des appareils électroménagers, des matelas, des tapis, des pneus, des vélos, des outils de jardinage, des équipements sportifs, des débris de construction, des équipements électroniques et des véhicules hors d'usage

### **II.3. La gestion des déchets**

La gestion des déchets est l'ensemble des activités visant à collecter, traiter, transporter, éliminer ou valoriser les déchets de manière sûre et respectueuse de l'environnement. Elle vise à minimiser les impacts négatifs des déchets sur la santé publique, l'environnement et la société en général. Les principales étapes de la gestion des déchets sont :

#### **II.3.1. La collecte**

Selon ADDOU ; (2009), la collecte c'est l'ensemble des opérations qui consistent à enlever les déchets chez le producteur ou aux points de regroupement et à les acheminer vers un quai de transfert, un centre de tri, de traitement ou un centre d'enfouissement technique (C.E.T).

#### **II.3.2. Mouvement**

Toute opération de transport, de transit, d'importation et d'exportation des déchets.

#### **II.3.3. Le tri**

Pour valoriser et/ou recycler les déchets, on ne peut plus les collecter en mélange, ceux-ci doivent avoir été préalablement triés. Ainsi, les ménages constituent le premier maillon de la chaîne de valorisation des matériaux recyclables, par leur capacité et leur volonté à trier les déchets ménagers. (CHEREF Lydia ; REZKI Rachid ;2016).

### **II.3.4. Traitement écologiquement rationnel des déchets**

Désigne toute mesure pratique permettant d'assurer que les déchets sont valorisés, stockés et éliminés d'une manière garantissant la protection de la santé publique et /ou de l'environnement contre les effets nuisibles que peuvent avoir ces déchets. **(Hammoudi ; 2021)**

### **II.3.5. Valorisation**

Regroupe toutes les opérations de réutilisation, de recyclage ou de compostage des déchets. **(Hammoudi ; 2021)**

### **II.3.6. Elimination**

Elle se traduit par toutes les opérations de traitement thermique, physicochimique et biologique, de mise en décharge, d'enfouissement, d'immersion et de stockage des déchets, ainsi que toutes autres opérations ne débouchant pas sur une possibilité de valorisation ou autre utilisation du déchet. **(Hammoudi ;2021)**

### **II.3.7. Enfouissement**

Désigne le processus d'élimination des déchets en les enterrant dans des sites spécifiquement aménagés appelés décharges sanitaires ou décharges contrôlées.

## **II.4. La politique algérienne sur la gestion des déchets**

### **II.4.1. Cadre institutionnel**

A partir de 2001, le gouvernement Algérien a défini une stratégie nationale en matière de protection de l'environnement qui s'est traduite par le plan national d'action pour l'environnement et le développement durable (PNAE-DD).

Sur le volet déchet, le PNAE-DD s'est décliné en deux programmes : □

Progdem : Programme de gestion des déchets solides municipaux,

□ Pnagdes : Plan national de gestion des déchets spéciaux.

A ce titre, le gouvernement s'est lancé sur tout un programme de mise à niveau notamment par

1. Renforcement de l'aspect réglementaire : promulgation de la loi 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.

### 2. Renforcement institutionnel :

- Par la création d'institutions dédiées à toutes les thématiques environnementales. C'est à ce titre que l'Agence Nationale des Déchets a été créée. Sa mission principale étant la promotion de la gestion intégrée des déchets.
- Services déconcentrés : 48 directions de l'environnement de wilayas et inspections régionales.

### 3. Introduction de la fiscalité environnementale : notamment la taxe d'enlèvement des ordures ménagères (TEOM) et la taxe sur les activités polluantes et dangereuses (TAPD).

L'Algérie, à travers le Progdem et le Pnagdes, a pour objectif de développer à terme une gestion intégrée des déchets. Pour ce faire, les mesures suivantes ont été adoptées :

- 135 centres d'enfouissement techniques pour DMA et DI ont été réalisés ou sont en cours de réalisation.
- La plus grande majorité des communes se sont dotées de schémas directeurs pour la gestion des DMA.
- Les grandes décharges publiques ont été éradiquées ou sont en cours de réhabilitation.
- Les pouvoirs publics incitent au tri et au recyclage à travers des actions pilotes de tri à la source.
- Aussi, des unités de tri et de déchetteries ont été réalisées.
- Un système public de reprise et de traitement des déchets d'emballages (Eco-Jem) a été instauré.

Après avoir fait face à une situation d'urgence de gestion des déchets, les pouvoirs publics passent vers une phase qualitative qui consiste en la prévention et au recyclage/valorisation.

La prévention et le recyclage/valorisation sont les deux axes majeurs de la gestion des déchets qui vont permettre à l'Algérie de réduire sa production de GES.

Néanmoins, il est proposé d'instaurer une approche participative avec tous les acteurs concernés pour l'élaboration d'un plan d'action en vue d'identifier les actions prioritaires à mettre en œuvre.

### II.4.2. Cadre réglementaire

- Loi N 01-19 du 12 Décembre 2001, relative à la gestion, au contrôle et l'élimination des déchets.
- Loi N 03-10 du 19 juillet 2003, relative la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- Décret N 02-372 du 11 novembre 2002, relatif aux déchets d'emballages.
- Décret N 02-175 du 20 mai 2002, portant création, organisation et fonctionnement de l'Agence Nationale des Déchets.
- Décret N 04-199 du 19 juillet 2004, fixant les modalités de création, organisation, fonctionnement et de financement du système public de reprise et de valorisation des déchets d'emballages Eco-Jem. (**Agence national des déchets AND**).

### III. Déchets du bâtiment et travaux publics (BTP) :

Les déchets de chantier sont tous les déchets produits par le secteur du bâtiment et des travaux publics. Ils sont issus des travaux de construction, de démolition ou de réhabilitation de bâtiments. Soumise à une réglementation stricte, l'élimination des déchets est, selon le code de l'environnement, de la responsabilité de leurs producteurs et détenteurs.

#### III.1. Les différents types de déchets de chantier

- **Déchets inertes** : déchets minéraux qui ne changent pas et peuvent être facilement récupérés, tels que les déchets de construction et les matériaux d'emballage.
- **Déchets inertes et inoffensifs** : Ces déchets ne contiennent pas de substances nocives et peuvent être éliminés en toute sécurité dans un centre de recyclage. Leur restauration est énergétique et se fait par la matière.
- **Déchets dangereux** : L'amiante peut être un danger pour l'environnement et la santé et doit être stocké dans des conteneurs fermés et étiquetés une fois retiré. Cela facilite la traçabilité de ces éliminations et décharges de déchet.

### **III.2. Caractérisation des déchets du BTP**

Les déchets de construction sont plus ou moins inertes, mais surtout ils sont généralement lourds et volumineux. Les déchets de construction et bien d'autres déchets de démolition peuvent contenir des produits dangereux tels que des éclats de verre, du fer rouillé et d'autres objets perçants ou tranchants. La caractérisation précise des déchets de construction et de leurs flux régionaux et mondiaux est importante pour leur gestion et pour le choix des modes de collecte, de classement, de transport et de traitement de ces déchets.

### **III.3. Quelques chiffres des déchets de construction en Algérie**

L'Algérie, n'a connu aucun progrès significatif pour favoriser la filière du recyclage des déchets de construction et de démolition qui sont estimés à la hausse. C'est pourquoi il faut surmonter tous les obstacles pour promouvoir cette filière de valorisation, qui a des conséquences bénéfiques non seulement sur la protection de l'environnement, mais également sur la rentabilité économique qu'ils peuvent engendrer.

Selon l'association française du génie parasismique (AFPS), dans son rapport préliminaire sur le séisme du 21 mai 2003, déclare que parmi les dégâts causés, environ 190000 unités d'habitation touchées, un pourcentage de 30% pour les bâtiments non récupérables.

La Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (C.A.T.E), dans son rapport du 13 avril 2003 sur "L'urbanisation et les risques naturels et industriels en Algérie inquiétudes actuelles et futures", a présenté les statistiques données dans le tableau I.1.

**Tableau I.1.** Quantités de débris issus des catastrophes naturelles en Algérie. (Haddad ; 2018)

<b>Lieu</b>	<b>Date</b>	<b>Cause</b>	<b>Dégâts</b>
El Asnam –Chlef	10 Octobre 1980	Séisme	29000 logements détruits
Mascara	18 août 1994	Séisme	1000 habitations détruites
Skikda	3 mars 1998	Explosion gazoduc	10 maisons détruites 50 maisons endommagées
Ain-Temouchent	22 septembre 1999	Séisme	600 habitations détruites 1200 sérieusement endommagées

Bab El-Oued Alger	9 et 10 novembre 2001	Inondations	22400 logements endommagés 3000 à détruire complètement
----------------------	--------------------------	-------------	---

Ces quantités très importantes et gênantes de matériaux abandonnées dans la nature, peuvent être valorisées et recyclées, permettant d'une part de libérer de l'espace pour les constructions nouvelles, et d'autres parts d'absorber le manque en granulats. ( **Haddad ; 2018**)

#### IV. L'impact négatif des déchets du BTP sur l'environnement

Les déchets de démolition peuvent avoir un impact significatif sur l'environnement. Voici quelques-uns des principaux impacts négatifs associés à ces déchets :

- **Pollution des sols** : Les déchets de démolition contiennent souvent des substances toxiques telles que l'amiante, le plomb et d'autres produits chimiques nocifs. Lorsque ces déchets sont déversés ou enfouis dans les sols, ces substances peuvent contaminer les sols et les rendre impropres à la culture ou à toute autre utilisation.
- **Pollution de l'eau** : Si les déchets de démolition ne sont pas gérés correctement, ils peuvent contaminer les sources d'eau souterraines et les cours d'eau voisins. Les produits chimiques toxiques présents dans ces déchets peuvent se dissoudre dans l'eau, la rendant dangereuse pour la consommation humaine et la vie aquatique.
- **Émission de gaz à effet de serre** : Le processus de démolition lui-même, ainsi que le transport et l'élimination des déchets de démolition, nécessitent souvent l'utilisation de véhicules et de machineries lourdes, qui fonctionnent généralement avec des combustibles fossiles. Cela entraîne une émission significative de gaz à effet de serre, contribuant au changement climatique.
- **Perte de ressources naturelles** : Les déchets de démolition peuvent contenir des matériaux précieux tels que le bois, le métal et le béton, qui pourraient être récupérés et réutilisés. Cependant, lorsque ces déchets sont simplement éliminés, ces ressources sont perdues et doivent être remplacées par de nouvelles ressources naturelles, entraînant une exploitation supplémentaire de l'environnement.

- **Destruction de l'habitat naturel** : Les activités de démolition peuvent entraîner la destruction d'habitats naturels, en particulier si des bâtiments sont démolis pour la construction de nouveaux projets. Cela peut avoir un impact sur la biodiversité locale et déplacer ou détruire des espèces animales et végétales.

### V. Valorisation du béton recyclé

Le béton est un matériau de construction composé de ciment, de granulats (tels que le sable et le gravier), d'eau et éventuellement d'adjuvants. Il est largement utilisé dans l'industrie de la construction en raison de sa durabilité, de sa résistance et de sa polyvalence. Il appartient à la catégorie des déchets inertes.

#### V.1. Comment valoriser le béton ?

Sur les chantiers de construction de bâtiments et de structures, de grandes quantités de débris s'accumulent et de nombreux matériaux sont mélangés. Les enjeux de recyclage sont donc importants pour assurer un traitement dans une logique d'économie circulaire.

Cette opération se base sur :

Le tri des déchets directement sur place avec des machines adaptées ou bien manuellement puis la collecte des gravats de béton.

Par la suite, le béton est concassé, déglacé et tamisé. Et pour bien que le matériau final soit encore plus pur, on effectue un traitement supplémentaire. Après ces travaux, le béton se présentera sous forme de gravillons ou de gravats. Ils sont contrôlés au laboratoire pour vérifier la composition des produits finaux et éliminer le risque de contamination.

Le béton se recycle très facilement et retrouve une seconde vie, il est généralement dans la construction des routes.

#### V.2. Recyclage de béton en chiffres

Chaque année, 17 millions de tonnes de déchets de béton sont produits (auxquelles on peut ajouter une quantité au moins égale de matériaux inertes potentiellement réutilisables).

La norme NF EN 206/CN autorise déjà l'incorporation de 20 à 30 % de gravillons recyclés pour certains environnements. On vise l'incorporation de 10 à 30 % de granulats recyclés (y compris le sable) dans de nombreux bétons. L'utilisation de granulats recyclés en remplissage de

plateformes routières est déjà bien répandue : 80 % des bétons de démolition sont valorisés dans la route.

Par ailleurs, de nombreuses recherches ont montré que le béton recyclé peut être utilisé comme béton structurel : il peut servir à la confection d'éléments de structure qui devraient avoir une certaine capacité portante.

La présente étude propose d'expérimenter l'effet de certains paramètres du béton recyclé sur sa résistance à la compression. Les paramètres étudiés sont les taux de remplacement des graviers naturels par des graviers de béton recyclé, les taux de pouzzolane et de superplastifiant ajoutés. Le but de cette démarche étant de trouver la meilleure variante qui donne résistance à la compression proche ou même supérieure à celle du béton à base de granulats recyclés.

### **VI. Conclusion**

Ce chapitre a abordé la classification des déchets conformément à la législation algérienne, en mettant l'accent sur les différentes méthodes de gestion qui peuvent être appliquées. Une attention particulière a été accordée aux déchets de construction, en explorant en détail leurs diverses catégories et les opportunités de valorisation qui leur sont associées. En outre, l'impact de ces déchets sur l'environnement a été étudié afin de mieux comprendre les défis environnementaux auxquels ils pe

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

Dans le but d'approcher le comportement du béton à granulats 100% naturels, des bétons à base de granulats recyclés ont été confectionnés. Nous avons en effet confectionné neuf bétons en faisant varier les fractions des granulats naturels et celles des granulats recyclés ainsi que les quantités du super-plastifiant et de la pouzzolane. Nous avons réalisé des échantillons cubiques en utilisant des moules de dimensions de  $(10*10*10\text{cm}^3)$ . Trois éprouvettes sont réalisées pour chaque variante étudiée.

Les spécimens de béton ont été élaborés au laboratoire de génie civil de la faculté de génie de construction de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

### **II.2 Matériels**

Le matériel mobilisé dans notre expérience comporte d'une part les constituants du béton et d'autre part, le matériel de laboratoire ayant servi à la confection et aux essais sur les éléments élaborés.

#### **II.2.1. Béton**

Le béton est un matériau composite obtenu en malaxant différents composants qui sont les graviers, le sable, le ciment et l'eau ainsi que certains adjuvants lorsqu'ils sont nécessaires tels que l'accélérateur de prise, le retardateur de prise, etc.

##### **➤ Le ciment**

C'est un liant hydraulique, ce qui signifie qu'il a la capacité de durcir en présence de l'eau. Il se présente généralement sous forme de poudre fine (fig.1), composée principalement de calcaire, de silice, d'alumine et de fer. Lorsqu'il est mélangé avec de l'eau, une réaction chimique appelée hydratation se produit, formant une pâte qui durcit progressivement.

Le ciment utilisé dans notre étude est un ciment portland de classe vraie 42.5R, provenant de la cimenterie de Biskra.

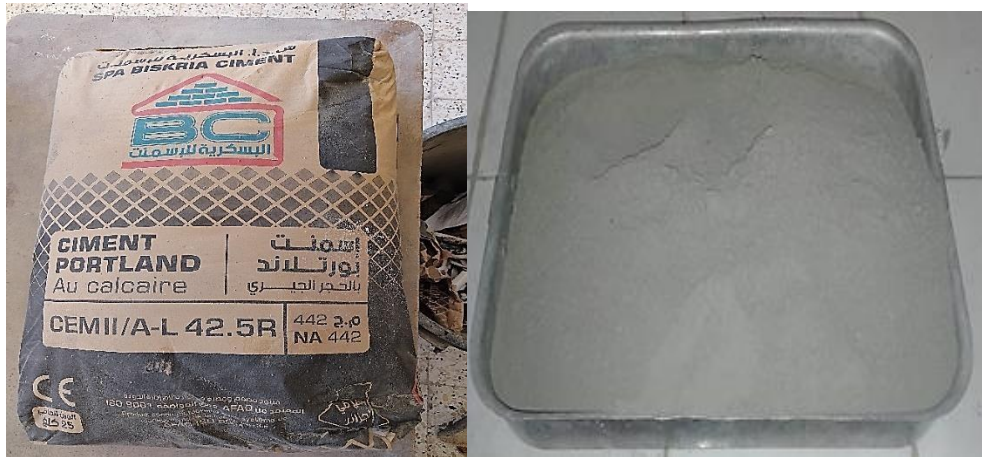


Fig .1: Ciment utilisé.

➤ Les granulats

Deux types de granulats ont été utilisés dans cette étude : les granulats naturels (GN) et les granulats recyclés provenant des déchets de démolition (GR).

❖ Granulats naturels

Les granulats naturels utilisés dans cette étude sont des graviers semi-concassés. Ils sont classés en deux catégories granulaires avec les appellations commerciales suivantes : gravier 3/8 et gravier 8/15



Fig.2 : granulats 3/8.



Fig.3 : granulats 8/15

### ❖ Granulats de recyclage

Les granulats de béton de démolition sont obtenus en concassant manuellement des éprouvettes usagées récupérées au laboratoire des matériaux du département de génie civil. Les granulats obtenus sont ensuite triés en utilisant des tamis de 3 mm, 8 mm et 15 mm, afin d'obtenir les deux fractions suivantes



**Fig. 4 GBR 3/8**



**Fig. 5 : GBR 8/15**

Les granulats recyclés sont obtenus selon le processus suivant :

**Collecte des matériaux :** Les matériaux de construction tels que le béton, l'asphalte, les briques et d'autres débris de construction sont collectés à partir de chantiers de démolition, de sites de construction ou de centres de recyclage.

**Tri et préparation :** Après la collecte, les matériaux tels que le bois, le plastique, les métaux et autres déchets indésirables sont triés afin de se débarrasser des contaminants. Les débris de grande taille sont souvent éliminés pour faciliter le processus ultérieur de concassage.

**Concassage :** Une fois triés, les matériaux sont transportés vers des installations de concassage où ils sont transformés en fragments plus petits à l'aide de concasseurs. Ce processus peut impliquer à la fois un concassage primaire et secondaire afin d'atteindre la granulométrie souhaitée

**Criblage :** Une fois concassé, le matériau est habituellement soumis à un criblage pour séparer les différentes tailles de particules. Cette opération de criblage peut être réalisée à l'aide de tamis ou de grilles, ce qui permet de séparer le gravier recyclé en diverses fractions.

### ➤ Le sable

Matériau granulaire composé de petites particules (fig.6) provenant de l'érosion de roches ou de la fragmentation de matériaux plus gros. Il est largement utilisé dans l'industrie de la construction pour différentes applications.



**Fig.6 : Le sable**

### ➤ La Pouzzolane

Matériau d'origine volcanique utilisé dans l'industrie de la construction. Elle est composée principalement de silice, d'alumine et d'oxydes métalliques, elle offre au béton diverses propriétés avantageuses. La pouzzolane améliore considérablement les performances et la durabilité du béton grâce à ses propriétés physico-chimiques. Elle permet tout d'abord d'améliorer la consistance du béton frais en le rendant plus fluide. À long terme, elle confère aux bétons une meilleure compacité (réduction de la porosité), ce qui améliore leurs propriétés de durabilité. De plus, elle permet d'obtenir des bétons plus résistants et plus compacts, et donc plus durables.

**La pouzzolane utilisée est produite par Sika (fig. 7)**



**Fig.7 : La pouzzolane**

### ➤ Le super-plastifiant

Le béton utilisé dans cette étude a été préparé en utilisant un super-plastifiant haut réducteur d'eau appelé EUNIFLOW 260 produit par GRANITEX (fig.8) . Le dosage de ce super-plastifiant est déterminé en fonction du poids du ciment. Son utilisation permet d'améliorer la maniabilité sans augmenter le dosage en eau : dans ce cas la quantité d'eau de la formule initiale de béton n'est pas modifiée, mais son ouvrabilité évolue avec le changement du pourcentage en superplastifiant ; quant à la résistance mécanique, elle reste quasi constante, il permet aussi d'améliorer les performances mécaniques du béton, de réduire le rapport E/C (réducteur d'eau), dans ce cas la quantité d'eau du béton est réduite pour une même maniabilité, et la résistance mécanique augmente.



**Fig. 8 : Le super-plastifiant**

### ➤ L'eau de gâchage

L'eau utilisée dans cette étude est l'eau du robinet.

#### □ Pourcentage optimal de granulats recyclés :

Le taux de remplacement optimal du granulats recyclés est défini comme celui qui maintient les propriétés du béton à un niveau acceptable, tant à l'état frais qu'à l'état durci. Ce pourcentage varie considérablement selon les différentes études consultées. Cependant, certains chercheurs suggèrent une plage de valeurs pour les pourcentages optimaux. D'une part, (Vivian W Y Tam et al. (2007) mentionnent que les proportions optimales de granulats recyclés se situent

approximativement entre 25% et 40% et entre 50% et 70% lorsqu'une séquence de malaxage en deux étapes est utilisée pour préparer le béton. En effet, l'utilisation d'une séquence de malaxage spécifique lors du mélange permet d'obtenir un pourcentage optimal de granulats recyclés plus élevé par rapport aux méthodes conventionnelles de malaxage. D'autre part, Boulay en 2014 affirme que selon plusieurs études, cette plage se situe entre 20 et 50% de remplacement des granulats naturels par des granulats recyclés, comme rapporté par Etxeberria et al. En 2007, Chakradhara Rao et al. En 2011, Rao et al. En 2007 et Corinaldesi en 2010. De plus, la plupart des études indiquent clairement qu'une augmentation progressive du pourcentage de granulats recyclés entraîne une diminution progressive des propriétés physiques et mécaniques du béton.

### II-3- Méthodes

Plusieurs bétons ont été formulés en faisant varier trois paramètres, à savoir le taux de granulats de béton recyclé (GBR), le taux d'incorporation de pouzzolane et celui du superplastifiant. Le but étant de vérifier l'effet de ces paramètres sur la résistance à la compression du béton.

#### II-3-1-Confection des bétons

Le béton de référence dans cette expérience est formulé à partir de la méthode de DreuxGorisse. Il est à base de granulats naturels. Cette méthode permet de calculer les fractions massiques des différents constituants du béton pour un volume unitaire de 1 m<sup>3</sup> de béton. Le Tableau II. 1 regroupe les masses en kg des différents constituants.

**Tableau II.1:** Les masses en Kg des différents constituants

Constituant	Masse (kg)
ciment	350
sable	824.4
Gravier 3/8	240
Gravier 8/15	784.4
Eau	200

Huit autres bétons sont formulés à partir du béton de référence, en faisant varier les trois paramètres étudiés.

Ainsi, nous avons confectionné des bétons où nous avons fait varier le pourcentage de substitution des granulats naturels 3/8 et 8/15 par des granulats GBR dans les proportions de 25% et 50% chacun. Pour chaque pourcentage de GBR, des bétons ont été élaborés en faisant varier le taux de pouzzolane additionné au béton en considérant les proportions de 10 et 15%, idem pour le taux de superplastifiant que nous avons fait varier en considérant les valeurs de 0.5 et 0.75% de la quantité de ciment.

**Le schéma de l'expérience résumant toutes les variantes étudiées est donné par la figure 9.**

On a réalisé neuf bétons en faisant varier les fractions des granulats de béton recyclé GBR et les granulats naturels, de la pouzzolane et du super-plastifiant, tout en ajustant les proportions des matériaux, notamment le sable.

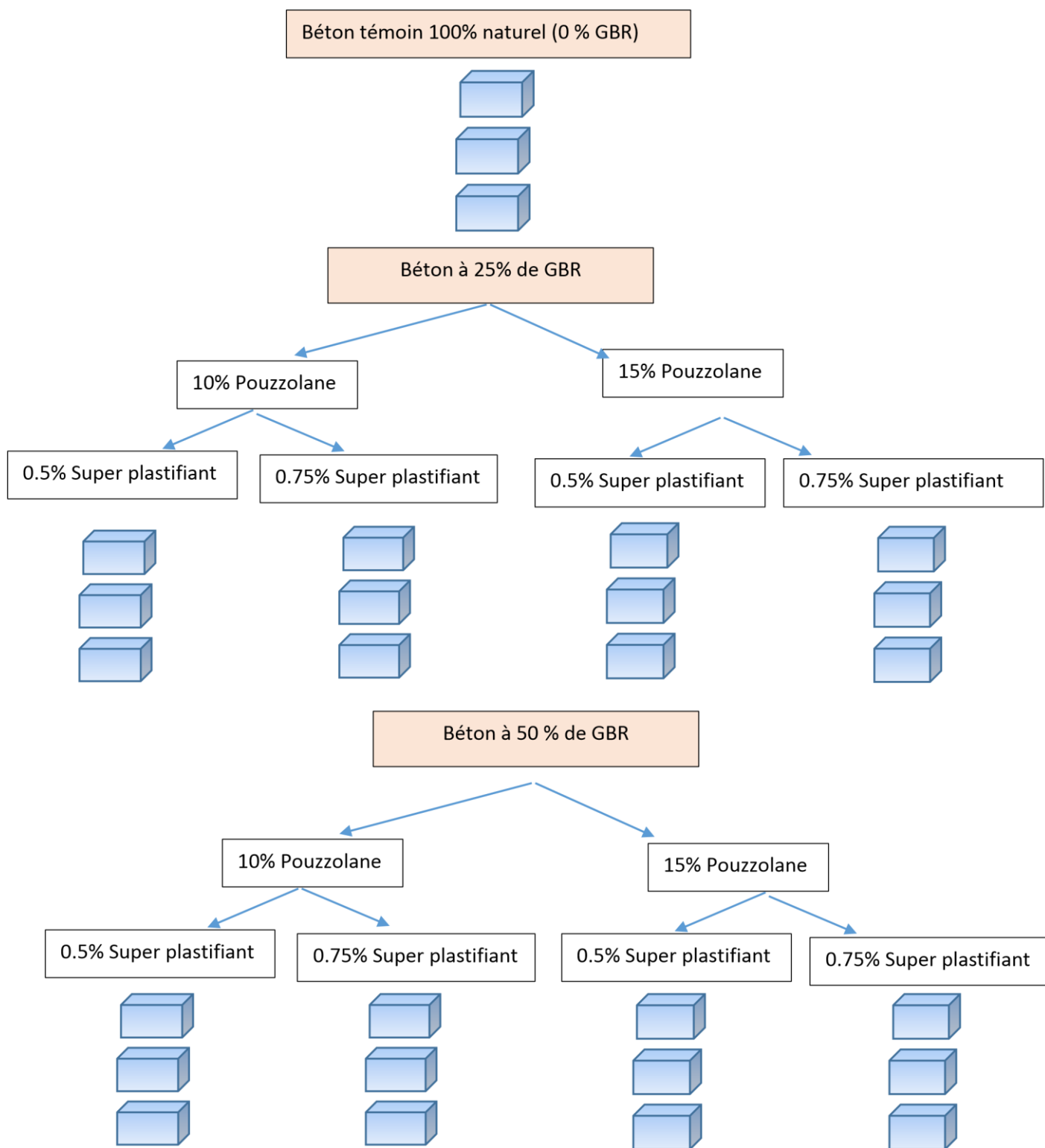


Fig.9 : Schéma de l'expérience

Les compositions de ces bétons sont données, pour un volume de trois cubes, dans le tableau II.2.

**Tableau II.2** : Les compositions des bétons

	<b>25 % GBR</b>	<b>50 % GBR</b>
<b>Ciment</b>	1.1 Kg	1.1 kg
<b>Sable</b>	2.6 kg	2.6 kg
<b>3/8 GN</b>	0.57 kg	0.378 kg
<b>3/8 GBR</b>	0.19 kg	0.378 kg
<b>8/15 GN</b>	1.845 kg	1.23 kg
<b>8/15GBR</b>	0.615 kg	1.23 kg
<b>Eau</b>	0.63 kg	0.63 kg
<b>Pouzzolane</b>	<b>10 %</b>	<b>15 %</b>
	0.11 kg	0.165 kg
<b>Superplastifiant</b>	<b>0.5 %</b>	<b>0.75 %</b>
	0.0055 kg	0.0082 kg

### II.3.2. Confection des spécimens en béton

Les matériaux secs ont été pesés puis mélangés manuellement pendant environ 2 à 3 minutes. Ensuite, nous avons ajouté progressivement le mélange de super-plastifiant et d'eau jusqu'à obtention d'un matériau de consistance homogène.

### II.3.3. Préparation des moules

Afin de réaliser l'opération de coffrage, nous avons utilisé des moules cubiques ayant des dimensions de 10 cm x 10 cm x 10 cm<sup>3</sup> (figure 10).



**Fig.10 : préparation des moules**

Nous avons soigneusement nettoyé ces moules pour éliminer tout résidu de béton précédent, puis nous les avons enduits d'huile de vidange pour faciliter le démoulage ultérieur.

### **II.3.4 Remplissage des moules**

Les différents bétons résultants sont ensuite versés dans les moules huilés à raison de 3 moules par béton. Nous avons arasé les surfaces, à l'aide d'une truelle (figure 10), en veillant à bien les lisser de façon à ce qu'elles soient bien planes après durcissement du béton, ce qui permet d'éviter toute erreur lors des essais de compression.



**Fig.11 : Remplissage des moules**

### **II.3.5. Vibration du béton**

Les moules remplis sont placés sur une table vibrante (fig.12) où ils sont vibrés pendant 15 secondes. Cette opération a pour objectif d'éliminer les bulles d'air piégées à l'intérieur du béton, assurant ainsi plus de compacité et d'homogénéité au béton.



**Fig.12 : vibration du béton**

Les spécimens moulés étiquetés puis laissés au séchage dans les conditions de laboratoire. Ils sont décoffrés au bout de 24 heures puis référencés et placés dans des bacs remplis d'eau pour y subir une cure d'hydratation conformément à la norme et ce pendant 28 jours, période nécessaire à la maturation complète du béton.

### **II.3.6. Procédure d'essai**

Au bout de 28 jours, nous avons retiré nos échantillons de l'eau (figure 12) et nous les avons placés un par un, entre les plateaux d'une presse hydraulique (figure 13), machine qui exerce une charge croissante, avec un pas constant, sur le spécimen en béton jusqu'à la rupture.



**Fig.13 : spécimens en béton.**

La presse hydraulique est une machine dotée d'un circuit hydraulique qui produit une force de compression. La machine utilisée, d'une capacité de 3000 KN, nous a permis de récolter les résultats en termes de résistance à la compression des différents bétons étudiés.



**Fig.4 : Presse hydraulique**

Au bout du 28<sup>ème</sup> jour, les cubes en béton sont retirés des bacs pour subir des essais de compression

### II.4. Analyse statistique

Une analyse statistique des données est conduite sous le logiciel R (version 3.6.2). Il s'agit d'une comparaison des moyennes de résistance à la compression selon le facteur type de béton. Le but de l'anova réalisée étant de savoir s'il existe une différence significative entre la résistance du béton à base de granulats naturels et les bétons recyclés.

### II.5. Conclusion

Dans ce chapitre on a essentiellement présenté les différentes formulations des bétons étudiés ; le béton témoin qui est à base de granulats naturels et les bétons recyclés.

Les différentes étapes de notre expérimentation allant de la préparation des matériaux jusqu'à la procédure du test de compression y sont détaillées.

Les résultats de la compression des différentes éprouvettes sont bien détaillés et analysés dans le chapitre suivant.

### III.1. Introduction

Dans ce chapitre, les résultats de l'expérimentation sont présentés et analysés. Neuf bétons (béton témoin, béton de démolition à des taux de substitution de 25%, 50% GBR, 10%, 15% pouzzolane et 0.5%, 0.75% super-plastifiant) sont confectionnés à raison de trois éprouvettes par béton. Les essais sont menés sur des éprouvettes cubiques de dimensions de 10\*10\*10 cm<sup>3</sup>. Les résultats des essais destructifs en termes de résistance à la compression, sont donnés sous forme de tableaux et de graphiques. Ceci permet de mettre en évidence l'apport des granulats de démolition en comparant les différentes variantes étudiées. Enfin une analyse statistique a été réalisée.

### III.2. Résultats des essais

La résistance mécanique à la compression joue un rôle crucial dans les propriétés du matériau béton. Ainsi, dans le cadre de ce projet, la détermination de cette résistance a été suivie pour toutes les compositions de béton étudiées. La résistance mécanique a été calculée à l'âge de 28 jours en prenant la moyenne des résistances obtenues à partir des trois observations pour chaque béton.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des valeurs moyennes ainsi que les écart-types obtenus pour toutes les variantes étudiées.

**Tableau III.1** : Résistance à la compression des bétons.

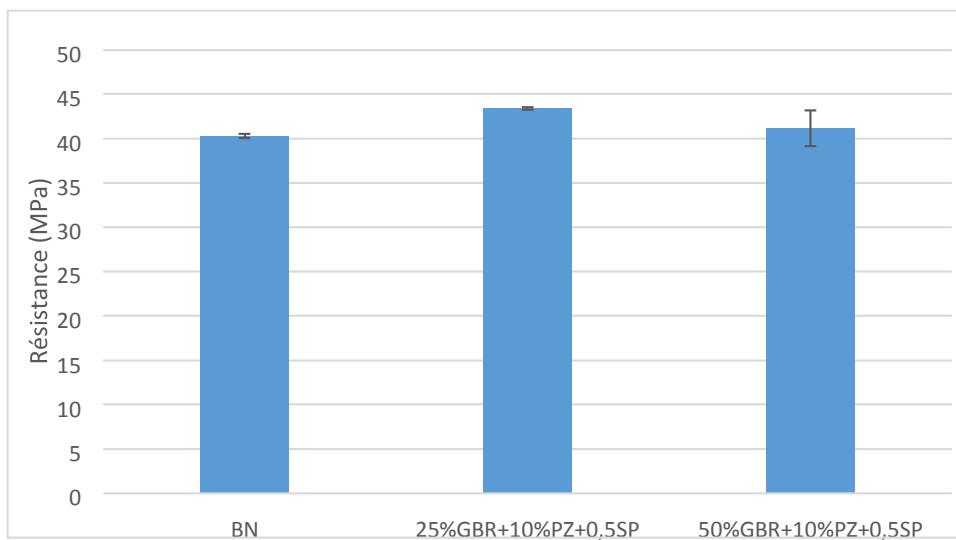
Type de béton	Résistance à la compression (MPa)
BN	40,29 ± 0.22
25% GBR+10%PZ +0.5%SP	43.38 ± 0,165
25%GBR+10%PZ+0.75%SP	40,57 ± 0.12
25%GBR+15%PZ+0.5%SP	44.7± 0.15
25%GBR+15%PZ+0.75%SP	43.6± 0.2
50%GBR+10%PZ+0.5%SP	41.18± 2
50%GBR+10%PZ+0.75%SP	39.22± 0.01
50%GBR+15%PZ+0.5%SP	42.25± 0.025

<b>50%GBR+15%PZ+0.75%SP</b>	41,62± 2.77
-----------------------------	-------------

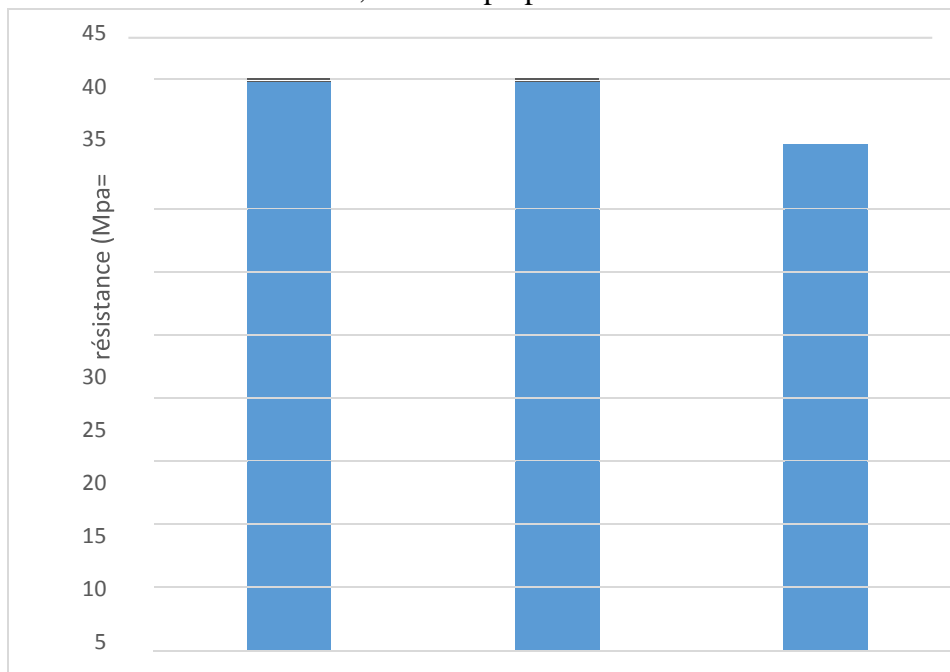
Ces résultats sont représentés par des diagrammes en barres pour faciliter leur lecture et effectuer les comparaisons nécessaires en terme de leurs effets sur la résistance des bétons. Les graphes sont donnés pour chaque paramètre étudié, à savoir le taux de GBR, le taux de pouzzolane et le taux de superplastifiant.

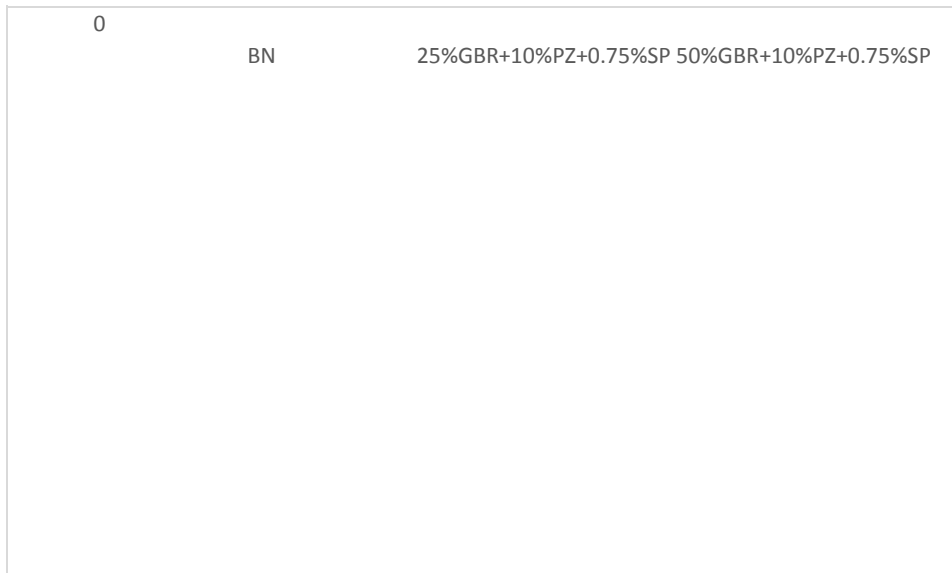
### III.2.1. Effet des pourcentages de GBR

Les figures III.1.2.3.4 donnent la résistance en compression des bétons à 25% et 50% de GBR en comparaison avec celle du béton à base de granulats naturels.

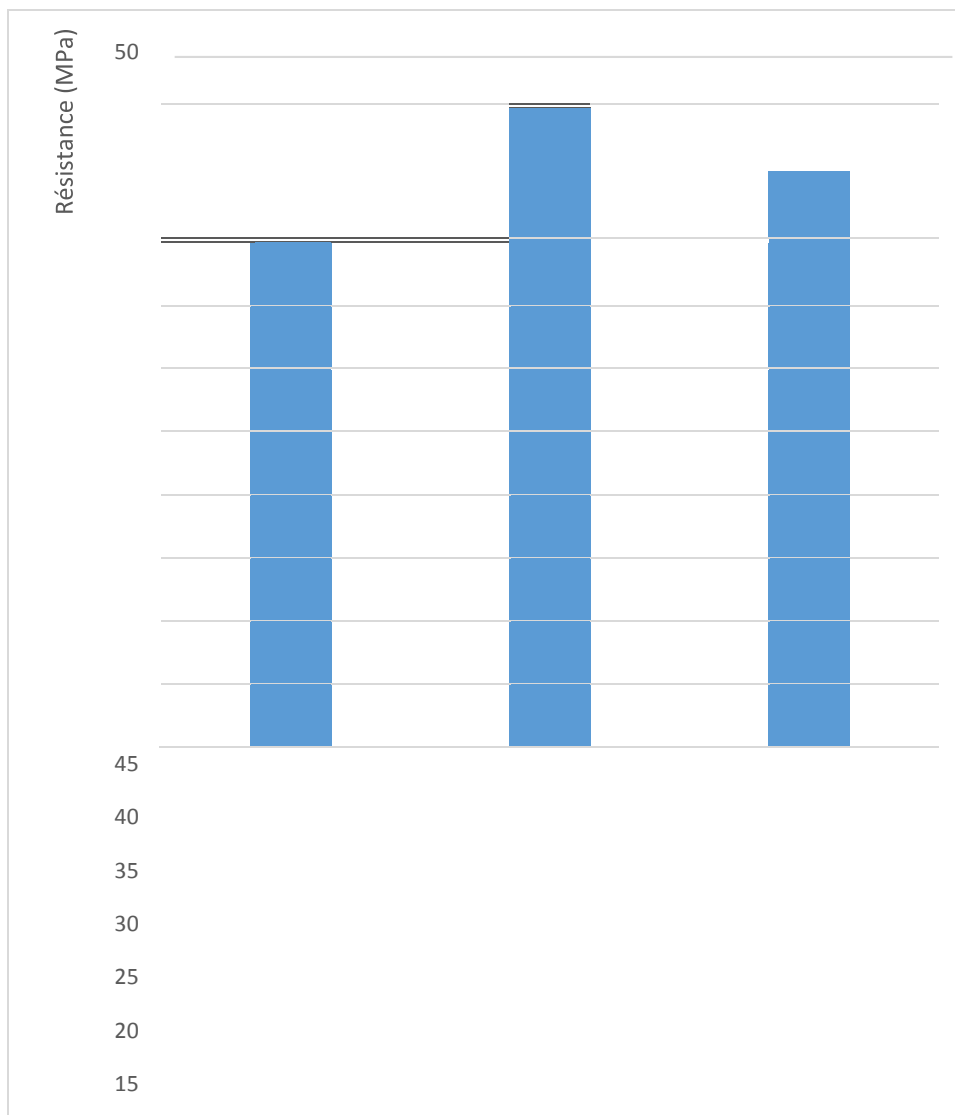


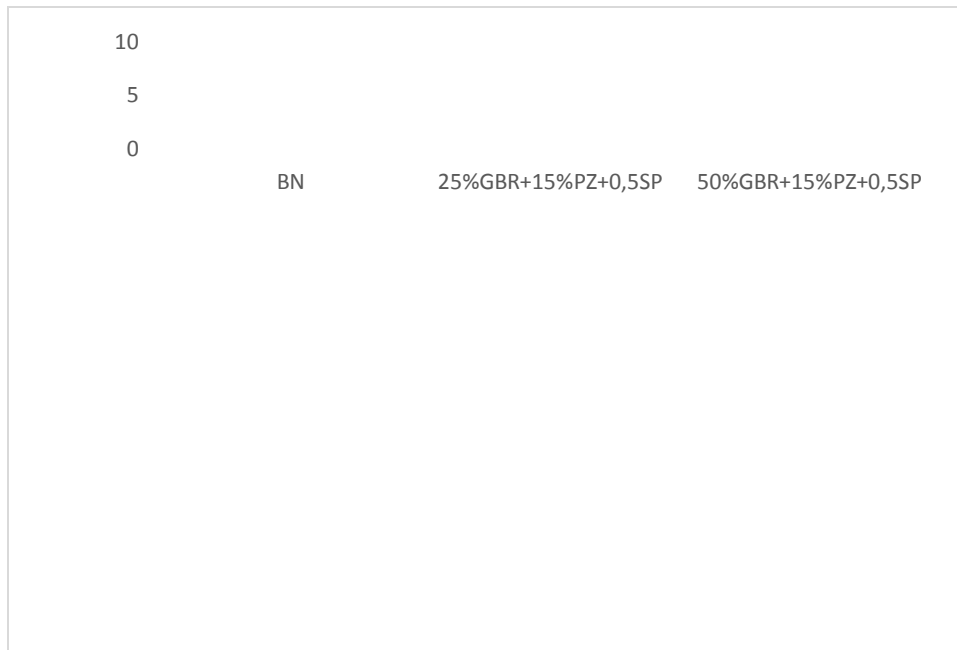
**Fig.15** : résistance à la compression selon différents taux de GBR, pour 10% de pouzzolane et 0,5% de superplastifiant.



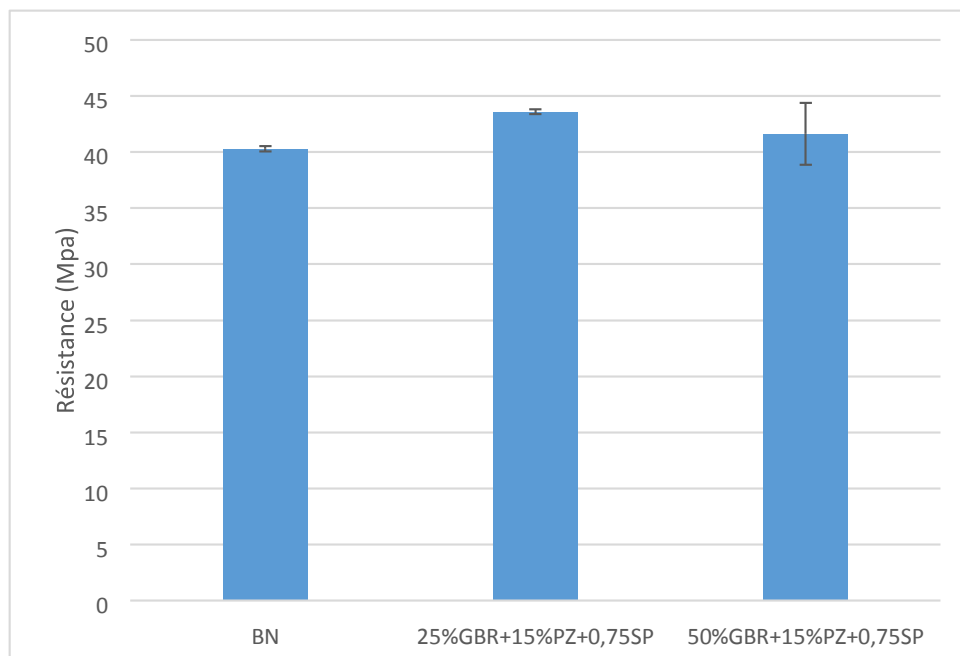


**Fig.16** : résistance à la compression selon différents taux de GBR, pour 10% de pouzzolane et 0,75% de superplastifiant.





**Fig.17:** résistance à la compression selon différents taux de GBR, pour 15% de pouzzolane et 0,5% de superplastifiant.



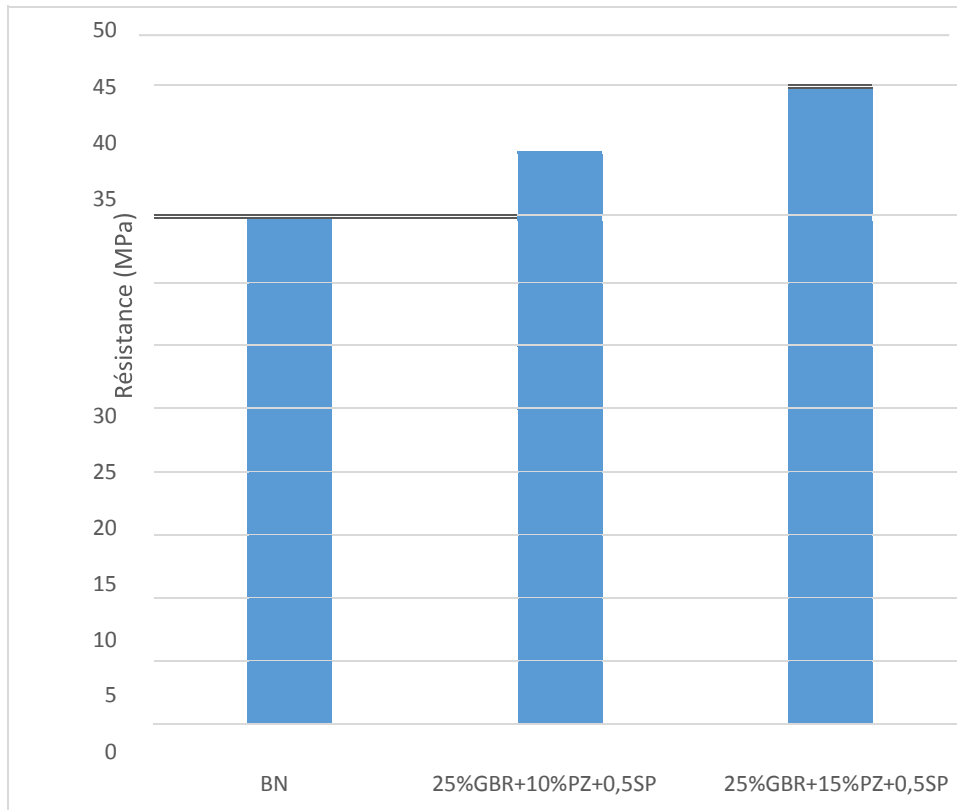
**Fig.18:** résistance à la compression selon différents taux de GBR, pour 15% de pouzzolane et 0,75% de superplastifiant.

En analysant les résultats de résistance, on observe que le mélange GBR 25% et le mélange GBR 50% présentent des résistances presque identiques, et proches de celles du mélange BN de référence et ce quelque soient les taux de pouzzolane et de superplastifiant. On a enregistré un apport minimal en résistance de l'ordre de 0.7% et un apport maximal de 10.95% pour les bétons à base de 25% de GBR contre un gain maximal de 4.86% pour les bétons à base de 50% de GBR. Il est à noter que pour une variante de ces derniers, la résistance en compression est plus faible que celle du béton naturel avec le faible écart de 2.73%, ce qui laisse les deux résistances relativement proches.

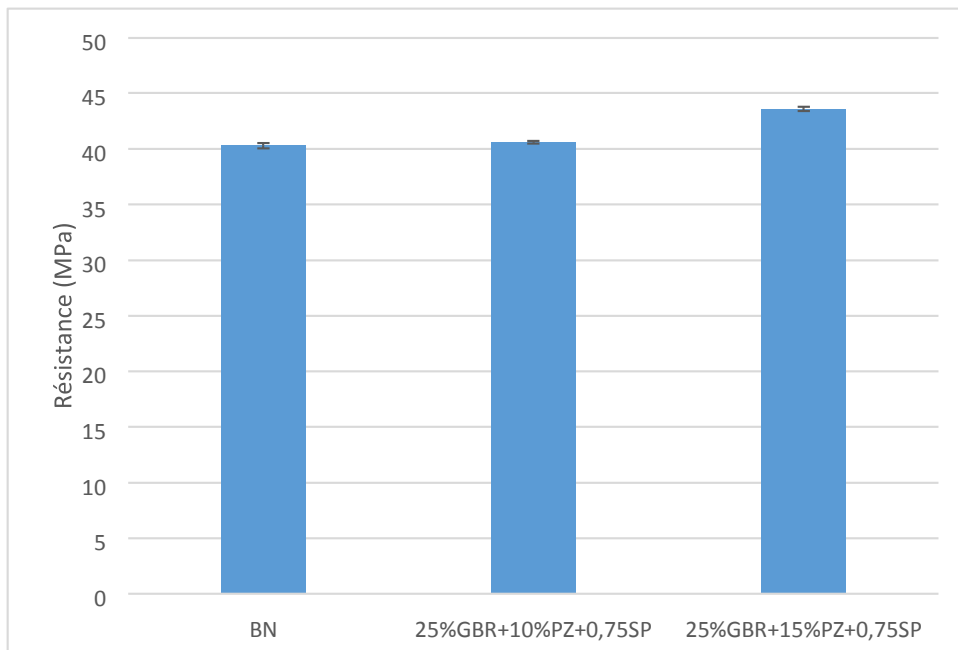
Les résultats obtenus sont en accord avec ceux des autres chercheurs qui ont conclu que le taux de remplacement optimal du granulats recyclés varie en moyenne entre 20% et 50%. En effet, Vivian W Y Tam et *al.* (2007) mentionnent que les proportions optimales de granulats recyclés se situent approximativement entre 25% et 40% et entre 50% et 70% lorsqu'une séquence de malaxage en deux étapes est utilisée pour préparer le béton. D'autre part, Boulay en 2014 affirme que selon plusieurs études, cette plage se situe entre 20 et 50% de remplacement des granulats naturels par des granulats recyclés, comme rapporté par Etxeberria et al. en 2007, Chakradhara Rao et al. en 2011, Rao et al. En 2007 et Corinaldesi en 2010. De plus, la plupart des études indiquent clairement qu'une augmentation progressive du pourcentage de granulats recyclés entraîne une diminution progressive des propriétés physiques et mécaniques du béton. Dans l'ensemble, on peut conclure que lorsque la substitution des granulats naturels (GN) par des granulats de béton recyclés (GBR) dans des proportions qui atteignent les 50 %, les bétons obtenus présentent des résistances similaires.

### III.2.2. Effet du taux de pouzzolane

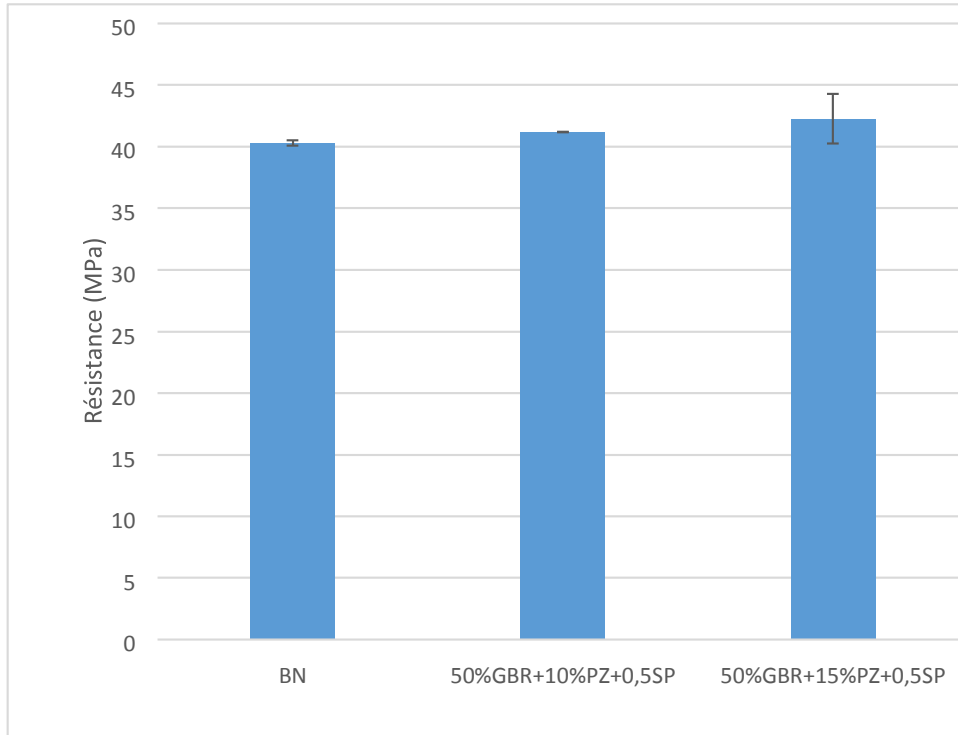
Les figures III.5.6.7.8 : donnent la résistance en compression des bétons en fonction du taux de pouzzolane et ce pour les différents taux de GBR et de superplastifiant



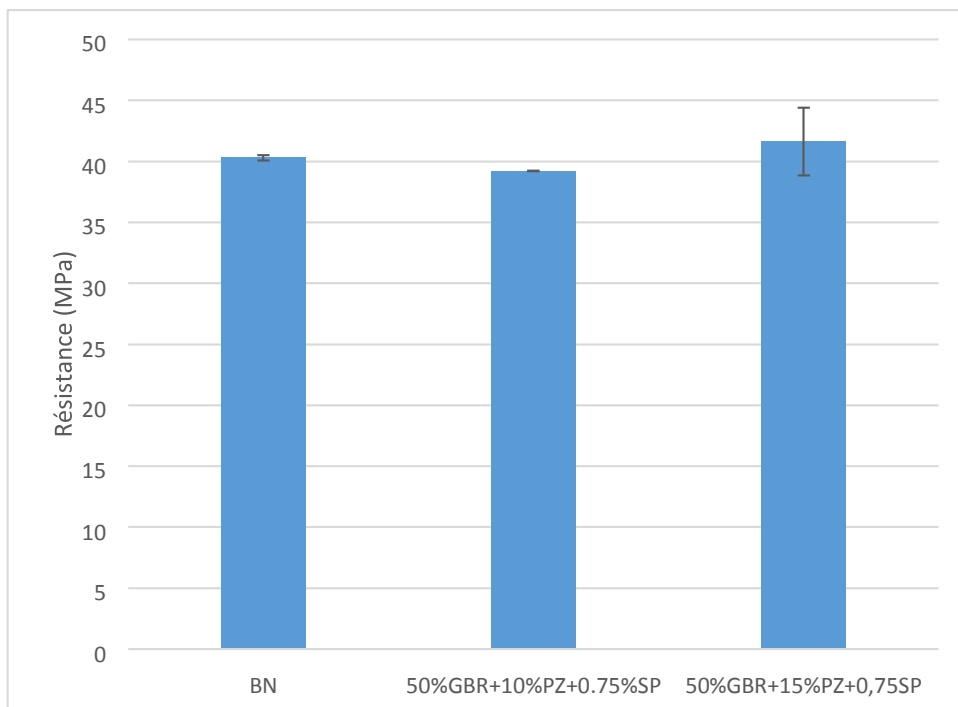
**Fig.19** : résistance à la compression du béton à 25% de GBR et 0,5% de superplastifiant pour différents taux de pouzzolane.



**Fig.20** : résistance à la compression du béton à 25% de GBR et 0,75% de superplastifiant pour différents taux de pouzzolane.



**Fig.21** : résistance à la compression du béton à 50% de GBR et 0,5% de superplastifiant pour différents taux de pouzzolane.



**Fig.22** : résistance à la compression du béton à 50% de GBR et 0,75% de superplastifiant pour différents taux de pouzzolane.

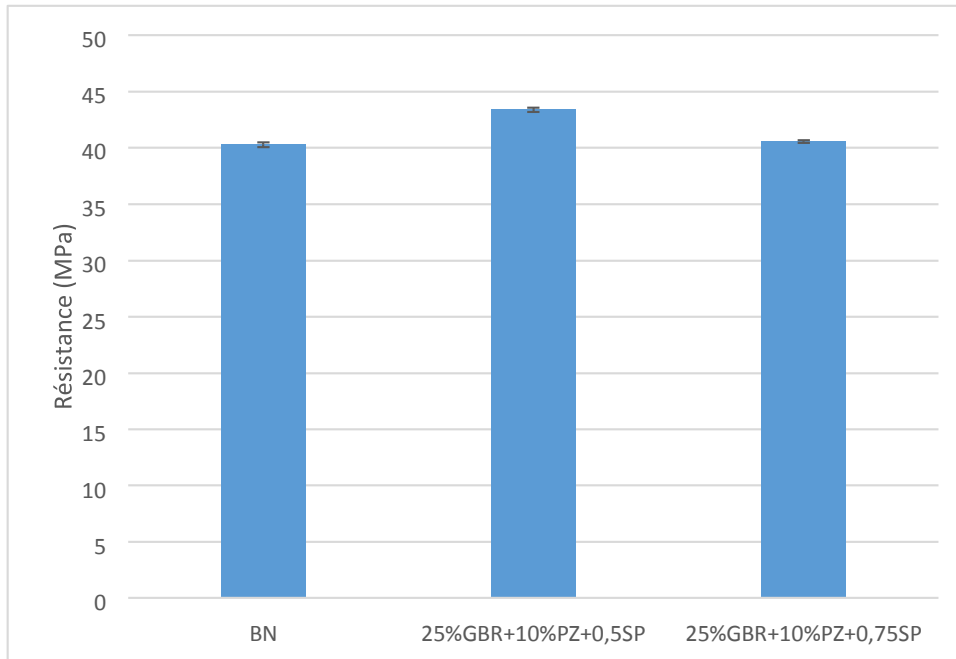
En analysant les résultats de résistance à la compression, on constate une amélioration de la résistance en compression pour les bétons avec 10% et 15% de pouzzolane par rapport à celle du béton à base de granulats naturels, quelque soit les taux de GBR et de superplastifiant. Nous avons enregistré, en effet, un apport minimal de 3,30% et un apport maximal de l'ordre 10,95% pour 15% de pouzzolane contre un apport minimal de l'ordre 0,69% et maximal de 7,67%, pour 10% de pouzzolane.

Ces résultats confirment que l'incorporation de la pouzzolane dans une proportion optimale de 15%, permet d'améliorer la résistance en compression du béton. Ces résultats sont en accord avec ceux des autres chercheurs qui ont trouvés que l'amélioration des taux de 20% et 30% de pouzzolane contribuent positivement la durabilité de la construction et que la quantité d'ajout pouzzolanique, et la composition chimique du ciment confectionné sont les principaux paramètres qui influent sur la variation des résistances mécaniques (flexion et compression) des bétons testés.

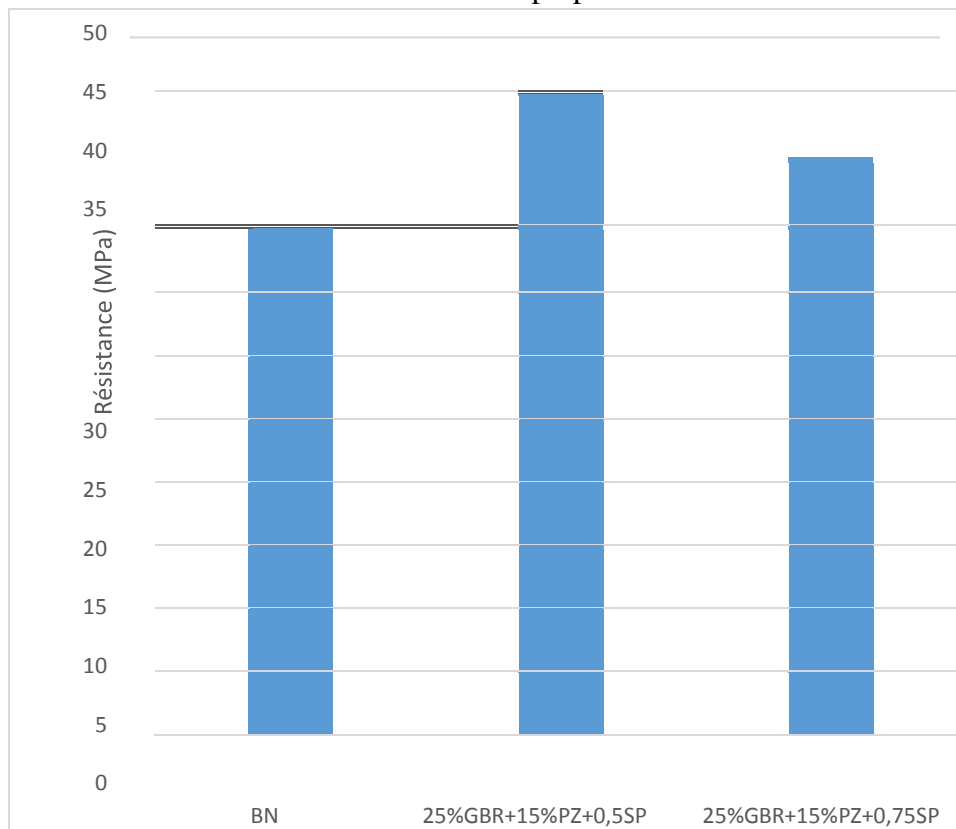
Et ce grâce à l'effet pouzzolanique qui accélère et renforce la prise du béton et lui confère une rugosité qui facilite un bon accrochement du liant. Ainsi, suite à la bonne compacité du béton assurée par la pouzzolane qui comble les pores de la pâte de ciment qui entoure les GBR et grâce à sa propriété de former des hydrates supplémentaires semblables à ceux du ciment, la cohésion des granulats formant le béton est augmentée, ce qui améliore la résistance du béton.

### **III.2.3 Effet du taux de superplastifiant**

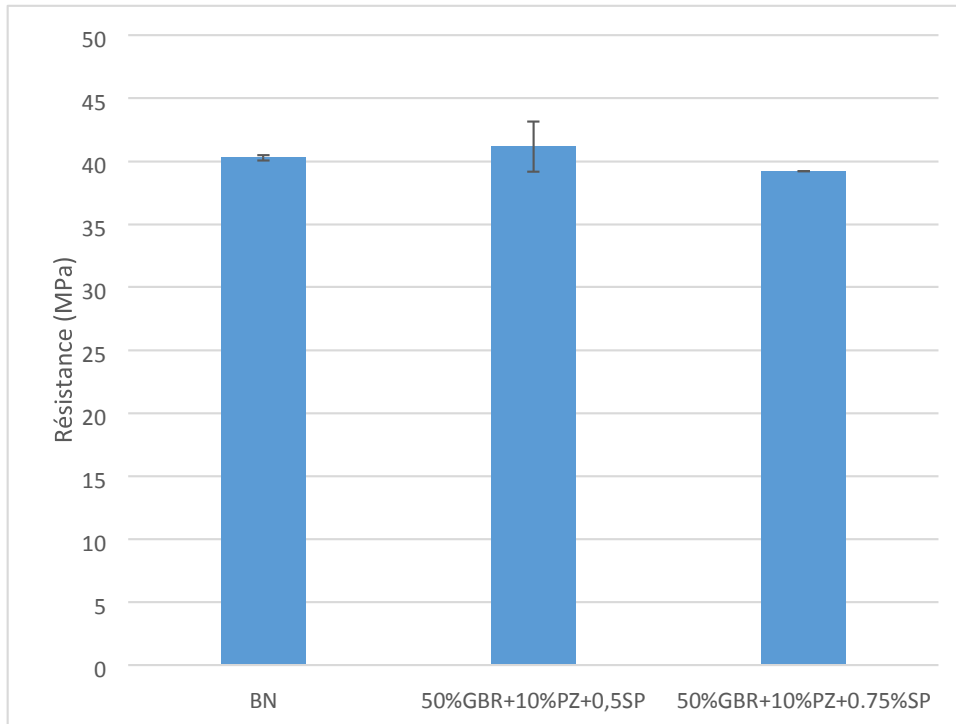
Les figures III.9.10.11.12 donnent la résistance en compression des bétons en fonction du taux de superplastifiant et ce pour les différents taux de GBR et de pouzzolane.



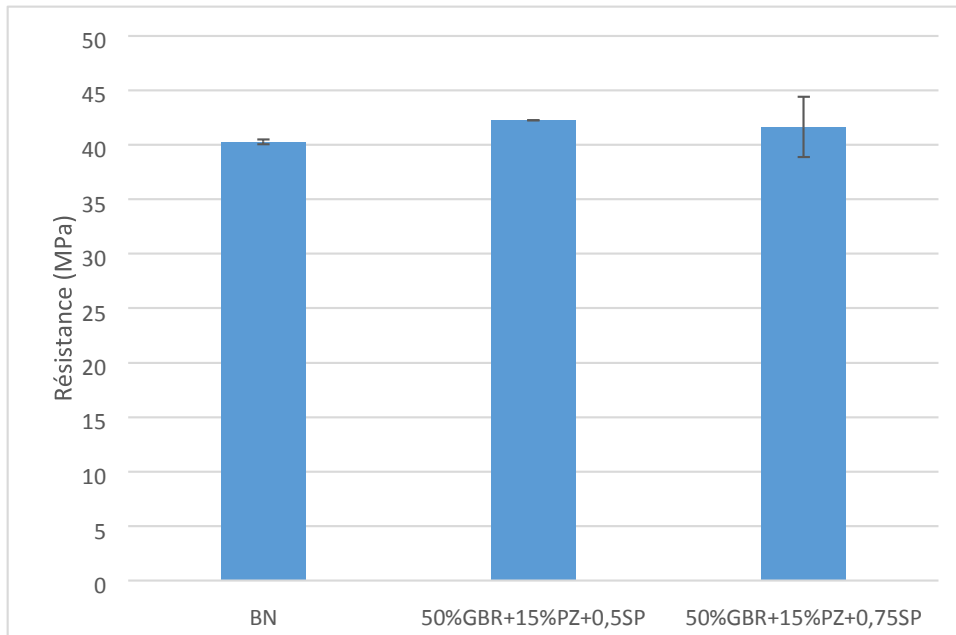
**Fig.23** : résistance à la compression du béton à 25% de GBR et 10% de pouzzolane pour différents taux de superplastifiant.



**Fig.24** : Résistance à la compression du béton à 25% de GBR et 15% de pouzzolane pour différents taux de superplastifiant.



**Fig.25** : résistance à la compression du béton à 50% de GBR et 10% de pouzzolane pour différents taux de superplastifiant.



**Fig.26** : résistance à la compression du béton à 50% de GBR et 15% de pouzzolane pour différents taux de superplastifiant.

En analysant les résultats de ces figures, on observe que le mélange 0.5% SP et 0.75% SP présentent des résistances presque identiques et proches de celles du mélange BN et ce quelques soient les taux de GBR et de pouzzolane. On a enregistré un apport minimal en résistance de l'ordre de 2.21% et un apport maximal de 10.95% pour les bétons à base de 0.5% de superplastifiant contre un gain maximal de 8.22% pour les bétons à base de 0.75% de superplastifiant. Il est à noter que pour une variante de ces derniers, la résistance en compression est plus faible que celle du béton naturel avec le faible écart de 2.73%, ce qui laisse les deux résistances relativement proches.

On peut conclure que les faibles pourcentages du superplastifiant (inférieur à 1%) assurent une résistance, une maniabilité et une fluidité presque identique au béton naturel, Ces résultats sont en accord avec ceux des autres chercheurs (Paillère et al. ;

L'augmentation de la fluidité est plus marquée pour de faibles dosages en superplastifiant

Cependant, dans toutes les applications industrielles, les dosages en superplastifiant restent inférieurs à 1 % d'extrait sec, sauf pour les BHP, pour lesquels on peut aller jusqu'à 1,5 %.

On peut résoudre que l'adsorption du superplastifiant dépend de sa masse moléculaire, lorsqu'elle augmente, l'adsorption et l'effet fluidifiant augment simultanément.

Les superplastifiants sont ajoutés aux pâtes de ciment, aux mortiers et aux bétons pour augmenter leur maniabilité. En augmentant le dosage en superplastifiant, on atteint un point de saturation qui représente la quantité de superplastifiant au-delà de laquelle il n'y a plus d'effet mesurable additionnel sur la fluidité du béton. A partir de ce point, tout ajout complémentaire de superplastifiant n'a plus qu'un effet très faible sur l'ouvrabilité.

Cette caractéristique est maintenant bien connue et confirmée par plusieurs recherches (Reknes, 1999).

Les résultats peuvent être expliqués par le fait que le superplastifiant utilisé ait atteint son point de saturation, ou bien que les deux pourcentages sont relativement proches.

### **III.3. Analyse statistique**

Les résultats expérimentaux ont fait l'objet d'une analyse statistique de type anova afin de pouvoir comparer les résistances à la compression du béton à base de granulats naturels et celles

des bétons à base de GBR. L'anova est réalisée puisque les données sont gaussiennes (pvalue=0.053) et l'égalité des variances est vérifiée (p-value = 0.4105).

Le logiciel fournit une p-value=0.1465 pour l'anova, ce qui veut dire qu'il n'existe pas de différence significative entre la résistance à la compression du béton à base de granulats naturels et tous les bétons recyclés. Ce qui nous permet de conclure que les proportions de GBR, de pouzzolane et de superplastifiants retenues dans cette étude, permettent d'avoir des bétons recyclés ayant des résistances à la compression similaire à celle du béton à base de granulats naturels, ce qui rend possible leur utilisation comme bétons de structures.

### **III.4. Conclusion :**

Dans ce chapitre, les résultats de l'étude sont analysés et discutés. On a effectué plusieurs essais pour déterminer les effets des taux de GBR, de la pouzzolane et du superplastifiant sur la résistance en compression des bétons et ce en les comparant avec le béton à base de granulats naturels. L'observation a révélé que le remplacement des granulats naturels (GN) par des granulats recyclés (GR) avait donné des variantes presque identiques en terme de leurs résistances à la compression et ce peu importe les taux de pouzzolane et superplastifiant. Ces constatations mettent en évidence l'efficacité d'une telle substitution et offrent une solution prometteuse pour recycler les déchets de démolition dans de nouveaux bétons.

Les déchets sont désormais considérés comme une ressource précieuse et inépuisable à partir de laquelle des matières premières et de l'énergie peuvent être obtenues.

L'objectif principal de cette étude est de remplacer les granulats naturels par des granulats de démolition dans le béton afin d'approcher au maximum la résistance la compression du béton à base de granulats naturels et ce en y incorporant la pouzzolane et le superplastifiant.

L'ajout de la pouzzolane a pour but de combler les pores de la pâte de ciment des GBR ainsi qu'assurer une meilleure cohésion des granulats grâce aux hydrates qu'elle produit lors du processus d'hydratation. L'ajout d'un matériau fin dans le béton, rend ce dernier peu ouvrable, c'est pour régler ce problème que le superplastifiant est incorporé. C'est un adjuvant réducteur d'eau, qui confère au béton une bonne fluidité et un bon écoulement, sans qu'il ne perde ses caractéristiques.

La substitution des granulats naturels, partiellement ou en totalité, par des granulats recyclés dans un béton offre des gains économiques et environnementaux. Les granulats de recyclages représentent une nouvelle source d'approvisionnement des chantiers en granulats.

Comme l'objectif principal fixé pour cette étude est d'étudier la performance et la résistance d'un béton formulé à base de granulats de béton de démolition, nous nous sommes intéressés à la mesure d'une caractéristique importante du béton, qui est sa résistance à la compression en considérant les facteurs pourcentage du GBR, pourcentage de pouzzolane et pourcentage de superplastifiant.

En analysant les résultats de résistance à la compression, on a enregistré un apport maximal de 10,95% pour le béton à base de 25% de GBR, 15% pouzzolane, 0,5% de superplastifiant en comparaison avec le béton à base de granulats naturels.

Par ailleurs, un apport maximal de 4,86% a été obtenu pour le béton à base de 50% GBR, 15% pouzzolane et 0,5% de superplastifiant.

L'analyse statistique, par anova, réalisé sur l'ensemble des résistances mesurées, confirme qu'il n'y a pas de différence significative de résistance entre le béton à base de granulats naturels et l'ensemble des bétons recyclés testés.

Ceci montre tout l'intérêt de la possibilité de recycler des granulats issus de déchets de démolition dans de nouveaux bétons qui peuvent être structurels.

---

### **Conclusion générale**

Au terme de ce travail, nous pouvons suggérer les perspectives suivantes :

- Tester d'autres proportions du superplastifiant
- Tester d'autres proportions de pouzzolane
- Tester d'autres matériaux à composante minérale en remplacement de la pouzzolane tel que la fumée de silice
- Tester d'autres superplastifiants
- Tester d'autres caractéristiques du béton ▪ Tester des éprouvettes à plus grande échelle.
- Tester l'ajout de fibres.

## Références bibliographiques

- AIT YAHIA F, DAHOUMANE K ; 2022.
- ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) ([www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))
- Bourmatte ; 2017
- Çakır, Ö. 2014. Experimental analysis of properties of recycled coarse aggregate (RCA) concrete with mineral additives. *Construction and Building Materials*, 68, 17–25
- Chakradhara Rao, M., Bhattacharyya, S. K. et Barai, S. V. (2011). Influence of field recycled coarse aggregate on properties of concrete. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, volume 44, numéro 1, p. 205-220.
- Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement CATE (2003)
- Corinaldesi, V. (2010). Mechanical and elastic behaviour of concretes made of recycled concrete coarse aggregates. *Construction and Building Materials*, volume 24, numéro 9, p. 1616-1620.
- Etxeberria, M., Vazquez, E., Mari, A. et Barra, M. (2007). Influence of amount of recycled coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete. *Cement and Concrete Research*, volume 37, numéro 5, p. 735-742.
- HADDAD ABDELHAK,2017, Etude de faisabilité Etude de faisabilité du recyclage du recyclage des bétons dans la construction.
- HADDAD KAHINA,2011/2012 Les BAP à base de granulats de béton de démolition résistances et approche de la durabilité.
- Haddad K., 2018. Caractérisation des paramètres influençant la durabilité des matériaux cimentaires à base de matériaux de recyclages Thèse de Doctorat en Génie Civil. Université de Tizi Ouzou.127p
- Hammoudi selma ; 2021, Contribution à l'étude de la gestion des déchets (papier) à l'université : état des lieux et perspective
- Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire du Samedi 30 Ramadhan 22 correspondant au Samedi 15 Mars 2001.
- Loi n° 01 - 19 du 12 décembre 2001 - Loi n° 92-646 du 13 juillet 1992.
- MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (2001). Loi 01-19 du 12 Décembre 2001 Relative à la Gestion, au Contrôle et à l'Elimination des Déchets. Journal officiel n°77, 10p

-PAILLÈR E A.-M. . SERRAN O J.-J. , GRIMALD I G .(1990), Influence du dosage et du mode d'introduction des superplastifiants sur le maintien de la maniabilité optimale des bétons à hautes performances avec et sans fumées de silice. Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 170. nov.-déc., pp. 37-45.

---

### **Références bibliographiques**

- Rao, A., Jha, K. N. et Misra, S. (2007). Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. Resources, Conservation and Recycling, volume 50, numéro 1, p. 71-81.
- Reknes, "Reduction of viscosity concrete with modified lignosulphonate", Proceedings of the 1st international RILEM Symposium, Stockholm, 1999, pp .473-484.
- René Moletta (le traitement des déchets)
- Vivian W Y Tam et *al.* (2007) Progrès avancés dans le recyclage des déchets solides municipaux et de construction pour la fabrication de matériaux de construction durables

## **Résumé**

Dans le contexte du développement durable et de l'économie circulaire, il est impératif d'adopter une gestion adéquate des déchets. Cette préoccupation est devenue aujourd'hui cruciale, tant pour la population que pour les autorités publiques, compte tenu des dangers potentiels qui pèsent sur le progrès humain et la préservation des écosystèmes.

Le secteur du BTP demeure l'une des principales sources de déchets à l'échelle mondiale. Les nombreux chantiers en cours pour la construction et la rénovation des bâtiments, ainsi que les nombreuses démolitions d'immeubles, engendrent d'énormes quantités de débris de diverses natures.

Notre étude a été menée pour tester diverses compositions de béton en substituant progressivement les granulats naturels (GN) par des granulats recyclés (GBR) en y incorporant la pouzzolane qui confère au béton une compacité supplémentaire et le superplastifiant pour lui assurer une certaine fluidité.

Ces formulations ont été comparées au béton témoin qui est composé exclusivement de granulats naturels. Les résultats des essais ont montré que la substitution des granulats naturels (GN) par des granulats de béton recyclés (GBR) dans des proportions 25% voire 50 %, les bétons recyclés présentent des résistances en compression similaires et ce pour les taux de la pouzzolane et de superplastifiant testés.

Dans l'ensemble, il est évident que le recyclage représente le compromis le plus avantageux en termes de préservation de l'environnement. En ce qui concerne la valorisation des granulats de démolition, elle est tout à fait une alternative qui permet de préserver les ressources naturelles.

## **Abstract**

In the context of sustainable development and the circular economy, it is imperative to adopt adequate waste management. This concern has now become crucial, both for the population and for public authorities, given the potential dangers that weigh on human progress and the preservation of ecosystems.

The construction sector remains one of the main sources of waste worldwide. The numerous construction sites in progress for the construction and renovation of buildings, as well as the numerous demolitions of buildings, generate enormous quantities of debris of various kinds.

Our study was conducted to test various concrete compositions by gradually replacing natural aggregates (NA) with recycled aggregates (CRA) by incorporating pozzolan which gives the concrete additional compactness and superplasticizer to ensure a certain fluidity.

These formulations were compared to the control concrete which is composed exclusively of natural aggregates. The results of the tests showed that the substitution of natural aggregates (NA) by recycled concrete aggregates (CRA) in proportions of 25% or even 50%, the recycled concretes have similar compressive strengths and this for the rates of pozzolan and superplasticizer tested.

Overall, it is obvious that recycling represents the most advantageous compromise in terms of preserving the environment. Regarding the recovery of demolition aggregates, it is quite an alternative that allows the preservation of natural resources.