

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des sciences agronomiques et des sciences biologiques

Département de biologie

Mémoire

De fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : protection des écosystèmes

Thème

Contribution au recyclage des déchets de démolition

Présenté par : AIT YAHIA fatiha.

DAHOUMANE katia.

Soutenue le 15/07/2021, devant le jury composé de :

M ^{me} DAOUDI H	MCB à l'UMMTO	Président
M ^{me} ALI AHMED C.	MCB à l'UMMTO	Encadreur
M ^{me} ALI AHMED S.	MCB à l'UMMTO	Examineur

Année universitaire : 2021 / 2022

Remerciements

- Toute notre gratitude, grâce et remerciements vont en premier lieu à DIEU le tout puissant qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail dans les meilleures conditions.

- C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre promotrice M^{me} ALI AHMED. C, pour son suivi et pour nous avoir guidées tout le long de ce travail, pour sa disponibilité sans faille, ses précieux conseils, ses orientations et motivations, dont elle a fait preuve durant la réalisation de ce mémoire.

-Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour avoir l'intérêt qu'elles ont porté à notre travail, et qui nous font le plaisir de l'examiner.

-Nos vifs remerciements vont au personnel du laboratoire de matériaux de génie civil, spécialement Mr BOUHRAOUA R. pour sa disponibilité et son aide durant la partie expérimentale de ce travail.

-Nous tenons à remercier chaleureusement tous les enseignants de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques, qui nous ont enrichies de connaissances et de savoir.

-Nos remerciements vont tout particulièrement à nos parents pour nous avoir soutenues tout au long de notre parcours universitaire, sur tous les plans pour arriver au terme de ce travail qui est le fruit de plusieurs années de labeur.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents qui ont su être à mes côtés dans les moments difficiles sans lesquels je n'aurai pas abouti à ce niveau d'études, ainsi que pour chaque instant de bonheur qu'ils m'ont procurée, puisse le bon Dieu m'aider à les honorer.

A mes adorables frères surtout Karim pour son soutien, ses orientations et conseils, Boudjema que Dieu l'accueille dans son vaste paradis et Ouafi.

A ma chère sœur Kenza.

A mes petits anges adorables (es) Aksil, Dana et Ania.

A ma cousine Lynda.

A mes chères tante Sonia et Nassima.

A mes amis Mélissa, Sekoura, Souad, Sonia et Thanina.

A ma chère binôme Fatiha et toute sa famille.

A toute la promotion protection des écosystèmes 2021.

A tous qui m'ont soutenue tout au long de cette période.

Katia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

- A mes parents pour tout ce qu'ils ont fait et pour le soutien qu'ils m'ont apporté durant mon cursus d'études.*
- Mes chers frères Ali et Yazid ainsi que leurs enfants et épouses.*
- Ma chère sœur Chafia et ses enfants Ilyas, Yani et Thami.*
- A ma chère binôme Katia et toute sa famille.*
- A toute la promotion protection des écosystèmes 2021.*
- A tous mes enseignants de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.*
- A tous ceux qui m'ont soutenue tout au long de la période de réalisation de ce travail.*

Fatima

Sommaire

Sommaire

Liste des abréviations	5
Liste des figures	6
Liste des tableaux	7
Introduction :	1
I-1-Définition des déchets	1
I-1-1-Approche environnementale.....	1
I-1-2 - Approche réglementaire	1
I-2 - Classification des déchets	1
I-2-1- déchets ménagers et assimilés :	2
I-2-2	2
I-2-2-1 - déchets spéciaux	2
I-2-2-2 - déchets spéciaux dangereux	2
I-2-3 - déchets inertes	2
I-3 -Gestion des déchets	2
I-3-1-Principe de gestion des déchets :	3
I-3-2-Mode de gestion :	3
I-3-2-1-La réduction :	3
I-3-2-2- La réutilisation (réemploi) :	4
I-3-2-3- Le tri sélectif des déchets :	4
I-3-2-4-Pré-collecte	4
I-3-2-5-Collecte des déchets	4
a -Collecte porte à porte :	5
b- Collecte en apport volontaire :	5
C-Collecte sélective.....	5
I-4-3 -transport	5
I-4-4 : Instalation	5
I-4-4-1-Stockage.....	5
I-4-4-2 : Déchetteries :	6
I-6-La politique algérienne sur la gestion des déchets :	11
I-6-1 Sur le plan réglementaire :	11
I-6-2-Sur le plan institutionnel :	12
I-6-3 : Sur le plan économique :	12

I-7 - Quelques chiffres des déchets de construction en Algérie	12
I-8-Intérêt du développement de la gestion des déchets dans le secteur de la construction	14
I-9 : Impact des déchets de démolition sur la santé et l'environnement :.....	15
I-9-1. Cas particulier de l'amiante :.....	15
I-9-2. Cas particulier des goudrons :.....	15
I-9-3- Cas particulier des bois traités :.....	16
Introduction.....	22
II-1-Matériaux et formulations	22
II-1-1- Ciment	22
II-1-2- Granulats.....	22
II-1-2-1-Granulats naturels	22
II- 1-2-2- Granulats de recyclage.....	22
II-1-3- Déchet de marbre broyé	24
II-1-4- Le super-plastifiant	25
II-1-5 - Eau de gâchage	25
II-2- Formulation des bétons	25
II-3-Confection des éprouvettes	27
II-3-1. Préparation des matériaux	27
II-3-2- Préparation des moules	28
II-3-3 - Malaxage	28
II-3-4. Remplissage des moules.....	29
II-3-5- vibration du béton	29
II-3-7 - Référencement des éprouvettes	30
II-4 – Etudes sur les éprouvettes :	31
II.4-1 Etude de la vitesse de propagation des ondes ultrasoniques :	31
II.4-2 Etude de la résistance a la compression :	32
II-6 -Traitement et analyse statistique des données	33
Conclusion	33
Introduction.....	35
III-1- Résultats des essais à l'ultrason	35
III-1-1-Vitesses de propagation des ondes ultrasonique (VPOU).....	35
III-1-2- Estimation de la résistance à la compression	37
III-2- Résultats des essais destructifs.....	39
Conclusion	42
Résumé.....	1

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Abréviation Signification

ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AFPS	Association Française du génie parasismique
AND	Agence Nationales des Déchets
BD	Béton de Démolition
BT	Béton Témoin
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
CATE	Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
CET	Centre d'Enfouissement Technique
DI	Déchets Inertes
DMA	Déchets Ménagers et Assimilés
ECO-jem	Système Public de Reprise et de Valorisation des déchets d'emballage
GBD	Granulats de Béton du Démolition
GN	Granulats Naturel
OM	Ordures Ménagères
PAYT	Pay As You Throw
PNAE-DD	Plan National de l'Environnement et du Développement Durable
PNAGDES	Plan National de Gestion des Déchets Spéciaux
PROGDEM	Programme de gestion des déchets solides municipaux
SNE	Stratégie National Environnementale
TAPD	La Taxe relative aux Activités Polluantes ou Dangereuses pour L'Environnement.
TEOM	Taxe d'Enlèvement des Ordures Ménagères
VPOU	Vitesse de Propagation des Ondes Ultrasoniques
MPa	Méga Pascal (1MPa=10 ⁶ Pa)
R²	Coefficient de détermination

Liste des figures

Figure 1: Déchets de démolition au-dessous du quartier les genets, ville de Tizi-Ouzou	15
Figure 2: Déchets de démolition au sein du quartier les 600, nouvelle-ville de Tizi-Ouzou.....	16
Figure 3: granulats naturel (1) et granulats de béton de démolition (2).	23
Figure 4: Forme de granulats recyclés.	23
Figure 5: tamiseuse électrique.	24
Figure 6 : schéma de l'expérience.	26
Figure 7 : matériaux secs utilisés.....	27
Figure 8: super-plastifiant.	28
Figure 9: Préparation des moules	28
Figure 10: le malaxeur à axe vertical.....	28
Figure 11: remplissage des moules.....	29
Figure 12: vibration des moules.	29
Figure 13: référencement des éprouvettes	30
Figure 14: cure d'hydratation du béton.	30
Figure 15: désignation du centre de l'éprouvette à tester.....	31
Figure 16: mesure de la vitesse de propagation des ondes.....	32
Figure 17: éprouvette à l'essai de compression.	32
Figure 18: - presse utilisée pour l'essai de compression.	33
Figure 19: Effet des GBD sur la VPOU en comparaison avec les GN.....	33
Figure 20: Confrontation des VPOU selon le pourcentage de substitution.....	36
Figure 21: Régression linéaire de VPOU dans pourcentage.	37
Figure 22: Estimation de la résistance du béton selon RILEM.....	38
Figure 23: - Effet du pourcentage de substitution sur la résistance à la compression.	38
Figure 24: Confrontation des résistances à la compression des différents pourcentages.	40
Figure 25: Régression linéaire de la résistance en le pourcentage.	41

Liste des tableaux

Tableau I: Quantités de débris issus des catastrophes naturelles en Algérie.	15
Tableau II: variantes expérimentées.	25
Tableau III: Composition des différents bétons pour un volume de 1m ³	26
Tableau IV: vitesse de propagation des ondes ultrasoniques.	35
Tableau V: Qualité de la résistance en fonction de la VPOU	38
Tableau VI: Résistances en compression.....	39
Tableau VII:Gain en résistance à la compression.	41
Tableau VIII: Table de l'ANOVA pour la résistance à la compression.....	42

Introduction générale

Introduction générale

Il y a peu de temps encore, pour se débarrasser des déchets, il suffisait de les déverser dans les cours d'eau, la mer ou de les abandonner dans les forêts. On a commencé, alors, à entendre parler de pollution des rivières, des nappes phréatiques, des océans, de perturbations des chaînes alimentaires et des maladies, ce qui a poussé l'homme à se préoccuper de la qualité de son environnement. En effet, depuis le début des années 1990, la protection de l'environnement est devenue une préoccupation collective. La question des déchets est quotidienne et touche chaque individu ; chacun peut et doit être un acteur dans la gestion des déchets, surtout qu'ils sont en hausse d'une année à l'autre. **(CHEREF et REZKI ; 2016)**

Les chantiers de déconstruction génèrent une grande diversité de déchets et leur élimination est souvent onéreuse. Ils sont admis en installation de stockage de classe 3 selon la directive européenne relative aux déchets inertes. Les pays en voie de développement dont l'Algérie accusent un retard énorme dans la gestion de pareils déchets ; ils sont le plus souvent abandonnés dans des décharges sauvages causant un impact sur l'environnement. **(ADEME ; 2011)**

L'Algérie compte un déficit important en matériaux de construction. Face à la gravité des problèmes environnementaux dus à la surexploitation des ressources, le gouvernement algérien a décidé en 2001 de consacrer une enveloppe financière importante, de près de 970 million de dinars, pour atteindre les objectifs inscrits dans le Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD) **(AND)**

Il serait, alors, intéressant de se pencher sur les déchets provenant du domaine de la construction, notamment ceux de démolition d'éléments en béton. Le but étant double, d'une part s'inscrire dans la politique du développement durable et d'autre part, valoriser ces déchets et le réutiliser s'inscrivant ainsi dans la politique de la valorisation et de la gestion des déchets, ce qui permet dans les deux cas de préserver la santé humaine et l'environnement. **(Haddad K., 2018)**

La sensibilisation est le point de départ pour trouver des solutions durables à nos déchets en réponse à la forte croissance de la population et à l'épuisement des matières premières, nous avons entamé une démarche thématique bien détaillée sur les moyens de recyclages des déchets inertes (béton démolit). **(AIT MAAMAR et KECHOUT ; 2016)**

Sachant qu'ils sont en pleine expansion vu l'accroissement de la population et face au danger de l'épuisement des ressources naturelles. Des questions s'imposent, alors :

Introduction générale

Est-il possible de recycler et de réutiliser les déchets provenant de la démolition de construction ?

De quelle manière est-il possible de remplacer les granulats naturels par des granulats de démolition dans les bétons neufs ?

Dans le but de répondre à ces interrogations, une campagne expérimentale ayant pour objet de substituer aux granulats naturels, des granulats de démolition dans différentes fractions massiques.

Plusieurs variantes sont testées, en adoptant les pourcentages de substitution de 0% de granulat naturel – 25% de granulat démoli / 75% granulat naturel – 50% de granulat démoli / 50% granulat naturel - 75% de granulat démoli / 25% granulat naturel et 100% granulat démoli.

Nous avons réparti notre travail en 3 grandes parties. Après une introduction générale une synthèse bibliographique retraçant les différentes techniques de la gestion des déchets est donnée. Dans la deuxième partie, le matériel utilisé ainsi que les différentes méthodes adoptées pour l'élaboration des éprouvettes en bétons sont bien décrits. Les résultats des essais effectués sur les différentes éprouvettes en béton, font l'objet de la troisième partie. Une conclusion générale mettant l'accent sur les apports de cette recherche est également donnée.

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

Introduction :

La question touchant à la gestion des déchets a commencé à se poser avec le développement et la gestion de l'environnement urbain. Le volume de déchets s'amplifie de façon préoccupante. Leur caractère hétérogène ainsi que leurs effets sur la santé humaine et le développement durable rend plus complexe le choix d'une filière de traitement la plus adaptée et la plus viable possible. (AIT MAAMAR et KECHOUT ; 2016)

Cependant, en Algérie, le processus d'industrialisation et de développement urbain du pays s'est effectué jusqu'à récemment sans que les précautions environnementales ne soient réellement prises en considération. (AND)

Dans ce chapitre, nous décrivons le contexte de la gestion des différents types de déchets et les principales techniques de traitement ou d'élimination à travers le monde, ainsi que le recyclage et la réutilisation des déchets, notamment ceux provenant du domaine de la construction.

I-1-Définition des déchets**I-1-1-Approche environnementale**

Du point de vue de l'environnement, un déchet constitue une menace à partir du moment où l'on envisage un contact avec l'environnement. Ce contact peut-être direct ou 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).

I-1-2 - Approche réglementaire

Selon la loi N° 01-19 du 12 décembre 2001, parue au 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 ».

I-2 - Classification des déchets

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

-Les déchets ménagers et assimilés.

-les Déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux.

-les déchets inertes.

I-2-1- déchets ménagers et assimilés :

Tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres les quels, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers.

I-2-2 - déchets spéciaux (article 05 la loi N°01- 19)

Ils sont classés en deux catégories, à savoir les déchets spéciaux et les déchets spéciaux dangereux.

I-2-2-1 - déchets spéciaux (ordinaires)

Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités les quels, en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes.

I-2-2-2 - déchets spéciaux dangereux

Tous déchets spéciaux les quels, par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et ou à l'environnement.

I-2-3 - déchets inertes

Tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et ou à l'environnement

I-3 -Gestion des déchets

La gestion des déchets désigne l'ensemble des opérations et moyens mis en œuvre pour limiter, recycler, valoriser ou éliminer les déchets. C'est-à-dire des opérations de prévention, de pré-collecte, collecte, transport et toute opération de tri et de traitement, afin de réduire leurs effets sur la santé humaine et sur l'environnement. La gestion des déchets concerne tous

les types de déchets, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux, chacun possédant sa filière spécifique.

La gestion des déchets est toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations (**Loi 01-19**). La réduction à la source, la réutilisation, le recyclage, la valorisation et l'élimination doivent être privilégiés dans cet ordre dans le domaine de la gestion des déchets

I-3-1-Principe de gestion des déchets :

Il y a plusieurs principes de gestion des déchets dont l'usage varie selon les pays ou les régions. La hiérarchie des stratégies (règle des trois R) : Réduire-Réutiliser-recycler classe les politiques de gestion des déchets selon la préférence qu'on doit leur accorder. La hiérarchie des stratégies a plusieurs fois changé d'aspect ces dix dernières années, mais le concept sous-jacent est demeuré la pierre angulaire de la plupart des stratégies de gestion des déchets : l'objectif est d'utiliser au maximum les matériaux et de générer le minimum de rebuts. Certains experts en gestion des déchets ont récemment ajouté un « quatrième R », « Repenser », ce qui implique que le système actuel a des faiblesses et qu'un système parfaitement efficace exigerait qu'un regard totalement différent soit porté sur les déchets. Certaines solutions "repensées" sont parfois peu intuitives. On peut prendre par exemple un cas dans l'industrie textile. Afin de réduire la quantité de papier utilisée pour les patrons, il a été conseillé de les découper dans de plus grandes feuilles, afin de pouvoir utiliser les chutes pour découper les petites pièces du patron. Ainsi, il y a une réduction du résidu global. Ce type de solution n'est bien entendu pas limité à l'industrie textile. (**CHIBANI ;2013**).

I-3-2-Mode de gestion :

I-3-2-1-La réduction :

C'est la notion qui consiste à générer le moins de déchets lors de la fabrication, de la distribution et de l'utilisation d'un produit. Le citoyen peut contribuer à cette réduction en diminuant la quantité de déchets produite par l'utilisation de produits en vrac plutôt qu'emballés, des produits durables plutôt que jetables etc. C'est le mode le moins coûteux à réaliser puisqu'il incite le fabricant à opter pour d'autres procédés de fabrication de produits plus durables. La réduction à la source est une technique de prévention. (**Addou; 2009**)

Elle nécessite des efforts pour réduire les déchets toxiques et autres résidus en modifiant la production industrielle. Les méthodes de réduction à la source impliquent des changements

dans les processus de fabrication, les apports de matières premières et la composition des produits. Parfois le principe de « prévention de la pollution » indique en fait la mise en œuvre d'une politique de réduction à la source. Une autre méthode de réduction des déchets à la source est d'accroître les incitations au recyclage. Plusieurs villes aux États-Unis ont mis en place des taxes dont le montant est fonction des quantités d'ordures déposées (Paye comme tu jettes : Pay As You Throw - PAYT) qui se sont révélées efficaces pour réduire le volume des déchets urbains. L'efficacité des politiques de réduction à la source se mesure à l'importance de la réduction de la production de déchets. Une autre approche, plus controversée, est de considérer la réduction de l'utilisation de substances toxiques. On s'intéresse ici à réduire l'utilisation de substances toxiques, alors même que la tendance est plutôt à la hausse.

Cette approche, dans laquelle c'est le principe de précaution qui est mis en avant, rencontre une vive opposition des industries chimiques. Elles accusent cette démarche de stigmatiser les produits chimiques. Certains états américains, comme le New Jersey et l'Oregon ont mis en place des politiques de réduction des déchets toxiques (CHIBANI ;2013).

I-3-2-2- La réutilisation (réemploi) :

On définit la réutilisation ou le réemploi par « l'utilisation répétée du produit sans modification de son apparence ou de ses propriétés ». C'est une méthode qui consiste à prolonger la vie d'un produit en l'utilisant plusieurs fois (Addou ; 2009).

I-3-2-3- Le tri sélectif des déchets :

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)

I-3-2-4-Pré-collecte

Qui consiste en toutes les opérations effectuées pour l'évacuation des déchets ménagers depuis la source de leur production jusqu'au lieu de leur prise en charge par le service de collecte publique (PASCAL, 2004)

I-3-2-5-Collecte des déchets

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.

Il existe plusieurs sortes de collectes :

A -Collecte porte à porte :

Le citoyen dépose les déchets préalablement triés dans des récipients qui lui sont propres ou communs avec les voisins. La collecte se fait par ramassage avec le véhicule circulant à proximité des habitants. Comme ce mode de collecte demande beaucoup de personnel et des véhicules normalisés, il est utilisé dans les villes et communes importantes. Le porte à porte est utilisé depuis longtemps. A l'origine, il était pour les vieux papiers et cartons. Actuellement, il se généralise pour les emballages métalliques, les plastiques, les cartons, le verre et se développe pour les déchets fermentescibles.

B- Collecte en apport volontaire :

Collecte en apport volontaire (appelée aussi point de regroupement) est utilisée dans les zones où il y a une faible densité de population. La distance à parcourir entre les maisons est trop importante pour pouvoir organiser une collecte en porte à porte.

Des points de regroupement comportant des récipients (conteneurs) de collecte spécifiques et de capacité appropriée sont installés aux points fréquentés par les habitants. Ce mode de collecte nécessite un effort supplémentaire du citoyen, puisque celui-ci doit trier au préalable ses déchets et les porter ensuite au point de regroupement.

C-Collecte sélective

Elle concerne certains déchets séparés par les producteurs en vue de leur valorisation ou d'un traitement spécifique. La collecte sélective qu'elle soit en apport volontaire ou en porte à porte concerne principalement les déchets valorisables (recyclage, réutilisation) des déchets ménagers.

I-4-3 -transport

Le transport est un maillon important de la chaîne que constitue l'élimination des déchets industriels, cette opération est donc confiée à des sociétés spécialisées qui mettent en œuvre des précautions spéciales qui résultent en particulier de la réglementation sur le transport des matières dangereuse. (DESACHY, 2001).

I-4-4 : Installation**I-4-4-1-Stockage**

Le stockage ne constitue pas une stratégie à proprement parler. Tout fois celui-ci est incontournable et indispensable à tout mode de gestion des déchets, car il reçoit les déchets ultimes. La notion de stockage doit ainsi ne pas être dissociée de la notion de déchet ultime.

Les problèmes liés au stockage sont variés :

-étanchéité

- surface occupée
- évolution à long terme du déchet
- interaction entre les différentes catégories de déchets traitées (ROGAUME, 2015).

I-4-4-2 : Déchetteries :

Le terme de déchetterie est entré récemment dans le vocabulaire pour définir un lieu Transitoire de dépôt de déchets. C'est une marque déposée par l'ADEME, une appellation Contrôlée par la contraction de déchet et de tri (**BERTRAND, 2003**)

Les déchetteries sont des lieux où les particulières peuvent déposer leurs déchets non collectés par le service de collecte: encombrant, déchets inertes, déchets verts et déchets ménagers spéciaux (**DAMIEN, 2013**).

II-4-4-3-Centre de tri

Lieu où s'effectuent le tri industriel et le conditionnement des déchets par type de matériau avant leur valorisation, traitement ou élimination. Les déchets concernés sont en grande majorité les papiers, les cartons, les journaux, les magazines, les verres, les plastiques, l'acier, l'aluminium, etc. (**ADDOU, 2009**).

I-4-5-Traitement et valorisation des déchets

Le traitement des déchets débute après les opérations de collecte, de transport et de prétraitement. Il est réalisé par des opérateurs privés ou publics.

Plusieurs types de traitement existent, ils sont très variables, souvent adaptés à un type de déchets.

I-4-5-1-Traitement physico chimique

Le but des traitements physico chimiques est d'abaisser la nocivité des déchets toxiques par des réactions chimiques appropriées ou des procédés physiques de séparation (**KOLLER, 2009**).

I-4-5-1-1 -Mise en décharge

C'est la méthode la plus simple, la plus économique et la plus ancienne, mais elle présente des contraintes environnementales. Dans de nombreux pays en voie de développement, c'est le procédé le plus communément utilisé pour le traitement des déchets ménagers, mais dans les pays avancés en termes de gestion des déchets, ce mode de traitement tend à disparaître. (**ADDOU, 2009**).

I-4-5-1-2-Enfouissement

Une installation de stockage ou centre d'enfouissement technique (CET) peut se définir comme une installation d'élimination de déchets par dépôt ou enfouissement sur le sol ou dans les cavités artificielles ou naturelles, avec couverture ultérieure et réaménagement du site.

Aujourd'hui, un centre d'enfouissement technique doit être intégré dans une approche globale du traitement des déchets. La création d'un CET doit impérativement prendre en compte des éléments tels que la nature géographique et hydrologique du sol, la gestion de l'eau, le contrôle des produits entrant sur le site, le réaménagement du site en fin d'exploitation. **(MOLETTA, 2009).**

I-4-5-1-3-Recyclage

Il permet de réintroduire dans le cycle de production des matériaux qui composent un produit Similaire arrivé en fin de vie. Ce mode de traitement concerne surtout le verre, le papier/carton, le plastique et les métaux. Ces déchets font l'objet d'une collecte séparée déjà bien établie depuis longtemps et suivie d'un traitement spécifique de valorisation sous forme de recyclage ; il s'agit d'une récupération de matière première, sans véritable transformation. **(BALET, 2014)**

I-4-5-2-Traitement biologique

Les traitements biologiques ont pour but de transformer les matières fermentescibles en un produit stable et valorisable, destiné à une utilisation organique en tant que matière ou amendement organique ou support de culture.

I-4-5-2-1-Compostage

On définit le compostage comme un processus qui consiste à transformer et à décomposer de manière contrôlée la matière organique renfermée dans les ordures ménagères (O.M) en présence de l'oxygène de l'air et sous l'action de populations microbiennes pour donner le compost. **(ADDOU, 2009).**

I-4-5-2-2-Méthanisation

La méthanisation, ou encore la « digestion anaérobie », est la transformation de la matière organique en un biogaz composé principalement de méthane et de gaz carbonique par un consortium microbien fonctionnant en anaérobiose. C'est une transformation naturelle qui se réalise dans tous les milieux où l'on trouve de la matière organique en l'absence d'oxygène, et où les conditions physico-chimiques sont compatibles avec celles du vivant

(MOLETTA, 2011).

I-4-5-3-Traitement thermique

Ce sont des traitements qui ont pour finalité la dégradation des déchets sous l'effet de la chaleur pour réduire leur volume et leur masse, ils peuvent s'accompagner de valorisation énergétique. Ils regroupent trois types de traitement : l'incinération et la pyrolyse **(BEMILOUD Lilia ; BENKANOUN Dyhia ;2017).**

I-4-5-3-1-Incinération

L'incinération consiste à brûler les ordures ménagères dans des fours spéciaux adaptés à leurs caractéristiques en termes de composition et de taux d'humidité. C'est le procédé de traitement qui permet la plus grande réduction du volume des déchets. **DESACHY (2001)**, En effet, au bout du processus, il n'en reste que 10 à 20% du volume initial **(BALET, 2005)**. Cependant la combustion doit être menée correctement et assortie d'un traitement des fumées afin d'éviter tout transfert de pollution ou toute nuisance. Les résidus de ce genre de traitement peuvent être valorisés en produisant de l'énergie ou utilisés dans les constructions routières (mâchefers).

I-4-5-3-2-Pyrolyse

Le procédé de pyrolyse est connu depuis longtemps, puisqu'il s'agit de celui qui est utilisé dans la production de charbon de bois. En matière de traitement des déchets, la pyrolyse est apparue en 1993, après quelques expérimentations en Italie **(KOLLER, 2009)**.

I-5- déchets inertes

Déchets principalement issus du secteur du Bâtiment Travaux Publics (BTP), ils sont au cœur de l'actualité. L'Union Européenne avait fixé, pour 2021, comme objectif à ses Etats membres de recycler 90% de leurs déchets de chantiers non dangereux à l'horizon de 2025.

La construction reste aujourd'hui une des activités qui génère le plus de déchets dans le monde. Les nombreux chantiers ouverts pour la construction et la réhabilitation des bâtiments et les nombreuses démolitions d'immeubles génèrent des quantités importantes de débris de toutes sortes.

De par leur quantité produite et leur potentiel de valorisation, les déchets de démolition de bâtiments constituent un des gisements les plus importants sur lequel des actions majeures en faveur de la valorisation doivent être mises en place.

I-5-1-Définition des déchets inertes

Selon la loi N° 01-19 du 12 décembre 2001, Les déchets inertes sont « tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolitions, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leurs mises en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autre élément générateur de nuisances, susceptible de nuire à la santé et/ou à l'environnement. On distingue deux types de déchets inertes :

_ Les déchets inertes issus de l'industrie extractive (exploitation des carrières, installations de premier traitement des matériaux de carrières). En Europe, ces déchets doivent répondre à un grand nombre de critères en termes de composition chimique et de dangerosité pour l'homme et l'environnement pour être considérés comme des déchets inertes.

_ Les déchets inertes non issus de l'industrie extractive. Il s'agit essentiellement de déchets produits par le secteur de la construction tels que les matériaux minéraux (pierre, marbre, grès, ardoise, le béton, les briques, le verre ou encore la terre. Mais tous les déchets du secteur du bâtiment travaux publics (BTP) ne sont pas considérés comme des déchets inertes. Par exemple, l'amiante est entré depuis 2011 dans la catégorie des déchets dangereux alors qu'elle était considérée comme un déchet inerte auparavant. Le plâtre n'est également pas considéré comme un déchet inerte car sa solubilité dans l'eau peut entraîner notamment la pollution des nappes phréatiques et avoir donc un impact sur l'environnement.

I-5-2-Définition des déchets de démolition

Sont des déchets provenant de la démolition de bâtiments, de routes, de ponts ou d'autres structures¹. Les débris varient en composition, mais les principaux composants, en poids comprennent le béton, les produits en bois, les bardeaux d'asphalte, les blocs et les briques, l'acier et les cloisons sèches. Il existe un potentiel de recyclage de nombreux éléments des déchets de démolition.

Les déchets du BTP ou déchets de la construction, ou déchets du bâtiment et des travaux publics sont tout déchet provenant du secteur du bâtiment et des travaux publics (construction, réhabilitation, démolition et déconstruction dans les domaines du bâtiment et des travaux publics). Ils consistent en déchets de construction, et en déchets de démolition. **(PASCAL ;2014).**

I-5-3-Elimination et valorisation des déchets de démolition

Valorisation, recyclage ou mise en décharge, la filière requise est choisie selon sa proximité, les coûts du traitement, etc.

Destinations possibles pour ce type de déchets :

- ✓ Dirigés vers les installations de stockage de classe 3
- ✓ Plateforme de valorisation des déchets inertes.
- ✓ Déchetteries et plateformes de tri et de transit en vue de les orienter vers des installations de recyclage.
- ✓ Ils peuvent être utilisés en remblais (sauf pour le verre et les matériaux d'isolation) **(BENAMMAR et CHAUCHE, 2014)**.

I-5-3-1-Béton et brique

Le béton et la brique peuvent être recyclés en les écrasant en gravats. Une fois triés, criblés et les contaminants éliminés, le béton ou la brique récupérés peuvent être utilisés comme agrégats, dans le béton, les remblais, ou comme base de route. Les concasseurs mobiles de béton permettent également le recyclage du béton sur place.

I-5-3-2-Bois

Le bois peut être réutilisé, recyclé ou brûlé (bioénergie). Il est réutilisé pour éliminer le besoin de bois neuf pleine grandeur, s'il est utilisé pour des éléments de construction plus petits. Le bois réutilisé ou recyclé peut être utilisé dans les allées, les revêtements, les paillis, le compost, la litière pour animaux ou les panneaux de particules. L'utilisation de bois recyclé comme matière première, donc la bioénergie, est avantageuse car il a une teneur en eau d'environ 20% inférieure, à celle du bois vierge, qui est d'environ 60%.

I-5-3-3- Asphalte

L'asphalte, à partir de bardeaux ou de béton bitumineux, est généralement recyclé et utilisé dans les chaussées.

I-5-3-4-Métaux

La ferraille est une industrie établie axée sur la collecte, l'achat, la vente et le recyclage des matériaux récupérés.

La réussite d'une bonne gestion repose souvent sur le tri efficace pour une meilleure séparation et une valorisation appropriée **(ADDOU 2009)**.

En Algérie, les seules quatre villes disposant de CET de classe 3 sont Alger, Djelfa, M'Sila et Skikda. Par ailleurs, 45 CET pour déchets inertes sont en phase d'étude.

I-6-La politique algérienne sur la gestion des déchets :

La politique de gestion des déchets s'inscrit dans la Stratégie nationale environnementale (SNE), ainsi que dans le Plan national d'actions environnementales et du développement durable (PNAE-DD) qui s'est concrétisée par la promulgation de la loi 01-19 du 12 décembre 2001, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, traitant des aspects inhérents à la prise en charge des déchets, et dont les principes sont :

- la prévention et la réduction de la production et de la nocivité des déchets à la source ;
- l'organisation du tri, de la collecte, du transport et du traitement des déchets ;
- la valorisation des déchets par leur réemploi et leur recyclage ;
- le traitement écologiquement rationnel des déchets ;
- l'information et la sensibilisation des citoyens sur les risques présentés par les déchets et leurs impacts sur la santé et l'environnement.

I-6-1 Sur le plan réglementaire :

Etant donné que les décisions politiques relèvent de documents de valeurs juridiques diverses comme les lois, décrets, circulaires, mais aussi de documents d'orientation générale, plusieurs lois ont été promulguées sur le plan législatif et réglementaire dans le domaine de la protection de l'environnement en Algérie ces dix dernières années, le cadre réglementaire applicable à ces déchets. On peut citer:

- 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.

I-6-2-Sur le plan 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.

I-6-3 : Sur le plan économique :

Différents instruments viennent compléter les actions réglementaires et institutionnelles tels que :

- La Taxe forfaitaire affectée qui représente une taxe sur les activités polluantes ou dangereuses.
- Les Taxes écologiques d'orientation spécifiques définies par :
 - ✓ La Taxe d'incitation au " déstockage" des déchets industriels.
 - ✓ La Taxe d'incitation au déstockage des déchets liés aux activités de soins.
 - ✓ La Taxe complémentaire sur la pollution atmosphérique d'origine industrielle.
 - ✓ La Taxe relative aux activités polluantes ou dangereuses pour l'environnement (TAPD).

I-7 - 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. Vu le manque de données, on se contentera, alors, que des rapports présentés par : [AFPS, 2003] et [C.A.T.E, 2003].

L'association française du génie parasismique (AFPS), dans son rapport préliminaire sur le séisme du 21 mai 2003, déclare que parmi les dégâts causés, 190000 unités touchées dont 160000 logements environ, 30% des unités ne seront pas récupérables (à démolir).

De son côté, la Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (C.A.T.E) a présenté un rapport, le 13 avril 2003 sur "L'urbanisation et les risques naturels et industriels

en Algérie inquiétudes actuelles et futures". Elle a avancé les statistiques données dans le tableau I.

Tableau I: Quantités de débris issus des catastrophes naturelles en Algérie.

Lieu	Date	Dégâts
El asnan-chlef (séisme)	10 octobre 1980	29000 logements détruits
Mascara (séisme)	18 aout 1994	1000 habitations détruites
Skikda (explosion gazoduc)	3 mars 1998	10 maisons détruites 50maisons endommagées
Ain-Temouchent (séisme)	22 septembre 1999	600 habitations détruites 1200 sérieusement endommagées
Bab-El-Oued Alger (inondations)	9 et 10 novembre 2001	22400 logements endommagés 3000 à détruire complètement.

Ces quantités très importantes et gênantes de matériaux abandonnées dans la nature (quelques exemples sont donnés dans les figures 1 et 2), peuvent être valorisées et recyclées, permettant d'une part de libérer de l'espace pour les constructions nouvelles, et d'autre part, d'absorber le manque en granulats.



Figure 1: Déchets de démolition au-dessous du quartier les genets, ville de Tizi-Ouzou



Figure 2: Déchets de démolition au sein du quartier les 600, nouvelle-ville de Tizi-Ouzou

I-8-Intérêt du développement de la gestion des déchets dans le secteur de la construction

Le développement de la gestion des déchets dans le secteur de la construction, devient plus que nécessaire ; il tient compte de plusieurs facteurs, tels que :

- La raréfaction des ressources naturelles : Les ressources naturelles ne sont pas illimitées et leur extraction entraîne une raréfaction de certains matériaux avec les implications connexes que cela engendre sur l'homme et l'environnement. On peut citer par exemple, l'extraction des galets et graviers de rivières / coupe des forêts primaires, etc.
- La nuisance des décharges et fin de disponibilité : Les décharges destinées à accueillir les déchets ne constituent plus une solution. Leurs impacts sont considérables et irréversibles. Les sites actuels arrivent à saturation et ne permettent plus d'accueillir le flux croissant des déchets, en outre la politique de gestion des déchets de plus en plus restrictive n'autorise plus l'ouverture de nouvelles décharges.
- La nuisance des procédés d'incinération (avec ou sans valorisation énergétique) : Les procédés d'incinération avec ou sans valorisation énergétique sont à l'origine de gaz polluants extrêmement nocifs pour l'homme et l'environnement et ce bien que des dispositions 'antipollution' soient actuellement imposées.
- Les coûts croissants de la gestion des déchets.

- Le flux croissant des déchets du secteur de la construction dû aux modes constructifs et aux principes d'exploitation des constructions : Actuellement, de nombreuses constructions ou rénovations ne sont plus, uniquement, le fait d'une 'usure' des bâtiments, mais peuvent être liées à l'évolution des tendances esthétiques ou fonctionnelles, au changement d'affectation, ou encore découler d'une analyse financière mettant en évidence l'intérêt économique d'une démolition-reconstruction par rapport à une rénovation. **(ROGAYME TH ;2014).**

I-9 : Impact des déchets de démolition sur la santé et l'environnement :

Les déchets du bâtiment et des travaux publics(BTP) résultent majoritairement des chantiers de construction, de réhabilitation et de déconstruction. Ils sont composés à 90% de déchets inertes, le reste étant des déchets non dangereux (DND) et des déchets dangereux(DD). Issus de la fin de vie de produits naturels (pierres, terres, sables) ou de produits manufacturés (béton, marbre, céramique, brique, verre), les déchets inertes sont des déchets non polluants, chimiquement stables dans le temps et donc théoriquement neutre pour l'environnement. Toutefois, le transport et le stockage de ces déchets ont un impact significatif en termes d'émissions de CO₂ et d'utilisation des sols. **(Luc COURARD ; 2006)**

I-9-1. Cas particulier de l'amiante :

L'amiante se rencontre à l'occasion de travaux de démolition, entretien ou rénovation : Son emploi dans des constructions nouvelles est en effet interdit.

L'amiante se retrouve à un niveau des systèmes d'isolation thermique, sous forme libre ou floquée, ou dans les éléments en asbeste ciment, Auquel cas elle est enveloppée dans une gangue de ciment. Les fines particules d'amiante qui se retrouvent dans l'air et sont inhalées par les habitants ou les travailleurs peuvent provoquer des lésions irréversibles au niveau des poumons.

Il convient donc de prendre des précautions particulières pour l'enlèvement et le traitement de ces produits qui sont classés comme déchets dangereux.

1-9-2. Cas particulier des goudrons :

Les goudrons ont été utilisés pendant des décennies en mélange avec du bitume dans les revêtements routiers. Les goudrons de houille, au contraire du bitume, contiennent des quantités importantes de substances toxiques, principalement des hydrocarbures aromatiques

Polycycliques(HAP) et des phénols. Les effets écotoxiques des HAP présents dans les goudrons sont été largement étudiés. Les premières observations de toxicité (**G. Pepin et all ;2001**), ont été rapportées par Potten1775 à propos de cancers de la peau des ramoneurs de cheminées. Le pouvoir cancérigène des produits de pyrolyse (goudrons, suies) a été reconnu, suite au développement de l'utilisation du charbon.

Six HAP sont classés par le Centre International de Recherche sur le Cancer (**IARC ;1985**) comme des Cancérigènes probables pour l'homme (groupe2A:Benzo(a)pyrène, Benzo(a)anthracène, Dibenzo (a,h)anthracène) ou comme des cancérigènes possibles pour l'homme (groupe 2B : Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Indéno(c,d)pyrène). De plus, le devenir des HAP dans l'environnement est influencé par leur:

- volatilisation et leur transformation en dérivés dans l'atmosphère ;
- transport, tributaire des facteurs de ségrégation tels que des mobilités différentes liées aux Solubilités variables de ces composés, et des caractéristiques intrinsèques du sol ;
- adsorption sur des particules de matière organique ou par des plantes ;
- bioaccumulation ;
- dégradation microbiologique ;

Ces matériaux sont proscrits mais peuvent encore se retrouver dans d'anciennes infrastructures routières.

I-9-3- Cas particulier des bois traités :

Les produits de préservation du bois contiennent habituellement trois éléments fondamentaux (**Ch. Legrand ;2006**) : matières actives, solvant et agent de fixation. Les matières actives sont des pesticides qui doivent posséder une action fongicide et/ou insecticide vis-à-vis des agents d'altération concernés ; on retrouve des substances minérales ou métalliques (Cu, F, Bo, As) et des substances de synthèse telles que les dérivés d'étain, les Azoles, les pyrétroïdes, les ammoniums quaternaires et les carbamates.

Certains produits sont interdits pour des raisons de toxicité mais encore présents dans les bâtiments. Les solvants visent à transporter les matières actives à l'intérieur du bois et à les y déposer : ce sont soit l'eau, soit des dérivés pétroliers. Les agents de fixation travaillent par réaction chimique, notamment avec les sels métalliques, ou par collage avec des résines.

Le recyclage de tels déchets pose un réel problème, dans la mesure où ils peuvent contenir des Substances dangereuses et toxiques pour la santé humaine et l'environnement ; hormis les stockages éventuels, la combustion ou la thermolyse restent les seules solutions envisageables actuellement.

Chapitre II :

Matériel et Méthodes

Introduction

Les granulats sont considérés comme des éléments essentiels dans la composition du béton. L'utilisation des granulats recyclés a une grande importance du point de vue environnemental. En effet, elle permet, d'un côté, de récupérer les matériaux résultants de la démolition des constructions due aux catastrophes naturelles ou la démolition du vieux bâti, cela permet de préserver l'environnement par la réduction des déchets dans la nature. D'un autre côté, leur réutilisation permet de protéger l'exploitation excessive de la réserve des granulats naturels.

Ce chapitre a pour objectif de décrire les étapes de formulation des bétons à base de matériaux de recyclage (déchets de marbre, granulats de béton de démolition). Les bétons ainsi formulés seront comparés à un béton à base de granulats naturels. Le critère de comparaison choisi étant la résistance mécanique en compression. Pour atteindre notre objectif, nous avons testé cinq formules de béton en faisant varier les pourcentages des granulats naturels et des granulats de béton de démolition.

II-1-Matériaux et formulations**II-1-1- Ciment**

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.

II-1-2- Granulats

Les granulats utilisés dans cette étude sont de deux catégories : les granulats naturels(GN) et

Les granulats de béton de démolition (GBD)

II-1-2-1-Granulats naturels

Ces granulats ont une forme semi concassés. Ces granulats sont de trois classes granulaires délivrées sous les appellations commerciales suivantes : Sable 0/3, Gravier 3/8, Gravier 8/16(figure 3).

II- 1-2-2- Granulats de recyclage

Les granulats de béton de démolition sont préparés par concassage manuel d'éprouvettes usagées récupérées au niveau de laboratoire de matériaux du département de génie civil. Les granulats ainsi obtenus sont séparés aux tamis 4 mm, 8 mm et 16 mm pour avoir les deux fractions GBD 4/8 et GBD 8/16 (figure 3).



Figure 3: granulats naturel (1) et granulats de béton de démolition (2).

La forme des grains pour le gravier naturel ainsi que celui provenant du béton concassé est plus au moins ronde. La texture des particules des gros granulats issus du béton concassé et couverte d'une couche relativement non négligeable de mortier de ciment.

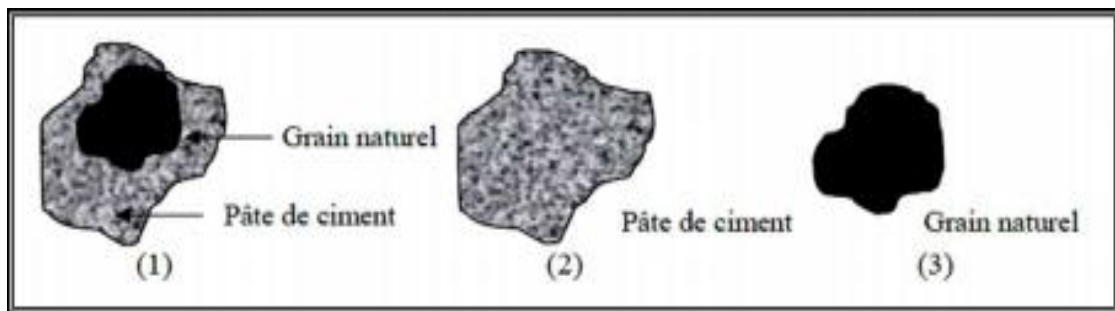


Figure 4: Forme de granulats recyclés.

❖ Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles des grains constituant l'échantillon.

L'essai consiste à classer les différents grains qui constituent l'échantillon en utilisant des tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. L'échantillon étudié est mis sur le tamis supérieur et le classement des grains est obtenu par vibration de la colonne de tamis (figure 5).



Figure 5: tamiseuse électrique.

L'opération s'effectue selon les étapes suivantes :

- a. Préparation de l'échantillon.
- b. Pour faire une analyse granulométrique rigoureuse, il faut que l'échantillon analysé soit en quantité suffisante pour être mesurable et pas trop important pour éviter de saturer les tamis et de les faire déborder.
- c. La vibration fait descendre les grains au travers des tamis jusqu'à ce qu'ils soient bloqués par le tamis de la maille correspondante au diamètre du grain.
- d. Détermination les poids cumulés en gramme.
- e. Détermination des pourcentages de refus cumulés.
- f. Détermination des pourcentages de tamisât cumulés.
- g. Tracé la courbe granulométrique.

II-1-3- Déchet de marbre broyé

Comme addition minérale, on a utilisé une poudre de marbre de récupération. Cette poudre est tamisée au tamis de 1 mm ; elle est inerte. L'objectif de son utilisation est de conférer aux

bétons une meilleure maniabilité et d'améliorer leur compacité et toutes les propriétés afférentes. Cette dernière est fournie par l'entreprise Freha IAGM.

II-1-4- Le super-plastifiant

Dans notre étude, nous avons utilisé le Super plastifiant MEDAFLOW 30, produit par Graniteux de oueds Mar. Ce super-plastifiant est aussi un haut réducteur d'eau. Il permet d'obtenir des bétons et mortiers de grande qualité en termes de résistance et de fluidité. En plus de sa fonction principale de super-plastifiant, il permet de diminuer considérablement la teneur en eau du béton. MEDAFLOW 30 permet également un maintien d'ouvrabilité sur une longue période (2heures).

II-1-5 - Eau de gâchage

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

II-2- Formulation des bétons

Pour notre étude nous avons confectionné cinq bétons, en faisant varier les fractions des granulats naturels et donc celles des granulats de démolition. Dans le but d'assurer une bonne résistance du béton de recyclage, la compacité a été améliorée en augmentant la quantité de sable et de ciment par rapport au béton à base de granulats naturels. La poudre de marbre est également introduite pour répondre à cette même exigence.

Nous avons ainsi confectionné des éprouvettes cubiques en utilisant des moules de dimensions (10×10×10 cm³) conformément à la norme « NFP 18 451 soit NA 431 » pour la résistance mécanique en compression (Figure II-4). Chaque béton formulé, sert à la confection de 3 éprouvettes. La nomenclature de l'ensemble des variantes expérimentées est décrite dans le schéma de l'expérience donné par la figure 6.
















volume du cube		1000 cm ³	
			béton témoin 100% (granulats naturels), 0% de granulats de démolition
			béton avec 25% de granulats (3/8) et 75% (8/15) de démolition
			béton avec 50% de granulats de démolition (50% de 3/8 et 50% de 8/15)
			béton avec 75% de granulats (3/8) et 25% (8/15) de démolition
			béton avec 100% de granulats de démolition

Figure 6 : schéma de l'expérience.

La formulation des bétons étudiés est faite à partir de la méthode de Dreux-Gorisse. Les fractions massiques des constituants sont données pour chaque béton, dans le tableau III.

Tableau II: Composition des différents bétons pour un volume de 1m3.

Masse (kg) Constituant	0%	25%	50%	75%	100%
Sable 0/3	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
Graviers naturel 3/8	0.77	0.189	0.125	0.063	----
Graviers démolie 3/8	----	0.063	0.125	0.189	0.77
Graviers naturel 8/15	2.99	0.2625	0.495	0.7425	----
Graviers démolie 8/15	-----	0.7665	0.495	0.2625	2.99
Ciment	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Eau	0.59	0.567	0.567	0.567	0.567
Super- plastifiant	0.11025	0.011025	0.11025	0.01125	0.01125
Poudre de marbre	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

II-3-Confection des éprouvettes

Les différents échantillons testés ont été préparés au niveau de laboratoire génie civil de la faculté de génie de construction de l'université M. Mammeri de Tizi-Ouzou.

Pour la confection des bétons, il y a lieu dans un premier temps de préparer le nécessaire en matériel et matériaux.

II-3-1. Préparation des matériaux

Les matériaux sont d'abord lavés puis séchés. Il faut faire en sorte que tous les granulats soient ramenés à la température ambiante et les mettre en sac pour éviter qu'ils ne reprennent de l'humidité. Nous avons procédé à la pesée des matériaux secs (gravillons, ciment, filler, sable) et mélangé le super-plastifiant avec l'eau. (Figure 7 et 8).

Figure 7 : matériaux secs utilisés



Figure 8: super-plastifiant.

II-3-2- Préparation des moules

Des moules de dimensions (10x10x10 cm³) sont prévus pour façonner les éprouvettes en béton, ils sont nettoyés pour éliminer tout résidu de béton ancien, puis huilés pour faciliter le décoffrage (Figure 9).



Figure 9: Préparation des moules

II-3-3 - Malaxage

Le malaxeur utilisé est à axe vertical. Après avoir déterminé les proportions de chaque composant, la séquence de malaxage retenue est la suivante :

- mélanger dans le malaxeur tous les matériaux à sec pendant 1 mn ;
- Introduire le mélange super-plastifiant et eau graduellement jusqu'à obtention d'un mélange homogène (Figure 10).



Figure 10: le malaxeur à axe vertical.

II-3-4. Remplissage des moules

Une fois le béton obtenu, nous avons procédé au remplissage des moules cubiques (Figure 11) à l'aide d'une truelle tout en arasant bien la surface, afin d'avoir des surfaces planes, ce qui éviterait des erreurs dans les essais.



Figure 11: remplissage des moules.

II-3-5- vibration du béton

Une fois les moules remplis de béton, ils sont posés sur une table vibrante. Les éprouvettes sont vibrées pendant une quinzaine de minutes. Le but étant d'éliminer les bulles d'air qui occluses à l'intérieur du béton (Figure 12).



Figure 12: vibration des moules.

Les éprouvettes sont laissées au séchage à température ambiante au laboratoire, avant d'être décoffrées au bout de 24 à 48 heures.

II-3-7 - Référencement des éprouvettes

Les éprouvettes sont démoulées, puis sont étiquetées en précisant la date de leur confection et la référence du béton (figure 13).



Figure 13: référencement des éprouvettes

Elles sont par la suite immergées dans un bac rempli d'eau et (figure 14) à température modérée et constante pour y subir une cure d'hydratation de 28 jours, date requise pour la maturation du béton, et ce selon la norme NF EN12390-4.



Figure 14: cure d'hydratation du béton.

Les éprouvettes ont été retirées de l'eau au bout du 28^{ème} jour ayant suivi la date de leur confection. Elles ont subi un traitement de surface pour éliminer toutes les impuretés résultant de la laitance du béton. Elles ont été, par la suite, soumises à des essais à l'ultra son pour mesurer les vitesses de propagation des ondes et avoir, ainsi, une idée sur leurs résistances à la compression. Elles ont également subi des essais destructifs de compression dans le but de définir leurs résistances à la compression.

II-4 – Etudes sur les éprouvettes :**II.4-1 Etude de la vitesse de propagation des ondes ultrasoniques :**

La méthode des ultrasons consiste à mesurer le temps de déplacement d'une impulsion ultrasonique traversant le béton à tester. Le circuit du générateur d'impulsions comprend un circuit électronique pour générer une impulsion et un transducteur pour transformer ces impulsions électroniques en énergie mécanique ayant une fréquence de vibration de 54 KHz.

Le temps de déplacement de l'onde entre l'émetteur et le récepteur est mesuré électroniquement. La longueur du trajet entre les transducteurs divisés par le temps de déplacement donne la vitesse moyenne de propagation des ondes.

Pour la mesure de la VPOU nous avons utilisé l'appareil PunditLab+ (Schwerzenbach, 2012). La VPOU a été obtenue par transmission directe selon la norme EN 12504-4. Trois mesures sont prises au centre des surfaces latérales de chaque cube figure (15), dans une direction perpendiculaire à la surface de béton comme montré sur la (figure 16). Pour assurer un couplage acoustique de 54 kHz entre les transducteurs et la surface à tester, une fine couche de couplant (gel) est appliquée sur le transducteur et sur la surface béton. Le but de cet essai est double, puisqu'il permet de savoir si les éprouvettes testées ne présentent pas de discontinuités de matière (sont compactes), comme ils permettent d'estimer leur résistance à la compression. La technique à ultrasons permet d'estimer la porosité et la connectivité des pores dans les bétons. La méthode est basée sur l'analyse des vitesses des ondes ultrasoniques en fonction des porosités de ces bétons à différentes fractions de substitution.



Figure 15: désignation du centre de l'éprouvette à tester



Figure 16: mesure de la vitesse de propagation des ondes

II.4-2 Etude de la résistance à la compression :

Les essais de compression ont été effectués à l'âge de 28 jours. La résistance mécanique en compression d'un béton correspond à la charge de rupture (charge maximale enregistrée) au cours de l'essai d'écrasement sous une contrainte normale axiale. La mise en charge se fait d'une manière continue jusqu'à la rupture de l'éprouvette (figure 17)

La presse utilisée est une presse hydraulique à plateau inférieur mobile. Elle a une capacité maximale de 2000 kN (figure 18). Les essais ont été réalisés avec une vitesse de chargement de 0,5 MPa/s.



Figure17: éprouvette à l'essai de compression.



Figure 18: - presse utilisée pour l'essai de compression

II-6 -Traitement et analyse statistique des données

Après avoir collecté toutes les données, elles ont été soumises à une analyse statistique. Pour traiter et analyser les données collectées à partir de notre expérience, nous avons utilisé le programme Microsoft Excel version 2007 et le logiciel d'analyses statistiques R.

L'analyse des données s'est faite d'abord par la création d'une base de données sur Microsoft Excel version 2007 qui a servi, d'une part, à calculer des droites de régression dans le but de mettre en évidence les relations qui existent entre les pourcentages de substitution avec les granulats de recyclage et chacune des variables vitesse de propagation de l'onde et résistance à la compression du béton respectivement. D'autre part, une analyse de la variance (ANOVA) semblait bien indiquée pour comparer les effets des pourcentages de substitution sur la résistance à la compression du béton.

Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les différentes formulations du béton témoin et des bétons de démolition, ainsi que les différents matériaux. Entrant dans leurs compositions.

Les étapes de confection des éprouvettes en béton y ont été détaillées. Enfin, les essais à l'ultrason ainsi que ceux de compression ont été bien décrits, allant de l'instrumentation au principe de ces tests. L'ensemble des résultats obtenus est donné dans le chapitre suivant.

Chapitre III :

Résultats et discussion

Introduction

Dans ce chapitre, les résultats de l'expérimentation sont présentés et analysés. Cinq bétons (béton témoin, béton de démolition à des taux de substitution de 25%, 50%, 75% et 100%) sont utilisés à raison de trois éprouvettes par béton. Les essais sont menés sur des éprouvettes cubiques de dimensions de 10*10*10 cm³. Les résultats des essais non destructifs et 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 par ANOVA ainsi que le calcul de régressions linéaires pour les variables étudiées ont été réalisés.

III-1- Résultats des essais à l'ultrason

III-1-1-Vitesses de propagation des ondes ultrasonique (VPOU)

Dans cette partie, nous donnons les résultats des essais à l'ultrason, qui ont été conduits sur des éprouvettes de 28 jours d'âge. La VPOU a été mesurée pour chaque éprouvette de chaque variante. Les résultats obtenus pour les différents taux de substitution des GN par le GBD sont consignés dans le tableau IV.

Tableau III: vitesse de propagation des ondes ultrasoniques.

	Vitesse de propagation des ondes (m/s)			
	éprouvette 1	éprouvette 2	éprouvette 3	Moyenne
BT	3375,17	3462,51	5154,66	3997,45 ± 819,05
BD 25%	3259,33	4763	4942,66	4321,66 ± 924,38
BD 50%	3522,75	5042,33	5146,66	4570,58 ± 908,94
BD 75%	4942,66	5050,06	4794,33	4929,01 ± 128,41
BD 100%	4928	4942,66	4919,66	4930,10 ± 11,64

Les vitesses de propagation des ondes pour toutes les éprouvettes à base de GBD présentent des valeurs supérieures à celle des éprouvettes base de GN comme le montrent les différentes confrontations de la figure 19. On enregistre, ainsi, une valeur de 4930.1 m/s comme VPOU des éprouvettes à 100% de GBD, contre 3997.45 m/s pour le béton témoin.

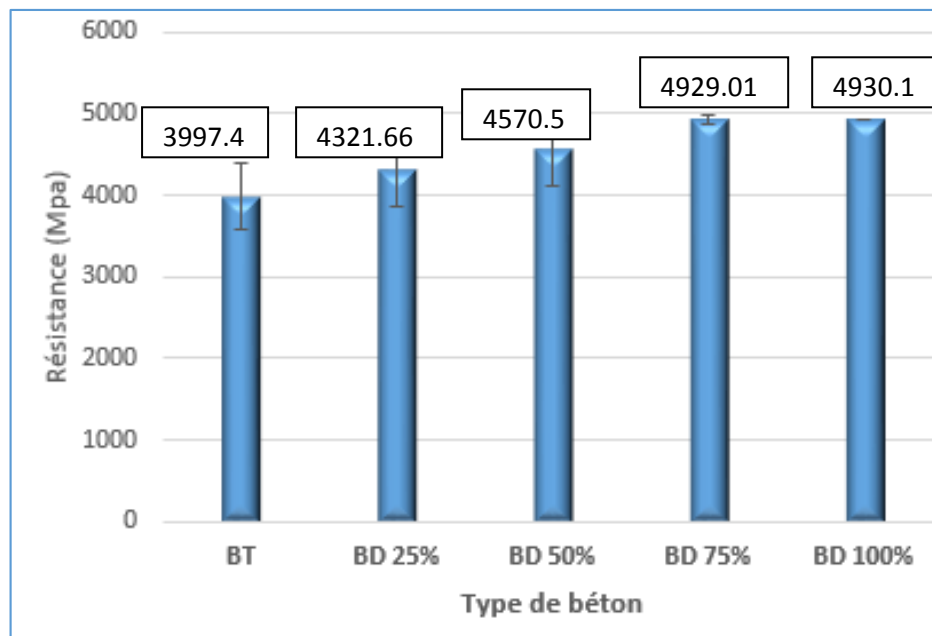


Figure 19: Confrontation des VPOU selon le pourcentage de substitution.

Il permet de mettre en confrontation directe les VPOU obtenues pour les différents pourcentages de substitution de GN par les GBD. Il ressort de cette opposition, que la VPOU est proportionnelle au pourcentage de substitution. Les calculs des gains de VPOU par rapport au béton témoin, sont résumés dans le tableau V.

Tableau V : Gain en VPOU

Type de béton	VPOU (m/s)	Gain (en %)
BT	3997,45	/
BD 25%	4321,66	8,11
BD 50%	4570,58	14,33
BD 75%	4929,01	23,30
BD 100%	4930,1	23,33

Le gain en vitesse atteint la valeur maximale de 23.33 % pour les éprouvettes conçues à partir des GBD par rapport à celles à base de GN.

Par ailleurs, une régression linéaire reliant le pourcentage de substitution et la VPOU est calculée à l'aide du logiciel R (Figure 21).

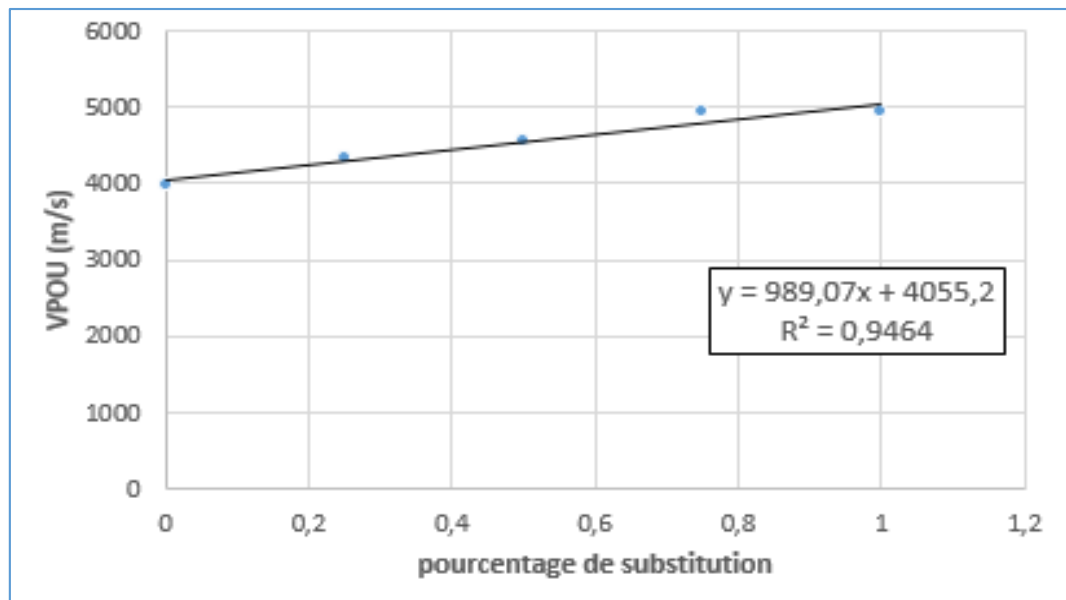


Figure 20: Régression linéaire de VPOU dans pourcentage.

Les résultats ont permis de conclure que ces deux variables présentent une corrélation hautement significative, puisqu'on obtient une p-value de 0.005348 pour un coefficient $R^2=0.9464$. Le modèle linéaire établi prend, alors, la forme suivante :

$$Y = 989.07 X + 4055.2$$

Où Y représente la variable VPOU expliquée par la variable X qui représente le pourcentage de substitution.

III-1-2- Estimation de la résistance à la compression

Les résultats obtenus sont analysés en utilisant la courbe RILEM (figure 22). Elle permet d'estimer la résistance à la compression du béton à partir des VPOU.

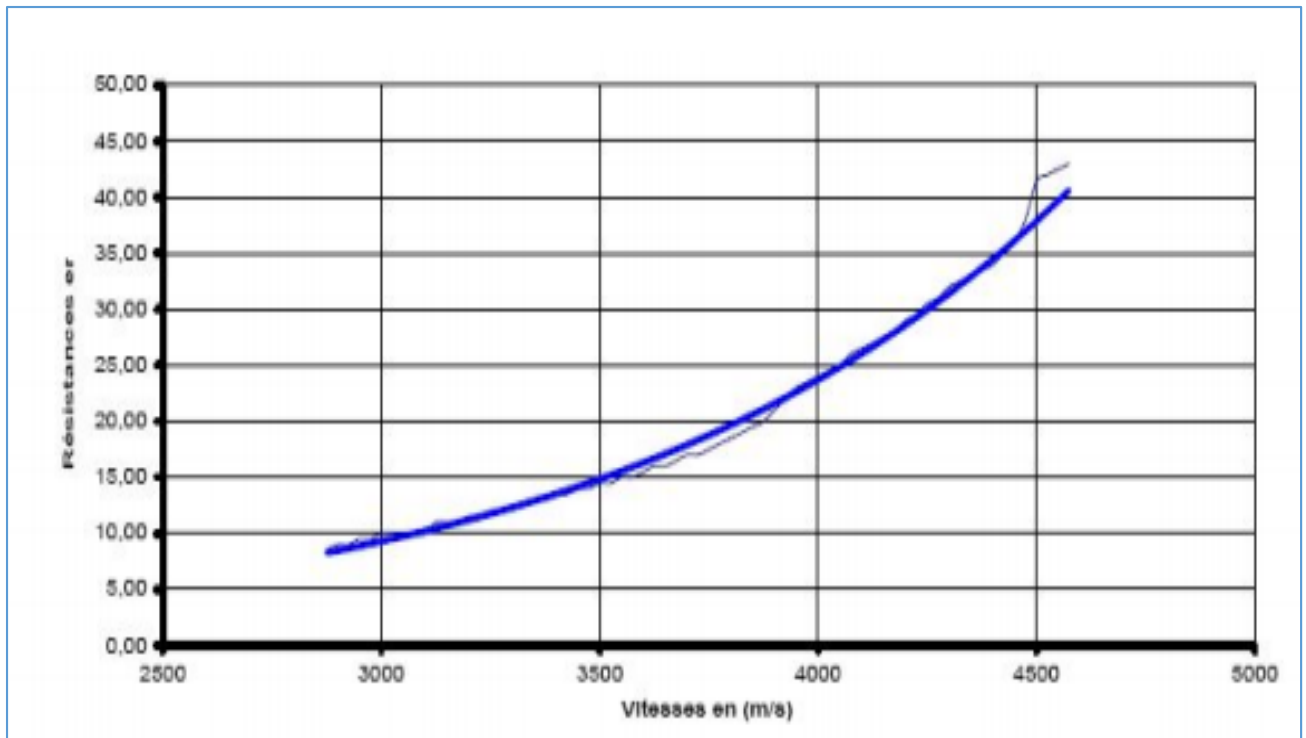


Figure 21: Estimation de la résistance du béton selon RILEM

Néanmoins, les résistances ne correspondent pas toujours à la résistance réelle du béton in situ. C'est pour cette raison que seul un classement qualitatif est établi selon les appréciations données dans le tableau VI

Tableau IVI: Qualité de la résistance en fonction de la VPOU

VPOU	Qualité
$2500 \text{ m/s} \leq V < 3200 \text{ m/s}$	béton de faible résistance
$3200 \text{ m/s} \leq V < 3700 \text{ m/s}$	béton de moyenne résistance
$3700 \text{ m/s} \leq V < 4200 \text{ m/s}$	béton à haute résistance
$V \geq 4200 \text{ m/s}$	béton à très haute résistance

D'après cette classification, il ressort que les bétons à base de GBD sont à très haute résistance, puisque toutes les VPOU enregistrées pour ces bétons dépassent 4200 m/s. ceci renseigne également sur la compacité de ces bétons puisque les éprouvettes ne présentent, à priori, pas de discontinuité de matière.

III-2- Résultats des essais destructifs

Les résistances mécaniques obtenues pour les différentes formules de bétons testées sont données dans le tableau VII

Tableau V: Résistances en compression.

Type de béton	Résistance à la compression (MPa)			
	éprouvette 1	éprouvette 2	éprouvette 3	Moyenne
BT	31,45	30,96	31,88	31,43 ± 0.46
BD 25%	42,29	38,07	37,71	39,36 ± 2.54
BD 50%	34,16	42,25	47,97	41,46 ± 6.93
BD 75%	42,06	42,83	42,45	42,45 ± 0.38
BD 100%	42,54	42,75	42,33	42,54 ± 0.21

L'ensemble des résultats obtenus montre que la résistance à la compression est proportionnelle au pourcentage de substitution des GN par les GBD. Elle augmente, en effet, à chaque fois qu'augmente ce pourcentage. La résistance la plus élevée, est obtenue pour le béton à 100 % de GBD, elle a une valeur de 42.54 MPa contre 31.43 MPa pour le béton témoin. Ces résultats montrent l'intérêt de l'utilisation des GBD dans le domaine des bétons, mais une étude de durabilité est nécessaire pour prouver leur efficacité à long terme.

La résistance mécanique du béton à base de GBD pour chaque pourcentage de substitution est confrontée à celle du béton témoin, comme illustré par la figure 23

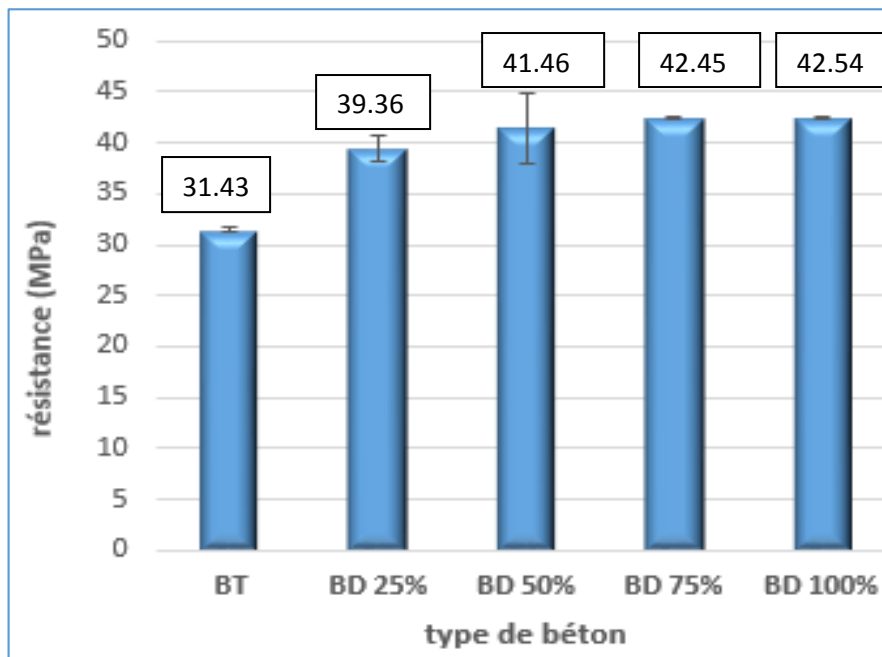


Figure 22: Confrontation des résistances à la compression des différents pourcentages.

Il apparaît clairement que le béton à 100% de GBD donne la meilleure résistance mécanique en comparaison avec les autres pourcentages de substitution. Ceci peut être également expliqué par la forte résistance du béton de base qui a servi aux GBD. Plus la quantité de GBD est élevée, meilleure est la résistance à la compression.

Ces résultats sont contraires à ceux de Çakır 2014, Hansen et al. 1983, Katz 2003 et HADDAD 2018 qui ont montré que la résistance à la compression du béton diminue avec l'augmentation du taux de substitution des GN par des GBR. La relation inverse entre la teneur en GBR et la résistance à la compression est liée aux propriétés mécaniques des GBR. La porosité intrinsèque élevée du mortier adhérent et les fissures résiduelles dues au processus du concassage ont créé des zones de faiblesse dans le béton. Les écarts constatés entre les résultats que nous avons obtenus et ceux de ces auteurs, peut être expliqué par la composition du béton qui a généré les GBD. En effet, ignorant la formulation de base de ce béton, on pourrait penser que le béton avait déjà une bonne résistance.

Ceci rejoint les conclusions de Tavakoli et Soroushian (1996) et Gonzalez et Etxeberria (2014) qui estiment qu'une résistance plus élevée dans le béton contenant du GBR par rapport au béton contenant du GN peut être obtenue lorsque la résistance du béton à partir duquel le GBR est généré est supérieure à celle du béton contenant du GN utilisé pour l'objectif de comparaison.

Ajouter à cela, les corrections que nous avons apportées dans la formulation des bétons GBD. En effet, la quantité de sable et de ciment ont été augmentées par rapport à celle du béton témoin, par souci de combler les vides contenus dans les granulats recyclés. Une quantité de poudre de marbre a été également introduite pour pallier ce même problème de porosité. Tous ces éléments ont amélioré la compacité des mélanges et donc leurs résistances.

Les gains en résistance mécanique des bétons à base de GBR par rapport au béton témoin, ont été quantifiés. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau VIII

Tableau VII:Gain en résistance à la compression.

Type de béton	Résistance (Mpa)	Gain en %
BT	31,43	/
BD 25%	39,36	25,23
BD 50%	41,46	31,91
BD 75%	42,45	35,06
BD 100%	42,54	35,35

Le gain en résistance le plus élevé par rapport au béton témoin, est enregistré pour le béton à 100 % de GBD avec une valeur de 35.35%.

Un lien linéaire reliant la résistance à la compression et le taux de substitution est, alors, proposé. Il est calculé sous R. Les résultats obtenus sont donnés dans la figure 25.

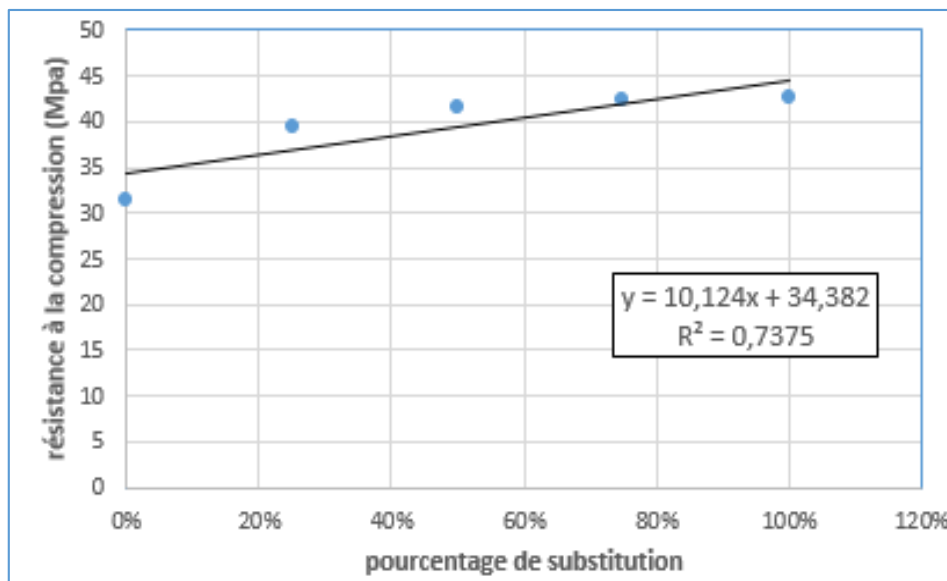


Figure 23: Régression linéaire de la résistance en le pourcentage.

Par ailleurs, l'analyse statistique ANOVA est réalisée avec le logiciel R, afin d'étudier l'effet du pourcentage de substitution sur la résistance à la compression du béton. L'ANOVA a révélé une différence significative vu que la p-value est inférieure à 0.05 ($p=0.002$), ce qui nous laisse conclure que le taux de remplacement des GN par les GBD a un effet significatif sur la résistance à la compression du béton (tableau VIII)

Tableau VIII: Table de l'ANOVA pour la résistance à la compression

Analysis of Variance Table						
Response: RC						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
P	1	192.48	192.483	14.02	0.002454	**
Residuals	13	178.48	13.729			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Le classement en groupes homogènes par le test de Newman-Keuls, a permis de répartir l'ensemble des moyennes en deux groupes. Le groupe a renfermant les moyennes des résistances des bétons GBD à 25%, 50%, 75% et 100%), tandis que le groupe b renferme la résistance du béton à base de GN (0%).

Conclusion

Dans ce chapitre, les résultats de l'étude sont analysés et discutés. Plusieurs essais ont été effectués pour déterminer l'effet des GBD sur la résistance mécanique des bétons. Il a été constaté que le remplacement des GN par des GBD améliorait la VPOU, synonyme d'une réduction des pores dans les bétons étudiés, ainsi que la résistance à la compression du béton. Ceci montre l'efficacité d'un tel remplacement et offre une solution potentielle aux déchets de démolition en les recyclant dans de nouveaux bétons. La meilleure augmentation en termes de vitesse des ondes ultrasoniques et de résistance à la compression, est enregistrée pour le béton à 100% de GBR.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les déchets sont considérés de nos jours, comme une ressource précieuse et intarissable à partir de laquelle, peuvent être extraites des matières premières et de l'énergie.

L'objectif principal fixé dans cette étude est de remplacer les granulats naturels par des granulats de démolition dans les nouveaux bétons.

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 recyclage représentent une nouvelle source d'approvisionnement des chantiers en granulats. Cette substitution permet d'alléger l'exploitation excessive des gisements naturels (carrières et rivières) donc une économie de matériaux naturels. L'utilisation des granulats recyclés dans la fabrication du béton offre une bonne solution au problème de la gestion des déchets de construction. Ceci permet de constater que l'utilisation des granulats de recyclage contribue à la préservation de l'environnement.

Les essais mécaniques conduits dans le cadre de cette étude ont concerné des éprouvettes cubiques confectionnées avec des bétons dans lesquels les GBD ont été introduits en remplacement des GN à des taux de 25%, 50%, 75% et 100%. Ceci en opposition à des éprouvettes servant de témoins fabriquées avec un béton à base de GN.

Les résultats obtenus nous permettent de conclure que l'introduction des GBD dans les bétons augmente les propriétés de résistances de ces bétons. Les résistances à la compression enregistrées à 28 jours sont supérieures en comparaison à celle du béton de référence. Un gain de résistance de 35.35% a été enregistré pour le béton à 100% de GBD.

Par ailleurs, les mesures des vitesses de propagation des ondes ultrasoniques a permis de prédire la qualité du béton et de montrer l'effet du GBD sur la qualité du béton en termes d'homogénéité et d'uniformité du béton. Les résultats ont montré que la vitesse de propagation des ondes ultrasoniques augmente avec l'introduction du GBD dans le béton.

Comme réponse à notre objectif d'étude sur la possibilité de recycler et de réutiliser les déchets provenant de la démolition des constructions, on peut dire que les résultats obtenus sont prometteurs, les bétons ainsi formulés présentent des performances satisfaisantes en terme de propriétés mécaniques notamment la résistance à la compression.

La résistance à la compression du béton contenant les GBR dépend de plusieurs facteurs tels que la résistance du béton source à partir duquel le GBR est généré, la procédure de la composition, le rapport E/Cet la taille de l'agrégat. On observe une résistance plus élevée

Conclusion générale

dans le béton contenant du GBR par rapport au béton contenant du GN, lorsque la résistance du béton à partir duquel le GBR est généré est supérieure à celle du béton contenant du GN utilisé pour l'objectif de comparaison.

En perspectives d'un approfondissement de cette thématique de recherche, il est suggéré de compléter ce travail par :

- ✓ Un tri et la traçabilité des déchets sur les chantiers ;
- ✓ L'utilisation d'autres types de matériaux recyclés ;
- ✓ Tester le même procédé sur des éléments en béton armé ;
- ✓ Le choix de la déconstruction plutôt que de la démolition ;

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ADDOU A. (2009) : Traitement des déchets, valorisation, élimination. Ed. Ellipses. 25, 27, 34, 43, 181p

ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) (www.ademe.fr)

Agence nationale des déchets (AND) (<http://www.and.dz>)

Association Française du génie parasismique AFPS (2003)

AIT MAAMAR Chahrazed et KECHOUT Aghilas 2016 Contribution à l'étude d'état de la gestion des déchets ménagers et assimilés dans la commune de Tizi-Ouzou

A.M. NEVILLE, « Propriétés des bétons », Edition Eyrolles 2000

BALET J-M. (2008) - « gestion des déchets : aide-mémoire », 2ème édition. DUNOD, Paris

BALET J.-M. (2014) : Gestion des déchets : Aide-mémoire. 4ème. Ed. DUNOD, France., 63, 71p

BELMILOUD Lilia BENKANOUN Dyhia, 2016/2017, Recyclage des déchets inertes de marbre et de granite de la marbrerie YAHIAOUI-DBK dans la fabrication des dallages de sol.

BENAMMAR A. & CHAOUICHE M. (Octobre 2014) : Etude analytique pour une gestion optimale des déchets de démolition : récupération, recyclage et valorisation : cas d'étude : déchets générés lors du séisme de Boumerdès (de l'an 2013)

BERTRAND J.-R. & LAURENT F. (2003) : De la décharge à la déchetterie : Questions de géographie des déchets, Presses universitaires de Rennes, France, 145, 146p.

Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement CATE (2003)

CHEREF Lydia et REZKI Rachid, 2015/2016, Recyclage et valorisation des déchets inertes de la briqueterie SARL-DBK-MAT dans la fabrication de dallage de sol.

CHIBANI NAOUEL, 2013, formulation et propriétés des bétons autoplaçants (BAP) a base de granulats recyclés : cas des fines de marbre.

Ch. Legrand (2006). Quelles solutions pour le recyclage des déchets du bâtiment ? Des questions et des réponses. Les dossiers du C.S.T.C. Cahier n°3, 3ème trimestre 2005, 14p.

DAMIEN A. (2013) : Guide du traitement des déchets, réglementation et choix des procédés. 6ème éd. DUNOD, France., 63, 71p.

Références bibliographiques

DESACHY Ch. (2001) : Les déchets : sensibilisation à une gestion écologique, Ed. TEC &DOC, Paris, 23, 27, 42p.

DJAMA Zahra, 2015, Comportement mécanique et rhéologique des bétons à base des granulats recyclés.

Gonzalez et Etxeberria, 2014, properties of high performance concrete made with recycled fine ceramic and coarse mixed aggregates

G. Pepin et all. (2001). Caractérisation des déchets. Le goudron dans les déchets du réseau routier. INERIS, Paris, France, 85p.

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.

Hansen, T. C., and Narud, H. 1983. Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate. Concrete International, 5(1), 79-83.

IARC (1985). Monographie sur l'évaluation des risques cancérigènes pour l'homme des produits chimiques. Composés aromatiques polycycliques, 4ème partie : Les bitumes, goudrons de houille et produits dérivés, les huiles de schistes et suies.

J. BARON et J. P. OLIVIER,1992, « La durabilité des bétons », presses de l'école nationale des ponts et chaussées.

Katz, A. 2003. Properties of concrete made with recycled aggregate from partially hydrated old concrete. Cement and Concrete Research, 33(5), 703–711.

KOLLER E. (2009) : Traitement des pollutions industrielles : Eau. Air. Déchet. Sols. Boues. 2ème. Ed. DUNOD., 479, 483, 507p

Luc COURARD (2006) Le cycle de vie des matières : les matériaux de construction et de démolition

Références bibliographiques

MINISTRE 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'Élimination des Déchets. Journal officiel n°77, 10p

MOLLETA R. (2009) : Le traitement des déchets, 18-20,105p

MOLLETA R. (2011) : La méthanisation. 2ème éd. TEC & DOC, Paris., 03p

PASCAL (2004) : l'invention des déchets urbains, France.

ROGAUME TH. (2015) : Gestion des déchets : Réglementation, organisation, mise en œuvre, 2ème éd. 11, 12, 178, 207,208p.

RAKOTOMALALA.R., 2016, Économétrie La régression linéaire simple et multiple Version 1.1, Université Lumière Lyon 2,173p.

Les guides pratiques. ([Http://www.les guides pratiques.fr](http://www.les-guides-pratiques.fr))

Rapport des déchets du secteur de la construction (FEVRIER, 2011)

Rapport sur la gestion des déchets solides en ALGÉRIE (AVRI, 2014)

Tavakoli et Soroushian, 1996, strengths of recycled aggregate concrete made using field-demolished concrete as aggregate.

Çakır, Ö. 2014. Experimental analysis of properties of recycled coarse aggregate (RCA) concrete with mineral additives. Construction and Building Materials, 68, 17–25.

Références bibliographiques

Résumé

La bonne gestion des déchets apparaît comme une nécessité pour le développement durable. Ce problème constitue aujourd'hui une des préoccupations majeures de la population et des autorités publiques eu égard aux risques encourus pour le développement humain et la sauvegarde des écosystèmes.

La construction reste aujourd'hui une des activités qui génère le plus de déchets dans le monde. Les nombreux chantiers ouverts pour la construction et la réhabilitation des bâtiments et les nombreuses démolitions d'immeubles génèrent des quantités importantes de débris de toutes sortes.

Différentes formulations de bétons ont été composées en faisant une substitution volumique à différents pourcentages des GN par des GBR (béton témoin, béton démolé 25%, 50%, 75% et 100%), le béton de référence est formulé avec uniquement des GN ; avec l'augmentation du pourcentage des autres paramètres de composition des bétons

Les résultats des essais ont montré qu'il y a une augmentation dans les propriétés de résistances à la compression et de durabilité des bétons étudiés. Cependant, les bétons produits en utilisant jusqu'à 100% de GBR ont atteint des propriétés satisfaisantes par rapport au béton de référence. L'analyse statistique a montré qu'il existe de bonnes corrélations entre le taux de substitution des GBR et la VOU des bétons.

Au final, on peut dire que le recyclage semble être le meilleur compromis entre le coût, la qualité et la préservation de l'environnement.

Les mots clé : déchets, inerte, environnement, démolition, béton, essai, recyclage, valorisation

Abstract

Good waste management appears to be a necessity for sustainable development. This problem is today one of the major concerns of the population and public authorities in view of the risks incurred for human development and the protection of ecosystems.

Construction remains today one of the activities that govern the most waste in the world. The many sites open for the construction and rehabilitation of buildings and the many

Different concrete formulations were composed by making a volume substitution at different percentages of NG by GBR (control concrete, demolished concrete 25%, 50%, 75% and

100%); the reference concrete is formulated with only NG; with the increase in the percentage of other concrete composition parameters

The results of the tests have shown that there is an increase in the properties of compressive strength and durability of the concretes studied. However, concretes produced using up to 100% GBR achieved satisfactory results compared to benchmark concrete. Statistical analysis has shown that there are good correlations between the substitution rate of GBRs and the VOU of concrete.

In the end, we can say that recycling seems to be the best compromise between cost, quality and preservation of the environment.

Keywords: waste, inert, environment, demolition, concrete, testing, recycling, recovery