

République Algérienne Démocratique et Populaire  
**Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme**

**epau**

**Laboratoire Architecture et Environnement**



Mémoire  
Pour l'obtention du diplôme de  
**MASTER EN ARCHITECTURE**  
Architecture Construction et Environnement

Thème

L'apport des déchets de construction : les granulats ;  
alternatives d'utilisation possible.

**Présenté et soutenu par**  
Mlle : FELKAOUI Ahlem

**Mémoire dirigé par :**  
KEHILA Youcef

**Jury :**

Président de jury : Dr DRIOUECHE-DJAALALI N.

Examinatrice : DAHIMENE F.

Examineur : NAADIA.T

Février 2016

## ***Remerciements***

Au terme de ce modeste travail, je tiens à remercier en premier lieu DIEU Miséricordieux qui m'a donné la volonté et la patience pour achever ce mémoire.

Ce travail s'est effectué dans le cadre de recherche consacrée A la protection de l'environnement. Je tiens à exprimer ma reconnaissance à la directrice et le membre du laboratoire architecture et environnement.

J'adresse ma profonde gratitude à mon encadreur M<sup>r</sup> **KEHILA Yousef**, professeur à l'EPAU, qui a dirigé ce travail de recherche et qui m'a permis de mener à bon terme ce mémoire de master.

Merci aux membres de jury qui ont accepté de lire et juger ce travail.

Mes remerciements vont également à tout le personnel :

- De la direction de l'environnement de la wilaya d'Alger.
- De l'établissement public à caractère industriel et commercial : assainissement et routes EPIC ASROUT
- Centre national d'études et de recherches intégrées en bâtiment (CNERIB).

Je tiens également à remercier ma sœur Chahrazed et mes deux frères Mohamed et Sofian ainsi que tous mes proches, je citerais en particulier ; mes deux tantes Djamila et Salima, GHACHI Mohamed, MECHETER Amira, MOKHTARI Rafika et YELLAS Manel pour leur soutien durant le travail.

Qu'il me soit permis enfin d'adresser un remerciement particulier à mes parents pour leur soutien et leur encouragement permanent.

## RESUME

Le développement durable est devenu un véritable enjeu stratégique, car il se propose à résoudre les problèmes engendrés par le développement traditionnel. En effet le développement ne s'est jamais soucié de son milieu existentiel ; les conséquences néfastes perceptibles à tout être, ne se sont pas fait attendre ! Aujourd'hui le réchauffement climatique, dû principalement aux émissions de CO<sub>2</sub>, est une réalité, il cause des dommages importants sur l'agriculture, sur la pérennité des sols ; certaines matières premières sont en voie de raréfaction etc... cela montre que le développement tel que conçu a ses limites d'où l'idée de passer de la première phase du développement à une seconde phase qui s'impose et devrait être en harmonie avec son milieu environnemental !

Notre travail s'inscrit dans ce cadre et concerne

- ✓ La prise en charge des déchets générés par la construction et la déconstruction.
- ❖ Leur étude statistique
- ❖ Leurs études de ramassages et de regroupement
- ❖ Leurs études de retraitement et de réutilisation

En Algérie l'intérêt de réduire la consommation abusive des granulats naturels non renouvelables et la nécessité d'éliminer les gravats de démolition en quantités croissantes, constituent un des enjeux vis-à-vis des exigences de la prise en compte du développement durable dans le bâti.

Dans ce contexte ce travail s'inscrit dans l'optique de mettre en évidence la valorisation des déchets de constructions comme source de granulats pour leur réutilisation dans le domaine du bâtiment.

Cette recherche bibliographique expose :

- la nécessité d'opter pour la valorisation des gravats dans l'agglomération algéroise
- l'interprétation des résultats des caractéristiques physiques et mécaniques des granulats naturels et recyclés
- la détermination de l'influence des granulats recyclés sur les propriétés du mortier frais et durci.

Mots clés : Environnement, Ressources naturelles, gravats, valorisation, caractérisation.

## الملخص

أصبحت التنمية المستدامة قضية إستراتيجية، لأنها تقترح الحل لمعالجة المشاكل الناجمة عن التنمية التقليدية، والواقع أن التطور لم يهتم أبداً ببيئته المحيطة، الآثار السلبية التي يمكن لكل فرد إدراكها لم تبطئ في القدوم.

اليوم ظاهرة الاحتباس الحراري التي ترجع أساساً إلى انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) هي حقيقة واقعة، فهو يسبب ضرراً كبيراً على الزراعة، استدامة التربة وبعض المواد الخام... إلخ. هذا يعني أن التنمية كما تم تصميمها لديها قيود، مما يجعل فكرة الانتقال من المرحلة الأولى للتنمية إلى المرحلة الثانية التي تفرض وجودها والتي يجب أن تكون في توافق مع البيئة.

عملنا هو جزء من هذا الإطار ويشمل:

- ❖ إدارة النفايات الناتجة عن البناء والهدم؛
- ❖ دراستهم الإحصائية؛
- ❖ دراسة إعادة معالجتهم وإعادة استخدامهم.

في الجزائر، الحد من الاستعمال المفرط للمجاميع الطبيعية وضرورة القضاء على أنقاض الهدم ذات الكميات الكبيرة يشكل رهان في إطار مواجهة متطلبات التنمية المستدامة.

في هذا السياق يتمحور هذا العمل على تسليط الضوء على تقييم وتثمين نفايات الهدم والبناء من أجل إعادة استخدامها في قطاع البناء.

هذا البحث يتناول:

❖ ضرورة تبني عملية تثمين الحصى الناتج عن الهدم والبناء في المجتمع الحضري للجزائر العاصمة؛

❖ تفسير نتائج الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للركام المعاد تدويره.

❖ تحديد دور الركام المعاد تدويره على خصائص الملاط.

الكلمات المفتاحية: البيئة، الموارد الطبيعية، الحصى، والتقييم والتوصيف.

## ABSTRACT

Sustainable development has become a strategic issue because it proposes to solve the problems caused by the traditional development. Indeed the development has never cared about his existential environment; the adverse consequences to every perceivable, are not long in coming! Today global warming, mainly due to CO2 emissions, is a reality, it causes significant damage on agriculture, the sustainability of the soil; certain raw materials are scarce pathway etc ... this shows that development as designed has limitations where the idea of spending the first phase of development has a second phase which is necessary and should be in harmony with its environmental community!

Our work is part of this framework and concerns:

- The management of waste generated by the construction and deconstruction.
- Their statistical study
- Their studies pickups and grouping
- Their studies reprocessing and reuse

In Algeria's interest to reduce the abuse of non-renewable natural aggregates and the need to eliminate the demolition rubble in increasing quantities, constitute an issue of the requirements of the consideration of sustainable development in the frame.

In this context this work is in the optical highlight waste recovery of deconstruction as a source of aggregate for reuse in the building sector.

This literature review exposes :

- The need to opt for the valuation of rubble in the Algiers conurbation
- Interpreting the results of physical and mechanical characteristics of natural and recycled aggregates
- determining the influence of recycled aggregates on the properties of fresh and hardened mortar.

Keywords: Environment, Natural Resources, rubble, valuation, characterization.

# SOMMAIRE

## INTRODUCTION GENERALE

I-Introduction .....	1
II-Problématique .....	1
III-Hypothèses .....	3
IV-Méthodologie .....	3
V-Structure du mémoire .....	4

## CHAPITRE I: Gestion et valorisation des déchets de construction

I- INTRODUCTION .....	5
II-GESTION DES DECHETS DE CHANTIER .....	5
II-1- Méthodologie pour la bonne gestion des déchets de chantier.....	5
II-2- Responsabilité de la gestion des déchets de chantier .....	7
II-3- Type de déchets dans le chantier .....	8
III - VALORISATION DES DECHETS INERTES .....	10
III-1- Origine de la production des déchets inertes .....	10
III-2 Réglementation relative aux déchets de démolition et réhabilitation .....	11
III-3- Filières de valorisation des matériaux inertes .....	11
IV- LE RECYCLAGE UN ENJEU ENVIRONNEMENTAL .....	12
IV-1- Production des granulats recyclés .....	13
IV-2- Procédés de recyclage .....	13
IV-3- Zoom sur une installation de recyclage .....	14
IV-4 Les produits recyclés .....	14
V- VALORISATION DES GRANULATS RECYCLES POUR LA FABRICATION D'UN NOUVEAU MORTIER .....	15
V-1- Définition du mortier .....	15
V-2- Composants du mortier .....	15
V-3- Différents types de granulats .....	15
V-4- Caractéristiques des granulats .....	16
V-5 utilisations possibles du mortier .....	16
VI - LES DECHETS INERTES DE DECONSTRUCTION COMME GRANULAT D'UN NOUVEAU MORTIER .....	19
VI- 1 Les matériaux de déconstruction .....	19
VI-2- Granulats recyclés produits .....	19
VI- 3- Processus d'élaboration des granulats recyclés.....	20
VI- 4- Propriétés de granulats recyclés .....	21
VI- 5- Propriétés des mortiers et des bétons de granulats recyclés .....	22
VI- 6- Classification de RILEM .....	23
VI- 7- Projet KAMP C, WESTERLO 2011 .....	24
VII- CONCLUSION .....	25

## CHAPITRE 02: LES DECHETS DE CHANTIER DANS L'AGGLOMERATION ALGEROISE

I-GENERALITES SUR LES DECHETS EN ALGERIE .....	26
I-1 Introduction .....	26
I-2 Classification des déchets en Algérie .....	26
I-3 Définition .....	26
I-4 Type des Déchets en Algérie .....	27
II- GESTION DE DECHETS EN ALGERIE .....	28
II- 1 Evolution de la Politique et planification de la protection de l'environnement .....	28
II-2 La nouvelle loi sur l'environnement .....	29
II-3 Organisation de la gestion des déchets en Algérie .....	29
II-4 Acteurs responsables de la collecte des déchets en Algérie .....	30
III. PROBLEMATIQUE DES DECHETS DE CHANTIER EN ALGERIE .....	30
III- 1 Gestion des déchets de construction et de démolition .....	31
III-2 la valorisation des gravats ; un enjeu environnemental .....	32
III-3 Expériences et recherches Algériennes dans le Domaine de recyclage et la valorisation des déchets du bâtiment .....	34
IV- APPROCHE ADOPTEE POUR UNE CONTRIBUTION A L'ETUDE DU PROBLEME DE LA FAISABILITE DU RECYCLAGE EN ALGERIE .....	36
IV-1 Présentation de la wilaya d'Alger .....	36
IV- 2 Les déchets de chantier dans l'agglomération algéroise .....	37
V- ORGANISATION ET COLLECTE DES GRAVATS DANS L'AGGLOMERATION ALGEROISE .....	37
V -1 Présentation de l'EPIC ASROUT .....	37
V -2 Missions de L'EPIC ASROUT .....	38
V -3 Procédure de mise des déchets dans la décharge de gravats .....	39
VI- SITUATION ACTUELLE DES DECHARGES DE GRAVATS .....	40
VI-1 Quantités des terres et gravats accumulés .....	40
VI- 2 Impactes des travaux de démolition .....	40
V-3 Etat des lieux de la wilaya d'Alger en matière de gestion de déchets de gravats .....	41
VII- MISE EN PLACE DUN SYSTEME DE COLLECTE ET DE VALORISATION DES GRAVATS .....	42
VII-1 Contexte Et Objectifs D'action .....	44
VII-2 Nature des activités .....	44
VII-3 Installation d'une station de concassage .....	45
VIII Conclusion .....	48

## CHAPITRE 03: Caractéristiques de mortier a base de granulats recycle issus de concassage de maçonnerie

I-INTRODUCTION .....	49
II- ESSAIS D'IDENTIFICATION DES SABLES .....	49
II-1- Analyse granulométrique par tamisage .....	50
II-2- Module de finesse .....	51
II-3- Masses volumiques :.....	51
II-4- Porosité et coefficient d'absorption .....	52
II-5- Equivalent de sable .....	53
II-6- Conclusion .....	54

III-CARACTERISATION DU mortier .....	54
III-1- confections du mortier .....	54
III-2- Etude de maniabilité .....	55
III-3- Masses volumiques apparentes .....	55
III-4 Résistance à la compression et à la traction par flexion .....	58
III-5- Etude de retrait .....	61
IV-Conclusion .....	63

## **CONCLUSION GENERALE**

CONCLUSION GENERALE .....	65
---------------------------	----

## LISTE DES TABLEAUX

### CHAPITRE I: Gestion et valorisation des déchets de construction

<b>Tableau VI-1</b> : Classification des granulats recyclés .....	23
<b>Tableau VI-2</b> : Limites proposés par la RILEM .....	23
<b>Tableau VI-3</b> : Coefficients Multiplicateurs des propriétés des bétons recyclés par rapport aux Bétons ordinaires .....	24

### CHAPITRE 02: Les déchets de chantier dans l'agglomération algéroise

<b>Tableau I-1</b> : Définition des différents types de déchets en Algérie .....	27
<b>Tableau V-1</b> : Secteur d'intervention de l'Epic d'ASROUT .....	38
<b>Tableau V-2</b> : Prix unitaires avec les taxes réservé aux tonnages réceptionnés .....	39
<b>Tableau VI-1</b> : Quantités des terres, gravats et déchets inertes réceptionnées entre 1998 au 2014 .....	40
<b>Tableau V-2</b> : La Réception des Produits de Démolition de l'Opération de Relogement Du 21/06/2014 au 28/06/2014 .....	41
<b>Tableau VI-3</b> : Quantités réceptionnées en voyages et mètre cube (M <sup>3</sup> ) Du 01/01 /2015 Au 31/ 03/ 2015 (Décharge de Bordj El Kiffan) .....	43

### CHAPITRE 03: Caractéristiques de mortier a base de granulats recycle issus de concassage de maçonnerie

<b>Tableau II-1</b> : Essais relatifs au module finesse	51
<b>Tableau II-2</b> : Les masses volumiques des quatre types de sable	52
<b>Tableau II-3</b> : Taux d'absorption d'eau	52
<b>Tableau II-4</b> : Pourcentage d'équivalent de sable.	53
<b>Tableau III-1</b> : Caractéristiques du mortier témoin.	54
<b>Tableau III-2</b> : Résultat du teste de maniabilité du sable RC	54
<b>Tableau III-3</b> : résultats comparatifs des recherches effectuées	63

## LISTE DES FIGURES

### CHAPITRE I: Gestion et valorisation des déchets de construction

<b>Figure I-1:</b> Facteurs clefs pour une bonne gestion des déchets sur le chantier .....	2
<b>Figure III-1 :</b> Modèle du cycle de vie d'un bâtiment d'un ouvrage d'art .....	10
<b>Figure V-1 :</b> mortier en tant que lit de pose .....	17
<b>Figure V-2 :</b> mortier en tant que joint .....	17
<b>Figure V-3 :</b> schéma d'une dalle posé sur un lit de mortier .....	17
<b>Figure V-4 :</b> mortier utilisé en tant que joint pour la pose des pavés .....	18
<b>Figure V-5 :</b> utilisations possibles du mortier de ciment dans le bâtiment .....	19
<b>Figure VI-1 :</b> répartition de granulats recyclés au pays –Bas .....	20
<b>Figure VI-2 :</b> Processus d'élaboration de granulats recyclés .....	21

### CHAPITRE 02: Les déchets de chantier dans l'agglomération algéroise

<b>Figure III-1 :</b> Evolution de la production national des agrégats .....	32
<b>Figure III-2:</b> Evolution de la production national de sable concassé .....	33
<b>Figure III-3 :</b> Evolution de la production national de sable .....	33
<b>Figure III-4 :</b> Projets structurants d'Alger ECO-METROPOLE .....	36
<b>Figure III-5 :</b> Travaux d'extension du métro D'Alger .....	37
<b>Figure III-6:</b> Chantier en cours grande mosquée d'Alger .....	37
<b>Figure V-1 :</b> La procedure suivie pour la mise des dechets dans la decharge de gravats .....	39
<b>Figure VI-1 :</b> Quantités des terres et gravats réceptionnées .....	40
<b>Figure VI-2 :</b> Multiplicité des Chantiers de démolition dans la wilaya d'Alger .....	41
<b>Figure VII-1 :</b> Station de concassage Oued el Kerma .....	45
<b>Figure VII-2 :</b> broyeur mobile à percussions type RI 220 II .....	46
<b>Figure VII-2 :</b> Cribleur type RS 450/2500 .....	47

### CHAPITRE 03: Caractéristiques de mortier a base de granulats recycle issus de concassage de maçonnerie

<b>Figure II-1 :</b> Distribution granulométrique des sables .....	50
<b>Figure III-1 :</b> Masses volumiques apparente à base de SR à dosage de 350 KG/m <sup>3</sup> .....	55
<b>Figure III-2 :</b> Masses volumiques apparente à base de SN+ P à dosage de 350 Kg/m <sup>3</sup> .....	56
<b>Figure III-3 :</b> Masses volumiques apparente à base de SN+ P à dosage de 350 Kg/m <sup>3</sup> .....	57
<b>Figure III-4 :</b> Rapport E/C sur le comportement mécanique des sables .....	58
<b>Figure III-5 :</b> Evolution des résistances pendant l'âge de cure .....	59
<b>Figure III-6 :</b> présentation des résultats de la résistance à la compression des différents types de sables .....	60
<b>Figure III-7 :</b> retrait des mortiers à différents âges .....	61

## ABREVIATION ET ACRONYMES

**ASROUT** : assainissement et routes- établissement publique sous la tutelle De la wilaya d'Alger.

**CET** : centre d'enfouissement technique.

**CNERIB** : Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées en Bâtiment

**CSTC** : Centre Scientifique et Technique de la Construction. Belgique.

**EPIC** : Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial.

**IRSIA** : Institut pour l'encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et

L'Agriculture, Bruxelles. Belgique.

**PNAE-DD** : Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable.

**PNAGDES** : Plan National de Gestion des Déchets Spéciaux.

**PROGDEM** : Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Ménagers et Assimilés.

**RILEM** : Regroupement International des Laboratoires de recherche et D'Essais pour Matériaux et structures.

**S.C.A.L** : Société des Ciments de l'Algérois.

**SNE** : une stratégie nationale environnementale.

**SPAQuE** : Société publique d'aide à la qualité de l'environnement.

**TRADECOWALL** : Société coopérative pour le traitement des déchets de construction.

# **INTRODUCTION GENERALE**

### I-Introduction

Les granulats sont une matière première indispensable dans les industries du bâtiment et des travaux publics. Elle est produite et utilisée en très grandes quantités, dans tous les pays du monde, Comme le béton constitue presque 75%, en poids, des constructions. [1]

En Algérie jusqu'à aujourd'hui les granulats utilisés sur le marché sont des granulats naturels issus de carrières, ces produits offrent l'avantage d'une qualité relativement constante et d'un approvisionnement continu. Toutefois les ressources naturelles ne sont pas inépuisables et les lieux d'extraction et de préparation ne cessent de s'amoinrir et de s'éloigner des lieux de consommation.

Justement, le décret exécutif n° 9-376 du 16 novembre 2009 fixant les conditions de l'interdiction d'extraction des matériaux alluvionnaires, arrêté fixant la liste des Oueds concernés par l'interdiction de l'extraction des sables témoigne l'épuisement de certains gisements naturels de granulats et les difficultés de mettre en place de nouvelles carrières

En effet la protection de l'environnement, la préservation des paysages imposent de rechercher de nouvelles ressources d'approvisionnement en granulats pour béton afin de répondre aux besoins.

Il s'agit de produits nobles dont l'utilisation pourrait, par exemple, être en tout ou partie remplacée par des granulats recyclés pour la réalisation des bétons ou de fonds de coffrages.

Dans ce contexte, l'utilisation de produits recyclés trouve tout son sens. La bonne approche consiste à utiliser le 'bon produit', pour le 'bon usage', dans les 'bonnes conditions'. [2]

La quantité de déchets inertes générée dans le territoire Algérien a été estimée à environ 11 Millions de Tonnes en 2012. D'où le manque d'espaces appropriés et constitution de dépôts anarchiques. Ainsi, la réalisation de centres d'enfouissement techniques pour ce type de déchets (CET classe3) permettra une gestion rationnelle de ces déchets et une valorisation en BTP. [3]

### II-Problématique

Les inondations de Bâb El Oued et le séisme du 21 mai 2003 de Boumerdes démontrent que l'Algérie n'est pas à l'abri d'une catastrophe naturelle ou technologique, qui peut engendrer des quantités importantes des débris.

[1]BERREDJM, A .*Le recyclage des déchets de démolition solution pour le développement durable : formulation et comportements physiques et mécaniques de béton à base de ces recyclés*. Mémoire de Magistère : Structure et matériaux : Université de Annaba. 2009.

[2]MATRICIEL. *L'utilisation des granulats issus du recyclage : rapport technique « bâtiment exemplaire »* .2010 .

[3] KEHILA, Y. *Rapport sur la gestion des déchets solides en Algérie*, 2014.

Les grands travaux lancés dans l'agglomération Algéroise, génèrent des quantités de déchets inertes importantes, 12 168 807 m<sup>3</sup> Etait la quantité réceptionnée dans les 3 centres d'enfouissement classe 03 : Bordj el kiffan , Staoueli, Douera, durant les 16 dernières années. [4]

L'agglomération Algéroise présente dans cette perspective un gisement valorisable rentable, il est donc important d'en tirer un bénéfice maximal en trouvant des alternatives efficaces, pérennes et rentable sur le plan économique d'une part et environnemental d'autre part.

Le seul centre d'enfouissement, mis en service actuellement est celui de Bordj El kiffan, après la fermeture des deux autres celui de Staoueli en 2010 et de Douera en 2014. [5] Ce dernier présente 75000 m<sup>3</sup> de capacité restante et sa saturation est presque atteinte.

Donc Les contraintes progressivement croissantes liées au respect de l'environnement et au développement durable conduisent à transformer la tradition démolition en celle de déconstruction. Aujourd'hui, il n'est plus question, dans le monde développé, de tout détruire aveuglement avant de tout transporter en vrac à la décharge». [6]

Malheureusement, en notre pays, les choses sont demeurées, telles qu'elles, la méthode pratiquée pour leur élimination reste à ce jour la mise en décharge. [7]

Aussi pour minimiser les frais de transports ainsi que le nombre de sites de réception et augmenter leur durée de vie, l'interrogation suivante se pose:

Comment valoriser un produit prépondérant dans les matériaux de déconstruction et notamment les composés à base de liants hydrocarbonés ?

### Objectifs

Dans ce contexte, notre travail s'inscrit, il a pour objectif principal de contribuer à la valorisation de la fraction inerte des matériaux de démolition et principalement la maçonnerie comme substitut aux granulats naturels, dans le but de:

- Réduire la mise en décharge afin d'économiser le sol servant au stockage de déchets inertes et lutter contre les décharges sauvages.
- Préserver les ressources naturelles en donnant une deuxième vie aux matériaux inertes par la valorisation (Réutilisation, Recyclage).
- Répondre à la demande croissante de granulats.

[4] Et [5] EPIC ASROUT, département technique, wilaya d'Alger.

[6]MONTHARRY, D Et PLATZER, M . 2009. *La technique du bâtiment tous corps d'état* .5ème Edition . Paris : le Moniteur, p.165.

[7]KEHILA, Youcef. 2014. Rapport sur la gestion des déchets solides en Algérie, ANGED, disponible sur : [http://www.sweep-net.org/sites/default/files/ALGERIE%20RA%20FR%20WEB\\_0.pdf](http://www.sweep-net.org/sites/default/files/ALGERIE%20RA%20FR%20WEB_0.pdf)

### III- Hypothèses

-Le traitement des déchets de déconstruction Par la réutilisation et le recyclage, aboutit sur des avantages environnementaux et économiques Matérialisés par la réinjection des granulats dans l'aménagement des différents espaces urbains.

### IV- Méthodologie

- ✓ La recherche va être orientée sur les possibilités de l'emploi de l'opération du recyclage de granulats.
- ✓ les données prises seront celles de l'agglomération algéroise.

La démarche à adopter sera la suivante :

#### 4-1 Recherche théorique :

Études des expériences du secteur de bâtiments s'inscrivant dans la même thématique, ces dernières vont être abordées comme suit :

- Types de déchets dans le secteur du bâtiment.
- Traitement de ces déchets.
- Définitions des domaines d'utilisation des granulats recyclés.
- Caractéristiques physiques des granulats recyclés et leur influence sur les propriétés des bétons ou mortier.

#### 4-2 Travail d'investigation :

Cette étape s'est déroulée en 2 parties :

1. Collecte et interprétation des données liées à la gestion des déchets inertes dans l'agglomération algéroise gérée par l'EPIC d'ASROUT.
2. Interprétation des résultats de l'expérience du recyclage des débris de maçonnerie pour leur réutilisation dans la fabrication du mortier.

### V- Structure du mémoire :

Nous avons structuré le mémoire comme le suivant

- **INTRODUCTION GENERALE**
  - Introduction au thème
  - Problématique
  - Objectifs
  - Hypothèse
  - méthodologie

**CHAPITRE 01** : Ce chapitre consiste à présenter les déchets de chantier généralement et les gravats particulièrement ainsi que les modes de valorisations possibles des gravats et l'influence de leur utilisation en tant que granulats recyclés pour la confection du mortier résultant.

**CHAPITRE 02** : ce chapitre consiste à présenter un état des lieux de l'agglomération algéroise en matière de gestion des gravats et les avantages qui en découlent de la valorisation de ces gravats ; notamment le soulagement des centres d'enfouissements et la diminution de recours aux granulats naturels dans notre pays.

**CHAPITRE 03** : Ce chapitre consiste à présenter et interpréter un programme expérimental effectué au CNERIB pour la caractérisation d'un mortier de ciment confectionné à base d'un sable issu de concassage de maçonnerie

### **CONCLUSION GENERALE**

**CHAPITRE :**  
**01**

## I- INTRODUCTION :

Le développement durable est une alternative inéluctable à notre mode de développement actuel qui ne cesse de dégrader l'état de l'environnement, afin de répondre aux besoins actuels, sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ; sur une planète dont les ressources sont limitées.[8]

L'augmentation du volume des déchets produit chaque année par les activités économiques et les ménages a un impact sur notre environnement et coûte de plus en plus cher à la collectivité.[9]

Le secteur de la construction est un important consommateur d'énergie et de matières premières et aussi, un important producteur de déchets. Du fait de la croissance de la population et de l'augmentation des chantiers de démolition et de rénovation, les tonnages générés par ce secteur augmentent fortement.

Les déchets de démolition constituent en effet, un des gisements les plus importants sur lesquels des actions majeures, en faveur de la valorisation, doivent être mises en place.

Ainsi, ce chapitre est consacré à la gestion des déchets des constructions qui est devenue une préoccupation majeure dans les pays développés, de par des quantités produites et leur potentiel de valorisation.

## II- GESTION DES DECHETS DE CHANTIER :

La gestion des déchets désigne l'ensemble des opérations et moyens mis en œuvre, pour les limiter, recycler, valoriser ou éliminer, c'est-à-dire des opérations de prévention, de pré-collecte, collecte, transport et toute opération de tri, de traitement, jusqu'au stockage.

### II-1- Méthodologie pour la bonne gestion des déchets de chantier :

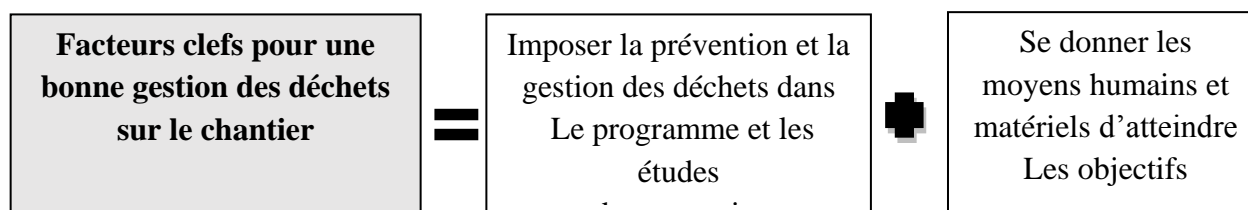
Le secteur de la construction est en mesure de participer au relèvement du défi relatif à la protection de l'environnement, d'abord en limitant sa propre production de déchets, puis en utilisant des matériaux intégrant, en tout ou en partie, des déchets recyclés provenant de ses activités, mais aussi de celles d'autres secteurs industriels.[10]

Nous résumons dans la figure suivante les facteurs clefs pour une bonne gestion des déchets sur le chantier.

[8]KEHILA, Y. *Cours du huitième semestre « éco martiaux »*.Alger :EPAU, 2015.

[9] MILLER, Carole. *Prévenir et gérer les déchets de chantier, méthodologie et outils opérationnels*, le moniteur, 2009. P160.

[10]ROUSSEAU, E. *Possibilités d'utilisation des matériaux recyclés dans le secteur de la construction*. CSTC magazine. Recherches et études, été 2002, PP 3 – 10.



**Figure I-1** : Facteurs clés pour une bonne gestion des déchets sur le chantier

### II-1-1- Prévention des déchets de chantier :

La prévention et la gestion des déchets de construction et de démolition font partie intégrante du développement durable du secteur de la construction et impliquent la participation de tous : maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entrepreneurs et sous-traitants.

Chercher les moyens de prévention afin :[11]

- De réduire la production de déchets (ne pas produire de déchets ou en produire le moins possible),
- Et/ou de limiter la nocivité des déchets générés,
- Et /ou d'amélioré leur caractère valorisable.

Trois niveaux d'actions peuvent être envisagés :

- Mener une réflexion sur l'achat des matériaux,
- Chercher à améliorer les méthodes de construction ou de démolitions,
- Ne pas mélanger les différents déchets.

### II-1-2-Le tri des déchets de chantier :

Le tri, soit sur le chantier, soit dans un centre de tri, permet d'augmenter la pureté de la fraction valorisable des déchets. Plusieurs critères doivent être pris en compte comme le volume des déchets, la place disponible sur le chantier et la difficulté du tri lui-même car certains matériaux sont difficiles à caractériser sur le chantier. Dans les pays développés notamment les pays européens et les Etats-Unis, les déchets de chantier sont triés à la source de façon à réduire la quantité à faire passer dans des centres de tri.[12]

### II-1-3-Valorisation des déchets de chantier :

Le déchet peut être traité selon trois méthodes dans l'article L.541-1 du code de l'environnement français elle s'effectue dans l'ordre préférentiel suivant :

#### II-1-3-1-La réutilisation :

Consiste à utiliser un déchet pour un usage différent de son premier emploi ou à faire à partir d'un déchet, un autre produit que celui qui lui a donné naissance [13]

[11]Et [12]MILLER, Carole. *Prévenir et gérer les déchets de chantier, méthodologie et outils opérationnels*, Le moniteur, 2009. P160.

[13] Dictionnaire de l'environnement: <http://www.dictionnaire-environnement.com> (Consulté le 15-05-2015)

**II-1-3-2-Le recyclage :**

Le recyclage est un procédé qui consiste à réintroduire le déchet dans le cycle de production en remplacement total ou partiel d'une matière première naturelle. Il se distingue de la réutilisation par la nécessité de nouveau traitement que la matière subisse.[14]

**II-1-3-3- Elimination :**

Il y aura toujours une fraction ultime de déchets qui ne saura être réutilisée ou recyclée. Le déchet ultime est un déchet résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment.[15]

**II-2-Responsabilité de la gestion des déchets de chantier :**

La gestion des déchets du bâtiment et des travaux publics dépend de la responsabilité de ceux qui les produisent ou les détiennent, c'est à dire tous les intervenants de l'acte de construire (maître d'ouvrage, maître d'œuvre et entreprises industrielles).[16]

**II-2-1- Le maître d'ouvrage :**

Le maître d'ouvrage est détenteur des déchets, Il doit donc en supporter les frais d'élimination qui doivent être inclus dans les prix unitaires des entrepreneurs. En tant que détenteur des matériaux au cours de la construction, il va de son intérêt de faire valoir sa responsabilité vis-à-vis des déchets. Ainsi, les contrats peuvent exiger la prise en compte de la gestion des déchets de chantiers par le choix de matériaux recyclables ou valorisables pour la construction.[17]

**II-2-2- Le maître d'œuvre :**

Le rôle du maître d'œuvre est d'intégrer la gestion des déchets de chantier dans le projet de construction au même titre que les autres opérations, et notamment au niveau des contrats où sont spécifiées les prescriptions légales et les exigences spécialisées qui sont plus sévères que les légales . Ainsi, les architectes et les bureaux d'études techniques doivent connaître les déchets induits dans leur domaine d'activité, les possibilités de valorisation et les matériaux à mettre en œuvre spécifiés par le maître d'ouvrage.[18]

[14]GRAFF,M. *Utilisation des déchets dans le Génie civil*. Conférence ENPC (France) du 19 au 21 octobre 1999.

[15]CHARIOT, C. *Législation, réglementation et pratique en matière de déchets de chantier en Suisse* .Cahier du CSTB ; Livraison 359. mai 1995, Cahier 2804

[16]MORGAT,B. Une circulaire pour la planification de la gestion des déchets de chantier du BTP .*Environnement et Technique*, juillet-août 2000, n° 198, P.32-34.

[17]CHARIOT,C.*Législation, réglementation et pratique en matière de déchets de chantier en Suisse* .Cahier du CSTB ; Livraison 359. mai 1995, Cahier 2804.

[18]CENTRE DE RESSOURCES NOBATEK.*Guide pour la gestion des déchets de chantiers*. Paris : 2008, P6.

### II-2-3- L'entrepreneur :

L'entrepreneur est responsable des déchets générés lors de la mise en œuvre des matériaux qu'il utilise, ainsi que de leur évacuation et de leur élimination. Dans le cadre de son devoir de conseil vis-à-vis du maître d'ouvrage, il va de son intérêt de favoriser le choix de matériaux générant le moins possible de déchets. Ainsi, il a la possibilité de proposer des variantes dans les appels d'offres intégrant la gestion des déchets de chantier par l'utilisation de matériaux recyclés et les modes d'évacuation des déchets. L'entrepreneur, aussi bien entreprise générale que sous-traitant, doit suivre les directives de la maîtrise d'œuvre. Il est donc tenu de connaître les matériaux qu'il utilise et les déchets qu'ils induisent. Sur le chantier, il peut désigner un responsable interne à l'entreprise chargée de contrôler la gestion des déchets. L'entrepreneur de démolition doit se conformer au contrat qui le lie au maître d'ouvrage et à la loi pour éliminer et valoriser les déchets. [19]

### II-2-4- Les collectivités territoriales :

Les collectivités territoriales ont un intérêt évident à la bonne gestion des déchets de chantier :

- ✓ en tant que maître d'ouvrage, elles sont elles-mêmes producteurs de déchets de chantier, dont elles doivent assurer la gestion.
- ✓ dans le cadre du pouvoir de police général, les maires doivent lutter contre les dépôts illégaux de matériaux et déchets.[20]

### II-3- Type de déchets dans le chantier :

Les déchets de chantier sont classés en 3 catégories. Chaque type de déchets peut être dirigé vers des infrastructures différentes selon son niveau de propreté et le danger qu'il présente, ces déchets sont :

- Déchets dangereux,
- non dangereux et non inertes,
- Déchets inertes.

#### II-3-1- Les déchets dangereux:

Issus de l'activité industrielle qui représente un risque pour la santé ou l'environnement et qui nécessitent un traitement adapté. Ils représentent 2 % des déchets du Bâtiment.

Ex. : peintures en solvant, bois traité avec des oxydes de métaux lourds, amiante friable, hydrocarbures, etc. [21]

[19]MUCCHIELLI, Philippe. *Prescrivez le tri des déchets de bâtiments sur vos opérations*. Nancy : Toucan, 2005.p28.

[20]Et [21]FEDERATION FRANÇAISE DU BATIMENT .*Déchets de chantier : réponse aux questions que vous vous poser*. PARIS : 2014, p20.

**❖ Traitement**

- ✓ Incinération
- ✓ Centre d'enfouissement technique classe I
- ✓ Valorisation énergétique

**II-3-2-Les déchets non dangereux non inertes :**

Des déchets non inertes qui ne présentent aucune caractéristique de "dangerosité" (non toxiques, non corrosifs, non explosifs...). Ce sont les déchets "banals" des entreprises. Ils constituent 26 % des déchets du Bâtiment.

Ex. : emballages, bois, plastiques, métaux, quincaillerie, serrurerie, isolants, plâtre, produits mélangés issus de chantiers de réhabilitation, etc.

**❖ Traitement :**

- ✓ Incinération
- ✓ Centre d'enfouissement technique classe II
- ✓ Valorisation énergétique
- ✓ Recyclage

**II-3-3- Les déchets inertes :**

Des déchets qui, pendant leur stockage, ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante. Ils ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas les autres matières avec lesquelles ils entrent en contact.

Ex : Pierres naturelles, terre et matériaux de terrassement, céramique, matériaux de démolition inertes (bétons, tuiles, briques, parpaing...), verre plat, etc.

❖ Ces matériaux sont considérés comme inertes seulement s'ils ne contiennent pas de substance dangereuse comme : le goudron, enduit de plâtre, de peintures (sans plomb), de papiers peints, de colle et de produits d'accrochage de revêtements muraux et de sols, de colles amiantées.[22]

❖ Les déchets de plâtre sont des déchets non dangereux qui doivent être impérativement écartés des déblais inertes car ils pénalisent fortement la qualité de granulats recyclés. Par ailleurs : le gypse (plâtre) présente le désavantage de la production du gaz sulfurique H<sub>2</sub>S et il est fortement soluble dans l'eau.[23]

**❖ Traitement**

- ✓ Recyclage
- ✓ Réutilisation
- ✓ Centre d'enfouissement technique classe III

[22]Et[23]VIGNAUD pierre .2012.Les déchets de bâtiments. In *Plan de préservation et de gestion des déchets de chantier du bâtiment et des travaux publics*. Languedoc-Roussillon : Imprim'ACT, P.73.

Pour le traitement et le stockage final spécifiques aux déchets inertes, trois types d'installations existent :[24]

- Les installations de recyclage,
- Les installations de stockage des déchets inertes,
- Les remblais de carrières.

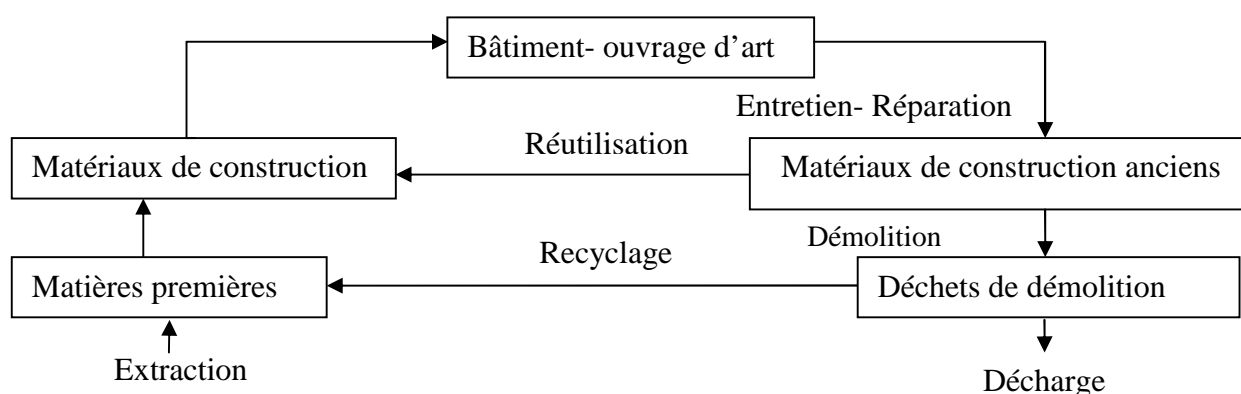
Les déchets inertes constituent la plus grande partie des déchets de bâtiments, ces derniers représentent 60 % des déchets de démolition,[25] nous abordons dans le reste de ce chapitre l'origine de production de ce type de déchet ainsi que les méthodes de valorisation concernant ce dernier.

### III - VALORISATION DES DECHETS INERTES :

#### III-1-Origin de la production des déchets inertes :

Le cycle de vie d'un bâtiment ou d'un ouvrage passe par plusieurs étapes. Commencé par l'extraction des matières premières pour produire des matériaux de construction convenables. Ensuite Les activités d'entretien et de réparation génèrent des déchets qui peuvent être réutilisés dans le processus de fabrication des matériaux de construction. En fin de vie, le bâtiment ou l'ouvrage nécessite une Démolition. Cette opération génère une quantité de déchets considérable qui nécessite un recyclage adéquat afin d'être réutilisés comme matières premières.

La figure III-1 illustre le cycle de vie d'un bâtiment ou d'un ouvrage d'art, depuis la construction jusqu'à la démolition, en passant par l'entretien et la réparation



**Figure III-1 :** Modèle du cycle de vie d'un bâtiment d'un ouvrage d'art.[26]

[24]VIGNAUD pierre .2012.Les déchets de bâtiments. In *Plan de préservation et de gestion des déchets de chantier du bâtiment et des travaux publics*. Languedoc-Roussillon : Imprim'ACT, P.73.

[25]CROSNIER, Moïsette et IFEN, Frédéric. 2007. *Le recyclage des déchets du bâtiment et des travaux publics peut progresser*, Février 2007, n°116, p 10.

[26]QUEBAND, M. COURTIAL,M. &BUYLE-BODIN,F. *Le recyclage des matériaux de démolition. Matériaux et structure Travaux*, n° 721, juin 1996, PP. 65 – 72.

**III-2-Réglementation relatives aux déchets de démolition et réhabilitation :**

Dans les pays développés l'obligation de réalisation d'un diagnostic déchets avant démolition et réhabilitation comportant la destruction d'au moins une partie majoritaire de la structure dans les textes de loi française (décret du 31 mai 2011) ce diagnostic doit permettre :

- De définir les types de déchets produits et de les quantifier,
- de proposer des techniques de valorisation,
- de déterminer, pour chaque catégorie de déchets la filière de traitement et d'élimination,
- d'évaluer le cout correspondant.

Ce diagnostic doit être réalisé préalablement au dépôt de la demande du permis de démolir ou à la passation des marchés de démolition avec l'entreprise appelée à réaliser les travaux de démolitions, une comparaison entre les résultats de diagnostic et les quantités réelles générées est indispensable après avoir exécuté la démolition.

**III-3-Filières de valorisation des matériaux inertes:**

Toute opération dont l'objectif principal est que : des déchets puissent servir à des fins utiles ,en remplacement d'autres matières qui auraient pu être utilisées à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, dans l'usine ou dans l'ensemble de l'économie.[27]

Il existe 3 filières de valorisation pour les matériaux inertes :

- un réemploi direct sur les chantiers,
- un acheminement vers des plateformes de recyclage,
- une utilisation en remblais pour le réaménagement des carrières.

**III-3-1 Utilisation de granulats issus du recyclage dans le monde**

Au cœur des nombreuses définitions du concept « Développement Durable, l'aspect de protection des ressources conjugue, en fait, deux axes lorsque on évoque les déchets de déconstruction: la valorisation et le recyclage des déchets inertes permet :

- ✓ la limitation des aires destinées au stockage des déchets de déconstruction.
- ✓ Le ralentissement de la cadence de l'extraction des matières naturelles et notamment les calcaires.

De plus, les systèmes de traitements traditionnels de stockage ou d'incinération sont, de nos jours, sévèrement contrôlés et leur implantation de plus en plus limitée par la réglementation ce qui rend leurs coûts prohibitifs. [28]

[27]MATRICIEL. Rapport technique, *La gestion des déchets du secteur de la construction*. 2011. BRUXELLE

[28]CROSNIER,Moïsette et IFEN, Frédéric. 2007. *Le recyclage des déchets du bâtiment et des travaux publics peut progresser*, Février 2007, n°116, p 10.

Pour ces raisons, le recyclage des déchets inertes fut adopté par certains pays ayant pris conscience des risques majeures que l'épuisement des ressources ou la réduction des surfaces des terres peuvent engendrer !

Le Danemark dispose d'une loi spécifique depuis 1990 concernant l'utilisation des granulats recyclés.

En 1999 l'étude européenne fait état d'un taux moyen de recyclage des déchets de construction et de démolition de 28% : 90% aux Pays Bas, 87% en Belgique, 81% au Danemark, 45% en Finlande et au Royaume-Uni, 41% en Autriche, 21% en Suède, 15% en France.[29]

En France en 2004 Le bâtiment produit 48 Mt dont 64% sont des déchets de démolition parmi lesquels 65 % sont des déchets inertes, Constitués de terres, gravats, pierres, béton et tuiles. Plus des deux tiers sont utilisés en remblai ou, une fois transformés en granulats après concassage, en sous-couches routières. Le tiers restant est stocké dans des installations de stockage de déchets inertes.[30]

En Belgique Les premiers centres de recyclage de déchets inertes autorisés par la Région wallonne ont vu le jour en 1995 suite à l'action de TRADECOWALL ( Société coopérative pour le traitement déchets de constructions de Wallonie) via une mission confiée par la SPAQUE (Société publique d'aide à la qualité environnementale).[31]

L'objectif Européen est la valorisation de 70% des déchets inertes d'ici à 2020.

#### IV- LE RECYCLAGE UN ENJEU ENVIRONNEMENTAL :

Une étude consacrée au recyclage de la fraction inerte des matériaux de démolition, réalisée en France, en 1992, par le Syndicat national des producteurs de granulats de recyclage, montre que :

D'une manière générale, le coût des granulats de recyclage est supérieur de 10 à 12 Fois/tonne à celui des granulats naturels et leur qualité est moindre, du fait de leur hétérogénéité.

A prix égal livré sur le chantier de mise en œuvre, le granulat naturel bénéficie d'une distance de transport supérieure de 20 km environ, par rapport aux granulats recyclés.

La rentabilité de l'opération de réutilisation et de recyclage des matériaux de démolition n'est guère envisageable que dans, le cas où à proximité immédiate des grandes métropoles, capables d'assurer l'approvisionnement régulier d'une installation en matière première sélectionnée et peu éloignée.

[29]BERTOLINI, G. Gestion des déchets. *L'architecture d'aujourd'hui*, sep-oct 2007, n°372, page 55.

[30] CROSNIER, Moïsette et IFEN, Frédéric. 2007. *Le recyclage des déchets du bâtiment et des travaux publics peut progresser*, Février 2007, n°116, p 10.

[31] Gouvernement wallon, Arrêté du Gouvernement wallon confiant une mission spécifique de prise de participation en vue de l'implantation d'un réseau de centres fixes de recyclage pour déchets inertes 7 JUILLET 1994.

Le recyclage par une installation fixe collectant les matériaux de démolition sur une vaste aire géographique est techniquement réalisable mais plus incertaine sur le plan économique car le coût de collecte doit être plus attractif que le coût de mise en décharge. Ainsi, pour un chantier de démolition situé à 50 km de l'installation de recyclage, le coût de mise en décharge, pour être dissuasif, devrait être supérieur au coût du transport à l'installation et s'élever, au minimum à 50 Fois/m<sup>3</sup>.

Le recyclage par une installation mobile n'est rentable, selon la profession, que pour des chantiers de démolition importants (au moins 30 000 tonnes) et présente souvent des difficultés au niveau de la commercialisation des produits.

Cependant Le développement durable est devenu un véritable enjeu stratégique. Il touche de façon directe les matériaux de construction, que ce soit du point de vue des émissions de CO<sub>2</sub>, de la consommation d'énergie, de la consommation des matières premières naturelles et de l'accès à leur ressource, ou de la génération de déchets (au moment de la construction et lors de la déconstruction).

Cela crée de nouveaux enjeux, le recyclage est donc devenu une préoccupation pour les professionnels de la construction.

#### **IV-1-Production des granulats recyclés :**

La production de granulats recyclés, se base en général sur trois types d'installation [32]:

- **Installation fixe :** Installation avec un ou plusieurs concasseurs d'une assez grande capacité.
- **Installation mobile :** Petite installation transportable avec un concasseur d'une faible capacité.

#### **IV-2-Procédés de recyclage :**

Les méthodes de production des granulats recyclés doivent distinguer la phase de déconstruction et la phase d'élaboration. L'une et l'autre font appel à des procédés devant être adaptés d'une part à l'ouvrage « ressource » et d'autre part au matériau récupéré. Le choix de ces procédés conditionne les propriétés du matériau et les performances du produit fabriqué ultérieurement.

##### **IV-2-1- Déconstruction sélective et tri :**

Un tri préalable plus ou moins poussé peut être exigé, de manière à ce que les déchets acceptés ne contiennent pas de bois, polystyrène, plâtre...

##### **IV-2-2- Elaboration des granulats recyclés :**

Les centres de recyclage des déchets inertes assurent leur concassage, après tri et déferrailage, pour être ensuite réemployés dans la fabrication de béton ou d'enrobé bitumineux ou réutilisés en technique routière (sous-couche de fondation et de base des routes).

[32]DEBEIB,F. *Valorisation des déchets de briques et béton de démolition comme agrégats de béton*. Mémoire de Magister .Université de Blida.1999.

**IV-2-3- Mise en service :**

Les granulats récupérés sont à nouveau réinjectés dans l'aménagement des différents espaces urbains.

**IV-3-Zoom sur une installation de recyclage :**

Depuis 2009, la carrière de la Madeleine (34) abrite sur ses 86 hectares, une plateforme de recyclage. En 2010, elle a recyclé et commercialisé environ 60 000 tonnes de matériaux issus principalement de la déconstruction des routes et des bâtiments, mais aussi des retours bétons.

**IV-3-1- Déconstruction sélective et tri :**

Le site de la Madeleine a mis en place un partenariat avec les sociétés routières Colas et Eurovia qui déconstruisent leurs chantiers de manière sélective, couche par couche et livrent des matériaux triés afin de faciliter le recyclage.

**IV-3-2- Elaboration des granulats recyclés :**

Les déchets inertes qui ne peuvent pas être recyclés sont enfouis dans la carrière. La Madeleine Recyclage traite également les retours béton des toupies : le béton est coulé en cordon sur le sol, afin de pouvoir le concasser plus facilement.

**IV-3-3- Mise en service :**

Les granulats recyclés sont réutilisés par Colas et Eurovia ou commercialisés en graves 0/20, pour les sous-couches de chaussées ou de trottoirs.

Actuellement, la plateforme de recyclage mène une réflexion sur son développement et sur son approvisionnement en matériaux. Avec l'ADEME, elle réfléchit à recycler les gravats collectés dans les déchetteries communales de la région. Ceci impliquerait la création d'un centre de tri des déchets sur la plateforme. [33]

**IV-4 Les produits recyclés :**

Les granulats recyclés sont majoritairement utilisés en tant que graves pour réaliser des sous-couches de route, des remblais sous plates-formes et des travaux de voiries.

Ils peuvent également faire partie des composants pour le béton. Cependant, les granulats recyclés servent très peu dans ce domaine car leur utilisation est très réglementée. Ils doivent répondre aux normes comme les granulats naturels et artificiels. Afin d'être utilisés dans le béton, les granulats recyclés ne doivent pas contenir de fortes teneurs en matières organiques, sulfates, sulfures, chlorures et silices. Par ailleurs, les granulats recyclés ne peuvent pas être utilisés pour les bétons structuraux et de technologie avancée (exemples: Béton Auto-Plaçant, Béton Auto-Nivelant,..).[34]

[33]MAES, Pascale. *Gestion des déchets de chantier ; guide méthodologique*. AFNOR, 2004,page 21-22.

[34]LAFARGE. *Granulats & Bétons; Repère : le recyclage*, Mars 2011 Direction régionale des entreprises BTP, *Gestion des déchets issus des chantiers du bâtiment et des travaux publics*, janvier 2013.

## V- VALORISATION DES GRANULATS RECYCLES POUR LA FABRICATION D'UN NOUVEAU MORTIER :

La préservation des ressources naturelles contribue à la protection de notre environnement .A cet effet, il est opportun d'étudier la possibilité de valorisation des déchets inertes comme substituant des granulats naturels pour la confection des mortiers.

### V-1-Définition du mortier:

Mélange de sable, de ciment et d'eau. Le mortier diffère du béton par l'absence de gravillons. Comme ce dernier, il est mis en œuvre à l'état plastique puis se solidifie en séchant. En faisant varier la nature et les proportions des composants, on obtient des mortiers aux Propriétés et caractéristiques très différentes..[35]

### V-2- Composants du mortier :

#### V-2-1-Le ciment :

Le ciment est un liant hydraulique, c'est à dire une poudre minérale qui, mélangée avec de l'eau, forme une pâte qui durcit progressivement. Le ciment est utilisé pour solidariser entre des matériaux inertes comme le sable et les gravillons c'est à dire pour la fabrication des mortiers et des bétons. Le ciment est composé essentiellement de clinker (mélange calciné de calcaire et d'argile) associé à d'autres constituants secondaires. Il existe plusieurs types de ciment selon la nature et les proportions des composants.[36]

#### V-2-2- Le sable :

Terme générique pour désigner l'ensemble des grains minéraux qui ont une dimension inférieure à 5-mm

### V-3-Différents types de granulats :

Un granulats, en fonction de sa nature et de son origine, peut-être :

#### V-3-1- Naturel :

D'origine minérale, issus de roches meubles (alluvions) ou de roches massives, n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique (tels que concassage, broyage, criblage, lavage).

#### V-3-2- Artificiel :

D'origine minérale résultant d'un procédé industriel comprenant des transformations thermiques ou en recyclant des sous-produits de l'industrie tels les laitiers de hauts fourneaux ou les mâchefers.

#### V-3-3- Recyclé :

Obtenu par traitement d'une matière inorganique utilisée précédemment dans la construction, tels que des bétons de démolition de bâtiments.

[35]CALVAT, Gérard. Les matériaux. In *la maison de A à Z. Alternatives* .Paris : 2003, 185 p.

[36]KOMAR, A *matériaux et éléments de constructions : technique soviétique*. Troisième édition. Moscou : MIR, 1978. 533P.

**V-4- Caractéristiques des granulats :**

Les granulats utilisés dans les travaux de bâtiment et de génie civil doivent répondre à des impératifs de qualité et à des caractéristiques propres à chaque usage. Les propriétés des granulats sont liées aux caractéristiques intrinsèques des roches originales et aux caractéristiques de fabrication [37]

**V-4-1- Des caractéristiques intrinsèques :**

Liées à la nature minéralogique de la roche et à la qualité du gisement, telles que:

- la masse volumique réelle.
- l'absorption d'eau et la porosité.
- la sensibilité au gel.
- la résistance à la fragmentation et au polissage.
- la gélivité.

**V-4-2- Des caractéristiques de fabrication :**

Liées aux procédés d'exploitation et de production des granulats telles que:

- la granularité.
- la forme (aplatissement).
- la propreté des sables.

Les caractéristiques des granulats sont en fonction de leurs familles (gravillons, sables, fillers) et font l'objet de méthode de détermination adaptée.

**V-5- utilisation possibles du mortier :**

Le mortier est un mélange constitué d'un liant et des granulats, et comme il existe plusieurs liants et granulats, il existe plusieurs mortiers pour des usages variés.

Le plus courant pour un mortier étant toutefois un liant à base de l'eau + ciment et un granulats à base de sable.

**V-5-1- Aménagement urbain :**

Le mortier peut être utilisé dans l'aménagement des espaces urbains pour la :

**V-5-1-1- Réalisation des bordures et caniveaux :****V-5-1- 1-1- En tant que lit de pose :**

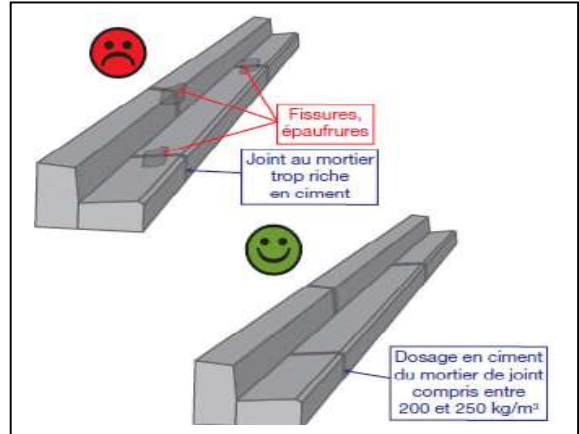
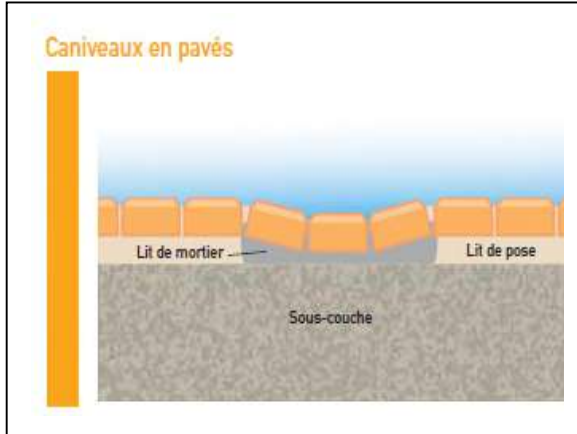
Sur béton de fondation durci par interposition d'un lit de mortier (bordures non franchissables exclusivement) : épaisseur de mortier supérieure ou égale à 3 cm et dosage minimal à 250 kg/m<sup>3</sup> (Figure V-1).[38]

[37] MAILLOT, R. *Mémento technique des Granulats*, les Presses de l'Ecole des Mines, Paris, 166 p, (2001).

[38] CENTRE D'ETUDE ET RECHERCHE DE L'INDUSTRIE DE BETON. Conception générale. In : *guide de conception des réalisés à partir de pavés, dalles, Bordures et caniveaux préfabriqués en béton*. France : 2008, 88p.

**V-5-1- 1-2- En tant que Joints pour les éléments unitaires :**

Pose avec joint : espace de 0,5 cm rempli (en totalité ou en partie) d'un mortier de ciment (dosé à 200 kg/m<sup>3</sup> au moins mais sans jamais dépasser 250 kg/m<sup>3</sup>). Espace vide de 0,5 cm tous les 10 m. (figureV-2) [39]



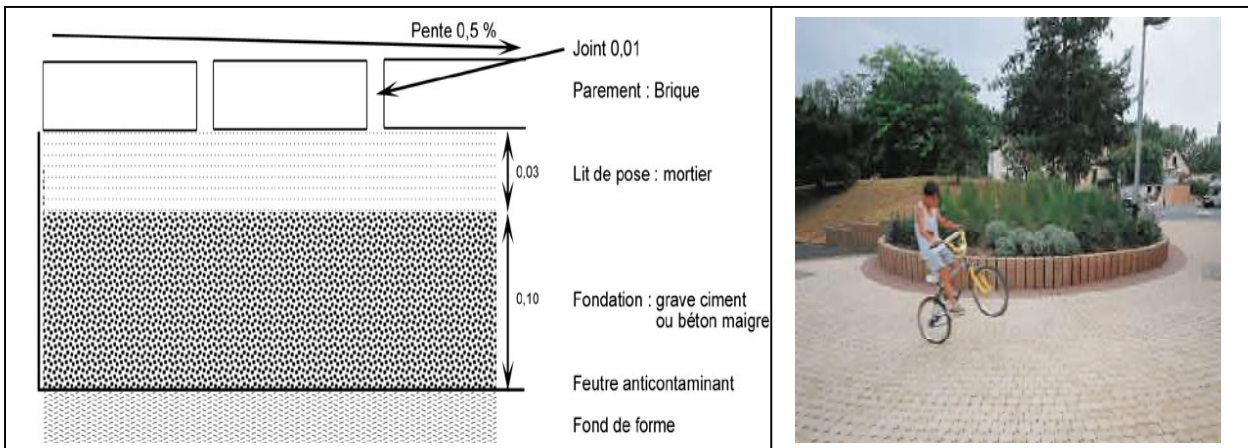
**FigureV-1 : mortier en tant que lit de pose** **Figure V-2 : mortier en tant que joint.**

**V-5-1-2- Pose pour des allées piétonnes et dalles (en tant qu'un Lit de pose) :**

La pose des dalles sur mortiers ou sur bétons est admise pour la réalisation de voies, de places et d'espaces publics réservés aux piétons et admettant, dans le cas échéant, une très faible circulation de véhicules.

L'épaisseur de mortier, aussi uniforme que possible, est de 4 cm +/- 1 cm.

- Le lit de pose en mortier non compacté est nivelé à la règle et réalisé à l'avancement.
- Les dalles sont humidifiées particulièrement l'été.( Figure V-3)[40]



**Figure V-3 : schéma d'une dalle posé sur un lit de mortier.**

[39] Et [40] CENTRE D'ETUDE ET RECHERCHE DE L'INDUSTRIE DE BETON. Conception générale .In : *guide de conception des réalisés à partir de pavés, dalles, Bordures et caniveaux préfabriqués en béton.* France : 2008, 88p.

**V-5-1-3- POSE DES PAVÉS (réalisation des joints) :**

Tous les matériaux modulaires sont, par essence, mis en place avec des joints.

Pour les bordures, on utilisera des joints secs ou joints au mortier.

Pour les pavés et les dalles, on choisira entre l'usage de joints au mortier, au sable, au bitume clair ou à l'élastomère. [41]

- Le garnissage des joints en sable s'effectue à l'avancement au moyen d'un balai. Le matériau excédentaire est enlevé par balayage avant l'opération de compactage.
- Le pavage est ensuite damé en partant du centre de la surface et en finissant au droit des rives, en prenant soin de déborder sur le passage précédent (réalisé au moyen d'une plaque vibrante recouverte d'une couche élastomère).



**Figure V-4 :** mortier utilisé en tant que joint pour la pose des pavés

**V 5-2 domaines de bâtiment**

Le mortier de ciment sert à :

- ✓ lier les blocs entre eux pour faire un mur,
- ✓ rendre étanche le mur en tant qu'enduit. Dans le premier cas il contribue à la résistance mécanique du mur donc une identification des caractéristique est primordiale comme nous allons développer dans le troisième chapitre.

Il peut aussi constituer une Chape ; une couche de mortier destinée à aplanir, à niveler un support ou enrober des éléments, pour ensuite recevoir les couches supérieures (carrelage, parement en brique, parquet etc.....)

Nous représentons dans la figure V-5 les différentes utilisations possibles du mortier de ciment dans le domaine de bâtiment.

[41]CENTRE D'ETUDE ET RECHERCHE DE L'INDUSTRIE DE BETON. Conception générale .In : *guide de conception des réalisés à partir de pavés, dalles, Bordures et caniveaux préfabriqués en béton*. France : 2008, 88p.



**Figure V-5** : utilisations possibles du mortier de ciment dans le bâtiment.

La valorisation des déchets de déconstruction pour la confection d'un mortier, peut présenter des avantages certains dont la protection de l'environnement constitue l'avantage majeur. Par la suite nous présentons les propriétés des granulats recyclés ainsi que les limites prescrites par les normes et leurs influences sur les caractéristiques physiques et mécaniques du mortier qui y résulte.

## **VI - LES DECHETS INERTES DE DECONSTRUCTION COMME GRANULAT D'UN NOUVEAU MORTIER**

### **VII- 1-Les matériaux de déconstruction :**

Les matériaux de déconstruction peuvent être de natures variées suivant leurs origines : bâtiment, génie civil ou structures routières : bétons de différentes qualités, briques, enrobés bitumineux, graves hydrauliques, graves naturelles ...

L'hétérogénéité du gisement rend indispensable le tri rigoureux des matériaux dès le début de la filière :

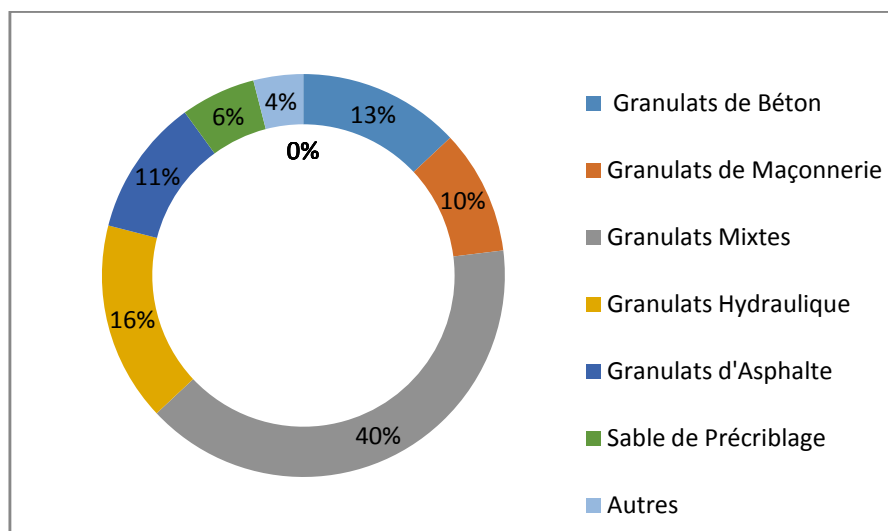
- lors de la phase de déconstruction
- au stockage dans les centres de recyclage
- au chargement dans la chaîne de production

C'est à cette condition qu'il sera possible de produire des matériaux dont les caractéristiques géotechniques restent homogènes.

### **VI-2- Granulats recyclés produits :**

Les granulats recyclés dans les installations de concassage sont produits, en général, sous différents types de matériaux en fonction de leur nature. À titre d'exemple au Pays-Bas la production jusqu'à 1992 a été comme la montre la Figure VI-1:[42]

[42] DEBEIB, F. *Valorisation des déchets de briques et béton de démolition comme agrégats de béton*, Mémoire de Magister, Université de Blida, 1999.



**Figure VI-1** : répartition de granulats recyclés au pays -Bas

### VI- 3-Processus d'élaboration des granulats recyclés

L'élaboration des granulats recyclés est réalisée dans des installations fixes ou mobiles qui comprennent les mêmes grandes phases d'élaboration que les installations pour les granulats naturels : concassage, criblage et éventuellement lavage.

Les différentes phases d'élaboration des produits issus du recyclage des matériaux de démolition sont : [43]

- Sélection, stockage et traitement des produits bruts.
- Préparation des matériaux avant concassage : cette étape consiste à réduire les plus gros éléments à l'aide d'un brise roche hydraulique (BRH) et à retirer les impuretés les plus grosses.
- Tri manuel
- Déferrage électromagnétique.
- Concassage et criblage : étape destinée à éliminer les matériaux de faibles caractéristiques.
- Concassage secondaire éventuel de la fraction supérieure issue du concassage primaire.
- Stockage
- Analyses éventuelles avant utilisation

La figure VI-2 résume le processus d'élaboration des granulats recyclés :

[43] GRONDIN, A. *Valorisation des granulats recyclés de béton : étude des caractéristiques physiques et mécaniques des bétons de granulats recyclés de béton*. MÉM.FIN D'ÉTUDE: CEBTP Alsace. 2011

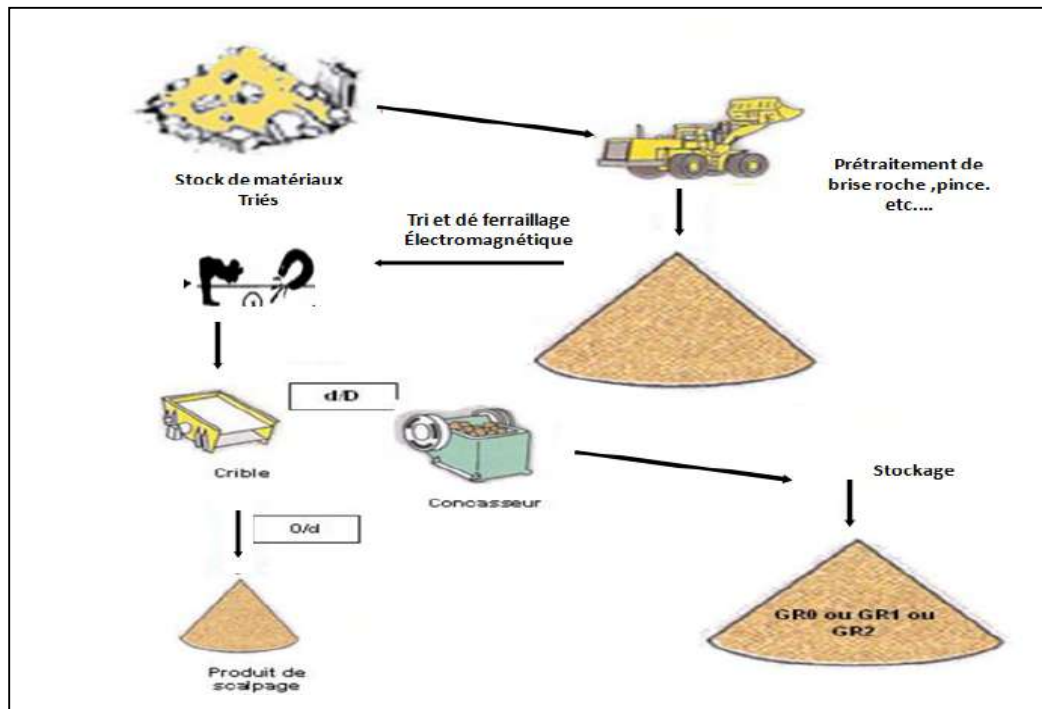


Figure VI-2 : Processus d'élaboration de granulats recyclés(Auteur, 2015)

#### VI- 4-Propriétés de granulats recyclés

Le type des granulats utilisés influe sur la propriété du mortier résultant, donc les granulats recyclés présentent une :

##### VI- 4-1- Influence de l'interface pate de ciment-granulat :

Les caractéristiques minéralogiques des granulats fins ainsi que les granulats ayant une couche externe poreuse ont une influence sur la microstructure de l'auréole de transition, ils entraînent la formation d'une zone plus dense.[44]

Les granulats recyclés diffèrent des granulats naturels par leur composition.

En effet, le granulat recyclé est un matériau composite, dont les deux constituants sont:

- des granulats naturels concassés partiellement
- de la pâte de ciment hydratée, enrobant les granulats naturels

De ce fait, on peut déduire que le granulat recyclé est un matériau poreux car la liaison ciment- granulats naturel va donner naissance à une zone inter faciale, et le degré de porosité dépend de la quantité de la pâte de ciment.

[44]HANSEN, T.C. & NARUD, H.*Strength of recycled concrete made of crushed concrete coarse aggregates.* 2003.

**VI- 4-2- Influence de la présence de fines recyclées:**

Les fines, tout comme les éléments grossiers des granulats recyclés, sont constituées de granulats naturels concassés et de pâte de ciment relativement friable.

Plusieurs études ont cerné le problème des fines des granulats recyclés en comparant l'ouvrabilité d'un béton constitué de 100% de granulats recyclés (béton recyclé) à celle d'un béton de gravillons, graviers recyclés et de sable naturel (béton mixte).

Le besoin en eau d'un béton recyclé est plus important de 5% selon [Hansen 1986] que celui d'un béton mixte.[45]

A ce propos et Selon [GRONDIN 2011] la comparaison des propriétés physiques et mécaniques des granulats recyclés et celles exigées dans les normes européennes pour les granulats naturels dans la fabrication de bétons hydrauliques permet de conclure que :

- la masse volumique des granulats recyclés semble plus faible que celle des granulats naturels.
- l'absorption d'eau est importante pour les granulats recyclés. En effet, l'ensemble des études montre que les granulats recyclés de béton sont caractérisés par une forte capacité à absorber l'eau. De plus, il semble que la partie plus fine des granulats recyclés absorbe une quantité d'eau plus élevée que les éléments plus grossiers.
- Le coefficient de Los Angeles qui mesure la résistance à la fragmentation est élevé comparé à celui exigé par la norme XP P 18-540-article 10. Cette tendance est confirmée par les travaux de Sanchez de Juan & Gutiérrez qui expliquent que cette valeur élevée du coefficient de Los Angeles est due à la quantité de pâte de ciment présent autour des granulats naturels concassés.

**VI- 5- Propriétés des mortiers et des bétons de granulats recyclés :**

Le mortier de granulats recyclés contient deux zones inter faciales cela est dû à :

- La liaison granulat et pâte de ciment ancienne (granulats recyclé).
- La liaison granulats recyclés et pâte de ciment nouvelle.

L'absorption des mortiers recyclés augmente proportionnellement avec le taux de granulats recyclés, tandis que la densité des bétons décroît légèrement, il apparaît aussi que la forte porosité des bétons recyclés provoque la réduction des propriétés mécaniques des bétons.

**VI- 6- Classification de RILEM :**

La diversité des granulats recyclés produits a posé le problème de normalisation de ces produits dans le marché des granulats.

L'initiative du groupe de travail TC 121 de la RILEM (Réunion Internationale des

---

[45] MAILLOT, R. *Mémento technique des granulats*, les presses de l'école de mines, Paris, 2001, P 166.

Laboratoires d'Essais de Matériaux), en 3<sup>ème</sup> congrès sur la démolition et la réutilisation du béton et de la maçonnerie, a permis d'élaborer une recommandation intitulée « Spécifications for Concrete with Recycled Aggregates ». Lors de cette rencontre, organisée au Danemark (Odense) en 1993, la RILEM a spécifié dans cette recommandation de classer les gros granulats recyclés en trois types dont chacun serait sujet de limites spécifiques en impuretés, en plus des limites imposées par les normes européennes accordées comme le montre le Tableau VI-1 :

**Tableau VI-1 : Classification des granulats recyclés**

Types d'agrégats	Composition
Type I	Agrégats recyclés dérivés essentiellement de maçonnerie
Type II	Agrégats recyclés dérivés essentiellement de bétons
Type III	Un mélange d'au moins <b>80%</b> d'agrégats naturels, pas plus de <b>10%</b> d'agrégats recyclés de type 1 (jusqu'à <b>20%</b> d'agrégats recyclés de type II)

- L'utilisation des granulats recyclés dans la fabrication du nouveau béton est régie par des limites proposées par la RILEM, comme le montre le tableau VI-2 :

**Tableau VI-2 : Limites proposés par la RILEM**

Exigences mandataires	Type I	Type II	Type III
Densité sèche minimum (kg/m <sup>3</sup> )	1800	2200	2400
Absorption d'eau maximum (%)	15	5	3
Teneur maximale de matériaux à densité sèche < 2200 kg/m <sup>3</sup> (%)	-	10	10
Teneur maximale de matériaux à densité sèche < 1000kg/m <sup>3</sup> (%)	10	1	1
Teneur maximale de matériaux à densité sèche < 1200 kg/nr (%)	2	0,5	0,5
Teneur maximale en matériaux non minéraux (%)	1	1	1
Teneur maximale en matériaux organiques (%)	0,5	0,5	0,5
Teneur maximale en éléments fins (< 0,80 mm) (%)	3	3	2
Teneur maximale en sable (< 1 mm) (%)	3	3	3
Teneur maximale en chlorure (%)	0,06	0,06	0,06
Teneur maximale en sulfate (%)	1	1	1
Teneur maximale en matières étrangères (verre, métal,...) (%)	5	1	1

Pour des mesures de sécurité la RILEM a proposé des coefficients multiplicateurs des propriétés des bétons à base de granulats recyclés par rapport aux bétons des granulats recyclés, ces coefficients sont résumés dans le tableau VI-3, varient selon le type des granulats recyclés utilisés.

**Tableau VI- 3:** Coefficients Multiplicateurs des propriétés des bétons recyclés par rapport aux Bétons ordinaires

Propriété	Type I	Type II	Type III
Retrait	1,5	1,3	1
Module d'élasticité	0,7	0,8	1
Fluage	1,2	1,2	1
Résistance à la traction	0,8	0,9	1

L'utilisation des matériaux de démolition en tant que granulats de substitution posent parfois des problèmes de faisabilité contraignant une mise en œuvre correcte, «On les suspecte d'avoir des conséquences néfastes sur la durabilité des bétons, celle-ci se trouve compromise à cause d'une forte absorption d'eau par ces granulats recyclés». (BERREDJEM, 2009).

#### VI- 7- Projet KAMP C, WESTERLO 2011 [46]:

Lors de la construction du Camp C, les principes de construction durable ont été appliqués de manière poussée. Pour le choix du matériau, toute l'attention s'est portée sur la volonté d'éviter les matériaux épuisables et/ou nocifs tout en s'assurant que l'ensemble reste reconnaissable, techniquement faisable et abordable au point de vue du coût.

Lors de la construction, on a également utilisé du béton recyclé pour les éléments structurels moins importants, avec les pourcentages de remplacement suivants pour les granulats:

- 100 % pour une dalle de sol et une couche de propreté
- 20 % pour la plupart des poutres et 2 parois
- 0 % pour les autres éléments structurels

Par manque d'expérience et en l'absence d'un cadre normatif, on a opté pour ne pas utiliser de granulats recyclés dans la majorité des bétons 'structurels'.

Un premier essai a été fait par un granulat de béton 0/40 du marché belge. Les autres bétons ont été produits avec des granulats hollandais 0/20. Les critères pour les granulats recyclés étaient définis :

- Granulats de béton : LA40 – 90% de granulats avec une masse volumique de minimum 2100kg/m<sup>3</sup>.
- Granulats mixtes : LA50 – 50% de granulats avec une masse volumique de minimum 2100kg/m<sup>3</sup>.

[46] ORGANISME IMPARTIAL DE CONTROLE DE PRODUITS POUR LA CONSTRUCTION. *Granulats de débris de béton, de débris mixtes, de débris de maçonnerie et de débris asphaltiques*. Janvier 2003.

**VII- CONCLUSION :**

L'industrie du bâtiment utilise et génère aussi bien des matériaux inertes que des matériaux organiques et métalliques. Par conséquent, le développement durable confronte l'industrie du bâtiment à deux enjeux majeurs qui sont :

- Fixer législativement des méthodes de gestion des déchets de façon à évaluer le volume global et le subdiviser en : volume valorisable, réutilisable et ultime, et estimer les coûts directs et indirectes.
- Economiser les ressources naturelles par l'utilisation des matériaux ayant déjà servi une première fois, et retraités de façon à avoir des caractéristiques physiques proches des matériaux naturels.

Les études des expériences étrangères en matière de gestion des déchets de chantier, ont montré que la valorisation des déchets mis en décharge et notamment les gravats, constituent un des plus importants axes de recherche dans les pays ayant pris conscience de l'impact de ceux-ci sur l'environnement.

L'emploi des produits recyclés répond au souci grandissant d'économie des ressources naturelles en matière de granulats, ainsi qu'à la préservation de l'environnement par la limitation de la mise en décharge. Ce domaine engendre des sujets de recherches pour la valorisation des gravats, la collecte des données concernant le taux de réutilisation des granulats et les quantités de déchets inertes. Il s'agit d'une étape décisive pour juger de la faisabilité de cette opération en Algérie.

**CHAPITRE :**  
**02**

**I-GENERALITES SUR LES DECHETS EN ALGERIE :****I-1 Introduction :**

En Algérie, les décharges de gravats, appelées aussi, Centres d'Enfouissement Technique de Classe III (CET III) recueillent annuellement des quantités considérables de déchets inertes et notamment les gravats. Cependant, le manque de sites et la limite de leur capacité de stockage, incite les pouvoirs publics à chercher d'autres méthodes plus appropriées dont le but est d'augmenter la durée de vie de ces sites d'une part, et de combler le déficit existant en matière de matériaux dans les travaux de Bâtiments et de travaux publics d'autre part. Ce sujet a tendance à devenir d'actualité en Algérie suite à la prise de conscience sur les impacts environnementaux de ces décharges.

Ce chapitre est consacré essentiellement à la présentation d'un état des lieux des services publics des déchets inertes en Algérie. Ainsi, nous cherchons dans ce chapitre à donner un aperçu sur l'évolution de la réglementation environnementale et notamment celle destinée au service de décharges de gravats par la suite nous prenons comme cas d'étude l'agglomération algéroise dont nous démontrons la nécessité de la prise en charge de ce type de déchet.

**I-2- Classification des déchets en Algérie :**

Les déchets au sens de la réglementation Algérienne comprennent quatre grandes catégories selon la loi N°06-104 du 28/02/2006.

- les déchets ménagers ou assimilés.
- les déchets inertes.
- les déchets Spéciaux.
- spéciaux dangereux

Les déchets en Algérie sont classés selon leur nature, origine, effets sur l'environnement, mode d'élimination.

Le tableau I-1, contient les définitions des différents types des déchets en Algérie, car les définitions et les modes de traitement peuvent varier d'un pays à l'autre.

**I-3- Définition :**

La notion de déchets peut être définie de différentes manières selon le domaine et l'intérêt d'étude et parfois l'origine et l'état du déchet.

Parmi les nombreuses définitions existantes, nous pouvons mentionner celle qui est fixée par La Loi N°01-19 du 12/12/2001 :[47]

[47]Journal officiel de la République Algérienne démocratique et populaire, *Loi relative à la gestion et à l'élimination des déchets*, 15 décembre 2001.

« Un Déchets, est définie commettent 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 de l'éliminer.»

### I-3 Type des Déchets en Algérie :

**Tableau I-1:** Définition des différents types de déchets en Algérie (PNUD, 2008)[48]

Déchets	Définition
<b>Déchets ménagers et assimilés</b>	Tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres qui, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers».
<b>Déchets encombrants</b>	tous déchets issus des ménages qui en raison de leur caractère volumineux ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés».
<b>Déchets spéciaux</b>	Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui, 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».
<b>Déchets spéciaux dangereux :</b>	Tous déchets spéciaux qui, 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. » Déchets d'activité de soins : tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et Vétérinaire».
<b>Déchets inertes</b>	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 a la santé et/ou a l'environnement».

[48] LOUDJANI, Fayçal. *Guide des techniciens communaux pour la gestion des déchets managers et assimilés*. Algérie: PNUD, P.07.

## II-GESTION DE DECHETS EN ALGERIE:

### II-1- Evolution de la Politique et planification de la protection de l'environnement :

EN 1997, le gouvernement algérien a transmis à la commission du développement durable des Nations Unies un rapport sur la situation des déchets solides et sur les progrès accomplis depuis la conférence internationale sur l'environnement de 1992 organisée à Rio par l'ONU et à laquelle l'Algérie a pris part, Ce rapport traite l'intégration de la dimension environnementale.

En 1996, Le gouvernement a adopté une stratégie d'action pour une gestion écologiquement rationnelle de déchets solides urbains qui repose sur les principes suivants :

- La généralisation de décharges contrôlées ;
- Le traitement industriel de déchets dans les grandes villes ;
- La valorisation déchets par la réutilisation et le recyclage ;
- L'application de principe du pollueur payeur ;
- L'exécution des services de collecte à toutes les populations agglomérées.

Dans le chapitre 8 de l'action 21, le rapport précise que l'intégration du développement dans le processus de décision à travers la mise en place durant les 5 dernières années de mécanismes institutionnel et juridique financier et indicatif notamment :

-La création d'un secrétariat d'état à l'environnement et d'une direction générale avec autonomie de fonctionnement, dotée du pouvoir de puissance publique.

Cette protection de l'environnement est concrétisée Fortement avec la création d'un ministère de l'Environnement. Celui qui a concrétisé les intentions par une nouvelle loi n° 01-19 du 12 décembre 2001[49]sur la protection de l'environnement, pour pallier aux insuffisances de la loi '83-03[50].

Les objectifs nationaux algériens sont la réduction des quantités de déchets produites et l'atténuation de l'impact de leur élimination sur l'environnement. Le gouvernement algérien a envisagé une Stratégie nationale environnementale (SNE) qui devra permettre de poser les premiers jalons du développement durable. Cette stratégie est une approche programmatique décennale pour la période 2001-2011.[51]

Dans ce contexte et concernant la gestion des déchets solides urbains, elle s'inscrit dans le Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable (PNAE-DD) à travers l'adoption d'un Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Ménagers et Assimilés (PROGDEM) depuis 2002.

[49]Journal officiel de la République Algérienne démocratique et populaire, *Loi relative à la gestion et à l'élimination des déchets*, 15 décembre 2001.

[50]Journal officiel de la République Algérienne démocratique et populaire, *Loi relative à la protection de l'environnement*, 5 février 1983.

[51]DJEMACI, Brahim. *La gestion des déchets municipaux en Algérie : Analyse prospective et éléments d'efficacité*, TH DOCT : environnemental Sciences : Université de Rouen, 2012

**II-2- La nouvelle loi sur l'environnement :**

La politique de gestion des déchets 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.
- L'institution d'outils de gestion : Programme National de Gestion Intégrée des Déchets solides Ménagers (PROGDEM) et Plan National de Gestion des Déchets Spéciaux (PNAGDES).

**II-3-Organisation de la gestion des déchets en Algérie :**

La gestion des déchets consiste en 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 (article 3 de la loi 01-19). A partir de cette définition, on distingue six opérations dans le mode de gestion des déchets existant en Algérie :

**II-3-1- La collecte des déchets :**

C'est l'opération de ramassage et/ou le regroupement des déchets en vue de les transférer vers un lieu de traitement.

**II-3-2- Le tri des déchets :**

C'est la séparation des déchets selon leur nature en vue de leur traitement, par exemple le papier, plastique,...

**II-3-3- La valorisation des déchets :**

C'est la réutilisation, le recyclage ou le compostage des déchets. Le recyclage consiste à valoriser des produits usés ou des déchets. Le compostage est un processus biologique dans lequel les déchets organiques sont transformés par des microorganismes en un produit valorisable appelé compost.

**II-3-4- L'élimination des déchets :**

Comprend les opérations de traitement thermique, physico-chimique et biologique, de mise en décharge, d'enfouissement, d'immersion et de stockage des déchets, ainsi que toutes les autres opérations ne débouchant pas sur une possibilité de valorisation ou autre utilisation du déchet.

**II-3-5- Immersion des déchets :**

Tout rejet de déchets dans le milieu aquatique.

**II-3-6- Enfouissement des déchets :** Tout stockage des déchets en sous-sol.

**II-4 Acteurs responsables de la collecte des déchets en Algérie :**

La législation Algérienne rend les communes responsables de l'ensemble des déchets ménagers et assimilés. Afin qu'elles assument pleinement cette responsabilité, elles doivent organiser sur leur territoire, un service public permettant de les satisfaire en matière de collecte, transport et de traitement de ces déchets.

Cependant, la gestion des déchets urbains en Algérie est loin d'être efficiente. Les collectivités locales éprouvent encore beaucoup de difficultés dans la collecte, le transport et le traitement de ces déchets malgré les efforts.[52]

**III. PROBLEMATIQUE DES DECHETS DE CHANTIER EN ALGERIE :**

Depuis l'indépendance, l'Algérie a poursuivi un vaste programme de développement économique et social qui s'est traduit par un important accroissement de l'activité industrielle. Actuellement on assiste à plusieurs projets dans le domaine des travaux publics tel que les projets de tramway et du métro, ainsi que la réalisation des autoroutes et des pénétrantes qui relieront les villes portuaires à l'autoroute Est-Ouest.

Le domaine de bâtiment constitue à son tour un axe de développement important, des équipements importants sont en cours de réalisation.

Par conséquent, de fortes pressions sur l'environnement sont enregistrées notamment dans le domaine de gestion de déchets. Cette situation se caractérise par une dégradation de plus en plus de l'hygiène et de la salubrité publique.

Le secteur du bâtiment produit annuellement des quantités de déchets importantes, soit 11 Millions de Tonnes (2012) [53] qui ne bénéficient pas de stratégie de gestion de valorisation spécifique, malgré le potentiel de valorisation économique qu'ils présentent.

Ces déchets engendrent des risques majeurs sur l'environnement qui peuvent se résumer comme suit :

- ❖ Conséquences directes :
  - Création des dépôts spontanés dont le choix de l'endroit est régie par des considérations autres que celles de l'hygiène et de la salubrité (choix de l'endroit motivé par l'absence de la vue du verbalisateur).
  - La pollution des espaces engendrée par des dépôts anarchiques qui en découle directement de l'insuffisance des décharges contrôlées. Ce besoin irréfrenable est souvent assimilé à de l'incivisme du citoyens ! D'où des dépôts spontanés, dans des lieux dégagés tel que les espaces verts, les rives d'oueds, les vestiges ou le long des routes ! Dans tous les cas d'espèce, les couts de la dégradation qu'ils provoquent sont non négligeables. Les effets sur les fossés d'évacuation des eaux pluviales ou sur les talus des routes sont édifiants à plus d'un titre.

[52] KEHILA, Yousef. *Rapport sur la gestion des déchets solides en Algérie*, 2014.

❖ Conséquences indirectes :

- Accélération de l'épuisement des ressources naturelles destinées à la construction et qui sont les calcaires pour les agrégats, les ciments, les sables etc....
- Pollution de l'environnement provoqué par l'exploitation des carrières et les usines à ciment.

### III- 1-Gestion des déchets de construction et de démolition :

#### III- 1-1- Cadre Législatif :

- Loi n°01-19 du 12/12/2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, définit les principes de base qui conduisent à une gestion intégrée des déchets, de leur génération à leur élimination ;
- Loi n°03-10 de la 19/07/2003 relative à la protection de l'environnement et au développement durable, consacre les principes généraux d'une gestion écologique rationnelle ;
- Loi n°04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable, définit clairement les responsabilités de chacun des acteurs impliqués dans le domaine de la prévention au niveau des zones et des pôles industriels.[54]

#### III- 1-2- Cadre institutionnel :

- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) à travers ses différents instruments ;
- en particulier, l'Agence Nationale des Déchets (AND), le Conservatoire Nationale des Formations en Environnement (CNFE) et les Directions de l'environnement de Wilayas qui sont au nombre de 48 ;
- Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Locales (MICL) par l'appui financier en direction des municipalités ;
- Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la ville ;
- Ministère des Travaux Publics.[55]

#### III- 1-3- Stratégies et planification :

Dans le cadre de la mise en œuvre du Programme National de Gestion des Déchets Municipaux et assimilés (PROGDEM) depuis 2002, il est programmé la réalisation d'au moins, un Centre d'Enfouissement technique (CET classe III) au niveau de chaque chef-lieu de wilaya. 54 CET sont en cours de réalisation/ou de lancement dont 06 sont en phase d'exploitation en 2014.[56]

[53]Et [54] Et [55]Et [56]KEHILA ,Yousef.*Rapport sur la gestion des déchets solides en Algérie*, 2014.

### III-2-La valorisation des gravats, un enjeu environnemental :

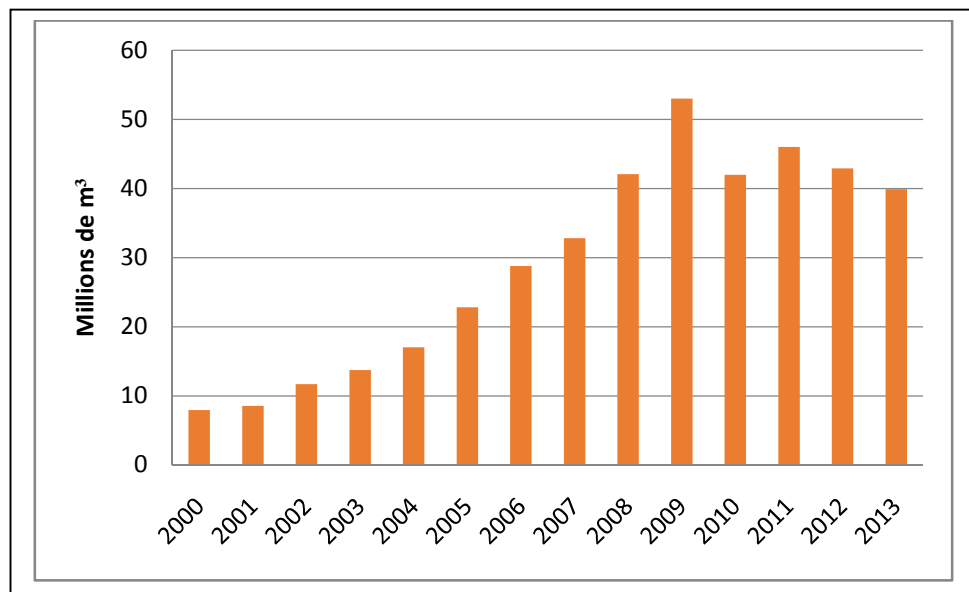
L'Algérie est un pays en cours de développement, les besoins en granulats sont très importants et leur demande est en croissance.

Afin de répondre à ces besoins, le recours vers les ressources de granulats et des nouvelles carrières est indispensable.

#### III-2-1- Production des granulats en Algérie :

##### III-2-1-1- Production des agrégats :

Les projets de grandes infrastructures ont induit une très forte demande en agrégat tel qu'il est représenté dans la Figure III-1 qui illustre l'évolution des quantités d'agrégat et de sable.



**Figure III-1 :** Evolution de la production nationale des agrégats

La production des agrégats, a connu des évolutions importantes au cours des dernières années par rapport aux années précédentes selon les bilans des activités minières du ministère de l'énergie et des mines.[57]

##### III-2-1-2- Production des sables :

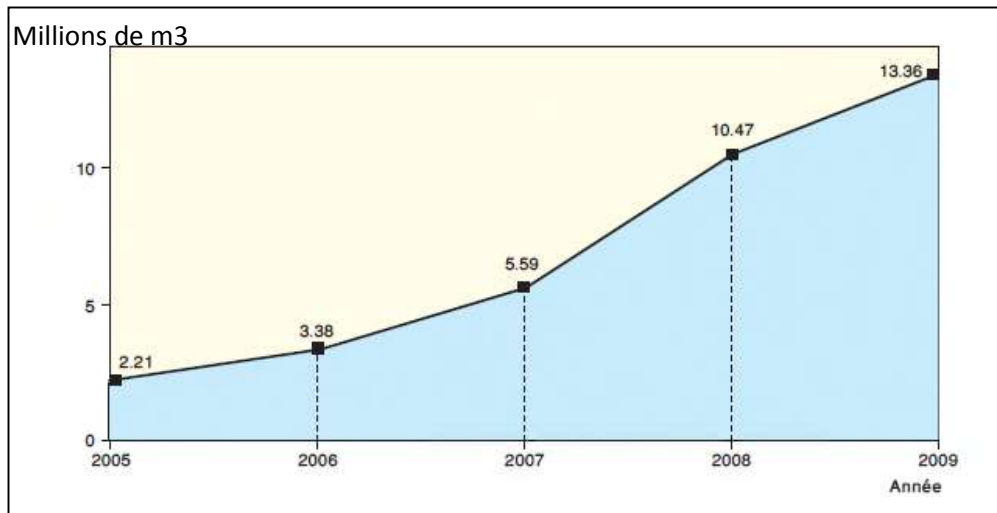
La production des sables a connu à son tour une augmentation importante par rapport à ces dernières années, conséquence directe des fortes demandes de ces ressources.

Le sable produit est de 2 types : - **Sable naturel** - **Sable de concassage**

##### III-2-1-2-1- Le sable du concassage :

La politique d'encouragement de la production et de consommation de sable concassé en appoint au sable naturel de construction pour la préservation du sable des plages et des oueds a permis à ce dernier de prendre place.

[57].Journal officiel de la République Algérienne démocratique et populaire, *Loi relative à la gestion et à l'élimination des déchets*, 15 décembre 2001 .



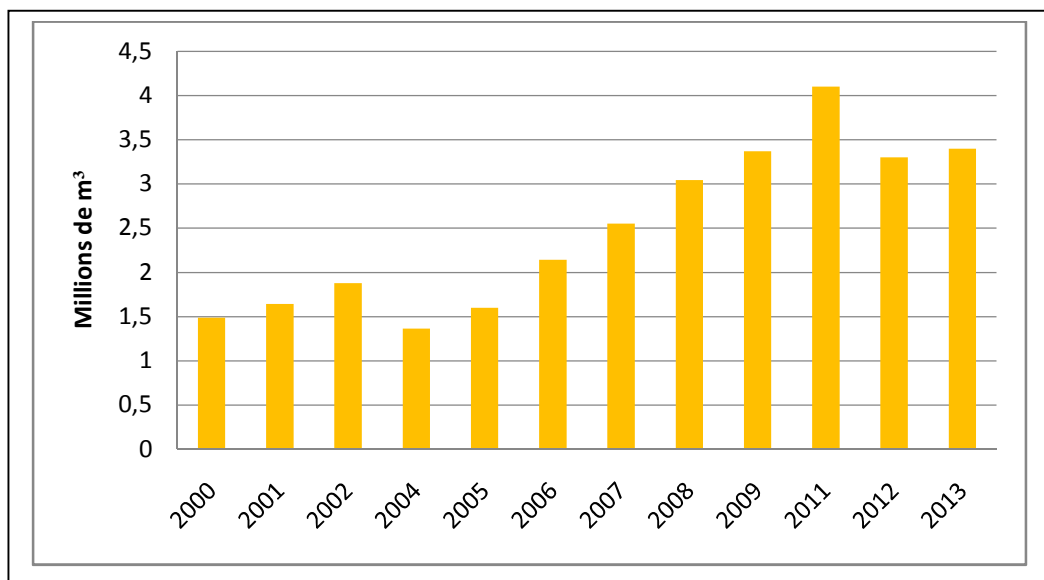
**Figure III-2:** Evolution de la production nationale de sable concassé.[58]

L'évolution de la production du sable de concassage avait marqué une hausse de + 391.2%, en passant de 2.72 Millions de M<sup>3</sup> produits en 2005, à 13.36 Millions de M<sup>3</sup> en 2009.

Dans la Figure III-3 nous illustrons l'évolution de la production nationale du sable, cette figure démontre :

- Que la production du sable avait marqué une hausse 273 % entre le 2004 et 2011.

Ce qui témoigne la consommation croissante et abusive des ressources naturelles.



**Figure III-3 :** Evolution de la production nationale de sable[59]

[58]Ministère de l'énergie et des Mines, *Bilan des activités minières*, 2010.

[59]Ministère de l'énergie et des mines, *Bilan de réalisation des activités minière*, 2014.

**III-2-2-L'offre des granulats :**

La quasi-totalité des granulats est issue de roches massives principalement calcaires, le sable provient :

- Des oueds.
- Des sablières.
- Du concassage du calcaire.[60]

L'alimentation du marché de granulats en Algérie est donc assurée par l'extraction des ressources naturelle en exploitant les carrières, cette exploitation ne cesse de dégrader l'état de l'environnement.

Etant donné que l'Algérie est un grand consommateur des produits du BTP, la réutilisation des produits de déconstruction ne peut avoir que des répercussions positives ; notamment par leur substitutions aux.[61] :

- Tout venant d'oueds ou de carrières pour les routes et les places et parkings.
- L'hérissonnage des dallages des garages et sous-sols.
- Les bétons de propreté et les bétons cyclopéens.

Malgré les efforts déployés par les pouvoirs publics pour l'adoption d'une gestion intégrée des déchets les déchets de déconstruction en Algérie ne bénéficient pas de gestion spécifique, l'enfouissement demeure à ce jour le mode de gestion de ces derniers.

La valorisation des déchets de déconstruction font l'objet de plusieurs études dans le monde entier, afin de se bénéficier des avantages économiques et environnementales.

Malheureusement et comme nous allons le développé par la suite, le recyclage des déchets de déconstruction en Algérie n'a pas encore franchi le seuil des laboratoires des expériences majoritairement à caractère instructif, quoique ce dernier aboutisse sur des avantages environnementaux, économiques et scientifiques.

**III-3-Expériences et recherches Algériennes dans le domaine de recyclage et la valorisation des déchets du bâtiment :**

A partir de 1977, le CSTC (le centre scientifique technique de la construction) a mené des recherches, avec appui financier d'IRSIA (Institut Belge pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture) sur le thème de la démolition et du recyclage des éléments de construction en béton. L'expérience acquise par cette recherche a permis au CSTC de proposer aux autorités algériennes d'effectuer une étude sur les possibilités de recyclage des décombres à la suite du tremblement de terre d'El Asnam de 1981.[62]

[60]Mohamed, SAYEH.7<sup>ème</sup> rencontre, Journée d'étude franco-Algérienne, Mars 2015.

[61]BENARBIA, S. *Nouvelles Filières Pour Préserver L'environnement :La valorisation de granulats issus des démolitions des constructions pour la fabrication d'un béton hydraulique* .Mémoire de master : Architecture et environnement : EPAU, ALGER .2014.

[62] DEPAW, C. *Recyclage des décombres d'une ville sinistrée*, décembre 1982.

Vu la grande haie des premiers secours, directement après le séisme, une partie des décombres situées dans les zones les plus gravement touchées a été entassée et mélangée avec de la terre et de la chaux pour éviter les épidémies. Une partie des débris (débris mixtes) qui ne peut être convertie en matériaux de construction a été servie au renforcement des rives déjà très affouillées de la rivière de Chélif. Le reste des débris ont été transformés par concassage et tamisage en granulats destinés à des blocs de construction.

Des blocs de béton ont été fabriqués avec des débris provenant du groupe d'immeubles à appartements N° FG0306A. Il s'agit de 19 bâtiments R+3 dont l'ossature est en béton et la maçonnerie de remplissage en blocs de béton et de briques recouvertes d'un enduit. Après 28 jours, les blocs ont été écrasés au laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment à Alger sous la surveillance des ingénieurs de CNERIB actuellement et du CSTC.

Cette recherche a montré la possibilité de recycler les débris pour en faire des blocs en béton.[63]

Dans le cadre des recherches universitaires plusieurs études ont été réalisées dont on peut citer comme exemple, la thèse de magister soutenue en 2003 par Mlle BEDJOU Souhila dont le thème est : Contribution à la valorisation des déchets de construction, études de recyclage des débris des terres cuites, le thème de recyclage des débris de terre cuite était traité aussi par Mlle BENRABIA Sara dans un mémoire de Master soutenue en 2013, ces deux travaux de recherche démontrent la possibilité de recyclage des débris de terre cuite afin de les réutiliser comme sable pour la confection d'un nouveau béton.

Le thème de recyclage des bétons de démolition et la caractérisation de ses comportements mécaniques a intéressé plusieurs chercheurs, parmi les recherches effectuées dans ce cadre on trouve la thèse de magister intitulée le recyclage de béton de démolition solution pour le développement durable soutenue en 2009 par Mr BERREDJEM Layachi, on peut citer aussi la thèse de magister intitulée comportement de béton à base de granulats recyclés présentée par Mlle SAADANI Sabrina

[63]BEDJOU,S : *Contribution à la valorisation des déchets de construction, études de recyclage des débris des terres cuites*. Mémoire de Magister : Département de génie civil ENP, Alger .2003.

#### IV- APPROCHE ADOPTÉE POUR UNE CONTRIBUTION A L'ETUDE DU PROBLEME DE LA FAISABILITE DU RECYCLAGE EN ALGERIE :

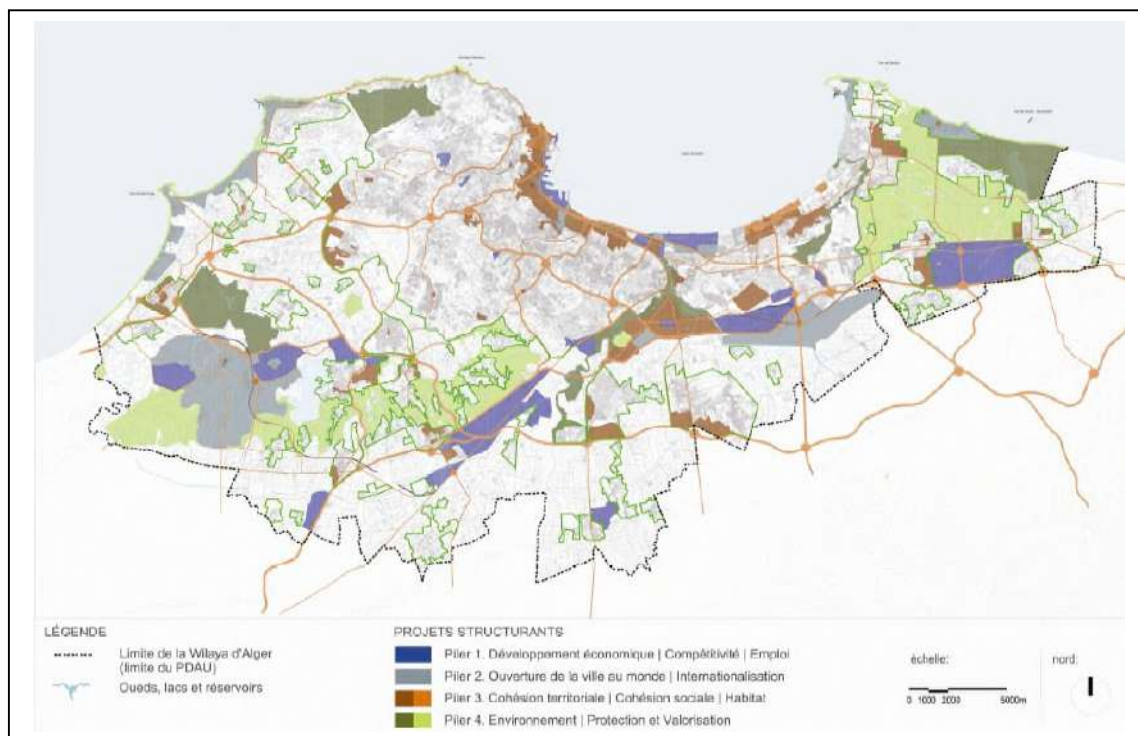
Afin de travailler sur la problématique du recyclage dans la construction en Algérie, nous Avons choisi d'adopter une approche par étude de cas. Pour ce faire nous allons axer notre étude sur le gisement de déchets de construction qui présente un intérêt potentiel dans l'agglomération Algéroise.

##### IV-1- Présentation de la wilaya d'Alger.

La Wilaya d'Alger abrite la ville d'Alger, capitale du pays .On assiste actuellement à la mise en relief du rôle de la capitale comme pôle urbain important au sein de la Méditerranée et de l'Europe élargie et du nord de l'Afrique.

Dans ce domaine, il est nécessaire de doter le territoire de nouveaux équipements de niveau supérieur, d'événements et de nouvelles fonctions d'intermédiation qui exaltent les valeurs endogènes de ce territoire et qui affirment la capitale dans le domaine de l'économie de la connaissance, lui conférant ainsi une plus grande visibilité et compétitivité externe.

La Figure III-4 ; illustre les 4 piliers des projets structurant dans le cadre d'Alger ECO-métropole.



**Figure III-4 :** Projets structurants d'Alger ECO-METROPOLE[64]

La réalisation de ces projets engendre des quantités importantes de gravats que nous traitons dans ce qui suit.

[64] Direction de l'aménagement du territoire, *Rapport d'orientation*, Wilaya d'Alger, AVRIL 2011

#### IV- 2- Les déchets de chantier dans l'agglomération algéroise.

Selon l'estimation effectuée par une étude du CNERIB (Centre national d'étude et de Recherche Intégré en bâtiment, Le séisme de mai 23 aurait engendré plus de 2,5 millions de tonnes de déchets inertes [65] dont près de 12% d'acier et 40% de béton.

S'ajoute à ceci les travaux de construction, démolition et de réhabilitations lancées dernièrement dans la wilaya d'Alger.

Mis à part le remblayage, la valorisation de déchets de construction et quasi inexistante (Concassage de pierres, béton et bitume, recyclage des métaux).



**Figure III-5 :** Travaux d'extension du métro D'Alger



**Figure III-6:** Chantier en cours grande mosquée d'Alger

Cette partie est consacrée à l'établissement d'un état des lieux des décharges de gravats de la wilaya d'Alger gérées par l'EPIC ASROUT (Etablissement public de l'assainissement, d'entretien des routes d'Alger) ainsi que leur expérience dans le domaine de recyclage des déchets inertes.

### V- ORGANISATION ET COLLECTE DES GRAVATS DANS L'AGGLOMERATION ALGEROISE :

Le système actuel de collecte et de mise en décharge des gravats est basé sur l'obligation des producteurs de gravats d'amener les gravats produit aux décharges gérées par ASROUT, et la collecte directe par l'EPIC ASROUT, des gravats abandonnés sur la voie publique.

#### V -1-Présentation de l'EPIC ASROUT :

La création de l'Etablissement Public à caractère industriel ASROUT est effectuée par arrêté de wali n° 444 le 07/06 /1995. Son intervention est limitée territorialement aux 28 communes intra-muros de la wilaya d'Alger mais peut, être amené à intervenir en cas d'événements exceptionnels (Séismes, crues...) avec une instruction de Monsieur le Wali d'Alger

[65]Makhoukh, M. *Programme d'aménagement côtier (PAC) « zone côtière algéroise »*, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement .AVRIL 2005.

. Le tableau ci-dessous présente le découpage des unités en secteurs.

**Tableau V-1:** Secteur d'intervention de l'Epic d'ASROUT.

Unité	Communes couvertes	Nombre de communes
<b>Sidi M'Hamed</b>	Alger centre, Sidi M'Hamed, El Mouradia, EL Madania.	<b>4</b>
<b>Bab el Oued</b>	Bab el Oued, Casbah , OuedKoriche, Bologhine.	<b>4</b>
<b>Hussein Dey</b>	Belouizdad, Kouba , Hussein Dey, El Magharia.	<b>4</b>
<b>Dar el Beida</b>	Bâb Ezzouar, El Mohamadia	<b>2</b>
<b>El Harrach</b>	El Harrach, Bach Djerrah, Bourouba.	<b>3</b>
<b>Bouzareah</b>	El Biar, BenAknoun, Bouzareah, Beni Messous.	<b>4</b>
<b>Bir Mourad Rais</b>	Hydra, Gué de Constantine, Bir Mourad Rais.	<b>3</b>
<b>Cheraga</b>	Dely Brahim, El Hammamat, Rais Hamidou.	<b>3</b>
<b>Baraki</b>	Commune d'Eucalyptus.	<b>1</b>
<b>Totaux</b>		<b>28</b>

#### **V -2-Missions de L'EPIC ASROUT :**

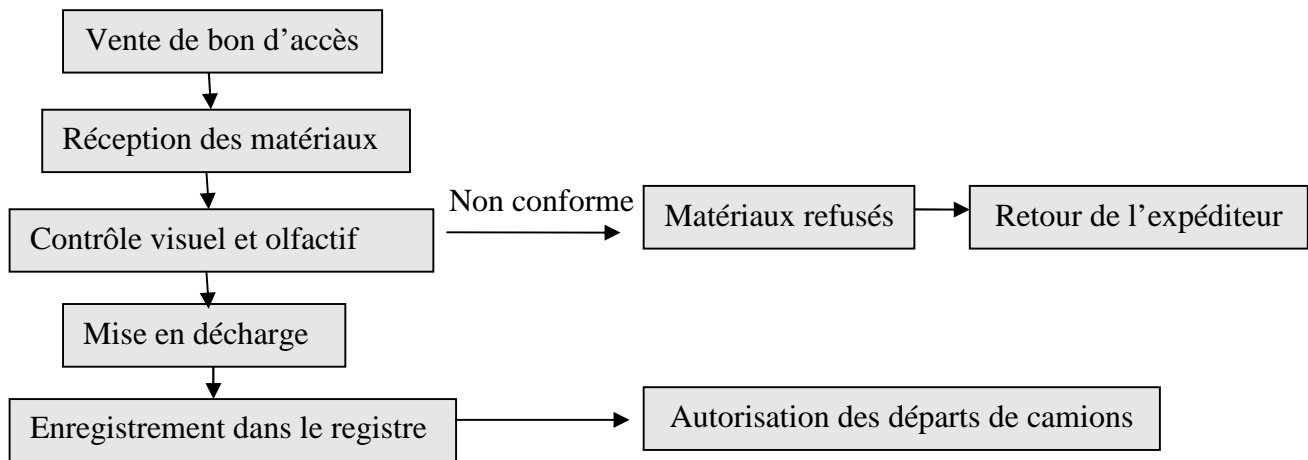
Les missions de l'EPIC ASROUT sont relatives à l'activité d'entretien des routes dont les principales sont :

- Réparation partielle des trottoirs et des chaussés ;
- Remplacement des équipements nécessaires aux réseaux d'assainissement tertiaire ;
- Réalisation des travaux neufs sur la voirie et réseaux d'assainissements ;
- Enlèvement des terres et matériaux de la construction de la voie publique ;
- L'enlèvement et l'évacuation de gravats produit de démolitions et objets encombrants de la voie publique.

Les gravats issus des travaux de réparation et d'entretien ainsi que ceux abandonnés sur la voie publique sont évacués vers les centres d'enfouissement classe III

Ces centres d'enfouissements ont pour missions de Réceptionner les gravats et déchets inertes des différentes communes de la Wilaya d'Alger ainsi que les terres des différents Projets.

**V-3-Procédure de mise des déchets dans la décharge de gravats :**



**Figure V-1 :** La procédure suivie pour la mise des déchets dans la décharge de gravats

**V-3-1- Lacunes observées**

Dans ces décharges la mise en décharge est effectuée sans un tri :

- Entre les différentes catégories des déchets inertes notamment les terres, béton armé ou non armé, pierre, parping .....etc.
- Entre déchets inertes recyclables ou non recyclable.

**V-3-2- Tarif des prix de déchargement de gravats : depuis 1995**

Il existe 2 types de déversement :

- Déversement à titre gracieux.
- Déversement à titre payant.

**Déversement à titre payant :**

**Pour les Entreprises ou Autres Organismes :** Doivent présenter - Un Bon de Commande

- Un Chèque Normal /Espèce/Carte Grise

Le tableau V-2 résume les prix en Dinar algérien avec les taxes correspondantes au tonnage.

**Tableau V-2 :** Prix unitaires avec les taxes réservés aux tonnages réceptionnés.

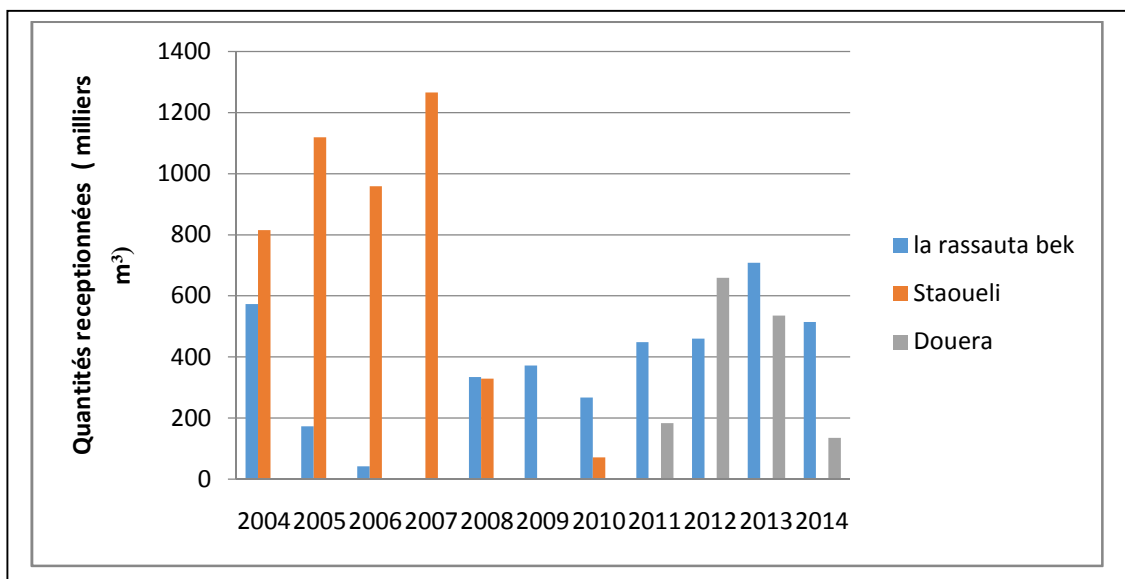
Tonnage des Camions	P.U (HT)	TVA (17%)	P.U (TTC)
Camionnette à moins de 2.5 T	200,00	34,00	234,00
Camion de 2.5 T à 03 T	480,00	81,60	561,60
Camion de 05 T à 09 T	600,00	102,00	702,00
Camion de 10 T à 12T	800,00	136,00	936,00
Camion Plus de 12T	1 120,00	190,40	1310,40

**VI- SITUATION ACTUELLE DES DECHARGES DE GRAVATS :**

Afin de pouvoir vérifier la faisabilité et la nécessité de la valorisation des gravats, Nous avons réalisé une enquête sur site pour pouvoir déterminer les quantités accumulées dans les centres d'enfouissements classe III disponibles dans l'agglomération algéroise.

**VI-1-Quantités des terres et gravats accumulés :**

Les décharges de gravats reçoivent donc des quantités de terres et de gravats et des déchets inertes importantes (Annexe 01), nous résumons dans la figure VI-1 les quantités des déchets réceptionnées durant les 16 dernières années.



**Figure VI-1 :** Quantités des terres et gravats réceptionnées.

Dans le tableau VI-1 nous représentons les quantités accumulées dans les trois centres d'enfouissement : Bordj El Kiffan,Staoueli, Douera. Durant la période 1998-2014.

**Tableau VI-1 :** Quantités des terres, gravats et déchets inertes réceptionnées entre 1998 au 2014. [66]

Décharge	Durée	Quantité en M3
<b>Zone de bordj El kiffan</b>	De 1998 au 2014 en cours	5091188
<b>Zone de staoueli</b>	De 1998 au 2010 fermée	5564300
<b>Zone de Douera</b>	De 2011 au 2014 Fermée	1513319
<b>Total</b>		12168807 M <sup>3</sup>

Les centres d'enfouissement technique ont recueilli des quantités de gravats et terres importantes issus des travaux de construction d'entretien et de démolition, le CET de Staoueli a atteint son saturation en 2010 face à cette quantités importantes des terres et gravats.

[66]EPIC ASROUT, Département technique, service de gestion des décharges, Wilaya d'Alger.

**VI- 2- Impacts des travaux de démolition :**

Les travaux de démolitions et relogement et d'entretien lancés dans la wilaya d'Alger, engendrent des quantités de gravats importantes, on assiste actuellement à une dégradation de l'environnement et du cadre de vie (figure VI-2) ainsi que la saturation des décharges.



Chantier de démolition Belcourt. Alger



Chantier de démolition H. Dey.

**Figure VI-2 :** Multiplicité des Chantiers de démolition dans la wilaya d'Alger.

Nous représentons dans le tableau V-2 les quantités de déchets inertes issus des travaux de démolition et relogement réceptionnées durant une semaine dans les deux décharges de Douéra et Bordj el Kiffan.

**Tableau V-2 :** La Réception des Produits de Démolition de l'Opération de Relogement Du 21/06/2014 au 28/06/2014.

Décharge	DOUERA	BEK
Les sites	BIRTOUTA -ZERALDA	MAGHARIA
21/06/2014	45 Voyages DE 15 T V=675 M <sup>3</sup>	06 Voyages DE 15 T V=90 M <sup>3</sup>
Les sites	BIRTOUTA-ZERALDA BIKHADEM	MAGHARIA
22/06/2014	103 Voyages DE 15 T V=1545 M <sup>3</sup>	05 Voyages DE 15 T V=75 M <sup>3</sup>
Les sites	BIRTOUTA ZERALDA	EL HARRACH BAB EL OUED
23/06/2014	121 Voyages de 15 T 07 Voyages de 2 T V=1829 M <sup>3</sup>	16 Voyages de 15 T V=240 M <sup>3</sup>
Les sites	BIRTOUTA ZERALDA BIR KHADEM	EL HARRACH BAB EL OUED BOLOGHINE

<b>24/06/2014</b>	31 Voyages de 15 T 69 Voyages de 15 T 27 Voyages de 15 T V=1 905 M <sup>3</sup>	16 Voyages de 15 T 10 Voyages de 12 T 06 Voyages de 15 T V=450 M <sup>3</sup>
<b>Les sites</b>	BIRTOUTA ZERALDA BIR KHADEM BOLOGHINE	EL MOHAMADIA BAB EL OUED EL HARRACH BORDJ EL BAHRI HARRAOUA MAGHARIA
<b>26/06/2014 au 28/06/2014</b>	69 Voyages de 15 T 81 Voyages de 15 T 47 Voyages de 15 T 02 Voyages de 15 T V= 3 035 M <sup>3</sup>	49 Voyages de 15 T 11 Voyages de 15 T 16 Voyages de 15 T 108 Voyages de 15 T 07 Voyages de 15 T 37 Voyages de 15 T V= 3 423 M <sup>3</sup>

Après la fermeture du CET de Staoueli les deux centres d'enfouissements ont continué de recevoir des quantités importantes de gravats, ce qui présente un potentiel de valorisation.

### V-3-Etat des lieux de la wilaya d'Alger en matière de gestion de déchets de gravats:

Les décharges de gravats sont caractérisées par une durée de vie et une capacité d'accueil. En 2010, la fermeture de décharge de gravats de staoueli s'est effectuée par l'arrêté n° 2179 du 10 Août 2010 de la wilaya d'Alger suite à son saturation après avoir réceptionné les produits en grande masse issus des ultimes opérations de démolition des habitations précaires au niveau des Communes des Circonscriptions Administratives qui sont Chéraga, Zeralda et Bouzaréah.

En 2014, la fin de réception et la zone de Douéra est concrétisée par un écrit n° 11086/du 23 Septembre 2014 signé par le wali d'Alger suite à son emplacement mitoyen à un projet Viaduc de Ligne Ferroviaire Birtouta-Zeralda.

La seule décharge mise en service actuellement est celle, de Rassauta située à Bordj El Kiffan créée par un arrêté n° 102 du 12/09/1997 réceptionne les gravats issus essentiellement des opérations de relogement, travaux de métro ainsi que les travaux quotidiens d'enlèvement des gravats et les différentes opérations de rattrapage et les travaux d'entretien des Communes de la Wilaya d'Alger.

Dans le tableau VI-3 nous représentons quantités réceptionnées dans cette décharge durant les 3 premiers mois de 2015.

**Tableau VI-3:** Quantités réceptionnées en voyages et mètre cube (M<sup>3</sup>)  
Du 01/01 /2015 Au 31/ 03/ 2015 (Décharge de Bordj El Kiffan)

Zone	Janvier		Février		Mars	
	Gratuit	Payant	Gratuit	Payant	Gratuit	Payant
BEK	3777	3882	3251	2143	3944	3798
	Voyages= 27510 M <sup>3</sup>	Voyages= 21845 M <sup>3</sup>	Voyages= 24546 M <sup>3</sup>	Voyages= 12235M <sup>3</sup>	Voyages= 27693 M <sup>3</sup>	Voyages= 21909M <sup>3</sup>
<b>total</b>	<b>7659VS=49355 M<sup>3</sup></b>		<b>5394=36799 M<sup>3</sup></b>		<b>7922VS=49602</b>	
<b>Total</b>	<b>20975VS=135756M<sup>3</sup></b>					

-Cette décharge a fait l'objet d'un projet d'extension sur le Parc logistique de l'entreprise COSIDER après avoir atteint l'état de saturation. Elle continue actuellement à recevoir des quantités importantes des déchets et saturation est presque atteinte, elle possède une capacité restante de 7000m<sup>3</sup> en Avril 2015.

#### VI-3-1-Les contraintes de gestion du service décharges :

La saturation des décharges de gravats a soulevé le problème du manque des assiettes de réception des déchets.

Actuellement des sorties sur sites sont réalisées afin de définir une assiette de réception des déchets inertes, gravats et terres, une tâche qui s'avère de plus en plus difficile dans l'agglomération Algéroise, parmi ces sites on peut citer le site à la cité des oiseaux commune de Bouzareah dont les contraintes étaient les suivantes :

- Existence de l'entreprise S.C.A.L (Société des Ciments de l'Algérois) exploitante de la carrière Jaubert.
- Existence des habitations au long de la voie d'accès.
- Existence d'une agglomération très dense.
- Passage d'un oued (Sidi El Kebir).
- Existence de deux casernes militaire.

Face à cette situation l'EPIC de ASROUT s'est engagé dans l'opération de recyclage des gravats afin de réduire l'intensité de problèmes causés par ces derniers.

## VII- MISE EN PLACE DUN SYSTEME DE COLLECTE ET DE VALORISATION DES GRAVATS :

### VII-1-Contexte Et Objectifs D'action :

La gestion des gravats pose différents problèmes au niveau notamment :

- De la gestion de la filière.
- De la réglementation en vigueur.
- Et de la collecte (y compris la pré-collecte), et la mise en décharge.[67]

Par ailleurs la quantité annuelle produite est estimée en 2012 à 11 millions de Tonnes est appelée à croître à un rythme égal à celui du croît démographique (puisqu'elle dépend également du développement économique), ce qui souligne l'acuité du problème posé, notamment si il fallait se contenter d'une solution de «Tout à l'enfouissement»[68]

L'objet de la présente action est de restructurer le système actuel de gestion des gravats, et de rechercher des solutions alternatives à l'option d'enfouissement, et d'une façon générale de mieux maîtriser l'ensemble de la filière

### VII-2-Nature des activités :

Cette action prévoit la conduite des actions suivantes :

- Réalisation d'une étude de caractérisation des gravats et des possibilités de leur valorisation ;
- Aménagement des sites de recyclage de façon à permettre d'accueillir les activités de recyclage ;
- Acquisition d'équipements pour la valorisation des gravats (concasseur, cribleur) ;
- Conduite d'une réflexion sur l'organisation de pré-collecte ;
- Acquérir le matériel et d'équipement adaptés (notamment des conteneurs).

Des activités complémentaires pourront être menées en tant que mesures d'accompagnement pour mieux stimuler la demande de valorisation A titre d'exemple, on pourrait procéder au montage et au lancement d'opérations de restauration de paysages urbains (concernant notamment les carrières désaffectées) ou les gravats pourraient très bien trouver leur place.

Les gravats valorisés peuvent être également utilisé dans les travaux d'entretien et de réparation des routes et trottoirs.

[67] Direction de l'environnement de la wilaya d'Alger, *Eude des schéma directeur de collecte et de traitement des déchets solide des 57 commune de la wilaya d'Alger*, Rapports finaux , 2010.

[68] Direction de l'environnement de la wilaya d'Alger, *Eude des schéma directeur de collecte et de traitement des déchets solide des 57 commune de la wilaya d'Alger*, Rapports finaux , 2010.

### VII-3-Installation d'une station de concassage :

Faisant suite aux journées d'études organisées par la direction de l'environnement de la Wilaya d'Alger en collaboration avec le conseil général de Bouche du Rhône en date du 10 et 11 Avril 2013 avec la participation des différentes directions de la wilaya, DTP, DEP et l'EPIC Netcom .Dont Le thème étaient la valorisation et tri des déchets BTP, l'étude a pris comme exemple la région de bouche du Rhône (France) et l'expérience acquise dans le domaine de recyclage et valorisation des déchets BTP, dans des plate forme de tri équipée du broyeur et cribleur destinés à la production des agrégats et sa réutilisation dans le secteur des travaux publics.

L'EPIC ASROUT a installé une Station De Concassage (Oued El Kerma), pour la production des agrégats 0/40 issus des déchets de déconstructions afin de les réutiliser dans les travaux publics.



**Figure VII-1 :** Station de concassage Oued el Kerma.

#### VII-3-1-Collecte et valorisation des gravats

Cette action repose sur :

- Le développement du dispositif de collecte des gravats par le mise en disposition des moyens de collecte de proximité Ainsi des caissons métalliques de 20 m pourra être installés près des zones é fort potentiel de production de gravats ;
- Les producteurs de gravats sont appelés é déverser les déchets en question au niveau des caissons mis en place é cet effet.
- Les caissons remplis de gravats seront acheminés par ASROUT vers l'unité de concassage.
- Le produit de valorisation sera utilisé pour la construction des routes et/ou réhabilitation du paysage urbain des falaises et des talus érodés.

Les mesures d'accompagnement préconisées consistent à :

- Sensibiliser les entreprises et les producteurs de gravats de déposer les déchets produits au niveau des caissons de proximité mis en place par ASROUT ;
- Adapter la loi pour permettre le recouvrement d'une partie des coûts engendré auprès des producteurs des déchets lors de l'établissement des permis déconstruire[69]

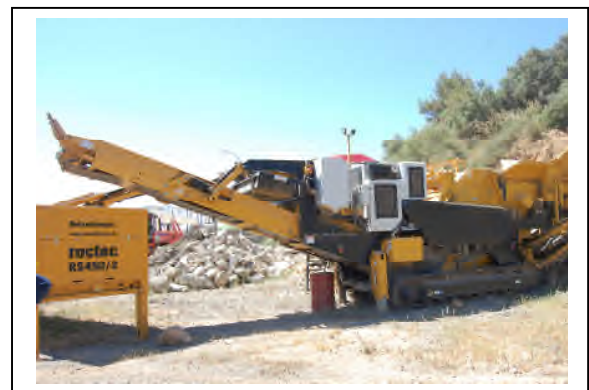
### VII-3-2-Déchets admissible dans la station de recyclage de Oued El kerma :

Les déchets recyclables sont tout d'abord des déchets inertes, c'est-à-dire les matériaux minéraux tels que le béton, le ciment, la céramique, la terre cuite, les tuiles, le marbre, le grès, l'ardoise..., après tri et dé ferrailage, Les blocs passent ensuite dans un concasseur à percussion qui les broie. Les bris de matériaux passent sous un électro-aimant, qui récupère tous les éléments métalliques, puis sur des grilles de criblage qui séparent les produits par granulométrie. Cela permet d'obtenir des cailloux et des graves de différents calibres stockés séparément pour être ensuite réemployés dans la restauration des paysages urbains ou réutilisés en Technique routière (sous-couche de fondation et de base des routes).

### VII-3- 3-Équipements nécessaires acquis :

#### VII-3-3-1- Un Broyeur :

Les concasseurs peuvent être utilisés pour réduire la taille ou changer la forme des déchets afin qu'ils puissent être plus facilement éliminés ou recyclés. Ils peuvent également réduire la taille d'un mélange solide de matières premières, de sorte que ses différents composants puissent être séparés.



**Figure VII-2 :** broyeur mobile à percussions type RI 220 II

[69] Direction de l'environnement de la wilaya d'Alger, *Eude des schéma directeur de collecte et de traitement des déchets solide des 57 commune de la wilaya d'Alger*, Rapports finaux , 2010.

**VII-3-3-2- Un Cribleur :**

Permet de sélectionner les grains et de séparer un ensemble de grains en au moins deux sous-ensembles de granulométries différentes, le crible ne laissant passer dans ses mailles que les éléments inférieurs à une certaine taille afin de les classer suivant des spécifications dimensionnelles données pour des raisons techniques.



**Figure VII-3 :** Cribleur type RS 450/2500x1500

**Usage des produits recyclés**

La quantité cumulée dans la valorisation des déchets de bâtiment est de 5 30 T, ces produits ont été utilisés par L'Epic ASROUT dans les travaux d'entretien des routes.

**Obstacles rencontrés**

Après la concrétisation du projet et la réception du matériel la wilaya d'Alger et l'EPIC de ASROUT ont constaté le risque de multiplication des dépotoirs sauvages avec le schéma de collecte prévu, ce qui a provoqué un changement dans la collecte des gravats donc les générateurs institutionnels doivent acheminer leurs déchets vers la plateforme de recyclage mais aucune entreprise ne semble intéressée et aucune mesure n'est prise en charge pour régler cette situation ce qui engendré l'arrêt de fonctionnement de la station de concassage.

### VIII Conclusion

La gestion des déchets inertes dans la wilaya d'Alger rencontre deux problèmes majeurs :

- La saturation des centres d'enfouissement classe III existants dans la wilaya Alger.
- Manque des assiettes de réception des déchets dans la wilaya d'Alger.

Ces problèmes sont une conséquence de l'absence des méthodes de la prévention des déchets de chantiers dont l'identification des déchets de chantier et leurs modes de traitement est obligatoire avant la délivrance de tout acte d'urbanisme comme nous l'avons développé dans le premier chapitre.

La Valorisation des gravats peut être donc une solution alternative pour diminuer l'impact de la méthode actuelle (tout à l'enfouissement),

Donc le recyclage des gravats présente des intérêts certains dans le cas de la wilaya d'Alger dont les plus importants sont :

- la réduction des coûts (en investissement et en exploitation) d'enfouissement et de transport des déchets,
- la création d'emplois et la génération de revenus à de nombreux acteurs intervenant dans les filières correspondantes (récupérateurs, transporteurs recycleurs) ;
- la récupération des matières premières parfois en limitant l'importation ;
- et la réduction des effets négatifs sur l'environnement (nuisances risques divers notamment sanitaires dégradation des ressources naturels).

Le recyclage des gravats peut être effectué dans le :

- La construction routière : les granulats recyclés peuvent être utilisés en : voirie ferroviaire, voirie routière, ouvrage d'art
- Domaine de bâtiment : l'utilisation des granulats recyclés dans le domaine de bâtiment est régie par des critères techniques que nous avons développés dans le premier chapitre, une identification des matériaux et leurs caractéristiques physiques et mécaniques doit être réalisée.

**CHAPITRE :**  
**03**

## I- INTRODUCTION :

L'utilisation des gravats recyclés contribue à la protection de l'environnement car elle permet de minimiser le taux des déchets à stocker, et de limiter le recours aux granulats naturels par leur substitution partielle ou totale par les granulats recyclés. Elle contribue à soulager la forte demande en granulats naturels dans notre pays.

Les déchets de déconstruction et de démolition générés dans l'agglomération algéroise sont en constante augmentation. En 2014, la quantité de déchets inertes réceptionnés dans les centres d'enfouissement a été évaluée à environ 650.035 m<sup>3</sup>/an. Ce qui offre des possibilités de valorisation.

Dans ce chapitre, nous essayons de cerner au mieux, les possibilités techniques offertes pour l'utilisation des granulats recyclés destinés à l'utilisation notamment, dans le secteur du bâtiment.

Nous nous sommes basés essentiellement, sur les travaux réalisés au centre national d'études et de recherches intégrées du bâtiment (CNERIB) et leurs résultats sur l'utilisation du sable pour la confection d'un mortier, fraction granulométrique (0/3), issu du concassage de débris de maçonnerie composée de fragments brique, de plâtre et de mortier de ciment. Choix motivé par une présence importante de maçonnerie dans les déchets du bâtiment.

Le travail est structuré en deux parties, la première partie a pour but d'identifier le matériau et la deuxième partie est destinée à cerner au mieux, les caractéristiques mécaniques de ce matériau.

Ainsi, dans un premier stade, nous résumons les résultats des essais qui ont servi à la caractérisation des matériaux, ainsi que la comparaison des granulats recyclés et les granulats naturels. Ces derniers servent à renseigner sur la qualité des granulats et les possibilités techniquement permises pour leur utilisation dans la construction du bâtiment.

Au deuxième stade, nous aborderons les propriétés de trois mortiers confectionnés avec deux sables issus du recyclage totalement ou partiellement et un mortier confectionné de sable naturel seulement pouvant servir de mortier témoin. Ces trois cas de mortier sont :

- Sable de Débris de maçonnerie concassés (10% plâtre+ 79% brique 11% de mortier de ciment qu'on indiquera par : SR
- Sable obtenu par un mélange de : 90% sable naturel +10% plâtre recyclé afin de pouvoir déterminer l'influence de ce dernier sur le mortier résultant qu'on indiquera par : SN+P
- Sable de débris de mortier ciment : grains de Sable naturel liés par des matrices de ciment qu'on indiquera par RC

De nombreux essais ont été effectués sur les propriétés rhéologiques du mortier frais ainsi que les différentes propriétés mécaniques après cure dans l'eau à 7 et 28 jours pour tous les dosages.

## II- ESSAIS D'IDENTIFICATION DES SABLES :

En vue de leur utilisation dans la confection des mortiers, les sables sont soumis à des essais au laboratoire qui sont : l'analyse granulométrique, module de finesse, absorption d'eau, compacité et porosité, équivalent de sable.

### II-1- Analyse granulométrique par tamisage :

L'analyse permet de déterminer la distribution en poids des particules du sable suivant leurs dimensions et de nous renseigner sur le pourcentage d'éléments inférieurs à 80 microns. L'essai est effectué conformément à la norme française P 18-560 [70] Le résultat de cette analyse est représenté sous la forme d'une courbe. La représentation de cette analyse des sables naturel et recyclés est présentée dans la figure II-1 :

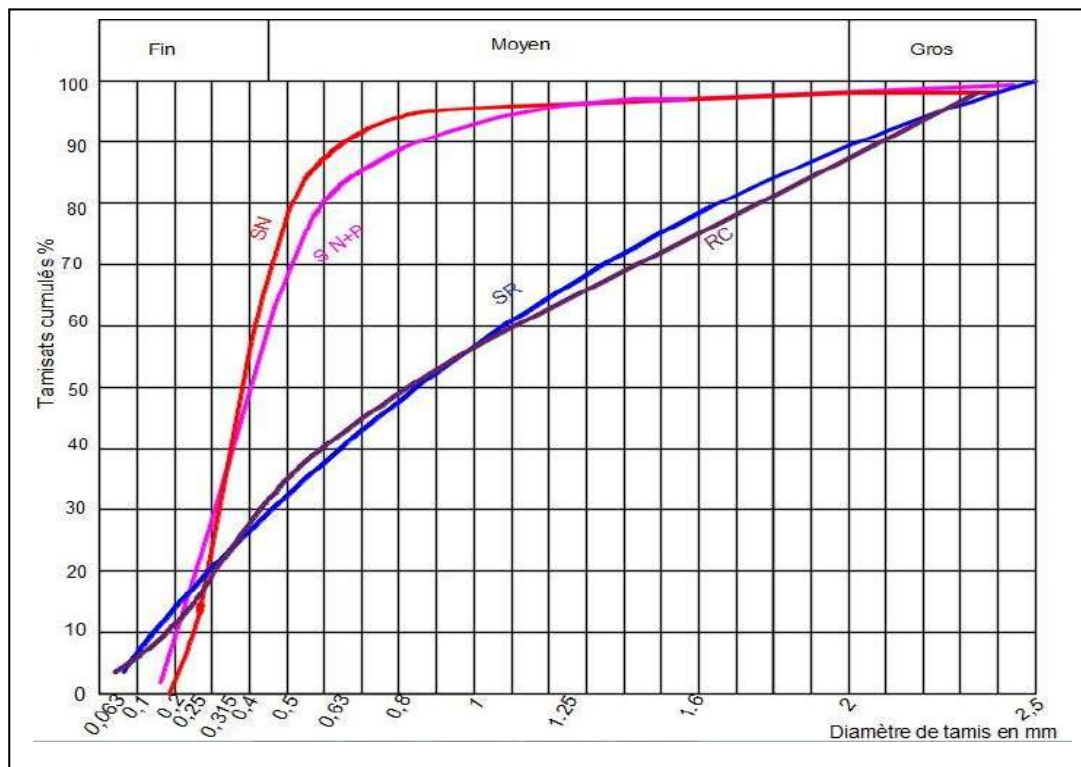


Figure II-1 : Distribution granulométrique des sables.

Les quatre courbes représentées ci-dessus (figure II-1) montrent que le sable naturel et celui contenant le plâtre sont assez proches, sauf que le sable contenant le plâtre recyclé contient plus de fines, quant au sable provenant du recyclage de maçonnerie et celui provenant du concassage du mortier de ciment ils sont différents des premiers du point de vue granulométrique car ils sont grossiers.

[70] Norme française (AFNOR), *Analyse granulométrique par tamisage*, 1990.

**II-2- Module de finesse :**

Le module de finesse (MF) est un coefficient servant à caractériser la grosseur d'un sable pour béton. Selon la norme européenne [EN 12620] lorsque MF est comprise entre [71] :

- 1.8 Et 2.2 : le sable est majoritairement de grains fins.
- 2.2 Et 2.8 : on est en présence d'un sable préférentiel
- 2.8 Et 3.3 : le sable est un peu grossier ; il donnera des bétons résistants mais moins maniables

Les résultats obtenus sont récapitulés le tableau II-1 :

**Tableau II-1 : Essais relatifs au module finesse**

Essais	SN	SNP	SR	RC
<b>Module de finesse</b>	2.02	1.92	3,015	2,92

On remarque :

Que les trois sables utilisés, sont acceptables pour la confection d'un béton hydraulique et mortiers, sauf que Le module de finesse de sable recyclé est supérieur à celui du sable naturel ceci dépend de la nature des roches et des caractéristiques du broyeur.

**II-3- Masses volumiques :**

La masse volumique sert à identifier les caractéristiques physiques des matériaux et afin de pouvoir cerner ces caractéristiques, 3 types de masses volumiques sont indispensables à connaître : [72]

1. La Masse volumique apparente est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules.
2. La masse volumique réelle est la masse d'un mètre cube de ce matériau déduction faite des vides entre particules. La déduction ne concerne pas les vides compris dans le matériau mais seulement ceux entre les particules.
3. La masse volumique absolue d'un matériau est la masse d'un mètre cube de ce matériau, déduction faite de tous les vides, aussi bien des vides entre les grains que des vides à l'intérieur des grains.

Le tableau II-2 résume les valeurs des masses volumiques (apparente, réelle, absolue) des quatre types de sables

[71] F. GHOMARI et O. BENDI, *ANALYSE GRANULOMETRIQUE*. Science des matériaux de construction, travaux pratique, Université de Tlemcen.

[72] F. GHOMARI et O. BENDI, *ANALYSE GRANULOMETRIQUE*. Science des matériaux de construction, travaux pratique, Université de Tlemcen.

Tableau II-2 : Les masses volumiques des quatre types de sable

	Masse volumique apparente (t/m <sup>3</sup> )	Masse volumique réelle (t/m <sup>3</sup> )	Masse volumique absolue (t/m <sup>3</sup> )
SN	1,43	2,6	2,4
SNP	1,32	2,45	2,28
SR	1	2.1	2.05
RC	1.14	2.31	2.21

D'après les résultats obtenus on constate que les masses volumiques des sables recyclés sont plus faibles que celle du sable naturel.

On remarque aussi, un écart de 50% entre la masse volumique apparente pour le SR cela est due au fait que les granulats recyclés sont constitués d'un aggloméré de granulats de différents natures (terre cuite, ciment, plâtre) ce qui donne naissance à des pores.

Quant au SNP la chute de masse volumique n'est pas aussi importante, car ce dernier ne contient que 10 % de plâtre.

Pour le RC la chute de masse volumique est due à la présence d'une matrice de ciment entre les grains de sable naturel ce qui donne naissance à des pores.

#### II-4- Porosité et coefficient d'absorption :

La porosité est le rapport du volume des vides au volume du matériau total, une forte porosité induit une forte absorption d'eau.[73]

L'essai d'absorption d'eau est effectué conformément à la norme française P 18-555.[74] Pour cela, un échantillon de sable est plongé dans l'eau pendant 24 heures à 20° à la pression atmosphérique normale. A l'issue des 24 heures, on effectue sa pesée, puis on calcule l'augmentation de masse par rapport à sa masse sèche, enfin on obtient le coefficient d'absorption d'eau en effectuant le rapport de l'augmentation de masse à la masse sèche initiale. Les résultats de cet essai sont mentionnés dans le tableau II-3 :

Tableau II-3 : Taux d'absorption d'eau

Essais	SN	SN+P	SR	RC
Coefficient d'absorption d'eau (%)	0.1	2.8	5.71	4.25
Porosité (%)	40.42	42.11	51.12	48.42

[73]F. GHOMARI et O. BENDI, *Caractéristiques principales de granulats*, Science des matériaux de construction, Travaux pratiques.2008, université de Tlemcen.

[74]Norme Française (AFNOR), *Mesures de masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables*, décembre, 1990.

Les résultats représentés dans le tableau II-3 démontrent que :

- SR absorbe 2 fois plus d'eau que le SN+P, et 57 fois que le SN.
- Le coefficient d'absorption d'eau du SN+P est de 28 fois plus important que celui du sable naturel ceci est dû à la présence de 10% du plâtre recyclé dont le besoin en eau est expliqué par sa composition chimique.
- Le RC absorbe l'eau 43 fois plus que le SN

Ceci est expliqué par le taux important de la porosité indiqué dans le tableau et donc le sable recyclé s'avère hydrophile.

Note : On peut donc présager qu'il faudra de grosses quantités d'eau pour confectionner des bétons et mortiers à base de sable de recyclage.

**II-5- Equivalent de sable :**

Cet essai a pour objectif d'évaluer la quantité de fines argileuses et de poussières contenues dans les sables fins. Il permet donc de mesurer la propreté d'un sable. Il est réalisé conformément à la norme NF P 18 – 598[75]. L'essai est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carré de 5mm. Il rend compte globalement de la quantité des éléments fins ; en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les sédiments sableux et les éléments fins qui flocculent. Les valeurs de l'équivalent des 3 sables sont résumées dans le tableau II-4 :

**Tableau II-4** : Pourcentage d'équivalent de sable.

	<b>Equivalent de sable (%)</b>	<b>Critère</b>
<b>SN</b>	99	≥ 70 (65 et 60 pour les sables concassés et broyés)
<b>SNP</b>	92	
<b>SR</b>	61	
<b>RC</b>	76.32	

Selon le tableau II-4, les sables sont propres car leur équivalent de sable est conforme à la limite donnée par la norme [NF P 18-598][76]

[75]Et [76]Norme française(AFNOR), *Granulats équivalent de sable*, septembre1998.

**II-6- Conclusion :**

D'après l'interprétation des résultats relatifs aux essais d'identification des sables obtenus par le concassage des débris de maçonneries on peut conclure que :

- Le sable recyclé obtenu par concassage de débris de maçonnerie est acceptable pour la confection d'un mortier de béton car il représente :
  - Un module de finesse correcte conforme à la norme européenne [EN 12620].
  - Un équivalent de sable conforme à la norme [NF P 18-598].
- Le sable recyclé obtenu par concassage de débris de maçonnerie exigera des quantités d'eau importantes pour la confection d'un mortier de béton, comme le confirme d'autres chercheurs (BENARBIA, 2013 dans sa recherche concernant le recyclage de débris de terre cuite).
- On peut présager que la présence du plâtre va influencer les caractéristiques du mortier car le SN+P présente un coefficient d'absorption supérieur de 28 fois.

**III- CARACTERISATION DU MORTIER :****III-1- confections du mortier**

Pour avoir des résultats fiables ils ont suivi la norme qui décrit les conditions de l'essai comme suivant :

- Faire ressortir les proportions des composants de : 1m<sup>2</sup> de mur extérieur à double cloisons : terre cuite + plâtre + mortier de ciment, afin de pouvoir réutiliser le même pourcentage du plâtre recyclé avec un sable naturel pour pouvoir déterminer l'influence de ce dernier, les pourcentages trouvés sont les suivants :
  - 79% pour la brique en terre cuite
  - 11% pour le mortier de ciment
  - 10% pour le plâtre
- Le dosage prévu pour ces mortiers est de 350 kg/m<sup>3</sup>.
- Les éprouvettes confectionnées 4×4×16 cm<sup>3</sup> de mortier
- Toutes les éprouvettes doivent être conservées à l'eau et une température constante = 20<sup>0</sup> C ;

Afin de pouvoir élaborer une étude comparative entre les mortiers à base de sable recyclé et le mortier confectionné de sable ordinaire, nous représentons dans le tableau III-1 les caractéristiques qu'on désigne par l'appellation mortier témoin.

**Tableau III-1 :Caractéristiques du mortier témoin.**

Masse volumique apparente (Kg/m3)		Résistance à la compression (MPA)		Résistance à la traction (MPA)	
7 jours	28 jours	7 jours	28 jours	7 jours	28 jours
2.06	2.15	16.03	25.65	5.76	6.23

**III-2- Etude de maniabilité :**

Les résultats de maniabilité obtenus sont jugés incohérents, du fait de la présence du plâtre dans les deux mortiers à base de SR et SN+P car le plâtre accélère le durcissement du mortier.

Le tableau III-2 représente les résultats de maniabilité pour le mortier du sable RC

**Tableau III-2 : Résultat du teste de maniabilité du sable RC**

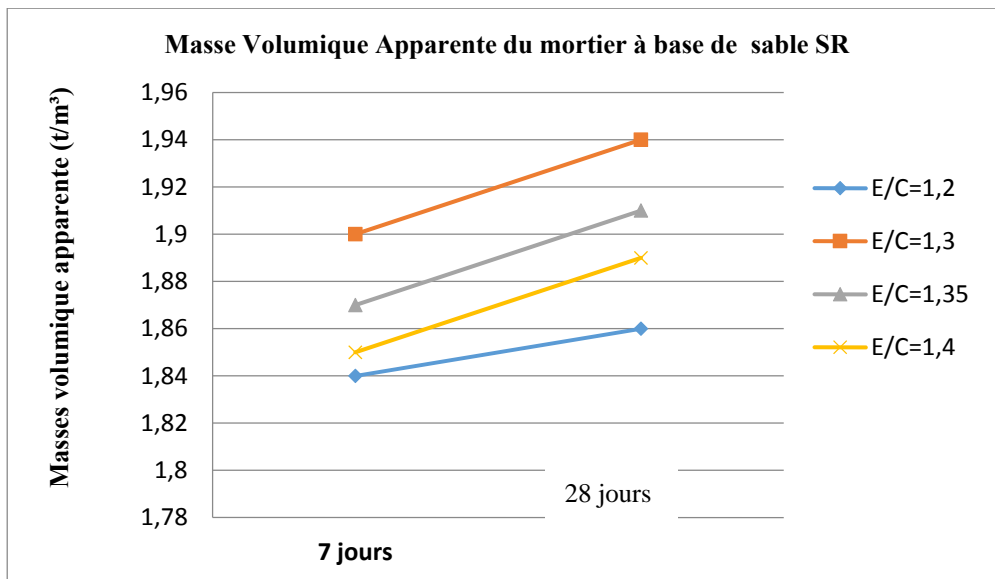
E/C	0.86	0.9	0.92	0.95
Maniabilité(s)	15	13	6	4

➤ Les rapports E/C du mortier de sable RC sont supérieurs à celui du mortier ordinaire à cause de la porosité du sable recyclé RC.

**III-3- Masses volumiques apparentes :**

**III-3-1-masse volumique apparente du mortier à base de SR :**

La figure III-1 illustre les résultats de la masse volumique apparente des mortiers confectionnés à base de sable issu du concassage de maçonnerie à différentes valeurs d’E/C.



**Figure III-1 : Masses volumiques apparente à base de SR à dosage de 350 KG/m3**

**III-3-1-1- Observations :**

En observant la figure III-1 on peut conclure que :

- Les masses volumiques apparentes sont inférieures à celles du mortier ordinaire.
- Les masses augmentent légèrement pendant l'âge de cure.
- Les rapports en E/C sont élevés par rapport à celui des mortiers ordinaires.

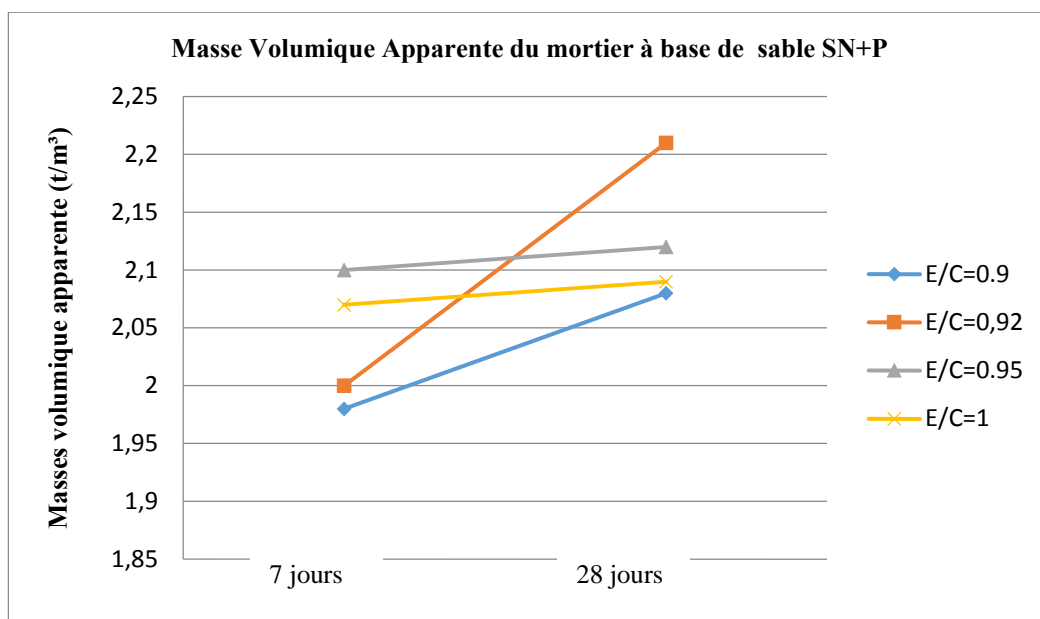
**III-3-1-2- Interprétation :**

La chute de masse volumique du mortier confectionné à base de sable recyclé issu du concassage de maçonnerie s'explique par la porosité du sable fait mis en évidence lors de l'interprétation des résultats concernant les essais d'identification des sables.

L'augmentation de la masse volumique peut être justifiée par la présence d'eau dans les pores de mortier vu que le mortier est conservé pendant cette période dans l'eau ce qui perturbe l'hydratation du ciment.

**III-3-2 masse volumique apparente du mortier à base de SN+P :**

Dans la figure III-2 nous représentons les valeurs obtenues de la masse volumique apparente des différents mortiers confectionnés à base du sable composé de 90% sable naturel+ 10% de plâtre à avec différentes quantités de dosage en eau.



**Figure III-2 :** Masses volumiques apparente à base de SN+ P à dosage de 350 Kg/m<sup>3</sup>

**III-3-2-1- Observation :**

Selon la figure on peut conclure que :

- Les masses volumiques apparentes du mortier de SN+P presque similaires voir supérieure à celles du mortier ordinaire.
- Les masses augmentent légèrement pendant l'âge de cure.

**III-3-2-2- Interprétation :**

Les masses volumiques du mortier confectionné à base de composé de 90% de sable naturel + 10% de plâtre sont similaire à celle du mortier ordinaire vu le faible pourcentage du plâtre.

L'augmentation de la masse volumique peut être justifiée par la présence du plâtre qui rend le mortier plus absorbant.

**III-3-3- Masse volumique apparente du mortier à base de sable RC :**

Dans la figure III-3 nous présentons les valeurs obtenues de la masse volumique apparente des différents mortiers confectionnés à base du sable issu de concassage de mortier de ciment.

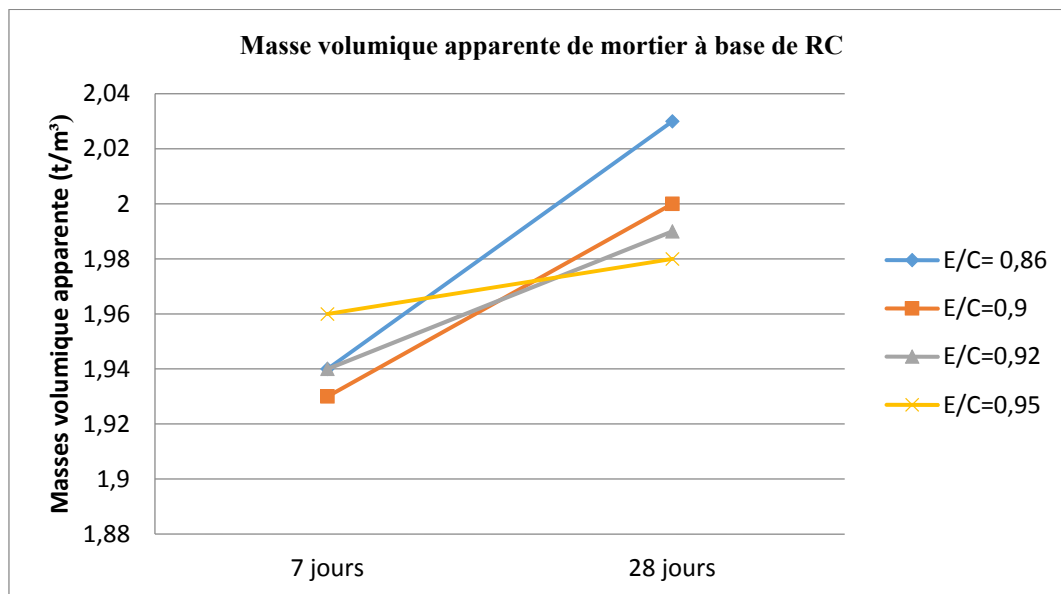


Figure III-3 : Masses volumiques apparente à base de SN+ P à dosage de 350 Kg/m<sup>3</sup>

**III-3-3-1- Observation :**

Selon la figure III-3 on peut conclure que :

- Les masses volumiques apparentes sont presque similaires à celles du mortier ordinaire.
- Les masses augmentent légèrement pendant l'âge de cure.

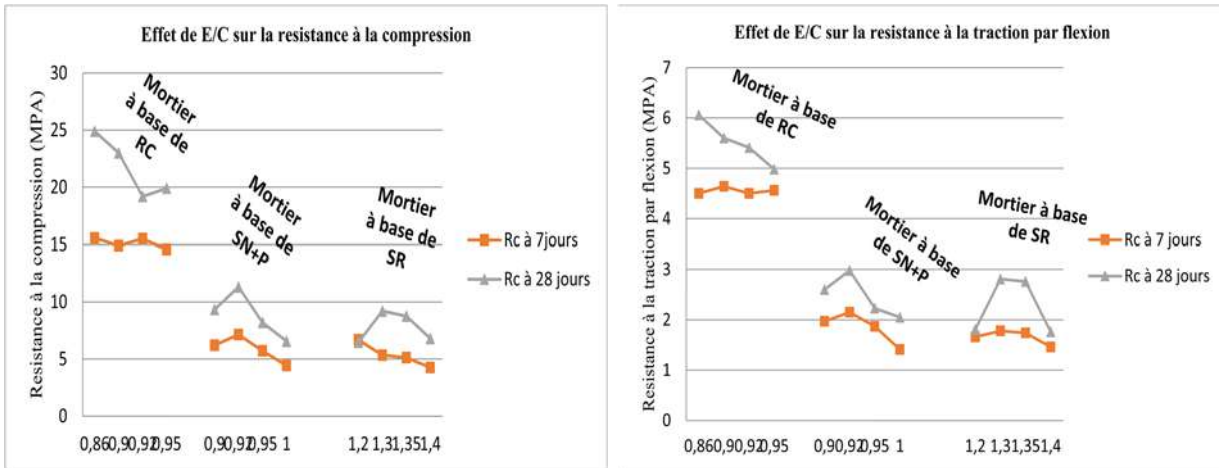
**III-3-3-2- Interprétation :**

Les masses volumiques du mortier confectionné à base de sable issu de concassage sont presque similaire à celle du mortier ordinaire, en raison du dosage important du ciment qui comble le vide existant.

L'augmentation de la masse volumique peut être justifiée par la présence des pores qui absorbent l'eau pendant l'âge de cure.

**III-4-Résistance à la compression et à la traction par flexion :**

Dans la figure III-4 est présenté l'effet du rapport E/C sur le comportement mécanique des sables confectionnées à base de sable SR et SN+P :



**Figure III-4 :** Rapport E/C sur le comportement mécanique des sables

On peut ainsi, noter les observations suivantes :

- Les courbes représentées dans la figure sont généralement sous forme de cloche avec un maximum correspondant à E/C optimal (0,86 pour RC ; 0,92 pour le SN+P et 1, 3 pour SR).
- Les rapports E/C des mortiers confectionnés à base de sable SR, SN+P et RC sont supérieurs à celui du mortier ordinaire qui est de 0.5.
- Le mortier confectionné à base de SR présente un E/C supérieur à celui du mortier confectionné à base de SN+P du fait qu'il contient la terre cuite, le ciment et le plâtre. Ce qui augmente sa porosité. Le SN+P présente à son tour, un rapport E/C supérieur à celui de RC, vu la présence du plâtre.

**Donc :**

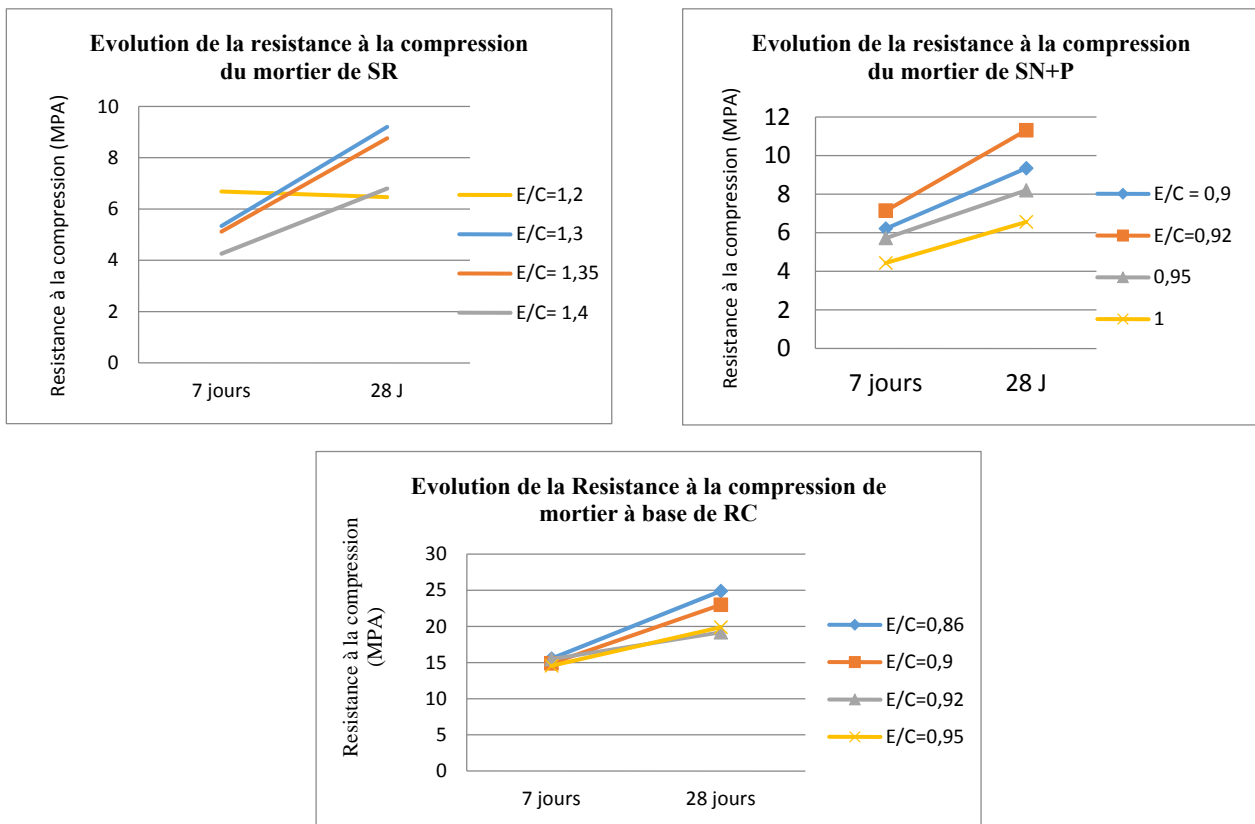
Les valeurs importantes des rapports E/C des mortiers confectionnés à base de sables recyclés confirment la porosité qu'on a remarquée lors de l'interprétation des résultats de la masse volumique apparente, donc le mortier a hérité cette porosité de la nature du sable.



Comment ces quantités d'eau vont influencer les comportements mécaniques des mortiers confectionnés à base de SR ; SN+P et RC ?

### III-4-1- Résistance à la compression :

Dans la figure III-5 nous illustrons les résultats de la résistance à la compression



**Figure III-5 :** Evolution des résistances pendant l'âge de cure

#### III-4-1-1- Observations :

- La résistance à la compression évolue régulièrement dans le temps de manière assez importante.
- Les meilleures résistances à la compression des deux mortiers de sables SR et SN+P sont inférieures à celle du bloc témoin, on remarque une chute de 67% pour le mortier SR et de 55% pour le SN+P.
- Une baisse de résistance du mortier à base de SR concernant le rapport E/C = 1,2.
- La résistance du mortier de sable RC est presque similaire à celui du mortier ordinaire pour la valeur E/C optimal.

#### III-4-1-2- Interprétation :

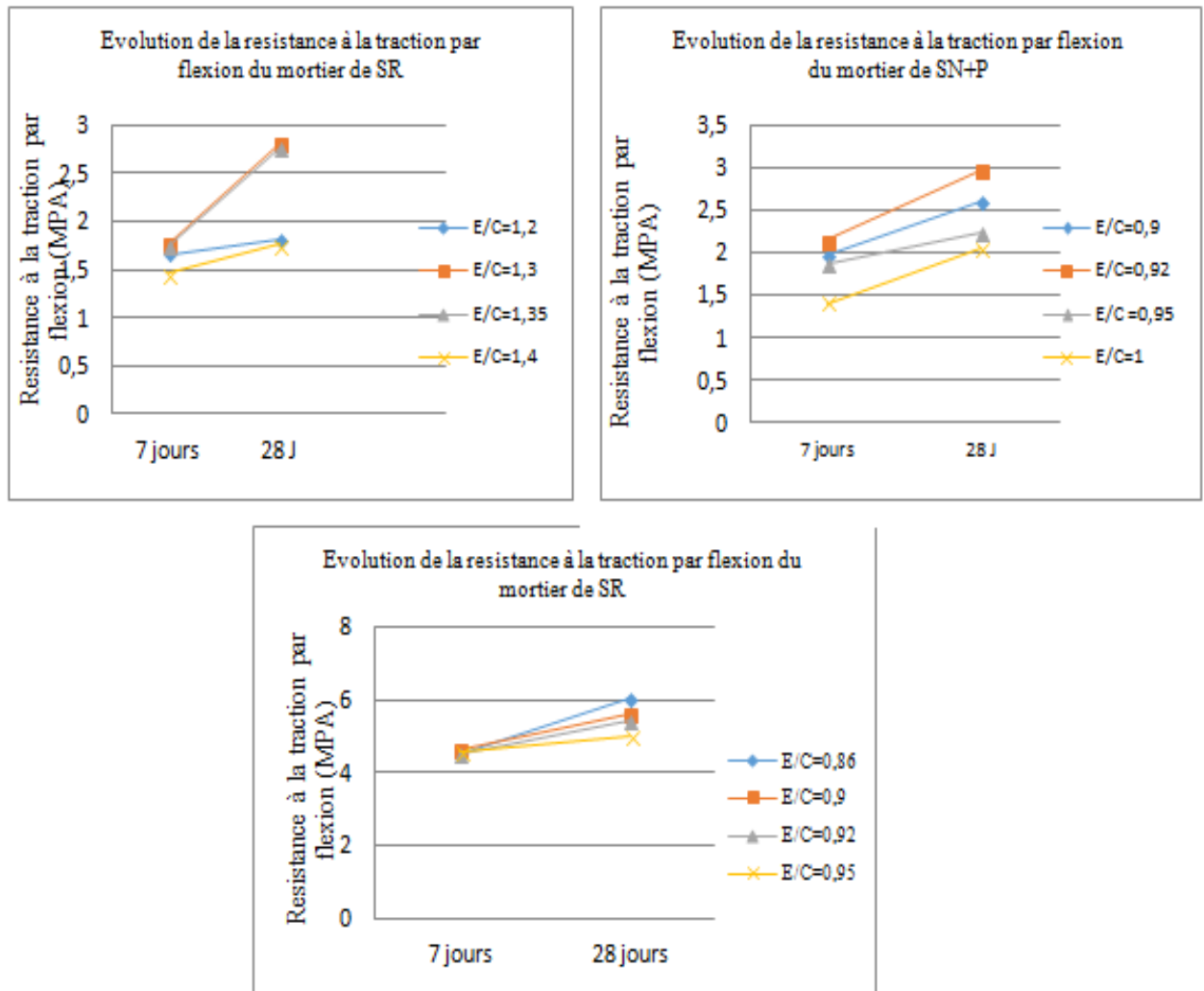
L'évolution de manière importante de la compression après le 7<sup>ème</sup> Jours, et l'écart important entre les résistances à la compression des mortiers composé des deux sables recyclés SR et SN+P par rapport au bloc témoin est dû à la perturbation de l'hydratation de ciment justifié par la présence des matériaux recyclés poreux ; terres cuites, ciment, plâtre pour le mortier à base de SR, et le plâtre pour le mortier à base de SN+P.

Pour le SN+P, la chute de la résistance de la compression est importante malgré la présence d'un pourcentage faible de plâtre 10 %, donc la présence de plâtre recyclé induit une succion

d'eau importante ce qui perturbe l'hydratation de ciment. La baisse de résistance pour le mortier à base de SR démontre que le mortier est trop ferme.

**III-4-2- Résistance à la traction par flexion :**

Dans la figure III-6 nous illustrons les résultats de la résistance à la compression



**Figure III-6 :** présentation des résultats de la résistance à la compression des différents types de sables

**III-4-2-1- Observation :**

En observant la figure III-6 on peut conclure que :

- La résistance à la traction par flexion, évolue régulièrement dans le temps de manière assez importante ;
- Les meilleures résistances à la traction par flexion des deux sables sont inférieures à celle du bloc témoin, on remarque une chute de 55% pour le mortier SR et de 52% pour le SN+P.

**III-4-2-2- Interprétation :**

Comme déjà interpréter pour la résistance à la compression, on peut confirmer que la présence du plâtre cause la perturbation de l'hydratation du ciment ce qui donne des résistances faibles.

Pour le mortier confectionné à base de SR, la chute de résistance à la traction est plus importante, du fait que ce sable contient les matériaux recyclés : terres cuites et ciment donc, le mortier a hérité la porosité du sable (voir essais d'identification des sables), ce qui incite une plus forte succion d'eau.

**III-5- Etude de retrait :**

L'étude de retrait a été effectuée du 3<sup>ème</sup> au 28<sup>ème</sup> jours, avec les rapports E/C optimaux ; 0,92 pour le mortier à base de SN+P et 1,3 pour le mortier à base de SR. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure III-7.

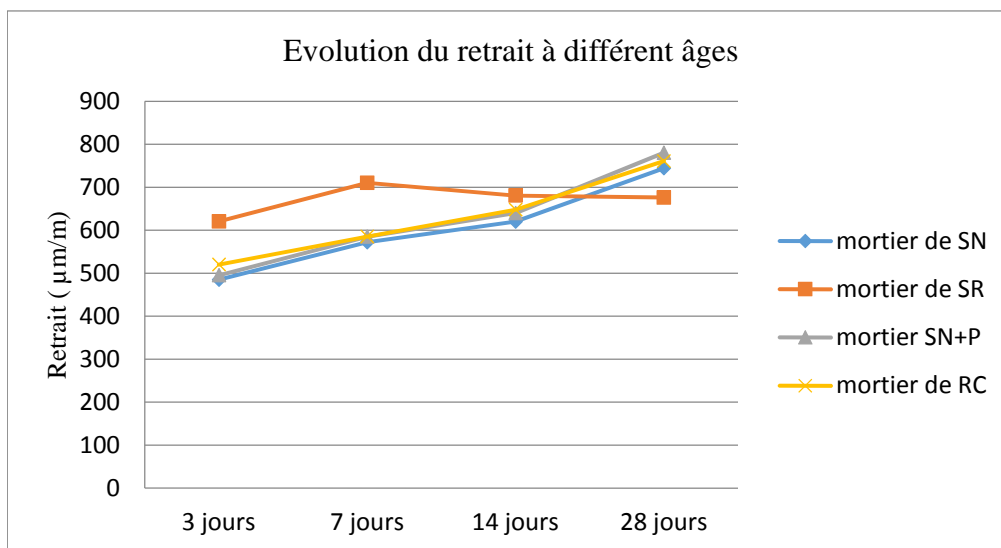


Figure III-7 : retrait des mortiers à différents âges.

**III-5-1-Observations :**

On peut constater dans la figure ce qui suit :

- les retraits de mortier à base de SN+P et RC sont légèrement supérieurs à celui du mortier témoin.
- Le retrait du mortier à base de SR décroît à partir du 7<sup>ème</sup> jours.

**III-5-2- Interprétation :**

L'écart entre le retrait du mortier de sable naturel et celui de SN+P est dû à la présence du plâtre dans le sable, quant au mortier de sable RC. Cet écart est dû à notre avis à la porosité du sable recyclé qui induit une forte absorption d'eau ;

La décroissance du retrait du mortier de SR à partir du 7<sup>ème</sup> jours est certainement due , à un gonflement suite à la présence de terre cuite recyclée dans le sable qui absorbe beaucoup d'eau. Donc, on peut avoir une certaine humidité comme le prouve Benarbia dans sa recherche

concernant les débris de terre cuite, qui avec le plâtre va favoriser la formation de sels gonflants (Benarbia, 2013).

**IV- CONCLUSION :**

La comparaison des quatre mortiers confectionnés à base de sables étudiés a permis de faire ressortir les conclusions suivantes :

- Le mortier du sable issu de mortier de ciment offre des résistances considérables presque similaires à celui du mortier ordinaire quoiqu’ il présente une forte absorption d’eau.
- Les deux mortiers de sables issus de concassage de maçonnerie et celui du sable naturel+10% de plâtre présente une forte absorption d’eau ainsi qu’une faible résistance à la compression et la traction par flexion ce qui nous laisse penser que la présence du plâtre est la cause majeure.

Afin de confirmer que la présence du plâtre influe négativement sur les propriétés du mortier ; nous allons étudier les résistances a la compression et a la flexion de deux mortiers : l’un contenant des sables de terre cuite , en l’occurrence mortier traité dans le mémoire de Master de M<sup>lle</sup> Benarbia(2013), et les résultats du mortier confectionné à base de sable obtenu par concassage de débris de maçonnerie avec les données ci-après :

Mortier sable terre cuite( Benarbia)	Mortier débris maçonnerie
Le dosage en ciment de 350 Kg /m <sup>3</sup>	Le dosage en ciment de 350 Kg /m <sup>3</sup>
Les résultats pris en considération sont ceux de 28 jours.	Les résultats pris en considération sont ceux de 28 jours.
Le rapport E/C optimal : 1.1	Le rapport E/C optimal : 1.3

Le tableau **III-3** ci-après donne les masses volumiques apparentes ainsi que les résistances a 28 jours des deux mortiers ainsi que celui d’un mortier témoin confectionné à partir de sable naturel .

**Tableau III-3 : résultats comparatifs des recherches effectuées**

	Mortier à base de sable ordinaire	Mortier à base de sable de maçonnerie	Mortier de sable de terre cuite
<b>Masse volumique apparente (t/m<sup>3</sup>)</b>	2.15	1.94	1.98
<b>Résistance à la compression (MPa)</b>	25.65	9.20	28.44
<b>Résistance à la traction par flexion(MPa)</b>	6.23	2 .81	6.30

Ainsi, nous remarquons que :

- Les résistances obtenues avec un mortier à base de sable de terre cuite sont assez importantes et similaires à celui du mortier ordinaire.
- D'où on peut déduire qu'on peut obtenir un mortier de meilleures résistances sans la présence du plâtre ou avec un pourcentage inférieur.

# **CONCLUSION GENERALE**

Ce travail de recherche rentre dans le cadre de la valorisation des débris de maçonnerie en tant que source de granulats pour leur réutilisation dans le domaine de bâtiment en tant que mortier.

D'après l'analyse de l'état des lieux de la gestion des déchets inertes dans l'agglomération algéroise, il est aisé d'entrevoir l'intérêt écologique et social, que pourrait présenter l'utilisation des granulats recyclés dans l'agglomération algéroise, et il en résulte les avantages suivants :

➤ **Avantages écologiques :**

- Minimiser le recours vers les ressources naturelles.
- augmenter la durée de vie des centres d'enfouissement.
- Epargner des terrains dont on aura besoin.
- Empêcher la défiguration causée par la présence des dépôts anarchiques des gravats.

➤ **Avantages sociaux :**

- Diminuer les nuisances visuelles, auditives, olfactives causées par la présence des décharges.
- Offrir des nouvelles pistes d'emplois pour les chômeurs.

Ainsi, d'après les résultats des essais de caractérisation des matériaux réalisés au CNERIB, on peut dire que la quantité et la qualité du mortier adhérent affecte les propriétés physiques des granulats recyclés, car le mortier adhérent est une matière poreuse qui induit une forte absorption d'eau.

On peut donc considérer que cette porosité est une propriété intrinsèque des granulats et la prendre en considération lors de la confection des bétons et des mortiers et prévoir les domaines d'utilisation approprié ainsi que le pourcentage de substitution aux granulats naturels.

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. Le recours à l'entreposage dans des centres d'enfouissement technique (CET de type III), en l'absence d'un schéma de gestion intégrée opérationnel qui inclut obligatoirement un tri et une tarification adéquate, montre ses limites.

Dans ces faits la valorisation des déchets inertes issus du bâtiment représente un enjeu de taille dans l'agglomération algéroise, les autorités de l'agglomération algéroise sont dans l'obligation de développer des filières de valorisation de déchets inertes issus de bâtiment

D'après lacunes que nous avons observé dans la gestion de ce type de déchets dans l'agglomération algéroise, nous pouvons souligner les recommandations suivantes :

- Favoriser le maillage du territoire en plateformes de recyclages
- Inciter à la déconstruction à la fois dans le bâtiment et les travaux publics, en développant le tri à la source
- Intégrer de manière systématique les granulats recyclés dans le corpus normatif algérien
- Promouvoir auprès des maitres d'ouvrage et maitres d'œuvre l'usage des granulats recyclés dans les bétons comme le cas des pays développés

A l'objectif prévu de ASROUT concernant le recyclage des déchets inertes s'opposent encore beaucoup de réticences de la part des milieux professionnels (architectes, ingénieurs, entrepreneurs) ces réticences sont souvent d'origine culturel, il est peut-être difficile de convaincre un architecte de faire du neuf avec des matériaux recyclés de qualité supposée moindre cependant le métier de l'architecte exige la prise en compte des impacts de l'activité architecturale sur l'environnement.

En outre l'utilisation des matériaux issus d'un processus de recyclage est possible à travers le développement d'une conception architecturale s'inscrivant dans une démarche de récupération et d'exploitation des déchets inertes.

Nous pouvons citer à titre d'exemple ;

- La collaboration avec l'ingénieur pour fixer les taux de substitution par les granulats recyclés concernant les bétons structurels ;
- L'utilisation des granulats recyclé dans la fabrication des panneaux de façades non porteuses ;
- L'utilisation des granulats recyclé dans la fabrication du mobilier urbain .

## Bibliographie

### Ouvrages :

BERTOLINI. Gestion des déchets. *L'architecture d'aujourd'hui*, sep-oct 2007, n°372, page 55.

CHARIOT, C. *Législation, réglementation et pratique en matière de déchets de chantier en Suisse*. Cahier du CSTB ; Livraison 359, mai 1995, Cahier 2804

CROSNIER Moïsette et IFEN Frédéric. 2007. *Le recyclage des déchets du bâtiment et des travaux publics peut progresser*, Février 2007, n°116, p 10.

FEDERATION FRANÇAISE DU BATIMENT .*Déchets de chantier : réponse aux questions que vous vous poser*. PARIS : 2014, p20.

GHOMARI, F .et BENDI, O. ANALYSE GRANULOMETRIQUE. *Science des matériaux de construction, travaux pratique*, 16P ; Université de Tlemcen.

GHOMARI, F et, BENDI, O. MASSES VOLUMIQUE DES GRANULATS. *Science des matériaux de construction, travaux pratique*, 10P ; Université de Tlemcen.

KEHILA, Y. *Rapport sur la gestion des déchets solides en Algérie, disponible*, 2014. Sur : [http://www.sweep-net.org/sites/default/files/ALGERIE%20RA%20FR%20WEB\\_0.pdf](http://www.sweep-net.org/sites/default/files/ALGERIE%20RA%20FR%20WEB_0.pdf)

KOMAR, A .*matériaux et éléments de constructions : technique soviétique*. Troisième édition. Moscou : MIR, 1978. 533P.

MILLER, Carole. *Prévenir et gérer les déchets de chantier, méthodologie et outils opérationnels*, le moniteur, 2009. P160.

MONTHARRY, D et PLATZER, M. *la technique du bâtiment tous corps d'état* .5ème Edition . Paris : le Moniteur, 2009.p.165.

MUCCHIELLI, Philippe. *Prescrivez le tri des déchets de bâtiments sur vos opérations*. Nancy : Toucan, 2005.p28.

ROUSSEAU, E. *Possibilités d'utilisation des matériaux recyclés dans le secteur de la construction*. CSTC magazine. Recherches et études, été 2002, PP 3 – 10.

VIGNAUD, Pierre. Les déchets de bâtiments. *Plan de prévention et de gestion des déchets de chantier du bâtiment et des travaux publics*, Cahier technique. Languedoc-Roussillon : Imprim'ACT, 2012P.73.

## Mémoires

BEDJOU, S : *Contribution à la valorisation des déchets de construction, études de recyclage des débris des terres cuites*. Mémoire de Magister : Département de génie civil ENP, Alger . 2003.

BENARBIA, S. *Nouvelles Filières Pour Préserver L'environnement : La valorisation de granulats issus des démolitions des constructions pour la fabrication d'un béton hydraulique* .Mémoire de master : Architecture et environnement : EPAU, ALGER .2014.

BERREDJM, A .*Le recyclage des déchets de démolition solution pour le développement durable : formulation et comportements physiques et mécaniques de béton à base de ces recyclés*. Mémoire de Magistère : Structure et matériaux : Université de Annaba. 2009.

DEBEIB, F. *Valorisation des déchets de briques et béton de démolition comme agrégats de béton*. Mémoire de Magister .Université de Blida.1999.

DJEMACI, Brahim. *La gestion des déchets municipaux en Algérie : Analyse prospective et éléments d'efficacité*, TH DOCT : environnemental Sciences : Université de Rouen, 2012.

GRONDIN, A. *Valorisation des granulats recyclés de béton : étude des caractéristiques physiques et mécaniques des bétons de granulats recyclés de béton*. MÉM.FIN D'ÉTUDE: CEBTP Alsace. 2011

## Lois et Documents Administratives

Direction de l'aménagement du territoire, *Rapport d'orientation*, Wilaya d'Alger, AVRIL 2011

Direction de l'environnement de la wilaya d'Alger, *Eude des schéma directeur de collecte et de traitement des déchets solide des 57 commune de la wilaya d'Alger*, Rapports finaux , 2010.

Gouvernement wallon, Arrêté du Gouvernement wallon confiant une mission spécifique de prise de participation en vue de l'implantation d'un réseau de centres fixes de recyclage pour déchets inertes7 JUILLET 1994.

Journal officiel de la République Algérienne démocratique et populaire, *Loi relative à la gestion et à l'élimination des déchets*, 15 décembre 2001.

Journal officiel de la République Algérienne démocratique et populaire, *Loi relative à la protection de l'environnement*, 5 février 1983.

Ministère de l'énergie et des Mines, *Bilan des activités minières*, 2010.

Norme française (AFNOR), *Analyse granulométrique par tamisage*, 1990.

Norme Française (AFNOR), *Mesures de masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables*, décembre, 1990.

### Sites internet

- Granulats, disponible sur :  
<https://fr.scribd.com/doc/171382504/NF-P-18-560-AG-Granulats-pdf> (Consulté le 30-05-2015)
  - Granulats recyclés ; disponible sur :  
<http://www.feredeco.be/page/granulat-recycle.html> (consulté le 25 - 05-2015)
  - Indicateur des déchets en Algérie, disponible sur :  
<http://and.dz/indicateurs-dechets-en-algerie/217-5ieme-forum-sweep-net> (consulté le 05- 05-2015)
  - Quel avenir pour la valorisation des déchets de bâtiments en France ; disponible sur :  
<http://www.energie.sia-partners.com/20130703/quel-avenir-pour-la-valorisation-des-dechets-du-btp-en-France> (Consulté le 05-07-2015)
  - Cahier techniques des plans de prévention de la gestion des déchets de chantier des bâtiments et des travaux publics, Elaborations et suivi ; disponible sur :  
<http://www.reseaubeep.fr/spip.php?article612> (consulté le 15-05-2015)
  - Prévenir et gérer les déchets de chantier ; disponible sur :  
<http://www.ademe.fr/en/node/13454> (consulté le 28-04-2015)
- Valorisation des sables de béton recyclé pour la fabrication d'un mortier disponible sur :  
<http://ori.univ-lille1.fr/notice/view/univ-lille1-ori-202214>(consulté le 18-07-2015)

