

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed Boudiaf- M'sila

Faculté De Technologie

Département De Génie Civil

N° :



Domaine : Technologie

Filière : Génie civil

Option : Matériaux

Mémoire Présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par : GUECHI MILOUD

SAADI NOUR EL ISLAM

Intitulé

Béton à base de graviers industriels

(déchets céramiques)

-Etude bibliographique-

Soutenu devant le jury composé de :

BIBI Mekki

Université de M'sila

Président

CHIKOUCHE Mohamed Aziz

Université de M'sila

Rapporteur

BOUAALEG Saida

Université de M'sila

Examineur

Année Universitaire : 2019/2020

REMERCIEMENTS

Au nom de Dieu, et que la paix et les bénédictions soient sur le meilleur de la création de Dieu, Muhammad Ibn Abdullah, que Dieu le bénisse et lui accorde la paix

Louange à Dieu, louange digne de sa majesté et de sa grande autorité, et louange à Dieu, l'aide et le conciliateur qui nous a aidés et nous a accordé le succès Pour accomplir ce travail

Le Messenger de Dieu, que les prières et la paix de Dieu soient sur lui, "a dit: "Celui qui ne remercie pas le peuple ne remerciera pas Dieu.

Et ils ont travaillé en disant, que la prière et la paix de Dieu soient sur lui, que nous adressions nos remerciements, notre gratitude et notre gratitude à notre distingué professeur et mentor, «CHIKOUCHE MOHAMED AZIZ» pour l'effort qu'il a fait avec nous et le temps qu'il nous a accordé.

DEDICACE

Louange à Dieu, nous le remercions, cherchons son aide, cherchons le pardon et cherchons refuge en lui contre les maux de nous-mêmes et .contre nos mauvaises actions

Oh mon Dieu, ne me décevez pas pendant que je prie et ne me torture .pas, et je vous en supplie

Aimer et donner au chant de tendresse et fidélité à lui seul, ma chère .mère, que Dieu la bénisse et prolonge sa vie

.Au grand général, mon cher père, que Dieu lui fasse miséricorde

Aux fleurs de mon bouquet lumineux, aux lumières scintillantes, mes .«frères, «Habib - Faten - Khaled - Salah El Din

Aux enfants de ma sœur et frère, Diyaa, mon monde et ma joie, «Ayham - Riham - Moataz Billah - Moatasim Billah - Ayoub - Ranim».

Aux frères que ma mère n'a pas mis au monde, auxquels j'ai su les trouver, et ils m'ont appris à ne pas les perdre (Dahman - Samir - Aymen - Miloud - Imad – Jalloul».

À tous ceux qui connaissent Saadi Nourelislam, à ceux qui conjuguent mon bonheur et ma tristesse à ceux que je ne connaissais pas et à qui je ne connaissais pas, à qui je souhaite me souvenir s'ils parlaient de moi, à qui j'espère que leurs photos resteront dans mes yeux

A tous ceux-ci je dédie le fruit de ce travail.

SAADI NOURELISLAM.

DEDICACE

Je dédie ce mémoire de Master :
En signe de respect et de reconnaissance aux
Personnes les plus chères : ma mère et mon père rabi yarhmo.
A mes frères .
A toute la famille GUECHI .
Aux étudiants de genie civil et toute la promotion
2019/2020.

MILOUD GUECHI.

ملخص

يتم استخراج الحصى بكل أنواعه المستخدم في صناعة الخرسانة من المحاجر ونقلها إلى مواقع البناء. ينتج عن هذا الاستغلال آثار بيئية جمة، لأنه يدمر الموارد غير المتجددة ويؤدي إلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

من ناحية أخرى ، يمكن للنفايات بجميع أنواعها التراكم والانتساع على المدى الطويل ويصبح من الصعب التعامل معها. من بين هذه النفايات السيراميك الصحية، فهي هشة وتتكسر بسهولة وبالتالي ينتج عنها كميات كبيرة وكثيرة.

الحل لهاتين المشكلتين هو تحويل نفايات السيراميك الصحية إلى حصى من جميع الأحجام وهذا من أجل استخدامها في الهيكل الحبيبي للخرسانة.

هذا العمل يسلط الضوء على الدراسات والبحوث التي أجريت لحد الآن لدراسة تأثير دمج السيراميك الصحي كحصى على خصائص الخرسانة اللزجة والصلبة.

الكلمات المفتاحية: النفايات- استرجاع-سيراميك صحي-خرسانة-حصى.

Résumé

Les granulats pour la confection du béton, sont extraits des carrières et transportés vers les chantiers. Cette exploitation engendre des impacts environnementaux, car elle anéantit des ressources non-renouvelable et conduit à des émissions de dioxyde de carbone.

D'un autre côté, les déchets de tous genre peuvent être très encombrants à longue durée. Ils sont de toutes catégories, parmi elles, les déchets de céramiques sanitaires. Elles sont fragiles et se brise facilement produisant ainsi des quantités énormes de déchets.

La solution à ces deux problèmes, est la transformation des déchets de céramiques sanitaires en granulats de toutes tailles afin de les utiliser dans le squelette granulaire du béton.

Ce travail mais la lumière sur les études menait jusque ici sur l'effet de l'incorporation des céramiques sanitaires sur les propriétés des bétons frais et solide.

Mots clés : Déchets- Valorisation - Céramique sanitaire- Béton- Granulat.

Abstract

The aggregates for making concrete are extracted from the quarries and transported to the construction sites. This exploitation generates environmental impacts, because it destroys non-renewable resources and leads to carbon dioxide emissions.

On the other hand, waste of all kinds can be very cumbersome to long term. They are of all categories, among them, sanitary ceramic waste. They are fragile and break easily thus producing enormous amounts of waste.

The solution to these two problems is the transformation and valorization of sanitary ceramic waste into aggregates of all sizes to utilize them in the granular skeleton of concrete.

This work highlights the studies leading up here on the effect of the incorporation of sanitary ceramics on the properties of fresh and solid concrete.

Keywords: Waste - Valorization - Sanitary ceramics - Concrete - Aggregate.

SOMMAIRE



	page
ملخص.....	5
Résumé.....	6
Abstract.....	7
Introduction générale.....	13

CHAPITRE I – PRODUITS CERAMIQUES

I.1 HISTORIQUE.....	15
I.2 DEFINITION.....	15
I.3 MATIERE PREMIERE.....	15
I.3.1 MATERIAUX PLASTIQUES.....	16
I.3.1.1 MINERAUX ARGILEUX.....	16
I.3.1.1.1 GROUPE DE LA KAOLINITE.....	16
I.3.1.1.2 GROUPE DES MICAS.....	17
I.3.1.1.3 GROUPE MONMORILLONITE.....	17
I.3.2 MATERIAUX FONDANTS.....	18
I.3.2. 1 MINERALOGIE.....	18
I.3.2.2 GISEMENTS.....	19
I.3.3 MATERIAUX DEGRAISSANTS.....	19
I.3.4 MATERIAUX REFRACTAIRES.....	20
I.3.4.1 MINERAUX MAGNESIENS.....	20
I.3.4.1.1. LA DOLOMITE.....	20
I.3.4.1.2. LA MAGNESITE.....	20
I.3.4.2. SILICATES D'ALUMINE.....	21
I.4 PRODUCTION DES CERAMIQUES.....	21
I.5 EXEMPLE : LES APPAREILS SANITAIRES.....	23
I.6 LA PRODUCTION ALGERIENNE.....	25

CHAPITRE II- LES DECHETS EN GENIE CIVIL

II.1 INTRODUCTION.....	27
II.2 DEFINITION D'UN DECHET.....	27
II.3. SOURCES DE PRODUCTION DES DÉCHETS.....	27
II.4 TYPES DÉCHETS.....	28
II.4.1 DÉCHETS INERTES.....	28
II.4.2 DÉCHETS BANALS.....	29
II.4.3 DÉCHETS DANGEREUX.....	30
II.5 GESTION DES DECHETS.....	31
II.6 VALORISATION DES DÉCHETS.....	32
II.6.1 VALORISATION DES DÉCHETS INERTES.....	32
II.6.1.1 – REUTILISATION.....	32
II.6.1.2 RECYCLAGE.....	33
II.6.2 VALORISATION DES DÉCHETS BANALS.....	33
II.6.3 VALORISATION DES DÉCHETS DANGEREUX.....	34
II.7. SOURCES DE DÉCHETS UTILISÉS EN GÉNIE CIVIL.....	34
II.7.1 DECHETS DE CONSTRUCTION ET DE DEMOLITION.....	35
II.7.1.1 PRODUCTION.....	35
II.7.1.2 REPARTITION.....	36
II-8- MOYEN DE LUTTE CONTRE LES DECHETS.....	36

CHAPITRE III- REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

III.1. INTRODUCTION.....	38
III.2.ETUDE DE LA LITTERATURE.....	38
III.3.CONCLUSION.....	49
CONCLUSION GENERALE.....	50
REFERENCES.....	52

LISTES DES TABLEAUX**CHAPITRE I – PRODUITS CERAMIQUES**

Tableau I.1 Elaboration des céramiques.....	23
Tableau I.2 : Statistiques de l'industrie céramique.....	24
Tableau I.3 Capacités nationales Céramique Carreaux et Céramique Sanitaire.....	25
Tableau I.4 : Etat des lieux des entreprises, répertoriées par type de produit.....	26

CHAPITRE II- LES DECHETS EN GENIE CIVIL

Tableau II.1: Gestion des déchets municipaux.....	31
Tableau II.2 : Procédé de recyclage des déchets industriels dangereux.....	34

CHAPITRE III- REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau III. 1. Certains propriétés des bétons de l'étude de Sudarsana Rao et al.....	46
Tableau III. 2. Porosité des bétons à 28 jours.....	48

LISTES DES FIGURES

CHAPITRE I – PRODUITS CERAMIQUES

Figure I.1 : Une cour de séchage devant un atelier de poterie.....	15
Figure I.2 : le kaolin.....	16
Figure I.3 : Les illites.....	17
Figure I.4 : Les montmorillonites.....	18
Figure I.5 : Un gisement de feldspath découvert dans le Cameroun.....	19
Figure I.6 : Fabrication des briques et des carreaux.....	22
Figure I.7 : Usine de céramique de Guelma.....	22
Figure I.8 : W.C Tecniba.....	24
Figure I.9: Avapo Tecniba.....	24

CHAPITRE II- LES DECHETS EN GENIE CIVIL

Figure II.1: composition des déchets en Algérie.....	28
Figure II-2 : Déchets inertes.....	29
Figure II-3 : Déchets banals.....	30
Figure II-4 : Déchets dangereux.....	30
Figure II-5 Le cycle de valorisation des déchets inertes et de chantier.....	32
Figure II-6 Le cycle de valorisation des DIB en benne.....	33
Figure II-7 Répartition des Déchets par Secteurs Sources.....	35
Figure II-8 Répartition des quantités de déchets de chantiers ou de démolition par type.....	36

CHAPITRE III- REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Figure. III. 1. Evolution de la résistance à la compression des bétons.....	38
Figure.III.2. Distribution granulométrique des granulats de déchet.....	39
Figure.III.3. Affaissement des bétons.....	39
Figure.III.4. Résistance à la compression à 28 jours des bétons à céramique sanitaires.....	40
Figure.III.5. Distribution des pores des granulats.....	41
Figure.III.6. L'absorption d'eau par immersion.....	41
Figure.III.7. Porosité des matériaux céramiques dans l'étape de frittage.....	42
Figure.III.8. Formes de fracture.....	42
Figure.III.9. Analyse granulométrique des graviers utilisés • expérimental ♦ idéal.....	43
Figure.III.10. Dépendance de la masse au pourcentage de granulats.....	43
Figure.III.11. Après les cycles chauffage, séchage.....	44
Figure.III.12. Micrographie par (MEB) de la zone de transition.....	45
Figure.III.13. Résistance à la compression relative du béton à céramique sanitaire (CSW).....	46
Figure.III.14. Distribution de la taille des pores à 28 jours de durcissement.....	47
Figure.III.15. Relation entre la porosité effectif et totale des différents bétons.....	48
Figure.III.16. a) gravier naturel ; b) gravier céramique.....	48

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le béton est le matériau artificiel le plus utilisé au monde, jusqu'à ce jour il ne peut être remplacé dans la construction d'infrastructures, en raison de ces qualités (solidité et longévité) et sa capacité de prendre de multiple formes.

Mais avec l'augmentation des quantités produites, la consommation de ressources naturelles telles que le sable et les granulats calcaires augmentent rapidement elles aussi. Un grand nombre de montagnes et de paysages sont détruites à jamais, ainsi que les rivières qui ont changé de forme et de position.

En réponse à cette situation, les chercheurs et les intervenants dans le domaine de génie civil, ont commencé à élaborer de nouvelles ressources de granulats avec un certain succès. L'utilisation de granulats à base de béton recyclé, de la brique, des carreaux céramiques sont maintenant largement connues.

Afin de répondre au développement économique et aux besoins de vie des citoyens, l'industrie de la céramique continue son essor. Mais un tel développement engendre des effets néfastes dû à la nature fragile de cette matière. Une étude de la littérature a montré que 25% des produits de l'industrie céramique mondiale sont des déchets industriels. Ils sont soit énumérés dans l'usine dans chaque étape de production (mauvaise cuisson, mauvais séchage, application du glaçage...etc), le transport, le stockage, la manipulation dans les chantiers augmente les chiffres des déchets de ce produit.

La pollution et la manière d'utiliser efficacement les déchets céramiques, sont devenus un problème urgent de nos jours. Comment on applique efficacement les déchets céramiques générés par l'industrie céramique dans le secteur de la construction et la production d'une matière intelligente est un enjeu important dans le domaine du traitement des déchets et de la valorisation des ressources.

OBJECTIF DE L'ETUDE

Dans notre étude on a recensés quelque travaux de valorisation des déchets céramiques spécialement les produits céramiques sanitaires dans la confection des bétons. Ces déchets sont les plus endommagés dans la chaîne de production, transport, stockage et mise en marche.

STRUCTURE DE LA THESE

Pour arriver à notre fin nous avons divisé notre travail en trois chapitres en plus d'une introduction générale et une conclusion.

*Le premier chapitre relate sur la matière première utilisée pour la fabrication des produits céramiques ainsi que les étapes de production et quelque chiffre de la production nationale.

*Le deuxième chapitre récite les différentes sources de production des déchets et leurs types. La gestion et la valorisation des déchets dans le génie civil est traité aussi dans ce chapitre.

INTRODUCTION GENERALE

*Le troisième chapitre est consacré a une revue bibliographique ou l'état actuel de la valorisation des déchets de produit céramique sanitaire dans le béton à travers quelques articles.

*A la fin une conclusion a été formulée avec une synthèse des différents résultats obtenus par la communauté de chercheurs.

CHAPITRE I

PRODUITS

CERAMIQUES

I.1 HISTORIQUE :

L'art de fabriquer des poteries en modelant et en cuisant l'argile a été pratiquée par les civilisations les plus anciennes et d'ailleurs l'examen des objets en terre cuite relevés au cours des fouilles est l'un des meilleurs outils dont disposent les archéologues. La poterie remonte à moins 15.000 ans avant notre ère ; elle est devenue une industrie en Égypte depuis -5.000 ans et l'usage du kaolin est avéré en Chine depuis 4.000 ans au moins. [1]

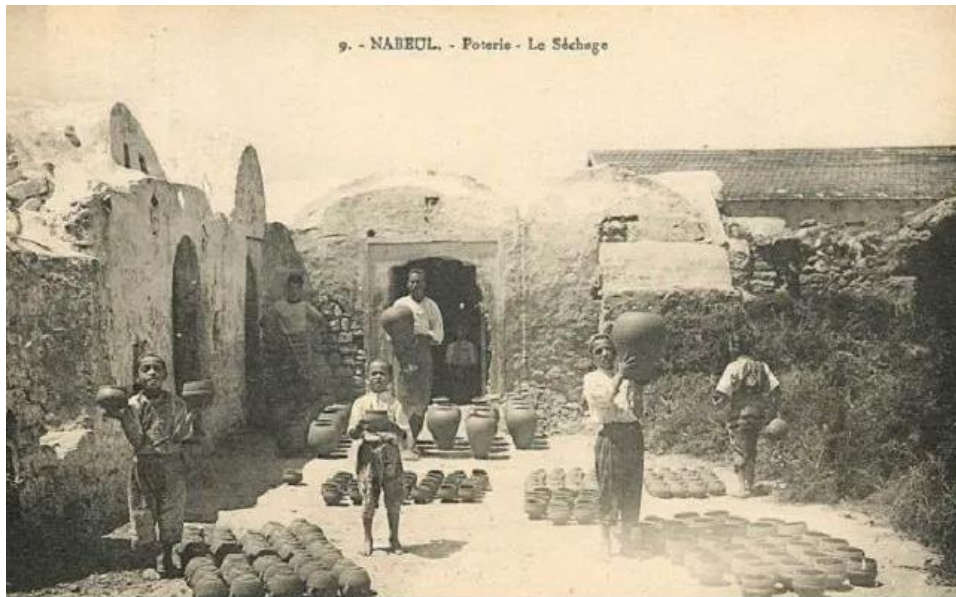


Figure I.1 : Une cour de séchage devant un atelier de poterie. [2]

I.2 DEFINITION :

Les céramiques sont définies, selon le Larousse comme étant « Art de fabriquer les poteries, fondé sur la propriété des argiles de donner avec l'eau une pâte plastique, facile à façonner, devenant dure, solide et inaltérable après cuisson ». La société américaine ASTM (American Society for Testing and Materials) définit une céramique comme : « un article ayant un corps vitrifié ou non, de structure cristalline ou partiellement cristalline, ou de verre, dont le corps est formé de substances essentiellement inorganiques et non métalliques et qui est formé par une masse en fusion qui se solidifie en se refroidissant, ou qui est formé et porté à maturité, en même temps ou ultérieurement, par l'action de la chaleur. » Les céramiques sont des matériaux inorganiques, non métalliques, nécessitant de hautes températures lors de leur fabrication. Il s'agit en général d'oxydes métalliques et plus généralement de métaux oxydés, mais pas uniquement. Les céramiques ont en général une structure cristalline, parfois associée à une phase amorphe. Lorsque la majorité est amorphe, on parle de vitrocéramique ; lorsque la totalité est amorphe, on parle du verre. [1]

I.3 MATIERE PREMIERE :

Pour la confection de ses pâtes, l'industrie céramique fait appel à des matières premières très variées qui peuvent être classées en quatre catégories :

- Matériaux plastiques.
- Matériaux fondants.
- Matériaux dégraissants.
- Matériaux réfractaires.

I.3.1 MATERIAUX PLASTIQUES :

Ce sont essentiellement les argiles. Les argiles sont des roches constituées de minéraux essentiels qui sont les minéraux argileux, associés à des minéraux accessoires et à des impuretés diverses.

I.3.1.1 MINERAUX ARGILEUX :

Du point de vue minéralogique, les minéraux argileux sont des silicates d'alumine hydratés, parfois plus ou moins magnésiens ou ferriques, parfois légèrement calciques et même alcalins. Ils sont classés en plusieurs groupes dont deux seulement nous intéressent, car ils contiennent les principaux constituants des argiles utilisées couramment dans l'industrie céramique.

I.3.1.1.1 GROUPE DE LA KAOLINITE:

- la kaolinite : $(\text{Si}_2)(\text{Al}_2)\text{O}_5(\text{OH})_4$; Elle est blanche quand elle est pure.

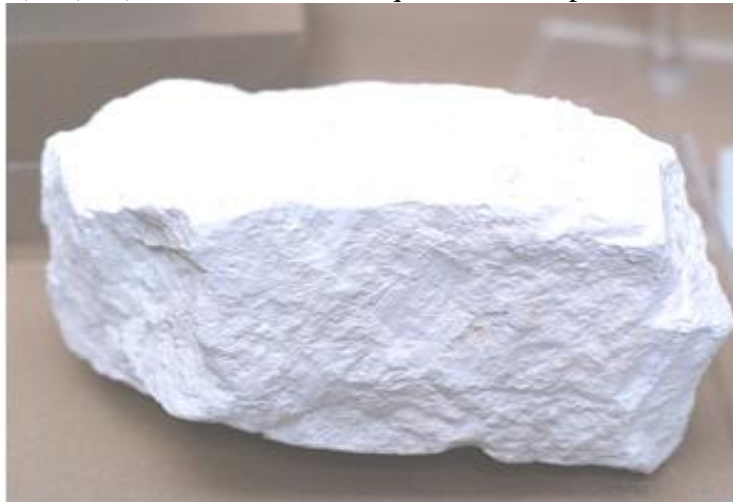


Figure I.2 : le kaolin [3]

Les kaolins proviennent essentiellement de l'altération, dans certaines conditions, des feldspaths contenus dans les roches granitiques acides. Deux types de gisements se rencontrent :

*Gisements "in situ" : la roche est altérée sur place, sur une épaisseur parfois considérable. La masse altérée est friable bien que la structure de la roche originale soit encore conservée. Le kaolin doit être séparé du reste des minéraux qui constituent la roche. Pour que l'opération soit rentable, il faut qu'on puisse extraire de la roche altérée au moins 25 % de fraction kaolinique inférieure à 40 microns.

*Gisements sédimentaires : les roches. Granitiques kaolinisées ont été érodées. Leurs éléments constitutifs ont été balayés, transportés par les eaux courantes et se sont déposés dans des bassins fluviaux, lacustres ou fluvio-lacustres, au voisinage des massifs précédents.

Ces minéraux sont alumineux. Ils possèdent une structure en feuillets à deux couches, les feuillets étant séparés par des couches d'eau.

I.3.1.1.2 GROUPE DES MICAS

Ce sont des minéraux alumino-magnésiens, potassiques et parfois calciques et ferreux. La formule structurale est une formule variable, c'est pourquoi on parle des illites. Ils sont surtout caractérisés par la présence de potassium. Ils ont une structure en feuillets à 3 couches et la formule générale peut s'écrire : $(\text{Si}_{3,6} \text{Al}_{0,4} \text{O}_{10}) \text{Al}_2 \text{K}_{0,4} (\text{OH})_2$.



Figure I.3 : Les illites [4]

Les illites sont les minéraux argileux les plus répandus dans la nature et caractérisent surtout les milieux marins. Elles se rencontrent dans les séries sédimentaires de caractère lagunaire, en association avec des dolomies, du gypse, du sel (Trias par exemple).

Elles caractérisent également le milieu de sédimentation, marin au sein duquel elles peuvent en outre, se former- directement par précipitations chimiques. C'est dire qu'on peut les rencontrer dans presque toutes les formations géologiques sédimentaires où elles forment des séries parfois très épaisses (marnes du Lias par exemple).

I.3.1.1.3 GROUPE MONMORILLONITE

Les montmorillonites peuvent être détritiques, par héritage des sols ou des sédiments plus anciens qui les contiennent. Elles peuvent être néoformées en milieu alcalin à partir des autres silicates ou à partir des verres volcaniques.

Elles ont une foule d'applications économiques, dans les industries chimiques, les boues de forage, etc.



Figure I.4 : Les montmorillonites [5]

Du point de vue de l'industrie céramique, on distingue :

Les argiles réfractaires, utilisées dans la fabrication des réfractaires silico-alumineux. Ce sont des argiles essentiellement kaolinitiques, riches en alumine (25 à 45 %) et renfermant peu d'alcalins. Elles peuvent prendre des colorations diverses.

-Argiles pour produits blancs (porcelaine, faïence fine, vitreuse). La nécessité de cuire blanc impose des teneurs en Fe_2O_3 inférieures à 1 % ce qui est très rare dans la nature. Ce sont des argiles généralement kaolinitiques, mais moins riches en alumine et plus riches en silice que les précédentes. On les utilise en mélange avec le kaolin. Leur rôle est surtout d'augmenter la plasticité de la pâte, le kaolin seul étant peu plastique.

-Argiles pour produits grésés elles doivent être naturellement grésantes, c'est-à-dire renfermer des fondants (alcalins et alcalino-terreux) et de préférence plastiques, la coloration étant indifférente. Ce sont le plus souvent des argiles mixtes, illito-kaolinitiques.

-Argiles pour produits de terre cuite et faïences communes. Ce sont des argiles de type extrêmement varié, généralement impures, mais renfermant le plus souvent un fort pourcentage d'illites.

I.3.2 MATERIAUX FONDANTS

Ce sont des matériaux ayant un point de fusion assez bas. Leur rôle est d'allonger le palier de vitrification de la pâte céramique en abaissant son point de vitrification sans abaisser son point de fusion.

L'industrie céramique utilise des fondants de nature variée. Nous n'insisterons que sur le fondant le plus employé et le plus recherché : le feldspath.

I.3.2.1 MINERALOGIE

Les feldspaths sont des aluminosilicates alcalins ou alcalinoterreux comprenant de nombreuses variétés. Tout feldspath est constitué par trois composants bien définis, constituant les pôles d'un diagramme triangulaire et qui sont :

L'orthose $(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8\text{K}$
L'albite $(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8\text{Na}$
L'anorthite $(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8\text{Ca}$

L'industrie céramique recherche surtout les feldspaths potassiques orthose, microcline : $(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8\text{K}$, qui possèdent un palier de viscosité assez large (1 200-1 400°). Mais l'albite $(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8\text{Na}$ peut être également utilisée. En fait, dans la nature, on a presque toujours affaire à des feldspaths potas-sico-sodiques ou sodo-potassiques et plus rarement aux espèces pures.

I.3.2.2 GISEMENTS

Le feldspath est un des constituants essentiels des roches cristallines et cristallophylliennes. La plupart du temps, on le rencontre en cristaux de dimensions modestes, noyé au milieu des autres constituants de la roche (quartz, micas, ferromagnésiens). Son extraction nécessite un traitement délicat et très onéreux dont la mise au point n'est pas encore suffisante pour en envisager l'application au stade industriel. Cependant, certaines roches éruptives, telles que les granites, alcalins et les pegmatites sont constituées de cristaux bien individualisés et souvent de grande dimension. Certaines sont particulièrement riches en feldspath et pauvres en minéraux ferromagnésiens.



Figure I.5 : Un gisement de feldspath découvert dans le Cameroun [6]

I.3.3 MATERIAUX DEGRAISSANTS

Ce sont des matériaux inertes qui, convenablement pulvérisés, ont un coefficient de retrait très faible. Leur rôle est de pallier les inconvénients occasionnés par une plasticité excessive des argiles. Ils fournissent un squelette à la pâte, augmentent la porosité, aident au séchage et diminuent le retrait.

Les principaux dégraissants sont constitués par de la silice SiO_2 ou quartz qu'on trouve dans la nature sous différents aspects :

- Sables quartzeux détritiques issus du démantèlement des roches cristallines et des roches sédimentaires siliceuses lors des périodes d'érosion. Ils sont fréquents dans les formations sédimentaires.
- Grès quartzeux : ce sont des sables quartzeux qui ont été consolidés par un ciment siliceux.
- Quartzites : ce sont des roches compactes constituées de cristaux de quartz jointifs. La silice a cristallisé autour des grains dont la taille s'est progressivement accrue, en occupant tous les vides du sable initial :
- Quartz filonien : le quartz se présente quelquefois en filons de dimensions variables encaissés dans les roches des séries cristallophylliennes. En raison de la dureté et de la résistance du quartz, ces filons affleurent très bien et forment des arêtes au milieu des terrains encaissants

I.3.4 MATERIAUX REFRACTAIRES

La gamme des matériaux réfractaires utilisés en céramique est également très étendue.

I.3.4.1 MINERAUX MAGNESIENS

I.3.4.1.1. LA DOLOMITE

C'est un carbonate double de calcium et de magnésium : $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, avec des teneurs théoriques de 54,35 % en CaCO_3 et 45,65 % en MgCO_3 . La dolomite est le constituant essentiel de certaines roches appelées dolomies. Ils sont formés par deux processus différents.

- La précipitation directe où les couches sont généralement peu épaisses et associées à d'autres dépôts lagunaires (gypse, anhydrite, sel gemme).
- Par transformation de roches calcaires au contact de solutions magnésiennes. La dolomite se substitue progressivement à la calcite et finit par envahir toute la roche : c'est le phénomène de dolomitisation. De ce fait, les gisements sont irréguliers, tant en volume, qu'en qualité, mais ils peuvent parfois, constituer des masses considérables.

La dolomie, décarbonatée vers 900-1 000°C, devient un excellent matériau réfractaire, fritté à haute température, mais qui s'altère au contact de l'humidité atmosphérique.

I.3.4.1.2. LA MAGNESITE

C'est le carbonate de magnésium MgCO_3 , il peut avoir trois origines :

- Altération de certains silicates magnésiens (divine, serpentine).
- Substitution, dans les calcaires, au contact de solutions magnésiennes (comme pour la dolomite).
- Précipitation directe dans les lagunes : giobertite sédimentaire.

En céramique, on utilise la giobertite sous forme calcinée caustique, c'est-à-dire calcinée à un degré tel qu'il subsiste 2 à 10 % de CO₂, et que la magnésie obtenue montre des capacités d'absorption et d'activité.

Dans l'industrie des réfractaires, la giobertite est utilisée sous la forme calcinée à mort, à une température supérieure à 1 500°.

La giobertite est un minéral rare et on ne connaît aucune exploitation en France bien que des indices aient été découverts assez récemment dans les Basses-Pyrénées, et dans les Pyrénées-Orientales, au Sud-Est de Céret.

I.3.4.2. SILICATES D'ALUMINE

Ce sont les minéraux du groupe de la sillimanite qui comprend : la sillimanite, l'andalousite, le disthène ou cyanite. Ces trois minéraux ont la même formule : SiO₂Al₂O₃. Ils présentent la propriété caractéristique de se transformer par calcination prolongée à haute température en mellite (2SiO₂,3Al₂O₃) substance hautement réfractaire.

Les silicates d'alumine se rencontrent dans les roches métamorphiques alumineuses (schistes, micaschistes, gneiss) associés à d'autres minéraux. [7].

I.4 PRODUCTION DES CERAMIQUES :

L'introduction de nouvelles technologies, l'automatisation dans le processus de fabrication ont permis un essor important de ce secteur d'activité à partir des années 80. Il en est résulté des gains de productivité et une meilleure efficacité en même temps qu'une réduction de la consommation d'énergie et des coûts. La fabrication des carreaux à pâte humide ou sèche est à présent continue, et beaucoup d'usines sont aujourd'hui presque entièrement automatisées. Parmi les innovations, il faut citer le broyage humide, le séchage par pulvérisation, le pressage à sec à haute pression, etc.

On trouve sur le marché de nombreux types de céramique. Ils se distinguent par la texture de la surface, la couleur de la pâte (blanche ou rouge), la technique de fabrication, les matières premières et l'utilisation finale. La quantité de composés ferreux présents dans la pâte donne aux céramiques leur couleur «blanche» ou «rouge». En réagissant avec les autres composants de la pâte, ils donnent une couleur plus ou moins intense et modifient le comportement de la pâte durant la cuisson.

Etant donné l'extrême diversité des carreaux, de leur mode de fabrication et des caractéristiques qui en découlent, il est pratiquement impossible d'établir une classification complète et exhaustive. Les normes européennes par exemple classent les carreaux en céramique exclusivement selon leur pouvoir d'absorption de l'eau (qui est en corrélation directe avec la porosité) et leur mode de façonnage (extrusion ou pressage)

La norme européenne EN 87, approuvée en novembre 1981 spécifie que «les carreaux en céramique pour sols et murs sont des matériaux de construction destinés généralement au

revêtement des sols et des murs, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, quelles qu'en soient la forme ou la taille». [8]

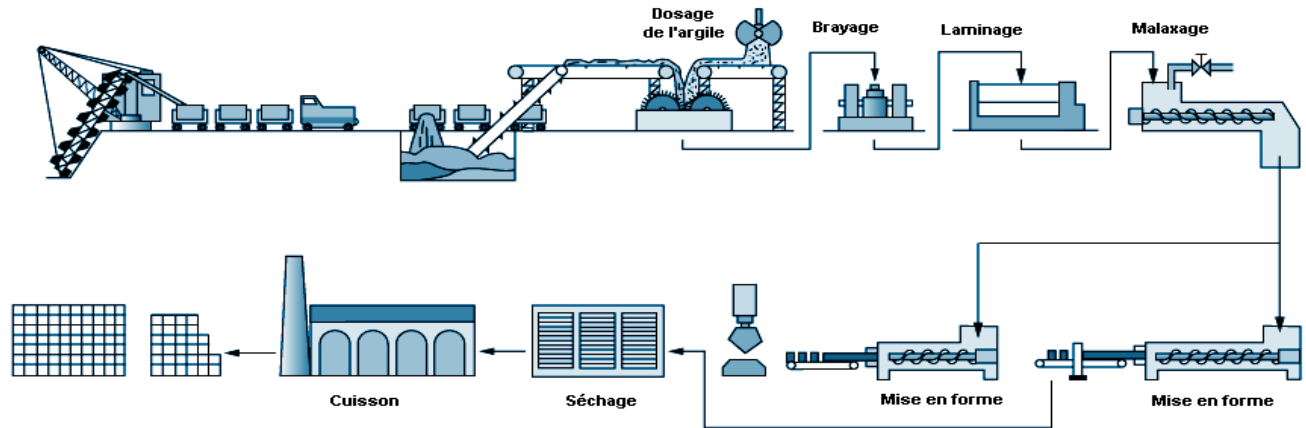


Figure I.6 : Fabrication des briques et des carreaux [8]

Selon sa composition et le produit final, l'argile subit différentes transformations qui comprennent le concassage, le broyage, le criblage et le malaxage. La figure I.6 est un schéma simplifié montrant la fabrication des briques ainsi que des carreaux céramique. [8]



Figure I.7 : Usine de céramique de Guelma [9]

Les céramiques sont élaborées selon l'ordre montré dans le tableau I.1.

Tableau I.1 Elaboration des céramiques. [11].

Famille de céramiques	1ère étape	2ème étape	3ème étape
Céramiques traditionnelles ou techniques	Poudre	Mise en forme	Traitement thermique
Verres	Poudre	Traitement thermique	Mise en forme
Liants minéraux	Traitement thermique	Poudre	Mise en forme

La fabrication des céramiques d'une manière générale part d'une poudre. Pour les céramiques traditionnelles, il s'agit de matières premières naturelles (terre glaise, argile, kaolin). Pour les céramiques techniques, ce sont des poudres micrométriques obtenues par synthèse chimique ; on parle souvent de « céramiques fines ». Toutefois et bien que les deux types de céramiques soient différents, ils ont en commun le fait de mettre en œuvre le même schéma de fabrication.

Dans la plupart des cas, on met en forme cette poudre avant de la « cuire » :

- Soit on travaille la poudre sous forme de pâte, en y ajoutant un peu d'eau ou un liant organique qui sera éliminé lors de la cuisson.
- Soit on la travaille sous forme de barbotine, c'est-à-dire d'une suspension dans l'eau, en ajoutant beaucoup d'eau et un dé flocculant (silicate de sodium).
- Soit on remplit un moule de poudre sèche.

Au cours de l'opération de frittage, les grains se soudent entre eux, sans qu'il y ait un passage par une phase fondue. Le frittage « simple » laisse une grande porosité, le frittage sous pression (HIP, hot isostatic pressing) consiste à mettre la poudre sous pression (environ 1 000 bar, 100 MPa) pour que la porosité se referme. On utilise un gaz inerte, en général de l'argon.

La céramique est ensuite coulée dans un moule en sable (usage unique), en graphite (réutilisable plusieurs fois) ou en acier refroidi à l'eau (moule permanent). On peut ainsi assembler deux céramiques ou bien une céramique et un métal, et avoir une étanchéité. La différence de coefficient de dilatation entre les matériaux (pièces et brasure) génère des contraintes lors du refroidissement, contraintes qu'il faut maîtriser. Dans le cas d'un garnissage réfractaire, on peut assembler les briques avec un mortier de jointement. [11].

I.5 EXEMPLE : LES APPAREILS SANITAIRES :

Les produits en céramique utilisés à des fins sanitaires sont tous regroupés sous l'appellation collective de « appareils sanitaires ». Les produits céramiques types sont les cuvettes de WC, les bidets, les lavabos, les citernes et les bornes fontaines.



Figure I.8 : W.C Tecniba [10]



Figure I.9: Avapo Tecniba [10]

Ces produits sont principalement en porcelaine vitreuse (imitation de porcelaine) ou en faïence. Le volume total de production est faible par rapport à celui des autres grands produits de céramique industrielle comme les briques ou les produits réfractaires, voir tableau I.2. Les sanitaires ont un rapport entre la valeur et la masse complètement différent de celui des briques ou des produits réfractaires.

La fabrication des appareils sanitaires se fait selon des procédés similaires à ceux qu'on applique à tous les autres produits céramiques. Les matières premières sont malaxées avec de l'eau pour produire une barbotine ayant les caractéristiques requises. Cette barbotine est ensuite stockée dans des réservoirs et utilisée pour le coulage de barbotine dans des moules séparés ou dans des machines de coulage sous pression. Le produit est fabriqué directement par les machines de coulage sous pression ou est dégagé des moules employés pour le coulage de barbotine. Les pièces doivent être séchées avant de pouvoir être travaillées ou transportées.

Le produit fini est déposé dans un entrepôt ou une zone de stockage pour être sélectionné, expédié et distribué. [11].

Tableau I.2 : Statistiques de l'industrie céramique. [11]

Secteur de l'industrie céramique	Production 2000 EU-15 (en millions de tonnes)	Chiffre d'affaires 2003 (en millions d'euros)	Emplois 2003 (en milliers)
Carreaux pour sols et murs	25,0	10100	69
Briques et tuiles	55,0	6800	50
Céramiques ornementales	0,5	2000	48
Produits réfractaires	4,5	3100	18
Appareils sanitaires	0,5	1900	25
Céramiques techniques	0,15	2000	9
Tuyaux en grès	0,7	300	2

Granulats d'argile expansée (2002)	3,0	300	2,5
Abrasifs inorganiques(2003)	0,04	260	3,1

I.6 LA PRODUCTION ALGERIENNE :

La production nationale de carreaux céramiques est en nette amélioration au plan du design, du fait du double impact de la concurrence nationale et de l'importation. Les producteurs de carreaux céramiques estiment nécessaire de lancer en moyenne un nouveau modèle, tous les 2 mois, la création graphique se faisant soit à l'étranger (par le biais du fournisseur d'inputs) soit par des cabinets de création en Algérie.

Les efforts spécifiques aux uns et aux autres en matière de recherche de renouveau du design et du rendu des surfaces (carreaux marbrés, mouchetés ou mauresques) indiquent des stratégies et des comportements commerciaux contrastés selon les producteurs algériens.

Des produits à finalité similaire (compacto) voient le jour dans des unités dotés d'équipements de production récents. Le coût de production enregistré (inhérents à l'importance des investissements engagés et à la forte automatisation des processus) oriente inéluctablement cette production vers la concurrence des produits importés et non vers celle des produits locaux, le marché-cible visé étant, de fait, celui de la clientèle de haut standing. Le développement des variétés, des dimensions, des designs et des coloris induit des besoins de gestion informatisée du Stockage et de la Production, à l'effet d'une information rapide sur les délais de réponse aux clients, ainsi que sur le lancement des plannings de production.

Selon le Ministère de l'Industrie, les capacités de production des industries de fabrication de produits en céramique passent à 18,2 millions de m² en 2003.




Tableau I.3 Capacités nationales Céramique Carreaux et Céramique Sanitaire.

Opérateurs	Céramique carreaux (m ² /an)	Appareils sanitaires en céramique (pièces/an)
Entreprises Publiques	6.1 millions	Nd
Entreprises (petites et moyennes industries) privées	12.1 millions	Nd
total	18.2 millions	2.3 millions

Mais aucune entreprise ne fabrique en même temps des appareils sanitaires et du carreau céramique. Les producteurs de revêtement muraux se focalisent fréquemment sur le carreau ou sur la plinthe (tableau I.3).

Tableau I.4 : Etat des lieux des entreprises, répertoriées par type de produit [12]

Entreprises du panel EDPme	Figurant dans le panel EDPme	Ventilation de GAMME			APPAREILS Sanitaires en Céramique	AUTRES produits céramiques NON REFRACTAIRES	PRODUITS céramiques REFRACTAIRES	CARREAUX EN CERAMIQUE	Ventilation de GAMME			
		ARTICLES Céramique usages domestique ou ornemental	Vaisselle en porcelaine	Vaisselle commune					Produits d'ornement	Carreaux en céramique	PLINTHES	FRISES
Argilex	oui											
Ceram bel	oui											
CERAMIQUE EL HIDHAB	oui											
Céramique El Mostaqbal	oui											
Céramique Hippocampe	oui											
Céramique Or	oui											
Cermed	oui											
CMC	oui											
GSG ALGERIE	oui											
MAGHREB CERAMIQUE	oui											
NUMIDIA CERAMIQUE	oui											
POTRAM	oui											
TLE -FA Sarl	oui											
TOUGRES CERAMIC	oui											

Légende :  = Gamme fabriquée  = Produit fabriqué par l'entreprise  = Importé par l'entreprise

Faute d'une liste exhaustive et, surtout, actualisée, on estime qu'il existe en Algérie une cinquantaine de producteurs de carreau céramique, dont 40 entreprises privées. Les capacités installées sont de taille différente selon les opérateurs. A dire d'expert remontant à 2004, elles varient dans une échelle de 1 à 32, les plus petites capacités installées étant de 1.000 m²/jour. La plus grande capacité installée qui est de 44.000 m²/jour dépasse nettement celle immédiatement inférieure qui n'est que de 27.000 m²/jour.[12]

CHAPITRE II

LES DECHETS EN

GENIE CIVIL

II.1 INTRODUCTION

Les considérations économiques et environnementales affectent de plus en plus l'approvisionnement en granulats. Il y a des grands défis à la réalisation et au sens opposé des grandes objections à l'ouverture de nouveaux bancs de carrières. En même temps, on se heurte, à des difficultés pour déposer à la décharge gravats et de sous-produits inertes de l'industrie ainsi que l'existence des décharges sauvages qui affectent l'environnement.

Ces deux types de résidus peuvent être transformés en granulats en vue de leur utilisation dans la fabrication du béton, ce qui se fait de plus en plus fréquemment dans plusieurs pays du monde.

Le traitement nécessaire des déchets n'est pas simple, parfois s'est plus onéreux, cas des déchets de démolition par exemple, et l'utilisation de granulats faits à partir de ces déchets demande des connaissances spécialisées, puisque aucun de ces matériaux n'est normalisé.

II.2 DEFINITION D'UN DECHET :

Selon l'article L541-1-1 du Code de l'Environnement, un déchet est défini comme « toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se débarrasser ». En fonction de leurs types et de leurs origines, les déchets ont un niveau de dangerosité variable qui, dans certains cas, peut être préjudiciable à l'homme et à l'environnement.

Les déchets peuvent être classés en trois catégories :

*Les déchets dangereux, qui présentent une ou plusieurs propriétés dangereuses (comburant, inflammable, explosif, corrosif, cancérigène...) (décret n° 2002-540 du 18 avril 2002),

*Les déchets non dangereux, qui ne figurent pas dans le décret n° 2002-540 du 18 avril 2002,

*Les déchets inertes, qui ne sont pas dangereux et ne contiennent pas de constituants évolutifs. 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 d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine » (directive n° 1999/31/CE). Ils proviennent essentiellement du secteur du BTP. [13].

II.3. SOURCES DE PRODUCTION DES DÉCHETS

Les sources de production des déchets ou de matières indésirables peuvent être classées en catégories et suivant les modalités de collecte :

Résidentielles,

Industrielles, commerciales et institutionnelles (ICI),

Construction et démolition (CD).

Il est parfois difficile d'établir la source de production d'une matière donnée en raison du

manque de suivi ou de modalités de collecte complexes (par exemple : collecte par sous-traitance ou véhicules assurant la collecte en divers endroits).

En Algérie, la production des déchets ne fait qu'augmenter. La croissance démographique, l'urbanisation de plus en plus forte et les transformations socio-économiques que connaît le pays ces dernières années ont été accompagnées par des changements notables au niveau des quantités et de la qualité des déchets produits.

On estime la production pour l'année 2018 à environ 13 millions de tonnes, représentant environ 309 Kg par habitant.. Selon les projections à moyen et long termes, la quantité de déchets générée en Algérie est en croissance continue. A l'horizon 2035, la production des déchets ménagers et assimilés DMA, dépassera les 20 millions de tonnes. L'étude de caractérisation des DMA menée par l'Agence nationale des déchets (AND) en 2019, a montré que la matière organique représente la fraction la plus importante des DMA produits avec ~ 53,6%, suivie par les plastiques avec +de 15%, (fig. II.1). [14].

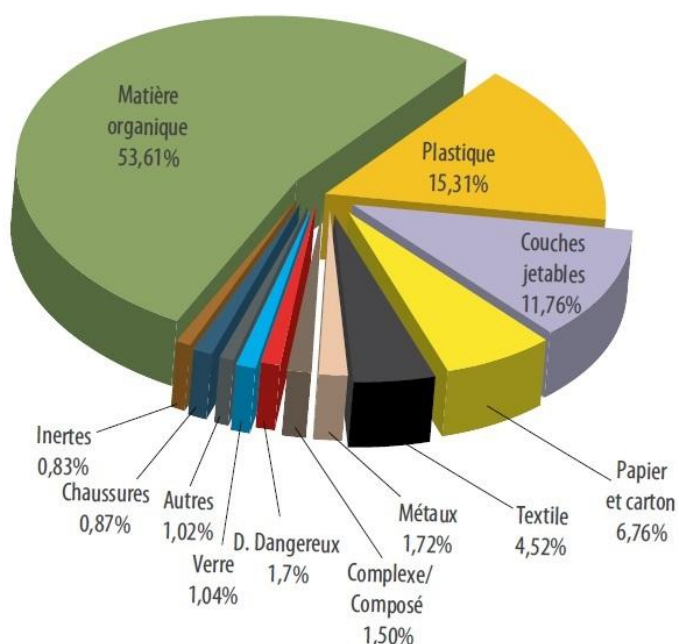


Figure II.1: composition des déchets en Algérie[14]

II.4 TYPES DÉCHETS

On distingue trois catégories principales de déchets : les déchets inertes, les déchets banals et les déchets dangereux.

II.4.1 DÉCHETS INERTES

Les déchets inertes sont les déchets les plus stables. En cas de stockage en décharge, ils ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante et ne présentent pas de danger pour l'homme et l'environnement.

Ces sont donc des matériaux, sans caractère polluant, qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune réaction physique ou chimique. Ils ne sont pas biodégradables et ne se détériorent pas au contact d'autres matières d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine. Ils sont constitués

presque intégralement de minéraux tels que silicates, carbonates ou aluminates ; leur contenu en métaux lourds ou autres polluants est très faible.

Selon l'article n°3 de la loi Algérienne n° 01-19 du 12 décembre 2001, déchets inertes : « tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et/ou à l'environnement ». Les déchets non valorisables doivent être stockés dans des installations de Stockage « CET ». Ils peuvent aussi être utilisés en remblaiement de carrières

Il s'agit donc :

Des résidus minéraux provenant des industries d'extraction et des industries de fabrication de matériaux de construction.

Des déchets provenant des activités de construction, de réhabilitation (rénovation) et de démolition liées au secteur du bâtiment, ainsi que des activités liées à la réalisation et à l'entretien d'ouvrages publics (routes, ponts, réseaux...) en mélange ne contenant pas de substance dangereuse et ne contenant que des déchets presque minéraux .

Parmi les déchets inertes produits par le secteur du bâtiment on trouve :

- Béton,
- Briques,
- Parpaings,
- Tuiles et céramiques. [14].



Figure II-2 : Déchets inertes [15].

II.4.2 DÉCHETS BANALS

Les déchets banals ou les déchets industriels banals (DIB) sont non inertes et non dangereux générés par les activités, publiques ou privées, du commerce, de l'artisanat, de l'industrie ou du service. Ce sont des déchets qui ne présentent pas de danger particulier vis-à-vis

des personnes ou de l'environnement et qui peuvent être éliminés dans les mêmes conditions que les ordures ménagères. Les déchets non valorisables doivent être orientés vers le CET, sont qu'ils soient mélangés aux déchets inertes. Il s'agit notamment des cartons, des papiers, des plastiques, de plâtre, de verre, de bois d'ouvrage, des métaux, etc. [14]



Figure II-3 : Déchets banals [16].

II.4.3 DÉCHETS DANGEREUX

Les déchets dangereux ou les déchets industriels spéciaux (DIS) sont des déchets qui présentent un caractère polluant ou toxique et nécessitent d'être éliminés dans une filière spécifique. En citant par exemple : pots de peinture, tubes de colle, certains déchets d'amiante, néons, etc.[14]

Selon l'agence nationale des déchets (AND), la production de déchets spéciaux en Algérie est estimée à 3,4 millions de tonnes par an dont 400.000 tonnes de déchets d'activités de soins hospitaliers et vétérinaires (DAS).



Figure II-4 : Déchets dangereux [17]

II.5 GESTION DES DECHETS

La gestion des déchets en constante évolution en Algérie, constitue une préoccupation environnementale majeure pour les autorités en charge de ce secteur : Ministères, collectivités locales, ...

Des efforts considérables sont déployés depuis la promulgation de la loi 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. Cette loi qui définit un cadre des orientations en matière de protection de l'environnement et du développement durable est suivie par des programmes et plans d'action dont les premiers ont été inscrits en 2002 (PROGDEM) et 2006 (PNAGDES, Plan National de Gestion des Déchets Spéciaux), a permis de caractériser le déchet par typologie et niveau de dangerosité.

Les déchets ne sont plus considérés comme des éléments résiduels dont il faut se débarrasser, mais plutôt comme une ressource économique et financière qu'il convient de valoriser et d'intégrer dans un circuit économique viable. Comme exemple, la valeur marchande des déchets spéciaux dans les filières PET, pneus usagés, huiles usagées, batteries usagées, déchets électroniques et électriques, est estimée à près de 30 Milliards de DA par an.

La principale filière d'élimination des déchets reste à ce jour la mise en décharge. Les services du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) ont recensé plus de 3000 décharges sur le territoire national dont 350 au niveau des 40 grandes villes du pays.

Tableau II.1: Gestion des déchets municipaux.

	2002	2009
Pourcentage de la population totale desservie par la collecte des déchets municipaux	65	80
Pourcentage de la population urbaine desservie par la collecte des déchets municipaux	80	85
Destination finale des déchets municipaux		0%
- Compostés		
- Recyclés		5%
- Mis en décharge(CET)		15%
- Déversés (décharges)		80%

La politique de gestion des déchets en Algérie envisage la maîtrise, l'amélioration et la modernisation de la gestion des déchets. Elle repose sur les principes suivants :

- *Prévention, réduction de la production et de la nocivité des déchets à la source.
- *Organisation du tri, la collecte, le transport et le traitement.
- *Valorisation par leur réemploi et par leur recyclage.
- *Traitement écologiquement rationnel ;
- *Information et sensibilisation des citoyens sur les risques et leurs impacts sur la santé et l'environnement. [20].

II.6 VALORISATION DES DÉCHETS

Comme nous l'indique le dictionnaire, valoriser est « le fait de donner de la valeur à quelque chose ». La valorisation permet donc de réutiliser les éléments constitutifs des déchets en les intégrant dans le circuit économique.

Cette valorisation permet à l'Algérie de répondre à divers besoins énergétiques, notamment la production d'électricité, le chauffage des habitations et la fourniture de chaleur de procédé pour les installations industrielles. La production d'énergie par la combustion contribue à limiter le recours aux ressources fossiles, à limiter également les émissions de gaz à effet de serre et à réduire considérablement le volume et le poids des déchets. De plus, la récupération de chaleur produit une énergie locale immédiatement utilisable à proximité. Elle entraîne une économie significative des énergies fossiles dont le prix est plus volatile et plus élevé.

II.6.1 VALORISATION DES DÉCHETS INERTES

La valorisation de la matière est un mode d'exploitation des déchets qui vise à leur mise en valeur afin de les réintroduire dans le circuit économique. Elle couvre le réemploi, la réutilisation, la régénération et le recyclage de la matière. [14]

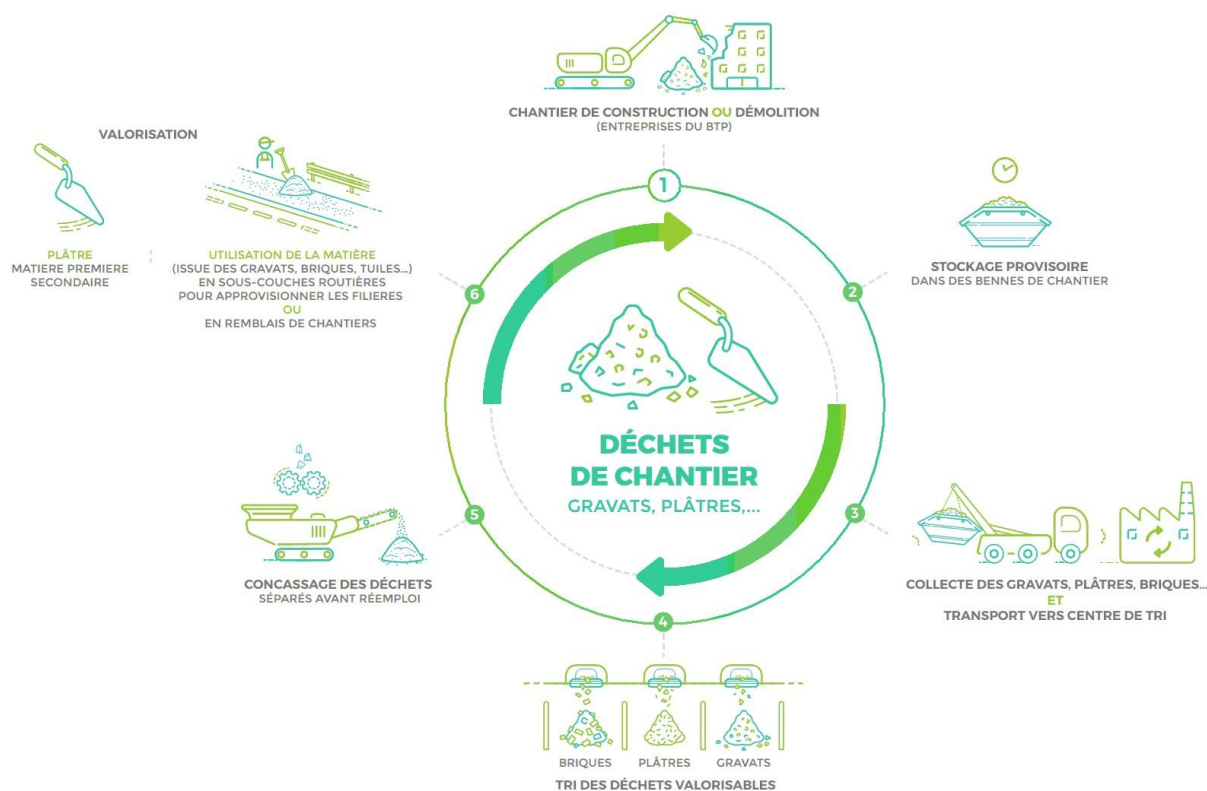


Figure II-5 Le cycle de valorisation des déchets inertes et de chantier [19]

II.6.1.1 – REUTILISATION

Lors de travaux de démolition, les briques récupérées peuvent être nettoyées et réutilisées sur le même chantier ou ailleurs. Par ailleurs, certaines briques anciennes ont une grande valeur architecturale et sont recherchées pour les rénovations historiques.

Lors de travaux de construction, le béton pré-mélangé en excès peut être utilisé dans la fabrication de bordures de terrains de stationnement, de jardinières ou dans l'aménagement paysager.

II.6.1.2 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.

La brique, le béton et le mortier peuvent être concassés et utilisés comme granulats dans la couche de fondation routière, comme matériaux de remblai, pour l'aménagement paysager et pour d'autres applications dans le domaine de la construction .[14].

II.6.2 VALORISATION DES DÉCHETS BANALS

Les DIB s'assimilent aux ordures ménagères produites par les particuliers, mais sont issus exclusivement des activités professionnelles : entreprises, industriels, artisans, commerçants, prestataires,... Cette dénomination rassemble donc de nombreuses catégories de déchets qui suivent chacune des filières très différentes de recyclage, comme le bois, le verre et le plastique.

Les DIB regroupent par exemple :

- *Les déchets de bureau (papier, matériel informatique, mobilier,...),
- *Les déchets organiques (dans la restauration collective par exemple),
- *Les déchets de production (ferraille, métaux...).[19].

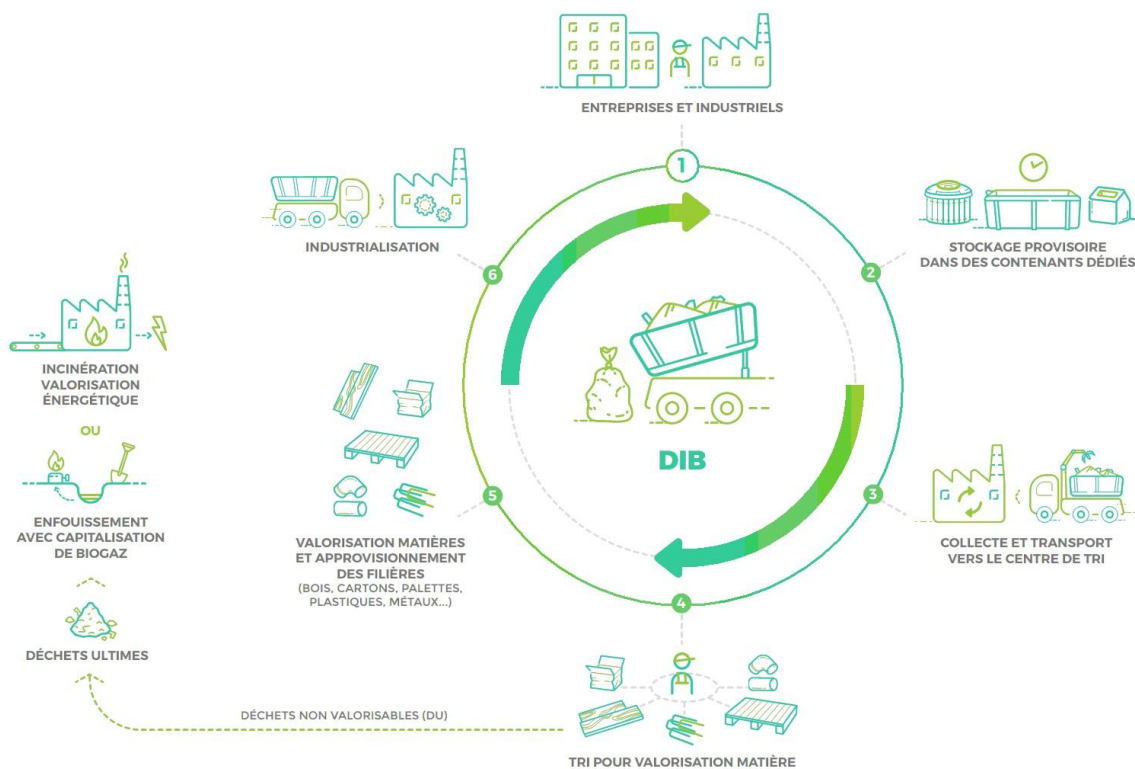


Figure II-6 Le cycle de valorisation des DIB en benne [19]

Le tri s'impose comme le préalable indispensable. Dans l'idéal, il s'effectue directement sur site grâce à des collecteurs dédiés ; sinon, lors d'un passage dans un centre de tri. Les déchets sont alors regroupés par catégories et chacun suit le processus habituel de sa filière. La valorisation de ces déchets atteignait 90 % en 2012 (INSEE).

II.6.3 VALORISATION DES DÉCHETS DANGEREUX

L'Union Européenne définit de façon stricte les déchets dangereux, en fonction des propriétés qu'ils présentent. Tous les déchets explosifs, inflammables, irritants, toxiques, infectieux, mutagènes ou encore sensibilisants sont considérés comme dangereux.

Cette vaste définition conduit à une liste de produits très hétérogènes. Le traitement des DID (Déchets Industriels Dangereux) est strictement encadré sur le plan réglementaire, avec des contraintes propres à chaque filière afin d'éviter toute pollution ou contamination. Au sein des DID, les DDD (Déchets Dangereux Diffus) constituent une problématique à part entière: produits en trop faible quantité pour suivre un traitement habituel, on les trouve dans certains médicaments, dans les plombs de pêche ou encore dans des solvants.[19].

A chaque déchet dangereux sa valorisation ! Les huiles usagées peuvent être régénérées ou utilisées dans la cimenterie en valorisation énergétique. Les batteries doivent être vidées et dépolluées : le plomb est ensuite fondu et recyclé, le plastique lavé puis broyé pour devenir une nouvelle matière première. Également dépollué, les aérosols fournissent aluminium, acier et plastique.

Tableau II.2 : Procédé de recyclage des déchets industriels dangereux.[18].

Produit	Procédé
Boue de déchets industriels	Chauffage des déchets dans le but d'en réduire la masse et de valoriser les sous-produits. Il s'agit de techniques de séchage ou de séchage par incinération en utilisant différentes technologies. La vapeur issue du séchage peut être recyclée comme source de chaleur dans le procédé à partir d'une chaudière. En fonction des résidus obtenus par séchage, ceux-ci peuvent être stockés pour une utilisation ultérieure.
Déchet liquide biodégradable Tels que les eaux issues d'un traitement physicochimique, eaux de pollution accidentelle, etc.	Traitement biologique qui consiste à transformer la matière organique en une boue par des moyens physiques. Les micro-organismes dégradent et assimilent certaines substances organiques par sécrétion d'enzymes. La boue biologique est extraite de l'eau par décantation ou flottation. Pour accélérer le processus de dépollution dans les procédés aérobiques, on utilise un apport d'oxygène (de l'air ambiant, ou pur) dans les bassins.
Hydrocarbure liquide.	Séparation de l'eau, des hydrocarbures et des sédiments par des procédés physiques (décantation, débouage, centrifugation,

II.7. SOURCES DE DÉCHETS UTILISÉS EN GÉNIE CIVIL

Le programme entrepris par l'état algérien afin de réaliser des logements de tout genre connaît un taux d'avancement satisfaisant, mais il s'agit aussi de la production de déchets par ces travaux de bâtiment ou il faudra une filière de traitement et d'élimination ces déchets.

Les conditions d'élimination des déchets de chantiers sont incertaines du fait de la multiplicité des intervenants sur chaque chantier, de la nature diverse des déchets et de la variabilité de leurs lieux de production.

Deux principales sources de production de déchets utilisés dans le domaine de génie civil qu'on les rencontre généralement. Les déchets de construction et de démolition (C&D) et les sous-produits de l'industrie.

Parmi ces déchets, il existe plusieurs catégories :

*En grande partie : les déchets inertes (béton, gravats, tuiles et briques...).

*Déchets non dangereux (plâtre, plastique, métal...).

*Déchets dangereux (amiante, peinture au plomb...). [14].

II.7.1 DECHETS DE CONSTRUCTION ET DE DEMOLITION

II.7.1.1 PRODUCTION

Les déchets de construction et de démolition (C&D) sont à la fois lourds et volumineux. Les déchets de construction sont des déchets inertes qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge. Ils ne sont pas contaminés par des substances dangereuses susceptibles de nuire à la santé et à l'environnement.

Aux États-Unis, 31,5 millions de tonnes de déchets de construction sont produites chaque année. Ce qui représente près du quart des déchets municipaux solides.

En Europe, 259 millions de tonnes de déchets de construction sont produites chaque année comme le montre la Figure II-7 suivante :[14]

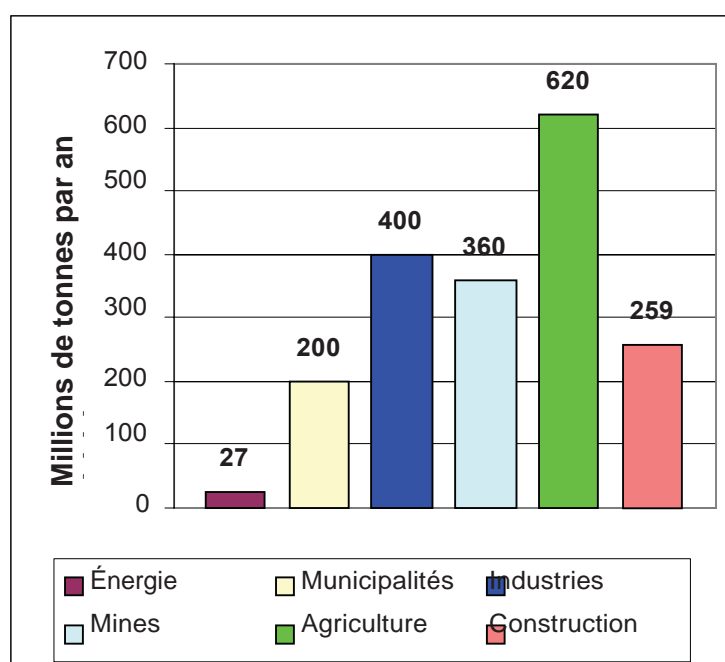


Figure II-7 Répartition des Déchets par Secteurs Sources

En Algérie, les déchets de construction et de démolition, qui sont généralement classés

parmi les déchets industriels, restent inconnus et sont estimés approximativement. Une estimation a été effectuée par le Centre National d'Étude et de Recherche Intégrée en Bâtiment (CNERIB) sur les déchets inertes de quatre wilayas de la région du centre, il l'estime entre 300 mille à 500 mille t/an, dont 12% d'acier et 40% de béton

II.7.1.2 REPARTITION

Les travaux de construction, de rénovation et de démolition produisent des tas de matériaux de construction : béton, béton armé, briques, pierre de taille, plâtre, bois, métaux, verre, matières plastiques, céramiques, papiers, etc. Ces tas sont plus ou moins composites suivant la nature des ouvrages et l'âge de leur construction.

Les quantités de déchets de chantiers et de démolition se répartissent approximativement selon la Figure II-8 suivante : [14].

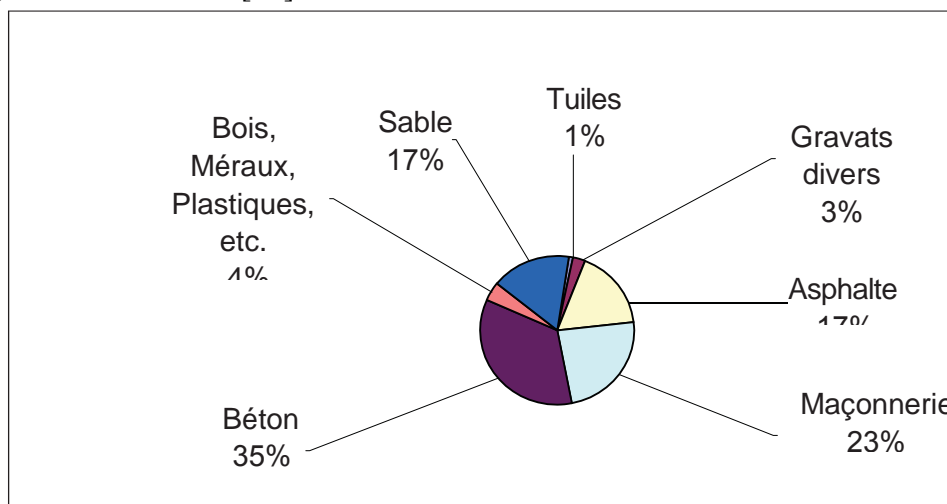


Figure II-8 Répartition des quantités de déchets de chantiers ou de démolition par type.

II-8- MOYEN DE LUTTE CONTRE LES DECHETS

Les déchets de chantiers du bâtiment et des travaux publics sont rarement pris en compte dans le cadre des plans d'élimination des déchets imposés par la réglementation. Les conditions d'élimination des déchets de chantiers sont incertaines du fait de la multiplicité des intervenants sur chaque chantier.

La planification obligatoire peut constituer un dispositif de lutte contre les déchets inertes de génie civil en général. Mais ce dispositif concerne l'ensemble des intervenants dans l'aménagement et la construction d'infrastructures et de bâtiments, etc.

*Les maîtres d'ouvrages, les maîtres d'oeuvre, les bureaux d'études techniques, les entreprises, et en amont leurs fournisseurs font partie d'une chaîne économique et technique.

*Les propriétaires et les exploitants publics ou privés d'installations d'élimination des déchets constituent la seconde catégorie d'acteurs.

*Une troisième catégorie comprend, en dehors de leur rôle de maître d'ouvrage, les administrations nationales et locales, qui exercent des prérogatives de police administrative dans les domaines de l'environnement.

*Enfin les associations agissant dans le domaine de l'environnement.

CHAPITRE III

REVUE

BIBLIOTHÉRAPIQUE

III.1. INTRODUCTION

En raison des impacts environnementaux dû à la sur-exploration des ressources naturelles, il existe un intérêt croissant pour l'utilisation de matériaux alternatifs. L'importance du concept de réduction, réutilisation et recyclage commence à faire face à la destruction massif de la nature. Dans le domaine de génie civil, les progrès récents ont été l'utilisation de déchets broyés dans le squelette granulaire des bétons.

Les matériaux céramiques recyclés comme substitut aux granulats naturels grossiers est une alternatif de plus en plus prospecter par les chercheurs ces dernières années. De nombreux chercheurs ont utilisé les déchets broyés de produits sanitaires comme remplacement partiel des agrégats grossiers et ont rapporté l'effets de ceux-ci sur les propriétés à l'état frais ou durcie des bétons.

III.2. ETUDE DE LA LITTERATURE

Senthamarai et Manoharan [21], étudient l'effet du rapport E/C (0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55 et 0.60) avec le maintien d'une quantité similaire d'eau.

Ils ont constatés que le béton de granulats grossiers de déchets de céramique à l'état frais était plus cohésif et plus réalisable que le béton conventionnel. Pour le béton témoin l'affaissement variait de 10 à 148 [mm], mais pour le béton à granulat céramique l'affaissement variait de 13 à 155 [mm], Cela est dû à la moindre absorption d'eau et à la texture de surface lisse des granulats grossier de déchets de céramique.

La résistance en compression diminuait de 53 [MPa] pour le béton conventionnel à 51 [MPa] pour le béton à déchets céramiques avec un rapport E/C de 0.35. Elle variait de 53 à 31 [MPa] pour les bétons à granulats naturels et de 51 à 30 [MPa] pour le béton à déchets céramiques.

Dans leurs travail Alves et al. [22] ont étudiés l'effet de l'ajout de céramique sanitaire sous forme de granulats grossiers de diverses proportions à la composition du béton 20, 50, 100%. Ils constataient que le béton modifiés enregistraient des résistances de 31, 30, 26 [MPa] respectivement aux proportions des remplacements, contre 46 [MPa] pour le bétons de références à 28 jours (Fig.1). Ils interprétaient cette diminution à l'augmentation du rapport E/C, car les céramiques absorbent l'eau efficace à l'hydratation.

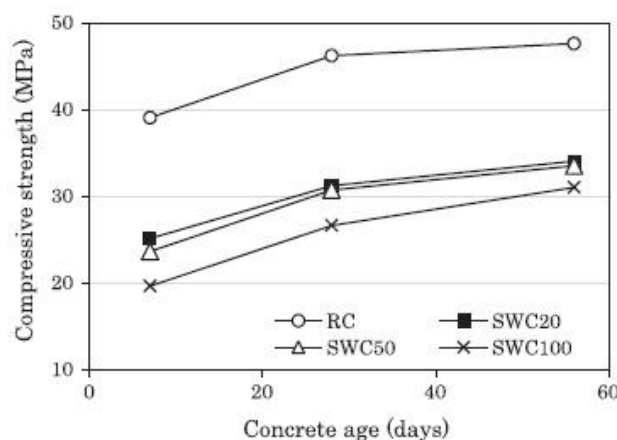


Fig. III. 1. Evolution de la résistance à la compression des bétons [22]

On sait qu'un excès d'eau dans le matériaux cimentaire (mortier ou béton), entraîne une ouvrabilité accrue, mais conduit à une plus grande porosité et à une perte conséquente de résistance à la compression.

Dans la même perspective De Almeida et al.[23] ont étudiés l'ajout de débris de céramique sanitaire sous forme de granulats grossiers de diverses proportions à la composition du béton 25, 50, 75, 100% (fig.2)



Fig.III.2. Distribution granulométrique des granulats de déchet [23]

Ces bétons modifiés, notaient des résistances à la compression dans un intervalle de 46 à 47 [MPa] contre 48 [MPa] pour le béton de référence à 28 jours. La résistance de béton à granulat de céramiques sanitaires recyclés à diminuer de 1.4%.

Dans ce travail, le béton témoin enregistrerait un affaissement au-dessous de 26 [mm], mais pour le béton à granulat céramique l'affaissement était en dessous de 24.3 [mm] (Fig.3). Les auteurs non pas formulés d'hypothèse quant à la l'augmentation de l'affaissement, mais cette grande maniabilité des bétons testés est due à l'utilisation d'un super plastifiant et la surface lisse due au à l'étape de glassage dans la production des céramiques sanitaires.

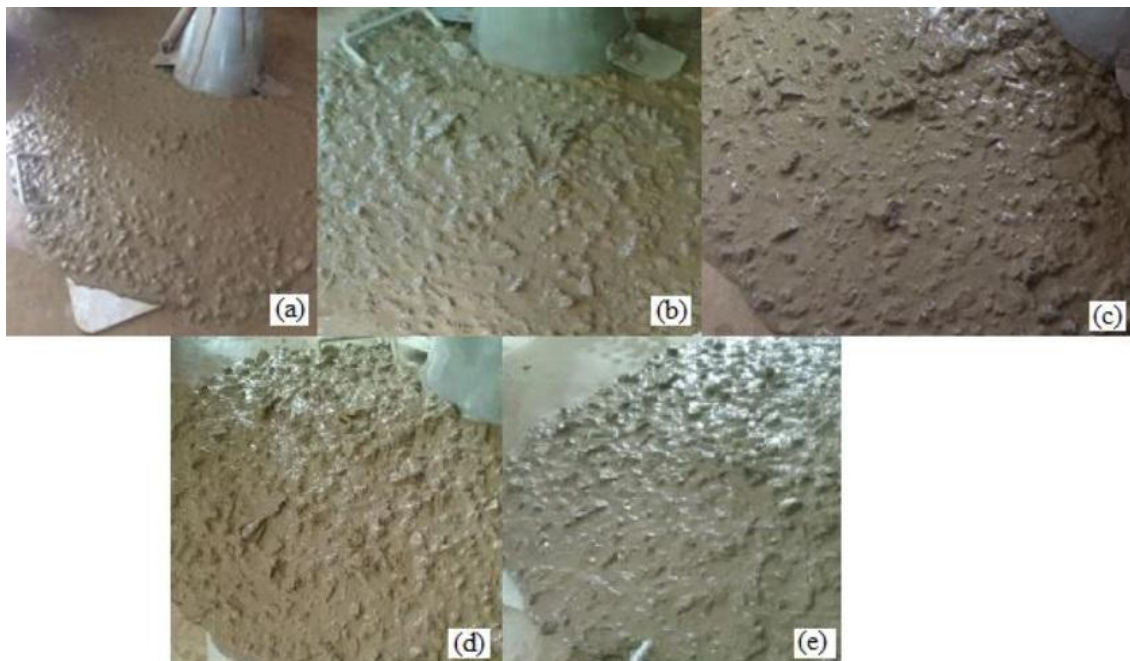


Fig.III.3. Affaissement des bétons ; a)Témoin, b)remplacement à 25%, c)A 50%, d)A 75% e)A 100% [23]

Lors du changement de pourcentages de 25, 35, et 45% de granulats de déchets céramiques Sheikh Khalid et al. [24], ont constatés des valeurs d'affaissement variables mais qui se trouvaient toujours dans la plage d'ouvrabilité. Cet affaissement inférieure à l'affaissement du

béton témoin est attribué a des microfissures dans les déchets. Ces microfissures augmentent la porosité, ce qui induit une absorption d'eau accrue, réduisant ainsi davantage la valeur d'affaissement des bétons à céramique sanitaires.

La résistance après 28 jours de cure (fig.4), à diminuer par rapport au béton témoin. Le béton contenant 25% de déchets céramiques ainsi que celui contenant 35% de déchets céramiques présentaient les différences les plus grandes et les plus petites (23,1% et 0,7%) par rapport au béton normal, respectivement. Cette diminution est attribuée principalement à la porosité des céramiques sanitaires.

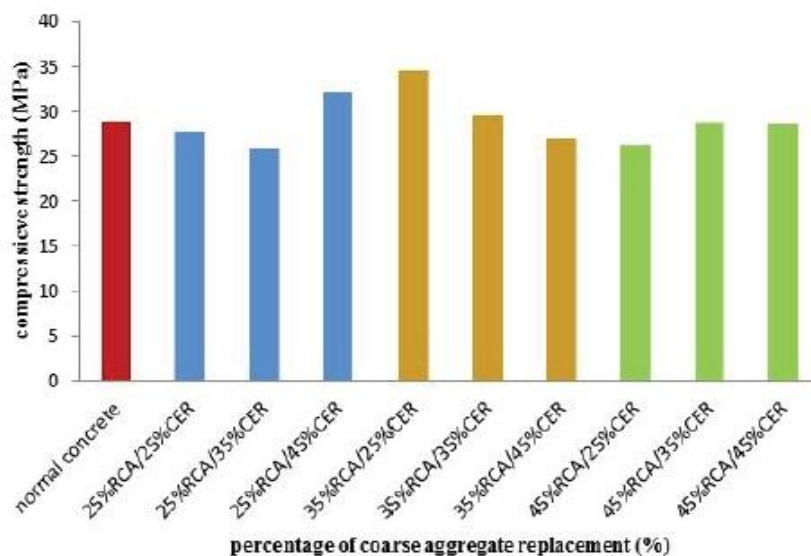


Fig.III.4. Résistance à la compression à 28 jours des bétons à céramique sanitaires [24]

Lorsque Medina et al. en 2011 [25], ont broyés des céramiques sanitaires pour fabriquer des granulats entre 4-12.5 [mm] et introduit ces déchets par substitution des granulats grossier en raison de 15, 20, 25%. Ils ont conduit un essai de mesure de la porosité par mercure (Fig.5), ils constataient que les granulats à déchets céramiques étaient plus poreuses que les granulats naturelles, ce que Sheikh Khaled et al. ont déclaré dans leurs travail.

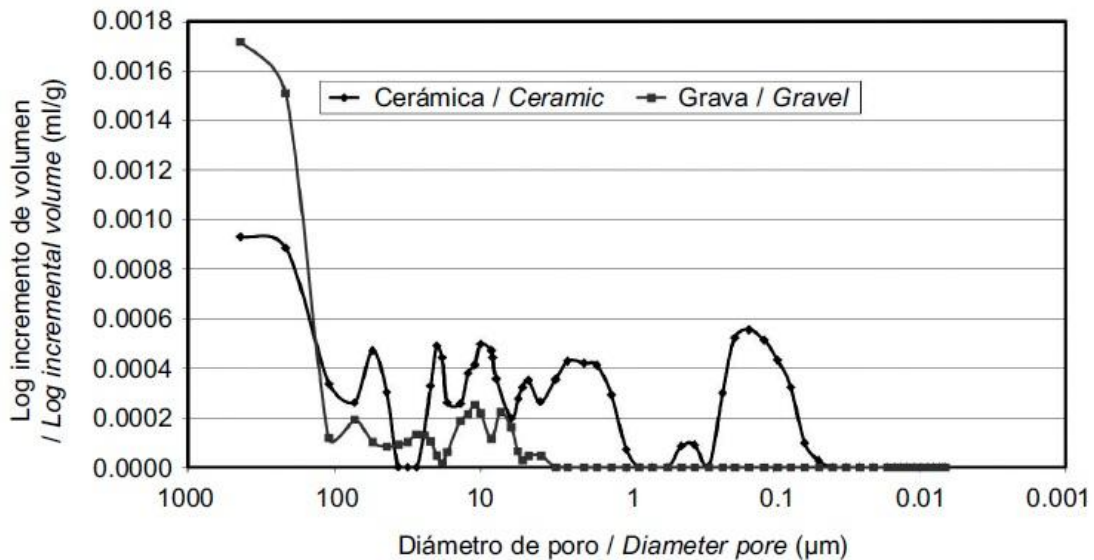


Fig.III.5. Distribution des pores des granulats [25]

Dans le même travail et à cause de cette porosité et la distribution des pores, les éprouvettes de bétons à déchets, ont mis plus de temps à atteindre la saturation que le béton de référence (fig.6).

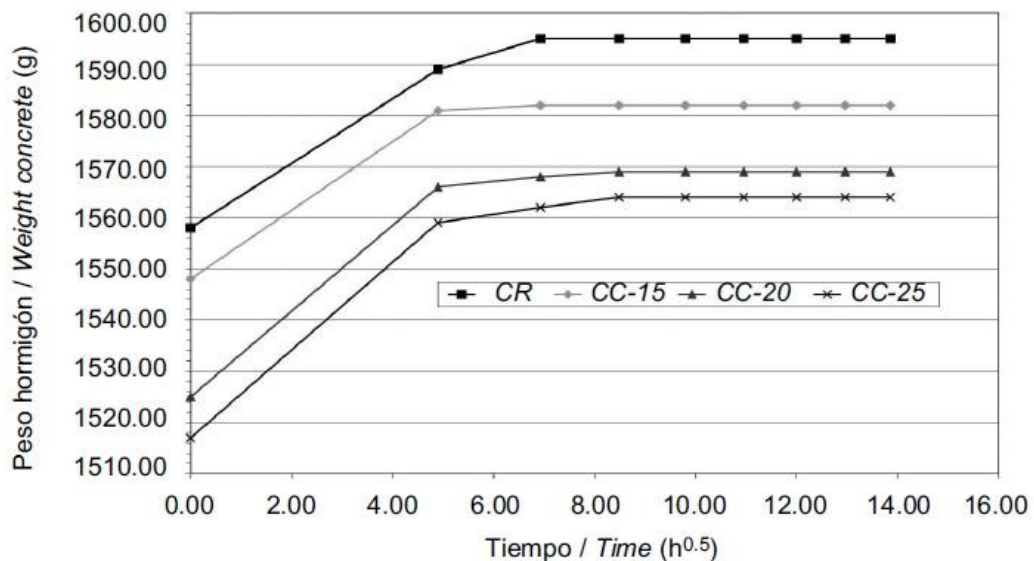


Fig.III.6. L'absorption d'eau par immersion [25]

Dans sa caractérisation des céramiques sanitaires García-González et al. [26], ont trouvés que les granulats recyclés présentait des valeurs d'absorption légèrement supérieures aux granulats naturels. On peut lire dans le tableau n°5 de leurs travail que l'absorption du sable, gravier naturel, gravier céramique recyclé, étaient respectivement 2.24, 0.24, 0.55%. Ce qui veut dire que l'absorption d'eau est le double entre le naturel et le recyclé.

Le processus de frittage dans la confection des matériaux céramiques, est conduit en deux étape. Premièrement, on lie les fines particules de céramique par compression ou par élimination de l'eau. Deuxièmement, on chauffe la pièce à des températures plus ou moins élevées pour créer des liens (sans fusion) entre les particules (Fig.7). Ces pores sont largement suffisant pour faire passer les particules d'eau 0.343 [nm]. Ajouter à ce processus les instruments utilisés en

laboratoires pour fragmenter les pièces de céramiques sanitaires tel qu'un concasseur à mâchoires, à bullets ou un simple marteau massette.

Ce concassage des échantillons en laboratoire, conduit à l'ouverture de microfissures dans les graviers recyclés, créant ainsi des pores plus important, malgré que le coefficient de Los Angeles des céramiques est meilleur que le gravier naturel 20% contre 33% [26].

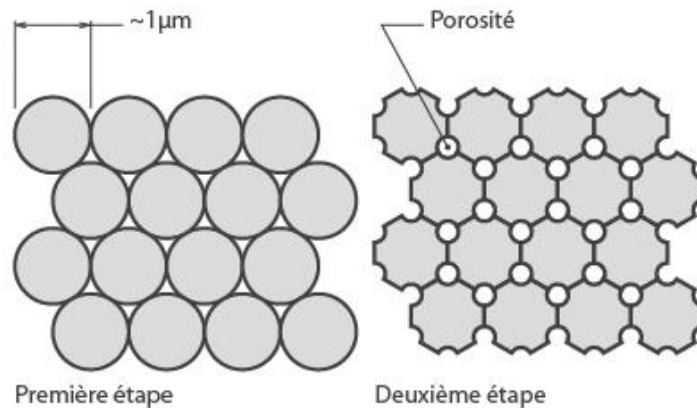


Fig.III.7. Porosité des matériaux céramiques dans l'étape de frittage.

Malgré cet porosité accrue García-González et al. [26], ont notés que les formes de fractures des éprouvettes été satisfaisantes, avec des formes similaires observées pour le béton témoin et le béton céramique 100% recyclé (Fig.8). On peut donc en déduire que l'incorporation de granulats céramiques recyclés n'a pas d'effet négatif sur les performances du produit final.



Fig.III.8. Formes de fracture.

a) Béton témoin (résistance à la compression); b) Béton 100% recyclé (résistance à la compression);
c) Béton témoin (résistance à la traction); d) Béton 100% recyclé (résistance à la traction);

Avec une étude plus restreinte en pourcentage (3, 5, 7, 9%) et une courbe granulométrique étudiée (Fig.7), Guerra et al. [27] ont trouvaient des affaissements presque

similaires (4 à 4.3cm pour tous les bétons). Les résistances à la compression à 28 jours variées de 41.4 [MPa] pour le béton témoin à 45.2 [MPa] pour la résistance d'un béton à 9% de déchets céramiques.

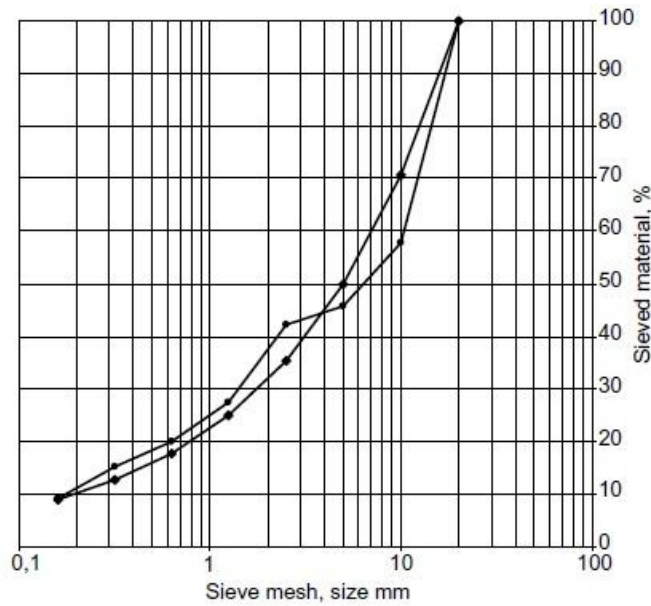


Fig.III.9. Analyse granulométrique des graviers utilisés • expérimental ♦ idéal [27]

Pour affiner les pourcentages et proportions du squelette granulaire dans la composition du béton avec des déchets de céramiques sanitaires, Halicka et al. [28] ont variés le pourcentages de gravier fin : gravier grossier de 1: 0.0 à 1: 0.45 en masse avec un changement de 0,05 point (fig.10). L'objectif présumé était de trouver un pourcentage de constituants gravier fin :gravier grossier justifiant la masse maximale du mélange dans un volume fixe. Cela signifie une quantité minimale d'espace libre, une densité apparente maximale et un pourcentage optimal de constituants. D'après la courbe au-dessous le rapport idéale du gravier fin : gravier grossier et 1 :0.4.

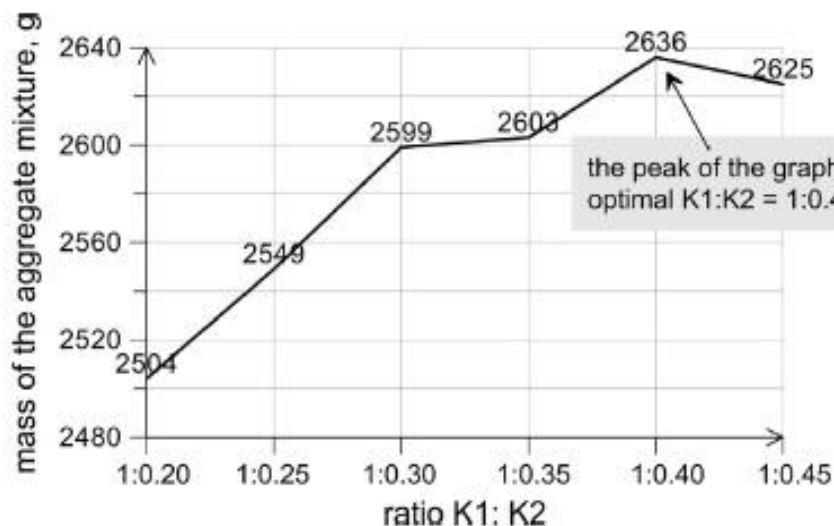


Fig.III.10. Dépendance de la masse au pourcentage de granulats [28]

Dans la section d'ouvrabilité, Halicka et al. [28] ont remarqués la diminution de l'affaissement de 11 [mm] pour le béton modifié à 48 [mm] pour le béton témoin en raison de l'absorption d'eau des céramiques sanitaires.



Fig.III.11. Après les cycles chauffage, séchage ; 1. granulats calcaires ; 2. granulats granitiques ; 3. granulats céramiques[28]

Dans cette étude les auteurs, ont constatés que les éprouvettes à céramique restées intactes pendant 30 jours après le chauffage à 1000°C est ne perdaient pas en cohésion (Fig.11). La résistance à la compression enregistrait une diminution d'environ 46%, mais ce béton a continué à présenter une résistance élevée par rapport au béton témoin.

Dans le cycle chauffage, séchage les résistances à la compression diminuaient par rapport au résistance normales d'environ 50% après la sortie du four mais au bout de 30 jours la résistance à la compression des éprouvettes avec agrégat céramique a augmenté de 45%, par rapport à la résistance enregistrée immédiatement après chauffage, par opposition à la résistance à la compression des éprouvettes à base d'agrégat de granit qui a diminué de 40% et des éprouvettes en béton à base de gravier complètement endommagé .

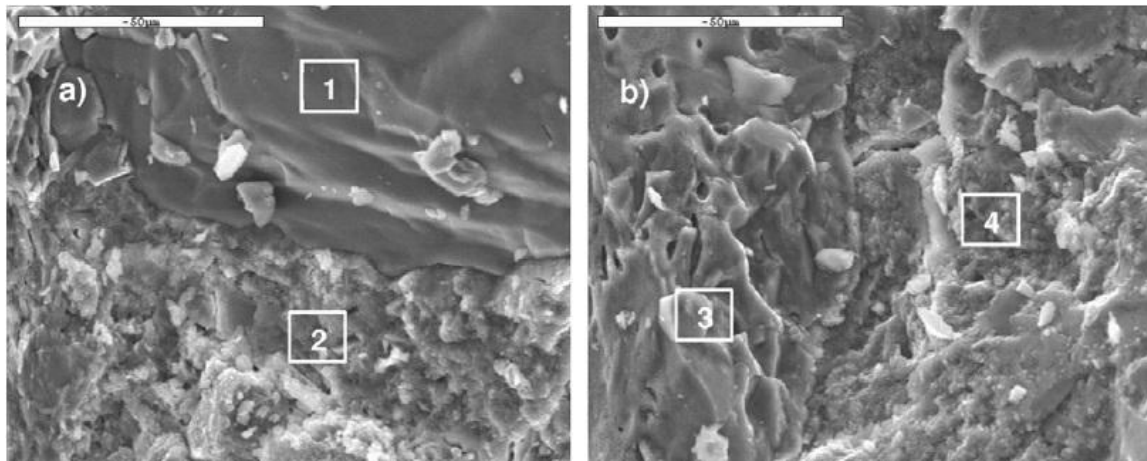
Lors du refroidissement du béton, les réactions chimiques continues leurs évolution est conduisent à un gain de résistance. L'eau peut être absorbée et réagit à l'interface entre les particules de granulats et la pâte de ciment. Cela conduit au gonflement et à la désintégration du béton.

Quelques jours après le chauffage du béton avec des granulats de sable et de gravier les éprouvettes ont perdu leur cohésion. Dans le même temps, le béton avec des granulats de granite s'est fissuré et sa résistance a diminué.

Trente jours après le chauffage, le béton à granulats céramiques sanitaires était cohérent et sa résistance à la compression augmentait. Il n'y a pas eu d'absorption d'eau ni de gonflement pendant le refroidissement. Cela peut s'expliquer par le processus de frittage à haute température dans le cycle de production des céramiques sanitaires.

La résistance à la compression, est l'une des caractéristiques importantes que les bétons doivent satisfaire, Medina et al. [29], ont étudié la zone de transition afin de mieux comprendre les résistances des bétons à céramique recyclé. La forme et les bords des granulats de déchets céramiques étaient très irréguliers par rapport aux granulats naturels. Ils ont constatés que la zone de transition entre le granulats recyclés et la pâte était plus étroite, plus compacte, moins poreuse et moins marquée que celle entre le gravier et la pâte (fig.12).

Néanmoins, il faut préciser que dans cette étude la forme des graviers était plutôt ronde, à notre avis c'est fait exprès pour mettre en valeur la forme et la rugosité des granulats.



**Fig.III.12. Micrographie par (MEB) de la zone de transition ;
a) 1.Gravier 2.pâte ;
b) 3.Céramique recyclé 4.pâte [29]**

L'amélioration des formes et bords des granulats améliore l'adhérence et la cohésivité avec la pâte. La résistance du béton augmente clairement avec le granulats tranchants et concassés avec une surface rugueuse. Dans la figure 12, on constate que la zone est bien visible entre le granulats et la pâte, au contraire on ne remarque plus cette zone entre les granulats en céramique et la pâte de ciment.

Lorsque Pitarch et al. [30], ont fixé comme objectif la production d'un béton avec une résistance moyenne cible de 30 MPA et une ouvrabilité moyenne de 50 ± 10 mm, ils ont trouvé que la densité diminue avec l'augmentation des teneurs en déchets céramiques, elle passait de $2510 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$ pour le béton témoin à $2440 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$ pour les bétons modifiés. Cette diminution est attribuée à la densité plus faible des particules céramiques. Comme la substitution des granulats naturels se faisait en poids, cela impliquait un plus grand volume de granulats recyclés et donc de béton préparé, pour une substitution de poids donnée.

Les bétons modifiés présentaient des propriétés mécaniques similaires aux témoins et ont été légèrement diminués avec l'augmentation de la teneur en déchets. La résistance à la compression est réduite de 10% seulement (Fig.13) . Cette perte de résistance a été attribuée au coefficient d'aplatissement élevé, la forme angulaire, la surface lisse et à l'absorption d'eau. Les deux premiers paramètres rendent l'affaissement difficile, les deux derniers réduisent l'adhérence et la cohésivité entre la pâte et les granulats.

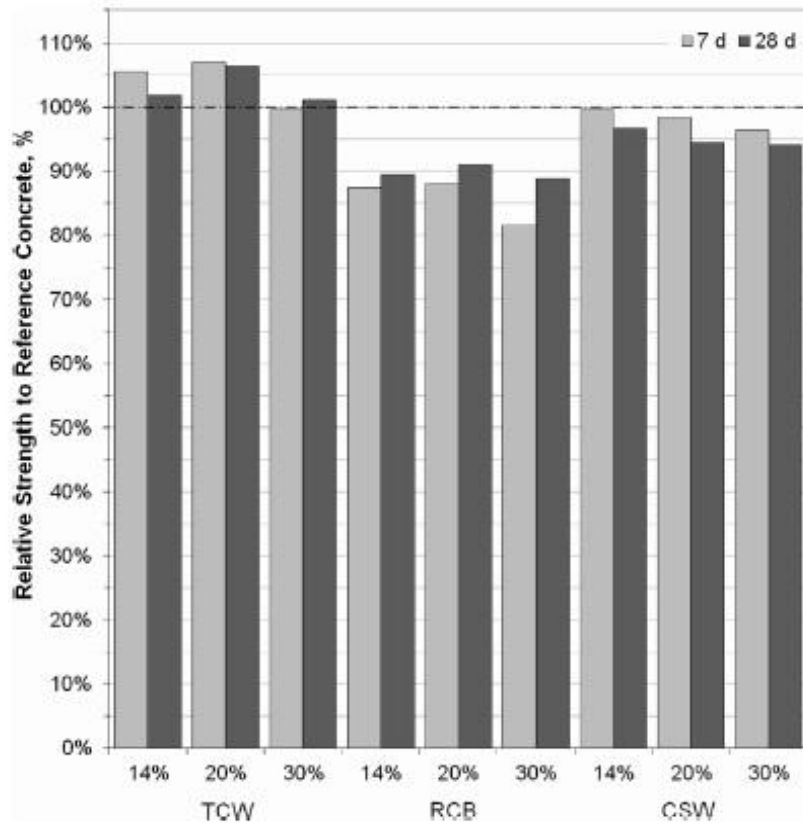


Fig.III.13. Résistance à la compression relative du béton à céramique sanitaire (CSW) par rapport au béton témoin [30]

La même observation est constaté par Sudarsana Rao et al. [31]. L'absorption d'eau des déchets céramiques était de 0.18% et celle des granulats naturels est 0.10%. Elle est plus élevée dans les granulats céramiques en raison de la surface, de la structure des pores et de la teneur en argile ainsi que le déglacage partiel de la surface des déchets céramiques. Une plus grande quantité d'eau est absorbée par le déchets. Cela provoque une mauvaise ouvrabilité donc une mauvaise adhérence dans la zone de transition ce qui conduit à la diminution de la résistance à la compression.

Mais avec tous c'est paramètres affaiblit, la résistance à la compression n'est pas très affectée. A 100% de remplacement elle diminue de 13% seulement, de 37 [MPa] à 32[MPa] (tab.1)

Tableau III. 1. Certains propriétés des bétons de l'étude de Sudarsana Rao et al. [31].

N°	Remplacement [%]	Densité des bétons [Kg]	R _c à 7 jours [MPa]	R _c à 28 jours [MPa]	Affaissement [mm]
1	0	2436	29.33	37.03	120
2	20	2416	27.41	36.60	110
3	40	2397	24.30	34.96	110
4	60	2393	23.41	34.67	100
5	80	2337	22.81	34.33	100
6	100	2328	21.33	32.15	90

La porosité des matériaux céramiques, joue un rôle primordial dans le comportement des bétons à déchets céramiques comme granulats. Medina et al. [32], ont démontrés que la porosité dans les bétons augmentait avec le pourcentage de substitution. D'une porosité total de 0.23% d'une granulats naturel, elle augmente à 0.32%. Cette augmentation, à raffiner de plus en plus les pores des bétons à 20 et 25% de substitution.

La figure 14 tirée du même travail montre que le béton de référence avait une proportion plus élevée de pores de plus de 0,05 μm de diamètre (macropores), tandis que les bétons de granulats recyclés avaient un plus grand volume de pores inférieurs à cette taille (pores capillaires).

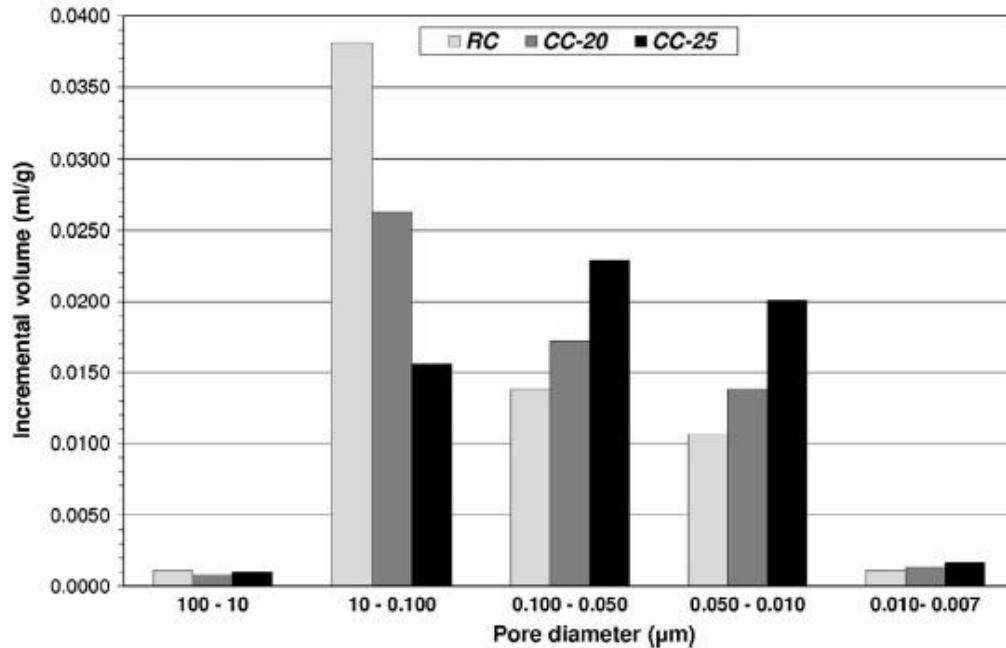


Fig.III.14. Distribution de la taille des pores à 28 jours de durcissement [32]

Dans la même étude, Medina et al. [32] montre que la porosité effective des bétons, augmente de façon linéaire avec la porosité totale (Fig. 15). La valeur pour le béton à 25 de substitution était 15% plus élevée que le béton témoin.

Les valeurs de porosité effective obtenues étaient de 38%, 41% et 42% de la porosité totale (béton témoin, béton à 20% de déchets et béton à 25% de déchets, respectivement).

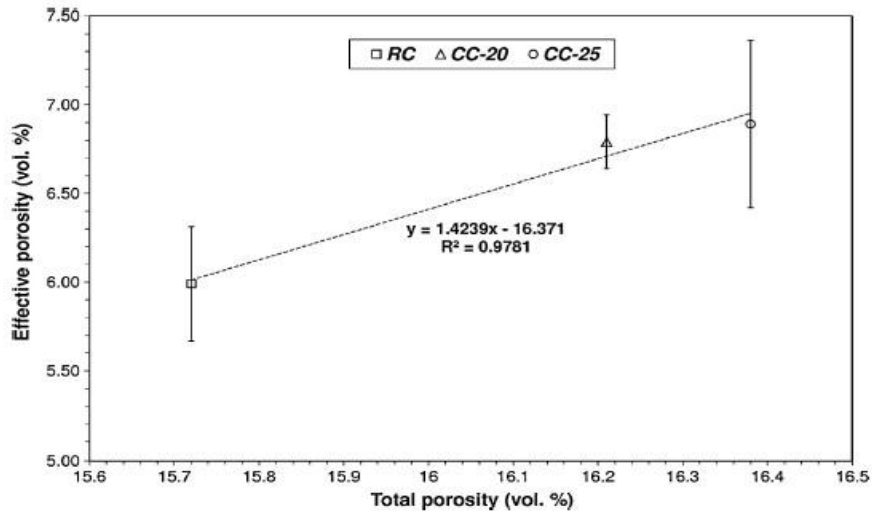


Fig.III.15. Relation entre la porosité effectif et totale des différents bétons [32]

Dans ces travaux de 2016, Medina et al. [33], ont étudiés l’effet de l’introduction des granulats céramiques sur les paramètres clés du système de pores à 28 jours des bétons.

Le tableau (tab.2) montre les altérations induites dans la distribution de la taille des pores. Le béton recyclé avait une plus petite proportion de macropores et un pourcentage plus élevé de pores capillaires de taille moyenne et petite que le béton de référence, comme indiqué par le diamètre moyen des pores plus petit dans les matériaux recyclés.

Tableau III. 2. Porosité des bétons à 28 jours [33].

Bétons	Porosité totale [%]	Volume des pores par taille et type			Diamètre moyen des pores [μm]
		Macropores ($\text{Ø} \geq 0.05 \mu\text{m}$)	Capillarité moyenne ($0.05 < \text{Ø} \leq 0.01 \mu\text{m}$)	Capillarité petite ($0.01 < \text{Ø} \leq 0.002 \mu\text{m}$)	
Témoin	15.72±0.32	12.54±0.16	2.86±0.09	0.32±0.01	0.067±0.0031
A 20% déchets	16.21±0.48	11.88±0.23	3.98±0.10	0.36±0.01	0.056±0.0016
A 25% déchets	16.38±0.59	10.88±0.36	5.02±0.08	0.47±0.01	0.045±0.0030

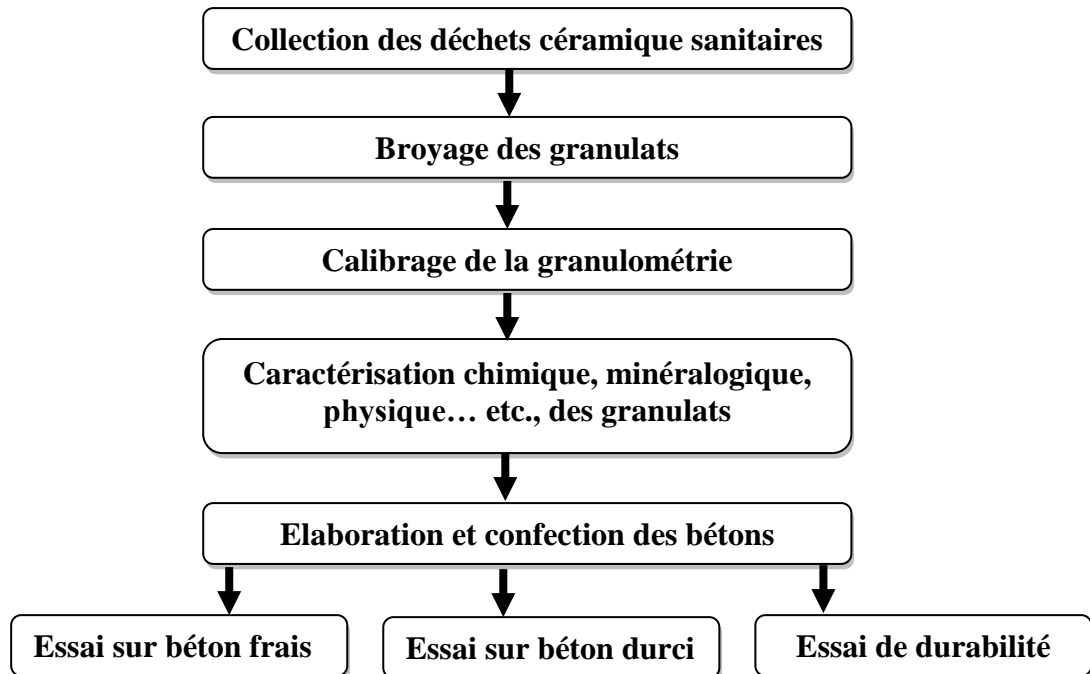
Mais dans ces études Medina et al. [25-29-32-33] comparent toujours des granulats naturels presque arrondies à des granulats de déchets céramiques de forme irréguliers (fig.16). Cette comparaison favorise les granulats de déchets céramiques car, la zone de transition et plus conséquente dans les déchets plus que dans les granulats naturels.



Fig.III.16. a) gravier naturel ; b) gravier céramique.

III.3.CONCLUSION

La revue de la littérature montre qu'il y a un manque d'informations concernant l'influence de l'incorporation de granulats céramiques recyclés sur le comportement mécanique du béton. Néanmoins les grandes lignes de l'utilisation des granulats céramiques recyclés sont illustrer dans le schéma suivant.



CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale

L'industrie de la construction fait face à un problème sérieux qui est l'élimination des déchets. Divers types de déchets se développent pour différentes causes en raison de leur nature et de leur utilité. L'élimination de ces déchets est quelques fois très compliqué, car ils ne peuvent pas être décomposés.

Certains des déchets sont les cendres volantes, le plastique, la poussière de pierre et les déchets de céramique...etc. Chacun de ces déchets à ses propres propriétés spécifiques (dangereuses, contagieuses, polluantes... etc.), qu'il faut traiter séparément.

Grâce à des recherches et des essais continus, les déchets peuvent être utilisés efficacement et acceptés dans le monde entier. Partout dans le monde, il y a une prise de conscience croissante des dommages importants causés à l'environnement en raison de l'accumulation de déchets provenant des usines industrielles et des sites de démolition. Des efforts mondiaux sont déployés pour utiliser les déchets à des fins de construction.

En raison de la déportation et le renouvellement de granulats naturels, le recyclage et la réutilisation doivent être adoptés. Le recyclage consiste à traiter le même matériau et à le réutiliser dans la production du même matériau.

La nouvelle politique de réutilisation et de recyclage des déchets dans les secteurs de la construction et de l'industrie est d'utiliser des granulats recyclés dans la production de béton. Le principal but est de réduire l'utilisation des ressources naturelles et l'impact environnemental causé par l'enfouissement.

Depuis la dernière décennie, l'industrie de la construction a mené des recherches sur l'utilisation efficace des déchets dans la production du béton. L'utilisation de produits dans le béton le rend non seulement économique, mais résout également quelques problèmes tels que l'enfouissement et le coût d'élimination. Le squelette granulaire est remplacé par des déchets tels que la farine de roche concassée qui peut être utilisée pour remplacer le sable naturel dans la composition du béton.

Sur la base des recherches précédentes, les produits céramiques sont durs, durables, inertes et suffisamment résistants à l'abrasion. Par conséquent, les déchets de céramique broyés peuvent être utilisés pour produire un nouveau type de béton léger sans affecter sa résistance. D'après notre recherche on a constaté :

*L'idée de recyclage, réutilisation, valorisation...etc, doit prendre de plus en plus d'ampleur dans notre pays. Le potentiel d'incorporer des déchets surtout dans le domaine de génie civil est une solution envisageable.

*La multiplication des lois, législations, normes... etc, afin d'encadrer les intervenants dans ce domaine.

*La valorisation et l'utilisation des déchets de types céramiques sanitaires comme granulats grossiers dans le béton, est une manière intelligente, mais surtout durable pour éliminer et englober ce genre de déchets.

*Le pourcentage de substitution des granulats naturels par les déchets de céramiques sanitaires, peut varier de 1 à 100%, selon le type des granulats substitués et la forme des granulats de substitutions.

*L'affaissement des bétons modifiés par la céramique sanitaire est moins intense que dans le béton à granulats naturels normal, en raison du taux d'absorption d'eau élevé dans les granulats céramiques.

*La densité des bétons modifiés diminue par rapport au béton normal, car les granulats céramiques sont plus légers que les granulats naturels.

*Avec un rapport E/C équivalent entre le béton témoin et modifiés, il y a un risque de provoquer une mauvaise adhérence dans la zone de transition entre pâte et granulats.

*Une grande quantité d'eau risque d'abaisser la résistance à la compression, car la zone de transition est affectée.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES

- [1] https://www.univ-setif.dz/facultes/ft/externe/departements/gc/cours/Cha-Produits_ceramiques.pdf télécharger le 9 /05 /2020.
- [2] https://www.univ-setif.dz/facultes/ft/externe/departements/gc/cours/Cha-Produits_ceramiques.pdf télécharger le 9 / 05 /2020
- [3] <https://www.detours-en-limousin.com/Kaolin-entre-geologie-et-histoire.Consulter> le13/ 05 /2020
- [4] <https://www.aquaportail.com/definition-5249-illite.html>. Consulter le 13 /05 /2020
- [5] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Montmorillonite>. Consulter le 13 / 05 /2020
- [6] <https://www.investiraucameroun.com/mines/2306-7575-un-gisement-de-feldspath-decouvert-au-pied-du-mont-tinguelin-dans-la-region-du-nord-cameroun>. Consulter le 13 / 05 /2020
- [7] C.JAVEY « PRINCIPALES MATIERES PREMIERES UTILISEES DANS L'INDUSTRIE CERAMIQUE ». - Orléans , décembre 1970.
- [8] <http://www.ilocis.org/fr/documents/ilo084.htm>. Consulter le 14 / 05 /2020
- [9] <https://www.elwatan.com/regions/est/actu-est/usine-de-ceramique-de-guelma-apres-une-decennie-de-disette-la-situation-se-stabilise>. Consulter le 14 /05 /2020
- [10] <https://www.tecniba.be/shop/587-wc-421> . Consulter le 14 / 05 /2020
- [11] (sans nom) Fabrication des céramiques. - Aout 2007.
- [12] SASSI YACINE « FABRICATION DES PRODUITS CERAMIQUES ». - MARS-AVRIL 2007.
- [13] ZAHIR CHELABI HAMZA ET TALEB Amélioration des propriétés mécaniques du plâtre de construction. – BOUIRA, Thèse magister 2017.
- [14] ABDEREZZAK BARKAT « valorisation des déchets de brique dans la réalisation des ouvrages en béton ». Thèse magister, OUARGLA. 2006.
- [15] <https://www.ecodrop.net/dechets-inertes-batiment-chantier-valorisation-recyclage>. Consulter le 19/ 06 /2020
- [16] <http://www.groupe-rds.fr/solution/dechets-industriels-banals-dib>. Consulter le 19 / 06 /2020
- [17] [https://www.google.com/search;Déchets dangereux](https://www.google.com/search;D%C3%A9chets+dangereux). Consulter le 19 / 06 /2020

- [18] SABRINA SAADANI COMPORTEMENT DES BETONS A BASE DE GRANULATS RECYCLES. Thèse magister. - CONSTANTINE (2007).
- [19] <https://www.servipac-salazie.com/recyclage-dechets> Consulter le 19 / 06 / 2020.
- [20] STATISTIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT [Ouvrage]. - ALGER : OFFICE NATIONALE DES STATISTIQUES, FEVRIER 2015.
- [21] RM. Senthamarai , P. Devadas Manoharan(Béton avec granulats céramiques) 27(2005) 910-913.
- [22] A.V. Alves, T.F. Vieira, J. de Brito, J.R. Correia (Mechanical properties of structural concrete with fine recycled ceramic aggregates).64(2014) 103-113.
- [23] D.H de Almeida, R. H. Freitas Grillo, S.C. Maestrelli, C. Del Rover, « Properties of concrete manufactured with use of ceramic sanitary warewaste as aggregate », revista Matéria, v.24, n.2, 2019.
- [24] Faisal Sheikh Khalid, Nurul Bazilah Azmi, Khairul Azwa Syafiq Mohd Sumandi, and Puteri Natasya Mazenan(Mechanical Properties of Concrete Containing Recycled Concrete Aggregate (RCA) and Ceramic Waste as Coarse Aggregate Replacement).1891,020079(2017).
- [25] C. Medina, A. Juan, M. Frías, M. I. Sánchez de Rojas, J. M. Morán, M. I. Guerra (Characterization of concrete made with recycled aggregate from ceramic sanitary ware).61,304(2011) 533-546.
- [26] Julia García-González, Desirée Rodríguez-Robles, Andrés Juan-Valdés, Julia M Morán-del Pozo and M. Ignacio Guerra-Romero(Ceramic ware waste as coarse aggregate for structural concrete production).(2015) 37-41.
- [27] Guerra, I. Vivar, B. Llamas, A. Juan, J. Moran(Les effets de l'utilisation de matériaux céramiques recyclés).29.(2019) 643-646.
- [28] Anna Halicka, Pawel Ogrodnik, Bartosz Zegardlo « Using ceramic sanitary ware waste as concrete aggregate », Construction and Building Materials 48 (2013) 295–305.
- [29] C. Medina ,M.I. Sánchez de Rojas, M. Frías (Reuse of sanitary ceramic wastes as coarse aggregate in eco-efficient concretes.34 (2012) 48-54.
- [30] A. M. Pitarch· L. Reig · A. E. Tomás· F. J. López (Effect of Tiles, Bricks and Ceramic Sanitary-Ware Recycled Aggregates on Structural Concrete Properties) (2017).
- [31] Sudarsana Rao hunchate, Giridhar Valikala, Vaishali. G. Ghorpade «Influence de l'absorption d'eau de l'agrégat céramique sur les propriétés de résistance du béton d'agrégat céramique» v2,i11 (2013).
- [32] C. Medina, M.I. Sánchez de Rojas, M. Frías. « Properties of recycled ceramic aggregate concretes: Water resistance », Cement & Concrete Composites 40 (2013) 21–29.

[33] C. Medina, M.I. Sánchez de Rojas, C. Thomas, J.A. Polanco, M. Frías. « Durability of recycled concrete made with recycled ceramic sanitary ware aggregate. Inter-indicator relationships », *Construction and Building Materials* 105 (2016) 480–486