

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie civil et d'Hydraulique  
Référence : ...../2022



جامعة محمد خيضر بسكرة  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
قسم الهندسة المدنية و الري  
المرجع ...../2022

## Mémoire de Master

Filière : Génie civil

Spécialité : Matériaux en Génie Civil

Thème

*Recyclage des déchets de construction et de démolition pour  
la production du béton préfabriqué*

Nom et Prénom de l'étudiant :

*Bouaicha Nour el islame*

Encadreur : *Dr.Ben Ammar Ben khada*

Promotion: Juin 2022

---

---

## **Remerciement**

Je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et  
la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et  
l'encadrement de Dr. Ben Ammar J e le remercie pour la qualité de son encadrement  
exceptionnel, pour sa patience, ses meilleurs conseils et sa rigueur durant mon préparation de  
ce mémoire.

Je remercie par la même occasion le nombre des jurys de m'avoir fait honneur en acceptant  
de juger mon travail. Mes profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui  
m'ont aidés et soutenus pour finir ce travail

## **Dédicace**

- A tous mes professeurs et élèves qui m'ont aidé sans oublier mon père et ma mère qui  
ont fait l'impossible pour ma réussite et toute la famille

## الملخص:

إعادة تدوير الخرسانة المهدامة تعتبر الحل الأمثل لعلاج تلوث البيئة و لتلبية الاستهلاك المتزايد للمواد الطبيعية لذلك نسعى من خلال هذا العمل إلى إمكانية استخدام مخلفات الخرسانة المهدامة كركام معاد تدويره حيث قمنا بتحليل خصائص الركام المعاد تدويره ( مخلفات الهدم ) لاستعماله في الخرسانة ونضيفه بنسب مختلفة في الخرسانة مسبقة الصنع ونقارن النتائج المتحصل عليها.

وأیضا تطرقنا إلى المعالجة الحرارية للخرسانة مسبقة الصنع وبينت النتائج الأثر الايجابي

للتبخير بالطاقة الشمسية في زيادة سرعة تصلب الخرسانة ووصولها لأعلى مقاومة في ظرف أربعة أيام.

## Resume :

Le recyclage du béton démolé est la meilleure solution pour traiter la pollution de l'environnement et pour répondre à la consommation croissante de matériaux naturels, nous recherchons donc à travers ce travail la possibilité d'utiliser les déchets de béton démolé comme granulats recyclés, car nous avons analysé les caractéristiques des granulats recyclés (déchets de démolition) pour une utilisation dans le béton.

Nous l'ajoutons dans différentes proportions au béton préfabriqué et comparons les résultats obtenus

Nous avons également discuté du traitement thermique du béton préfabriqué, et les résultats ont montré l'effet positif

L'évaporation solaire augmente la vitesse de durcissement du béton et atteint la résistance la plus élevée en quatre jours

---

---

## **Abstract :**

Recycling of demolished concrete is the best solution to treat environmental pollution and to meet the increasing consumption of natural materials, so we seek, through this work, to the possibility of using demolished concrete waste as recycled aggregate. prefabricated and compare the results obtained.

We also discussed the heat treatment of precast concrete, and the results showed the positive effect

Solar evaporation increases the speed of concrete hardening and reaches the highest resistance within four days.

## Sommaire

Introduction générale.....	..01
Problématique.....	..02
Objectif... ..	..02
Plan de travail .....	..02
<b>CHAPITRE I..... Etude bibliographique .....</b>	
<b>I-01-Le Béton .....</b>	
I -01.01-introduction .....	..04
I -01.02-Composition du béton .....	..05
I -01.03-Les différents types de béton.....	..05
Béton préfabriqué .....	..08..
I -02-les granulats .....	..09.
I -02.01-Classification des granulats.....	..09..
I -02.02-Les différents types de granulats.....	10
I -02.02-a) LES GRANULATS NATURELS.....	10
I -02.02- b) Les Granulats Alluvionnaire.....	10
I -02.02- c) Les Granulats de Carrière.....	10
I -02.02- d) LES GRANULATS ARTIFICIEL.....	11
I -02.02- e) LES GRANULATS Recyclés:.....	11
I -02.02- f) Les gros granulats (graviers et pierres concassée.....	13
I -02.03- Les granulats fins (sable) .....	13
I -02.03.01-Définition de sable.....	13
I -02.03.02-Originé des sables.....	13

a) Sable de rivière.....	13
b) Sable de mer.....	13
c) Sable de carrière.....	14
d) Sable artificiel.....	14
e) Sable de dune.....	14
f) Sable recyclé.....	14
I -03- le ciment.....	14
I -03.01-Définition.....	14
I -03.02-Catégories et types de ciment.....	15
I -04- Les déchets.....	17
I -04.01-Définition .....	17
. I -04.02-classifications.....	17
- I -04.03-les avantage de recyclage.....	20
I -05-Les adjuvants.....	21
I -05.01--Les super plastifiants .....	22
I -06-Les ajouts.....	23
I -07-Traitement thermique de béton.....	24
<b>CHAPITRE II: Matériaux et Matériels et Essais.....</b>	
II.01- Introduction.....	28
II.02-Matériaux utilisée :.....	28
II.02.01-ciment.....	28

II.02.02- eau de gâchage.....	29
II.02.03- granulats.....	29
II.02.04- les déchets de démolition.....	30
II.03-Les essais effectués sur les matériaux :.....	32
II.03.01- Caractéristiques du gravier.....	32
a) Analyse granulométrique.....	32
a)01- But de l'essai.....	32
a)02- Matériels nécessaires.....	33
a)03- Principe.....	33
a)04- Module de finesse.....	34
b)-Équivalent de sable.....	34
c)-La masse volumique apparente.....	35
d)-La masse volumique absolue.....	36
II.04-Les essais effectués sur le béton frais :.....	38
II.04.01- L'essai de cône d'Abrams.....	38
a)-Matériel utilisé.....	38
b)-Mode opératoire.....	38
II.05-Les essais effectués sur le béton durci.....	39
II.05.01- Essai de compression.....	39
a)Principe de l'essai.....	39
II.05.02- Essai de flexion et traction.....	40

II.05.03-Essai de absorption .....	41
II.06-Formulation du béton.....	42
II.06.01-Méthode de scramtiv.....	42
II .06.02-Variation de chaleur.....	
<b>Chapitre III :.....Les Résultat.....</b>	<b>50</b>
III .01-Analyse granulométrique.....	51
III.04- Résultat de croassement – compression / traction par flexion.....	54
III.05-Résultat de ultra son.....	57
III.06- Absorption de béton.....	59
Conclusion général.....	61

#### **LISTE DE TABLEAUX :**

<b>CHAPITRE I..... Etude bibliographique.....</b>	
Tableau 01 ..... classes granulaires principale.....	09
Tableau 02 ..... les types de ciments.....	16
Tableaux03 .....dosage de l'adjuvant .....	22
<b>CHAPITRE II: Matériaux et Matériels et Essais.....</b>	
Tableau 01 La masse volumique du ciment II .....	28
Tableau 02..... Composition chimique de clinker.....	28
Tableaux 03- .....composition minéralogique clinker.....	29
Tableaux 04- la mase volumique de granulat.....	29
Tableaux05- la mase volumique de granulat recycle.....	30
Tableaux 06- la mase volumique .....	37

---

---

Tableaux 07-la mase volumique de granulat recycle.....	37
Tableaux-08-les classées d affaissement au cône d abrams.....	39
Tableaux 09- absorption du granulat recycle.....	42
Tableaux 10- coefficient de qualité des granulat.....	43.
Tableaux 11-formulation de volume 1m <sup>3</sup> .....	44
Tableaux 12–formulation de 0% recycle.....	46
Tableaux 13–formulation de 10% recycle.....	46
Tableaux 14–formulation de 20% recycle.....	46
Tableaux 15–formulation de 30% recycle.....	47
Tableaux 16-variation de chaleur .....	47
<b>CHAPITRE III Les Résultat.....</b>	
Tableau 01-classement de sable .....	54
Tableau 02 -. les résultat de compression et traction et flexion de 0 %.....	54
Tableau 03 -. les résultat de compression et traction et flexion de 10 %.....	55
Tableau 04 -. les résultat de compression et traction et flexion de 20 %.....	55
Tableau 05 -. les résultat de compression et traction et flexion de 30 %.....	56
Tableaux 06- classification du béton après la vitesse de son.....	57
Tableaux 07-08-09-10- résulta de l appareil ultra son.....	57
Tableaux 11- essai de l absorption.....	59

**LISTE DE FIGURE :**

Figure 01 .....déchet de démolition.....	02
<b>CHAPITRE 01 ; Etude bibliographique.....</b>	
-figure 01-- le béton.....	04
Figure 02 .....constituant du béton.....	05
Figure03 .....béton préfabriqué.....	08.
Figure 04...déférents types de granulat.....	10
Figure 05 : Formes des granulats recyclés.....	11
Figure 06 super plastifiant.....	22
Figure 07- mode d'action des super plastifiants.....	23
Figure 08 boîte de traitement thermique.....	25
Figure09- Résistance d'un béton traité à la vapeur à différentes températures.....	25
Figure 10- boîte de traitement thermique.....	26
<b>CHAPITRE II: Matériaux et Matériels et Essais</b>	
Figure01- déchet de démolition.....	31
Figure 02 concassage manuelle.....	31
Figure 03-déférentes fraction granulaire récupérées.....	31
Figure 04-.la machine de tamises.....	33
Figure 05-essai de équivalent de sable.....	34
Figure 06-essai d affaissement con dabrams.....	38
Figure 07-appareil d écrasement.....	39

Figure08-essai de flexion.....	40
<b>CHAPITRE 03 : LES RESULTAT.....</b>	
Figure 01- analyse granulométrique g 8/16.....	50
Figure 02- analyse granulométrique de g 8-16 recycle.....	50
Figure 03-analyse granulométrique g 3/8.....	51
Figure 04 –analyse granulométrique de g recycle 3-8.....	51
Figure 05-analyse granulométrique de sable.....	52
Figure 06-analyse granulométrique de sable recycle.....	52
Figure 07-analyse granulométrique de g 16-25.....	53
Figure 08-analyse granulométrique de g 16-25.....	53
Figure 09- la résistance de compression.....	56
Figure10-appareil de ultra son.....	57
Figure 11-Absorbation de béton.....	60

## Introduction générale

Le recyclage du béton démolé aujourd'hui est très important pour préserver l'environnement. Et trouver une solution alternative à la consommation croissante de matières naturelles. Pour ajouter de la richesse et des revenus à l'économie nationale. Par conséquent, les projets de recyclage et de valorisation des déchets doivent être encouragés.

L'objectif de ce travail est de connaître la possibilité d'utiliser les déchets de démolition comme additif dans le béton et de remplacer les granulats naturels par des granulats de démolition dans différentes proportions, et d'étudier les propriétés physiques et mécaniques du béton.

- Dans le premier chapitre, nous avons parlé du béton et de ses types et composants de ciment, de gravier, de sable et d'additifs. Nous avons mentionné les différents types et nous avons parlé de la pile de déchets de démolition et de la classification des déchets de démolition et de ses types. et le deuxième chapitre, nous avons parlé des expériences que nous avons réalisées, des matériaux utilisés et des équipements utilisés.

- Dans le troisième chapitre, nous avons montré les différentes expériences et observations que nous avons observées et les bons résultats que nous avons obtenus après traitement thermique.

## Problématique:

À l'heure actuelle, il y a beaucoup de déchets et de résidus de béton démoli, nous devons donc trouver des solutions pour les déchets de béton démoli afin de garder l'environnement propre.



## fuguer01 : déchet de démolition

Par conséquent, nous proposons une solution efficace qui consiste à recycler les déchets de béton démolis.

## Objectif

L'objectif de cette étude est de déterminer les propriétés des gravats recyclés issus de la démolition.

L'étude consiste en une évaluation empirique de l'effet des granulats recyclés sur les propriétés physiques et mécaniques et la durabilité du béton et une évaluation de la possibilité d'utiliser des matériaux recyclés pour fabriquer un béton de résistance acceptable.

- L'expérience du traitement thermique de béton préfabriqué et son efficacité pour accélérer le durcissement du béton et atteindre la plus haute résistance en peu de temps .

## Plan de travail ;

- Recherches bibliographique
- Préparation des matériaux : graviers de démolition, sable, ciment et super plastifiants
- Formulation des bétons
- Traitement thermique des bétons
- Essais mécaniques destructifs au laboratoire
- Durabilité des bétons testés - Résultats et interprétations - -Conclusion

# **CHAPITRE I**

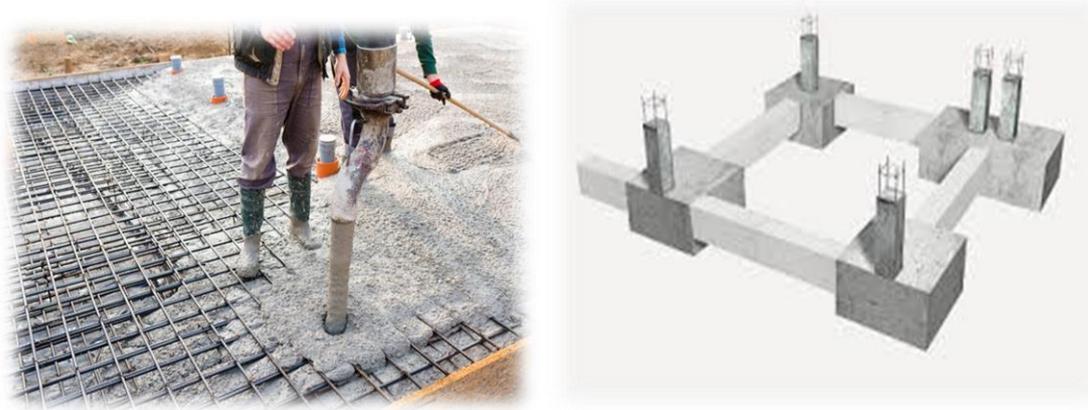
## **Etude bibliographique**

**CHAPITRE I Etude bibliographique**

## Généralités sur les bétons

**I 01-Le béton:****I .01.01-Introduction:**

Le béton est le matériau de construction par excellence depuis presque un siècle. Constituer à l'origine de seulement quatre composants (gravillons, sable, ciment et eau), leurs méthodes de formulation ont évolué d'un savoir-faire empirique vers la science des matériaux. Ces constituants (composants) sont dosés, en fonction de leurs propriétés, de manière à obtenir, après réaction physico-chimique entre eux, un produit solide dont les caractéristiques physiques et mécaniques peuvent être très supérieures à celles des roches les plus résistantes. Dans la mesure où le ciment est un liant hydraulique lui-même fabriqué avec des minéraux naturels, le béton peut être considéré comme une roche artificielle. Nous abordons dans ce travail un type de béton qui est le béton ordinaire, est un matériau de construction composite constitué d'un mélange de granulats (sable, gravillons) et d'un liant. Le liant appelé ciment, c'est un liant hydraulique.

**-figure 01-- le béton**

### I .01.03-Composition du béton:

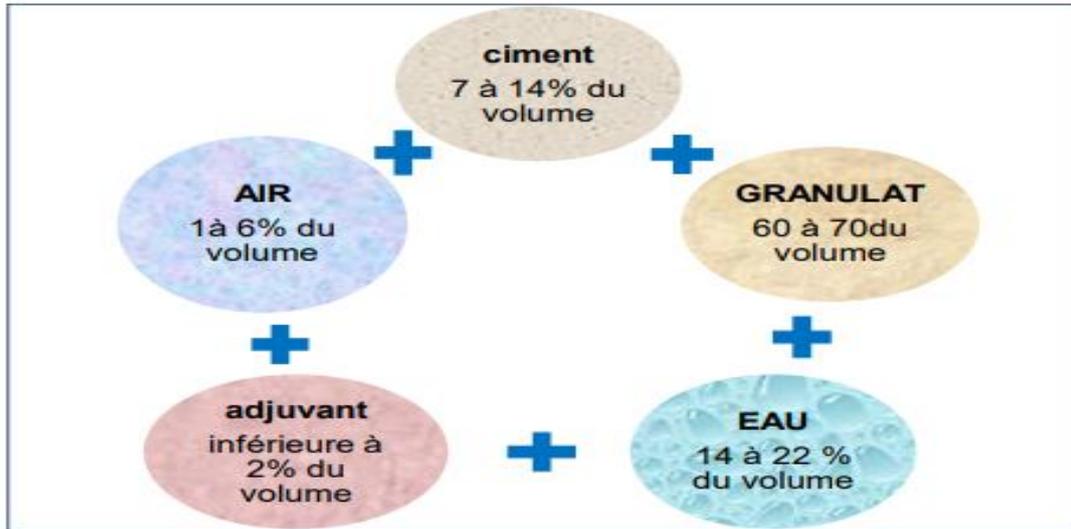


Figure 02: Constituants du béton

### I .01.04-Les différents types de béton :

#### a)-Le béton lourd

Le béton lourd dispose de granulats très lourds, ce qui permet de répondre à des besoins très précis tels que les ouvrages des centrales nucléaires. L'emploi de ce béton permet de ne laisser passer aucune trace de radiation et de répondre à des normes très strictes de sécurité. [07]

#### b)-Le béton armé

Le béton armé reprend les codes du béton pour fondation traditionnelle, mais auquel il est rajouté un nouveau matériau : l'acier. En posant des armatures de cette matière, la solidité d'une fondation en béton est renforcée. En effet, l'acier est un matériau très résistant aussi bien lorsqu'il est tracté ou compressé.

Le principal objectif de ce béton est de compenser les principales faiblesses d'un béton plus conventionnel, à savoir sa résistance globale, et les risques de fissuration sur le plus long terme. [02]

### **c)-Le béton auto plaçant**

Le béton auto plaçant est un béton extrêmement fluide, facilitant grandement son utilisation. Avec ce béton, le but est de gagner un temps considérable lors du coulage sur chantier, car la mise en œuvre se fait sans vibration, contrairement aux bétons plus conventionnels.

Pour autant, une fois le béton solidifié, sa qualité reste la même que sur un béton traditionnel.

Les coffrages béton métalliques COSMOS sont adaptées au béton auto plaçant. [07]

### **d)-Le béton fibré**

Le béton fibré a le même objectif que le béton armé : renforcer la solidité générale de la fondation réalisée. La fibre a le même principe actif que l'armature utilisée sur le béton armé : elle limite les risques de fissuration du béton et améliore sa résistance sur le long terme.

L'avantage de la fibre, c'est également sa grande facilité de mise en œuvre sur chantier, assurant un gain de temps certain lors du coulage. [02]

### **e)-Le béton prêt à l'emploi**

Les bétons prêts à l'emploi sont des bétons directement conçus par les industriels dans leurs centrales à béton. Il est ensuite transporté à l'aide d'un camion toupie et directement transféré sur les chantiers clients. Une fois sur place, le béton prêt à l'emploi est appliqué par le camion toupie, soit par la pompe à béton, soit par la goulotte. [02]

**f)-Le béton précontraint**

Le béton précontraint est un béton ayant la particularité de rester dans un état de compression optimal. Cet état de compression permet au béton d'être utilisé dans les meilleures conditions, ce qui favorise une meilleure finition.

Cet état de pression est construit à partir de câbles de précontrainte en acier, intégrés directement dans le béton comme cela est le cas avec les armatures en acier dans le béton armé. Sur un chantier, il est possible d'appliquer la précontrainte au béton avant le coulage du béton (pré-tension), ou bien après le coulage lorsque le béton durcit (post-tension).

Il est important de préciser que la précontrainte par post-tension est généralement plus efficace mais aussi plus difficile à mettre en œuvre que la précontrainte par pré-tension.

**g)-Le béton de ciment alumineux**

Le béton de ciment alumineux, se compose comme son nom l'indique de ciment alumineux. Ce type de ciment, à base d'aluminate de calcium, apporte différents avantages au béton : la prise est plus rapide, et la résistance est plus importante sur le long terme et également vis-à-vis des fortes chaleurs. [02]

**h)-Le béton haute performance**

Les bétons de haute-performance possèdent des caractéristiques beaucoup plus intéressantes que les bétons conventionnels. Ils sont à la fois plus résistants à la compression, et beaucoup plus fluides. Il s'agit également d'un béton moins poreux, protégeant ainsi plus efficacement les armatures préalablement déposées. [07]

**i)-Le béton projeté**

Il s'agit d'un béton qui porte bien son nom, car il est volontairement projeté sur une surface solide par le biais d'un projecteur d'air comprimé. Le but est de limiter l'affaissement et le coulage ultérieur du béton. En termes de composition, le béton projeté dispose de caractéristiques similaires au béton pour les fondations plus traditionnelles. [02]

**j)-Béton préfabriqué :**

La technique du béton préfabriqué ou du béton manufacturé permet d'accélérer la vitesse de construction. Elle consiste à mouler et préparer des pièces de béton en atelier ou à proximité du chantier et à les acheminer ensuite sur le chantier.

Les bétons préfabriqués peuvent être standards ou sur-mesure. Conception et fabrication peuvent concerner des éléments d'un futur bâtiment ou le bâtiment dans son ensemble. On trouve ainsi des dalles, des parpaings, des blocs de coffrages et des escaliers ou balustrades en béton préfabriqué. Cette technique consiste ensuite à assembler sur le chantier les éléments préconstruits. Le béton préfabriqué peut donner lieu à de multiples variations. Matériau de construction composite, ses qualités techniques diffèrent selon les dosages. Il est aussi un matériau d'expression architecturale, car on peut jouer sur son relief, sa teinte, son état de surface et sa texture.



Fuguer 03 : béton préfabriqué

**I -02-les granulats :**

Les granulats est un fragment de roche destiné à la fabrication d’ouvrage de travaux publics, de génie civil et de bâtiment. Leur nature et leur forme dépendent de leur provenance et des techniques de production. Le granulat est constitué d’un ensemble de grains minéraux qui selon sa dimensions (comprise entre 0 et 125). Se situe dans l’une des 7 familles suivantes : – fillers – sablons – sables – graves – gravillons – ballast – enrochements

**I .02.01-Classification des granulats :**

Le granulat est désigné par le couple d/D avec :

d: dimension inférieure du granulat

D: dimension supérieure du granula

**Tableau I.11 : Classes granulaires principales**

<b>Familles</b>	<b>Dimensions</b>	<b>Caractéristique</b>
<b>Filler</b>	0/D	D < 2 mm avec au moins 70 % de passant à 0.063 mm
<b>Sablons</b>	0/D	D ≤ 1 mm avec moins de 70 % de passant à 0.063 mm
<b>Sables</b>	0/D	1 < D ≤ 6.3 mm
<b>Graves</b>	0/D	D > 6.3 mm
<b>Graillions</b>	d/D	D ≥ 1 et D ≤ 125 mm
<b>Blasts</b>	d/D	d ≥ 25 mm et D ≤ 50 mm

**I -02.02-Les différents types de granulats :**

Les granulats utilisés pour le béton sont d'origine naturelle, artificielle ou recyclée :

- «Naturels», lorsqu’ils sont issus de roches meubles ou massives et qu’ils subissent aucun traitement autre que mécanique (réduction de dimensions) ;
- «Artificiels», lorsqu’ils proviennent de la transformation à la fois thermique et mécanique de roches ou de minerais ;
- «Recyclés», lorsqu’ils proviennent de la démolition d’ouvrages ou lorsqu’ils sont réutilisés [09]



Figure 04- différents types de granulats

#### **I-02.02-a) LES GRANULATS NATURELS :**

Les granulats naturels, proviennent de deux sources : les carrières de roches massives et les gisements alluvionnaires. Géologiquement, les granulats naturels proviennent de trois natures de roches :

- éruptives : granites, basaltes porphyres,
- sédimentaires : calcaires, grès, quartzites,
- métamorphiques : gneiss, amphibolites.

Les compositions minéralogiques font apparaître trois familles : les roches calcaires, les roches siliceuses et les silico-calcaires [09]

#### **I-02.02-b) Les Granulats Alluvionnaires:**

Dits roulés, dont la forme a été acquise par érosion. Se sont surtout des dépôts alluvionnaires trouvés dans un lit de rivière (et en mer éventuellement) .Ces granulats sont lavés pour éliminer les particules argileuses, et criblés pour obtenir différentes classes de granulats [01].

#### **I-02.02-c) Les Granulats de Carrières:**

Les granulats sont obtenus par abatage et concassage, suivi des opérations de criblage ou tamisage pour sélectionner des grains à une dimension précise. Les granulats concassés présentent des caractéristiques qui dépendent d'un grand nombre de paramètres : origine de la roche, régularité du banc, degré de concassage... [09].

Ce type de granulats prouve une très bonne liaison avec la pâte de ciment à cause de leur texture de surface et leur rugosité. D'autre part ils nécessitent plus d'eau pour une maniabilité donnée et ceci est due à leurs angularités et donc à leurs surfaces spécifiques étendues

**I-02.02-d) LES GRANULATS ARTIFICIELS:**

Dans cette catégorie se rangent des granulats provenant de la transformation thermique de roches, de minerais et de sous produits industriels transformés.

**I-02.02- e) LES GRANULATS Recyclés:**

Le granulat recyclé est le granulat résultant de la transformation de matériaux inorganiques antérieurement utilisés en construction.

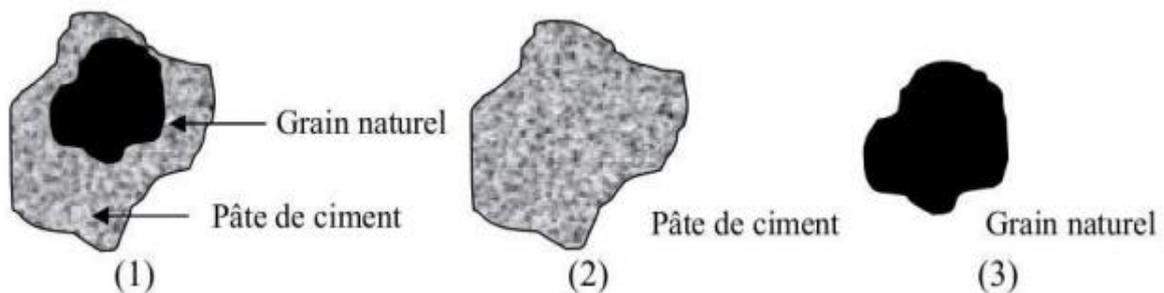
Dans cette catégorie se rangent des granulats, comme le béton concassé, le fraisât d'enrobés bitumineux

Composition et propriétés physiques des granulats recycles de béton :

Les granulats recyclés de béton différent des granulats naturels par leur composition. En effet, le granulat recyclé de béton est un matériau composite, dont les deux constituants sont :

- Des granulats naturels concassés partiellement.
- De la pate de ciment hydraté concassée enrobant les granulats naturels [09]

Figure 05 : Formes des granulats recyclés.



Les éléments constitutifs de ces granulats recyclés sont présents en proportion différente. Les propriétés de la pâte de ciment sont à l'origine des éventuelles mauvaises propriétés des granulats recyclés constatées. En effet, les propriétés physiques des granulats recyclés dépendent de la quantité et la qualité de pâte de ciment présente sur les granulats concassés. Des études montrent que la densité de ces granulats recyclés est plus faible ou encore que leur capacité d'absorption est plus élevée [01].

De plus, leurs propriétés mécaniques s'avèrent être moins bonnes que celles des granulats naturels.

La qualité de la pâte de ciment du béton parent est primordiale dans la définition des propriétés des granulats recyclés selon les auteurs. L'analyse d'une comparaison entre les propriétés physiques et mécaniques des granulats recyclés nous 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 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 & Gutierrez 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. [09]

D'une manière générale, les auteurs s'accordent à dire que la qualité des granulats recyclés semble être inférieure à celle des granulats naturels. Il est donc essentiel de contrôler la quantité et la qualité de la pâte de ciment présent sur les granulats d'origine afin de comprendre leur influence sur les propriétés des granulats recyclés et, par conséquent, les propriétés des bétons de granulats recyclés de béton. Il convient donc de définir les essais et analyses pertinents afin de caractériser les propriétés des granulats recyclés de béton. Cela induit également la nécessité de connaître les propriétés physiques et mécaniques du béton parent. [01]

**I.02.02-f) Les gros granulats (graviers et pierres concassées) :****f).01 -Les granulats de rivière :**

Ils proviennent de la désagrégation des roches (gravier) ils sont en général très durs et très propres, Cependant leurs grains après par le frottement n'offrent pas une très bonne adhérence au liant [10].

**f).02— Les granulats de concassage :**

Les sont obtenus en concassant des roches dures (siliceuses, calcaires ou granitiques).

Les grains sont anguleux, ils doivent être soigneusement lavés afin de les débarrasser des poussières qui les recouvrent au moment du concassage (pierres concassées) [10].

**I.02.03- Les granulats fins (sable) :****I.02.03.01 - Définition :**

On définit les sables comme étant la fraction des granulats pierreux dont les grains ont des dimensions comprises entre 80 $\mu$ m et 05 $\mu$ m ; il s'agit d'une définition globale dont les bornes varient d'une classification à une autre, ce 'est un matériau dont le diamètre maximal est inférieur à 6.3mm et dont le passant à 80 $\mu$ m n'excède pas 30% Dans le sens le plus courant, on entend par « sable » les éléments de dimension 0 à 5mm.les fines . [08]

**I.02.03.02- Origine des sables :**

Les sables rencontrés sont le résultat d'une décomposition chimique ou d'une désintégration Mécanique des rochers, suivie par un processus de transport qui est à l'origine de leurs caractéristiques physico-chimiques ; les sables ainsi disponibles sont le résultat d'un processus souvent complexe d'érosion et de sédimentation. Ils comportent, a des degrés divers une décomposition sur place, des différentes roches, suivie d'un transport fluvial et parfois éolien [08]

**a)Sable de rivière :** il est obtenu par dragage des lits des cours d'eau. Il doit être dur et propre pour qu'on puisse l'utiliser dans les bétons

**b) Sable de mer :** il provient des côtes de la mer. Pour l'utiliser dans les bétons, il faut qu'il ne soit pas trop fin et qu'il soit lavé de son sel [1]

c) **Sable de carrière** : Il contient souvent de l'argile qui enrobe les grains et les empêche d'adhérer aux liants. Il est donc à proscrire [9].

d) **Sable artificiel** : il est obtenu par concassage des roches (calcaires durs, gré ...). Il est souvent plein de filler. Pour qu'il soit utilisable dans les bétons, il faut limiter le pourcentage des fines [1].

e) **Sable de dune** : c'est une variété des sables de mer. Il est donc très fin. Les sables de dune se trouvent dans les régions sud du pays. Ils sont situés en zone présaharienne.

Les sables retenus sont ceux issus des dunes continentales. Ces dunes sont constituées des nombreux amas de sables fins accumulés dans certaines régions spécifiques du Sahara [9].

f) **Sable recyclé** : Obtenu par traitement d'une matière inorganique utilisée précédemment dans la construction, tels que des bétons de démolition de bâtiments

### I -03 - le ciment

#### I -03 .01-Définition :

**Le ciment** est un liant, une matière pulvérulente, formant avec l'eau ou avec une solution saline une pâte homogène et plastique, capable d'agglomérer, en durcissant, des substances variées appelées « agrégat » ou « granulat »<sup>11</sup>.

C'est une gangue hydraulique durcissant rapidement et atteignant en peu de jours son maximum de résistance. Après durcissement, cette pâte conserve sa résistance et sa stabilité, même sous l'eau. Son emploi le plus fréquent est sous forme de poudre, mélangée à de l'eau, pour agréger du sable fin, des graviers, pour produire du mortier, ou encore du béton.

Un ciment est dit naturel lorsqu'il résulte de la simple cuisson à température modérée (500 à 1 200 °C) d'une marne ou d'un calcaire argileux (ciment prompt, ciment romain, et les premiers ciments Portland sont des ciments naturels) . Il est dit artificiel lorsqu'il résulte de la cuisson à plus haute température (1 450 °C) d'un mélange moulu de calcaire, de marne ou d'argile<sup>12</sup> ou une autre définition : un ciment « artificiel » est un produit provenant de la cuisson de mélanges artificiels (de la main humaine) de silice, d'alumine, de carbonate de chaux, sur lesquels l'eau n'a aucune action, ou qu'une action très lente avant la trituration, et qui, réduits en poudre mécaniquement, font prise sous l'action de l'eau, dans un délai qui varie selon leur proportion.

**I -03 .02-Catégories et types de ciment :**

Les ciments incorporent les composants suivants en diverses proportions : clinker et laitier de haut fourneau, éventuellement cendres volantes siliceuses et calcaires. Suivant la proportion de chacun de ces éléments, on peut les classer de manière standardisée. La désignation des ciments est en effet normalisée. Il existe cinq grandes catégories de ciments courants reconnus par la norme européenne EN 197-1

- ciment Portland pur (CEM I) ;
- ciment Portland composé (CEM II) ;
- ciment de haut fourneau (CEM III) ;
- ciment pouzzolanique (CEM IV) ;
- ciment composé (CEM V).

Les ciments blancs à faible teneur en oxydes de fer (et donc pauvres en phase C4AF) ne constituent pas une catégorie à part entière mais entrent dans la catégorie CEM I ou CEM II.

Le nombre de types de ciments est passé à dix à partir de 1994 avec l'évolution de la norme NF EN 197-1. Aujourd'hui, on peut compter vingt-sept types de ciments courants depuis la parution de la norme européenne EN 197-1 en 2001. La classification des types se fait par le rajout d'une lettre après la catégorie :

**Les types de ciments courants et leur composition selon les normes :**

La norme NBN EN classe les ciments en 5 catégories principales (CEM I à CEM V) :

<b>Le CEM I</b>	<p>ou ciment Portland, contient au moins 95 % de clinker (K) et au plus 5% de constituants secondaires.</p> <p>Les CEM I conviennent pour le béton armé ou le béton précontraint, là où une résistance élevée est recherchée ainsi qu'un décoffrage rapide.</p>
-----------------	---

<b>Le CEM II/A</b>	ou B ou ciment Portland composé, contient au moins 65% de clinker (K) et au plus 35 % d'autres constituants secondaires : laitier de haut-fourneau (S), fumée de silice (D) (entre 6 et 10 %), pouzzolane naturelle (P), cendres volantes siliceuses (V), schiste calciné (T) et calcaire (L ou LL).
<b>Les CEM II</b>	sont adaptés pour le béton armé en général, coulé sur place ou préfabriqué, ainsi que pour des travaux massifs exigeant une élévation de température modérée ou encore pour des travaux exigeant des résistances initiales élevées (classe R).
<b>Le CEM III/A</b>	, B ou C ou ciment de haut-fourneau, contient entre 36 et 80 % de laitier de haut-fourneau (S) et 20 à 64 % de clinker (K).
<b>Le CEM III/C</b>	(également dit ciment de haut-fourneau) contient au moins 81 % de laitier de haut fourneau (S) et 5 à 19 % de clinker (K).

<b>Le CEM IV/A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ou B est un ciment pouzzolanique.</li> </ul>
<b>Le CEM V/A</b>	ou B ou ciment pouzzolanique au laitier contient de 20 à 64 % de clinker (K), de 18 à 49 % de laitier de haut fourneau (S) et de 18 à 49 % de cendres volantes siliceuses (V).
<b>Les CEM III, CEM V</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• qui comportent du laitier de haut-fourneau sont bien adaptés aux travaux hydrauliques souterrains, aux fondations, aux travaux en milieu agressif, aux travaux à la mer, aux bétons de masse et généralement à tout travail nécessitant une faible chaleur d'hydratation. Leur utilisation permet de réduire les émissions de CO2 grâce à la substitution du clinker par d'autres constituants.</li> </ul>

**Tableau 02: Classification des types du ciment**

## **I -04-Les déchets**

### **I -04.01-Définition :**

Le déchet est défini, d'après la loi algérienne N°01-19 du 12/12/2001, comme « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon » Cependant, la notion de déchet est parfois ambiguë car ce qui est considéré comme déchet pour une personne, peut être considéré comme matière première pour une autre.

Et nous aborderons les déchets de béton démolit

### **I -04.02-Classification des Déchets : [12]**

#### **A)-Selon leur nature :**

La classification des déchets d'après leur nature aboutit à trois catégories Essentielles : Déchets selon son état physique.

#### **b)-Selon le mode de traitement et d'élimination :**

Les déchets solides sont regroupés en quatre grandes familles :

#### **c)-Les déchets inertes:**

Généralement constitués d'éléments minéraux stables ou inertes au sens de leur incompatibilité avec l'environnement et qui proviennent de certaines activités d'extraction minières ou de déblais de démolition (terre, gravats, sables, stériles, ...etc.).

#### **d)-Les déchets banals :**

Cette catégorie regroupe essentiellement des déchets constitués de papiers, plastique, cartons, bois produit par des activités industrielles ou commerciales et déchets ménagers

#### **e)-Les déchets spéciaux :**

Ils peuvent contenir des éléments polluants et sont spécifiquement issus de l'activité industrielle (boues de peintures ou d'hydroxyde métallique, cendres d'incinération...etc.). Certains déchets sont aussi dits spéciaux lorsque leur production importante sur un même

site entraîne des effets préjudiciables pour le milieu naturel (déchets des centrales thermiques, phosphogypse , ainsi que certains déchets provenant des laboratoires universitaires et hospitaliers...etc.). [12]

#### **f)-Les déchets dangereux :**

Issus de la famille des déchets spéciaux, ils contiennent des quantités de substances toxiques potentiellement plus importantes et présentent de ce fait beaucoup plus de risques pour le milieu naturel (poussières d'aciéries, rejets organiques complexes, bains de traitement de surface contenant soit du chrome, cyanure ou une forte acidité, les déchets de C.F.C. et mercuriels).

#### **-Selon l'origine :**

Principalement cette classification comprend de grandes classes de déchets solides basée sur la source de déchets : Déchets industriels et Déchets urbains.

#### **g)-Les déchets industriels :**

Hormis les résidus assimilables aux ordures ménagères, tant par leur nature que par leur volume modeste, on distingue dans cette classe :

- 1) Les déchets inertes : Provenant de chantiers de construction, transformation des combustibles et de l'énergie (gravats, cendre, ...etc.), métallurgie (scorie, laitiers, mâchefers, ...etc.).
- 2) Les déchets des industries agricoles et alimentaires.
- 3) Les déchets pouvant contenir des substances toxiques par des industries variables (ex : ateliers artisanaux, galvanoplastie, chromage, miroiterie,...etc.). [4]
- 4) Les déchets radioactifs.

#### **h)-Les déchets urbains :**

A partir de la notion « d'ordure ménagère », vocable par lequel on a long temps désigné les résidus des ménages correspondant, de par leur origine et leur nature, à une certaine limitation en quantité et en dimensions, on a été conduit du fait de l'évolution du niveau de vie répercuté par les caractéristiques quantitatives et qualitatives des déchets, à passer à la notion plus générale de résidus ou déchets urbains.

#### **i)-Les déchets ultimes :**

La notion de déchet ultime s'applique à un déchet qui, à un moment donné, ne peut plus

être valorisé de façon rentable ni sur le plan matériel, ni sur le plan énergétique par quiconque produit. Le déchet doit donc être stocké de manière définitive ou/et au moins jusqu'à ce que l'on découvre des moyens de le valoriser à nouveau dans le futur

**j)-Gestion des déchets :**

La gestion des déchets est la collecte, le transport, le traitement (le traitement de rebut), la réutilisation ou l'élimination des déchets, habituellement ceux produits par l'activité humaine, afin de réduire leurs effets sur la santé humaine, l'environnement, l'esthétique ou l'agrément local. L'accent a été mis, ces dernières décennies, sur la réduction de l'effet des déchets sur la nature et l'environnement et sur leur valorisation.

**. k)-Processus de fabrication des granulats recyclés :**

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

1. Sélection, stockage et traitement des produits bruts ;
2. 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;

3. Tri manuel ;
4. Déferrage électromagnétique ;
5. Concassage et criblage : étape destinée à éliminer les matériaux de faibles caractéristiques
6. Concassage secondaire éventuel de la fraction supérieure issue du concassage primaire
7. Stockage ;
8. Analyses éventuelles avant utilisation

**L)-Mode d'exploitation :**

Les différentes phases de récupération des produits issus du recyclage sont les suivantes :

- a. Réception et tri des matériaux : La réception se fait à l'entrée du centre de recyclage par contrôle visuel

- b. . **A l'issu de ce contrôle**, les camions jugés trop riches en éléments indésirables (bois, plâtre, plastique...) sont refusés, les autres sont acceptés.
- c. **Les matériaux** sont stockés en fonction de leur nature (béton, briques, enrobés) et du prétraitement qu'ils devront recevoir : brise roche hydraulique, pinces à ferrailles, tri manuel (des plastiques, bois, etc...).
- d. **b. Prétraitement** : Le prétraitement consiste à réduire les plus gros éléments (Brise Roche Hydraulique), et à couper les éléments les plus longs (cisaille hydraulique) notamment lorsqu'ils sont ferrillés.
- e. c. **Criblage- Scalpage** : Le criblage ou le Scalpage, consiste à éliminer la fraction fine dans laquelle le risque de présence d'argile est le plus grand.
- f. **d. Concassage** : Le concassage consiste à fragmenter et réduire les matériaux jusqu'à un diamètre préalablement défini.
- g. **e. Dé-ferrailage** : Le dé-ferrailage est avant et après le concasseur par bande électromagnétique pour enlever les ferrailles après sa libération des blocs de béton. Une ou plusieurs bandes sont disposées au long du processus de production
- h. f. **Tri aval** : Un tri manuel est effectué sur certaines installations, pour éliminer les impuretés résiduelles avant stockage.
- i. g. **Produit fini** : Après l'élimination des impuretés, le produit fini est stocké

#### **I -04-03.Avantage de recyclage :**

Le recyclage des granulats sur les chantiers routiers et la réutilisation des matériaux sur place dans les chantiers de démolition de bâtiments permet :

- Une économie de la ressource naturelle ;
- Une réduction du transport des matériaux, donc une réduction de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre ;
- Une mise en œuvre rapide minimisant la gêne pour les habitants ;
- La réduction des quantités de matériaux mis en décharge.

L'allonge

ment constaté des distances de transport pèse sur le coût des matériaux et augmente l'impact sur l'environnement.

Dans un écobilan comparatif, l'avantage revient évidemment aux granulats recyclés traités en milieu semi-urbain proche du gisement et des clients. Leur utilisation évite en effet d'une part un transport de matériaux de démolition vers les décharges et d'autre part un transport d'approvisionnement du chantier en granulats depuis une carrière.

La diminution importante de ces transports représente des gains importants en émissions de CO<sub>2</sub>. [4]

### **I -05-Les adjuvants :**

Les adjuvants sont des produits chimiques que l'on utilise dans le cas des bétons. Ils modifient les propriétés des bétons et des mortiers auxquels ils sont ajoutés en faible proportion (environ de 5% du poids de ciment). Les mortiers peuvent comporter différents types d'adjuvants: —

-les plastifiants (réducteurs d'eau);

— les entraîneurs d'air

— les modificateurs de prise (retardateurs, accélérateurs);

— les hydrofuges. Dans tous les cas des soins particuliers doivent être pris afin d'obtenir des mortiers sans ressuage, homogènes d'une gâchée à l'autre (Phoummavong, 2006).

Puisque on s'intéresse dans ce mémoire à l'utilisation des super plastifiants, on essaye de donner plus de détails sur ce type d'adjuvant et son mode d'action.

ADJUVANTS	DOSAGE EN %
Plastifiants	0,15 à 1,2
Superplastifiants	0,6 à 2,5
Accélérateurs de prise	1 à 3
Accélérateurs de durcissement	0,8 à 2
Retardateurs de prise	0,2 à 0,8
Hydrofuges	0,5 à 2
Entraîneurs d'air	0,05 à 3
Rétenteurs d'eau	0,1 à 2

Tableaux03-dosage



figure06-super plastifiant

### I -05.01- Les super plastifiants

Les super plastifiants sont des polymères solubles dans l'eau, lesquels possèdent de nombreuses applications dans l'industrie de la construction. Ces matériaux sont également appelés réducteurs d'eau de haut rang. Ils font partie des adjuvants pour béton, lesquels sont définis, selon la norme EN 934-2, comme des matériaux qui sont ajoutés au béton pendant le processus de malaxage, dans des quantités inférieures à 5% de la masse de ciment, afin de modifier ses propriétés à l'état frais et à l'état durci[13]

L'action d'un super plastifiant passe nécessairement par son adsorption sur les particules de ciment. En se fixant sur les grains de ciment, modifie la nature des charges électriques. Les grains de ciment ont alors tendance à s'éloigner les uns des autres du fait qu'ils ont tous la même charge et s'entoure d'un film d'eau très mince. Ainsi on obtient un grain de fluidité, puisque les grains de ciment sont mieux dispersés. L'eau existante sert alors de fluidifier le béton [14]

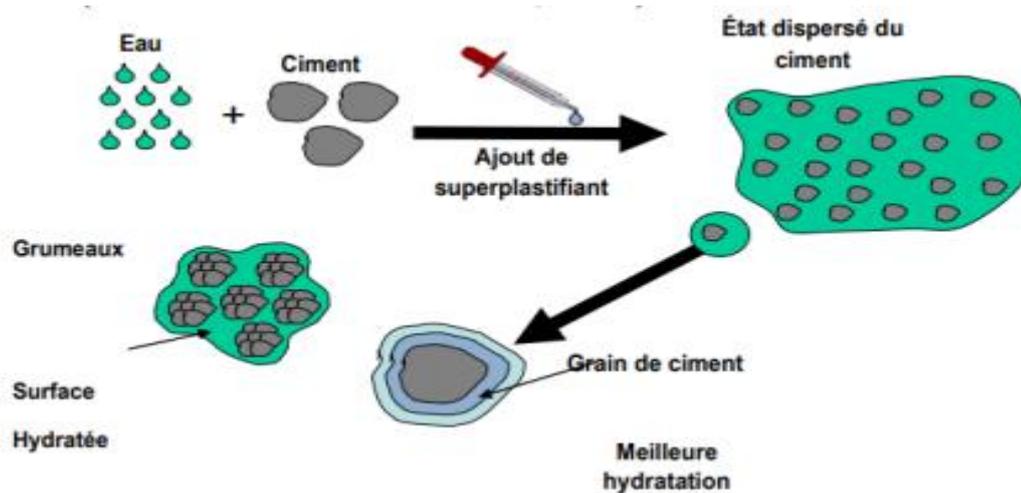


Figure 07- mode d'action des super plastifiants

### I -06-Les ajouts :

Sont des matériaux en fines particules qui peuvent être ajoutés en quantités limitées pour influencer certaines propriétés ou obtenir des propriétés particulières. Ils sont à prendre en compte dans la composition volumétrique. On peut citer [15] :

#### I -06.01-Les cendres volantes

Les cendres volantes sont un sous-produit industriel récupéré dans les dépoussiéreurs de cheminée des centrales thermiques fonctionnant au charbon pulvérisé ou au lignite. Cette poudre sous forme finement divisée et est constituée de particules vitreuses et sphériques. Ayant des propriétés pouzzolaniques et composées essentiellement de silice et d'alumine la proportion de silice réactive constituant au moins 25% en masse.

#### I -06.02- Fillers et additions calcaires

Les données économiques ne faisant pas de distinction entre les fillers et les additions qui relèvent pourtant de normes différentes, nous utilisons ci-après le terme de (fillers) pour désigner l'ensemble de la production. [15]

**I -06.03-Laitier** C'est un produit de la production de la fonte. Dans le procédé de fabrication, dans les hauts fourneaux, le laitier surnage au-dessus de la fonte, et se vérifie rapidement après refroidissement. Le broyage de ce dernier donne ce qu'on appelle le laitier vérifié moulu.

**I -06.04- Fumée de silice** C'est une poudre amorphe de silice extrêmement fine, récupérée dans les cheminées lors de la condensation des gaz de réaction résultant de la fabrication du silicium ou de ses alliages.

### **I -07-Traitement thermique de béton :**

Effet de l'étuvage par énergie solaire sur les propriétés mécaniques, la déformabilité et la durabilité des bétons.

Le traitement thermique du béton est un procédé déjà ancien soit pour accélérer les cadences de fabrication en usine comme sur le chantier notamment ceux qui confectionnent des éléments préfabriqués et qui cherchent à accélérer la prise et le durcissement de ce matériau, de façon à pouvoir décoffrer et manipuler plus rapidement leur pièces, soit pour permettre de bétonner par temps froid pour éviter les risques de gel [05]

Un cycle de cure à la vapeur comprend :

- (1) un délai initial avant l'exposition à la vapeur (préprise),
- (2) une période de montée en température,
- (3) une période de maintien de la température maximale à un niveau constant,
- (4) une période de diminution de la température (refroidissement).

Un cycle optimal de cure à la vapeur à pression atmosphérique est représenté

La cure à la vapeur à la pression atmosphérique se fait généralement dans des enceintes pour minimiser les pertes de chaleur et d'humidité. On utilise souvent des bâches où peinture noire qui absorbent les rayons solaires pour fabriquer ces enceintes. Il faut attendre la prise initiale du béton ou au moins trois heures après sa finition avant d'appliquer la vapeur pour permettre un certain durcissement du béton. Toutefois, un délai de trois à cinq heures avant l'injection de la vapeur permet d'obtenir une résistance initiale maximale[05]

La température de la vapeur dans l'enceinte doit être maintenue autour de 60°C jusqu'à l'obtention de la résistance souhaitée du béton. La résistance du béton n'augmente pas de façon significative lorsque la température maximale de la vapeur passe de 60°C à 70°C. Des températures de cure à la vapeur supérieures à 70°C doivent être évitées : elles ne sont pas économiques et peuvent causer des dommages. [05]

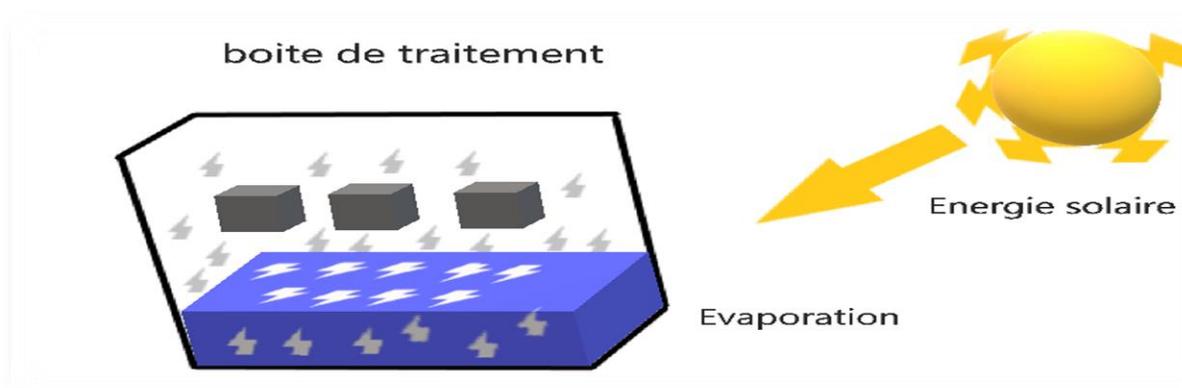


Figure 08- boite de traitement

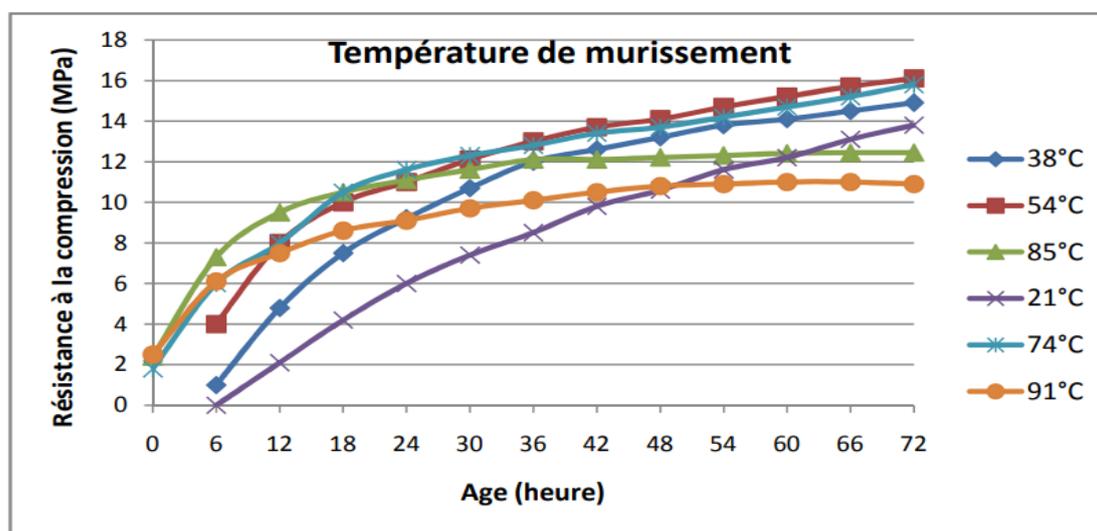


Figure09- Résistance d'un béton traité à la vapeur à différentes températures (E/C = 0.55) [05]

**I -07.01-Facteurs influençant sur le traitement par chauffage**

-Influence de la température et de la durée du traitement En se basant sur les caractéristiques mécaniques des bétons aux premières heures, et d'après les constatations faites que les résistances obtenues sont d'autant meilleures que la température de chauffage est plus élevée, car la vitesse des réactions d'hydratation croît avec la température, ce qui augmente la viscosité de la pâte et réduit les délais de début et fin de prise. [05]



Figure 10- boîte de traitement thermique

# **CHAPITRE II: MATERIAUX ET MATERIELS ET ESSAIS**

**CHAPITRE II: MATERIAUX ET MATERIELS ET ESSAIS**

**II.01-Introduction :**

La caractérisation des matériaux utilisés dans la composition d'un béton joue un rôle très important sur ses propriétés et ses performances ultérieures. En effet, les propriétés essentielles du béton sont largement influencées par les caractéristiques de ses constituants. De ce fait, la normalisation des modes d'essais et d'identification des composants d'un béton, selon les normes en vigueur, devient une condition nécessaire pour l'obtention d'un béton avec des résultats expérimentaux comparables avec ceux donnés dans la littérature. Dans ce chapitre, on présente les différents matériaux à utiliser dans la confection des bétons à étudier ainsi que les essais à effectuer selon les normes et les modes opératoires en vigueur.

**II.02-Matériaux utilisés :**

Nous avons utilisé des matériaux locaux. Et étudié ses propriétés physiques et mécaniques.

Où nous avons utilisé des granulats de carrière, du sable de oued et du ciment Portland composite, CEM II et ajouté des granulats de recyclage dans différentes proportions

**II.02.01-Ciment :**

Le ciment dans notre études est CEM II /A 42.5-CPJ .- Portland composé

conditionné en sac de 50 Kg De Ain toutah

:

TABLEAU 01 : La masse volumique de ciment II

	La masse volumique absolue (g/cm <sup>3</sup> )	La masse volumique apparente (g/cm <sup>3</sup> )
ciment CPJ-CEM II/A 42.5	<b>3.01</b>	<b>1.02</b>

TABLEAUX 02-la composition chimique du clinker (%). (Fiche technique) [03] :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	Chaux libre	Perte au feu	Résidu insoluble
20.43	5.37	3.00	61.69	1.8	2.2	0.027	0.97	5.03	1.12

TABLEAUX 03 :la composition minéralogique du clinker (%). (Fiche technique) [03] :

Composants	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
%	64.14	10.54	9.16	9.12

**II.02.02-Eau de gâchage :**

L'eau de gâchage est un élément essentiel pour la fabrication du béton. Elle est ajoutée lors du mélange afin d'hydrater le ciment et permettre de lier les constituants du béton entre eux.

L'eau rend également le mélange bien plus maniable, ce qui facilite l'application du béton.

**II.02.03-Granulats :**

Pour confectionner notre béton, on a utilisé ces granulats :

- Gravier de classe 15/25 et 8/16 et 3/8.
- Sable de classe granulaire 0/1 et 0/3.

TABLEAUX04 : La masse volumique des granulats

Matériaux	La masse volumique apparent	La masse volumique absolu
Sable	1.6 g/cm <sup>3</sup>	2.6 g/cm <sup>3</sup>
Gravie 3/8	1.35 g/cm <sup>3</sup>	2.65 g/cm <sup>3</sup>
Gravie 8/15	1.39 g/cm <sup>3</sup>	2.72 g/cm <sup>3</sup>
Gravie 15/25	1.42 g/cm <sup>3</sup>	2.74 g/cm <sup>3</sup>

**II.02.04-Les déchets de démolition :**

Les déchets de démolition sont des déchets provenant de la démolition de bâtiment, de routes, de pont ou d'autres structures. Les débris varient en composition, mais les principaux composants comprennent le béton, les produits en bois, les **bardeaux** d'asphalte, les blocs et les briques, l'acier et les cloisons sèches. En raison de l'utilisation de ces derniers autant que agrégats (Gravier- 3/8-8/16-16/25-), on a écrasé des échantillons de béton en gravats, manuellement avec des marteaux, puis dans un concasseur.

Tableaux 05 : La masse volumique de granulat recycle :

Matériaux	La masse volumique apparent	La masse volumique absolu
Gravie 3/8	1.22 g/cm <sup>3</sup>	2.40 g/cm <sup>3</sup>
Gravie 8/15	1.31 g/cm <sup>3</sup>	2.42 g/cm <sup>3</sup>
Gravie 15/25	1.36 g/cm <sup>3</sup>	2.5 g/cm <sup>3</sup>



Figure 01 -Le déchet de démolition



figure 02 -le concassage manuelle



Fuguer 03 -Différentes fractions granulaires récupérées

### **II.03-Les essais effectués sur les matériaux :**

#### **II.03.01-Caractéristiques du gravier :**

Le gravier utilisé dans notre étude pilote pour fabriquer différents types de

Béton de la carrière d'Ain Al Totah, obtenu après concassage de roches naturelles.

Les fractions utilisées dans notre étude sont : (8/15), (15/25) et (3/8), en plus du gravier recyclé

#### **A)Analyse granulométrique (NF EN 933-1):**

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat dont les dimensions sont comprises entre 0,063 et 25 mm. On appelle :

- REFUS sur un tamis : la quantité de matériau qui est retenue sur le tamis.
- TAMISAT (ou passant) : la quantité de matériau qui passe à travers le tamis. L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les masses des différents refus et tamisats sont rapportées à la masse initiale du matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.

#### **- But de l'essai :**

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer la grosseur et les pourcentages Pondéraux respectifs des différents grains constituant l'échantillon.

**Matériels nécessaires :**

- Une machine à tamiser
- Une série de tamis conforme à la Norme NF EN 933-1 et NF X 11-504
- Un couvercle qui évite la perte de matériau pendant le tamisage et un réceptacle de fond pour recueillir le dernier tamisât
- Des récipients en plastique
- Une main écope pour le remplissage
- Une balance de portée 16 kg, précision 1 g



**Fuguer 04-La machine à tamiser**

**Principe de l'essai :**

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue.

Les masses des différents refus et tamisât sont rapportées à la masse initiale du matériau.

Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme de tableaux et sous forme graphique.

**Le module de finesse  $M_f$  :**

$M_f$  :Est une caractéristique importante surtout en ce qui concerne les sables. Un bon sable à béton doit avoir un module de finesse  $M_f$  compris entre 2,2 et 2,8 ; au-dessous, le sable a une majorité d'éléments fins à très fins, ce qui nécessite une augmentation du dosage en eau ; au-dessus, le sable manque de fines et le béton y perd en ouvrabilité.

- Pour  $1,8 < M_f < 2,2$  le sable est à utiliser si l'on recherche particulièrement la facilité de mise en œuvre au détriment probable de la résistance.
- Pour  $2,2 < M_f < 2,8$  le sable est à utiliser si l'on recherche une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégation limités.
- Pour  $2,8 < M_f < 3,2$  le sable est à utiliser si l'on recherche des résistances élevées au détriment de l'ouvrabilité et avec des risques de ségrégation.
- Pour  $M_f > 3,2$  le sable est à rejeter.

**b)-Équivalent de sable : Norme NF EN 933-8 -**

L'équivalent de sable est un indicateur, utilisé en géotechnique, caractérisant la propriété d'un sable ou d'une grave. Il indique la teneur en éléments fins, d'origine essentiellement argileuse, végétale ou organique à la surface des grains. Ce terme désigne également l'essai qui permet de déterminer cet indicateur. On parle d' « essai d'équivalent de sable piston » ou, plus simplement, d'« essai d'équivalent de sable » [06]

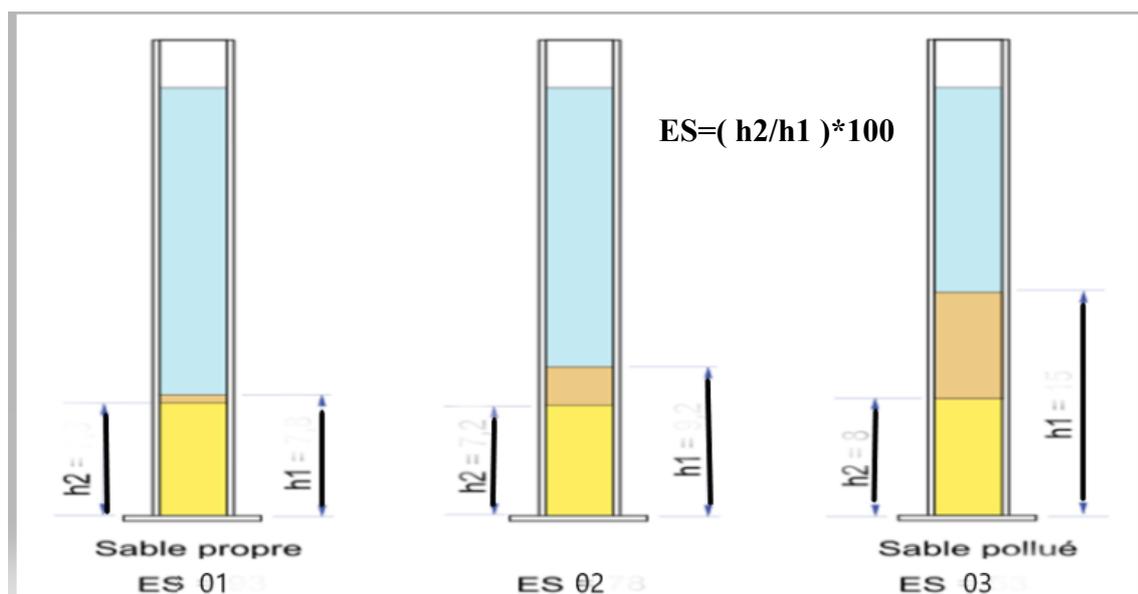


Figure05-Trois essais d'équivalent de sable qualifiant trois propriétés de sables différents.

### **Nature et qualité de sable**

SE < 60	Sable argileux - Risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité
60 ≤ SE < 70	Sable légèrement argileux - de propreté admissible pour béton de qualité quand ou ne craint pas particulièrement de retrait
70 ≤ SE < 80	Sable propre - à faible pourcentage de fines argileuses Convenant Parfaitement pour les bétons de haute qualité.
SE > 80	Sable très propre - l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau. [06]

En ce qui concerne le béton routier, qu'il s'agisse d'un béton balayé, strié, imprimé, désactivé ou bouchardé, les préconisations sont les suivantes: SE > 60. [06]

#### **-Masse volumique (NF EN 1097-6):**

##### **a. Masse volumique apparente :**

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau avec tous vides inclus, exprimée en Kg/m<sup>3</sup>.

**Principe :** La masse volumique apparente sèche  $\rho_d$  est la masse de granulats secs ( $M_s$ ) occupant un volume apparent.  $\rho_d = \frac{M_s}{V}$  Matériel nécessaire :

- Un récipient cubique ou cylindrique de volume connu et dont la taille est adaptée aux granulats
- Une règle à araser métallique
- Une main écope pour le remplissage
- Une balance de portée 5 kg, précision 1 g
- Des bacs en plastique pour effectuer les essais. Mode opératoire :
- Déterminer le volume du récipient = V

- Noter la masse du récipient propre et vide =  $M_0$
- Placer le récipient dans le bac en plastique
- Verser les granulats secs, par couches successives et sans tassement : utiliser les mains comme entonnoir naturel.
- Araser à l'aide de la règle métallique, à laquelle on imprime un mouvement horizontal de va et vient, le récipient étant attaqué le long d'une diagonale horizontale
- Noter la masse du récipient rempli =  $M_2$
- Vider le granulat dans un bac en plastique et jeter son contenu dans la benne extérieure
- Renouveler l'opération 2 fois.

**b. Masse volumique absolue :**

La masse volumique absolue d'un matériau est la masse d'un mètre cube de ce matériau (les vides exclus).

**Principe :** La masse spécifique  $\rho_s$  ou masse volumique absolue est la masse de granulats secs  $M_s$  rapportée au volume absolu  $V_s$  (uniquement volume de solides).

La mesure du volume des solides ne tient pas compte des pores fermés contenus par les granulats.  $\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$  Matériel nécessaire :

- Des éprouvettes graduées en plastique ;
- Un entonnoir pour le remplissage ;
- Une balance de portée 5 kg, précision 1 g ;
- Des bacs en plastique pour effectuer les essais.

**Mode opératoire :**

- Placer l'éprouvette dans le bac en plastique ;
- Verser de l'eau dans l'éprouvette (demi-hauteur) et noter  $V_1$  ;
- Préparer un échantillon de granulats secs de masse  $M_1$
- Verser l'échantillon dans l'éprouvette à l'aide de l'entonnoir et provoquer le départ des vides (= air) en remuant le mélange avec la tige agitateur ;
- Noter le nouveau volume d'eau dans l'éprouvette  $V_2$  ;

Tableaux 06 :La masse volumique de granulat naturel :

Matériaux	La masse volumique apparent	La masse volumique absolu
Ciment II	1.02 g/cm <sup>3</sup>	3.1 g/cm <sup>3</sup>
Sable	1.6 g/cm <sup>3</sup>	2.6 g/cm <sup>3</sup>
Gravie 3/8	1.35 g/cm <sup>3</sup>	2.65 g/cm <sup>3</sup>
Gravie 8/15	1.39 g/cm <sup>3</sup>	2.72 g/cm <sup>3</sup>
Gravie 15/25	1.42 g/cm <sup>3</sup>	2.74 g/cm <sup>3</sup>

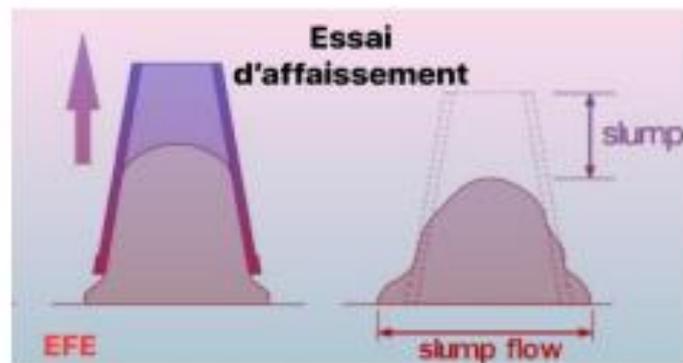
Tableaux 07-La masse volumique de granulat recycle :

Matériaux	La masse volumique apparent	La masse volumique absolu
Gravie 3/8	1.22 g/cm <sup>3</sup>	2.40 g/cm <sup>3</sup>
Gravie 8/15	1.31 g/cm <sup>3</sup>	2.42 g/cm <sup>3</sup>
Gravie 15/25	1.36 g/cm <sup>3</sup>	2.5 g/cm <sup>3</sup>

#### II.04-Les essais effectués sur le béton frais :

##### II.04-.01-L'essai de cône d'Abrams :

C'est l'essai le plus couramment utilisé car il est très simple à mettre en œuvre. Il est utilisable tant que la dimension maximale des granulats ne dépasse pas 40 mm. Il s'agit de constater l'affaissement d'un cône de béton sous l'effet de son poids propre. Plus cet affaissement sera grand et plus sera réputé fluide.



Fuguer 06-Essai d'affaissement cône d'abrâms

#### Matériel utilisé :

- Moule stable en forme de tronc de cône de 300 mm de haut, avec diamètre inférieur à 200 mm et diamètre supérieur de 100 mm.
- Main écope carrée ou ronde.
- Tige de piquage métallique de 600 mm de long et 16 mm de diamètre, arrondie aux extrémités
- Surface de base rigide, plate et non absorbante (par ex. une tôle).

#### Mode opératoire :

- ♣ L'essai doit être réalisé sur une surface horizontale.
- ♣ L'essai complet doit être exécuté sans interruption en moins de deux minutes.
- ♣ Démouler verticalement (sans mouvement de torsion) en 5 à 10 secondes.
- ♣ Mesurer l'affaissement du béton à 10 mm près.

Affaissement	Classes	Désignation
0-4	Ferme	F (S1)
5-9	Plastique	P (S2)
10-15	Très Plastique	TP (S3)
>16	Fluide	F (S4)

Tableau08 -Les classes d'affaissement au cône d'Abrams

## II.05-Les essais effectués sur le béton durci :

### II.05.01-L'essai de compression(EN-12390-3):

Dans le cadre de cette étude, un essai a été réalisé dans le but d'évaluer la résistance mécanique des bétons conventionnels, c'est l'essai de compression, l'essai a été réalisé sur cinq cylindres pour 28 jours et pour chaque mélange.



Fuguer 07-Appareil d'écrasement des éprouvettes.

#### Principe de l'essai :

Le principe de l'essai est de soumettre des éprouvettes d'une géométrie définie à une force de compression jusqu'à rupture de l'éprouvette.

La résistance à la compression est donnée par l'équation suivante :

$$f_c = F / A_c \text{ Où :}$$

- $f_c$ : Résistance en compression, exprimée en méga pascal (Newton par millimètres carrés) ;
- $F$  : Charge maximale, exprimée en Newtons ;

- $A_c$  : L'aire de la section de l'éprouvette sur laquelle la force de compression est appliquée, calculée à partir de la dimension nominale de l'éprouvette.

### II.05.02-Essais de flexion 3 points :

L'essai de flexion 3 points permet également de mesurer

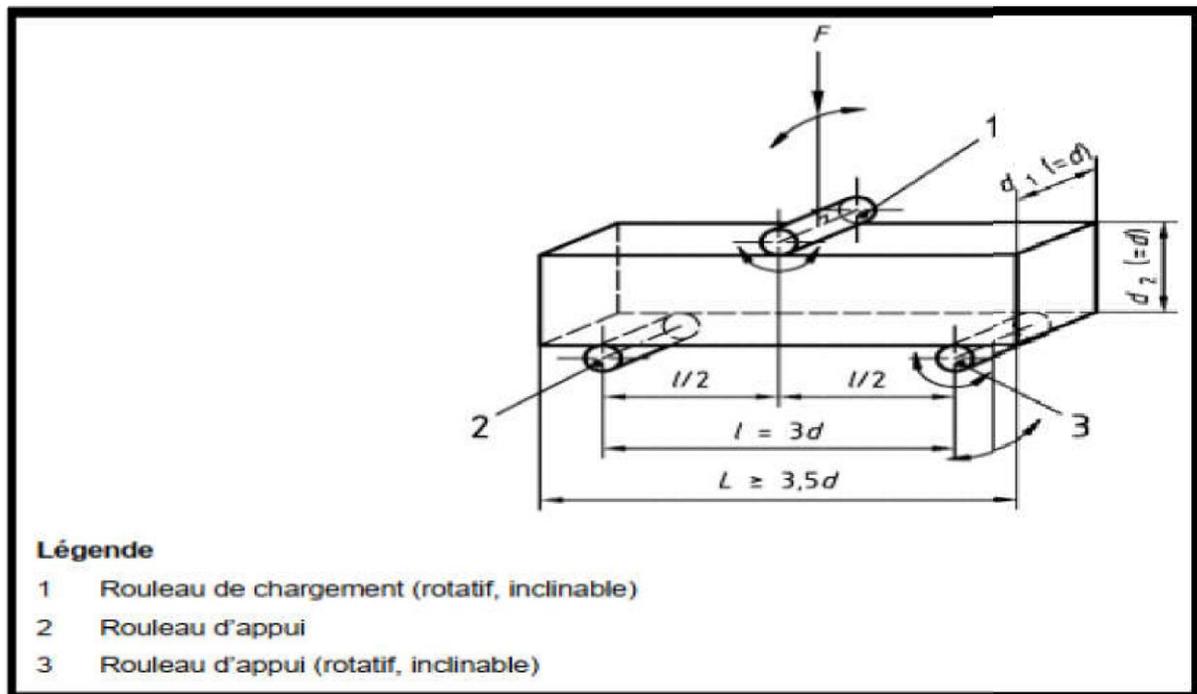


Figure 08 -essai de flexion

La résistance en flexion donnée par la formule suivante :

$$f_{cf} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot d_1 \cdot d_2^2}$$

**f<sub>cf</sub>**: Est la résistance en flexion, en MPa (N/mm<sup>2</sup>) ;

**F**: Est la charge maximale, en (N);

**l**: Est l'écartement entre les deux rouleaux d'appui, en ( mm) ;

**d<sub>1</sub> et d<sub>2</sub>**: Sont les dimensions de la section transversale del'éprouvette, en (mm).

#### II.05.03-Essai de traction par flexion :

La résistance a la traction par flexion d un éprouvette prismatique en béton de section carrée de cote a soumise a un effort de rupture N serait alors ;

$$R_t = 1.8N / a^2$$

#### II.05.04-.Absorption d'eau :

On détermine un coefficient d'absorption, qui est défini comme le rapport de l'augmentation de la masse de l'échantillon après imbibition par l'eau, à la masse sèche de l'échantillon. Cet essai est réalisé selon la norme NF P 18-555. Cette imbibition est obtenue par immersion de l'échantillon dans l'eau pendant 24 heures à 20°C. Le coefficient d'absorption (Ab) est défini par la relation : [03]

$$Ab, \% = \frac{Mh - Ms}{Ms} \times 100$$

Ms : Masse de l'échantillon sec après passage à l'étuve à 105°C.

Mh : Masse de l'échantillon imbibé, surface sèche déterminée comme suit. Les résultats obtenus sont présentés sur le tableau 4.9

Tableaux09.-Absorbations du gravie recycle : 15/25 après 3h

	M sèche	M humide	absorption
Gravie 15/25	500g	530 g	6 %

## **II.06-FORMULATION DE BETON**

### **II.06.01-méthodes de formulation Scramtaiv. :**

Les méthodes de formulation Scramtaiv. des bétons courants sont basées sur l'optimisation du squelette granulaire en fonction de la granularité des principaux composants afin d'obtenir une compacité maximale du mélange pour une consistance fixée. La méthode de B. Scramtaiv. Cette méthode repose sur le fait que la somme des volumes absolus des matériaux d'origine dans un mètre cube est égale au volume de la composition du béton damé.

Les données d'origine servant à calculer la composition du béton sont :

- La classe de résistance requise ( $R_b$ )
- Le degré de fluidité ou de consistance ainsi que la caractéristique des matériaux d'origine.
  - 1 - Activité ( $R_c$ ) et masse spécifique du ciment ;
  - 2 - Masses volumiques et spécifiques du sable, des granulats et la porosité des granulats.

### **Le calcul de la composition :**

1. La définition du rapport C/E :

Béton à :  $C/E \leq 2,5$   $R_b = A.R_c (C/E - 0,5)$ ;

Béton à :  $C/E > 2,5$   $R_b = A_1.R_c (C/E + 0,5)$ .

A et  $A_1$  : Coefficients définis dans le tableau 3.4 suivant :

**Tableau 10:** Coefficients A et A<sub>1</sub> en fonction de la qualité des granulats et liant

Agrégat et liants	A	A <sub>1</sub>
Qualité supérieure	0.65	0.43
Qualité ordinaire	0.60	0.40
Qualité inférieure	0.55	0.37

**A. La détermination de la dépense d'eau (E) :**

La quantité optimale d'eau dans un mélange de béton (l/m<sup>3</sup>) doit garantir la fluidité nécessaire du mélange et qui dépend de la qualité des matériaux d'origine, tel que : affaissement - maniabilité et grosseur du gravier, ceci pour les bétons au ciment portland, au sable et au gravier utilisé comme gros agrégat dans des conditions différentes. La qualité d'eau augmente en cas d'utilisation d'un ciment portland pouzzolanique de 15 à 20 l/m<sup>3</sup>, pour le gravier de 10 l/m<sup>3</sup> et pour le sable fin de 10 l/m<sup>3</sup>.

**B. la détermination de la dépense en ciment (C), C : C = (C/E).E**

Cette dépense ne peut être inférieure aux limites minimales admises par les normes, si la dépense de ciment est inférieure à la qualité admise, il faut augmenter jusqu'à la norme on introduit un adjuvant finement broyé.

**C. la détermination de la dépense en agrégats PC** (graviers et sable par m<sup>3</sup> de béton), On doit remplir deux conditions :

1) La somme des volumes absolus de tous les composants du béton est égale à 1m<sup>3</sup> (1000 l) du mélange de béton damé :

$$C/\rho_c + E/\rho_e + S/\rho_s + PC/\rho_{pc} = 1000$$

C, E, S, P<sub>C</sub> étant le contenu de ciment, d'eau, de sable et de gravier, en kg/m<sup>3</sup> ; ρ<sub>c</sub>, ρ<sub>e</sub>, ρ<sub>s</sub>, ρ<sub>pc</sub> respectivement les masses spécifiques de ces matériaux, en kg/m<sup>3</sup>.

2) La solution ciment – sable remplira les vides dans les gros agrégats avec un certain écartement des grains.

$$C/\rho_c + S/\rho_s + E = V_{\text{cav pc (gr)}} \cdot PC \text{ (granulat)} \cdot \alpha/\gamma_{\text{vol pc (gr)}}$$

En résolvant ces deux équations, on trouve :

$$PC \text{ (gr)} = 1000/(V_{\text{cav pc (gr)}} \cdot \alpha/\gamma_{\text{vol pc (gr)}} + 1/\rho_{\text{pc (gr)}})$$

$V_{\text{cav pc (gr)}}$  étant la porosité des graviers à l'état meuble (valeur relative).

$\gamma_{\text{vol pc (gr)}}$  : la masse volumique du gravier en kg/l.

$\rho_{\text{pc (gr)}}$  : la masse spécifique du gravier en kg/l.

$\alpha$  : le coefficient d'écartement des grains des granulats.

On déduit la dépense de sable comme la différence entre le volume du mélange de béton établi par le projet et la somme de volumes absolus de l'agrégat gros, du ciment et d'eau.

$$S = [1000 - (C/\rho_c + E + PC \text{ (gr)}/\rho_{\text{pc (gr)}})] \cdot \rho_s.$$

Afin de répondre à notre objectif, six séries de béton ont été confectionnées en faisant varier le Rapport (eau/ciment) de 0.4 à 0.6, pour les deux types du ciment.

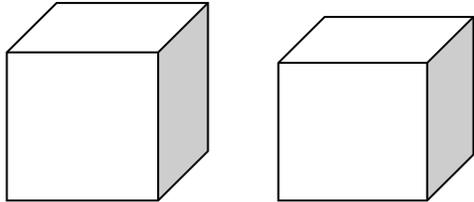
Nous avons fixé le même critère d'ouvrabilité à tous les bétons confectionnés afin de mener une étude rationnelle. L'essai d'affaissement au cône d'Abrams norme [NF P 18-451](#) est actuellement en usage dans le monde entier ; il fournit des mesures fiables, de variabilité restreinte. En fonction des affaissements obtenus, la classe d'ouvrabilité des différents bétons est plastique (l'affaissement varie de 6 à 7 cm).

Volume de 1 m<sup>3</sup>

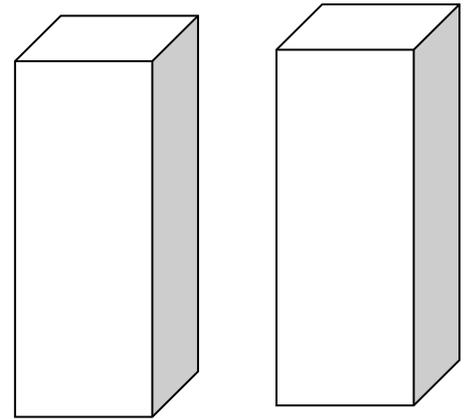
E/C= 0.4	E/C = 0.6
E = 200 L	E = 200 L
C = 500 KG	C = 333.3 KG
G = 1219.51 KG	G = 1219.51 KG
G 3/8= 1219.51*(0.15)= 182.92 kg	G 3/8 = 182.92 kg
G 8/15 = 1219.51*(0.25)=304.87 kg	G 8/15 =304.87 kg
G 15/25 = 1219.51*(0.6)= 731.70 kg	G 15/25 = 731.70 kg
S = 503.46 KG	S= 643.25 KG

Tableau 11- formulation de volume de 1 m<sup>3</sup>

2 cubique



Volume de l'essai :



2 prismatique

$$V1 = 0.1 * 0.1 * 0.1$$

$$V2 = 0.1 * 0.1 * 0.4$$

$$V1 = 0.001 \text{ m}^3$$

$$V2 = 0.004 \text{ m}^3$$

$$V1 + 15\% = 0.00115 \text{ m}^3$$

$$V2 + 15\% = 0.0046 \text{ m}^3$$

Volume de l'essai Total :

$$(V1 * 2) + (V2 * 2) = (0.00115 * 2) + (0.0046 * 2)$$

$$VT = 0.0115 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 \text{====} 500 \text{ kg de ciment} \quad // \quad 1 \text{ m}^3 \text{====} 503.46 \text{ kg de sable}$$

$$0.0115 \text{ m}^3 \text{====} 5.75 \text{ kg ciment} \quad // \quad 0.0115 \text{ m}^3 \text{====} 5.78 \text{ kg sable}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{====} 200 \text{ L de eau} \quad // \quad 1 \text{ m}^3 \text{====} 182.92 \text{ kg de gravie } 3/8$$

$$0.0115 \text{ m}^3 \text{====} 2.3 \text{ L de eau} \quad // \quad 0.0115 \text{ m}^3 \text{====} 2.1 \text{ kg de gravie } 3/8$$

**composition pour 0.0115m<sup>3</sup>**

Tableau 12 - 0% Recycle

E/C	Ciment	Eau	Sable	Gravie	Recycle
0.4	5.75 kg	2.3 l	5.78 kg	3/8 = 2.1 kg 8/16 = 3.5 kg 16/25 = 8.41	0 %
0.6	3.83 kg	2.3 l	7.39 kg	3/8 = 2.1 kg 8/16 = 3.5 kg 16/25 = 8.41	0 %

Tableau 12 -10% Recycle

E/C	Ciment	Eau	Sable	Gravie	Recycle
0.4	5.75 kg	2.3 l	5.78 kg	3/8 = 1.89 kg 8/16 = 3.15 kg 16/25 = 7.57 kg	3/8 = 0.21 kg 8/16 = 0.35 kg 16/25 = 0.84
0.6	3.83 kg	2.3 l	7.39 kg	3/8 = 1.89 kg 8/16 = 3.15 kg 16/25 = 7.57 kg	3/8 = 0.21 kg 8/16 = 0.35 kg 16/25 = 0.84

Tableau 14 -20 % Recycle

E/C	Ciment	Eau	Sable	Gravie	Recycle
0.4	5.75 kg	2.3 l	5.78 kg	3/8 = 1.68 kg 8/16 = 2.8 kg 16/25 = 6.73 kg	3/8 = 0.42 kg 8/16 = 0.7 16/25 = 1.68
0.6	3.83 kg	2.3 l	7.39 kg	3/8 = 1.68 kg 8/16 = 2.8 kg 16/25 = 6.73 kg	3/8 = 0.42 kg 8/16 = 0.7 16/25 = 1.68

Tableau 15-30 % Recycle

E/C	Ciment	Eau	Sable	Gravie	Recycle
0.4	5.75 kg	2.3 l	5.78 kg	3/8= 1.47 kg 8/16= 2.45 kg 16/25= 5.89 kg	3/8= 0.63 kg 8/16= 1.05 16/25=2.52
0.6	3.83 kg	2.3 l	7.39 kg	3/8= 1.47 kg 8/16= 2.45 kg 16/25=5.89 kg	3/8= 0.63 kg 8/16=1.05 16/25= 2.52

- **Observation** : granulats recycle il doit être placé dans l'eau 3h avant utilisation parce qu'il absorbe beaucoup d'eau

-Nous mettons les échantillons après une journée de durcissement dans la boîte de traitement thermique 8 h dans énergie solaire

**Variation de la chaleur** / : Dans l'air et à l'intérieur de la boîte de traitement thermique

Le 10-05-2022

Tempe en h	10 :00	11 :00	12 :00	13 :00	14 :00	15 :00	16 :00
<b>Air</b>	31 °	27 °	27.5 °	28 °	29.5 °	30 °	33 °
<b>Intérieur La boîte</b>	32 °	30 °	38 °	39 °	40 °	41 °	46 °

.

Tableaux 16 – variation de chaleur

Le 25-05-2022

<b>Temps en h</b>	<b>10 :00</b>	<b>11 :00</b>	<b>12 :00</b>	<b>13 :00</b>	<b>14 :00</b>	<b>15 :00</b>	<b>16 :00</b>
<b>Air</b>	35 °	40 °	43°	48 °	52.5 °	53	53 °
<b>Intérieur La boîte</b>	37 °	45 °	47 °	51 °	55.5°	60°	57°

.

**Observation :**

Nous remarquons une augmentation de la température au fil du temps, et à mesure que la température de l'air augmente, la température de la boîte de traitement thermique augmente et une évaporation de l'eau se produit

# CHAPITRE III : LES RESULTAT

CHAPITRE III : LES RESULTAT

III.01-Analyse Granulométrique :

Figure 01 : Analyse granulométrique du granulats naturel (8-16) m=3000g

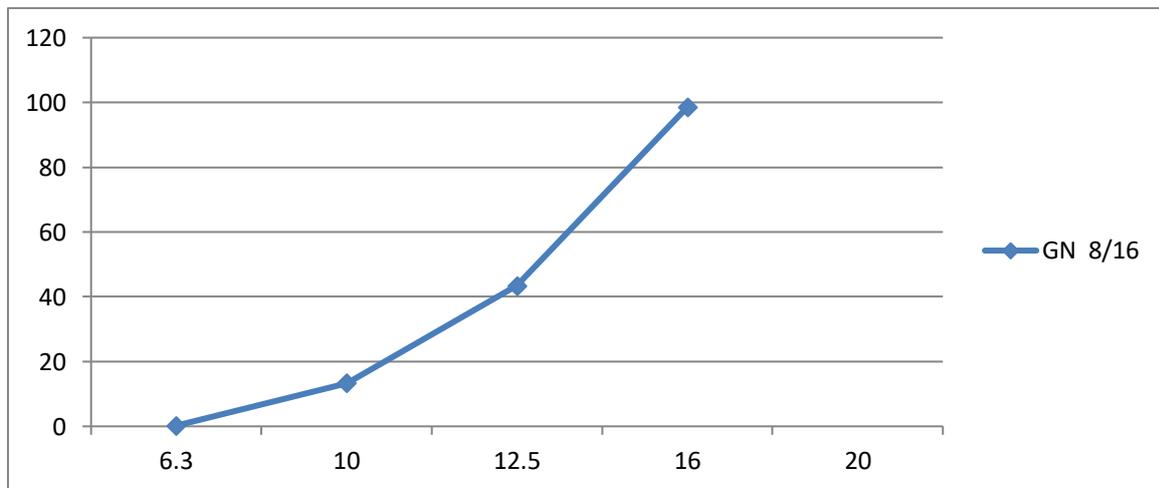


Figure 02 - Analyse granulométrique du granulats recycle (8-16) m=3000 g

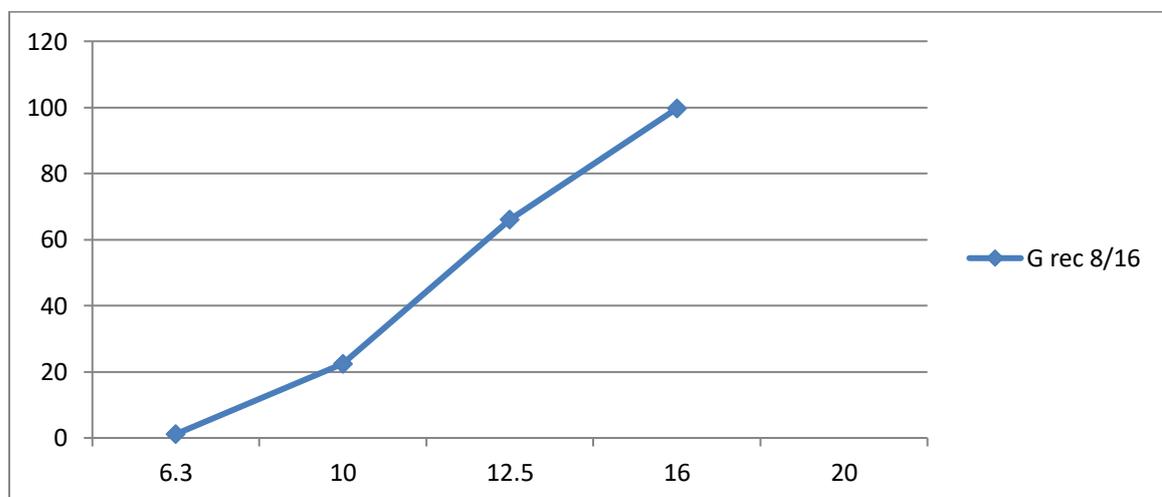


Figure 06-analyse granulométrique g recycle 8/16

Figure 03 : analyse granulométrique du granulat naturel (3-8) m=2000 g

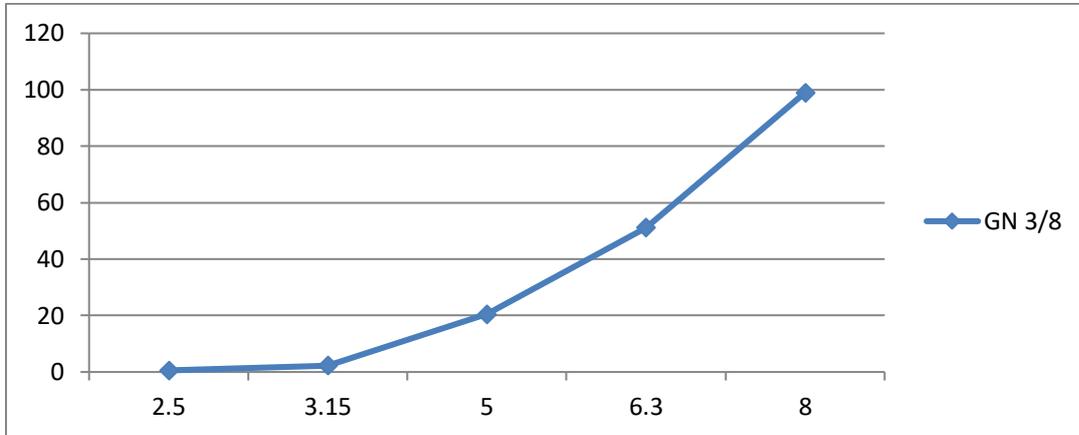


Figure 02-analyse granulométrique du granulat naturel (3-8)

Figure 04 : analyse granulométrique du granulat recycle (3-8)

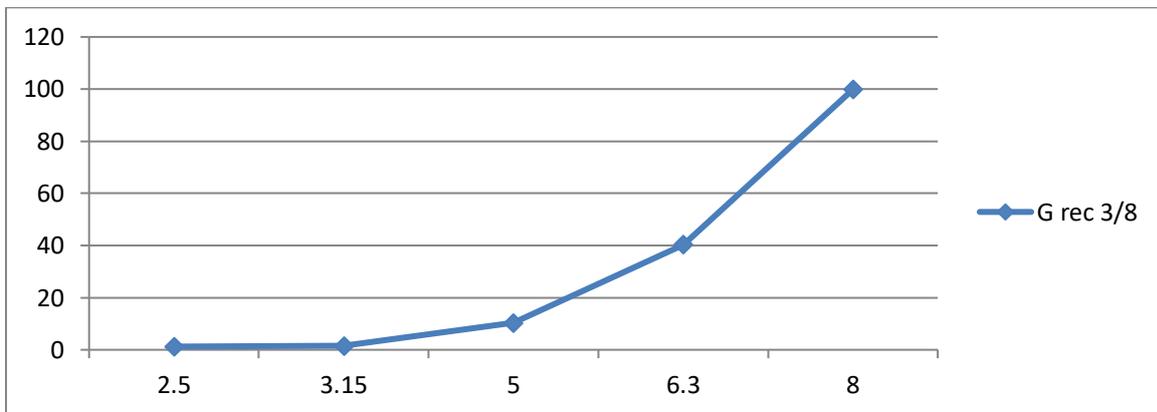


Figure 05 : analyse granulométrique du sable Naturel 5 mm m=2000 g

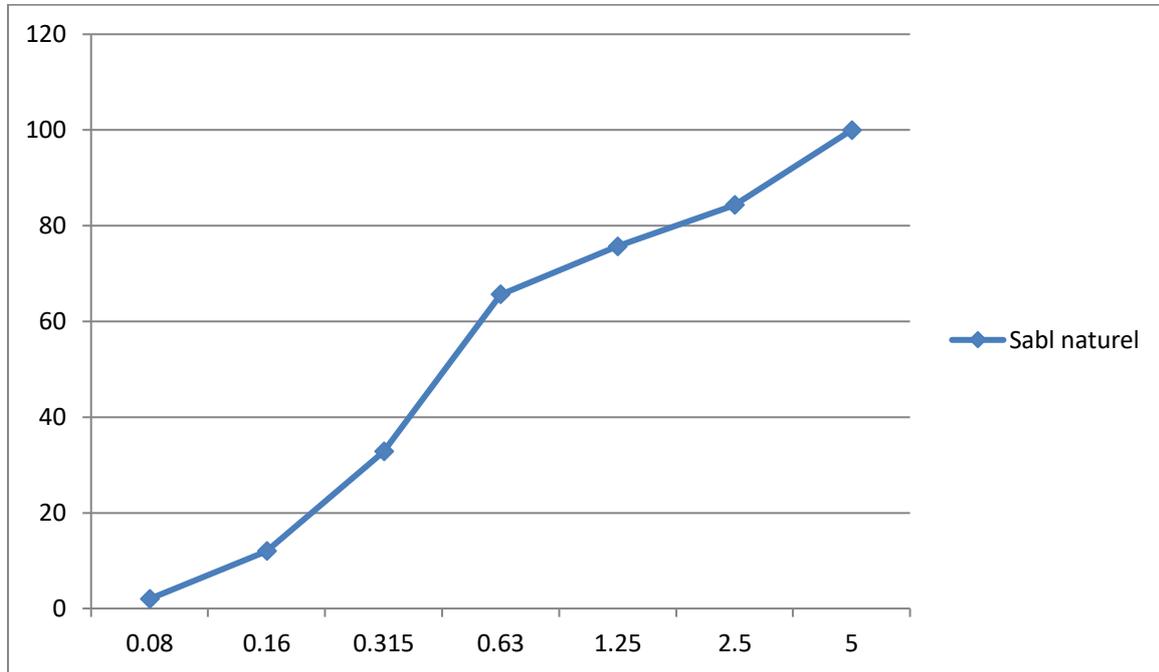


Figure 03-analyse granulométrique du sable naturel

Figure 06 : analyse granulométrique du sable Recycle 5 mm m=2000 g

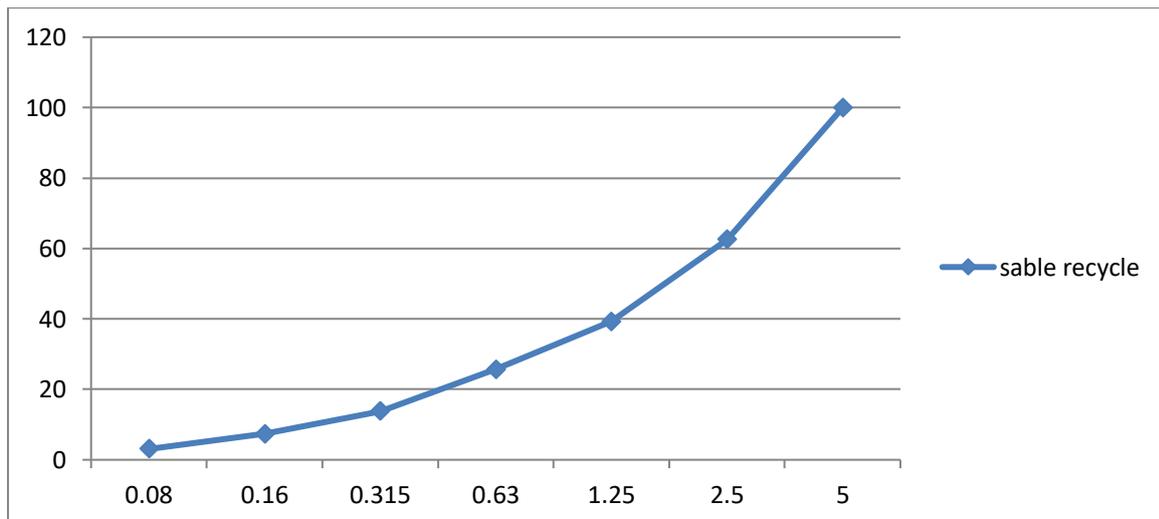


Figure 07--analyse granulométrique du granulats naturel (16-25)

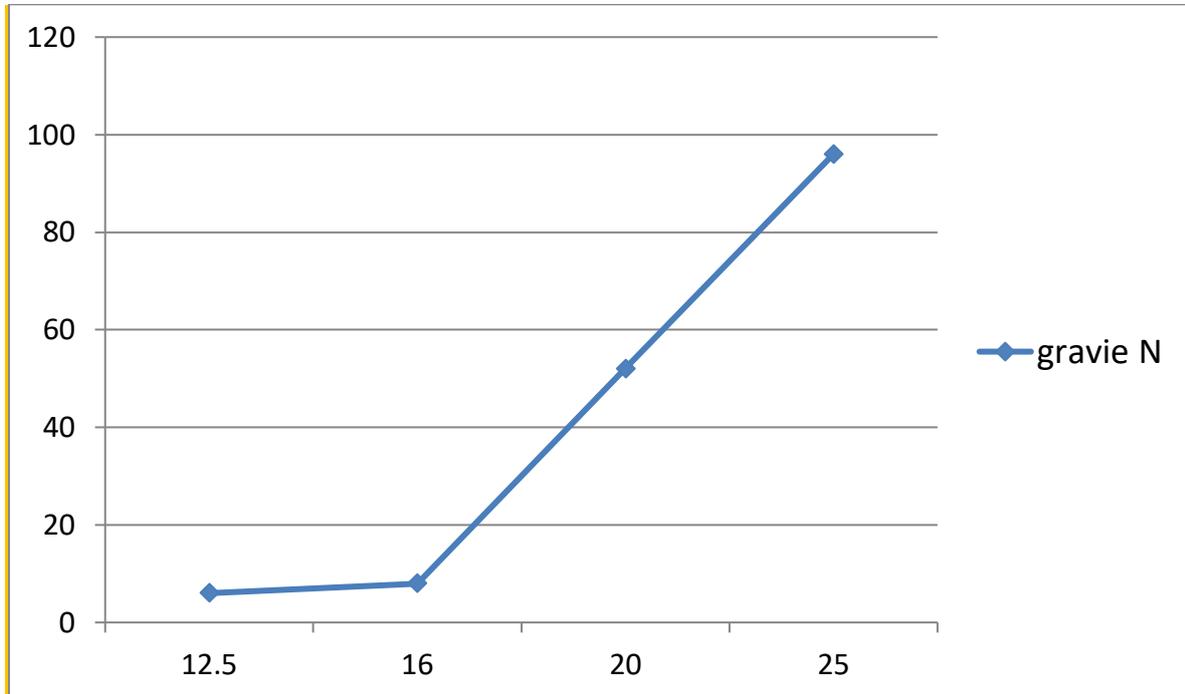
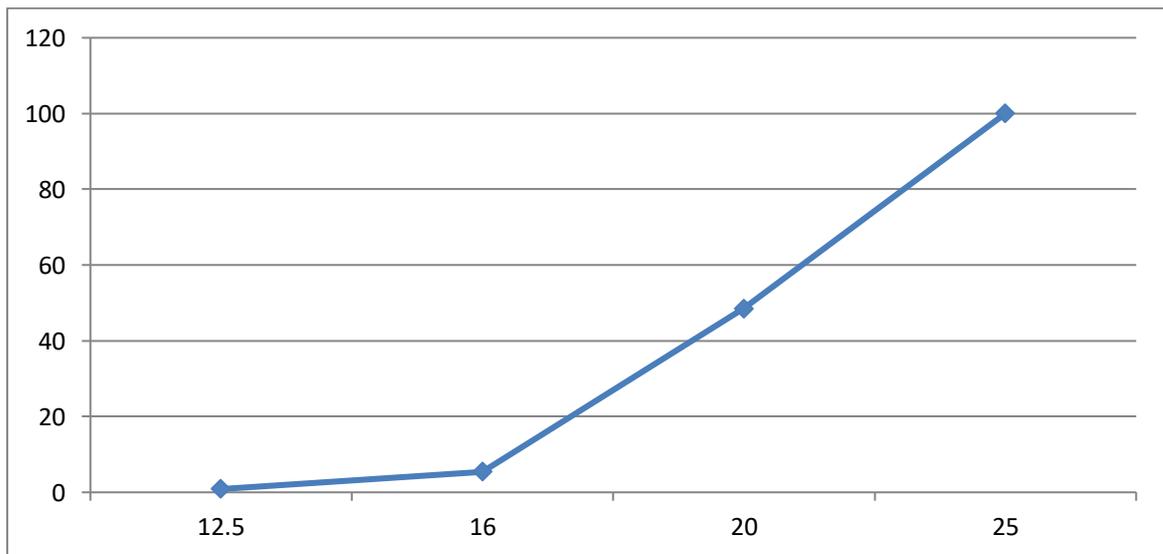


Figure 08--analyse granulométrique du granulats recycle (16-25)



Qualité de sable	Module de finesse
Sable fin	$1.8 \leq M_f \leq 2.2$
Sable moyen (préférentiel)	$2.2 \leq M_f \leq 2.8$
Sable grossier	$2.8 \leq M_f \leq 3.2$

Tableaux01- classement de sable

**Pour notre étude on a :**

- Sable naturel : sable fin
- Sable recyclé de béton : sable grossier

**III.02-Résultat de compression et traction et flexion :**

Tableau 02-Les Résultat de 0 % recycle après 6 j

	F - COMPRESSION	F -flexion	F-traction
E/C = 0.4	46 MPA	4.7 MPA	1.9 MPA
E/C = 0.6	19 MPA	2.72 MPA	1.08 MPA

Tableau 03-Les résultat de 10 % recycle après 5j

	F - COMPRESSION	F –flexion	F-traction
E/C = 0.4	37 MPA	4.27 MPA	1.71 MPA
E/C = 0.6	17 MPA	2.36 MPA	0.94 MPA

Tableau 04-Les résultat de 20 % recycle après 5 j

	F - COMPRESSION	F – flexion	F-traction
E/C = 0.4	34 MPA	3.71 MPA	1.48 MPA
E/C = 0.6	16.5 MPA	2.13 MPA	0.85 MPA

Tableau 05- les résultat de 30 % Recycle après 5j

	F - COMPRESSION	F – flexion	F-traction
E/C = 0.4	32.25 MPA	3.19 MPA	1.27 MPA
E/C = 0.6	16. MPA	0.9 MPA	0.36 MPA

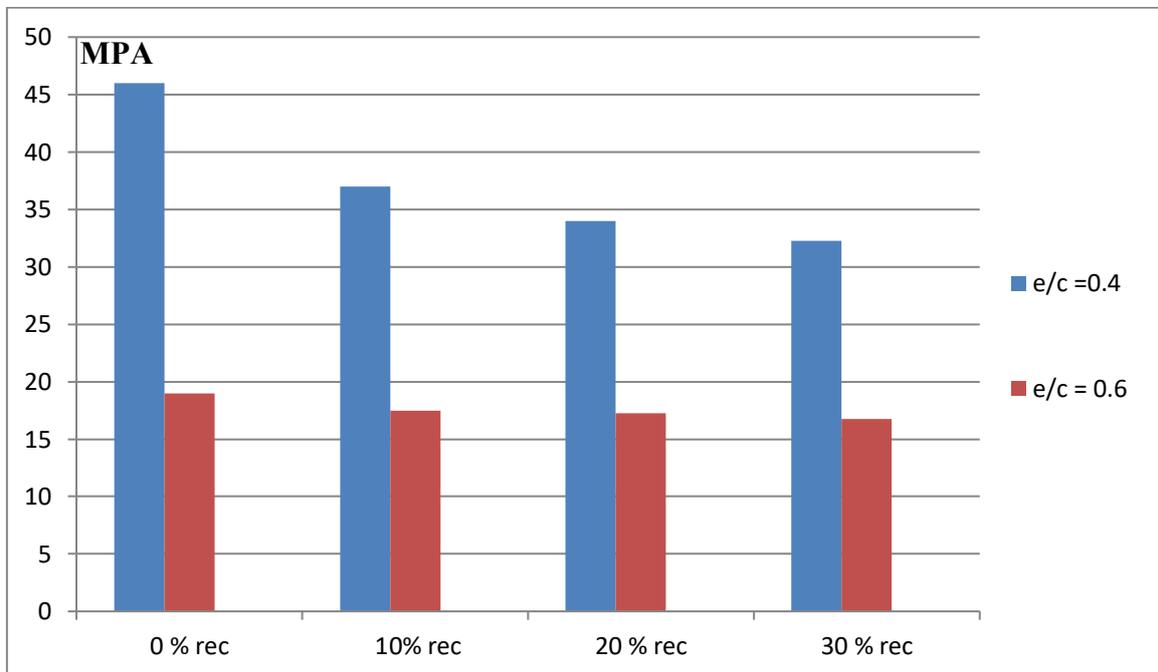


Figure 09-La résistance de compression et le pourcentage de recycle

**Observation :**

Nous avons remarqué que plus le pourcentage de déchets de démolition est élevé, plus la résistance à la pression est faible

**III.03-Essai de ultra son / :**

- **Classification du béton d'après la vitesse du son**

Vitesse du son en m/s	Appréciation de la qualité
> 4500	Excellent
3500 à 4500	Bon
3000 à 3500	Assez bon
2000 à 3000	Médiocre
< 2000	Très mauvais

Tableaux 06 –classification du beton

**Tableaux 07 -Résultat de appareil ultra son pour béton 0% recycle**

Ech	vitesse	Qualité
e/c = 0.4      0 % recycle	V= 5563 m/s	Excellent
e/c = 0.6      0% recycle	V= 2297 m/s	Médiocre

**Tableaux 08 -Résultat de appareil ultra son pour béton 10% recycle**

Ech	vitesse	Qualité
e/c = 0.4      10 %recycle	V=4475 m/s	Bon
e/c = 0.6      10 %recycle	V=2116 m/s	Médiocre

**Tableaux 09- Résultat de appareil ultra son pour béton 20% recycle**

Ech	vitesse	Qualité
e/c = 0.4      20 % recycle	4111 m/s	Bon
e/c = 0.6      20 % recycle	2085 m/s	Médiocre

Tableaux 10-Résultat de appareil ultra son pour béton 30% recycle

Ech	vitesse	Qualité
e/c = 0.4 30 % recycle	3899	Bon
e/c = 0.6 30% recycle	2025	Médiocre

Fuguer 10-Appareil de ultra son



**Observation :** nous avons obtenu une résistance généralement acceptable .

Mais ell diminue a mesure que la quantité de déchets de démolition augmente

**III.04-Essai de l absorption:**

ech	La mass sec	M sature apre 1 jour	M sature apre 3 jour	L absorption
e/c= 0.4 // 0% recycle	4800 g	4810 g	4815 g	0.31 %
e/c = 0.4 // 10 % recycle	9560 g	9590 g	9599 g	0.40 %
e/c = 0.4 // 20 % recycle	3500 g	3533 g	3540 g	1.14%
e/c=0.4 // 30 % recycle	5650 g	5750 g	5760 g	1.94 %
e/c= 0.6 // 0 % recycle	5760 g	5790 g	5795	0.60 %
e/c = 0.6 // 10% recycle	10200 g	10240	10300	0.98 %
e/c= 0.6 // 30% recycle	3900 g	4000 g	4025g	3.20 %

**Tableaux 11 – essai de l absorption**

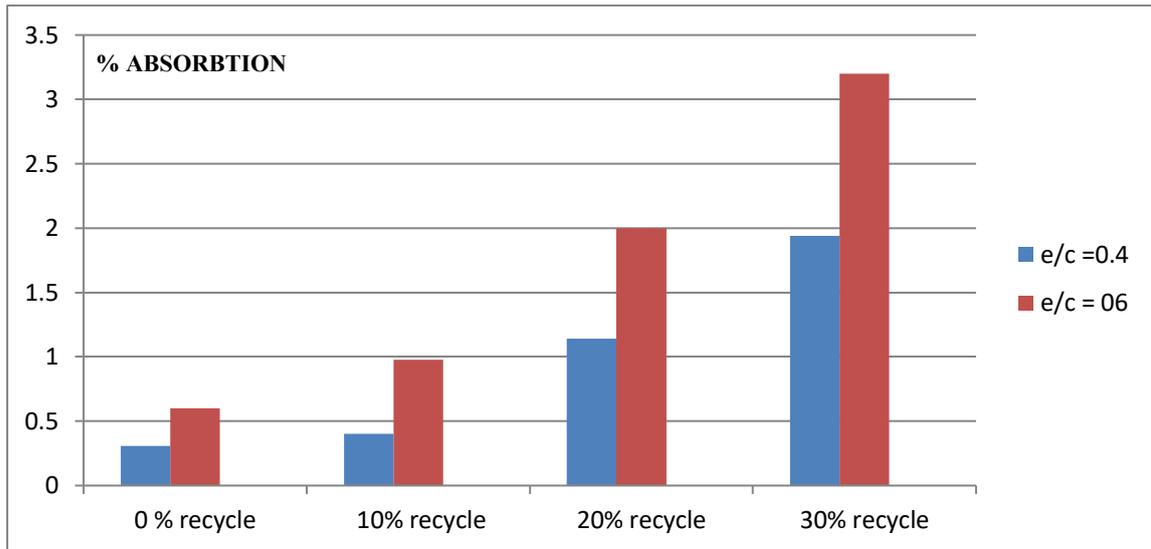


Figure 12– absorption du béton

**Observation :**

Le pourcentage d'absorption d'eau dans le béton augmente, plus le rapport e / c est élevé et plus le pourcentage de déchets de démolition (granulat recycle ) est élevé

### Conclusion général

Les résultats que nous avons obtenus nous ont montré la possibilité d'exploiter les déchets de démolition dans le mélange de béton dans des proportions différentes et un peu faibles. Il est utilisé dans la production de béton préfabriqué.

Nous avons remarqué que le processus de traitement thermique avec l'énergie solaire et l'évaporation accélère le durcissement du béton en très peu de temps 10 h et le béton atteint sa résistance maximale.

--Les résistances mécaniques varie en grande partie en fonction :

-Du dosage et du type de ciment employé

-Du volume d'air subsistant dans le béton ou la porosité

-Du dosage en eau La résistance en compression du béton ordinaire à 28 jours d'âge est comprise entre 30 à 45 MPa.

- La résistance en traction du béton est comprise entre 8 et 12% de la résistance en compression. Par contre, la résistance en cisaillement du béton est d'environ 5% de la résistance en compression

- granulat recycle il doit être placé dans l'eau avant utilisation parce qu'il absorbe beaucoup d'eau

-La porosité est une caractéristique extrêmement importante pour un béton. La réduction des vides est essentielle, notamment dans le but de faire face aux agents agressifs extérieurs et de lutter contre les risques de corrosion des armatures dans le cas d'un béton armé. Le choix du type de ciment à mettre en œuvre et l'augmentation du dosage permettent la réduction des vides et contribuent donc fortement à la durabilité de l'ouvrage.

- Mémoire de master matériaux en génie civil – nobli amira  
Formulation et caractérisation du béton a base des agrégats recycles [01]
- projet de fin d étude pour l obtention du diplôme de master- structure-berkani  
Etude du béton a base de déchets de démolition[02]
- Mémoire de master Matériaux –kherbache ahmed amin  
Etude physico-mécanique d'un mortie a base de granulat recycles [03]
- Site - <https://www.infociments.fr/betons/adjuvants> [04] le 15-05-2022
- Thèse présentée en vue de l'obtention Du Diplôme de Doctorat en Sciences  
Effet de l'étuvage par énergie solaire-Ben Khadda BEN AMMAR [05]
- Site - [https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89quivalent\\_de\\_sable](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89quivalent_de_sable) [06] le 27-05-2022
- Site - <https://www.coffrages-cosmos.com/> : Les différents types de béton et leurs spécificités.  
Le 28-05-2022 [07]
- Dupain .R et Lanchon .R : « Granulats, sols, ciment et bétons » Edition CASTEILLA-  
PARIS-2004 [08]
- R. MAILLOT, "Mémento technique des Granulats", les Presses de l'Ecole des Mines,  
Paris, 166 p., (2001). [09]
- BELAGRAA.L : cours matériau de construction, à l'Université El Bachir Ibrahimi, 3ème  
année, département de génie civil, 2011[10]
- Mrs Kaya, BETON GUIDE PRATIQUE (ECOLE DE METIERS), Burkina Faso. [11]  
Journal officiel de la république algérienne n°27 :4 rabie el aoul 1426 13 avril 2005. [12]

- Memoire de Master -SALHI – 2018 [13]
  
- Mémoire de Master (Berkouk et Ameer Tassadit , 2007) [14]
  
- Le matériau béton : connaissances générales (Chanvillard,1999) : [15]