



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologique et des Sciences Agronomiques

Département de Biologie



Mémoire

de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master

Filière : Biologie

Spécialité : Gestion des Déchets Solides

Thème

Recyclage des déchets inertes de marbre et de granite de la marbrerie YAHIAOUI-DBK dans la fabrication des dallages de sol.

Présenté par : BELMILOUD Lilia

BENKANOUN Dyhia

Membre du jury :

M^r A.HAMMOUM

Maitre de Conférences B

UMMTO

Président

M^{me} D. IZRI

Maitre Assistante A

UMMTO

Promotrice

M^r T.AMROUCHE

Maitre de Conférences A

UMMTO

Examineur

M^{me} N. SIAD

Maitre de Conférences A

UMMTO

Examinatrices

Promotion : 2016/2017

Remerciements

✓ Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et particulièrement **Mme IZRI.D** notre promotrice qui nous a beaucoup aidés durant toute l'année.

✓ Nous remercions les membres du jury :

Monsieur **HAMMOUM.A** de nous avoir fait l'honneur de présider le jury ;

Monsieur **AMROUCHE.T** d'avoir accepté de faire partie du jury ainsi que d'examiner notre modeste travail ;

Madame **SIAD.N** d'avoir accepté d'examiner notre travail en compagnie de Mr **AMROUCHE**.

✓ Nous voudrions remercier aussi toutes les personnes qui ont collaboré à la réalisation de ce travail et le personnel du laboratoire de Génie Civil pour leur aide et support.

✓ Nous remercions également la marbrerie **YAHIAOUI** pour avoir accepté de nous recevoir au sein de leurs unités, Nous citons Mr et l'entreprise de fabrication de briques **SARL-DBK-MAT** de Monsieur **HENNACHI K**.

✓ Nous tenons aussi à remercier nos collègues de la promo GDS pour leurs encouragements durant la réalisation de ce mémoire, ainsi que nos enseignants pour les merveilleux moments que nous avons vécus ensemble durant les deux années universitaires.

Lília & Dyhía

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Toute la famille BELMILOUD. Et surtout à mes parents pour tout ce qu'ils ont fait et pour le soutien qu'ils m'ont apporté durant toutes mes études.

Mes chers frères et leurs enfants.

Mes adorables sœurs : Djamila et leurs enfants et la mignonne Rachida.

Et à ma belle famille HAMZI

À mon mari bien-aimé Nacer-eddine

Et à mon fils Merouane

À tous mes enseignants de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Lilia

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Toute la famille BEKANOUN. Et surtout à mes parents pour tout ce qu'ils ont fait et pour le soutien qu'ils m'ont apporté durant toutes mes études.

Mes chers frères : Saâdi, Belkacem et Slimane.

Mes adorables sœurs : El-Kaïssa, Louïza, Karima et la mignonne Djidji.

Ma très tendre tante Farida.

Ma belle famille MAAICHA.

Mon cher et adorable mari ABD-ELMADJID.

Tous mes enseignants de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

DYHIA

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets.

1-Définition d'un déchet 3

1-1-Approche réglementaire 3

1-2-Approche environnementale 3

1-3- Approche économique 3

2-Typologie des déchets 4

2-1-Déchets spéciaux 4

2-1-1- Déchets spéciaux 4

2-1-2-Déchets spéciaux dangereux 4

2-2-Déchets ménagers et assimilés 4

2-3-Déchets inertes 4

3-Gestion des déchets 5

3-1-Définition 5

3-2-Mode de gestion des déchets 5

3-2-1-Tri des déchets 5

3-2-2-La pré-collecte 5

3-2-3-Collecte des déchets 5

3-2-3-1-Collecte porte à porte 6

3-2-3-2-Collecte en apport volontaire 6

3-2-3-3-Collecte sélective 6

3-2-4-le transport 7

3-2-5-Stockage 7

3-2-5-1-Déchetteries 7

3-2-5-2-Centre de tri	7
3-2-5-3- Station de transit	8
3-2-6-Traitement et valorisation des déchets	8
3-2-6-1-Traitements biologiques	8
3-2-6-2-Traitements thermiques	9
3-2-6-3-Traitements physico-chimiques	10
4-Déchets inertes	12
4-1-Définition et provenance	12
4-2-Typologie des déchets inertes	13
4-3-Elimination et valorisation des déchets inertes	13
4-4-Cadre juridique et institutionnel applicable aux déchets inertes en Algérie	14
4-5-Gisement	15
5-Politique Algérienne sur la gestion des déchets	15
5-1-Introduction	15
5-2-Sur le plan réglementaire	16
5-3-Sur le plan Institutionnel	16
5-4-Sur le plan économique	20
5-5-Stratégie, plan d'action et priorités	20
 Chapitre II : Présentation de l'entreprise	
 1-Etude du milieu physique	22
1-1-Situation géographique	22
1-2-Population et superficie	22
1-3-Limite administrative de la commune de DBK	22
1-4-Relief et hydrographie	23
2-Présentation de la zone d'étude	23
3-Principe de fonctionnement de l'industrie	25
3-1-Fiche technique	25
3-2-Les matériaux utilisés	26
3-3-Etude de processus de fabrication	27
4-Modes d'élimination des déchets générés par l'industrie	28

Chapitre III : Etude expérimentale

Méthodologie de travail

1- Fabrication des carreaux	30
2- Matériaux utilisés	30
3-Essais sur granulats	33
3-1- But de l'essai granulaire	33
3-2- Préparation d'analyse granulométrique	33
3-1-1- Mode opératoire	34
4- Les différentes étapes à réaliser au niveau de laboratoire	34
4-1- Préparation des moules d'entreposage	34
4-2- Préparation des échantillons à différent dosage	35
4-3- Coffrage et ajout de la ferraille	37
4-4- Séchage et décoffrage	38
4-5- Ponçage	38
5- Explication des tests effectués	39
5-1- Essai de poinçonnement	40
5-2- Test de flexion trois points	43
5-3- Essai de compression	46
5-4- Essai de dureté	47
6-Matériel utilisé pour les essais	49

Chapitre IV : Résultats et discussions

1- le marbre	50
2-Granite	51
3- Résultats d'analyse granulométrique	53
4-Présentation des résultats de l'expérimentation	59
4-1- Essai de poinçonnement	59
4-2- Essai de flexion	60
4-3-Essai de compression	62
4-4-Essai de dureté	63

Conclusion générale	67
Annexes	69
Références Bibliographiques	
Résumé	

Liste des abréviations

Abréviations

Significatif

ADEME	Agence D e l'Environnement et de la M aitrise de l' E nergie
AFNOR	Association Française de Normalisation et l' O rganisation O fficiel Chargé de F ixer les Normes
AND	Agence Nationales des D échets
CET	Centre d'Enfouissement T echnique
CNFE	Le C onservatoire National des F ormations à l'Environnement
DSD	D échets Spéciaux D angereux
DASRI	D échets d' A ctivités de S oins à R isque I nfectieux ou toxiques
EPIC	Etablissement P ublic I locaux à C aractère I ndustriels et C ommercial
ECO-jem	Système Public de Reprise et de Valorisation des déchets d'emballage
FEDEP	Le F ond pour l'Environnement et la D épollution
MATE	Le M inistère de l' A ménagement du T erritoire et de l'Environnement
MICL	Le M inistère de l' I ntérieur et des C ollectivités L ocales
PNAE-DD	P lan National de l'Environnement et du D éveloppement D urable
PNAGDES	P lan National de G estion des D échets Spéciaux
PNUD	P rogramme des Nations Unies pour le D éveloppement
PNUE	P rogramme des Nations Unies pour l'Environnement
PROGDEM	P rogramme Nationale de la G estion des D échets M énagers et A ssimilés
REVADE	Salon International de la R écupération et de V alorisation des D échets I ndustriels

SNVI	La Société Nationale des Véhicules Industriels
SNE	Stratégie National Environnementale
TAPD	La Taxe relative aux Activités Polluantes ou Dangereuses pour l'Environnement
3R	Réduction, Réutilisation et le Recyclage
Nm²	Nanomètre Carré ($1\text{nm}^2=10^{-18}\text{m}^2$) ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)
Pc	Pouvoir Calorifique (on évalue ce pouvoir en déterminant le poids d'eau que le combustible amène à une certaine température)
KN	Kilo Newton (il équivalant à 1Kg.m/s^2) ($1\text{KN}=10^3\text{N}$)
µm	Micromètre ($1\text{m}=10^{-6}\mu\text{m}$)
Kgf	Kilogrammes-force ($1\text{Kgf} = 9,80665\text{N}$) ($200\text{gf} = 0,2\text{Kgf}$)
D	Diagonale de l'empreinte en millimètres
MPa	Méga Pascale ($1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$)
SiO₂	Dioxyde de Silicium (la formule chimique de quartz)
Al₂O₃	Alumine ou Oxyde d'Aluminium (c'est de la bauxite à l'état naturel)
Na₂O	Oxyde de Sodium (utilisé dans la fabrication du verre)
K₂O	Oxyde de Potassium (c'est un solide cristallisé)
CO	Carbonate ou Monoxyde de Carbone
MgCO₃	Carbonate de Magnésium (est un solide de couleur blanche)
CaCO₃	Carbonate de Calcium
CaO	Oxyde de Calcium
CC	Calcite (composition chimique de marbre)
FK+QZ+BO	Feldspath+Quartz+Biotite (composition chimique de granite)
HV	Dureté Vickers (qui a l'échelle la plus large) ou Vickers Hardness

Liste des figures

Figure 01: La composition des déchets solides en Algérie (Source: REVADE, 2016)	5
Figure 02: Hiérarchisation de la gestion des déchets (Source : ADDOU, 2009)	11
Figure 03: Description de la zone d'étude DBK dans la willaya de Tizi-Ouzou	22
Figure 04: Situation géographique de la zone industriel (Source : Google Maps)	23
Figure 05: Marbrerie de YAHIAOUI	25
Figure 06: Le produit fabriqué (marche contre marche) par Marbrerie YAHIAOUI	28
Figure 07 : Déchets générés par la marbrerie YAHIAOUI	28 ; 29
Figure 08 : Broyeur à dent ou à mâchoires	31
Figure 09 : Les différents agrégats utilisés	33
Figure 10 : Un tamiseur mécanique	34
Figure 11 : Préparation des moules	35
Figure 12 : Les différentes étapes de la préparation des échantillons	35 ; 36
Figure 13 : Homogénéisation de la pate et la mise en moules	36
Figure 14 : Coffrage et ajout de la ferraille	37
Figure 15 : Evacuation des bulles d'air à l'aide d'une machine vibrante	37
Figure 16 : Décoffrage après 03 jours	38
Figure 17 : Ponçage des carreaux	38
Figure 18 : Les différents échantillons obtenus	39
Figure 19 : Délimitation des centres des carreaux	41
Figure 20 : presse hydraulique, IBERTEST piloté par un micro-ordinateur	42
Figure 21 : Ordinateur connecté à la machine de poinçonnement, flexion et compression	43
Figure 22: la force du troisième point sur l'éprouvette	44
Figure 23: Epprouvette pour l'essai de flexion	44

Figure 24: Photos montrant la fissuration de l'éprouvette sous l'effet de la force des 3P	45
Figure 25: Test de compression simple	46
Figure 26: Echantillon entre deux plaques métalliques prêtes a la compression	47
Figure 27: l'empreinte de la pénétration	47
Figure 28: Appareil de micro dureté INDENTEC ZHV1/M	49
Figure 29 : Photos montrant le marbre et le granite dans la nature	53
Figure 30 : Courbe d'analyse granulométrique du premier matériau granite	56
Figure 31: Courbe d'analyse granulométrique du deuxième matériau marbre	57
Figure 32: Courbe d'analyse granulométrique du sable rejet minier	58
Figure 33: Présentation graphique de l'essai de poinçonnement	59
Figure 34: Présentation graphique de l'essai de flexion	61
Figure 35: Présentation graphique de l'essai de compression	62
Figure 36: Présentation graphique de l'essai de dureté	63
Figure 37: Échelle relative de dureté de quelque minéral contenu dans le Marbre et le Granite (Échelle de Mohs)	64
Figure 38: Cristaux de quartz et sa structure cristalline	65
Figure39 : Cristaux de Calcite et sa structure cristalline	65

Liste des tableaux

Tableau 01: Fiche technique de marbrerie YAHIAOUI	25
Tableau 02: Quelques informations sur le marbre utilisé par marbrerie YAHIAOUI	26
Tableau 03: Quelques informations sur le granite importé par marbrerie YAHIAOUI	26
Tableau 04: Quelques informations sur le granito utilisé par marbrerie YAHIAOUI	27
Tableau 05 : Quelque caractéristique de déchets des rejets de mine d'El Abed	31
Tableau 06 : Résultats d'analyse granulométrique pour le matériau 01	54
Tableau 07 : Résultats d'analyse granulométrique pour le matériau 02	55
Tableau 08 : Les résultats obtenus pour l'essai de poinçonnement	59
Tableau 09 : Les résultats obtenus pour l'essai de flexion	60
Tableau 10 : Les résultats obtenus pour l'essai de compression	62
Tableau 11 : Les résultats obtenus pour l'essai de dureté	63
Tableau 12 : La quantité et les prix d'achats des matières utilisées pour produire les huit (08) carreaux de carrelage	66

Introduction générale

Le besoin universel de protéger l'environnement et de bien gérer les ressources, nécessitent d'établir de nouvelles lois et d'adapter des nouveaux concepts. La valorisation et le recyclage des déchets est un moyen efficace face aux contraintes d'ordres économiques et écologiques de ces dernières années. Les déchets constituent un réel problème, inévitable à toute vie biologique et à toute activité industrielle. Le recyclage et la valorisation des déchets sont aujourd'hui considérés comme une solution d'avenir afin de répondre au déficit entre production et consommation et de protéger l'environnement. Le recyclage a deux conséquences écologiques bénéfiques: la réduction du volume de déchets et la préservation des ressources naturelles.

Les déchets du bâtiment et des travaux publics (BTP) résultent majoritairement des chantiers de construction, de réhabilitation et de déconstruction. Ils sont composés à 90% de déchets inertes, le reste étant des déchets non dangereux (DND) et des déchets dangereux (DD). Issus de la fin de vie de produits naturels (pierres, terres, sables) ou de produits manufacturés (béton, marbre, céramique, brique, verre), les déchets inertes sont des déchets non polluants, chimiquement stables dans le temps et donc théoriquement neutre pour l'environnement. Toutefois, le transport et le stockage de ces déchets ont un impact significatif en termes d'émissions de CO₂ et d'utilisation des sols. Afin de limiter ces impacts et l'extraction de nouvelles ressources minérales, la valorisation des déchets inertes s'impose comme le mode de gestion le mieux approprié.

Nous estimons que seulement 30% des matériaux utilisés dans la construction sont actuellement recyclés, alors que la pratique dans certains pays européens, démontre que 90% sont réutilisables.

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

Suivant notre environnement, suivant la qualité de nos déchets, quel est le meilleur procédé de gestion de ces derniers ? Quelle est le mode le plus bénéfique pour la réduction des déchets, le plus bénéfique pour notre pays en général et notre ville plus précisément ? Quelles est la technique la plus bénéfique non seulement du point de vue gestion mais aussi

Réduction économique tout en respectant l'environnement ?

On peut rassembler toutes ces questions en une seule : « **quelle est la meilleure technique de recyclage des déchets inertes (Marbre et Granite) qui convient le plus à notre environnement nationale et locale ?** ».

Sensibles à cette question et conscients de l'intérêt de trouver des solutions durables pour nos déchets en réponse à la forte croissance de la population et à l'épuisement des matières premières, nous avons entamé une démarche thématique bien détaillée sur les moyens de recyclage des déchets inertes (marbre et granite).

Le but principal de cette étude est de démontrer techniquement la possibilité d'utiliser les déchets de marbre et de granite dans la fabrication des carreaux de carrelages, sous forme de substituts. Il convient d'étudier les caractéristiques physiques et mécaniques, des échantillons réalisés, dans ce sens, nous avons mené une série d'essais sur la résistance mécanique.

Notre travail pour objectif de recycler déchets de marbre et de granite, générés par l'entreprise, YAHIAOUI qui fabrique des marche contre marche.

Le contenu de mémoire comporte deux parties:

-une partie bibliographique, constituée de deux chapitres :

Le chapitre I: Généralités sur la gestion des déchets.

Le chapitre II: Présentation de l'entreprise et le processus de fabrication de marche contre marche.

-une partie expérimentale, consacrée à la caractérisation des matériaux utilisés pour la confection, puis les essais utilisées. Elle contient deux chapitres,

Le chapitre III : décrit la méthodologie expérimentale et le matériel utilisé.

Le chapitre IV: regroupe les résultats obtenus et la discussion.

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

Avant de valoriser un déchet, il faut connaître son origine, l'analyser, caractériser son état actuel et son comportement dans le temps et évaluer sa traitabilité. Il s'agit donc de «mesurer pour connaître et connaître pour agir».

L'approche globale du déchet permettra d'en définir son devenir, à savoir quel type de valorisation choisir.

Dans ce chapitre, nous décrivons le contexte de la gestion des différents types de déchets et les principales techniques de traitement ou d'élimination à travers le monde, ainsi le recyclage et la réutilisation des déchets dans le domaine des travaux publics.

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

1-Définition d'un déchet

1-1-Approche réglementaire

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

1-2-Approche environnementale

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

1-3-Approche économique

Sur le plan économique, un déchet est une matière ou un objet dont la valeur économique est nulle ou négative pour son détenteur à un moment et dans un lieu donné (**ROGAUME, 2015**).

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

2-Typologie des déchets

Les déchets peuvent être classés selon plusieurs critères : Selon leur origine, à savoir, les déchets urbains, d'activités de soins, agricoles et d'activités agricoles, industriels, industriels banals, industriel spéciaux et ultimes ; selon leur nature physique, à savoir, les déchets solides, liquides ou pâteux, gazeux et les boues ; selon leur nature chimique, à savoir, les déchets organiques, minéraux, métalliques, acides, basiques, polymériques et sels résiduels ; ou en fonction de leur potentiel polluant et leur toxicité, à savoir, les déchets dangereux, non dangereux et inertes.

Selon la **loi 01-19** du 12 décembre 2001, les déchets sont classés en 3 catégories.

2-1-Déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux (dans l'article 5)

2-1-1- Déchets spéciaux (DS)

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

2-1-2-Déchets spéciaux dangereux (DSD)

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

2-2-Déchets ménagers et assimilés (DMA) (dans l'article 5)

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

2-3-Déchets inertes (DI)(dans l'article 5)

« 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 ».

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

En général, la composition des déchets solides en Algérie

DMA : 11,5 MT/an Déchets inertes : 11 MT/an Déchets dangereux : 0,4 MT/an DASRI : 0,04 MT/an Soit un Total : 22,94 MT/an

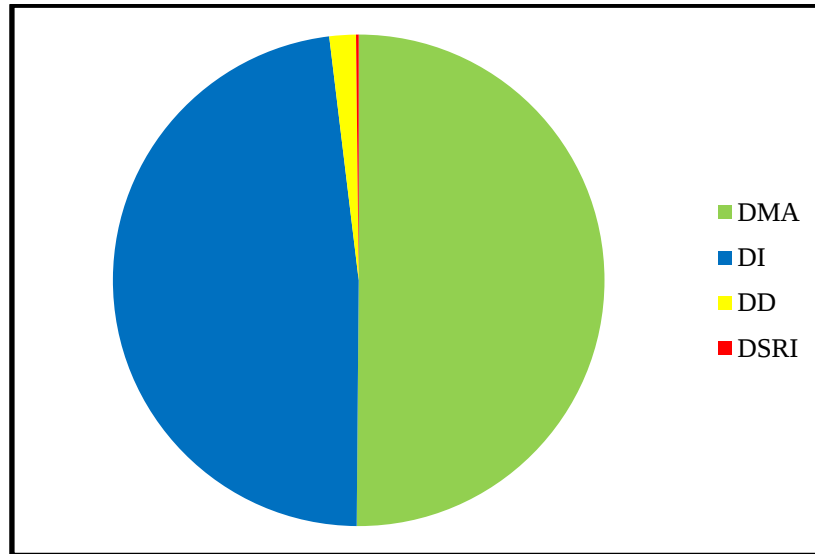


Figure 01: La composition des déchets solides en Algérie
(Source: REVADE, 2016)

3-Gestion des déchets

3-1-Définition

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

3-2-Mode de gestion des déchets

3-2-1-Tri des déchets

Toutes les opérations de séparation des déchets selon leur nature en vue de leur traitement (**Loi 01-19**).

3-2-2-Pré-collecte

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

3-2-3-Collecte des déchets

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

Il existe plusieurs sortes de collectes :

3-2-3-1-Collecte porte à porte

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

3-2-3-2-Collecte en apport volontaire

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

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

La collecte sélective qu'elle soit en apport volontaire ou en porte à porte concerne principalement les déchets valorisables (recyclage, réutilisation) des déchets ménagers.

3-2-3-3-Collecte sélective

Elle concerne certains déchets séparés par les producteurs en vue de leur valorisation ou d'un traitement spécifique.

- Collecte des emballages
- Collecte des médicaments
- Collecte des bio-déchets

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

- Collecte des huiles usagées
- Collecte des piles.

3-2-4-le transport

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

3-2-5-Stockage

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

Les problèmes liés au stockage sont variés :

- étanchéité

-surface occupée

-évolution à long terme du déchet

-interaction entre les différentes catégories de déchets traitées **(ROGAUME, 2015)**.

3-2-5-1-Déchetteries

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

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

3-2-5-2-Centre de tri

Lieu où s'effectuent le tri industriel et le conditionnement des déchets par type de matériau avant leur valorisation, traitement ou élimination.

Les déchets concernés sont en grande majorité les papiers, cartons, journaux, magazines, verres, plastiques, acier, aluminium... **(ADDOU, 2009)**

3-2-5-3-Station de transit

Une station de transit ou centre de transfert est une installation intermédiaire entre la collecte par benne des déchets ménagers et leur transport vers un centre de traitement (DESACHY, 2001).

3-2-6-Traitement et valorisation des déchets

Malgré une stratégie en matière de gestion des déchets prévoyant la diminution à la source, la diminution des polluants dans les biens de consommation, de collecte sélective et de valorisation, certains déchets ne peuvent être évités ou recyclés (KOLLER, 2009)

3-2-6-1-Traitements biologiques

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

Deux modes de traitements biologiques sont à définir :

En aérobiose : dégradation de la MO en présence d'oxygène (compostage).

En anaérobiose : dégradation de la MO en absence d'oxygène (méthanisation).

a-Compostage

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

b-Méthanisation

La méthanisation (ou encore appelée « digestion anaérobie ») est la transformation de la matière organique en un biogaz composé principalement de méthane et de gaz carbonique par un consortium microbien fonctionnant en anaérobiose. C'est une transformation naturelle qui se réalise dans tous les milieux où l'on trouve de la matière organique en absence d'oxygène, et où les conditions physico-chimiques sont compatibles avec celles du vivant (MOLETTA, 2011).

3-2-6-2-Traitements thermiques

Ce sont des traitements qui ont pour finalité la dégradation des déchets sous l'effet de la chaleur pour réduire leur volume et masse, ils peuvent s'accompagner de valorisation énergétique. Ils regroupent deux types de traitement : l'incinération, la pyrolyse (ANONYME, 2000).

a-L'incinération

Selon DESACHY (2001), l'incinération consiste à brûler les ordures ménagères dans des fours spéciaux adaptés à leurs caractéristiques : composition variable, taux d'humidité élevé et variable.

En effet, la chaleur générée par l'incinération fait l'objet d'une valorisation énergétique (production d'électricité et de chaleur) dans la plupart des unités l'incinération permet de réduire considérablement le volume (plus de 90% de réduction) et le poids des déchets (plus de 70%). Néanmoins tout ne disparaît pas et il reste des déchets ultimes (mâchefers des fours, cendres, résidus d'épuration des fumées). Il est à noter qu'une partie des mâchefers peut être valorisée comme matériaux pour la construction de routes (MOLETTA, 2009).

b-Pyrolyse

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

La thermolyse est un procédé de traitement par la chaleur (450 à 2 000°C) en l'absence d'air. Elle est applicable aux matières organiques qu'elle permet de décomposer en trois parties : un résidu solide (composé de cendres, minéraux et carbone), un résidu liquide huileux et un gaz chaud (BALET, 2014).

La thermolyse produit 2 000 à 2 500 Nm³ de gaz par tonne de déchets à 500°C (DAMIEN, 2013).

L'énergie qui en résulte pourrait très bien, compte-tenu du pouvoir calorifique (PC), produire de l'électricité ou du chauffage urbain par exemple (DESSARTHE et al, 1998).

3-2-6-3-Traitements physico-chimiques

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

a-Mise en décharge

La décharge est considérée comme un moyen d'élimination des déchets ménagers dans le but de s'en débarrasser définitivement (ADDOU, 2009).

b-Enfouissement

Une installation de stockage ou centre d'enfouissement technique (CET) peut se définir comme une installation d'élimination de déchets par dépôt ou enfouissement sur le sol ou dans les cavités artificielles ou naturelles, avec couverture ultérieure et réaménagement du site. Aujourd'hui un centre d'enfouissement technique doit être intégré dans une approche globale du traitement des déchets.

La création d'un CET doit impérativement prendre en compte les éléments suivant : la nature géographique et hydrologique du sol, la gestion de l'eau, le contrôle des produit entrant sur le site, le milieu naturel (faune /flore), le réaménagement du site en fin d'exploitation. (MOLETTA, 2009).

Selon (ROGAUME, 2015) on distingue trois types de centres de stockage, définis selon la perméabilité des sols, conditionnant ainsi la nature des déchets qui y sont entreposés :

- **Centre de classe I** : destiné à recevoir les déchets industriels dangereux ultimes, il doit être implanté sur un site imperméable (dont la perméabilité est inférieure à 10^{-9} m/s sur une épaisseur de 5m).
- **Centre de classe II** : destiné à recevoir les déchets ménagers et assimilés ultime, il est situé sur un site semi-imperméable, (imperméabilité inférieure à 10^{-9} m/s sur 3m ou 10^{-9} m/s sur 1m et 10^{-6} m/s sur 5m).
- **Centre de classe III** : destiné à recevoir les déchets inertes, il peut être implanté sur un site perméable.

c-Recyclage

Le recyclage d'un déchet consiste à réutiliser la ou différentes matières qui entrent dans sa composition ce qui permet d'économiser des matières premières et de l'énergie. (MOLETTA, 2009).

Ce mode de traitement concerne surtout le verre, le papier-carton, les emballages et les métaux : ces déchets font l'objet d'une collecte séparée déjà bien établie depuis longtemps et suivie d'un traitement spécifique de valorisation sous forme de recyclage : il s'agit d'une récupération de matière première, sans véritable transformation. (BALET, 2014)

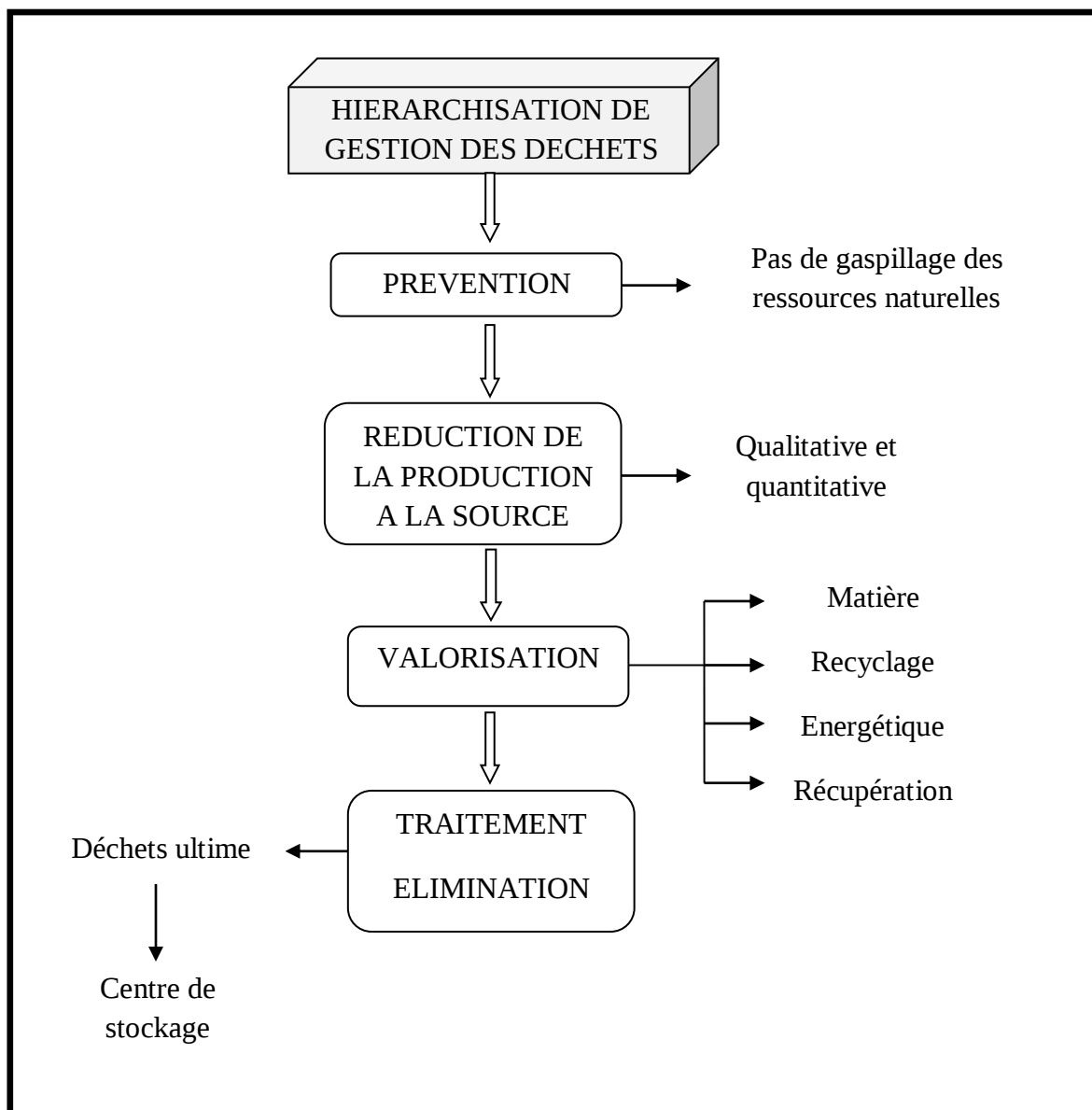


Figure 02: Hiérarchisation de la gestion des déchets (Source : ADDOU, 2009)

4-Déchets inertes (gravats inertes)

4-1-Définition et provenance

Les inertes sont, comme leur nom le laisse entendre, des déchets non polluants, chimiquement stables dans le temps et donc théoriquement neutres pour l'environnement. Mais ils sont produits en grande quantité et leur accumulation pourrait avoir un impact significatif. Ils sont facilement valorisables (**BALET, 2005**).

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

Selon **ADDOU (2009)** Ce sont des déchets physiquement et chimiquement stables. Ils sont inertes et donc non polluants. Ils proviennent des activités de construction, de démolition (secteur du bâtiment), des travaux publics...

- Béton
- Briques
- Céramiques
- Terre, pierres
- Tuiles
- Sable
- Carrelage
- Déchets de démolition et de construction en mélange
- Déchets non biodégradables...

Ne sont pas concernés dans ces catégories :

- Le béton armé
- Les déchets contenant de l'amiante
- Les déchets contenant du plâtre en grande quantité
- Les déchets combustibles

4-2- Typologie des déchets inertes

Selon **MOLETTA (2009)**, deux grandes catégories peuvent être distinguées :

- les terres de terrassements,
- les gravats de démolition

4-2-1- Les terres de terrassements

Comme leur nom l'indique, il s'agit de roches du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle provenant du décaissement des terrains pour l'implantation d'immeubles, d'ouvrage ou de plates-formes.

On peut distinguer plusieurs catégories de terres de terrassements :

- Les terres provenant de grands travaux (auto-routes, métro....)
- Les terres provenant de terrassements de petite importance (les terrassements d'immeubles, de villas...)
- Les matériaux routiers, provenant de la réfection de chaussées (sous-couches, résidus d'asphalte, bordures de trottoirs...).

4-2-2- Les gravats de démolition

Il devrait s'agir des produits minéraux ou d'origine minérale issue de la démolition. Toutefois, des problèmes sont apparus du fait de la présence, en mélange, de bois traités, de plâtre, de peintures, de moquettes... Les appels d'offre imposent désormais, le plus souvent, de procéder à de la déconstruction permettant de trier les différents produits et de les diriger vers des filières d'élimination adaptées.

On peut distinguer plusieurs catégories de gravats de démolition :

- les grosses démolitions
- les démolitions artisanales (il s'agit souvent de démolition simple)
- La rénovation d'immeuble (la façade est préservée et l'intérieure du bâtiment est démolie)
- Les déchets de chantiers (palettes, emballages plastiques, rebuts...)

4-3- Elimination et valorisation des déchets inertes (DI)

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

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

Destinations possibles pour ce type de déchets :

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

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

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

4-4-Cadre juridique et institutionnel applicable aux déchets inertes en Algérie

La production annuelle des déchets inertes issus essentiellement du domaine du Génie civil (Déchets de construction & démolition), représente environ 11 millions de Tonnes (2012). Ces derniers peuvent présenter un gisement valorisable rentable, il est donc important d'en tirer un bénéfice maximal en trouvant des alternatives efficaces, pérennes et rentable sur le plan économique.

La loi 01-19 prévoit dans son article 37 que « *La collecte, le tri, le transport et la mise en décharge des déchets inertes sont à la charge de leurs générateurs.*

Le dépôt, le rejet et l'abandon des déchets inertes sont interdits sur tout site non désigné à cet effet et notamment sur la voie publique».

L'article 38 « *Dans le cadre de son plan d'aménagement et de développement et conformément au schéma de gestion approuvé, la commune initie toute action et mesure visant l'implantation, l'aménagement et la gestion des sites des décharges désignées pour recevoir les déchets inertes.* »

L'article 39 « *Les déchets inertes non valorisables ne peuvent être déposés que dans des sites aménagés à cet effet.* »

L'article 42 de la loi 01-19 précise que « *Toute installation de traitement des déchets est soumise, préalablement à sa mise en service, à : une autorisation du président de l'Assemblée populaire communale territorialement compétent pour les déchets inertes.*»

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

Alors en général La loi n°01-19 du 12/12/2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets

❖ **Objet de la loi** : fixer les modalités de la gestion, de contrôle et de traitement des déchets;

❖ **principes de la loi**

- la prévention et la réduction de la production et de la nocivité des déchets à la source;
- l'organisation du tri, de la collecte, du transport et du traitement des déchets;
- la valorisation des déchets par leur réemploi, leur recyclage et toute autre action visant à obtenir, à partir de ces déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie; le traitement.

4-5-Gisement

Même s'il n'existe pas d'études sur cette catégorie de déchets, issus essentiellement du domaine du Génie civil (Déchets de construction & démolition), la production au niveau national est évaluée à 11.000.000 tonnes/an Ces déchets sont généralement déversés sur les abords des routes et les décharges sauvages.

Ces derniers l'Union Européenne fixe comme objectif à ses Etats membres peuvent présenter un gisement valorisable rentable de 65% de leurs déchets de chantiers non dangereux, il est donc important d'en tirer un bénéfice maximal en trouvant des alternatives efficaces, pérennes et rentable sur le plan économique

5-Politique Algérienne sur la gestion des déchets

5-1-Introduction

L'Algérie est confrontée actuellement à de sérieux problèmes de pollution. En effet, les pollutions engendrées par le rejet d'eaux industrielles non traitées, les émissions de gaz nocifs, la production de déchets dangereux, la déforestation, la désertification, et la dégradation de l'écosystème posent de sérieux problèmes environnementaux.

Ainsi, l'état de l'environnement est devenu ces dernières années très préoccupant en Algérie. Au vu de cette situation alarmante, toutes les parties concernées de la protection de l'environnement sont conscientes de devoir mener une intervention urgente dans le cadre d'une politique environnementale, en appliquant intégralement les textes législatifs, tout en appuyant sur la contribution du mouvement associatif pour concrétiser une protection efficace

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

de l'environnement, d'où la nécessité d'adopter une nouvelle approche basée sur la concertation, la communication et la participation de tous les secteurs et les différents acteurs institutionnels, privés et associatifs à tous les niveaux pour pouvoir efficacement protéger l'environnement en Algérie.

5-2-Sur le plan réglementaire

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

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

5-3-Sur le plan institutionnel

Un certain nombre d'instruments ont été mis en place ayant pour mission l'appui à la modernisation de la gestion des déchets :

5-3-1-Le Ministère de l'Environnement et de la transition énergétique

Le MATE est responsable de la politique environnementale, la planification et la coordination au niveau central avec d'autres secteurs gouvernementaux (notamment le Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Locales et les autres Ministères (Industrie, la santé, travaux publics, habitat, agriculture...) quand à la mise en œuvre de la stratégie relative à la gestion des déchets dans le cadre du Plan National de l'Environnement et du Développement Durable (PNAEDD).

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

Dans ce cadre, le MATE met en œuvre le PROGDEM en réalisant des programmes sectoriels au niveau des 48 wilayat du pays, à travers les Directions de l'Environnement. Il s'agit de la réalisation de centres d'enfouissement technique, de décharges contrôlées, de centre de tri et de déchetteries ainsi que leurs équipements. Les structures réalisées sont gérées par des établissements publics locaux à caractères industriels et commercial (EPIC) sous tutelle des wilayat.

5-3-2-Le Ministère de l'Intérieur et des collectivités locales (MICL)

Le MICL en sa qualité de tutelle administrative des collectivités locales, assure la coordination en matière de programme de développement local, apporte un soutien financier aux municipalités, notamment celles (nombreuses) dont le budget est déficitaire. Une aide matérielle constituée de dons de camions et bennes à ordures et de programme de réparation de véhicules en pannes est apportées aux communes dans le cadre d'un contrat entre le MICL et la Société nationale des véhicules industriels (SNVI) en vue d'améliorer la qualité du service public local.

5-3-3-Les collectivités locales

La wilaya : en vertu de l'article 141 de la loi 121-07 du 21-02-2012 relative à la Wilaya, peut créer des services publics de l'hygiène, la salubrité publique et le contrôle de qualité. Ainsi des établissements publics locaux (EPIC) sont créés pour la prise en charge de la gestion des déchets, notamment l'exploitation des CET et parfois la collecte des ordures ménagères.

La commune : Les responsabilités en matière de gestion des déchets solides sont fixées et par la loi N°11-10 du 22 juin 2011 relative à la commune (notamment art 123 alinéa 3) et par la loi relative aux déchets 01-19 du 12/12/2001 (art 31 et 32). Pour les déchets ménagers et assimilés (DMA) générés sur son territoire, la Commune est responsable de la collecte, traitement, élimination ou valorisation (loi 11-10 art 123 alinéa 3).

La commune organise la collecte en régie ou la concède à un établissement public local, voire au secteur privé.

5-3-4-Le secteur industriel

Les industriels générateurs et/ou les détenteurs de déchets spéciaux sont tenus d'assurer ou de faire assurer à leur charge, la gestion de leurs déchets. Ils peuvent, à cet effet, décider de s'associer dans des groupements agréés chargés de remplir les obligations qui leur

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

incombent (loi 01-19 art 7). Les générateurs de DISD sont en outre tenus de déclarer leurs déchets (nature, quantité, caractéristiques) par les générateurs et/ou les détenteurs des déchets spéciaux dangereux au ministre chargé de l'environnement est rendue obligatoire (loi 01-19 article 21).

5-3-5-Le Secteur de la santé

Les structures sanitaires sont responsables de la gestion des déchets issus des activités de soins à risque infectieux (DASRI) ou toxiques. Leur élimination est à la charge des établissements qui les génèrent et doit être pratiquée de manière à éviter toute atteinte à la santé publique et/ou à l'environnement.(loi 01-19 art 18).

Le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement a par ailleurs créé les institutions suivantes :

5-3-6-Les agences nationales sous tutelle du MATE

Le MATE a créé plusieurs établissement publics nationaux à caractère industriels et commercial (EPIC) en vue d'asseoir la stratégie nationale de protection de l'environnement. Parmi ces établissements, deux d'entre eux jouent un rôle important dans l'appui à la bonne gestion des déchets à savoir:

- **L'Agence nationale des déchets (AND)** chargée entre autres de :

- fournir l'assistance aux collectivités locales dans le domaine de la gestion des déchets.

A ce titre elle est notamment chargée de :

- entreprendre toute étude sur les déchets que le Ministre chargé de l'environnement décide de lui confier.
- contribuer à l'élaboration de plans nationaux, régionaux et locaux de gestion des déchets ménagers.
- entreprendre des opérations pilotes dans le domaine du tri, de la collecte sélective et de la valorisation des déchets.
- entreprendre des études et réaliser des expériences pilotes destinées à réduire à la source la production des déchets.
- fournir à des tiers toutes sortes d'études et de prestations entrant dans son champ d'activités.

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

- promouvoir des activités de tri, de collecte, de transport, de traitement, de valorisation et d'élimination des déchets, dans le cadre de l'ECOJEM.
- Eco-jem est un système public de reprise et de valorisation des déchets d'emballages créé en 2004 par le décret exécutif N°04-199 en date du 19/07/2004 fixant les modalités de création, d'organisation et de fonctionnement du système public de traitement des déchets d'emballages.

Plusieurs fabricants de boissons ont déjà adhéré à ce système dans le but de favoriser le recyclage du plastique PET et du verre, mais le lancement n'est pas encore effectif.

- Le Conservatoire National des Formations à l'Environnement (CNFE)

Est chargé de renforcer les capacités techniques de tous les acteurs publics, privés et associatifs. Il est créé pour répondre à leurs besoins en éducation, formation et sensibilisation dans le domaine de l'environnement, plus particulièrement dans le domaine de la gestion des déchets solides.

Dans le domaine des formations sur les déchets solides, le CNFE a formé des milliers d'agents municipaux et autres cadres des collectivités locales et des structures sanitaires. Ces formations concernent des thématiques environnementales en général et la gestion des déchets en particulier, notamment la collecte, le traitement, la gestion des centres d'enfouissements techniques (CET), la décontamination des sols pollués, le principe des "3Rs" (collecte sélective et recyclage), l'éducation environnementale...

Le CNFE exploite en outre les maisons de l'environnement des wilayat que le MATE réalise et met à sa disposition. Ces maisons ont pour rôle l'éducation à l'environnement et la promotion des actions telles le tri des déchets, la sensibilisation, le reboisement, les classes vertes... en collaboration avec les administrations locales et la société civile. Par ailleurs, ces maisons abritent les sessions de formation au profit des cadres et personnels des collectivités locales.

5-3-7- Le Fond pour l'Environnement et la Dépollution (FEDEP)

Le Fond pour l'environnement et la dépollution (FEDEP) mis en place par le Gouvernement a pour objectif principal :

- Aide aux actions concourant à la reconversion des installations existantes vers les technologies de production plus propre, conformément au principe de prévention.
- Financement des actions de contrôle de la pollution à la source.

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

- Financement des actions de surveillance de l'état de l'environnement.
- Financement des études et recherche scientifique.
- Dépenses relatives aux interventions d'urgence en cas de pollution accidentelles.
- Subventions destinées aux actions relatives à la dépollution industrielle.
- Encouragement des projets d'investissement intégrant des technologies plus propres.

5-4- Sur le plan économique

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

- *La Taxe forfaitaire affectée* qui représente une taxe sur les activités polluantes ou dangereuses.
- *Les Taxes écologiques d'orientation* spécifiques définies par:
 - ✓ La Taxe d'incitation au " déstockage" des déchets industriels.
 - ✓ La Taxe d'incitation au déstockage des déchets liés aux activités de soins.
 - ✓ La Taxe complémentaire sur la pollution atmosphérique d'origine industrielle.
 - ✓ La Taxe relative aux activités polluantes ou dangereuses pour l'environnement (TAPD).
- Le fonds pour l'environnement et la dépollution (**FEDEP**) qui a pour principale mission l'incitation à la reconversion des installations existantes obsolètes et polluantes vers des technologies de production plus propres et l'encouragement des projets d'investissement intégrant des processus qui tiennent compte de la protection de l'environnement.

5-5-Stratégie, plans d'action et priorités

L'Algérie est passée de la décharge sauvage à la décharge contrôlée et au centre d'enfouissement technique, traduisant ainsi une réelle prise de conscience pour la protection de l'environnement et la nécessité d'une gestion intégrée des déchets solides ménagers et assimilés.

Le programme en cours de réalisation est ambitieux et devrait se concrétiser à terme par la réalisation de :

- 146 décharges contrôlées,
- 126 CET de classe II,

Chapitre I : Généralités sur la gestion des déchets

- 54 CET classe III,
- 32 déchetteries,
- 29 centres de tri, et la réhabilitation des décharges sauvages.

A l'horizon 2018, on prévoit la réhabilitation des plus importantes décharges à travers le territoire (Alger, Oran, Annaba, etc.), tandis que le nombre de CET de classe II et décharges contrôlées dépassera 300 et contribuera, ainsi, à prendre en charge plus de 75 % des déchets ménagers et assimilés.

1-Etude du milieu physique

1-1- Situation géographique

La daïra de Draâ Ben Khedda (**Mirabeau** durant la période coloniale française) est une circonscription administrative algérienne située dans la wilaya de Tizi-Ouzou et la région de Kabylie. Son chef-lieu est situé sur la commune éponyme de Draâ Ben Khedda.

Située à 11 km à l'ouest de Tizi-Ouzou et à environ 90 km à l'est d'Alger.

1-2- Population et superficie

Elle est, d'après le recensement de 2008 la population totale de la daïra est de 83 935 habitants pour une superficie de 172,23 km².

1.3- Limite administrative de la commune de Draâ Ben Khedda

Conformément à la dernière organisation territoriale, Comme l'indique la figure, la commune de Draâ Ben Khedda est délimitée par :

- La commune de Sidi Naaman au nord,
- La commune de Tizi-Ouzou à l'est,
- La commune de Tirmidine au sud,
- La commune de Tademaït à l'ouest.



Figure 03: Description de la zone d'étude DBK dans la wilaya de Tizi-Ouzou

1.4-Relief et hydrographie

Le territoire de la commune est bordé au nord par l'oued **Sebaou** et traversé par l'oued Bougdoura dans sa partie ouest.

2-Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude se localise dans la commune de Draâ Ben Khedda, l'accès est assuré par une piste à droite de la route nationale N12, elle s'étend sur la partie nord la ville de DBK, où loin de la Gare Mirabeau à 300 mètres.

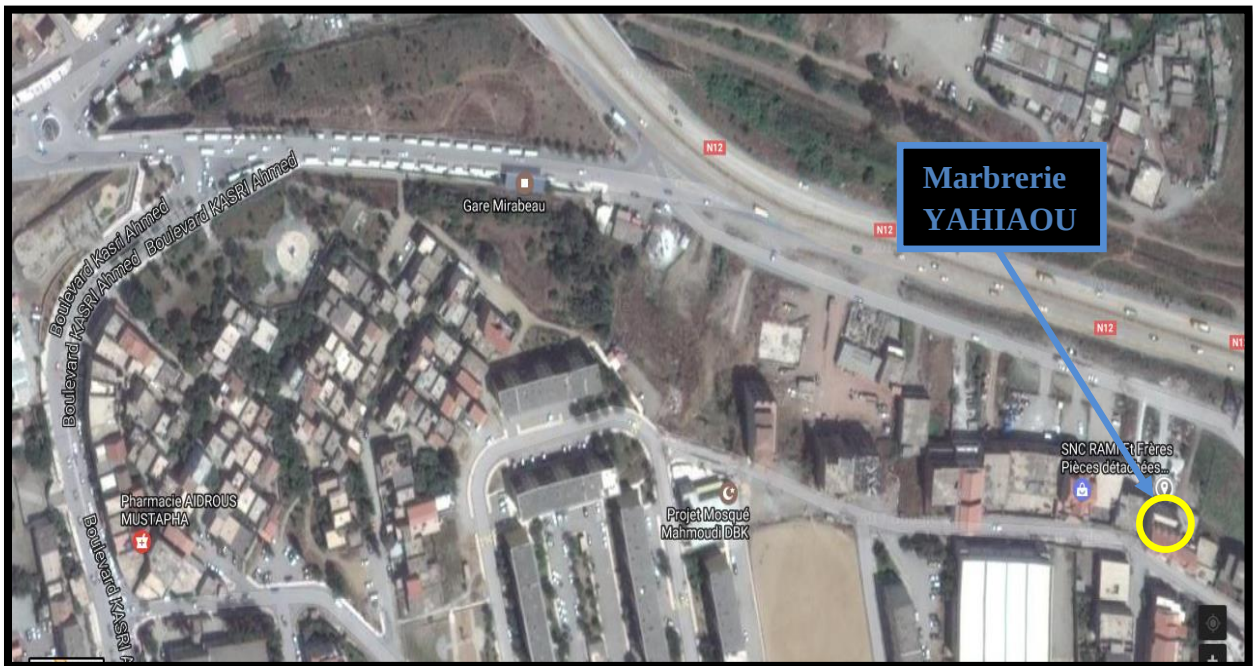


Figure 04: Situation géographique de la zone industrielle DBK
(Source : Google Maps)

Notre travail avait pour objectif de diagnostiquer une entreprise de fabrication des marches contre marches, marbrerie **YAHIAOUI**, qui génère des déchets inertes et de voir les possibilités de valorisation de ces déchets. Selon les étapes suivantes s'est effectué le travail

- ✓ Phase d'enquête
- ✓ Phase d'investigation de terrain
- ✓ Matériel utilisé pour l'enquête
- ✓ Méthodes d'enquête

- **Phase d'enquête**

Le but en est essentiellement de s'informer, via les diverses questions suggérées, sur les processus de fabrication des marches contre marches en vue de connaître les types de déchets générés et les modalités de ramassage et de collecte des déchets en vue de leur élimination.

Ces questions limitées et posées oralement au responsable de l'industrie **YAHIAOUI** et aux travailleurs en général.

- **Phase "investigations de terrain"**

Bien que la bibliographie et les questions posées soient en mesure d'apporter des informations précieuses sur la gestion des déchets au niveau de notre zone d'étude, il nous a semblé utile et opportun de compléter les approches bibliographiques de diagnostic par des investigations de terrain; seule manière de s'informer, in situ, sur l'état actuel de déchets.

- **Matériel utilisé pour l'enquête**

-Appareil photo

-GPS

- **Méthodes d'enquête**

-Visite de l'entreprise :

Notre visite a été effectuée dans l'atelier de fabrication des marches contre marche, avec prise de photos et prise de notes.

-Entretiens avec les responsables :

Des guides ont été mis à notre disposition au sein de l'entreprise, pour nous permettre de bien nous diriger et de comprendre le fonctionnement et la gestion de celle-ci.

-Le responsable nous a expliqué le fonctionnement de l'entreprise, les conditions de travail, les mesures prises pour assurer la sécurité des employés, les types de « déchets » générés.

-Modes de gestion des déchets inertes.

On a répertorié l'ensemble des déchets générés par cette activité, depuis le mélange des matériaux et tout au long du processus de fabrication des marches contre marches.



Figure 05: Marbrerie de YAHIAOUI

3-Principe de fonctionnement de l'industrie

3.1- Fiche technique

Tableau 01: Fiche technique de la marbrerie YAHIAOUI

Responsable	Ouvriers	Superficie de l'entreprise	Paillasse	Produit fabriqué	Quantité produite/jour	Prix de vente
01	06	220m ²	03 tables d'entrepose des plaquettes de granito	marches contre marches	Environ 30 marches et 30 contre marches	2200 DA/m ²

Chapitre II : Présentation de l'entreprise

3.2- les matériaux utilisés

- Marbre

Tableau 02: Quelques informations sur le marbre utilisé par la marbrerie YAHIAOUI

Couleur	Forme	Dimension	Épaisseur	Centre d'achat	Prix d'achat	Prix de vente
Différentes couleurs (Blanc, beige, gris...)	Feuilletée	Environ 3mX2m	2,5cm	Importation	Environ 9000DA/Feuille	6800DA/m ²

- Granite

Tableau 03: Quelques informations sur le granite importé par marbrerie YAHIAOUI

Couleur	Forme	Dimension	Épaisseur	Centre d'achat	Prix d'achat	Prix de vente
Noir galaxie	Feuilletée	Environ 3m/2m	2,5cm	Importation	Environ 14000DA/Feuille	1million DA/m ²
D'autres couleurs	Feuilletée	Environ 3m/2m	2,5cm	Importation	11000DA/feuille	7000DA/m ²

Chapitre II : Présentation de l'entreprise

- **Granito**

Tableau 04: Quelques informations sur le granito utilisé par la marbrerie YAHIAOUI

Couleur	Forme	Fraction	Centre d'achat	Prix d'achat
Blanc	Gravier	3/8	Bouira et Setif	1500DA/Gaudi
Noir	Gravier	3/8	Béjaia	1500DA/Gaudi
Rouge	Gravier	3/8	Oran	1500DA/Gaudi
Jaune	Gravier	3/8	Setif	6000DA/Gaudi

3.3 - Etude du processus de fabrication

La fabrication des marches contre marches elle se compose par deux couches de béton;

La première couche, elle compose de granito extrait (gravier 3/8) il est mélangé avec du ciment blanc et en rajoute de l'eau de robinet jusqu'à l'obtention d'une pate plastique : En passant par plusieurs étapes ;

- ✓ Préparation de pate sur la table d'entrepose des plaquettes de granito avec des planches de bois
- ✓ Obstruction de tous les petits vides avec du plâtre par lesquelles la matière pourrait s'échapper lors de versement de la pate en dehors des moules
- ✓ Graissage du fond pour pouvoir décoffrer facilement après séchage de la pate
- ✓ Après 3h environ lorsque la première couche est un peu séchée en passant à la préparation de la deuxième pate qui compose du sable du ciment et de l'eau de robinet et en verse celui-ci sur la première couche
- ✓ Trois jours maximum on passe au décoffrage.

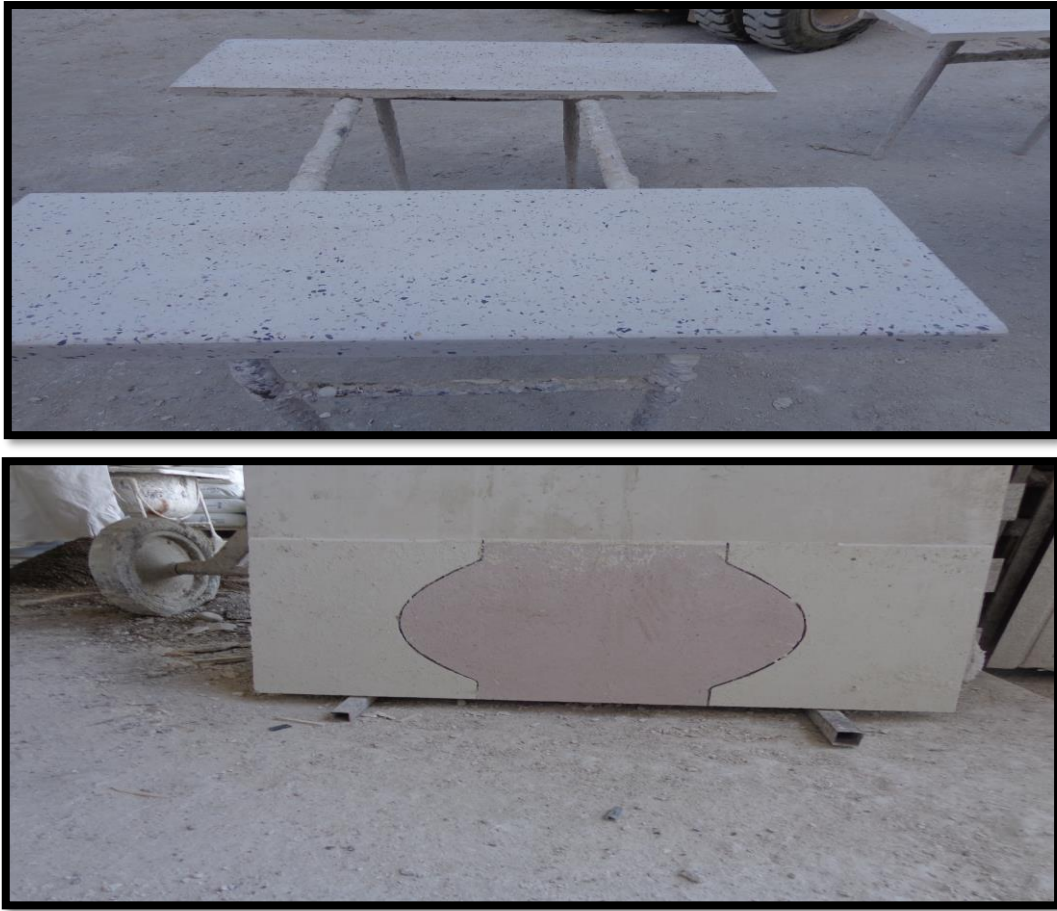


Figure 06: Le produit fabriqué (marche contre-marche) par la Marbrerie YAHIAO

4 - Modes d'élimination des déchets générés par l'industrie

Marbrerie YAHIAOUI génère deux types de déchets selon leur forme



(a) : Poudre de marbre et de granite mouillée

Le deuxième type de déchets généré par la marbrerie YAHIAOUI



(b) : Débris inertes (marbre et granite)

Figure 07 : Déchets générés par marbrerie YAHIAOUI

La marbrerie YAHIAOUI génère deux types de déchets et les élimine de deux modes différents :

Premier type : poudre mouillée issue de la coupe des feuilles de marbre et de granite, elle est évacuée puis déversée directement dans l'oued Sebaou.

Deuxième type : ce sont des débris inertes (petits morceaux de marbre et de granite) qui sont vendus par la marbrerie au prix de 4000 à 5000 DA/la palette (1m X 1m), ainsi à la réutilisation pour une seconde fois à usage ornementale.

Notre travail expérimental a consisté à mener une expérience de laboratoire en vue de voir la possibilité de valoriser les déchets de marbre et de granite issus de la marbrerie YAHIAOUI, les déchets des rejets de mine (sable) issus de la mine d'El Abed pour la fabrication des carreaux de carrelage.

Nous avons utilisés des granulats recyclés (déchets de marbre et de granite) et des rejets de mine (sable), dans la de fabrication des carreaux de carrelage. Notre application a consisté concrètement en la substitution du gravier incorporé dans les carreaux par les déchets de marbre et de granite.

Les constituants de base des différents carreaux, que nous avons utilisées sont les granulats de marbre, de granite, le sable, le ciment gris, le ciment blanc et l'eau.

❖ **Méthodologie de travail**

1- Fabrication des carreaux

Les carreaux ont été fabriqués au niveau de laboratoire Génie Civil.

2- Matériaux utilisés

- Le ciment

Dans notre étude nous avons utilisé un ciment gris Portland composé CPJ-CEM II- 42,5 NA 442 ; fabriqué par la société des ciments de SOUR EL GHOZLANE BOUIRA et le ciment blanc Portland au Calcaire composé NA442 CEMII, A-L52, 5N provenant de LAFARGE Oggaz, Mascara, Algérie.

- L'eau de gâchage

L'eau utilisée pour l'ensemble des essais est celle du robinet.

- Granulats

Sont utilisés dans cette étude des granulats concassés mécaniquement. Ils sont de trois classes granulaires : sable 0/3, gravier 5/5, gravier 0/8, gravier 3/8, gravier 8/15.

- Ajout minéral

Les trois types d'additions récupérées de déchets inertes au cours de cette étude sont :

- ✓ Les déchets de marbre et de granite : Ces déchets proviennent de la marbrerie YAHIAOUI de DBK. Ils ont été concassés au niveau de briqueterie SARL-DBK-MAT de HENNACHI à l'aide d'un broyeur (figure 08).



Figure 08 : Broyeur à dent ou à mâchoires

- ✓ Sable : Les déchets de rejet de mine dérivés de l'exploitation de la mine d'El Abed, situé à 70 Km au Sud Ouest du chef lieux de la willaya de Tlemcen et à 6 Km de la commune de Bouihi qui est rattachée à la daïra de Sidi El Djillali qui contient des gisements polymétalliques de Pb-Zn. Est le prolongement d'une importante couche minéralisée dont une partie se trouve au Maroc.

La composition chimique de rejets de mine d'El Abed donné dans le tableau 05

Tableau 05 : Quelques caractéristiques de déchets des rejets de mine d'El Abed

Caractéristique	Forme	Couleur	Composition chimique
Résultats	Sable fin	Gris foncé	Pb (1,05%) Zn (4,59%)

- Plâtre
- Ferrailles
- Huile usagée
- Pinceaux
- Feuille de papier de verre à taille des grains de 80µm
- Le mètre ruban

- Balance de précision

Nous avons confectionné 8 échantillons de différentes formulations :

Echantillon 1(1G): 35,75% gravier de granite (0/8)+ 24,10% de sable+24,10% ciment gris + 16,05% d'eau.

Echantillon 2 (2G): 44,01% gravier de granite (0/8) + 21,13% de sable + 21,13% ciment blanc + 13,73% d'eau .

Echantillon 3 (3G): 29,63% gravier de granite (3/8) + 12,96% gravier de granite (8/15) + 20,37% sable+ 18,52% ciment blanc+ 18,52% d'eau.

Echantillon 4 (4G): 13,33% gravier de granite (0/8) + 13,33% gravier de granite (3/8) + 13,33% gravier de granite (8/15) + 20% sable + 10% ciment gris + 10%ciment blanc + 20% d'eau.

Echantillon 5 (1M): 22,22% gravier de marbre (0/3) + 22,22% gravier de marbre (5/5) + 18,52% sable + 18,52% ciment blanc + 18,52% d'eau.

Echantillon 6 (2M): 9,38% gravier de marbre (0/8) + 4,68% sable + 39,06% ciment blanc + 46,88% d'eau.

Echantillon 7 (3M): 22,22% gravier de marbre (0/3) + 11,11% gravier de granite (3/8) + 11,11 gravier de granite (8/15) + 18,52% sable + 9,26% ciment gris + 9,26% ciment blanc + 18,52% d'eau.

Echantillon 8 (4M): 22,22% gravier de marbre (0/3) + 11,11% gravier de granite (3/8) + 11,11% gravier de granite (8/15) + 18,52% sable + 18,52% ciment gris + 18,52 d'eau.

Les différents matériaux utilisés sont présentés dans la figure 09.

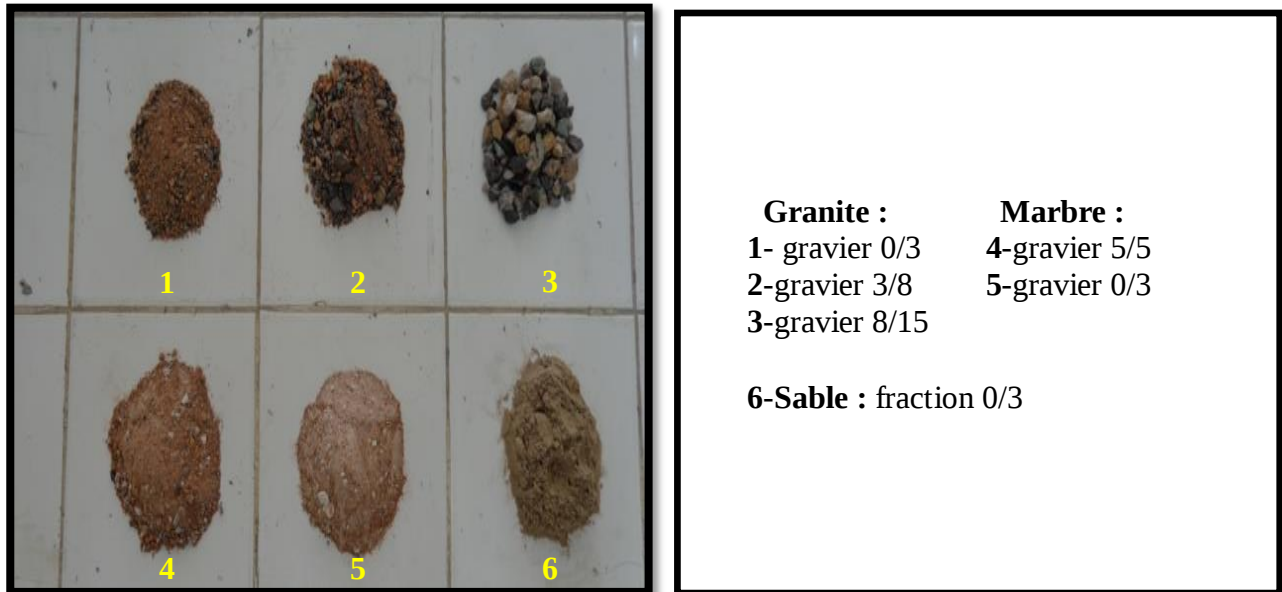


Figure 09 : Les différents agrégats utilisés

3-Essais sur granulats

3-1- But de l'essai granulaire

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant l'échantillon.

3-2- Préparation d'analyse granulométrique

Nos avons préparés l'analyse granulométrique au niveau de laboratoire géologie de la faculté de sciences géologiques Tamda de l'université M. Mammeri de Tizi-Ouzou. Elle consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant l'échantillon en utilisant des tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. L'échantillon étudié est mis sur le tamis supérieure et le classement des grains est obtenu par vibration à l'aide d'une machine vibrante a la base.

La série de tamis utilisée selon la norme AFNOR.

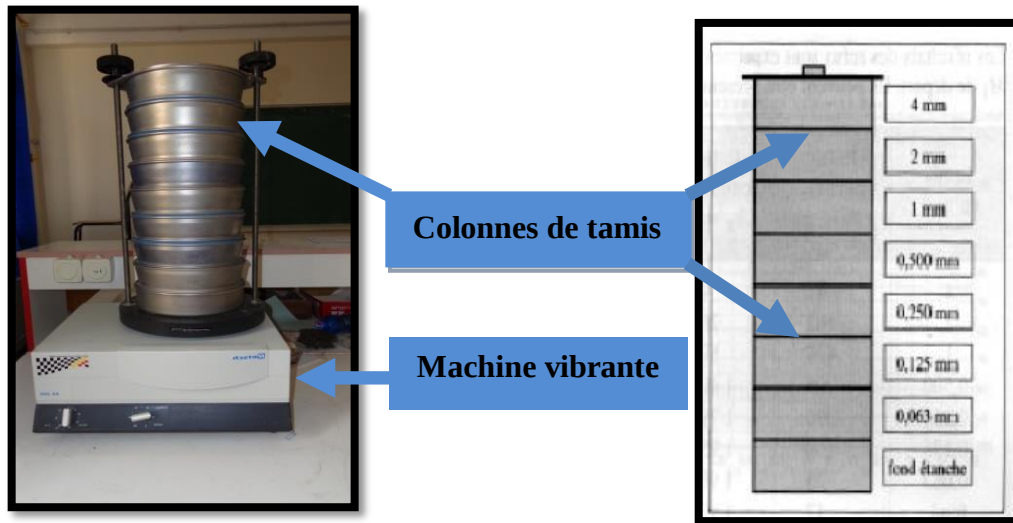


Figure 10 : Un tamiseur mécanique

3-1-1- Mode opératoire

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

4- Les différentes étapes à réaliser au niveau de laboratoire

Nos avons préparés les différents échantillons au niveau de laboratoire génie civil de la faculté de génie de construction de l'université M. Mammeri de Tizi-Ouzou

4-1- Préparation des moules d'entreposage

Préparation des échantillons dans les moules d'entreposage de deux plaquettes de bois, avec des tube de 25mm d'épaisseur de fer, on a confectionne 4 moules, de 25 cm sur 25 cm pour chaque plaquette, et avec du plâtre on a obstrué tous les petits vides par lesquelles la

Chapitre III : matériel et méthode

matière pourrait s'échapper lors du versement en dehors des moules, on a bien graissé le fond pour pouvoir décoffrer facilement après séchage (figure 11).



Figure 11 : Préparation des moules

4-2- Préparation des échantillons à différent dosage

Le mélange a été fait mécaniquement dans un malaxeur pour chaque échantillon.



(a) : la pesée de l'échantillon



(b) : l'ajout de l'eau



(c) : mélange des ingrédients par un malaxeur

Figure 12 : Les différentes étapes de la préparation des échantillons

On verse les ingrédients selon les dosages qu'on a cité des différents échantillons dans le malaxeur puis on ajout de l'eau du robinet.



Figure 13 : Homogénéisation de la pate et la mise en moules

4-3- Coffrage et ajout de la ferraille

Une fois la moitié du mélange versé, on ajoute des ferrailles dans le mélange pour objectif de donner une certaine résistance puis, on couvre d'une deuxième couche.



Figure 14 : Coffrage et ajout de la ferraille

Après, on le dépose sur une table vibrante pour faire évacuer les bulles d'air qui sont à l'intérieur du mélange pendant 5mn (figure 15).



Figure 15 : Evacuation des bulles d'air à l'aide d'une machine vibrante

4-4- Séchage et décoffrage

Le décoffrage on le fait trois jours après le coffrage (figure 16).



Figure 16 : Décoffrage après 03 jours

4-5- Ponçage

Le ponçage on le fait manuellement 24 heures après le décoffrage.



Figure 17 : Ponçage des carreaux

Les différents échantillons qu'on a obtenus sont présentés dans la figure 18.



Figure 18 : Les différents échantillons obtenus

5- Explication des tests effectués

Les essais de poinçonnement de flexion et de compression ont été réalisés au niveau du laboratoire de génie civil, et l'essai de la dureté a été réalisé au niveau du laboratoire de génie mécanique de la faculté de génie de construction de l'université M. Mammeri de Tizi-Ouzou.

L'effet des forces sur différents matériaux est expliqué par Hooke (1635-1703), de façon empirique à l'échelle macroscopique : *un matériau à l'état solide ne résiste à une force appliquée qu'en se déformant sous l'action de cette force*. Les matériaux sont élastiques. Il établit une règle, la loi de HOOKE, selon laquelle l'allongement est toujours proportionnel à la force appliquée. Cette loi n'est rigoureusement vraie que pour les céramiques, le verre, la plupart des minéraux et les métaux les plus durs.

Mais, dans quelle mesure le comportement d'une structure dépend de son matériau constitutif plutôt que de ses dimensions et de sa forme ? Nous avons besoin de standards objectifs de comparaison qui soient indépendants de la taille et de la forme du matériau.

La considération des conditions qui règnent en chaque point d'un matériau soumis à des forces mécaniques conduit aux notions de contrainte et de déformation. La définition claire et utilisable de ces deux notions est due à Augustin CAUCHY (1789-1857). Quand on

soumet un corps à l'action de forces extérieures, des contraintes s'établissent par réaction, à l'intérieur de ce corps. À ces contraintes sont associées des déformations.

Pour s'affranchir de la dépendance des dimensions du matériau, les paramètres contraintes et déformation sont utilisés.

La contrainte (σ) détermine avec quelle intensité les atomes du matériau sont écartés les uns des autres ou comprimés les uns sur les autres. Cette contrainte est, pour une traction simple, la force qui agit sur une unité de surface du matériau.

$$\sigma = F/S$$

F:Force

S: Surface

Elle se mesure en Pascal (Pa).

Les trois principales contraintes sont la traction, la compression et le cisaillement qui sont définies plus loin.

La déformation (ϵ) indique dans quelles proportions les liaisons inter atomiques (à l'échelle microscopique) et la structure elle-même (l'objet, à l'échelle macroscopique) ont été déformées. La déformation, pour une traction simple, est le rapport de l'allongement à la longueur initiale.

$$\epsilon = (L-L_0)/L_0$$

L=allongement L_0 =Longueur initiale ϵ =déformation

L'allongement est sans unité.

5-1- Essai de poinçonnement

L'essai de poinçonnement consiste à avoir la capacité d'une surface de ne pas se laisser percer ou endommager sous l'effet d'une action ponctuelle, déformation d'un élément de structure (plaque par exemple) sous l'effet d'une charge localisée.

Pour le test de poinçonnement, on a repérées un petit carré de 4cm X 4cm au centre des carreaux de carrelage.



Figure 19 : Délimitation des centres des carreaux

- Le test de poinçonnement est fait sur une presse hydraulique, IBERTEST (figure 20) qui appliqué l'effort vertical progressivement à vitesse de chargement très lente (0,05 MPa/seconde) jusqu'à l'obtention des microfissures sur les carreaux de carrelage, pilotée par un microordinateur programmé du logiciel WINTESTE 32 (figure 21), sa capacité maximale est de 200KN.

On place les carreaux de carrelages sur un carreau métallique de 20 X 20 cm puis on ajoute au dessus un petit carré en métallique de 4 X 4 cm pour que les deux plateaux fixes ne se contacte pas lors de l'écrasement de l'échantillon, sinon la machine risque de ne plus être fonctionnelle.

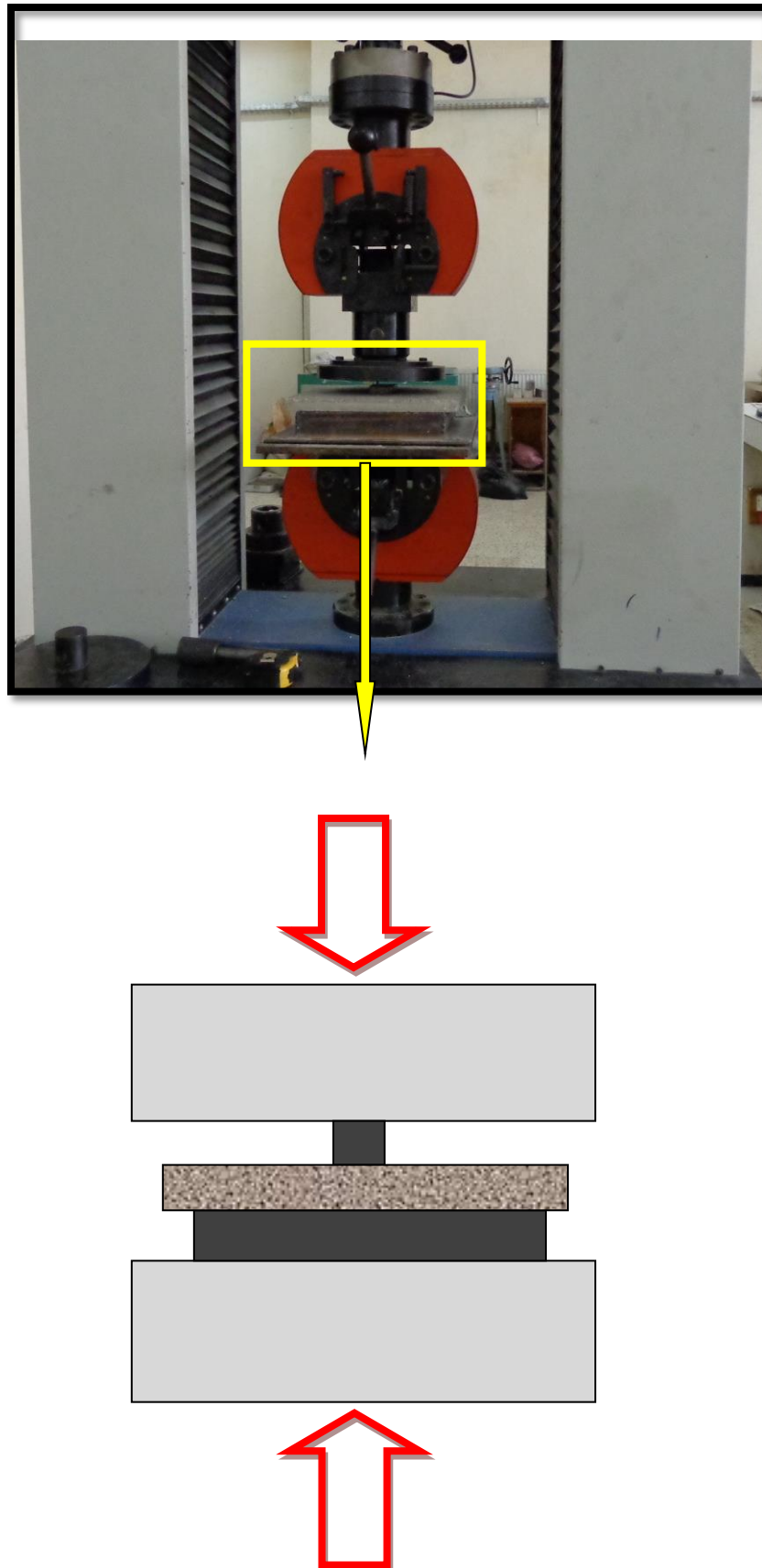


Figure 20 : presse hydraulique, IBERTEST piloté par un micro-ordinateur

Puis on lance la machine pour commencer le test de poinçonnement jusqu'à la phase de rupture qui apparait aussi sur l'écran de l'ordinateur prévu pour ce test.

On continue ainsi avec tout les autre échantillons, et on enregistre les donnés et les résultats sur un ordinateur programmé pour ce test.

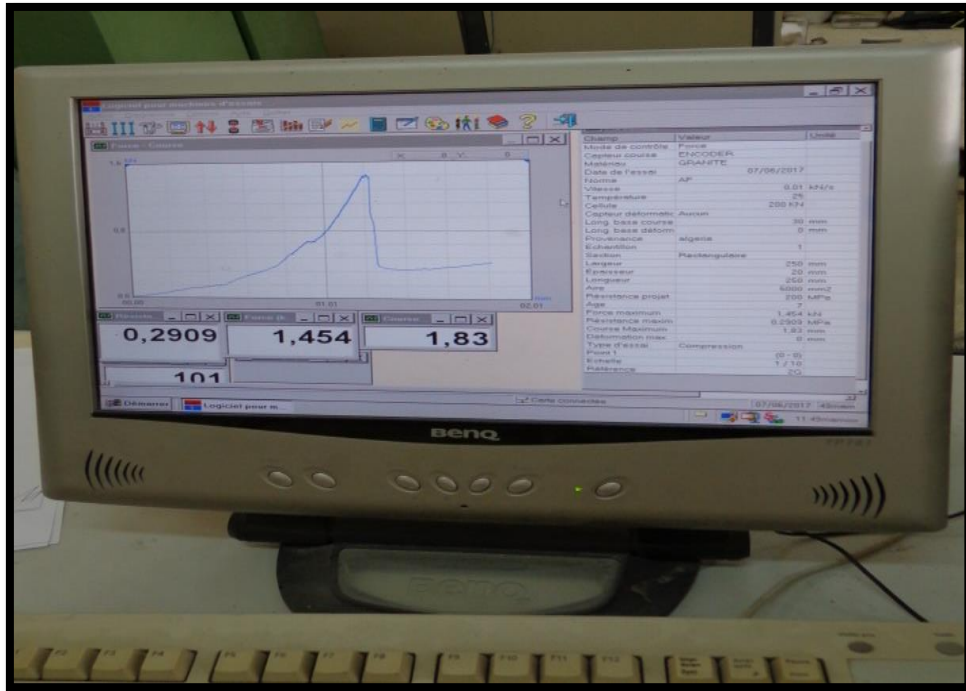


Figure 21 : Ordinateur connecté à la machine de poinçonnement, flexion et compression.

5-2- Test de flexion trois points

L'essai de flexion 3 points permet également de mesurer la résistance à la rupture d'un matériau. Une barrette du matériau à tester est placée sur deux appuis et l'on applique au centre de la barrette une force croissante jusqu'à rupture.

L'essai de flexion ne permet généralement pas d'atteindre la rupture des matériaux ductiles. L'essai de flexion est surtout adapté aux matériaux fragiles. Cet essai se caractérise par la simplicité du montage de l'éprouvette et sa géométrie simple (peu ou pas d'usinage).

Lors du test, la partie supérieure est en compression et la partie inférieure en traction.

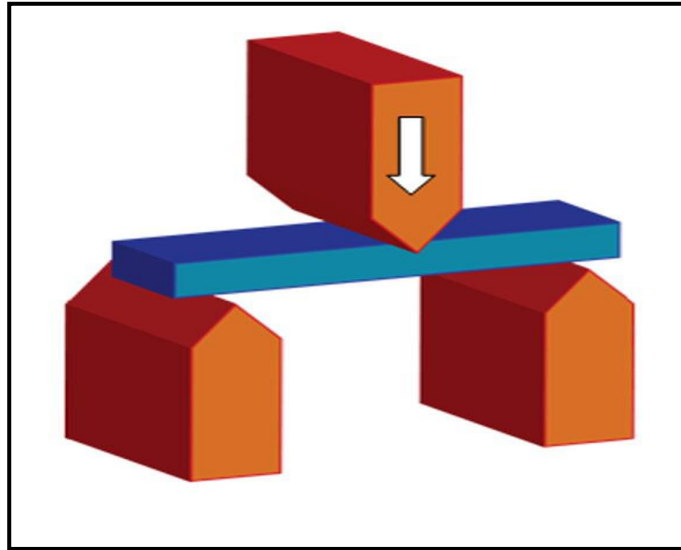


Figure 22: la force du troisième point sur l'éprouvette

Il existe d'autres types d'essais de flexion comme le test de flexion 4 points, similaire à l'essai de flexion 3 points avec l'avantage de ne pas positionner l'appui au niveau de la zone de rupture. Ceci est en effet une limitation du système à trois points où l'appui central peut endommager l'éprouvette et fausser ainsi les résultats en entraînant une rupture précoce de celle-ci.

- Couper des éprouvette (carreaux) de 30 cm de longueur et de 10 cm de largeur ,et puis les tracé le milieu à l'aide d'un marqueur.



Figure 23: éprouvette pour l'essai de flexion

Chapitre III : matériel et méthode

Les essais de flexion ont été réalisés au laboratoire du Génie-civil, sur une presse hydraulique, IBERTEST, pilotée par un micro-ordinateur. Sa capacité maximale est de 200 KN, elle est programmée pour les essais de poinçonnement, de flexion et les essais de compression. Les appuis sont placés à 10 cm de nu des éprouvettes, les charges F sont à 30 cm des appuis .



Figure 24: photos montrant la fissuration de l'éprouvette sous l'effet de la force des 3 point

5-3- Essai de compression

L'essai de compression consiste à soumettre une éprouvette de forme cylindrique, placée entre les plateaux d'une presse, à deux forces axiales opposées. Si le matériau étudié est ductile, la rupture ne peut être atteinte avec ce test. L'essai de compression est surtout utilisé pour déterminer la contrainte de rupture des matériaux fragiles (comme les céramiques) qui sont difficiles à usiner pour un essai de traction.

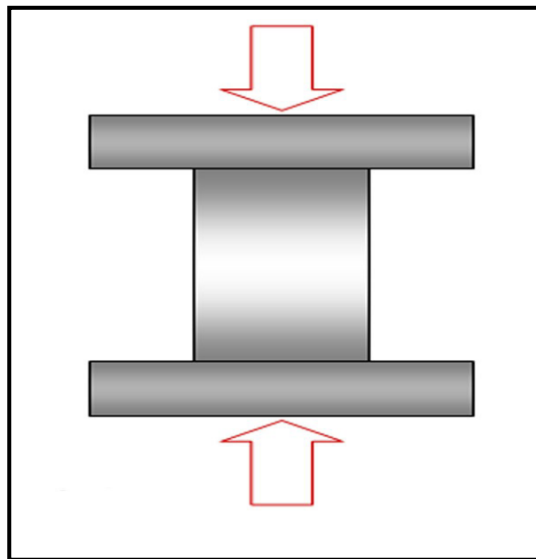


Figure 25: Test de compression simple

- Pour le test de compression, les dimensions des éprouvettes change, 10 cm de longueur et 5.5 cm de largeur.
- Le test de compression est fait sur la même machine IBERTEST. On place l'éprouvette entre deux barres métalliques pour que les deux plateaux fixes ne se touchent pas lors de l'écrasement de l'échantillon, sinon la machine risque de ne plus être fonctionnelle.



Figure 26: Echantillon entre deux plaques métalliques prêtes à la compression.

- Puis on lance la machine pour commencer le test de compression jusqu'à la phase de rupture qui apparaît aussi sur l'écran de l'ordinateur prévu pour ce test.

5-4- Essai de dureté

La dureté est un paramètre permettant de caractériser les matériaux. Il existe plusieurs manières de déterminer la dureté d'un matériau dont certaines font l'objet de norme précise. Dans notre travail on a utilisé le test de dureté Vickers.

Dureté Vickers

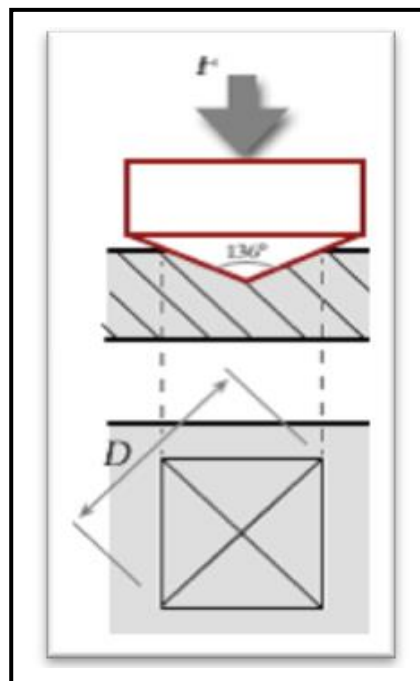


Figure 27: l'empreinte de la pénétration

Chapitre III : matériel et méthode

La dureté Vickers a été conçue dans les années 1920 par les ingénieurs de la société Vickers en Angleterre.

Elle est caractérisée par l'empreinte faite par un indenteur sous une charge donnée durant 20 secondes.

L'indenteur est formé d'une pyramide en diamant à base carrée dont les faces opposées font un angle de 136°. La charge appliquée est comprise entre 1 et 120 kgf. Le côté de l'empreinte est de l'ordre de 0,5 mm, la mesure s'effectuant à l'aide d'un microscope.

La dureté Vickers (HV) est calculée e à l'aide de la formule suivante :

$$HV = \frac{1.854F}{D^2}$$

Où **F** : est la charge appliquée en kgf

D : la diagonale de l'empreinte en millimètres.

La profondeur de pénétration H est $H = D / 7$. Cet essai est appliqué principalement aux métaux, mais peut l'être également appliqué aux céramiques avec de très faibles charges. La norme de dureté Vickers a été adoptée en 1952 et celle de micro-dureté, en 1969.

L'essai de dureté se fait avec un Micro duromètre INDENTEC ZHV1/M, qui est un appareil d'essai de dureté et de micro-dureté de l'échantillon et de traitement de la microscopie et de l'analyse d'image.

-Temps de pénétration : 20s

-Force appliquer : 0.2 kgF = 200gF

Nos échantillons sont des matériaux composites, composés de deux phases, la matrice qui est le ciment blanc, ciment gris et du renfort qui est soit, gravier de marbre et de granite, acier et sable (rejet de mine).

- Et on fait un essai de dureté pour chacun de nos composants : Marbre, Granite, ciment blanc, acier, sable.



Figure 28: Appareil de micro dureté INDENTEC ZHV1/M

- Nos échantillons composés de différents matériaux, et bien poncés jusqu'à ce que leur surface soit brillante et lisse pour que l'observation de la structure des composants au microscope soit bien visible.

6-Matériel utilisé pour les essais

- Ponceuse manuelle
- Une presse hydraulique IBERTEST piloté par un ordinateur
- Un microscope de micro dureté INDENTEC ZHV1/M
- Tamis traditionnelle
- Pelle
- Bérquette
- Le mètre
- Une cisaille

Chapitre IV : Résultats et discussion

La géologie correspond aux *sciences de la Terre*. C'est l'étude et l'identification des roches et des minéraux, et beaucoup plus! Les travaux en géologie couvrent plusieurs domaines: la chimie, la physique, l'hydrologie, l'environnement, la paléontologie, etc.

Un minéral est une substance inorganique solide qui se présente sous forme de cristal ou solide cristallin. Un minéral est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques

Une roche est un matériau solide en général formé d'un assemblage de minéraux. Les roches sont constituées de minéraux, et les minéraux sont constitués d'éléments chimiques. Une roche peut être constituée d'une ou de plusieurs espèces minérales.

1- le marbre

Le terme « marbre » serait d'abord une appellation traditionnelle dérivée du grec *marmaros*, qui signifie "pierre resplendissante", (ensuite du latin *marmor*) et indiquait n'importe quelle pierre « lustrable », c'est-à-dire dont la surface pouvait être lustrée au moyen de polissage. Dans ce sens, l'appellation n'a pas de définition géologique précise et ne se réfère qu'à la capacité d'une roche à être polie et refléter la lumière.

Pour les scientifiques, un marbre est une roche métamorphique dérivant d'un calcaire ou d'une dolomie sédimentaire ayant été transformée généralement par métamorphisme régional ou plus rarement par métamorphisme de contact. Dans ce processus de transformation de la roche originelle, les structures sédimentaires sont effacées et la roche carbonatée recristallise en un amas de cristaux de calcite et/ou de dolomie engrenés de dimensions millimétriques à centimétriques. Les intercalations argileuses, les minéraux détritiques ou les oxydes minéraux présents dans le carbonate originel donnent alors au marbre diverses colorations et veinages polychromes du plus grand effet esthétique.

En géologie le marbre est une roche métamorphique dérivée du calcaire et constituée principalement de cristaux de calcite. En architecture, sculpture et marbrerie ce terme peut désigner n'importe quelle pierre difficile à tailler et capable de prendre un beau poli, dont les plus courantes sont les « vrais » marbres (au sens géologique).

Les marbres de la géologie présentent une grande diversité de coloris, bien que la couleur de base de la calcite soit le blanc. On y trouve fréquemment des veines appelées *marbrures*. Les veines et les coloris sont généralement dus à des inclusions d'oxydes métalliques. Certains types de marbre portent des noms particuliers, par exemple le cipolin ou

la griotte. Certains marbres, comme le *vert antique*, composés de calcaire et de serpentine, sont des ophicalces.

En marbrerie et en histoire de l'art, « marbre » désigne plus largement une pierre calcaire compacte (non poreuse et imperméable), ferme et solide, difficile à tailler (ne se taille pas avec une scie à dents), et surtout qui peut recevoir un beau poli. Dans ce cas il ne s'agit pas uniquement de roches métamorphiques, mais aussi de nombreuses roches calcaires sédimentaires non métamorphisées. D'autre part, une acception plus ancienne du mot inclut n'importe quelle pierre « lustrable », c'est-à-dire suffisamment compacte et dure pour que la surface puisse être polie et lustrée. Certaines roches polies qui ne sont pas définies géologiquement comme du marbre ni du calcaire, telles les granites et les porphyres, qui sont des roches magmatiques silicatées, ont été appelées également « marbre » et sont encore fréquemment appelées ainsi dans le langage courant. Les marbres au sens large sont l'objet d'une industrie florissante depuis la plus haute Antiquité.

2-Granite

Le granite est une roche plutonique magmatique à texture grenue, riche en quartz, qui comporte plus de feldspath alcalin que de plagioclase. Il est caractérisé par sa constitution en minéraux : quartz, feldspaths potassiques (orthoses) et plagioclases, micas (biotite ou muscovite). Le granite et ses roches associées forment l'essentiel de la croûte continentale de la planète¹. C'est un matériau résistant très utilisé en construction, dallage, décoration, sculpture, sous l'appellation granit.

Le granite est le résultat du refroidissement lent, en profondeur, de grandes masses de magma intrusif qui formeront le plus souvent des plutons, ces derniers affleurant finalement par le jeu de l'érosion qui décape les roches sus-jacentes. Ces magmas acides (c'est-à-dire relativement riches en silice) sont essentiellement le résultat de la fusion partielle de la croûte terrestre continentale. Certains granites (plagiogranites) rencontrés en petits plutons dans la croûte océanique sont, quant à eux, le résultat de la différenciation ultime de magmas basiques. Ses minéraux constitutifs sont principalement du quartz, des micas (biotite ou muscovite), des feldspaths potassiques (orthoses) et des plagioclases. Ils peuvent contenir également de la hornblende, de la magnétite, du grenat, du zircon et de l'apatite. On dénombre aujourd'hui plus de 500 couleurs de granite différentes.

La composition chimique moyenne du granite est : 74,5 % de SiO₂, 14 % de Al₂O₃, 9,5 % de (Na₂O, K₂O), 2 % d'oxydes (Fe, Mn, Mg, Ca).

Le granite est une roche acide (riche en silice) et dense (densité moyenne : 2,7).

Les plus gros monolithes granitiques du monde se trouvent dans le parc de Yosemite, en Californie.

En réalité, le terme granite est souvent pris dans le sens plus large des granitoïdes, roches plutoniques avec plus de 20 % de quartz, indépendamment de la nature du ou des feldspaths qu'on y trouve.

La pierre naturelle, extraite directement de la Nature, c'est l'un des matériaux pour construction les plus anciens utilisés par l'homme tant pour sa grosse résistance que pour ses qualités ornementales.

D'entre les roches de type ornemental, le granit se distingue par sa dureté ainsi que sa résistance aux altérations, devenant ainsi un matériel fortement apprécié dans le domaine de la construction depuis l'antiquité, dont témoignent des nombreux monuments appartenant à différentes époques historiques et présentant de conditions optimales au niveau de la conservation. A titre d'exemple, quelques monuments situés à Estrémadure qui constatent par ailleurs la richesse en gisements en granit à grande qualité dont nous disposons depuis des temps immémoriaux.

Ces caractéristiques du granit sont déterminées par son appartenance au groupe de roches magmatiques, issues de la cristallisation de différents matériaux provenant du magma terrestre dont le refroidissement en profondeur et très lentement donne lieu à sa caractéristique texture à grains. Parmi les différents matériaux qui composent le granit, le quartz, le feldspath et le mica sont les principaux en proportion variable, composant des granits de types quartzifère, feldspathique ou micacé selon la prédominance de chacun. Outre que ceux, d'autres matériaux que l'on peut trouver dans le granit sont l'apatite, des tourmalines ou des grenats.

Cette variété en ce qui concerne sa composition c'est la responsable que le granit, bien qu'il détienne dans l'ensemble des valeurs physico mécaniques de référence : masse volumique apparente entre 2,6 et 3 T/m³, masse volumique réelle entre 2,6 et 3,2 T/m³, coefficient d'absorption de l'eau compris entre 0,1 et 0,7% de son poids, résistance à la compression entre 80 et 270 MPa, résistance à la traction environ 3 MPa, résistance à la coupure de 8 MPa et résistance à l'usure entre 4 et 7 cm³, présente-t-il d'importantes variations suite aux caractéristiques suivant le type et la provenance de la pierre.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Parmi les principaux usages du granit en tant que roche ornementale, on peut souligner : parements et revêtements, sols et toitures pour extérieur (environ 50% de la demande), ornementation et art funéraire (environ 30%), mobilier urbaine (environ 10%) et des éléments complémentaires en construction et ouvrage d'intérieur (10% restant).



Granite (FK+QZ+BO)



Marbre(CC)

Figure 29 : Photos montrant le marbre et le granite dans la nature

3- Résultats d'analyse granulométrique

Les résultats d'analyse granulométrique qu'on a réalisés au niveau de laboratoire géologie pour les deux échantillons sont résumés dans les tableaux 06 et 07.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Matériau 01 : Granite

Nature : Gravier concassé 0/8

Provenance : Marbrerie YAHIAOUI

Date d'analyse : 30/05/2017

Poids : 350g

Tableau 06 : Résultats d'analyse granulométrique pour le matériau 01

Ouverture Tamis (mm)	Poids cumulé (g)	Refus cumulé (%)	Passant (%)
4	35,03	10,01	89,99
2	93,08	26,59	73,41
1	162,39	46,40	53,60
0,500	230,20	65,77	34,23
0,250	287,54	82,15	17,85
0,125	323,63	92,47	7,53
0,063	340,30	97,23	2,77
0,045	344,46	98,42	1,58
Fond du tamis	348,84	99,67	0,33

Chapitre IV : Résultats et discussion

Matériau 02 : Marbre

Nature : Gravier concassé 8/15

Provenance : Marbrerie YAHIAOUI

Date d'analyse : 30 /05/2017

Poids : 350g

Tableau 07 : Résultats d'analyse granulométrique pour le matériau 02

Ouverture Tamis (mm)	Poids cumulé (g)	Refus cumulé (%)	Passant(%)
4	106,76	30,50	69,50
2	216,87	61,96	38,04
1	290,07	82,88	17,12
0,500	328,14	93,75	6,25
0,250	344,04	98,30	1,70
0,125	348,53	99,58	0,42
0,063	349,61	99,89	0,11
0,045	349,85	99,96	0,04
Fond du tamis	350,50	100,00	0,00

Le refus de tamis : c'est la quantité des grains retenue par un tamis donné.

Le refus cumulé : représente tous les grains bloqués jusqu'au tamis considéré (les grains du tamis considéré plus les grains bloqués dans les tamis de mailles supérieures).

$$R1=R2$$

$$R2=R1+R2$$

$$R3=R2+R3$$

Chapitre IV : Résultats et discussion

Calcul de refus en pourcentage R% :

R% :

P_t → 100%

Refus R → R%

$$R\% = \frac{(\text{refus R} \times 100)}{P_t}$$

Le Tamisât: Le tamisât ou passant, désigne la quantité totale des grains qui traverse un tamis.

T% :

P_t → 100%

Tamisât → T%

$$T\% = \frac{(\text{tamisât} \times 100)}{P_t}$$

Les résultats de l'essai pour les granulats utilisés sont présentés sous formes des courbes granulaires.

La courbe de premier matériau présenté dans la figure 30.

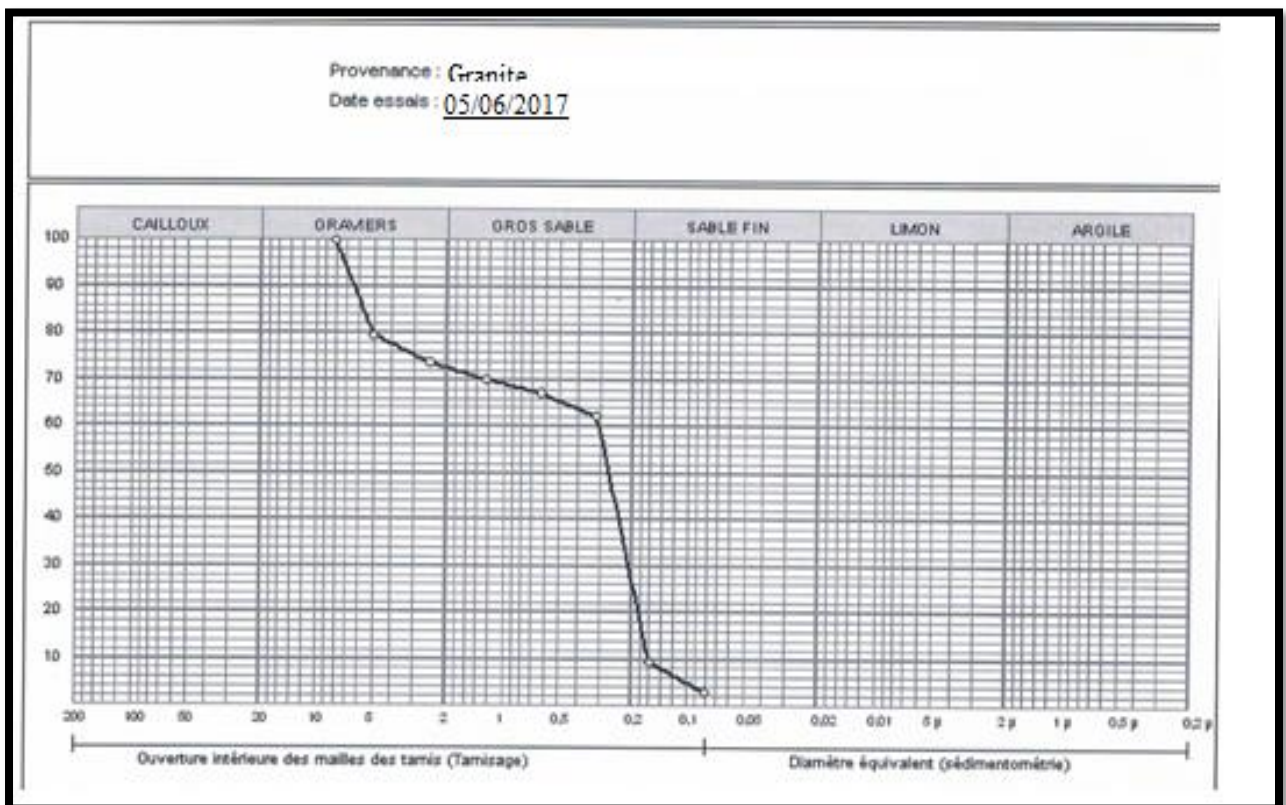


Figure 30 : Courbe d'analyse granulométrique du premier matériau granite

Chapitre IV : Résultats et discussion

Ces courbes correspondant à des analyses granulométriques (pourcentage des tamis en fonction du module ou diamètre des tamis).

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant l'échantillon.

La courbe (figure 30) représentant la distribution granulométrique des éléments, doit être tracée de manière continue et peut ne pas passer rigoureusement par tous les points.

On a : 37% graviers.,

38% sable gros.,

25% sable fin.

La courbe de deuxième matériau présenté dans la figure 31

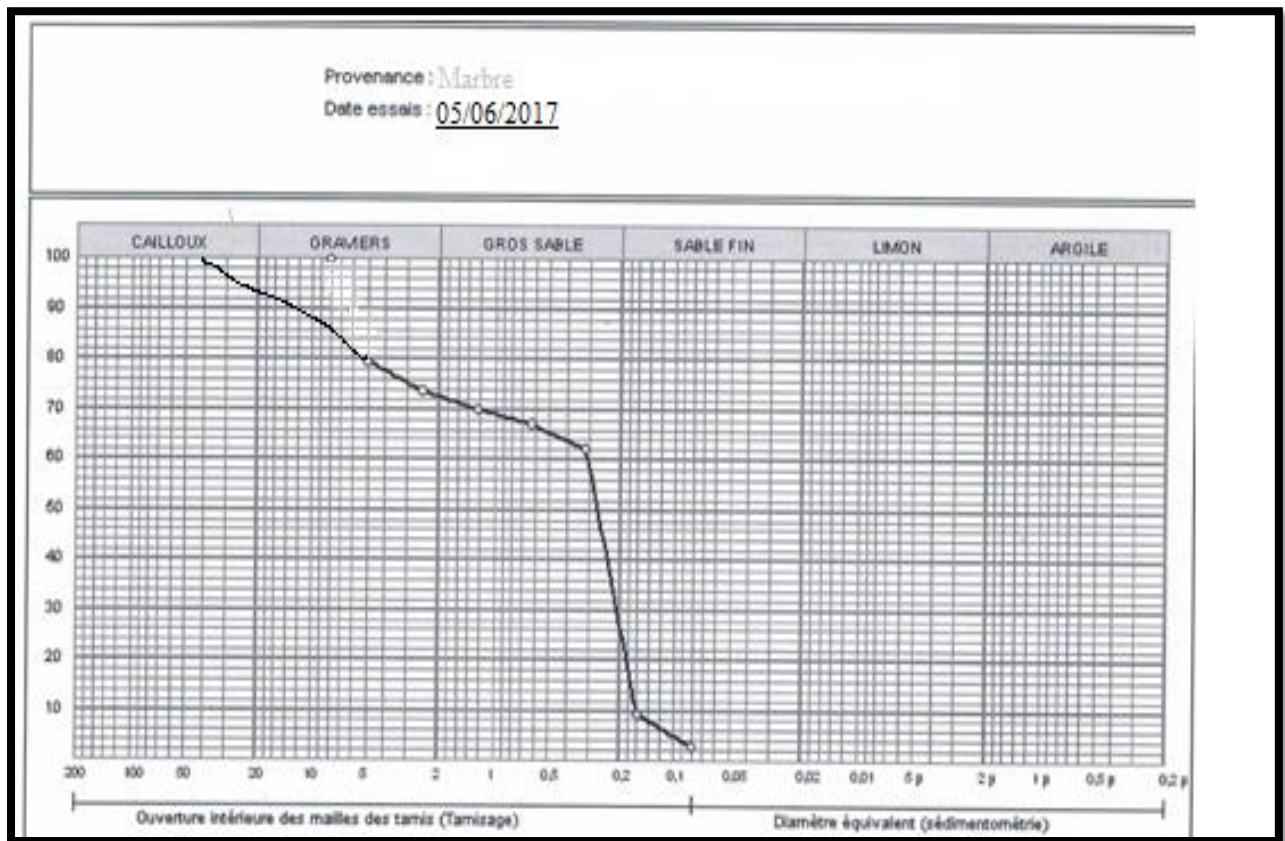


Figure 31: Courbe d'analyse granulométrique du deuxième matériau marbre

La figure 31 est une courbe granulométrique "parfaite". Avec une population de grain varié allant de grain fin jusqu'à de gros grain de x mm ce qui permet des torchis ou des enduits de ragréage qui seront suffisamment structurés, suffisamment aérés.

Chapitre IV : Résultats et discussion

On peut citer que la figure 31 est composée de :

18% cailloux.

27% graviers.,

37% sable gros.,

18% sable fin.

La courbe d'analyse granulométrique de sable rejet minier présenté dans la figure 32.

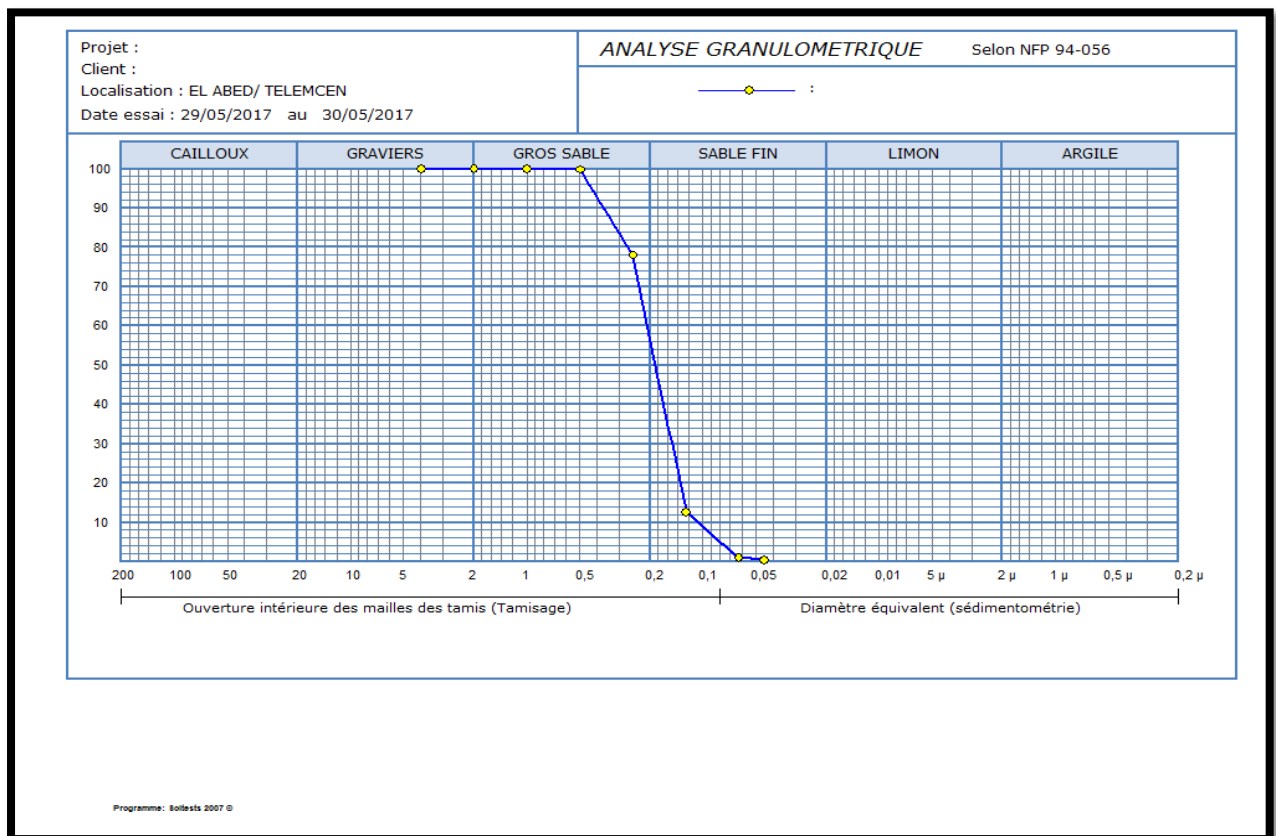


Figure 32: Courbe d'analyse granulométrique du sable rejet minier

Le sable doit présenter une granulométrie telle que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion. S'il y a trop de grain fin, il sera nécessaire d'augmenter le dosage en eau du béton tandis que si le sable est très gros, la plasticité du mélange sera insuffisante et rendra la mise en place difficile.

La texture du matériau indiqués dans la courbe est : 70% Sables fin.,

20 % Sables grossier.,

10% graviers.

En conclure que le sable est fin.

4-Présentation des résultats de l'expérimentation

L'expérimentation nous a permis d'obtenir, à partir des 8 échantillons, 5 carreaux de 25cm X 25 cm utilisables pour faire des dallages de sol des marches d'escalier.

Les tests de poinçonnement de flexions, compression et dureté effectués sur ces carreaux nous ont donné les résultats présentés ci-dessus.

4-1- Essai de poinçonnement

Les résultats obtenus pour l'essai de poinçonnement 3 jours après le décoffrage sont résumés dans le tableau 08.

Tableau 08 : Essai de poinçonnement

Matériaux (Echantillons)	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Ech 5	Ech 6	Ech 7	Ech 8
Poinçonnement (MPa)	0,0381	0,2909	0,1666	0,1314	0,1669	0,2273	0,1349	0,0814

Les résultats obtenus pour l'essai de poinçonnement sont présentés dans la figure33.

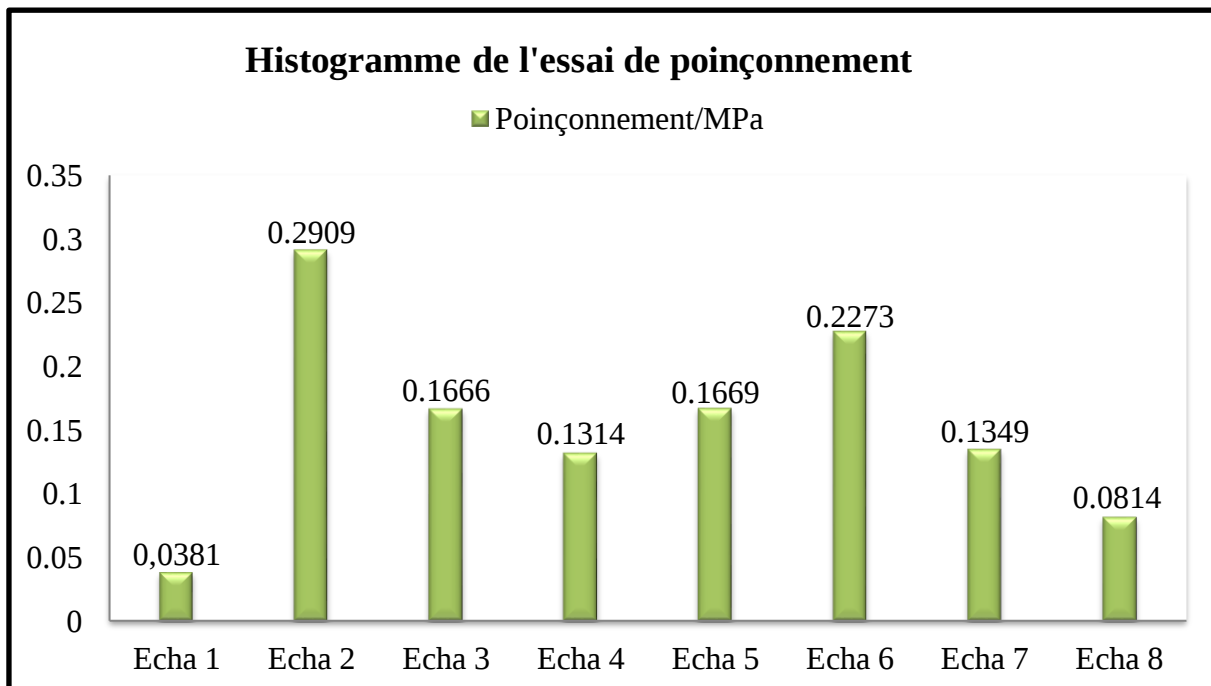


Figure 33: Présentation graphique de l'essai de poinçonnement

Discussion des résultats :

Le poinçonnement est une capacité d'un revêtement, d'une surface ou d'un élément de structure de ne pas se laisser percer ou endommager sous l'effet d'une action ponctuelle ou bien est un enfoncement d'une surface, tassement d'un sol, déformation d'un élément de structure (plaque par exemple) sous l'effet d'une charge localisée.

Le poinçonnement s'effectuant à vitesse constante par la machine IBERTESTE, les courbes les paliers de ruptures correspondant aux résultats de chaque échantillon se trouve dans les annexes.

Ce premier argument nous permet d'émettre l'hypothèse que parmi les huit(08) échantillons on a sélectionnés Cinq(05) qui ont une importance élevée. Ce sont les échantillons 2, 3, 5, 6, 7 et pour ces échantillons en réalisent d'autres essais comme la flexion, la compression et la dureté après 28jours.

4-2- Essai de flexion

Les résultats obtenus pour l'essai de flexion à 28j sont résumés dans le tableau 09.

Tableau 09 : Essai de flexion

Matériaux (Echantillons)	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Ech 5	Ech témoin 1	Ech témoin 2
Flexion (MPa)	3,49	6,31	6,79	3,38	7,34	4,73	2,75

Les résultats obtenus pour l'essai de flexion sont présentés dans la figure 34.

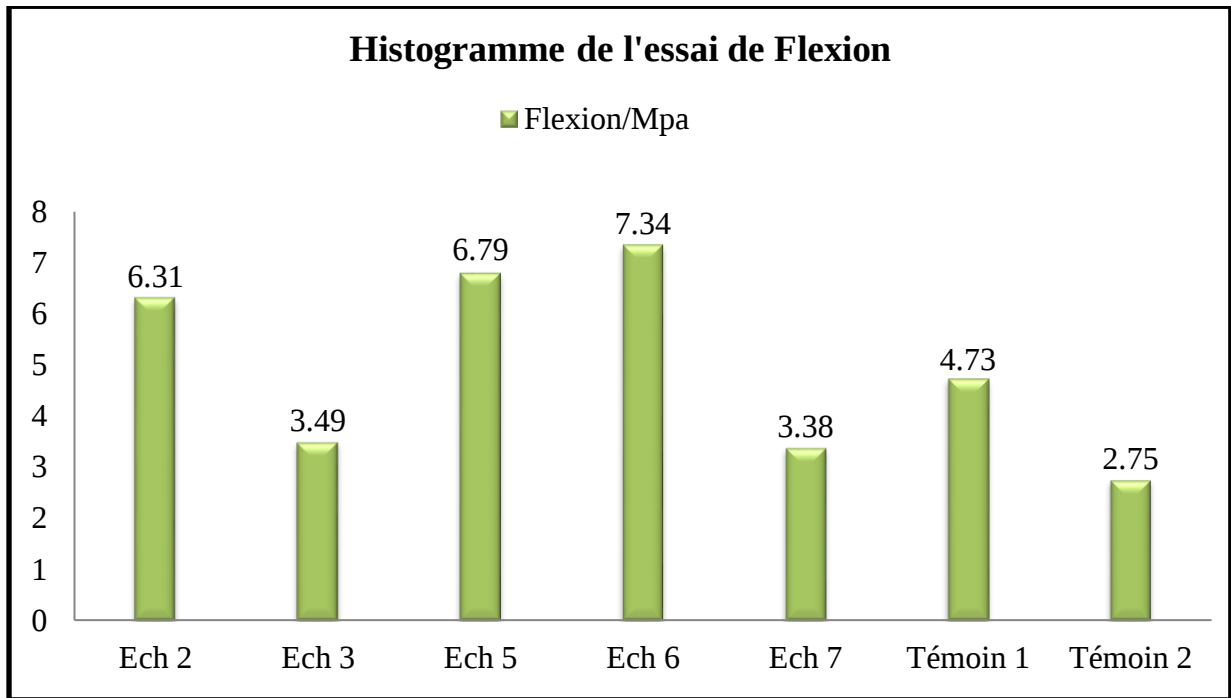


Figure 34: Présentation graphique de l'essai de flexion

Discussion des résultats :

La Flexion c'est une application d'une force sur un matériau sur trois points, il y a d'abord **déformation élastique** suivie parfois (en fonction de la ductilité du matériau) d'une **déformation plastique** et enfin **rupture** (la sollicitation dépasse la résistance intrinsèque du matériau).

La résistance à la flexion dépend de la résistance intrinsèque du matériau. Les tests effectués, donnent les résultats suivants:

- ❖ en première position l'échantillon 6;
- ❖ en deuxième position on trouve les échantillons 5 et 2 ;
- ❖ en troisième position T1 qui est un marbre, matériau avec une grande isotropie;

Ces échantillons donnent un seuil de résistance à la contrainte assez élevé, car les minéraux qui les composent ont les duretés les plus importantes.

- ❖ Echantillon témoin T2 donne une résistance moyenne à la flexion.
- ❖ échantillon 7 à la valeur la plus faible à cause de la structure et la porosité existante, vu que le dosage du ciment est légèrement inférieur

4-3-Essai de compression

Les résultats obtenus pour l'essai de compression à 28j sont résumés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Essai de compression

Matériaux	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Ech 5	Ech témoin 1	Ech témoin 2
Compression (MPa)	149,58	166,64	164,77	142,19	161,03	109,89	168,32

Les résultats obtenus pour l'essai de compression sont présentés dans la figure35.

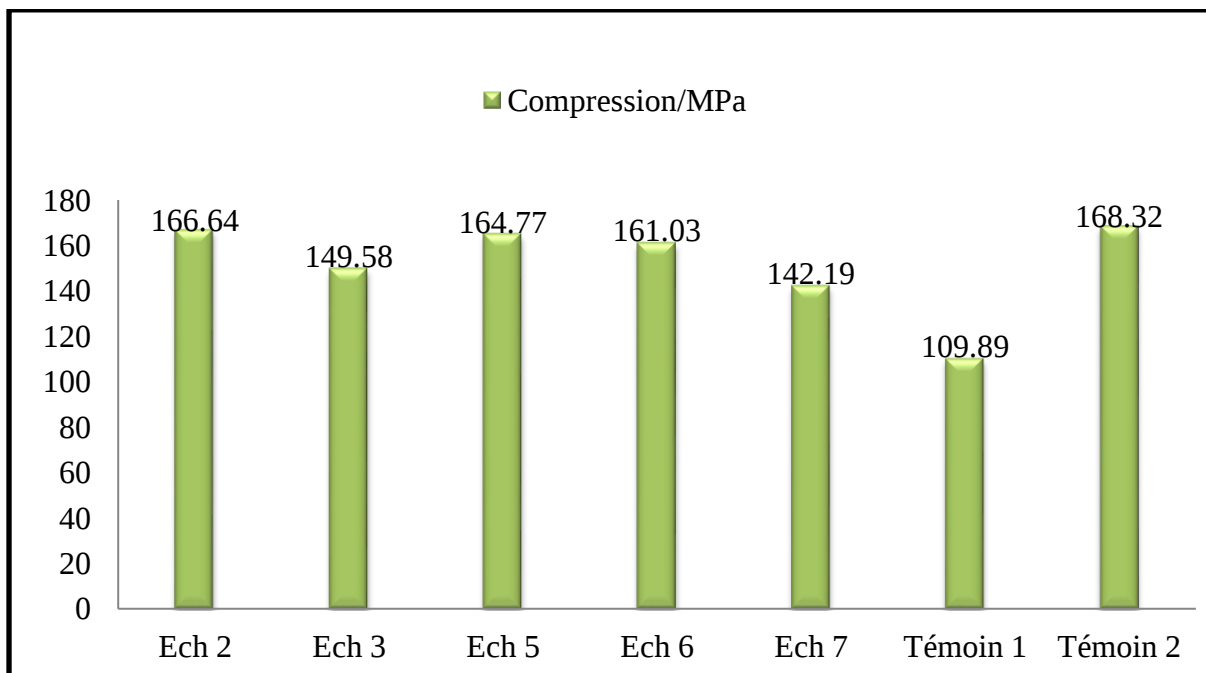


Figure 35: Présentation graphique de l'essai de compression

Discussion des résultats :

En premier lieu nous remarquons que les échantillons qu'on a réalisé donnent une bonne résistance à ce lui produit à l'unité (témoin 1).

Echantillons témoin T2 ,2 ,5 et 6 donnent un très bon résultat de résistance à la compression. Le test de compression s'applique sur toute la surface d'un matériau,

Chapitre IV : Résultats et discussion

l'écrasement dépend du vides interstitiels, moins il ya moins de porosité plus la résistance à la compression est importante.

Echantillon T2 est un granite, une roche issue de la cristallisation d'un magma, donc géométriquement il n'ya aucun vides interstitiels dans la roche, d'ou la courbe isochrone de la compression.

Les composants de l'échantillon 5 c'est du gravier de marbre à fraction 0/8, le sable (rejet de mine) et le ciment blanc, ils ont presque la même granulométrie donc tous les vides sont obstrués. Echantillon 2 est composé de gravier granite à fraction 0/8, le sable et le ciment blanc ici on a surdoses la fraction fine (ciment blanc) par conséquent les vides sont obstrués, ce qui donne une bonne résistance à la compression.

4-4-Essai de durezza

Les résultats obtenus pour l'essai de durezza à 28j sont résumés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Essai de durezza

Matériaux	Marbre/granite	Ciment blanc	Acier	Gravier	Sable
Durezza (HV)	256	16	257	73	180

Les résultats obtenus pour l'essai de durezza sont présentés dans la figure36.

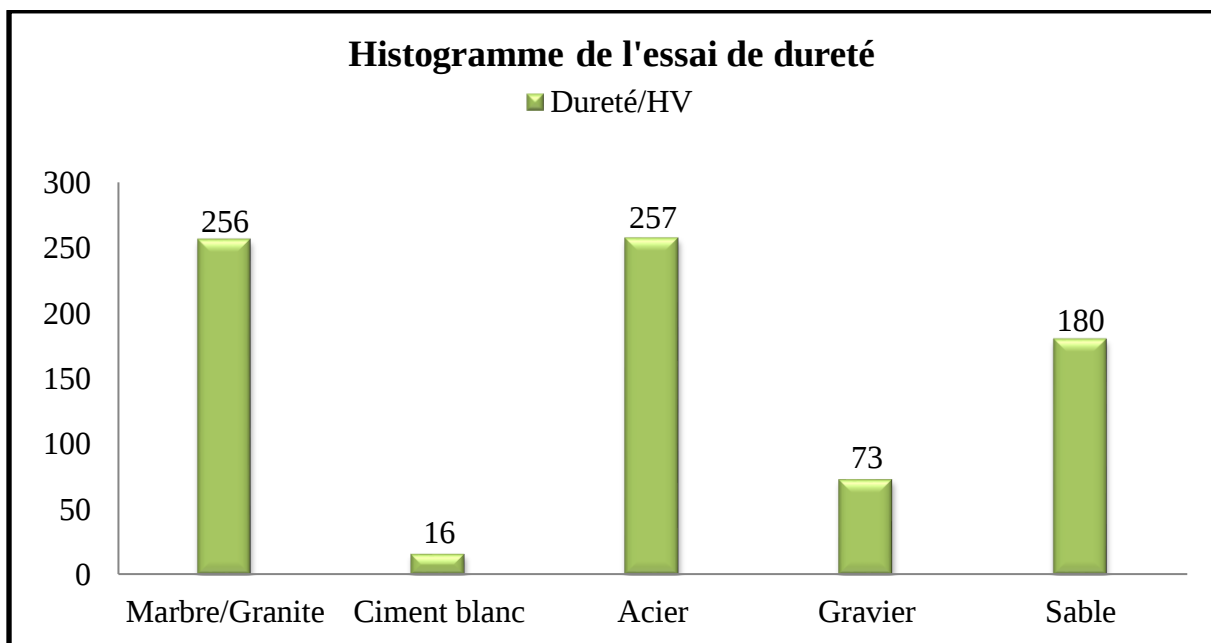


Figure 36: Présentation graphique de l'essai de durezza

Chapitre IV : Résultats et discussion

Discussion des résultats :

La dureté est une grandeur anisotrope variant avec les directions cristallographique, elle est relative à la structure intermoléculaire, et les défauts du réseau cristallins tels que les clivages et cassures.

L'échelle de dureté de Mohs est une échelle comparative. Elle a été définie en 1812 par le minéralogiste allemand Friedrich Mohs. L'échelle se base sur 10 minéraux relativement courants:

Dureté	Minéral	Composition chimique
1	Talc, friable sous l'ongle	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
2	Gypse, rayable avec l'ongle	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3	Calcite, rayable avec une pièce en cuivre	$CaCO_3$
4	Fluorite, rayable (légèrement) avec un couteau	CaF_2
5	Apatite, rayable au couteau	$Ca_5(PO_4)_3(OH, Cl, F-)$
6	Orthose, rayable à la lime, par le sable	$KAlSi_3O_8$
7	Quartz, raye une vitre	SiO_2
8	Topaze, rayable par le carbure de tungstène	$Al_2SiO_4(OH, F-)_2$
9	Corindon, rayable au carbure de silicium	Al_2O_3
10	Diamant, rayable avec un autre diamant	C

Figure 37: Échelle relative de dureté de quelque minéral contenu dans le Marbre et le Granite (Échelle de Mohs)

La position d'un matériau dans l'échelle de Mohs est déterminée en fonction de sa capacité à rayer, ou être rayé par les différents minéraux de l'échelle. Ainsi un matériau de dureté 7,5 pourra rayer le quartz (dureté 7) mais sera rayé par le topaze (dureté 8).

On part du minéral le moins dur (**talc**) au minéral le plus dur (**diamant**).

Les tests effectués sur nos échantillons, donnent une variabilité du seuil de dureté.

On Constate que:

❖ L'Acier et le Marbre /Granite donne la dureté la plus élevée, l'équivalent de 257 HV/256 HV, ceci s'explique par le fait que la température de fusion de l'acier est autour de 1300 °C. le Marbre est constitué de calcite(CaCO_3) (voire figure 39) et de dolomite qui est une espèce minérale formée de carbonate de calcium et de magnésium de formule chimique $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ avec des traces de Fe, Mn, Co, Pb, Zn et le Granite issues de la cristallisation de différents matériaux provenant du magma terrestre dont le refroidissement en profondeur et très lentement donne lieu à sa caractéristique texture à grains.

Parmi les différents matériaux qui composent le granit, le quartz, le feldspath et le mica. Voire la figure 38.

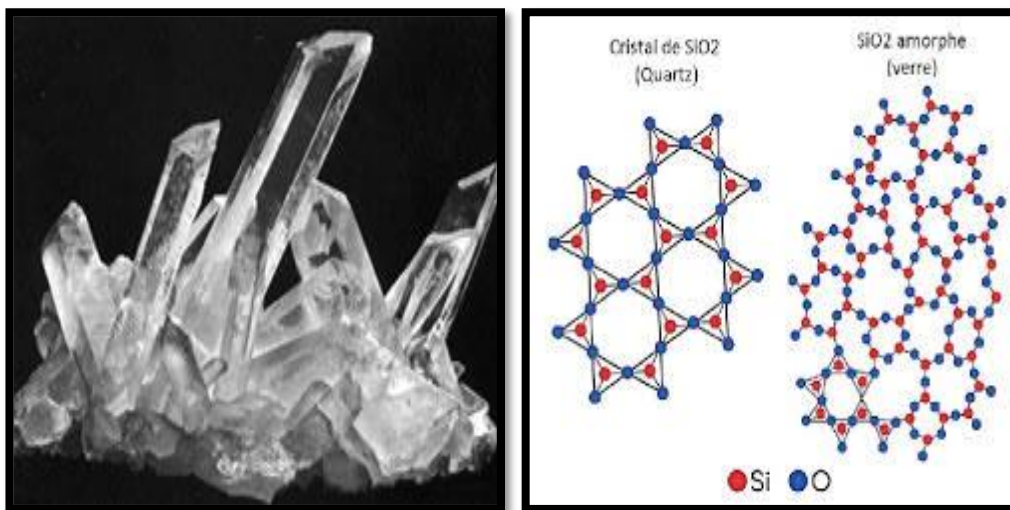


Figure 38: Cristaux de quartz et sa structure cristallin

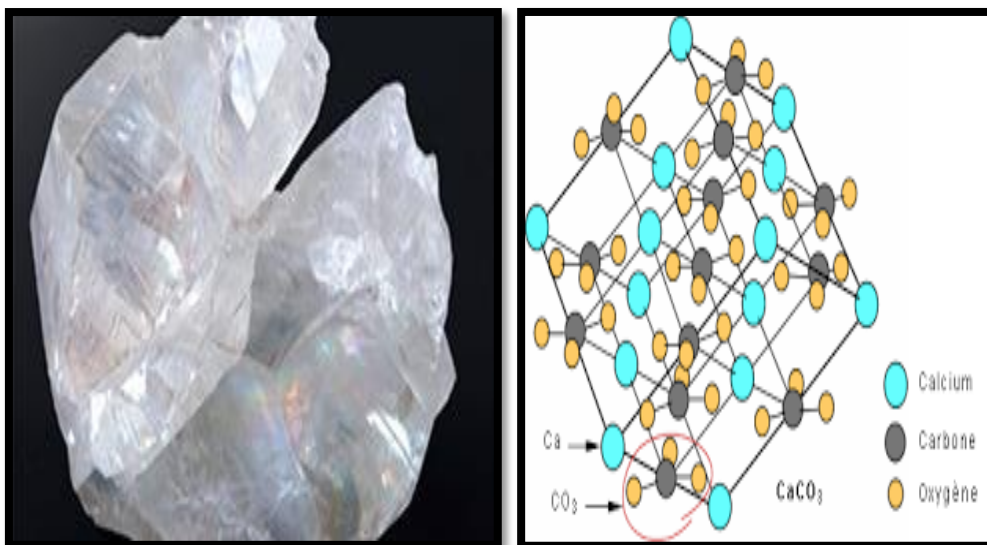


Figure39: Cristaux de Calcite et sa structure cristallin

Chapitre IV : Résultats et discussion

❖ Le sable donne une dureté assez élevée 180 HV, la composition minéralogique est exclusivement du quartz (SiO_2), caractérisé par une structure cristalline assez dense cyclosilicaté "sans aucun vide dans sa maille", est une dureté assez élevée 7 sur l'échelle de Mohs voire la figure précédente 37.

❖ Le gravier donne une micro dureté faible, car ce sont des agrégats de calcaires "dureté 3", des carbonates de faible dureté, est une structure cristalline très aérée avec des clivages.

Les **calcaires** sont des roches sédimentaires, tout comme les grès ou les gypses, facilement solubles dans l'eau, composées majoritairement de carbonate de calcium CaCO_3 mais aussi de carbonate de magnésium MgCO_3 .

❖ Le ciment blanc, c'est un mélange de la chaux qui est un corps chimique minéral, l'oxyde de calcium de formule brute CaO avec de carbonate, d'où la valeur la plus faible de la dureté.

Ce tableau n°12 présente la valeur économique de notre produit (carreau de carrelage).

Tableau 12 : La quantité et les prix d'achats des matières utilisées pour produire les huit (08) carreaux de carrelage.

Les matières utilisées	La quantité en gramme(g)	Le prix d'achat (DA)
Granite et Marbre	9367,5	Gratuit
Sable (Rejet de mine)	3867,5	Gratuit
Ciment gris	1575	22,05
Ciment blanc	2775	91,575
L'eau de robinet	4325	
Total	21910	113 ,625

Les coûts totaux des carreaux obtenus avec les déchets recyclés sont à 113,625DA/m². Alors ils sont moins chères que les marches contres-marches qui sont vendus aux prix de 2200 DA/m² à la marbrerie YAHIAOUI de 2086,371 DA/m² et avec des résultats plus significatifs contrairement aux échantillons témoins.

Conclusion générale

L'enjeu environnemental du développement durable a pour objectif de mettre en œuvre des actions au quotidien pour réduire le gaspillage, limiter les pollutions et économiser les ressources. La prévention des déchets permet dans ce sens, de mieux concilier bénéfices socio-économiques et protection de l'environnement. Les déchets sont considérés de nos jours, comme une ressource précieuse et intarissable à partir de laquelle, peuvent être extraites des matières premières et de l'énergie.

L'entreprise de fabrication des marches contre marches marbrerie YAHIAOUI qui est située à Draa Ben Khedda, génère différents types de déchets inertes tout au long du processus de fabrication des marches contre marches, ainsi que le découpage des feuilles de marbre et de granite.

Le travail présenté dans ce mémoire est donc le résultat d'une enquête sur l'entreprise YAHIAOUI et d'une expérience en laboratoire.

Nous avons effectué une enquête au sein de cette entreprise pour regrouper toutes les informations sur les déchets inertes générés.

-Les poussières générées lors de la fabrication, sont récupérées avec un extracteur et évacuée vers l'oued sebaou.

L'autre partie de notre travail est l'utilisation de déchet de marbre et de granite et de sables de rejets miniers dans des carreaux de carrelage, en le substituant à la matière première qui est le gravier et une partie du ciment.

Cette étude apporte un éclairage sur la valorisation des déchets de marbre et de granite comme additifs pour la formulation des dallages de sol.

Nous avons fabriquées des carreaux de carrelage a partir des déchets de marbre et de granite à la place du gravier. Et on a comparé les paramètres géotechniques de nos échantillons à ceux de l'échantillon témoin. Pour évaluer les paramètres géotechniques de nos échantillons, on a effectué divers tests, tels que le test de flexion, compression et test de dureté, et une comparaison avec des matériaux témoins. Les résultats obtenus sont très satisfaisants, et on peut proposer le déchet de marbre et de granite comme matière première dans l'élaboration, de matériaux de construction tels que le dallage.

Selon l'analyse précédente on peut qualifier que les résultats obtenus pour les échantillons à base des déchets de marbre et de granite répondent aux exigences d'une bonne

résistance à la rupture (la résistance à la compression et la résistance à la traction par flexion) et une stabilité accrue, la déformation est plus grande pour les échantillons de classe (8/15) que pour ceux des classes (0/8) et (3/8).

La granulométrie serrée (8/15) engendre plus de rupture que la granulométrie étalée (3/8).

Cela nous conduit à conclure que les déchets de marbre et de granite et rejet miniers types sables sont aptes à être utilisés comme addition dans la confection des bétons pour la fabrication des dallages.

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

- ✓ le choix de la déconstruction plutôt que de la démolition;
- ✓ des exigences sur le tri et la traçabilité des déchets sur les chantiers;
- ✓ l'utilisation de matériaux recycles;
- ✓ donner la priorité à la réutilisation sur site (déblais/remblais, gravats de déconstruction...);
- ✓ la mise en place de plates-formes temporaire de stockage;
- ✓ le respect de la réglementation relative à la gestion des déchets inertes.

Annexe 01

Résultats de l'échantillon 1

Champ		Valeur	Unité
Mode de contrôle	P O I N Ç O N N E M E N T	Force	
Matériau		Granite	
Date de l'essai		07/06/2017	
Vitesse		0,1	KN/s
Echantillon		1	
Section		Carré	
Largeur		250	Mm
Épaisseur		20	Mm
Longueur		250	Mm
Aire		5000	mm ²
Résistance projet		200	MPa
Age		7	J
Force maximum		0,191	KN
Résistance maximum		0,0381	MPa
Course maximum		0,57	Mm
Type d'essai		Poinçonnement	
Référence		1G	

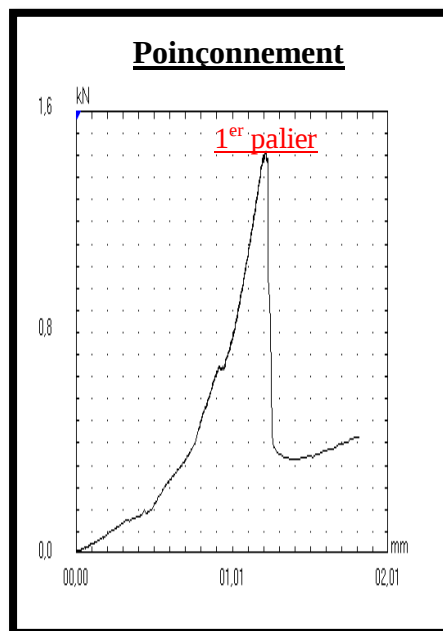


Figure : Le diagramme 1G montrant les paliers de rupture

Annexe 01

Résultats de l'échantillon 2

Champ	P	Valeur		Valeur		Valeur	Unité
Mode de contrôle	O	Force	C	Force	F	Force	
Matériau	I	Granite	O	Granite	L	Granite	
Date de l'essai	N	07/06/2017	M	10/07/2017		10/07/2017	
Vitesse	Ç	0,01	P	2,4	E		KN/s
Echantillon	O	2	R	2	X	2	
Section	N	Carré	E	Rectangulaire	I	Rectangulaire	
Largeur	E	250	S	40	O	97	Mm
Épaisseur	M	20	I	30	N	30	Mm
Longueur	E	250	O	100		300	Mm
Aire	N	5000	N	1200		2910	mm ²
Résistance projet		200		200		200	MPa
Age		7		30		30	J
Force maximum		1,454		199,96		1,84	KN
Résistance maximum		0,2909		166,64		6,31	MPa
Course maximum		1,83		6,87		10,31	Mm
Type d'essai		Poinçonnement		Compression		Flexion	
Référence		2G		2G		2G	

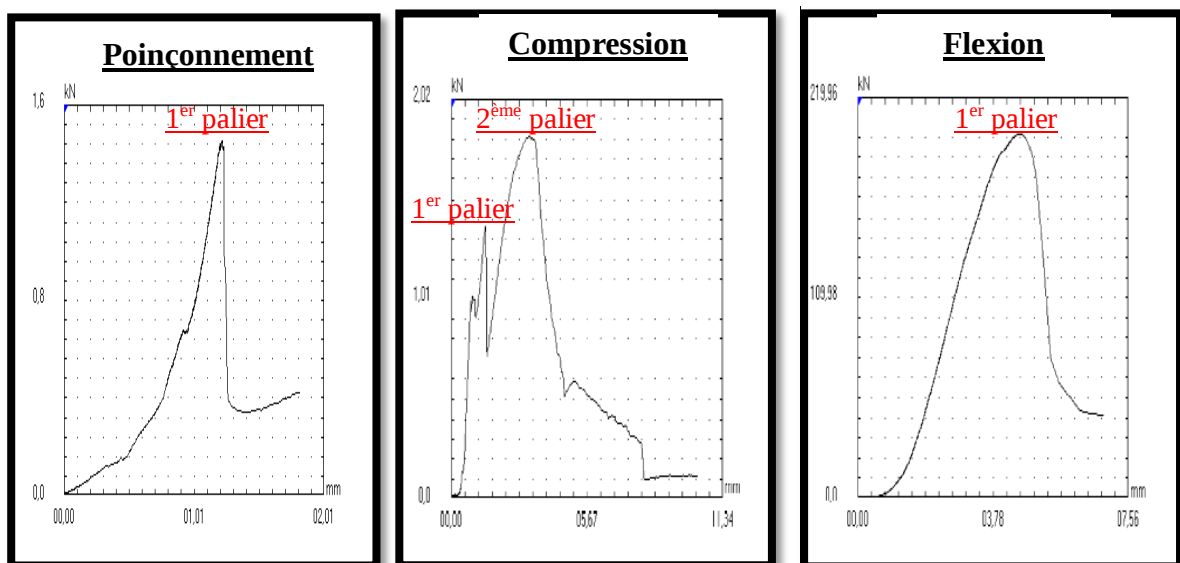


Figure : Le diagramme 2G montrant les paliers de rupture

Annexe 01

Résultats de l'échantillon 3

Champ	P	Valeur		Valeur		Valeur	Unité
Mode de contrôle	O	Force	C	Force	F	Force	
Matériau	I	Granite	O	Granite	L	Granite	
Date de l'essai	N	07/06/2017	M	10/07/2017	E	10/07/2017	
Vitesse	N	0,01	M	2,4	X	0.5	KN/s
Echantillon	Ç	3	P	3	N	3	
Section	O	Carré	R	Rectangulaire	O	Rectangulaire	
Largeur	N	250	E	40	N	97	Mm
Épaisseur	E	20	I	30	N	30	Mm
Longueur	M	250	O	100	N	300	Mm
Aire	E	5000	N	1200	N	2910	mm ²
Résistance projet	N	200	S	200	N	200	MPa
Age	E	7	S	30	N	30	J
Force maximum	M	0,833	I	179,49	N	1.02	KN
Résistance maximum	E	0,1666	O	149,58	N	3.49	MPa
Course maximum	N	0,69	N	9,4	N	8.55	Mm
Type d'essai		Poinçonnement		Compression		Flexion	
Référence	T	3G		3G		3G	

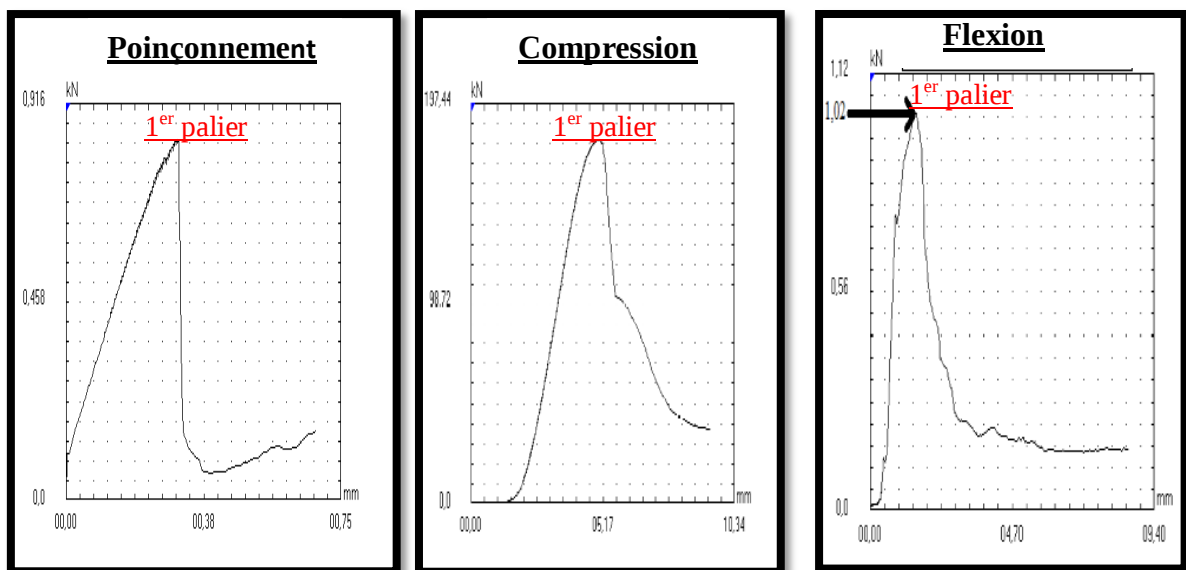


Figure : Le diagramme 3G montrant les paliers de rupture

Annexe 01

Résultats de l'échantillon 4

Champ		Valeur	Unité
Mode de contrôle	P O I N Ç O N N E M E N T	Force	
Matériau		Granite	
Date de l'essai		07/06/2017	
Vitesse		0,01	KN/s
Echantillon		4	
Section		Carré	
Largeur		250	Mm
Épaisseur		20	Mm
Longueur		250	Mm
Aire		5000	mm ²
Résistance projet		200	MPa
Age		7	J
Force maximum		0,657	KN
Résistance maximum		0,1314	MPa
Course maximum		0,64	Mm
Type d'essai		Poinçonnement	
Référence		4G	

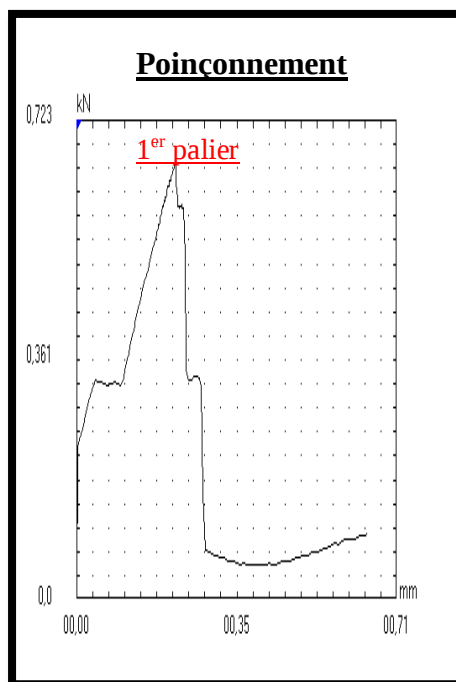


Figure : Le diagramme 4G montrant les paliers de rupture

Annexe 01

Résultats de l'échantillon 5

Champ	P	Valeur		Valeur		Valeur	Unité
Mode de contrôle	O	Force	C	Force	F	Force	
Matériau	I	Marbre	O	Marbre	L	Marbre	
Date de l'essai	N	07/06/2017	M	10/07/2017	E	10/07/2017	
Vitesse	Ç	0,01	P		X		KN/s
Echantillon	O	5	R	5	O	5	
Section	N	Carré	E	Rectangulaire	N	Rectangulaire	
Largeur	E	250	I	40		97	Mm
Épaisseur	M	20	O	30		30	Mm
Longueur	N	250	N	100		300	Mm
Aire	E	5000		1200		2910	mm ²
Résistance projet	N	200	S	200		200	MPa
Age	E	7	S	30		30	J
Force maximum	M	0,584	I	197,73		2,03	KN
Résistance maximum	E	0,1169	O	164,77		6,97	MPa
Course maximum	N	0,73	N	3,91		7,36	Mm
Type d'essai		Poinçonnement		Compression		Flexion	
Référence	T	1M		1M		1M	

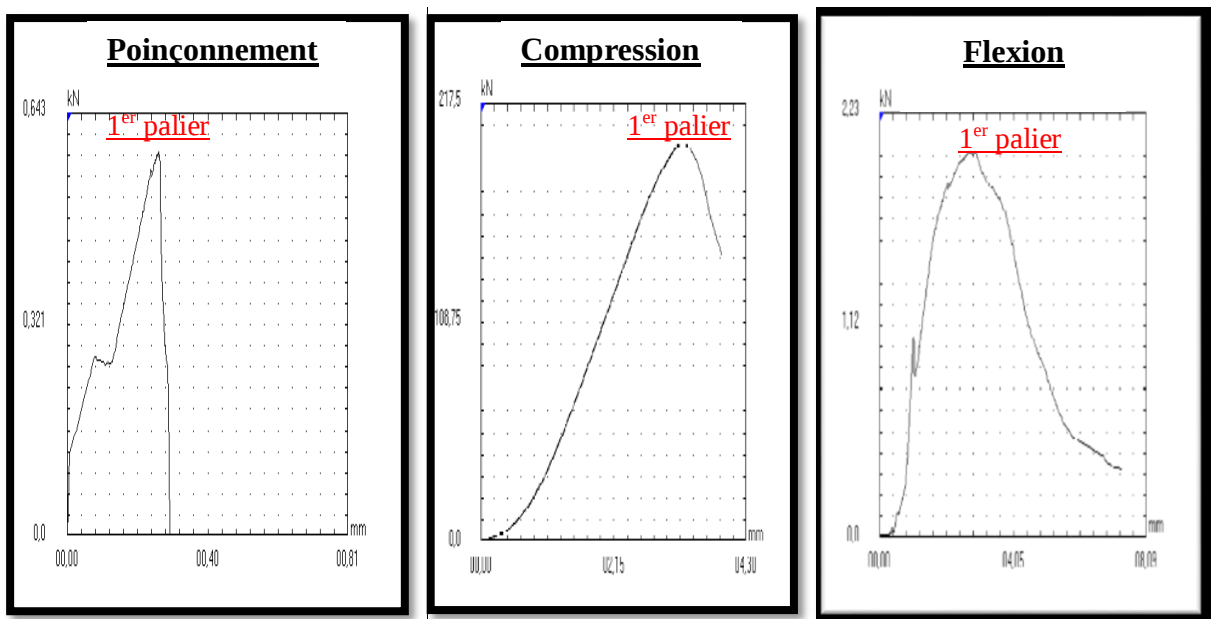


Figure : Le diagramme 1M montrant les paliers de rupture

Annexe 01

Résultats de l'échantillon 6

Champ	P	Valeur		Valeur		Valeur	Unité
Mode de contrôle	O	Force	C	Force	F	Force	
Matériau	O	Marbre	C	Marbre	F	Marbre	
Date de l'essai	I	07/06/2017	O	10/07/2017	F	10/07/2017	
Vitesse	N	0,01	M	2,4	F	0.5	KN/s
Echantillon	N	6	M	6	F	6	
Section	Ç	Carré	P	Rectangulaire	L	Rectangulaire	
Largeur	O	250	R	40	E	97	Mm
Épaisseur	O	20	R	30	E	30	Mm
Longueur	N	250	E	100	X	300	Mm
Aire	N	5000	E	1200	X	2910	mm ²
Résistance projet	N	200	S	200	I	200	MPa
Age	E	7	S	30	O	30	J
Force maximum	M	1,136	I	193,24	N	2,14	KN
Résistance maximum	E	0,2273	O	161,03	N	7,34	MPa
Course maximum	N	1,71	N	4,74	N	28,00	Mm
Type d'essai		Poinçonnement		Compression		Flexion	
Référence	T	2M		2M		2M	

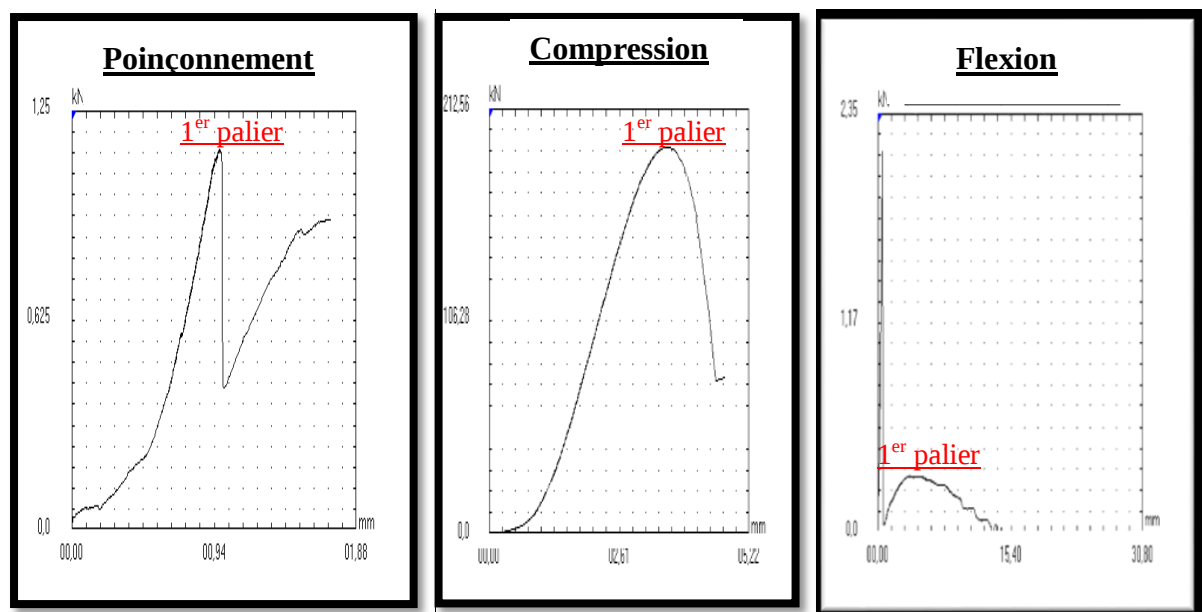


Figure : Le diagramme 2M montrant les paliers de rupture

Annexe 01

Résultats de l'échantillon 7

Champ	P	Valeur		Valeur		Valeur	Unité
Mode de contrôle	O	Force	C	Force		Force	
Matériau		Marbre		Marbre		Marbre	
Date de l'essai	I	07/06/2017	O	10/07/2017		10/07/2017	
Vitesse	N	0,01	M	2,4	F	0.5	KN/s
Echantillon		7		7		7	
Section	Ç	Carré	P	Rectangulaire	L	Rectangulaire	
Largeur		250		40		97	Mm
Épaisseur	O	20	R	30	E	30	Mm
Longueur		250		100		300	Mm
Aire	N	5000	E	1200	X	2910	mm ²
Résistance projet	N	200	S	200	I	200	MPa
Age	E	7	S	30	O	30	J
Force maximum	M	0,674	I	170,63	N	0,98	KN
Résistance maximum	E	0,1349	O	142,19		3,38	MPa
Course maximum	N	1,19	N	4,28		6,59	Mm
Type d'essai		Poinçonnement		Compression		Flexion	
Référence	T	3M		3M		3M	

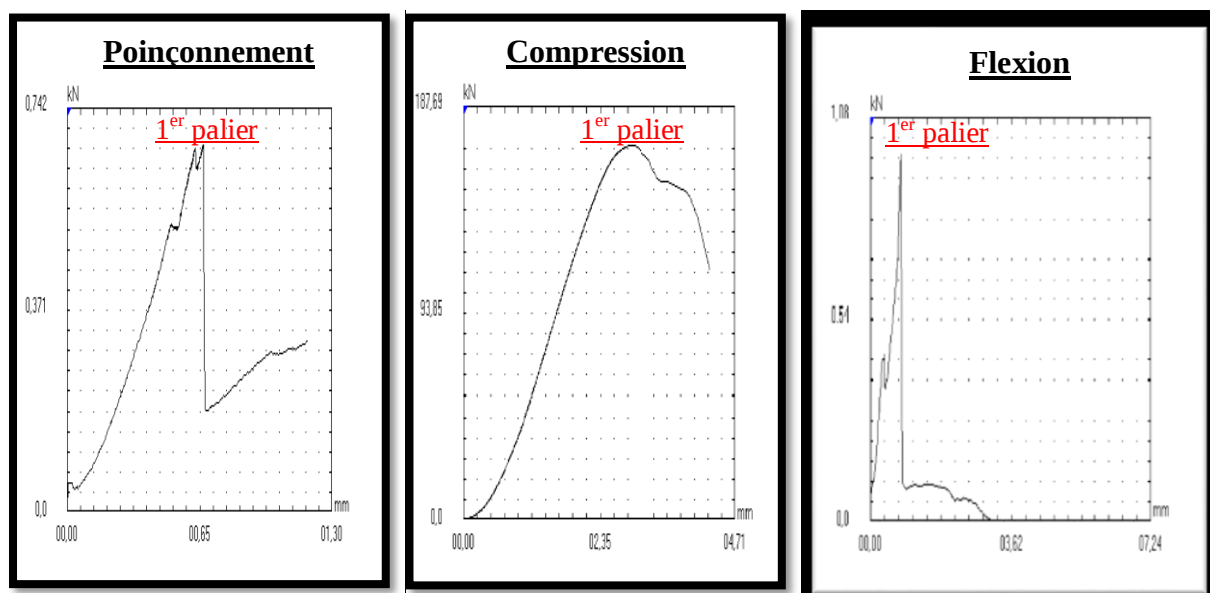


Figure : Le diagramme 3M montrant les paliers de rupture

Annexe 01

Résultats de l'échantillon 8

Champ		Valeur	Unité
Mode de contrôle	P O I N Ç O N N E M E N T	Force	
Matériau		Marbre	
Date de l'essai		07/06/2017	
Vitesse		0,01	KN/s
Echantillon		8	
Section		Carré	
Largeur		250	Mm
Épaisseur		20	Mm
Longueur		250	Mm
Aire		5000	mm ²
Résistance projet		200	MPa
Age		7	J
Force maximum		0,407	KN
Résistance maximum		0,0814	MPa
Course maximum		5,65	Mm
Type d'essai		Poinçonnement	
Référence		4M	

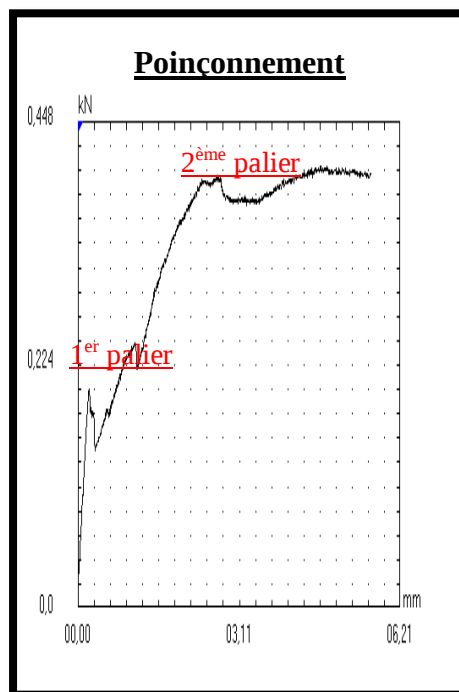


Figure : Le diagramme 4M montrant les paliers de rupture

Annexe 01

Résultats de l'Echantillon Témoin 1 (T1)

Champ	C	Valeur		Valeur	Unité
Mode de contrôle	C	Force		Force	
Matériau	O	Marbre		Marbre	
Date de l'essai		10/07/2017		10/07/2017	
Vitesse	M	2,4	F	0.5	KN/s
Echantillon		7		7	
Section	P	Rectangulaire	L	Rectangulaire	
Largeur	R	40	E	97	Mm
Épaisseur		30		30	Mm
Longueur	E	100	X	300	Mm
Aire		1200		2910	mm ²
Résistance projet	S	200	I	200	MPa
Age		30		30	J
Force maximum	S	129,47	O	1.73	KN
Résistance maximum		107,89		4,73	MPa
Course maximum	I	6,82	N	20,53	Mm
Type d'essai		Compression		Flexion	
Référence	O	T1		T1	
	N				

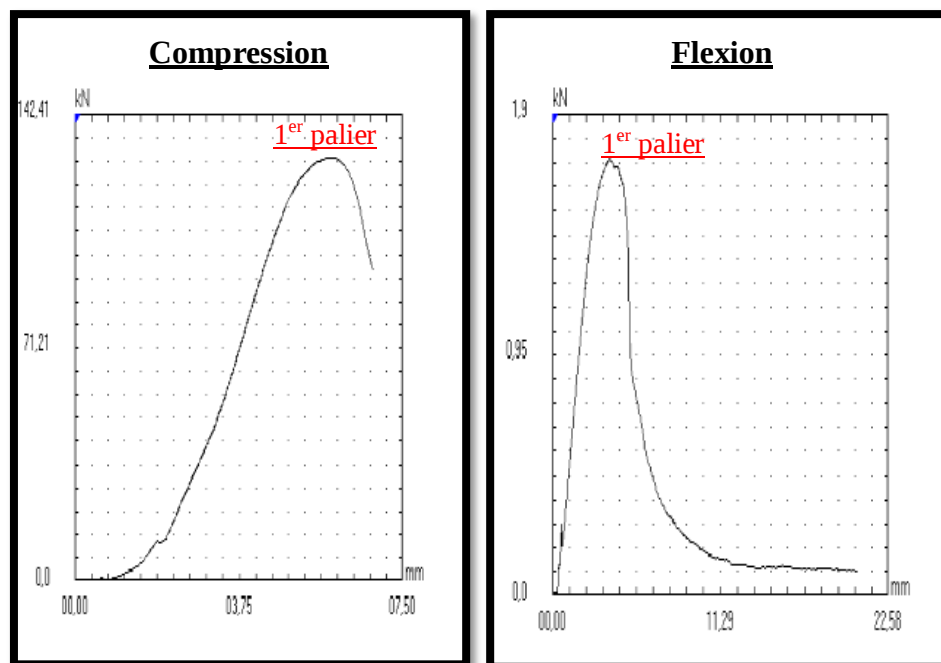


Figure : Le diagramme T1 montrant les paliers de rupture

Annexe 01

Résultats de l'Echantillon Témoin 2 (T2)

Champ	C	Valeur		Valeur	Unité
Mode de contrôle	C	Force		Force	
Matériau	O	Granite		Granite	
Date de l'essai		10/07/2017		10/07/2017	
Vitesse	M	2,4	F	0.5	KN/s
Echantillon		7		7	
Section	P	Rectangulaire	L	Rectangulaire	
Largeur		40		97	Mm
Épaisseur	R	30	E	30	Mm
Longueur		100		300	Mm
Aire	E	1200	X	2910	mm ²
Résistance projet		200		200	MPa
Age	S	30	I	30	J
Force maximum	S	201,98	O	1 ,80	KN
Résistance maximum		168,32		5,76	MPa
Course maximum	I	1,67	N	2,75	Mm
Type d'essai	O	Compression		Flexion	
Référence	N	T2		T2	

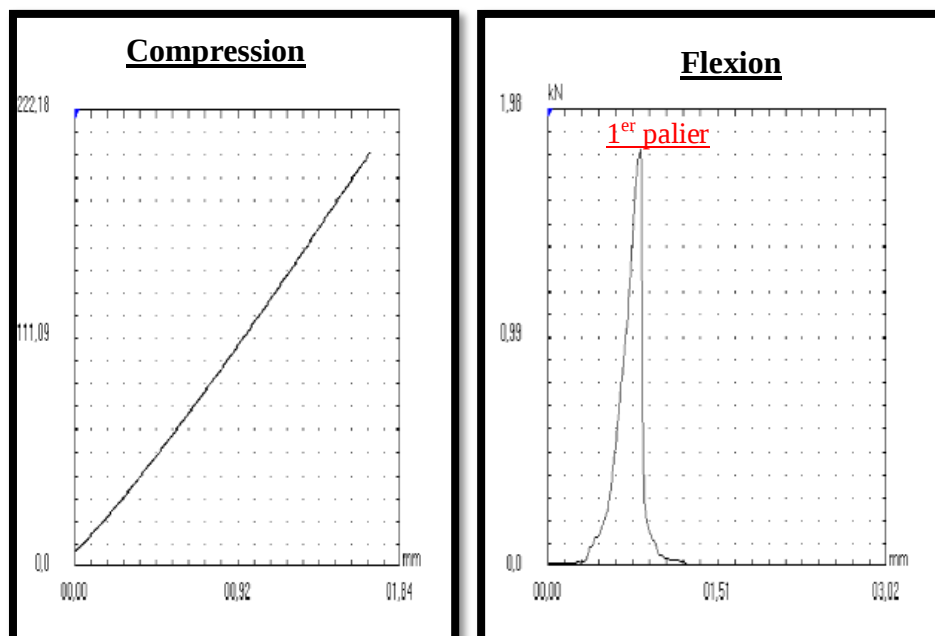


Figure : Le diagramme T2 montrant les paliers de rupture

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

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

AUCLAIR S. Géologue, (20/09/2013) : Les minéraux et les roches pour tous, Québec.

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

BENAKLI S. (2014) : Caractérisation expérimentale des bétons autoplaçants obtenus par ajout des déchets de construction, mémoire de magister. UMMTO, 57, 112, 113p.

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

BEN MENACER A. (2012) : Etude de la micro-dureté Vickers des poudres chimiques de Ni-p. Mem. Univ. Batna, 93 p.

BENZIANE A. (31/10/2013) : Contribution à l'étude de la gestion des déchets solides dans les deux communes « Et Ain Ghoraba » de la wilaya de Tlemcen, mémoire de master. Université Abou Bekr Belkaid.

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

BOUAOUDA M.-S. (2007) : Lithostratigraphie, biostratigraphie et micropaleontologie des formations du Lias au Kimmeridgien du bassin atlantique marocain d'El Jadida – Agadir (Maroc). Trav. Inst. Sci., Rabat, ser. Geol. & Geogr. Phys., 22, 175 p.

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

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

Références Bibliographiques

DESSARTHE A. GUYOT H. & CARAYOL M. (1998) : Techniques de fabrication de pièces mécaniques en plastique ou composite : Guide. Ed. CETIM, établissement de Nantes, Paris., 218p.

JACQUOT B. (2010) : propriétés mécaniques des biomatériaux utilisés en odontologie. Cour. Univ. Médicale virtuelle francophone.

MINISTER DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (2001). Loi 01-19 du 12 Décembre 2001 Relative à la Gestion, au Contrôle et à l'Elimination des Déchets. Journal officiel n°77, 10p

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

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

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

OUAMEN K. (21/12/2015) : Gestion intégrée des déchets en Algérie.

OUAMANE M. (Juillet 2012) : Stratégie nationale de gestion intégrée des zones cotières en Algérie, 23p.

RABHALLAH D.A. & SENOUCI K. (04/07/2012) : Contre de valorisation des déchets ménagers solides, mémoire d'architecte d'état, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 18p.

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

R.S.(28/07/2016) : Gestion des déchets et des déchets ménagers en particulier : Tout sur la stratégie "Zéro déchets". Journal LIBERTE, 14p.

ROZES B. (Décembre 1980) : Analyse de la formation des coûts des matériaux de carrière : Industrie des roches ornementales. Tome1

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

ZEROUAL S. (13/11/2014) : Impacte de l'addition de la poussière "CKD" sur les caractéristiques physique et mécanique des mortiers et béton, mémoire de master, USTO.

Références Bibliographiques

Stratégie Nationale relative à la Gestion Intégrée des Zones Côtière en Algérie/ Pollution par les déchets solides en Algérie/ MATE-PAP RAC/ 2012.

Rapport MATE-DPEU, 2012.

REFERENCES WEBOGRAPHIQUE

<https://www.wikipedia.org>

<http://www.les guides pratiques.fr>

<http://www.and.dz>

<http://www.mate.dz>