

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ-BOUIRA



Faculté des Sciences et des

Département de Génie Civil

Sciences Appliquées

Mémoire de fin d'étude

Présenté par :

Mr MEZIANE Amar Yacine

En vue de l'obtention du diplôme de **Master 02** en :

Filière : Génie Civil

Option : Matériaux en Génie Civil

Thème :

Elaboration et caractérisation d'un nouveau matériau à base de déchets « Verres et Plastiques »

Devant le jury composé de :

Aribi Chouaib

MAA

UAMOB

Président

Kennouche Salim

MCB

UAMOB

Encadreur

Hami Brahim

MCB

UAMOB

Examineur

Dédicace

À MES CHÈRES PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

À MES CHÈRES ET ADORABLES FRÈRES

Abdel Hadi, Amine et Abd Rahim

En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

À MA FIANCÉE MASSIVA

Une spéciale dédicace à cette personne qui compte déjà énormément pour moi, et pour qui je porte beaucoup d'amour, tendresse et de respect, que Dieu te garde à mes côtés pour le meilleur tout comme le pire.

À MES AMIS DE TOUJOURS AMKHENFI LYES ET KAROU HALIM

En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

Remerciement

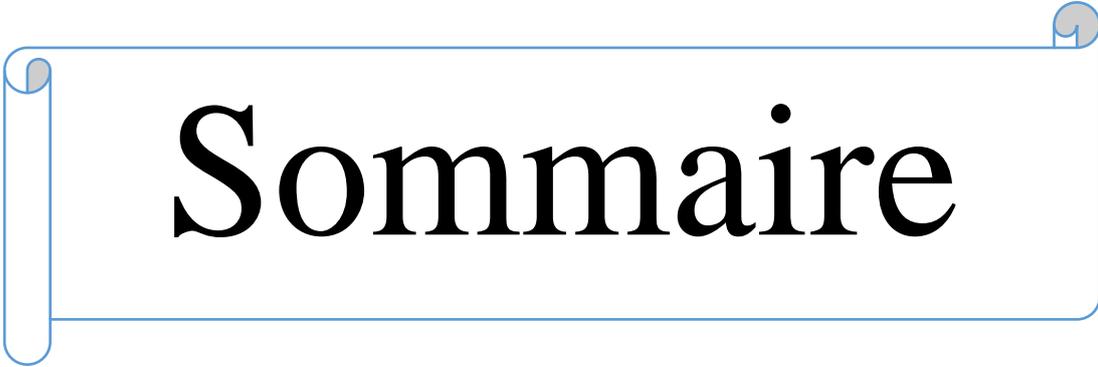
Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

La première personne que je tiens à remercier est mon encadrant Mr. KENNOUCHE Salim, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Mes remerciements s'étendent également à tous mes enseignants durant les années des études.

Enfin, je remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.



Sommaire

Sommaire

Chapitre I : Valorisation des déchets

Introduction Générale :	4
I.1. Introduction :	7
I.2. Définition d'un déchet :	7
I.3. Origine de la production des déchets	9
I.4. Différents types de déchets :	9
I.4.1. Déchets ultimes :.....	9
I.4.2. Déchets inertes :.....	9
I.4.3. Déchets assimilés :	10
I.4.4. Déchets verts :.....	10
I.4.5. Déchets organiques :	10
I.4.6. Déchets industriels banals (DIB) :.....	10
I.4.7. Déchets dangereux :	10
I.4.7.1. Déchets industriels spéciaux (DIS) :	10
I.4.7.2. Déchets ménagers spéciaux (DMS) :.....	10
I.5. Technique de valorisation :	11
I.5.1. Procédés par recyclage :	11
I.5.2. L'intérêt de la valorisation :	11
I.5.3. Gestion des déchets :	11
I.5.3.1. Collecte de déchets :	11
I.5.3.2. Transformations :.....	12
I.5.3.3. Commercialisation et consommation :	12
I.6. Principe de gestion et de collecte des déchets :	12
I.7. Technique de gestion des déchets :	12
I.7.1.Procédés classiques :.....	12
I.7.2.Procédés modernes :.....	13
I.8. Impacts du recyclage sur l'environnement :	13
I.8.1. Protection des richesses naturelles :	13
I.9. Déchets en Algérie	14
I.10. Valorisation des déchets et sous-produits dans le domaine des travaux publics :	14
I.10.1. Pneus usagés et déchets plastiques :.....	14
I.10.2. Valorisation et Recyclage des Déchets Plastiques dans le Béton.....	14
I.11. Conclusion:	15
II.1. Introduction :	18
II.2. Recyclage :	18

II.2.1. Définition :	18
II.2.2. Impact du Recyclage :	19
II.2.2.1. Impacts environnementales :	19
II.2.2.2. Impacts économiques :	19
II.3. Règlementation déchets en Algérie :	19
II.3.1. Cadre institutionnel :	19
II.3.2. Cadre réglementaire :	21
II.4. Cycle de vie des matériaux :	21
II.4.1. Qu'est-ce qu'un cycle de vie ?	21
II.4.2. A quoi cela peut-il servir ?	22
II.4.3. Les étapes de cycle de vie :	22
II.4.4. Principales catégories d'impacts considérées :	22
II.4.5. Conclusion :	23
II.5. Traitement des déchets :	24
II.5.1. Traitement avec élimination :	24
II.5.2. Traitement avec valorisation :	24
II.6. Chiffres sur les déchets plastiques et verres :	24
II.6.1. Dans le Monde :	24
II.6.1.1. Plastique :	24
II.6.1.2. Verre :	24
II.6.2. En Algérie :	25
II.6.2.1. Plastique :	25
II.7. Travaux scientifiques (Utilisation des déchets plastiques et verre dans les matériaux de	26
II.7.1. Valorisation et Recyclage des Déchets Plastiques dans le Béton :	26
II.8. Conclusion :	32
III.1. Introduction :	34
III.2. Sources des déchets plastiques et verres :	34
III.2.1. Pour le Verre :	34
III.2.2. Pour les Plastiques :	36
III.3. Méthode de valorisation (technique) déchets plastiques et verres :	38
III.3.1. Méthode de valorisation des déchets plastique :	38
III.3.2. Méthode de valorisation des déchets verres :	41
III.4. Intérêts techniques de la valorisation des déchets plastique et verre :	42
III.4.1. Pour les plastiques :	42
III.4.2. Pour le verre :	43
III.5. Certains travaux de recherches sur la valorisation des déchets plastiques et	43
III.6. Conclusion :	45

IV.1. Caractérisations des matériaux et techniques expérimentaux :	47
IV.1.1. Poudre de verre :	47
IV.1.2. Déchet plastique :.....	48
IV.2. Préparation des mélanges :	49
IV.3. Essais physico-mécaniques :	50
IV.4. Essai de résistance à la compression :	51
IV.5. Essai d'absorption :	51
IV.6. Essai de résistance à la température :	52
IV.7. Résultats et discussions :	54
Conclusion Générale :	57
Des perspectives peuvent être projetées entre autres :	58

Liste des figures

Chapitre I : Valorisation des déchets.

Figure I. 1 : Stratégies de traitement des déchets. [2].....	8
Figure I. 2: Valorisation des déchets. [2].....	9
Figure I. 3: Type des déchets plastiques utilisés. [7].....	15

Chapitre II : Recyclage des matériaux.

Figure II. 1: Cycle de vie d'un matériau.....	22
Figure II. 2: Catégories d'impacts considérées.	23
Figure II. 3: Catégories d'impacts considérées.	23
Figure II. 4: Types des déchets plastiques utilisés.....	27
Figure II. 5: Temps d'écoulement des bétons type BDGP.	28
Figure II. 6: Temps d'écoulement des bétons types BFP.	29
Figure II. 7 : Résistance à la traction des bétons type BDGP.....	29
Figure II. 8 : Résistance à la traction des bétons type BFP.	29
Figure II. 9 : Absorption d'eau des bétons type BFPO.	30
Figure II. 10 : Absorption d'eau des bétons types BFPR.	30
Figure II. 11 : Retrait des bétons types BDGP.	31
Figure II. 12 : Retrait des bétons type BFPO	31
Figure II. 13 : Retrait des bétons type BFPR.....	31

Chapitre III : Déchets plastiques et verres.

Figure III. 1 : Déchets de Verres	35
Figure III. 2 : Verres Traités	35
Figure III. 3 : Consommation du plastique.	37
Figure III. 4 : Producteurs déchets Plastiques.....	37
Figure III. 5 : Gisement des déchets plastiques ménagers.	37
Figure III. 6 : Gisement de déchets plastiques industriels.....	37
Figure III. 7 : Schéma du processus standard de régénération.....	40
Figure III. 8 : Le Béton en fibre de Verre	45

Chapitre IV : Partie expérimentale.

Figure IV. 1 : Analyses granulométriques Laser de la poudre de verre.....	47
Figure IV. 2 : Déchets plastique et verre utilisés.....	48
Figure IV. 3 : Préparation des mélanges et des éprouvettes.	49
Figure IV. 4 : Surface fissurée des éprouvettes du mélange (80 % poudre de verre et 20 %plastique).	50
Figure IV. 5 : éprouvettes d'essais physico-mécaniques.....	50
Figure IV. 6 : Appareil d'essai compression.....	51
Figure IV. 7 : Masse avant de plonger l'échantillon dans l'eau.....	51
Figure IV. 8 : Echantillon dans l'eau.	51
Figure IV. 9 : Masse de l'échantillon après être resté dans l'eau 2h.....	52
Figure IV. 10 : essais thermiques à l'environnement chaud.	52
Figure IV. 11 : Masses volumique des différentes variantes.....	53
Figure IV. 12 : Résistances à la compression des différentes variantes.	53
Figure IV. 13 : Corrélations (pourcentages de poudre de verre et les masses volumiques)	53
Figure IV. 14 : Corrélations (pourcentage du plastique et les résistances mécaniques).....	54

Liste des tableaux

Chapitre II : Recyclage des matériaux.

Tableau II. 1 : Capacité de recyclage.	25
Tableau II. 2: Caractéristiques des granulats.	27

Chapitre III : Déchets plastiques et verres.

Tableau III. 1: Gisement de déchets plastiques industriels.	38
---	----

Chapitre IV : Partie expérimentale.

Tableau IV. 1 : Caractéristiques physiques de la poudre de verre.	47
Tableau IV. 2 : Composition chimique de la poudre de verre.	47
Tableau IV. 3 : Résultats des essais physico-mécaniques.	52

Résumé

Les déchets en Algérie sont en croissance continue (42.5 millions d'habitants en janvier 2018, d'après l'Office National des Statistiques ONS), un chiffre qui explique la croissance de la consommation des différents produits. Par ailleurs la prise en charge des différents déchets est une obligation pour les pouvoirs publics. Ce travail s'inscrit dans cette optique, dont l'objectif principal est l'élaboration d'un matériau à base de déchets de verre et plastique, ce dernier assure la phase liante dans le matériau, qui sera élaboré par différents pourcentages de deux déchets, les essais physico-mécaniques (essai de compression, fusion, absorption et essai de résistance à la chaleur) sur les variantes élaborées sont satisfaisantes de point de vue physique et mécanique, ce qui rend possible la valorisation des déchets plastiques et verre dans les matériaux de construction, ouvrant ainsi une autre voie de valorisation de ses déchets, et de réduire les quantités de déchets dans la nature.

Mots clés : déchets plastiques et verres, essais de compression, fusion.

Abstract

Waste in Algeria is growing continuously (42.5 million inhabitants in January 2018, according to the National Office of Statistics ONS), that explains the growth in the consumption of various products. In addition, taking charge of the different types of waste is an obligation for public authorities. This work takes a part of this approach, whose main objective is the development of a material based on glass and plastic waste, the latter ensures the binding phase in the material, which will be developed by different percentages of two wastes, the physico-mechanical tests (compression test, melting, absorption and heat resistance test) on the elaborate variants are satisfactory from a physical and mechanical point of view, which makes possible the recovery of the plastic and glass waste in the building materials, thus opening another way of valorization of its waste, and of reducing the amount of waste in the wild.

Key words: waste plastics and glasses, compression tests, fusion.

ملخص

النفائيات في الجزائر يتزايد بشكل مستمر (42.5 مليون نسمة في كانون الثاني/يناير عام 2018، طبقاً للمكتب الوطني للإحصاء الإحصاءات)، وهذا ما يفسر النمو في استهلاك منتجات مختلفة. وبالإضافة إلى ذلك، أخذ المسؤول عن أنواع مختلفة من النفائيات ملزمة للسلطات العامة. هذا العمل تأخذ جزء من هذا النهج، وهدفها الرئيسي هو وضع مادة استناداً إلى الزجاج والبلاستيك النفائيات، ويضمن هذا الأخير في مرحلة الربط في المواد، التي ستوضع بنسب مختلفة اثنين النفائيات، فيسيكوميكانيكال الاختبارات (اختبار الضغط وذوبان وامتصاص واختبار مقاومة الحرارة) على وضع المتغيرات مرضية من المادية والميكانيكية من وجهة نظر، مما يجعل من الممكن استرداد البلاستيك والزجاج النفائيات في مواد البناء، مما فتح وهناك طريقة أخرى لتثمين النفائيات بها، وتقليل كمية النفائيات في البرية.

الكلمات الرئيسية: النفائيات انصهار البلاستيك والنظارات، واختبارات الضغط،

Introduction Générale

Introduction Générale :

Toute activité de production ou de consommation génère des déchets, qui sont souvent associés à la détérioration de notre environnement et a de multiples risques pour la santé humaine.

Face aux nuisances causées par l'industrie sur l'environnement, l'inquiétude ne cesse de grandir ;l'ensemble des domaines sont appelés à la participation réelle de la prise ne charge des déchets et sous-produits industriels, notamment le domaine du génie civil est appelé aussifournir plus d'effort sur les questions de la protection de la nature et l'environnement, par l'utilisation des déchets solides dans la fabrication des matériaux de construction et dans la réalisation des projets, afin de limiter l'exploitation excessive des ressources naturelles et de réduire la pollution atmosphérique.

Les déchets ne posent pas uniquement un problème pour l'environnemental, mais aussi des pertes économiques. Depuis un certain temps les déchets sont considérés comme une ressource précieuse, à partir de laquelle peuvent être extraites des matières premières et de l'énergie. Grâce aux divers systèmes de collecte, les différents types de déchets peuvent être réintégrés dans le circuit des matériaux.

Les besoins croissants et l'activité de l'être humain sont les sources principales de la génération de ses déchets, qui sont difficile à estimer, mais l'humain produit entre 3.400 à 4.000 milliards de tonnes par an, soit de 80 à 126 tonnes de déchets générés chaque seconde ! Chaque jour, l'activité humaine produit environ plus de 10 milliards de kilos de déchets. Le flou entourant les chiffres des déchets toxiques ou dangereux (solvants,) est important. Entre 2008 et 2020 la quantité de déchets devrait augmenter de 40% dans le monde.

C'est dans ce contexte que ce travail est positionné, dont on s'intéresse à la valorisation des déchets solides (verre et plastique), afin de produire des matériaux à partir des déchets.

Ce travail est scindé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est une recherche bibliographique :

Nous allons relater les différents types de déchets, ainsi que les possibles valorisations des déchets dans la construction.

- Le deuxième chapitre, est consacré à une présentation des différentes méthodes de pris en charge des déchets comme le recyclage.

- Le troisième chapitre, est principalement consacré à la valorisation des déchets plastiques et verre sous forme de matériaux de construction.
- Le quatrième chapitre, est consacré la partie expérimentale, dont nous allons exposer la méthode, les mélanges et les variantes préparées, ainsi que la méthode de caractérisation des éprouvettes, suivit d'une analyse des résultats.
- Enfin, nous présentons une conclusion générale sur le travail réaliser, ainsi que des recommandations.

CHAPITRE I :

Valorisation des déchets

I.1. Introduction :

Du fait de l'augmentation des activités du Bâtiment et des Travaux Publics depuis quelques décennies, on constate un afflux croissant du volume des déchets issus des chantiers.

L'industrie en Algérie a une part de responsabilité majeure dans la pollution globale du pays, notamment l'industrie pétrochimique, chimique, métallurgique et de traitement des minerais.

La valorisation des déchets dans le génie civil est un secteur important dans la mesure où les produits que l'on souhaite obtenir ne sont pas soumis à des critères de qualité trop rigoureux. Le recyclage des déchets touche deux impacts très importants à savoir l'impact environnemental et l'impact économique.

Avant de valoriser un déchet, il faut connaître son origine, l'analyser, caractériser son état actuel et son comportement dans le temps et évaluer son traitement. 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.

« Toute personne qui produit ou détient des déchets, dans des Conditions de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits et des odeurs et, d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement, est tenue d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination conformément aux dispositions du Code de l'Environnement, dans des conditions propres à éviter les dits effets. »

Dans ce chapitre, nous allons parler sur la gestion des différents types de déchets et les techniques de traitement ou d'élimination ; ainsi le recyclage et la réutilisation des déchets dans le domaine de génie civil.

I.2. Définition d'un déchet :

Le terme déchet désigne, dans le langage courant, une ordure, une chute, un reste et tout autre résidu rejeté par ce qu'il n'est plus consommable ou utilisable et donc, n'a pas de valeur. Plusieurs définitions ont été données à la notion "déchet" :

- " Tout résidu d'un processus de production, de transformation, ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon, dégradant les sites et paysages et portant atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement "[1].
- " Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation et plus généralement tout produit ou bien ou meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer " (loi 01-19 du 12/12/2001)

Les déchets peuvent être classés en trois catégories :

- Les déchets dangereux, qui présentent une ou plusieurs propriétés dangereuses (carburant, inflammable, explosif, corrosif, cancérigène...) (**décret n° 2002-540 du 18 avril 2002**),
- Les déchets non dangereux, qui ne figurent pas dans le **décret n° 2002-540 du 18 avril 2002**,
- Les déchets inertes, qui ne sont pas dangereux et ne contiennent pas de constituants évolutifs. Ils « ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine » (**directive n° 1999/31/CE**). Ils proviennent essentiellement du secteur du BTP.

Anciennement appelés déchets ménagers et assimilés (DMA) (arrêté du 19 janvier 2006), les déchets non dangereux (DND) regroupent tous les déchets, dont l'innocuité est garantie, en provenance de l'intégralité des activités économiques et des ménages.

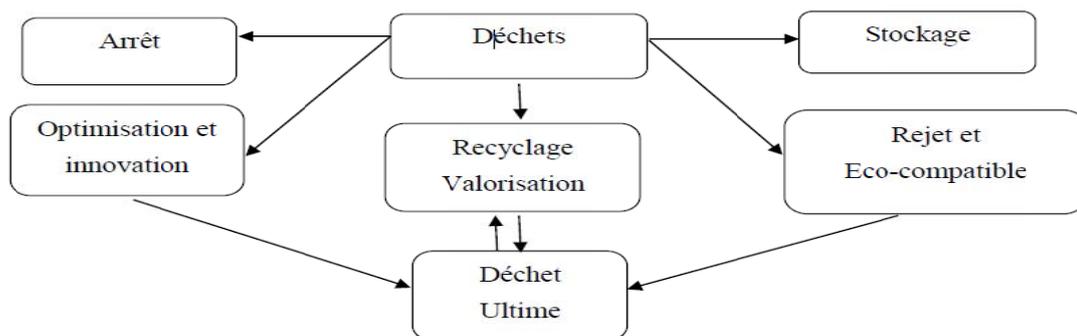


Figure I. 1 : Stratégies de traitement des déchets.[2]

Leur mise en œuvre concrète passe par un certain nombre de filières techniques, elles articulent autour des objectifs généraux suivants :

- ❖ Valorisation énergétique.
- ❖ Valorisation en matière première organique et minérale.
- ❖ Valorisation en science des matériaux.
- ❖ Valorisation en agriculture.
- ❖ Valorisation en technique de l'environnement.
- ❖ Technique dite d'élimination.

Les objectifs précédents sont illustrés dans la figure I.2

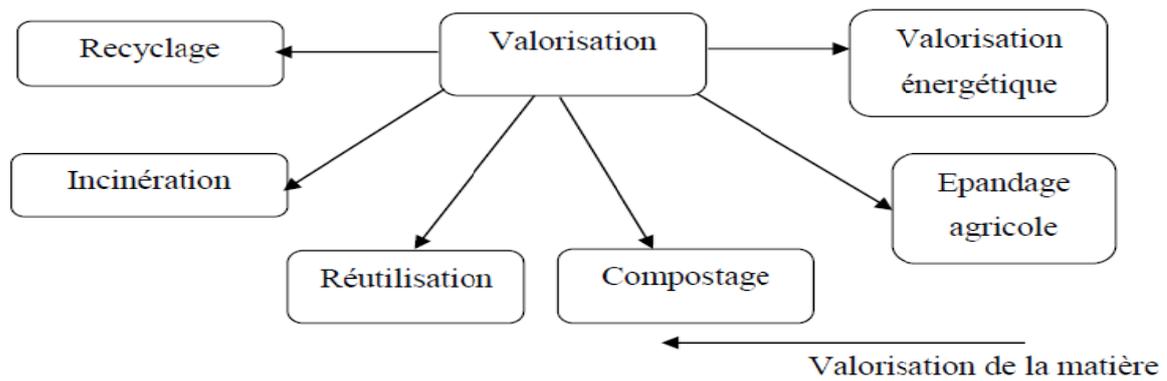


Figure I. 2: Valorisation des déchets.[2]

I.3. Origine de la production des déchets

La production des déchets est inéluctable pour les raisons suivantes :

- Biologiques : tout cycle de vie produit des métabolites ;
- Chimiques : toute réaction chimique est régie par le principe de la conservation de la matière et dès que vous obtenez un produit à partir de deux autres on en produira un quatrième ;
- Technologiques : tout procédé industriel conduit à la production de déchet ;
- Économiques : les produits en une durée de vie limitée ;
- Écologiques : les activités de la dépollution (eau, air) génèrent inévitablement d'autres déchets qui nécessiteront une gestion spécifique ;
- Accidentelles : les inévitables dysfonctionnements des systèmes de production et de consommation sont eux aussi à l'origine de déchets.

I.4. Différents types de déchets :

I.4.1. Déchets ultimes :

Le déchet ultime c'est un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux.[3]

I.4.2. Déchets inertes :

Déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, ne se décompose pas, ne brûle pas, et ne produit aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradable et ne détériore pas d'autres matières avec lesquelles il entre en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine. Ces déchets sont admissibles dans les installations de stockage et proviennent essentiellement des chantiers de

bâtiment et de travaux publics ou d'industries de fabrication de matériaux de construction. Ce sont notamment les déchets suivants :

Les bétons, les tuiles et les céramiques, les briques, les déchets de verre, les terres, les enrobés bitumeux.

I.4.3. Déchets assimilés :

Les déchets ménagers et assimilés recouvrent les ordures ménagères (OM) qui proviennent des ménages et tous les déchets gérés comme tels par les collectivités locales (déchets des artisans ou commerçants).

I.4.4. Déchets verts :

Ce sont les déchets végétaux des parcs et jardins (gazon, branchages...)

I.4.5. Déchets organiques :

Les termes suivants recouvrent la même notion : bio déchets ou déchets fermentescibles ou FFOM (fraction fermentescible des ordures ménagères). Il s'agit de :

- ❖ Déchets végétaux des parcs et jardins (déchets verts)
- ❖ Déchets organiques de la cuisine (restes de repas, épluchures, papiers essuie-tout, papier journal, fleurs coupées, marc de café, filtres à café, sachets de thé, coquilles d'œufs, etc....- boues

I.4.6. Déchets industriels banals (DIB) :

Ils regroupent l'ensemble des déchets non dangereux produits par les industriels et par les entreprises du commerce, de l'artisanat, des services et de l'administration, de la métallurgie, la peinture, la chimie et la pétrochimie. Ce sont des déchets d'emballage, des déchets d'entretien et les matériels en fin de vie.

I.4.7. Déchets dangereux :

I.4.7.1. Déchets industriels spéciaux (DIS) :

Ces déchets figurent en raison de leurs propriétés dangereuses, exemple : déchets contenant de l'arsenic, du plomb ; constitués de boues de peinture, d'hydrocarbures ; provenant de l'industrie pétrolière, etc....

I.4.7.2. Déchets ménagers spéciaux (DMS) :

Ce sont les déchets à risque contenus dans les déchets ménagers, tels que les aérosols, colles, détergents, détachants insecticides, peintures, piles, tubes néon, produits de nettoyage. Il peut s'agir de ce qu'on appelle également les DTQS : déchets toxiques en quantité dispersé.

I.5. Technique de valorisation :**I.5.1. Procédés par recyclage :**

Il existe trois grandes familles de techniques de recyclage : chimique, organique et mécanique

Le recyclage dit **Chimique** utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple pour séparer certains composants.

Le recyclage dit **Mécanique** : est la transformation des déchets à l'aide d'une machine par exemple pour broyer.

Le recyclage dit **Organique** consiste après compactage ou fermentation, à produire des engrais ou du carburant tel que le biogaz.

I.5.2. L'intérêt de la valorisation :

Pourquoi valoriser ? Pour porter de plus en plus à la valorisation des déchets et des sous-produits industriels est lié à la fois à la crise de l'énergie, à la diminution des ressources mondiales en matières premières et enfin la législation qui devient très sévère concernant la protection de la nature et l'environnement.

Les arguments peuvent être résumés en :

- ❖ Augmentation de la production.
- ❖ Le coût de stockage ou de traitement est de plus en plus élevé.
- ❖ Une législation de plus en plus sévère.
- ❖ Une meilleure gestion de la recherche.

I.5.3. Gestion des déchets :

La gestion des déchets est la collecte, le transport, le traitement (le traitement de rebut), la réutilisation ou l'élimination des déchets, habituellement ceux produits par l'activité humaine, afin de réduire leurs effets sur la santé humaine, l'environnement, l'esthétique ou l'agrément local. La gestion des déchets concerne tous les types de déchets, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux, chacun possédant sa filière spécifique.

I.5.3.1. Collecte de déchets :

Les opérations de recyclage des déchets commencent par la collecte des déchets. Les déchets non recyclables sont incinérés ou enfouis en centres d'enfouissement techniques. Les déchets collectés pour le recyclage ne sont pas destinés ni à l'enfouissement ni à l'incinération mais à la transformation. La collecte s'organise en conséquence. La collecte sélective, dite aussi séparative et souvent appelée à tort tri sélectif est la forme la plus répandue pour les déchets à recycler. Le principe de la collecte sélective est le suivant : celui qui crée le déchet le trie lui-même. À la suite de la collecte, les déchets, triés ou non, sont envoyés dans un centre de tri où différentes opérations permettent de les trier de manière à optimiser les opérations de transformation. Le tri manuel est une de ces opérations.

Et la collecte passe par trois étapes :

- **Le tri à la source:** La collecte séparative nécessite au préalable un tri des ordures, soit à la source soit dans un centre de tri.

- **La collecte par apport volontaire :** Elle consiste à mettre à disposition de la Population des lieux de réception, convenablement choisis (en centre-ville ou en périphérie) de façon à permettre une desserte satisfaisante de la population,

- **La collecte séparative :** Elle consiste à rassembler les produits valorisables, en particulier les emballages, dans un ou plusieurs bacs conteneurs, les collectes séparatives peuvent être réalisées en porte à porte ou en apport volontaire. [4].

I.5.3.2. Transformations :

Une fois triés, les déchets sont pris en charge par les usines de transformation. Ils sont intégrés dans la chaîne de transformation qui leur est spécifique. Ils entrent dans la chaîne sous forme de déchets et en sortent sous forme de matière prête à l'emploi.

I.5.3.3. Commercialisation et consommation :

Une fois transformés, les produits finis issues du recyclage sont utilisés pour la fabrication de produits neufs qui seront à leur tour proposés aux consommateurs et consommés. Pour être en fin de vie, à nouveau jetés, récupérés et recyclés.

I.6. Principe de gestion et de collecte des déchets :

Il y a plusieurs principes de gestion des déchets dont l'usage varie selon les pays ou les régions. La hiérarchie des stratégies (règle des trois R) :

- **Réduire**
- **Réutiliser**
- **Recycler**

I.7. Technique de gestion des déchets :

Généralement, il y a deux techniques de gestion des déchets et des ordures ménagères: procédés modernes et procédés classiques.

I.7.1.Procédés classiques :

Ce sont des techniques de gestion traditionnelle des ordures ménagères dans lesquelles on utilise des méthodes non appropriées et non contrôlées pour éliminer les ordures ménagères. Ces méthodes sont les décharges sauvages, l'incinération, l'enfouissement non contrôlée et le déversement des ordures dans les endroits non appropriés.

I.7.2. Procédés modernes :

L'incinération : technique qui consiste à brûler les déchets pour les transformer. Par ce procédé, la matière organique est complètement détruite, ce qui permet une réduction considérable du volume des rebuts. La chaleur produite peut servir de sources de chauffage à édifices, à des serres ou pour d'autres fins.

L'enfouissement sécuritaire : les déchets sont disposés en couches successives d'environ 2m d'épaisseur à l'aide de niveleuses spéciales. Entre deux couches des déchets, on étend une couche de terre de 15 cm à 30 cm d'épaisseur. Les bactéries se trouvant dans la terre vont dégrader les détritiques organiques qui lui avaient été empruntés. En plus d'être un processus de recyclage écologique, sa réglementation stricte en fait une solution très acceptable du point de vue économique. Ce procédé ne doit pas être utilisé pour les déchets toxiques ou non biodégradables.

Compostage : technique qui consiste à faire fermenter rapidement les produits fermentescibles contenus dans les déchets urbains. Il en résulte un compost utilisé principalement pour enrichir les terres agricoles comme engrais organique, il a aussi un avantage écologique. Mais ce procédé nécessite une séparation des déchets.

Traitement mixte : ici il y a combinaison de ces trois procédés précédents. Cette combinaison peut être de diverses façons : incinération et enfouissement sécuritaire, compostage et incinération.

I.8. Impacts du recyclage sur l'environnement :**I.8.1. Protection des richesses naturelles :**

Les bénéfices économiques et environnementaux de la valorisation des déchets sont considérables : il permet de protéger les ressources, de réduire les déchets, de créer des emplois, de protéger la nature et d'économiser les matières premières.

- La valorisation de déchets permet de réduire l'extraction de matières premières :
- L'acier recyclé permet d'économiser du minerai de fer ;
- Chaque tonne de matière plastique recyclée permet d'économiser 700 kg de pétrole brut ;
- Le recyclage de 1 kg d'aluminium peut économiser environ 8 kg de bauxite, 4 kg de produits chimiques et 14 kWh d'électricité ;
- L'aluminium est recyclable à 100 % ; 1 kg d'aluminium donne 1 kg d'aluminium (après avoir été fondu) ;
- Chaque tonne de carton recyclé fait économiser 2,5 tonnes de bois ;
- Chaque feuille de papier recyclé fait économiser 1 l d'eau et 2,5 W d'électricité en plus de 15 g de bois.

I.9. Déchets en Algérie

Lors de l'inspection du projet de traitement des déchets au niveau de la cimenterie Lafarge à Oggaz, le ministre a indiqué que l'investissement dans le recyclage des déchets en Algérie peut rapporter une valeur financière importante de 38 milliards DA, soulignant que ce domaine est inexploité actuellement.

"En plus de sa contribution à l'amélioration des conditions de vie des citoyens à travers l'élimination des déchets, l'investissement dans le secteur de l'environnement offre la possibilité de recyclage et de récupération de nombreux matériaux actuellement jetés dans la nature, tels que le fer, le plastique, l'aluminium et le papier. Des matériaux jusqu'à présent importés au prix fort", a-t-il déclaré.

Le ministre a affirmé que le secteur de l'environnement en Algérie "progresses bien après l'investissement de plus de 22 milliards de dollars dans le domaine de raccordement aux réseaux d'eau potable et d'assainissement de toutes les régions du pays et de la réalisation de centres d'enfouissement technique (CET) et de décharges publiques, en plus de la création d'instances spécialisées dans l'environnement".

I.10. Valorisation des déchets et sous-produits dans le domaine des travaux publics :**I.10.1. Pneus usagés et déchets plastiques :**

En Algérie le secteur d'activité œuvre en effet à renforcer ses actions en matière de valorisation des déchets et sous-produits industriels notamment les pneus usagés dans les travaux routiers et de génie civil. Cette démarche consiste évidemment à développer et appuyer l'utilisation de ce déchet industriel dans les divers travaux de Génie civil ce qui contribuera d'une part, à la préservation de l'environnement, et d'autre part, à la réduction des coûts induits par l'utilisation des matériaux de plus en plus rares notamment dans certaines régions du pays.

En effet, les pneumatiques usagés constituent un gisement de matières premières secondaires, leur récupération et leur valorisation constituent pour notre pays un impératif économique. La valorisation de ce déchet industriel est à ses premiers balbutiements. Un premier chantier expérimental a été initié par le département ministériel, concernant l'utilisation des pneus réformés en tant que soutènement d'un talus de remblai dans un projet routier (contournement de Bousmail). Les travaux déjà finalisés ont permis de mettre en œuvre 3500 pneus mis à disposition par Michelin Algérie. [5]

I.10.2. Valorisation et Recyclage des Déchets Plastiques dans le Béton

La réutilisation des différents déchets, qui constituent une gêne environnementale, a fait l'objet de nombreux travaux. Parmi ces travaux, on trouve les déchets plastiques incorporés dans des matrices cimentaires montrées qu'il était possible d'utiliser les déchets plastiques dans les bétons.[6]

Laboratoire LME (Ex. LPTRR), Université de Médéa, Algérie ont mené des études sur le recyclage des déchets plastiques, dont le rapport E/C =0,5

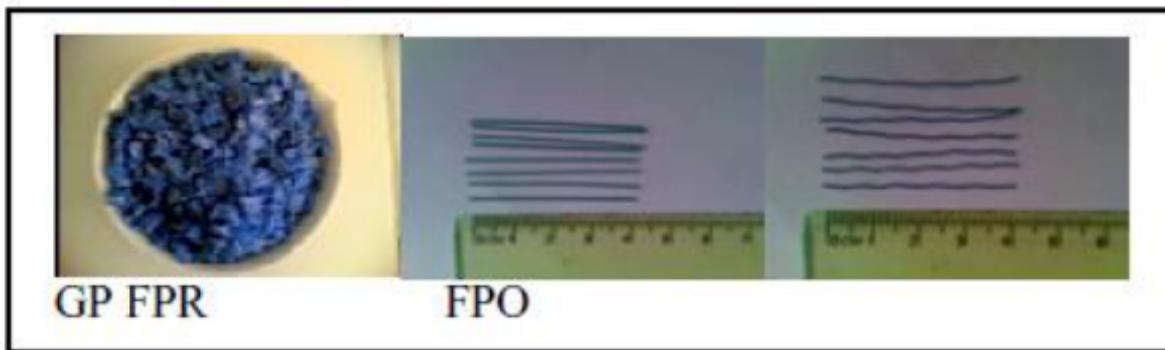


Figure I. 3: Type des déchets plastiques utilisés.[7]

L'objectif de ce travail est de valoriser les déchets plastiques et étudier leurs effets sur le comportement du béton. Sur la base des résultats obtenues ils ont conclu que :

- ❖ Le béton de déchets plastiques est peu compact par rapport au béton naturel et présente une difficulté de mélange et de mise en œuvre en fonction du pourcentage et du type d'ajout en déchets plastiques (grains ou fibres).
- ❖ Le béton armé de fibres plastiques (surtout en forme ondulée) résiste mieux à la flexion par la traction en comparaison au béton ordinaire. Néanmoins un risque de retrait supplémentaire est possible pour un dosage élevé en pourcentage de fibres, c'est pourquoi un pourcentage de 1% en fibres à ne pas dépasser est conseillé.

L'utilisation des déchets plastiques issus des bouteilles usagées en PET et des enceintes d'emballage PEBD rejetées dans la nature, ajoutées dans la masse du béton de sable par substitution (cas de poudre de 10 %, 20 %, 30 %, 40 %), et par ajouts de fibre (cas de fibre de 0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2 %) avec un diamètre de 0.315 mm, une masse volumique de 0,35 kg/m³, et par ajouts de déchets plastique sous forme de fibre dont le diamètre est de 50 mm, et une longueur de 4 cm (cas de fibre de 0.5 %, 1 %, 1.5 %, 2 %). Les résultats trouvés montrent que la substitution du sable par la poudre en plastique mène à des diminutions remarquables de la densité de tous les mélanges réalisés, ainsi qu'une amélioration des performances des bétons de sable. Par ailleurs, le renforcement de la matrice cimentaire avec des fibres plastiques montrent une nette amélioration de la résistance à la traction. [8]

I.11. Conclusion:

La valorisation des matières recyclables permet recréer des objets, l'incinération des déchets signifie économie d'énergie, la biomasse et la méthanisation permettent avec le biogaz de créer un carburant donc ils sont des alternatives au pétrole. En développant des industries autour de la valorisation cela permet de réaliser:

- L'économie d'extraction/création de matières premières
- Réduire notre impact sur l'environnement, (émissions de (GES) gaz à effet de serre)
- Réaliser des économies d'énergie et d'eau

Les effets secondaires positifs du recyclage sont la réduction des quantités de déchets et les émissions de CO₂.

La valorisation des déchets est donc une des alternatives au pétrole mais cela ne suffit pas. En effet à l'heure actuelle si la planète ne peut pas encore se passer du pétrole, l'humanité grâce à la valorisation de ses déchets contribue à la diminution de sa consommation en pétrole. A quand la découverte miracle qui sera l'alternative totale et universelle?

La valorisation des déchets reste ouverte, à d'autres utilisations et possibilités, permettant ainsi d'élargir la gamme des matériaux de construction, de réduire les déchets à la source et de développer l'utilisation des matériaux recyclés dans les chantiers.

CHAPITRE II : RECYCLAGE DES MATERIAUX

II.1. Introduction :

Depuis quelques années nous remarquons, que la qualité de l'air et de la terre se détériore en raison de certains paramètres, dont notamment la pollution et l'accroissement du nombre de déchets. C'est pour cela qu'actuellement, de nombreux pays cherchent des alternatives pour pallier à ce problème. C'est ainsi, qu'apparaît la notion de développement durable, avec par exemple sur le plan énergétique, l'apparition des éoliennes ou de la géothermie. Cependant l'aspect du développement durable que nous avons choisi d'étudier est le recyclage, la valorisation des déchets et leur réutilisation.

Recycler les déchets signifie s'en servir à nouveau. C'est une chose possible en réutilisant entièrement ou en partie les matériaux qui constituent les produits aujourd'hui. Le nombre de produits qui finissent par devenir des déchets augmente rapidement.

Recycler et réutiliser des produits contribue à économiser les matières premières précieuses de la terre également appelées « ressources ». Le recyclage évite la mise en décharge ou l'incinération qui sont des modes de gestion des déchets favorisant la pollution des sols et de l'air. Un grand nombre des ressources que nous utilisons pour fabriquer les objets que nous achetons comme le pétrole pour le plastique et le métal pour les voitures ne sont pas renouvelables.

Au fil des années, les collectivités ou leurs groupements, responsables des déchets des ménages, mettent en place une collecte sélective du verre, du papier et des revues, des déchets verts, des piles et batteries, des huiles, des encombrants et actuellement des emballages pour permettre la valorisation de ces déchets.

II.2. Recyclage :

II.2.1. Définition :

Traditionnellement, l'activité des entreprises de recyclage consiste à transformer un déchet en une nouvelle matière première directement consommable par l'industrie. Les entreprises de recyclage offrent une possibilité de substitution des matières premières vierges et contribuent ainsi à la préservation des ressources de notre Terre. La création de valeur repose sur la revente de cette nouvelle matière première qui trouvera un débouché à un coût inférieur ou égal à celui de la matière vierge. [9] C'est la transformation d'un produit pour en faire une nouvelle utilisation. Recycler permet d'avoir à nouveau de la matière première. Ainsi, on peut fabriquer de nouveaux produits ou créer de l'énergie, sans puiser dans les ressources naturelles (arbres, minerais, pétrole).

Il y a deux conséquences écologiques majeures :

-La réintroduction du volume des déchets, et donc de la pollution qu'ils causeraient (certains matériaux mettent des décennies, voire des siècles pour se dégrader) ;

-La préservation des ressources naturelles, puisque la matière recyclée est utilisée à la place de celle qu'on aurait dû extraire ». [10]

II.2.2. Impact du Recyclage :

II.2.2.1. Impacts environnementaux :

La pollution d'origine humaine peut avoir un impact très important sur la santé et dans la Biosphère comme en témoigne l'exposition aux polluants et le réchauffement climatique qui transforme le climat de la Terre et son écosystème,

Les préoccupations environnementales conduisent les gouvernements à prendre des mesures pour limiter l'empreinte écologique des populations humaines et pour contrer des activités humaines contaminants.

- Le recyclage évite la mise en décharge ou l'incinération qui sont des modes de gestion des déchets favorisant la pollution des sols et de l'air.
- Utiliser un déchet comme ressource, c'est aussi préserver les matières premières naturelles. Et cela peut être plus économique, comme dans le cas de la fabrication de verre ou d'aluminium à partir de matériaux usagés.

II.2.2.2. Impacts économiques :

Outre les aspects environnementaux, le recyclage a également une grande importance dans le développement d'une économie verte, en ayant des effets directs sur la croissance économique et la création d'emplois.

Depuis une quinzaine d'années, de nombreuses politiques de recyclage et de valorisation des déchets ont été instaurées en Europe. La mise en place de ces différents cadres réglementaires qui précisent les conditions de recyclage ainsi que les objectifs escomptés, est avant tout réalisée pour des raisons environnementales. La réduction de déchets stockés en décharge ou encore la diminution des opérations d'extraction de matières premières limite, en effet, les risques de pollution de l'air et des sols. Mais, le recyclage des déchets offre également d'importants avantages en termes économique et social. Dans un rapport intitulé. [11]

II.3. Règlementation déchets en Algérie :

II.3.1. Cadre institutionnel :

A partir de 2001, le gouvernement Algérien a défini une stratégie nationale en matière de protection de l'environnement qui s'est traduite par le plan national d'action pour l'environnement et le développement durable. [12]

Sur le volet déchet, le PNAE-DD s'est décliné en deux programmes :

- Progdem : Programme de gestion des déchets solides municipaux,
- Pnagdes : Plan national de gestion des déchets spéciaux.

A ce titre, le gouvernement s'est lancé sur tout un programme de mise à niveau notamment par :

1. **Renforcement de l'aspect réglementaire** : promulgation de la **loi 01-19 du 12 décembre 2001** relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.
2. **Renforcement institutionnel** :
 - par la création d'institutions dédiées à toutes les thématiques environnementales. C'est à ce titre que l'Agence Nationale des Déchets a été créée. Sa mission principale étant la promotion de la gestion intégrée des déchets.
 - Services déconcentrés : 48 directions de l'environnement de wilayas et inspections régionales.
3. **Introduction de la fiscalité environnementale** : notamment la taxe d'enlèvement des ordures ménagères (TEOM) et la taxe sur les activités polluantes et dangereuses (TAPD).

L'Algérie, à travers le Progdem et le Pnagdes, a pour objectif de développer à terme une gestion intégrée des déchets. Pour ce faire :

- 135 centres d'enfouissement techniques pour DMA et DI ont été réalisés ou sont en cours de réalisation.
- La plus grande majorité des communes se sont dotées de schémas directeurs pour la gestion des DMA.
- Les grandes décharges publiques ont été éradiquées ou sont en cours de réhabilitation.
- Les pouvoirs publics incitent au tri et au recyclage à travers des actions pilotes de tri à la source.
- Aussi, des unités de tri et de déchetteries ont été réalisées.
- Un système public de reprise et de traitement des déchets d'emballages (Eco-Jem) a été instauré.

Après avoir fait face à une situation d'urgence de gestion des déchets, les pouvoirs publics passent vers une phase qualitative qui consiste en la prévention et au recyclage/valorisation.

La prévention et le recyclage/valorisation sont les deux axes majeurs de la gestion des déchets qui vont permettre à l'Algérie de réduire sa production des GES.

Néanmoins, il est proposé d'instaurer une approche participative avec tous les acteurs concernés pour l'élaboration d'un plan d'action en vue d'identifier les actions prioritaires à mettre en œuvre.

II.3.2. Cadre réglementaire :

- **Loi N 01-19 du 12 Décembre 2001**, relative à la gestion, au contrôle et l'élimination des déchets.
- **Loi N 03-10 du 19 juillet 2003**, relative la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- **Décret N 02-372 du 11 novembre 2002**, relatif aux déchets d'emballages.
- **Décret N 02-175 du 20 mai 2002**, portant création, organisation et fonctionnement de l'Agence Nationale des Déchets.
- **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. (Agence National des déchets)

II.4. Cycle de vie des matériaux :

L'analyse du cycle de vie (ACV) est l'outil méthodologique qui permet de quantifier les impacts environnementaux potentiels associés à l'ensemble du cycle de vie d'un produit. [13]

II.4.1. Qu'est-ce qu'un cycle de vie ?

« La pensée cycle de vie correspond à un concept de production et de consommation. Elle vise la prise en compte des relations environnementales, économiques et sociales propres à un produit ou à un service pendant tout son cycle de vie, c'est-à-dire « du berceau au tombeau ».

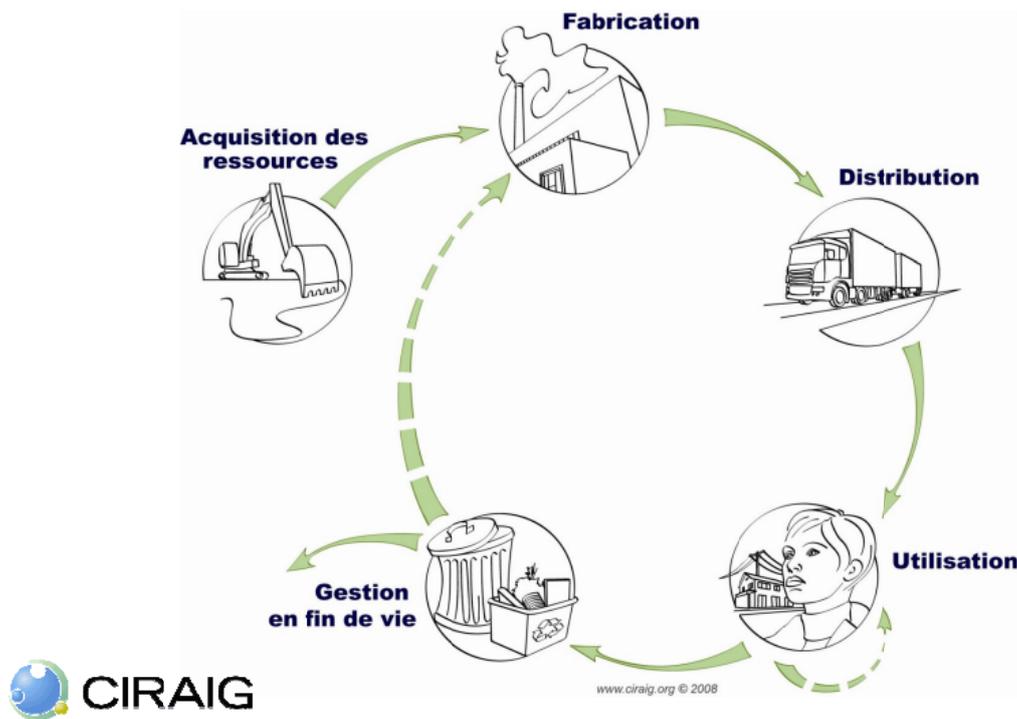


Figure II. 1: Cycle de vie d'un matériau.

II.4.2. A quoi cela peut-il servir ?

- Elle favorise la prise de conscience de l'impact de nos choix sur l'environnement.
- Elle permet donc de faire des choix plus éclairés en termes de consommation.

II.4.3. Les étapes de cycle de vie :

Pour un produit:

- 1) L'extraction et la transformation des matières premières; Les étapes d'un cycle de vie
- 2) La fabrication;
- 3) L'emballage et la distribution;
- 4) L'utilisation;
- 5) La disposition finale (fin de vie du produit).

II.4.4. Principales catégories d'impacts considérées :

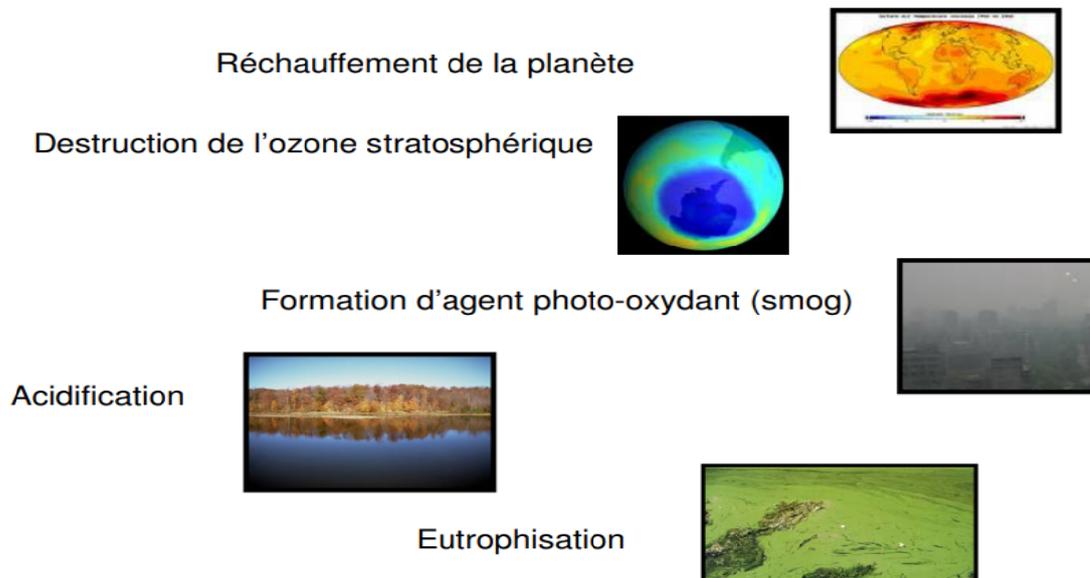


Figure II. 2: Catégories d'impacts considérées.

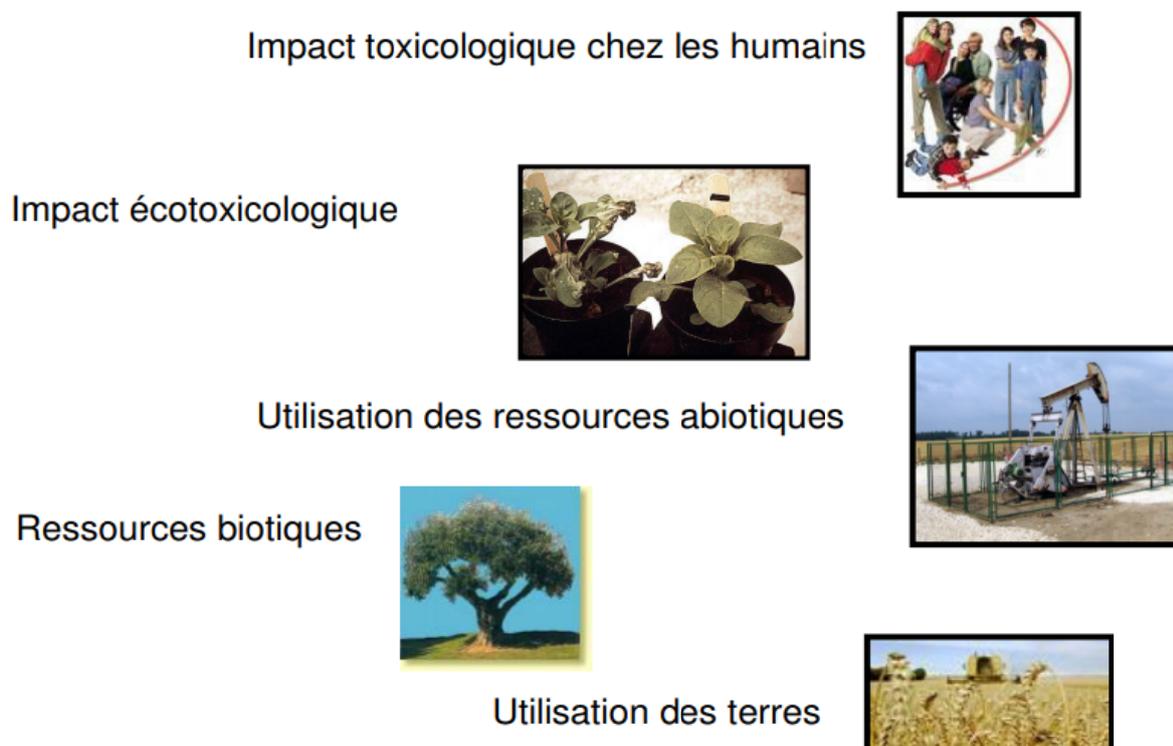


Figure II. 3: Catégories d'impacts considérées.

II.4.5. Conclusion :

- La pensée cycle de vie est importante à considérer si l'on désire faire des choix plus écoresponsables.
- La meilleure manière de réduire ses impacts sur l'environnement c'est d'agir sur nos comportements en réduisant notre consommation.[14]

II.5. Traitement des déchets :

On peut distinguer deux types de traitement :

II.5.1. Traitement avec élimination :

- Par enfouissement (décharge sauvage)
- Par incinération (traitement thermique)

II.5.2. Traitement avec valorisation :

- Réutilisation
- Recyclage (valorisation de la matière)
- Compostage
- Valorisation énergétique [15]

II.6. Chiffres sur les déchets plastiques et verres :**II.6.1. Dans le Monde :****II.6.1.1. Plastique :**

Menace pour l'Homme, son environnement immédiat et la biodiversité, le plastique est aujourd'hui le premier agent pollueur des océans. Au niveau mondial, on estime que ce sont 8 millions de tonnes de plastique qui rejoignent chaque année les océans. Ces dernières 65 années l'Homme a produit et utilisé un peu plus de 8,3 milliards de tonnes de plastique. La masse entassée dans la nature et les décharges représente 76% du volume global. Non seulement le plastique endommage la nature et l'écosystème mais pose aussi des problèmes de gestion.[16]

Pourtant, 75 % les plastiques produits dans le monde sont de la grande famille des thermoplastiques. Ces plastiques présentent la particularité d'être aisément recyclables, pour être réutilisés dans la fabrication de produits plastiques. Le plastique étant produit à partir de pétrole, avec une augmentation quasi permanente du cours du baril, valoriser les déchets plastiques peut vite représenter des économies non négligeables. [17]

II.6.1.2. Verre :

Aux États-Unis, environ 11,5 millions de tonnes de résidus de verre ont été générées en 2007, soit près de 36kg, ou 135 bouteilles, par personne. De cette quantité, 3,2 millions de tonnes ont été recyclées, ce qui représente un taux de recyclage de 28%. De plus, les bouteilles de verre américaines ont subi une cure d'amincissement depuis les 35 dernières années. Le poids moyen d'une bouteille de verre a diminué de 50% entre 1970 et 2005, ce qui favorise une réduction à la source des matières résiduelles.

La substitution du verre par le plastique et par l'aluminium dans la fabrication de bouteilles est une autre source de réduction des résidus. Cette substitution a engendré une diminution de 5 millions de tonnes de verre dans les matières résiduelles en 2000. [18]

Dans l'Union européenne, quelque 25,5 milliards de bouteilles et de bocaux en verre ont été récupérés en 2008, soit l'équivalent de 10,99 millions de tonnes de verre. Par rapport à 2007, cela représente 20 000 tonnes de verre de plus. *Recyclage Récupération Magazine*, no 2, 18 janvier 2010.

L'Afrique du Sud veut aussi se mettre au recyclage du verre et souhaite augmenter son taux de recyclage du verre de 20% à 50% d'ici 2010. Afin d'atteindre cet objectif, les acheteurs paieront une taxe supplémentaire, qui sera incluse dans le prix de vente des bouteilles. Une campagne nationale de sensibilisation a été lancée. [19]

II.6.2. En Algérie :

II.6.2.1. Plastique :

La production de déchets solides en Algérie a connu une augmentation durant ces dernières années, dont le ratio par habitant dans une zone urbaine est de 0.7kg/j/h, soit près de 9 millions de tonnes par an. La plupart de ces déchets sont acheminés vers des décharges ou des centres d'enfouissement. Plus de 10% de déchets éliminés sont de plastique (**Sweep-Net, 2010**). À cette situation, le recyclage de matières utilisées ou des emballages est le mode préconisé dans les pays développés. En Algérie, cette option reste très peu développée et le secteur informel est l'acteur important en matière de récupération.

La composition des déchets solides produits en Algérie se caractérise par une part très significative des produits organiques avec un taux moyen de 72%. Quant au plastique, il ne représente que 10% de ces déchets et 9.3 % pour le papier/carton, 4.14% pour le chiffon et autres, 3.2% pour les métaux et 1.36% pour le verre (MATE, 2004). La consommation des produits alimentaires frais (fruits et légumes) explique ce constat. Le passage des entreprises productrices des boissons et d'eau minérale à l'utilisation des bouteilles en plastique au lieu des bouteilles en verre a augmenté le taux des matériaux à recyclé. Les principaux produits contenant des emballages en plastique sont : huile, boissons, eau et produits de lessive. Plus de 2 millions de tonnes d'emballage plastique produits en Algérie par 192 unités dont seules 4000 tonnes sont récupérées (soit 0,0002%). Sauf que la capacité de récupération du plastique est de 130 mille tonnes par an.

Tableau II. 1 : Capacité de recyclage. [20]

Nature des déchets	Quantité en tonne/an
--------------------	----------------------

Papier	385.000
Plastique	130.000
Métaux	100.000
Verre	50.000
Matières diverses	95.000
Total	760.000

À titre d'illustration, le plastique récupéré au niveau de la décharge d'Oued Smar est vendu à 10 DA le kilogramme auprès des collecteurs et peut atteindre les 40DA chez les récupérateurs. En outre, le secteur informel reste le premier générateur d'emploi en matière de recyclage (20 000 emplois par an). Le recyclage du plastique est l'activité qui domine ce secteur notamment les bouteilles en plastique avec un surcroît exploité pour 1 à 1.5 DA la bouteille. Cependant, seulement sept entreprises se spécialisent dans le recyclage du plastique, alors que l'Algérie produit 1.7 milliard de bouteilles par an.[21].

II.7. Travaux scientifiques (Utilisation des déchets plastiques et verre dans les matériaux de construction) :

II.7.1. Valorisation et Recyclage des Déchets Plastiques dans le Béton :

1. Protocol expérimental

Ce travail vise à étudier la possibilité d'utiliser des déchets de bouteilles plastiques (PET-polyéthylène téréphthalate) et des citernes (PEBD -polyéthylène bas densité) dans le béton sans autre transformation que le broyage, afin de minimiser le coût du matériau final. L'influence de la proportion des déchets utilisés sur les caractéristiques physiques et mécaniques du nouveau matériau a été étudiée et analysée.

2.1 Matériaux utilisés

Un ciment Portland industriel de type CEM II/A 42.5R fabriqué en Algérie avec une surface spécifique de Blaine de 385 m²/kg, une masse volumique absolue de 4300 kg/m³ et une résistance moyenne en compression à 28 jours de 52.5 MPa est utilisé pour tous les mélanges du mortier et béton. Ce ciment est sans ajouts spécifiques qui risqueraient de réagir avec les déchets plastiques, avec une faible chaleur en hydratation et une teneur limitée en sulfures.

Deux sables et deux graviers sont utilisés dans cette étude. Un sable fin roulé (SR 0/3) de HASSI BAHBAH de la région de DJELFA, et un autre sable grossier (SC 0/5) et deux graviers types

conçassés (G 0/3 et G 8/15) provenant de la station de concassage de MONT GORNO de la région de MEDEA, les caractéristiques physiques et mécanique des sables sont résumées dans le tableau 1. La correction des 2 sables suscités selon la méthode d'Abrams[22] nous a conduits à utiliser un troisième sable qu'on a appelé sable corrigé composé de 63.17% de sable roulé et de 36.83% de sable concassé.

Tableau II. 2: Caractéristiques des granulats.

Caractéristiques	Sable		Gravier	
	Roulé (0/3)	Conçassée (0/5)	3/8	8/15
MF	1.00	3.35	/	/
MV Ab (g/cm ³)	2.48	2.54	2.50	2.53
MV Ap (g/cm ³)	1.42	1.49	1.29	1.27
ES (%)	69.52	90.60	/	/
Abs. d'eau (%)	1	1.8	0.70	0.80
Compacité	56.35	57.36	/	/
Porosité	43.65	42.63	/	/
Dureté	/	/	24	26

Aussi trois types de déchets plastiques (grain (GP), fibre (ondulées (FPO) et rectilignes (FPR)) [Fig.1] sont ajouté dans le mortier et béton a différents pourcentages de substitutions (0 ; 5 ; 10 ; 15 et 20% de grains plastiques par rapport à la masse du gravier) et d'incorporation (0 ; 0.5 ; 1 ; 1.5 et 2% de fibres plastiques (forme rectiligne ou ondulée) par rapport à la masse du ciment). L'eau de gâchage utilisé pour la confection des différents bétons est l'eau potable de distribution exempte d'impuretés.



Figure II. 4: Types des déchets plastiques utilisés

2.2 Identification des bétons

Pour le besoin de l'étude, en plus du béton de référence (Témoin), trois familles de béton sont réalisées :

BT : Béton témoin

BDGP : Béton de grains plastiques

BFPR : Béton de fibres plastiques rectilignes

BFPO : Béton de fibres plastiques ondulées

2.3 Optimisation du mélange

La composition du béton pour la confection des éprouvettes est basée sur la méthode de Dreux [22] qui a donné pour un dosage en ciment de 350 kg/m³, un rapport gravier sur sable de 1,74 et un rapport d'eau sur ciment de 0,50. Après démoulage des éprouvettes à 24h, la conservation se fait dans l'eau (20°) sauf pour les éprouvettes destinées aux essais de retrait et d'absorption capillaire qui sont conservés à l'air libre (20 à 30°C et 50 à 60% d'humidité relative) à l'intérieur du laboratoire jusqu'au moment de l'essai.

L'eau efficace (E_{eff}) est la quantité d'eau totale (E_{tot}) dans le béton (eau de gâchage et eau apportée par les granulats) moins la quantité d'eau absorbée par les granulats (E_{gr}). La quantité d'eau totale (E_{tot}) utilisée pour le gâchage est la suivante (éq.1) :

$$E_{eff} = E_{tot} - E_{gr} = E_{abs} + E_{libre} \quad (1)$$

E_{tot} : quantité d'eau totale utilisée pour le gâchage

E_{gr} : quantité d'eau initialement présente dans les granulats,

E_{abs} : quantité d'eau absorbée par les granulats pendant le malaxage,

E_{libre} : quantité d'eau nécessaire au malaxage

3. Résultats et discussions

3.1. Etat frais

Pendant de la confection des éprouvettes, nous avons remarqué que les béton de déchets plastiques (BDP) sont peu compacts par rapport au béton témoin (BT) et présentent une difficulté de mélange en fonction du pourcentage et du type d'ajout en déchets plastiques (grains ou fibres). Ceci confirme les résultats d'autres chercheurs [23-12]. Le temps d'écoulement des différents bétons est illustré dans les figures 2et 3. Les densités des bétons de déchets plastiques sont plus faibles (8% cas BDGP et 4% cas BFP) que celui du BT.

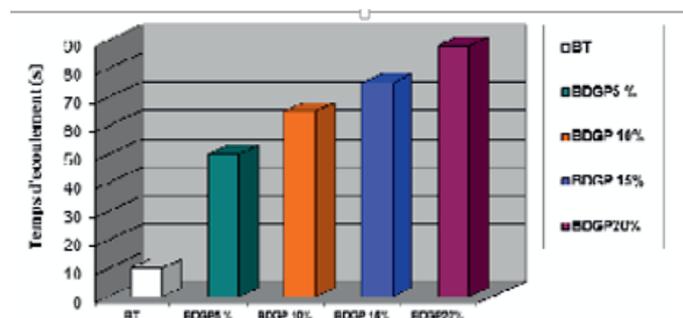


Figure II. 5: Temps d'écoulement des bétons type BDGP.

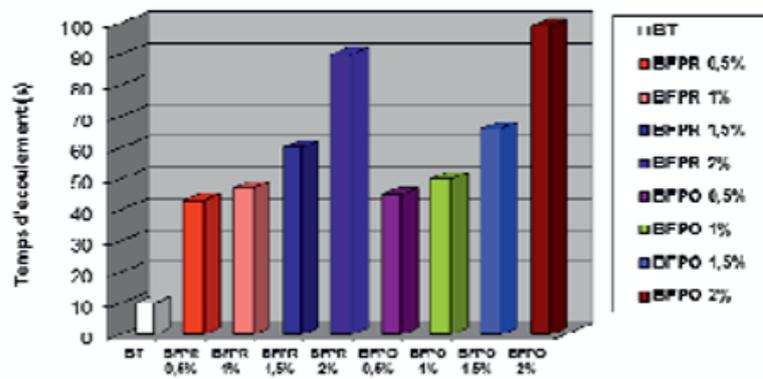


Figure II. 6: Temps d'écoulement des bétons types BFP.

3.2 Etat durci

Pour chaque essai, les résultats de la résistance mécanique du mortier est la moyenne de 3 mesures prises sur 3 éprouvettes à l'âge de 3,7 et 28j et sont illustrés dans les figures II.5 et 6 suivantes :

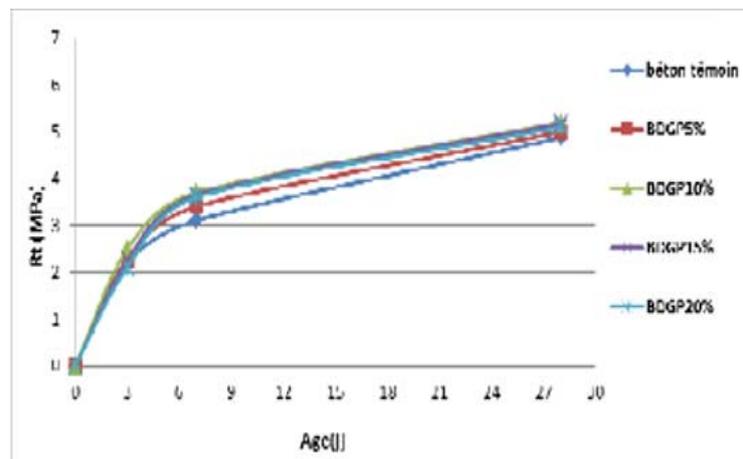


Figure II. 7 : Résistance à la traction des bétons type BDGP.

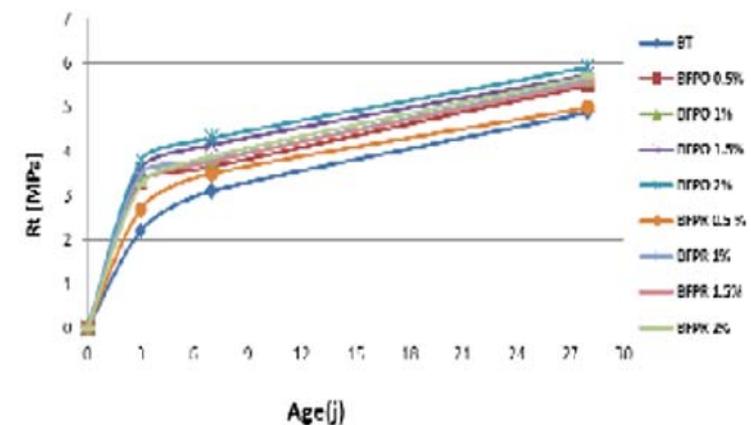


Figure II. 8 : Résistance à la traction des bétons type BFP.

D'après les figures II.5 et 6 on remarque que la cinétique de la résistance du béton à la base de déchets plastiques est la comparable à celle du béton témoin et que le béton gagne en résistance en fonction du

pourcentage d'ajout en déchets plastiques. La résistance à la traction est améliorée d'une façon remarquable pour les bétons de fibres plastiques (ondulée et rectilignes) par rapport au béton de grains plastiques et par rapport au béton témoin. Ceci confirme les résultats d'Al-Manaseer et al [10]. Les fibres plastiques ondulées améliorent plus la résistance à la traction du béton (environ 25% de gain) que les fibres plastiques rectilignes. Ceci semble logique à cause de la forme ondulée qui augmente l'adhérence dans le squelette granulaire de la matrice cimentaire du béton.

Les figures II.7, 8 et 9 illustrent la cinétique d'absorption d'eau des différents mortiers confectionnés.

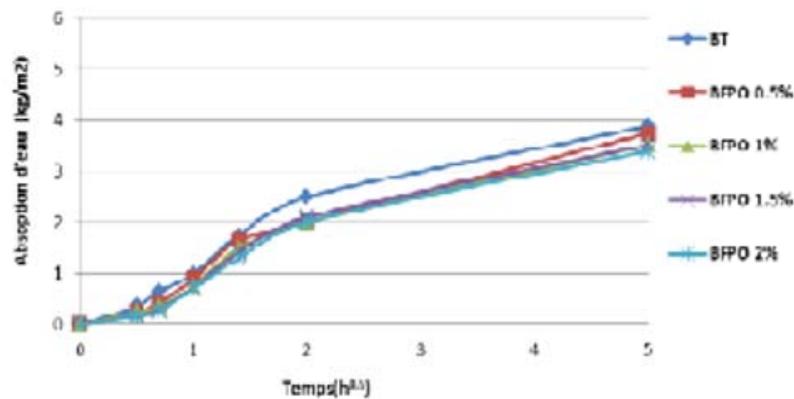


Figure II. 9 :Absorption d'eau des bétons type BFPO.

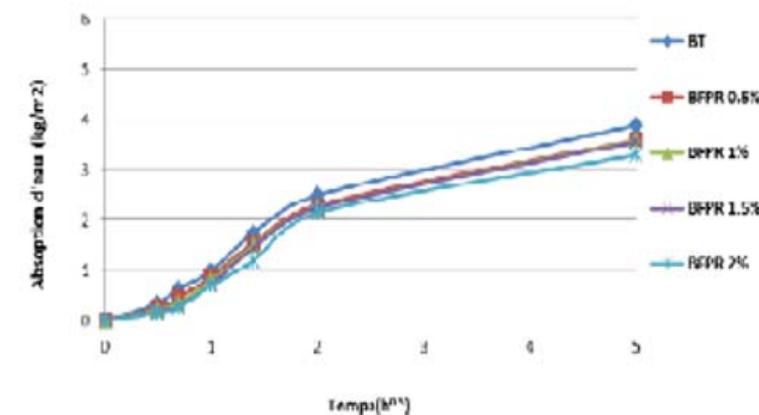


Figure II. 10 :Absorption d'eau des bétons types BFPR.

D'après l'allure des figures II.7, 8 et 9, il est nettement visible que le processus d'absorption d'eau par les bétons de déchets plastiques est similaire à celui du béton naturel. Les fibres plastiques de forme ondulées contribuent encore d'avantage à la diminution de l'absorption d'eau des bétons (environ 9%).

Les résultats de l'essai du retrait sur les différents bétons réalisés sont illustrés dans les figures II.10, 11 et 12 suivantes.

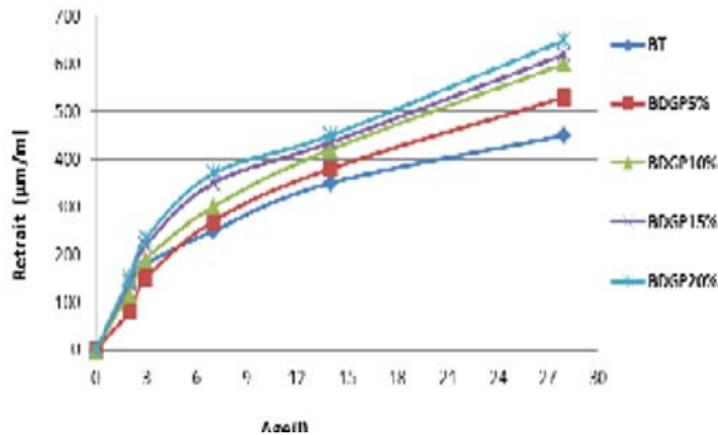


Figure II. 11 :Retrait des bétons types BDGP.

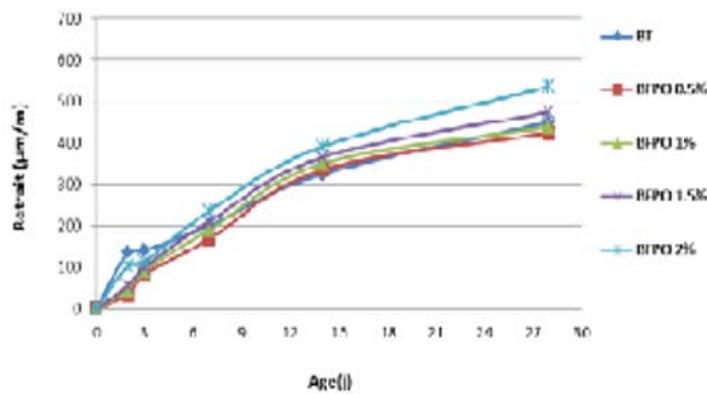


Figure II. 12 :Retrait des bétons type BFPO

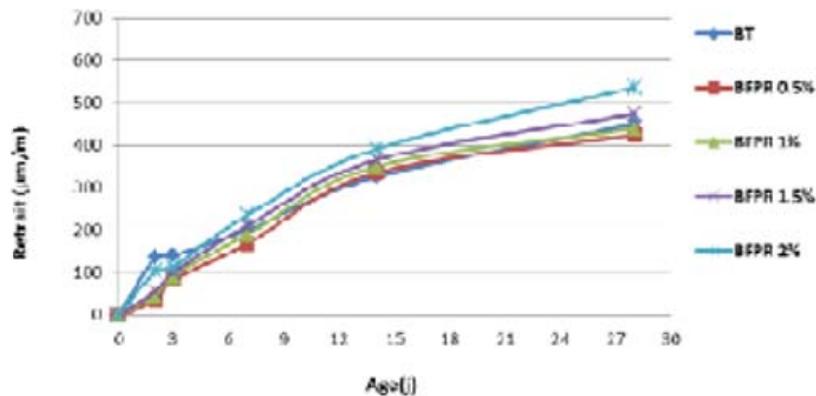


Figure II. 13 : Retrait des bétons type BFPR

La figure II.10 montre que tous les bétons à base de déchets plastique sont des retrait plus grands par rapport au béton témoin, et on remarque que plus le pourcentage augmente plus le retrait augmente. Contrairement aux grains plastiques, les fibres plastiques (de forme ondulée ou rectiligne) contribuent ou retardement (d'environ -8%) du retrait du béton jusqu'au pourcentage d'ajout de 1% en fibres et au-delà le retrait reprend sa croissance (d'une augmentation de +13%) pour un pourcentage de 2% d'ajout en fibres.

4 Conclusions

L'objectif de ce travail est de valoriser les déchets plastiques et étudier leurs effets sur le comportement du béton. Sur la base des résultats obtenues on conclut que :

- Le béton de déchets plastiques est peu compact par rapport au béton naturel et présente une difficulté de mélange et de mise en œuvre en fonction du pourcentage et du type d'ajout en déchets plastiques (grains ou fibres).
- Le béton armé de fibres plastiques (surtout en forme ondulée) résiste mieux à la flexion par la traction en comparaison au béton naturel. Néanmoins un risque de retrait supplémentaire est possible pour un dosage élevé en pourcentage de fibres, c'est pourquoi un pourcentage de 1% en fibres à ne pas dépasser est conseillé.

II.8. Conclusion :

La protection de l'environnement devient de plus en plus une préoccupation collective. La question des déchets est quotidienne et touche chaque être humain tant sur le plan professionnel que familial. En qualité de consommateur, producteur, usager du ramassage des ordures et trieur de déchets recyclables, citoyen ou contribuable, chacun peut et doit être acteur d'une meilleure gestion des déchets. Dans une vision intégrée de développement durable, la problématique des déchets ne peut pas être traitée comme un objet isolé, ni même se limiter aux seuls aspects de valorisation et d'élimination. Elle doit être placée dans une perspective holistique de gestion des risques et des ressources, qui couvre tout le cycle de vie du déchet, depuis sa génération jusqu'au traitement ultime. Elle anticipe le déchet dès le stade projet, inclut les stratégies de réduction à la source, de valorisation et d'élimination et vise à la maîtrise des flux tout au long du procédé aboutissant au déchet. On évitera dans la mesure du possible de produire des déchets à la source. Pour ce faire, on doit privilégier les procédés de production générant peu de déchets, fabriquer des biens à longue durée de vie et optimiser les emballages. On doit éviter ou limiter dans la mesure du possible le recours aux substances polluantes, dans les produits comme dans les procédés de recherche et de fabrication, afin de faciliter les étapes ultérieures du traitement et de la valorisation des déchets.

CHAPITRE III :
DECHETS
PLASTIQUES ET VERRES

III.1. Introduction :

Le pétrole brut est la principale matière première du plastique. Cette ressource naturelle est limitée et onéreuse. On estime qu'environ 4 % de la production mondiale du pétrole brut est transformée en matière plastique.

Au-delà des atouts majeurs de ces matières (sans danger, hygiéniques, résistantes, durables, légères, isolantes, adaptables), les déchets plastiques sont volumineux par rapport à leur poids léger. Ils prennent donc beaucoup de volume dans les points de collecte et dans les centres d'enfouissement technique. Leur dissémination dans la nature est durable et inesthétique. De plus, les bouteilles éliminées en centre d'enfouissement technique subissent à long terme une dégradation qui génère d'autres nuisances.

Parce que le recyclage est bénéfique et profitable pour l'environnement, Le recyclage du verre permet aussi de faire des économies. En réutilisant le verre collecté dans la nature, on économise de l'énergie (car il fond plus facilement dans le four verrier) et on prélève moins de matières premières dans la nature.

La fabrication d'une tonne de verre nécessite : 700 kg de sable de bonne qualité, 280 kg de calcaire, 230 kg de carbonate de soude, 30 kg d'additifs divers et une température de fusion de 1500°C.

Quant au recyclage d'une tonne de verre, il nécessite 1 tonne de calcin (verre broyé) et une température de 1000 °C.

III.2. Sources des déchets plastiques et verres :**III.2.1. Pour le Verre :**

La fabrication d'une tonne de verre nécessite : 700kg de sable de bonne qualité, 280kg de calcaire, 230kg de carbonate de soude, 30kg d'additifs divers et une température de fusion de 1500 °C.

Quant au recyclage d'une tonne de verre, il nécessite 1 tonne de calcin (verre broyé) et une température de 1000 °C.



Figure III. 1 : Déchets de Verres

On distingue deux sources de verre usagé destiné, après traitement, au recyclage dans les fours de verrerie:

-Le verre ménager issu des collectes sélectives (container verre) et des collectes multi matériaux (poubelle verte) ; cette source représente 85 % du verre recyclé et se caractérise par une composition chimique assez homogène et stable, pour une région donnée, puisqu'il s'agit du mélange de tous les emballages en verre consommés sur un territoire bien défini; par contre ce verre est très pollué par des contaminants minéraux (cailloux, poteries, porcelaine...) et par des contaminants organiques (bois, papiers, plastiques, résidus alimentaires...).

- Le verre industriel issu d'activités industrielles utilisant du verre plat ou du verre creux et produisant ponctuellement des rebuts importants, comme les brasseurs ou les entreprises de découpe et de façonnage de verre plat et de verres spéciaux; ce gisement représente 15 % du verre recyclé, reconnu pour être de bonne qualité car peu contaminé mais de composition chimique variable. [25]



Figure III. 2 : Verres Traités

Le verre récupéré est constitué de :

- Verre industriel provenant des professionnels (embouteilleurs, restaurant, miroiteries, ...),
- Verre issu des chantiers de destruction du bâtiment,
- Verre des automobiles en provenance des garages et des véhicules hors d'usages,
- Verre ménager qui représente 13% du poids des ordures ménagères.

Exemples de déchets de verre :

- Verre creux : bouteilles, bocaux, gobelets, pots...
- Verre plat : verre trempé, vitrages, glaces...
- Laine et le fil de verre
- Verre technique : lunettes, ampoules, écrans cathodiques...
- Verre blanc et coloré.[26]

III.2.2. Pour les Plastiques :

Les plastiques sont omniprésents dans notre vie et sont des matières extrêmement pratiques et agréables, et les déchets plastiques se décomposent en deux catégories de matières de base avec un nombre de sous-catégories de propriétés différentes non substituables l'une à l'autre :

- **Les thermoplastiques** (90% de la consommation en Europe), qui comprennent 12 catégories, dont les 5 polymères les plus utilisés sont des plastiques qui se ramollissent sous l'effet de la chaleur, puis durcissent à nouveau une fois refroidis.[27]
- **Les thermodurcissables** (10% de la consommation en Europe) qui sont des plastiques qui ne se ramollissent jamais une fois moulés. [27]

En Europe, la consommation de matières plastiques atteignait 26,3 millions de tonnes en 1994, dont 42% étaient destinés à l'emballage et 20% à la construction.[27]

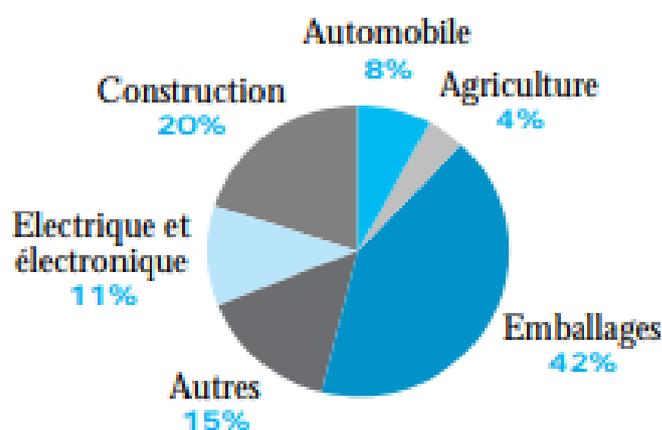


Figure III. 3 : Consommation du plastique.

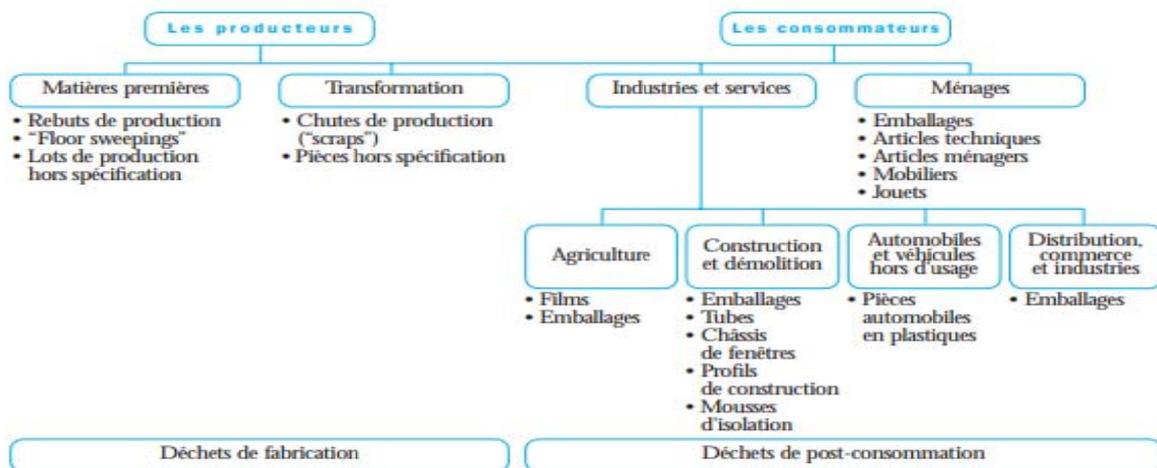


Figure III. 4 : Producteurs déchets Plastiques.

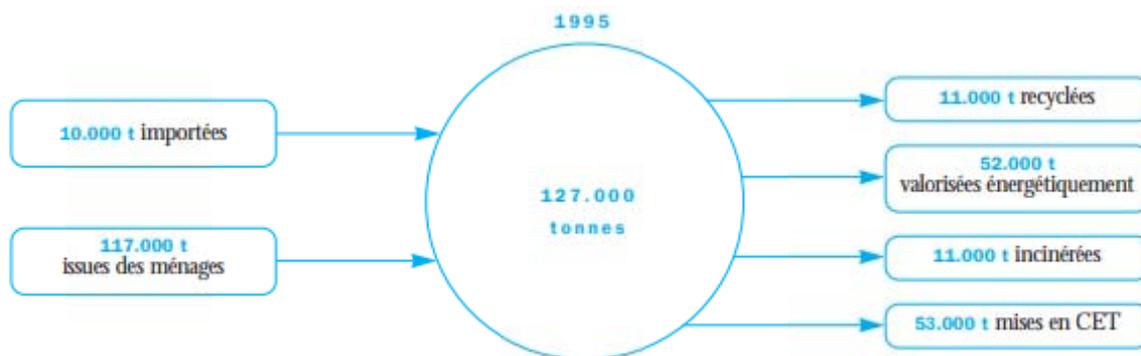


Figure III. 5 :Gisement des déchets plastiques ménagers.

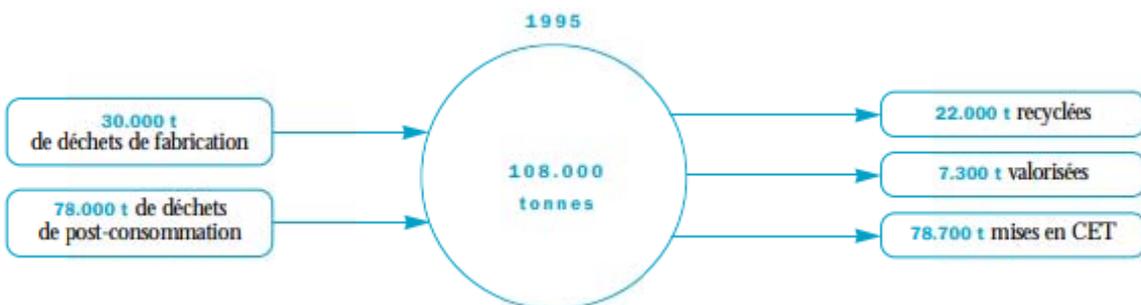


Figure III. 6 :Gisement de déchets plastiques industriels

Cette évolution est calculée sans aucune prévention.

	1995	2000	2005	2010
Déchets industriels de fabrication	30.000	33.000	36.000	39.000
Déchets ménagers	115.000	121.000	149.000	184.000

Déchets industriels de post consommation	78.000	94.500	110.500	129.000
-Agriculture	10.000	11.000	12.000	13.000
-Automobile et VHU	10.000	12.000	14.000	16.000
-Construction et démolition	20.000	27.000	34.000	43.000
-Distribution et industrie	30.000	33.000	36.000	40.000
-Electricité et électronique	8.000	11.500	14.500	18.000
Total	223.000	248.500	295.500	352.000

Tableau III. 1: Gisement de déchets plastiques industriels.

III.3. Méthode de valorisation (technique) déchets plastiques et verres :

III.3.1. Méthode de valorisation des déchets plastique :

Les qualités des plastiques (incassables, imputrescibles, ne craignant ni le gel ni l'assèchement, difficilement décomposés par les micro-organismes ...) deviennent vite des défauts lorsque les plastiques sont usagés : ils persistent longtemps dans la nature, et, de plus les pesticides, colorants, métaux lourds,... entrant dans leur composition sont libérés lors de la dégradation au cours du temps.

Il y a trois grandes méthodes de valorisation du plastique :

- ❖ **La valorisation énergétique** consiste à incinérer les déchets plastiques pour récupérer l'énergie qu'ils contiennent sous forme de chaleur. Les plastiques, composés de pétrole raffiné, ont une capacité calorifique proche de celui-ci. Cette méthode de valorisation permet de recycler une grande partie des déchets plastiques. En revanche si elle est mal maîtrisée elle peut présenter des risques majeurs pour l'environnement et la santé des êtres vivants par l'émission de dioxines et de HAP, molécules cancérigènes présentes dans les fumées.
- ❖ **La valorisation matière, ou valorisation mécanique,** consiste à réutiliser les déchets plastiques avec un minimum de transformation de la matière. Cette technique est utilisée pour le traitement des déchets thermoplastiques. Elle repose avant tout sur une collecte sélective ou un tri des déchets plastiques à partir des ordures ménagères. Il est très souvent nécessaire d'avoir des déchets plastiques triés par type de résine plastique. Plus le tri est efficace, plus le produit en sortie de valorisation matière est de bonne

qualité. Les expériences que nous présentons ci-après sont des modes de valorisation matière.

- ❖ **La valorisation chimique** consiste à transformer la matière plastique en molécule de base (polymère, ester...), pouvant servir à la synthèse d'une nouvelle matière plastique, ou pour la pétrochimie. Ces technologies sont encore peu développées ou limitées à certaines natures de résines plastiques. On ne les utilise que dans les pays du Nord et les pays émergents.

Technique Générale :

La régénération s'opère en plusieurs étapes : tri, lavage, séchage, broyage, extrusion, granulation. Les unités de régénération peuvent être plus ou moins avancées dans leur processus de régénération et produire un sous-produit recyclé plus ou moins élaboré. Une unité de régénération n'est pas obligée d'avoir en charge toutes les étapes de production, on peut trouver un acteur pour chaque type d'opération. On distingue deux grandes phases dans le processus de régénération :

- **Phase 1** : Tri, lavage, séchage : cette étape consiste à présenter un déchet plastique non-souillé et trié par type et qualité de résine pour les opérations de broyage, granulation, extrusion. Ces opérations peuvent être réalisées sans machine.
- **Phase 2** : Broyage, extrusion, granulation : cette étape va apporter une grande valeur ajoutée en transformant le déchet plastique en sous-produit commercialisable auprès de l'industrie plastique. Pour cela il est nécessaire de s'équiper en machine, dont la consommation électrique n'est pas négligeable, surtout pour l'extrusion.

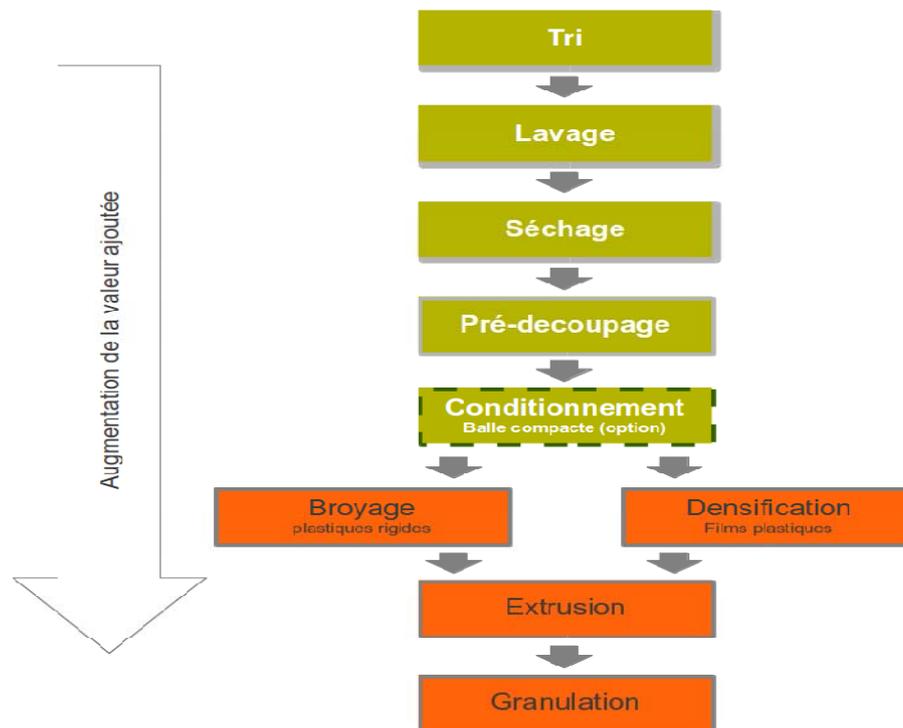


Figure III. 7 : Schéma du processus standard de régénération

La régénération du plastique permet de traiter tous les thermoplastiques avec le même équipement et selon le même procédé, seuls les paramètres de réglage des différentes machines changeront en fonction du plastique traité (température, vitesse de rotation de l'extrudeuse,...).

La fabrication d'éléments de construction :

A la fin des années 90 est apparue l'idée d'utiliser le plastique (et notamment les sachets plastiques) comme liant, en remplacement du ciment, afin de produire différents éléments de construction comme des pavés, des briques, des tuiles...

Technique Générale

Les sachets plastiques sont pour la plupart faits en polyéthylène basse densité (PEBD), qui est un thermoplastique. En les chauffant, ils vont fondre et devenir visqueux ; on y ajoute alors du sable tout en malaxant. Une fois le mélange homogène, on le verse dans un moule et on laisse refroidir avant démoulage.

Cette technique, qui présente l'avantage de nécessiter de faibles investissements et permet de valoriser les sachets même non lavés, a beaucoup attiré l'attention en Afrique. Elle a été testée par de nombreuses structures avec plus ou moins de succès. La méthode la plus aboutie

aujourd'hui est celle du CTG Garoua au Cameroun, améliorée par la suite par Madacompost à Madagascar.[28]

III.3.2. Méthode de valorisation des déchets verres :

Le verre est recyclable à 100 % et indéfiniment. Le verre peut être refondu à l'infini pour fabriquer de nouvelles bouteilles, sans aucune perte de qualité ou de transparence. Ce système s'appelle le recyclage en « boucle fermée » ou de « bouteille à bouteille ».

Un nouveau contenant en verre peut ainsi inclure jusqu'à 90 % de verre recyclé ! La seule limite à la quantité de verre pouvant être recyclée est sa qualité. En effet, du verre de mauvaise qualité ne peut pas servir.

Parmi les méthodes de valorisation on a le Réemploi et le Traitement

- **Le réemploi**

Les emballages en verres consignés collectés peuvent être réemployés ou recyclés après tri et nettoyage. Le réemploi et la consigne concernent 20% des volumes embouteillés. Les bouteilles récupérées sont triées par type, lavés en usine et revendues pour être réemployées.

- **Le recyclage**

Le verre est également recyclable à l'infini, ce qui veut dire que, tout ce qui est récupéré est effectivement recyclé, et ceci de façon continue.

Une fois collecté, trié, nettoyé et broyé, le verre transformé en calcin et livré aux usines verrières sous certaines conditions de conformité a un cahier des charges.

Le calcin est utilisé à raison de 40 à 90% en substitut de matières premières. Cette valorisation permet une économie d'énergie et matières premières.

Certains verres plus techniques conçus pour utilisations spécifiques contiennent des matériaux difficiles à séparer et sont recouverts de dépôts minces de produits chimiques rendant leurs traitements difficiles. Quelques unités pilotes se sont lancées dans le traitement de ces verres afin de fournir aux utilisateurs la qualité de calcin exigée.

Pour la verrerie de laboratoire, des possibilités de valorisation existent (le borosilicate peut servir à la fabrication de laine de verre, le sodocalcique est compatible avec le verre ménager et peut donc être valorisé de la même façon).

D'autres filières de valorisation sont sans doute encore à inventer ou à développer.

Aspect technique

L'introduction de verre récupéré et recyclé sous forme de calcin dans le four des industriels verriers permet un meilleur rendement calorifique. Cette matière première secondaire a la caractéristique essentielle de fondre plus rapidement que celui des matières vierges (silice, chaux, soude...).

Ainsi, chaque tonne de calcin incorporé au lit de fusion permet de diminuer la température de fusion d'environ 30% et d'économiser 100 kg d'équivalent pétrole dont 40 kg pour la fusion du verre et 60 kg évitant l'extraction, le traitement et le transport des matières premières.

III.4. Intérêts techniques de la valorisation des déchets plastique et verre :

III.4.1. Pour les plastiques :

Recyclage d'une tonne de plastique PET (polyéthylène téraphtalate) : 1800 kg d'équivalent CO₂ évités par rapport à la fabrication de la même quantité de PET.

Le recyclage et le réemploi permettent d'économiser une grande quantité d'énergie primaire, notamment du pétrole, la principale matière première de la plupart des matières plastiques.

Le plastique représente 11 % des déchets. Pour l'ONU, le recyclage du plastique représente un enjeu crucial et suscite de nombreux enjeux :

- ❖ Pour la faune et la flore : dans la nature, le plastique met entre 100 et 1 000 ans à se dégrader
- ❖ Pour l'énergie :
 - Permet de faire des économies de carburant : 1 kg de film plastique = 0,8 kg de pétrole brut gagné,
 - Permet de réduire l'emprunt énergétique des professionnels : 22 millions de tonnes de plastiques par an,
 - Permet de produire de l'énergie : 50 % de la production de plastique recyclé = 5 millions de kilowattheures d'énergie,
- ❖ Pour fabriquer de nouveaux objets : 1 bouteille = 7 cartes à puce,
- ❖ Pour créer et alimenter des emplois : 120 chercheurs français + 6 unités de traitement de plastique,
- ❖ Pour s'éclairer : 1 sac en plastique = la mise en fonction d'une ampoule de 60 watts durant 10 minutes.

III.4.2. Pour le verre :

Le recyclage est bénéfique pour l'économie et l'environnement. D'un point de vue écologique, le recyclage du verre réduit le CO₂, économise les matières premières et l'énergie. Pour la production du verre, les matières premières vierges peuvent être remplacées par du verre recyclé (ou calcin). Ainsi, on parvient à une réduction notable de CO₂ pour différentes raisons :

- Il faut moins d'énergie pour faire fondre du verre recyclé que pour faire fondre des matières premières et les transformer en verre.
- L'énergie et les émissions de CO₂ issues de l'extraction et du transport de matières premières sont économisées

(1 kg de calcin utilisé remplace 1,2 kg de matières premières vierges).

- Recycler le verre réduit aussi la pollution associée de l'air de 20 % et la pollution de l'eau de 50%.
- Le coût carbone du transport du calcin est, en moyenne, moins élevé que celui du transport des matières premières.
- Le recyclage du verre limite la mise en décharge et réduit les émissions de CO₂ (gaz à effet de serre).
- Recycler le verre est moins coûteux que de l'éliminer par incinération.
- Le recyclage du verre permet à la fois de diminuer les prélèvements sur les ressources naturelles, d'éviter le rejet de plus de deux millions de tonnes de déchets par an.

III.5. Certains travaux de recherches sur la valorisation**des déchets plastiques et verre dans les matériaux de construction :****Application au béton dans le génie civil : béton de fibre**

Le béton avec fibre est un béton conventionnel auquel on a ajouté des fibres durant le malaxage. Son nom : la microfibre. Les microfibres peuvent être utilisées quand on souhaite réduire la fissuration et améliorer la durabilité. Et elles conviennent particulièrement bien aux dalles sur le sol, dalles surélevées, pavages, piscines, trottoirs, béton projet etc... Comme armature secondaire utilisée pour assurer le contrôle de la fissuration, elle constitue une solution idéale lorsqu'elle est combinée au treillis métallique soudé ou ferrailage en acier. Cette fibre n'est pas recommandée pour remplacer l'armature exigée par les codes et les normes du bâtiment. Les fibres sont définies comme des éléments discontinus, de nature variable, des formes sensiblement cylindriques, d'un diamètre et longueur variable. Elles sont réparties dans la matrice soit d'une façon aléatoire ou orientation préférentielle.[29]

Types de fibres de verre « E » et « AR »

Les fibres « E » sont les fibres de verre classique à forte teneur en bore ; Elles présentent de bonnes caractéristiques mécaniques, mais sont sensibles aux alcalis (la solution interstitielle du béton est fortement basique) libérés par l'hydratation du ciment. Leur emploi dans le béton nécessite donc l'incorporation de polymères ou autres ajouts au mélange, au moment du gâchage qui ont pour fonction d'enrober la fibre et de la protéger de l'attaque alcaline.

Les fibres « AR » (alcali-résistantes) sont obtenues avec un verre riche en zirconium moins sensible aux alcalis. Un traitement d'ensimage (dépôt d'un produit de protection) améliore encore leur tenue.

Propriétés des fibres de verre :

Les caractéristiques mécaniques élevées de ces fibres atteignent les 3000 MPa pour la résistance à la traction.

Il faut également souligner leur excellente résistance au feu (jusqu'à 800 °C). Ce critère confère aux bétons de fibres de verre une bonne résistance au feu.

Les essais en cours doivent permettre d'améliorer l'évolution des caractéristiques du béton de fibres de verre lors de son vieillissement.

Pour faciliter leur utilisation, les fibres doivent être faciles à incorporer dans le béton et ne pas perturber le malaxage (leur dispersion dans le béton doit être rapide) ; [29]

Se répartir de manière homogène lors du malaxage au sein du béton (pas d'agglomération de fibres) et lors du bétonnage.

En préfabrication, les domaines d'application des bétons en fibres de verre sont très vastes. Les fibres de verre permettent la réalisation d'éléments de faible épaisseur (éléments architectoniques, éléments de bardage, panneaux de façade, etc.), de mobilier urbain et de produits d'assainissement. La figure II.36 montre un béton fibré pour dallage.

- Panneaux de façade minces de 10 à 15 mm d'épaisseur ou panneaux sandwich à isolant incorporé.
- Éléments de bardage et éléments décoratifs. • Éléments divers : coffret, coffrages, habillages.
- Produits d'assainissements : tuyaux, caniveaux. Ils sont en général incorporés avec un taux de 1 à 2% par volume.[29]

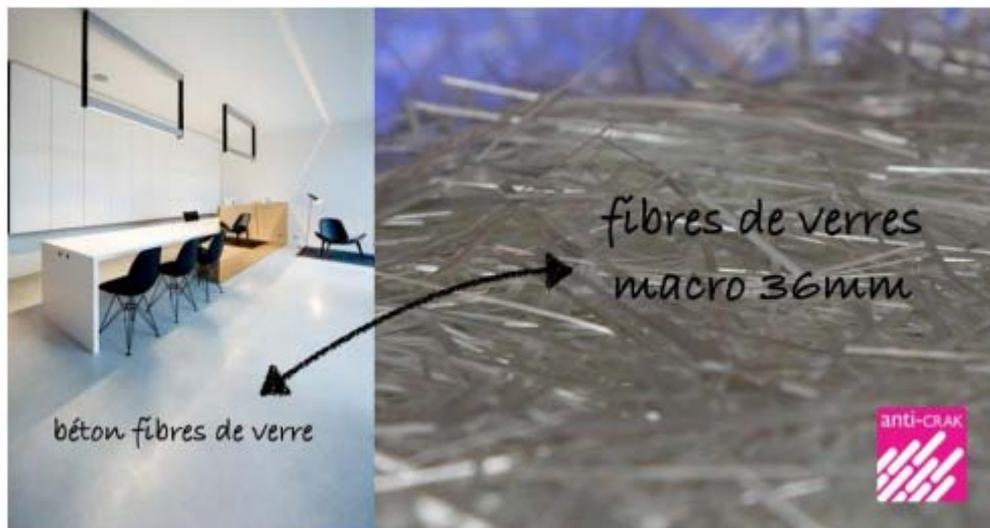


Figure III. 8 :Le Béton en fibre de Verre[29]

III.6. Conclusion :

Les déchets constituent un réel problème, inhérent à toute vie biologique et à toute activité industrielle, agricole ou urbaine, et à ce titre, la recherche de solutions est une vraie nécessité pour les collectivités.

L'utilisation des divers déchets en fonction de leur rentabilité d'exploitation et de leurs propriétés. De nombreux types de déchets ne pourront peut-être pas être utilisés à une grande échelle étant donné la diversité de leurs caractéristiques physiques et chimiques.

En conclusion, le verre est un emballage qui favorise le recyclage. En effet, même si à l'origine, c'est un des matériaux les moins biodégradables, ses propriétés permettent de le recycler à l'infini, sans vraiment le transformer : une bouteille de verre sera effectivement recyclée en bouteille. Mais pour la collecte il ne faut pas confondre le verre d'emballage et le verre des assiettes, des fenêtres qui ne peuvent être recyclé de la même.

Et pour le cas du plastique, il devient impératif de réagir car elles représentent environ 7 % de la masse totale des ordures ménagères. Les plastiques sont des matériaux qui sont difficilement décomposés par les micro-organismes : ils ne sont pas biodégradables.

CHAPITRE IV
PARTIE EXPÉRIMENTALE

IV.1. Caractérisations des matériaux et techniques expérimentaux :

Tout d'abord en commence par définir les différentes matières premières utilisées pour la préparation des composites étudiés :

L'objectif principal de cette partie est d'élaborer un matériau à 100 % de déchets (plastique et poudre de verre), dont le plastique assure la partie liante et les déchets de verre est l'élément inerte dans le mélange, avec un traitement thermique.

- Déchet plastique broyé, récupérer d'une unité de recyclage du plastique sise à Tazmalt (Bejaia).

-Poudre de verre finement broyée.

IV.1.1. Poudre de verre :

La poudre de verre utilisée provenant des emballages des boissons alcoolisées ramassés, livrée par un particulier ayant les caractéristiques suivantes :

Tableau IV. 1: Caractéristiques physiques de la poudre de verre.

Masse volumique absolue	2500 kg/m ³
Surface spécifique Blaine	SSB=de 2000 à 3600 cm ² /g
Couleur	Blanc grisâtre

Tableau IV. 2: Composition chimique de la poudre de verre.

Composant	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	SO ₃
Teneur (%)	70.50	1.40	0.10	8.40	4.00	15.30	0.30

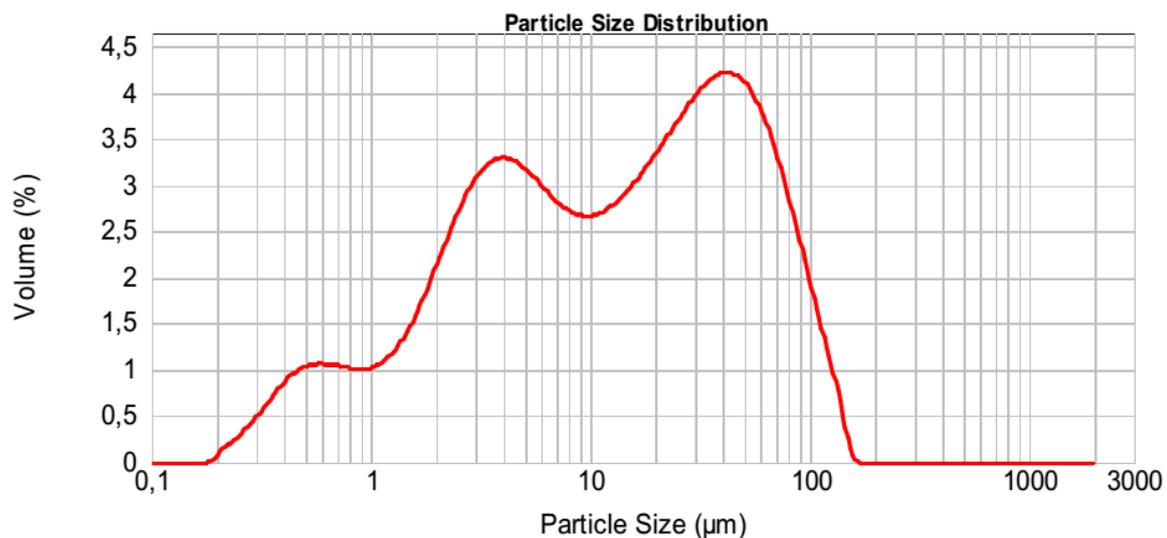


Figure IV. 1: Analyses granulométriques Laser de la poudre de verre.

IV.1.2. Déchet plastique :

Le choix des déchets plastique utilisé dans notre travail, s'est effectuée sur la base de disponibilité des déchets sans prendre en compte la nature et la forme, les images suivantes représentent les déchets utilisés dans notre partie pratique.

Le déchet plastique est livré par une entreprise de recyclage du plastique, le plastique issu de la récupération des caisses d'emballage en plastique, ayant subi une opération de déchiquetage au niveau de l'entreprise (avec une masse volumique de 1.3 g/cm^3 et une granulométrie de 2 à 3 mm



Figure IV. 2 : Déchets plastique et verre utilisés.

Suite au manque de protocole expérimental normalisé, des essais préliminaires ont été effectués au niveau du laboratoire afin de déterminer les pourcentages des deux mélanges (plastique et verre), on a établi un protocole expérimental dont les pourcentages des deux mélanges seront comme suit :

- Mélange 01 : 50 % plastique + 50 % poudre de verre ;
- Mélange 02 : 40 % plastique + 60 % poudre de verre ;
- Mélange 03 : 30 % plastique + 70 % poudre de verre ;
- Mélange 04 : 25 % plastique + 75 % poudre de verre ;
- Mélange 05 : 20 % plastique + 80 % poudre de verre ;

IV.2. Préparation des mélanges :

La partie pratique est réalisée en fonction des moyens disponibles au niveau du laboratoire, la figure suivante illustre les essais préliminaires de la préparation et le traitement thermique du mélange, le déchet plastique est pesé, puis traité thermiquement jusqu'à la fusion partielle, la poudre de verre est introduite après pesage dans le mélange, une homogénéisation est assurée par malaxage manuel, jusqu'à l'obtention d'un mélange plus au moins homogène, ayant une forme de pâte, qui sera mise dans des moules de $4*4*4 \text{ cm}^3$ (essais préliminaires) et $5*5*28 \text{ cm}^3$ (après essais préliminaires).



Figure IV. 3 : Préparation des mélanges et des éprouvettes.

Remarques :

Lors de la préparation des mélanges et des éprouvettes on a remarqué ce qui suit :

- Le premier essai, du mélange (50 % plastique et 50 % de poudre de verre) est très collant, dû au pourcentage du plastique important, et une difficulté de mise en œuvre du mélange dans les moules.
- Le mélange (70 % de poudre de verre et 30 % de déchet plastique) a donné un mélange facile à mettre en œuvre dans les moules, et non collant, qu'est dû peut-être à l'effet dégraissant de la poudre de verre avec un pourcentage de 70 %.

- Les mélanges (80 % de poudre de verre et 20 % de déchet plastique) et (75 % de poudre de verre et 25 % de déchet plastique), ont donné des mélanges aussi faciles à mettre en œuvre dans les moules, mais les éprouvettes après durcissement ont montré des fissures en surface (figure IV.3), qui peut être expliquée par le manque de la partie liante.
- Le démoulage après durcissement des éprouvettes a été facile.



Figure IV. 4 : Surface fissurée des éprouvettes du mélange (80 % poudre de verre et 20 %plastique).

IV.3. Essais physico-mécaniques :

Après durcissement des quatre mélanges préparés, le démoulage a été effectué, puis on a découpé les éprouvettes avec des dimensions de $4 \times 4 \times 4 \text{ cm}^3$.



Figure IV. 5 : éprouvettes d'essais physico-mécaniques.

Le tableau suivant résume les valeurs des essais physico-mécaniques effectués sur les différentes éprouvettes des mélanges élaborés.

IV.4. Essai de résistance à la compression :

Après la rupture en flexion des éprouvettes ($4 \times 4 \times 4 \text{cm}^3$), et à l'aide d'appareil d'essai compression marque [RP 3000 XP], on met les morceaux restants d'éprouvettes sous une compression uni axiale. L'essai consiste à comprimer jusqu'à l'écrasement de l'échantillon.



Figure IV. 6: Appareil d'essai compression.

IV.5. Essai d'absorption :

Afin de déterminer le caractère absorbant de mélanges réalisé, des essais physiques ont été réalisés afin de déterminer l'absorption des différentes variantes.



Figure IV. 7 : Masse avant de plonger l'échantillon dans l'eau.



Figure IV. 8 : Echantillon dans l'eau.



Figure IV. 9 : Essais d'absorption.

IV.6. Essai de résistance à la température :

Afin de déterminer et de vérifier le comportement des différents mélanges élaborés des essais physiques (essais de résistance aux températures d'environnement chaud), sont effectués sur les différents variantes étudiées à des températures de 70 C° durant 4 heures de temps.



Figure IV. 10 : essais thermiques à l'environnement chaud.

Le tableau suivant résume les différents résultats d'essais physico-mécaniques obtenus.

Tableau IV. 3 : Résultats des essais physico-mécaniques.

Mélanges	Mv moy g/cm ³	RC (MPa)	Abs (%)	Résistance à l'environnement chaud (70C°/4 heures)
60 % PV+ 40 % plastique	1.35	34.50	0	Aucun changement
70 % PV+ 30 % plastique	1.54	30.43	0	Aucun changement
75 % PV+ 25 % plastique	1.68	18.43	0	Aucun changement
80 % PV+ 20 % plastique	2.02	11.33	0	Aucun changement

Les histogrammes suivants, représentent les différents essais physico-mécaniques, ainsi que les corrélations entre certaines propriétés déterminer.

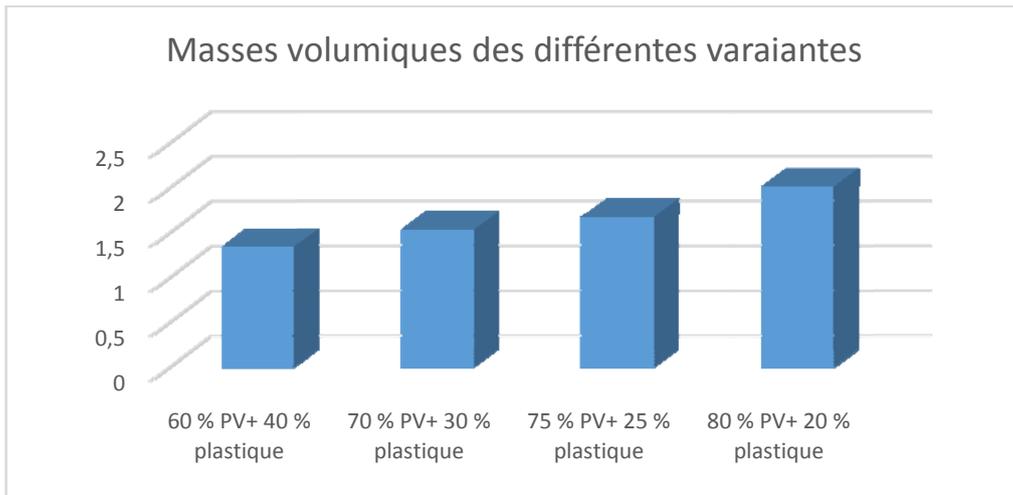


Figure IV. 11 : Masses volumique des différentes variantes.

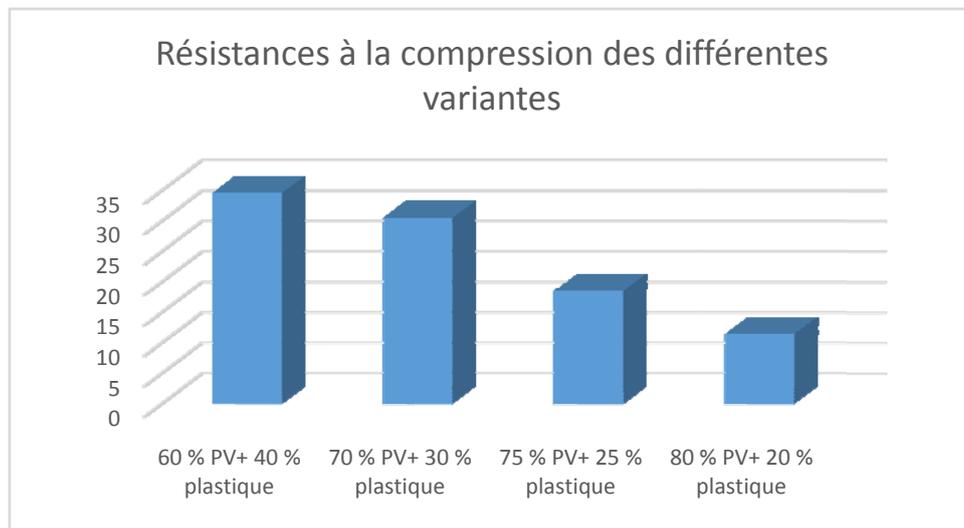


Figure IV. 12 : Résistances à la compression des différentes variantes.

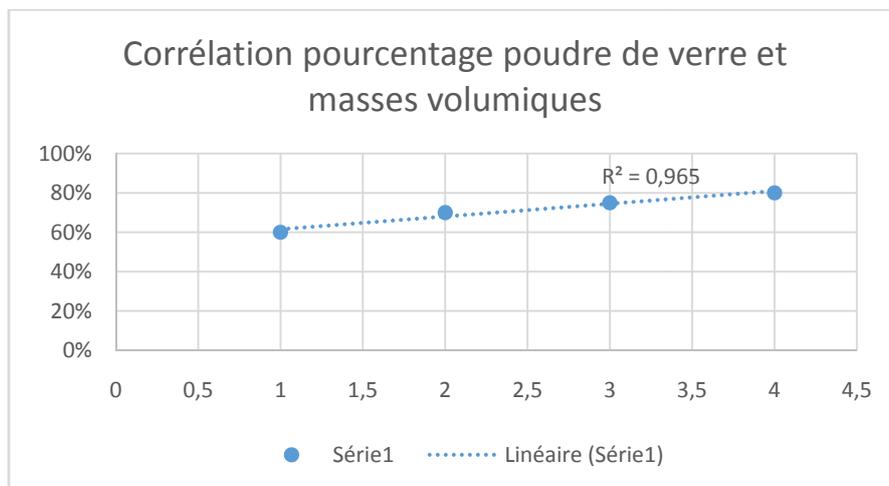


Figure IV. 13 : Corrélation (pourcentages de poudre de verre et les masses volumiques)

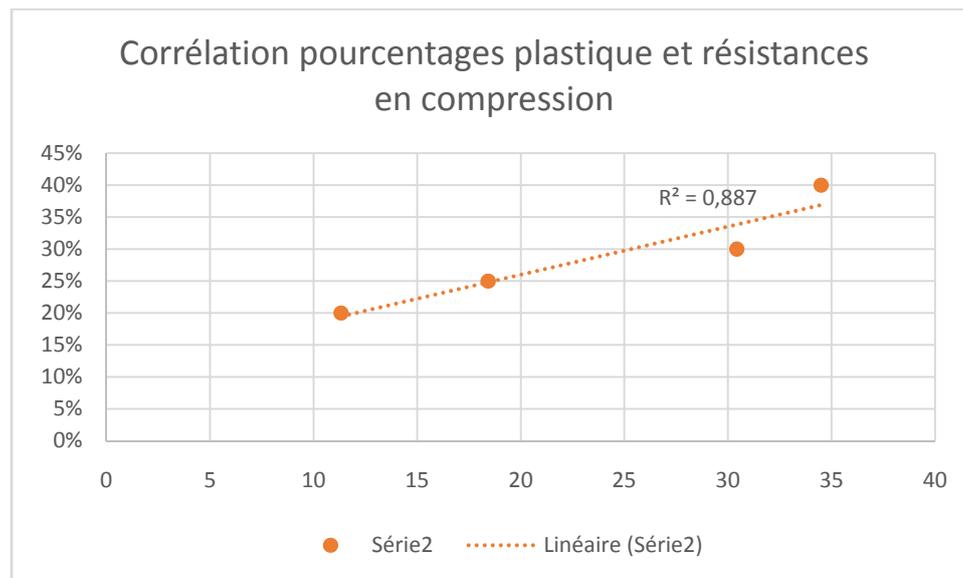


Figure IV. 14 : Corrélation (pourcentage du plastique et les résistances mécaniques).

IV.7. Résultats et discussions :

A la lumière des résultats physico-mécaniques obtenus on note les discussions suivantes :

- Le matériau obtenu à la base de deux déchets différents (plastique et poudre de verre) est intéressant et mérite d'autres explorations et études.
- L'augmentation du pourcentage de la poudre de verre fait augmenter la masse volumique du mélange, qui est expliquée par la nature de la poudre de verre qui a une masse volumique plus importante que celle du plastique, et de ce point de vue des résistances mécaniques, le taux d'introduction de la poudre de verre affecte négativement les résistances mécaniques qui chutent avec l'augmentation du pourcentage de la poudre de verre (34.5 MPa pour le mélange à 60 % à 11.33 MPa pour celui de 80 % de poudre de verre), cela est expliqué par la nature inerte de la poudre de verre.
- Le plastique après fusion joue le rôle de la partie liante, donc l'augmentation de cette phase améliore la résistance en compression des éprouvettes, aussi le plastique a un effet positif sur la légèreté du matériau, car l'augmentation du taux du plastique fait réduire les masses volumiques, vu sa masse volumique réduite.

- Les différents mélanges, montrent une absorption nulle, expliquer par la nature de la phase liante à base du plastique connu pour son caractère hermétique, ce qu'est intéressant de point de vu destination de ce matériau dans les milieux humides.

- La résistance aux températures des milieux très chauds est mise en évidence, par le non changement des propriétés physiques (déformations ou ramollissements) des différentes éprouvettes exposées à une température de 70 C° durant 4 heures.

Conclusion Générale

Conclusion Générale :

Notre travail de recherche s'inscrit dans le cadre de la valorisation des déchets plastiques et verre, afin d'élaborer un matériau à base de déchets.

L'objectif principal de ce travail est l'élaboration d'un matériau à base de déchets plastiques et poudre de verre, dont le plastique aura le rôle de la partie liante dans le mélange, et de trouver une destination et une utilisation à ce matériau dans le domaine de la construction.

Le présent travail vise essentiellement, d'une part à la valorisation des déchets, qui peut offrir une contribution réelle dans la gestion et la valorisation des déchets plastiques et verre, qui présentent un réel problème pour l'environnement et la santé publique.

A ce moment-là nous sommes arrivés à trouver une optimisation du mélange plastique et verre, et démontrer l'effet des pourcentages des déchets sur les propriétés physico-mécaniques des différents mélanges.

A la lumière des résultats obtenus, des indices et confirme que :

- La possibilité de valoriser les déchets plastiques avec ceux du verre et constitués une matière pour l'élaboration d'un matériau plastique-verre, après un traitement thermique.
- Les mélanges élaborés avec des pourcentages importants de plastique, ont donné une plus grande résistance mécanique en compression.
- La poudre de verre à un effet négatif sur les résistances mécaniques, son augmentation se traduit par la chute de ses dernières et une augmentation des masses volumiques des variantes élaborées, néanmoins la poudre de verre à 70 % a donné un mélange facile à mettre en œuvre.
- Les différentes variantes élaborées, montrent un caractère hermétique, confirmé par les résultats d'absorption qui est nul, ce qui constitue un atout pour ce matériau, dans le cas d'une destination en milieu humide (revêtement de salle de bain ou piscines).
- La résistance aux températures des milieux chauds (70 C°) après quatre heures, peut aussi plus au moins confirmer sa stabilité vis-à-vis des milieux chauds, ce qui peut aussi apporter d'autres atouts de son utilisation comme revêtement des espaces publics, jardins et autres.

Des perspectives peuvent être projetées entre autres :

D'après les résultats obtenus, d'autres travaux peuvent être envisagés tels que :

- L'effet de la géométrie de la poudre de verre.

- Une étude de l'effet du cycle de traitement thermique, et l'amélioration des propriétés de la pâte après traitement thermique.

- A ce moment, l'effet des paramètres environnementaux ne sont pas mis en exergues, ça sera intéressant de lancer une étude sur l'effet combiné de l'humidité et de la température sur le comportement du matériau plastique et poudre de verre.

- Aussi, afin d'avoir une idée sur le coût et la faisabilité de montage d'une entreprise dans ce sens, une étude technico-économique est primordiale pour donner plus échos à ce travail.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Article L. 541-1-1 Code de l'Environnement, Prévention et gestion des déchets 2007- 2017 Legifrance p. (559)
- [2] L. ZEGHICHI Etude des bétons basiques a base des différents granulats 2006.p (6, 7, 8,13)
- [3] Karim Ouamane, DG L'AND au service de la gestion des déchets industriels Alger, 25 mai 2017
- [4] Benimam Samir, Debieb Farid, Bentchikou Mohamed, Guendouz Mohamed Valorisation et Recyclage des Déchets Plastiques dans le Béton 2014
- [5] BONNET S, TURATSINZE A et GRANJU J-L effets de l'incorporation de granulats en caoutchouc, issus du broyage de pneus usagés sur la résistance à la fissuration d'un mortier de ciment, Annales du bâtiment et des travaux publics, décembre 2004-N° 6
- [6] Flaga.K, «Advanced in materials applied in civil engineering». Journal of MaterialsProcessing Technology 106, 2000, pp173-183.
- [7] Benimam et all, 2014 au niveau des Laboratoire LBMPT, Université de Médéa, Algérie ;
- [8] Mohamed Guendouz et all, 2015 « Formulation et caractérisation d'un béton de sable à base de déchets plastiques », *Rencontres Universitaires de Génie Civil, May 2015, Bayonne, France, 9p.*
- [9] Livre Blanc Prospective & Innovation - L'Industrie du Recyclage à l'horizon 2030 - Marc HAQUETTE, consultant valorisation matière.
- [10] Laura CHAMARANDE - Livre Le recyclage aujourd'hui.
- [11] "Gains, emplois et innovations" : le rôle du recyclage dans l'économie verte.
- [12] Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD) – Janvier 2002
- [13] ISO 14040:2006 spécifie les principes et le cadre applicables à la réalisation d'analyses du cycle de vie comprenant.
- [14] Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) www.ciraig.org
- [15] Exposé Déchets Loÿe 17-10-2013
- [16] Agence national des déchets journée mondiale de l'environnement
- [17] Roselyne Messal, L'actualité chimique, Numéro 371-372, 4pp, février-mars 2013
- [18] CHAZ MILLER, «Profiles in Garbage», Waste Age, mars 2009
- [19] Recyclage Récupération Magazine, no 32, 3 juin 2005
- [20] Source : MATE 2010
- [21] Le quotidien El-Watan, du 29.11.10, dossier sur «Déchets recyclés en Algérie».
- [22] G. Dreux, J. Festa, Nouveau guide du béton. Eightédition. Paris: Eyrolles (1998)
- [23] A.A. Al-Manaseer, T. R. Dalal. Concrete containing plastic aggregates. Concrete International, 47– 52 (1997)

- [24] S. Kim, N. Yi, H. Kim, J. Kim, Y. Song. Material and structural performance evaluation of recycled PET fiber reinforced concrete. Cem Conc Comp 32:232–40 (2010) MATEC Web of Conferences
- [25] Gérard Pajean Verre VOL.14 N°1 • FÉVRIER 2008
- [26] Déchets de verre – Prévention, valorisation et traitement des déchets Picardie Rubrique n°62
- [27] Associated Press Media Editors (APME, 1994)
- [28] Mathieu BRUNEAU (Cefrepade)
- [29] Dr. AATTACHE AMEL (Docteur en Génie Civil) –Livre Le verre dans le bâtiment.