

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE



SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE KASDI MERBAH -
OUARGLA



FACULTE DES SCIENCES
APPLIQUEES

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL ET D'HYDRAULIQUE

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master

Spécialité : Génie Civil

Option : STRUCTURE

Thème

**Etude des propriétés physique et mécanique des briques à
base de déchets de papier**

Présentées par :

- **BENRAS Nesrine**
- **KADI Sirine**

Devant le jury :

GHOUGALI Mammar	MCB	UMKO	Président
MOKHTARI Abdessamad	MCB	UMKO	Examineur
KEBAILI Nabil	MCA	UMKO	Encadreur
CHAIB Hachem	MCA	UMKO	Co-encadreur

Année universitaire : 2023 /2024



Remerciements

Je tiens d'abord à remercier Allah tout puissant de m'avoir donné la chance, la patience, le courage et la volonté afin d'accomplir ce travail de recherche.

Je tiens à remercier mes parents pour leur amour, leur soutien et leur encouragement tout au long de ma vie.

Je remercie tellement mes encadreurs **Dr.KEBAILI Nabil** et **Mr.CHAIB Hachem** pour leur disponibilité et leur aide précieuse, encouragement, et de tous les efforts qu'ils ont fait pour mener bien ce travail.

Je tiens aussi à remercier **Mr.KECHIRED Ali** pour son aide dans notre travail à laboratoire de béton.

Merci à toute l'équipe du laboratoire LEC spécialement **Mr.RAHMANI Farouk** et **Mr.BENAZZOUZ Aissa** pour leur soutiens, leur aide et tout le temps que vous nous avez consacré.

Merci beaucoup à tous les enseignants de département de génie civil et hydraulique de l'université de KASDI MERBAH OUARGLA, qui nous ont accompagnés tout le long de notre parcours universitaire, grâce à dieu et grâce à eux nous sommes arrivés là, nous avons atteint notre projet de fin d'études.

Je remercie en fin, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail.

Remerciements

Je tiens d'abord à remercier Allah tout puissant de m'avoir donné la chance, la patience, le courage et la volonté afin d'accomplir ce travail de recherche.

Dédicace

Louange à Dieu seul le tout puissant, pour tout ce qu'il m'a donné

À mes chers parents qui ont travaillé dur pour que j'en arrive là et

Spécifiquement Ma mère

À mes chers frères

À mes chers grands-parents

À mes chers oncles, tantes

À mes chers amis

À tous ceux qui m'aiment

Je dédie ce travail

الملخص:

تعتبر مخلفات الورق أحد المصادر الرئيسية للتلوث البيئي. تهدف هذه الدراسة إلى إعادة تدوير هذه النفايات وتثمينها لاستخدامها في صناعة الطوب مع استغلال المواد المحلية (الكتبان الرملية) ودراسة خصائصها الفيزيائية والميكانيكية.

الطريقة المعمول بها تعتمد على انجاز عينات بكميات متناسبة تدريجيا من الرمل ومخلفات الورق مع دراسة إضافة بعض الروابط (الاسمنت، الجبس، الغراء، الرزین).

بعد النتائج المحصل عليها من التجارب الفيزيائية والميكانيكية على العينات ذوي الابعاد (16×4×4) نجد ان إضافة الغراء الأبيض يعطي نتائج جيدة.

الكلمات المفتاحية: مخلفات الورق، طوب، رمل الكتبان، الغراء، الرزین، المقاومة.

Résumé :

Les déchets de papier sont l'une des principales sources de pollution de l'environnement. Cette étude vise à recycler et à récupérer ces déchets pour les utiliser dans l'industrie de la brique, en utilisant des matériaux locaux (dunes de sable) et en étudiant leurs propriétés physiques et mécaniques.

La méthode utilisée est basée sur la préparation progressive d'échantillons avec des quantités proportionnelles de sable et de déchets de papier avec l'ajout de certains liants (ciment, gypse, colle, résine).

Les résultats obtenus lors des expériences physiques et mécaniques sur des échantillons de 4x4x16 montrent que l'ajout de colle blanche donne de bons résultats.

Mots-clés : Déchets de papier, brique, sable de dune, colle, résine, résistance.

Abstract:

Waste paper is one of the main sources of environmental pollution. This study aims to recycle and recover this waste for use in the brick industry, using local materials (sand dunes) and studying their physical and mechanical properties.

The method used is based on the progressive preparation of samples with proportional quantities of sand and waste paper with the addition of certain binders (cement, gypsum, glue, resin).

The results obtained from physical and mechanical experiments on 4x4x16 samples show that the addition of white glue gives good results.

Keywords: Waste paper, brick, dune sand, glue, resin, resistance.

SOMMAIRE :

Remerciements	I
Remerciements	I
Dédicace	II
Résumé	III
SOMMAIRE :	IV
Liste des tableaux :	VI
Liste des Figures :	VI
Liste des Photos :	VI
Introduction Générale.....	1
I .1. Introduction	3
I .2. Les matériaux de constructions locaux [1].....	3
I .2.1. Brique	3
I .2.2. La terre crue	3
I .2.3. L'adobe ou Brique de Terre Moulée (BTM).....	4
I .2.4. Le Bloc de Terre Comprimée (BTC)	4
I .2.5. Le Pisé [2]	5
I .2.6. La pierre naturelle	5
I .2.7. Le bois d'œuvre	6
I .2.8. Les fibres naturelles.....	6
I .3. Ciment.....	7
I .4. Le plâtre.....	7
I.5. Le Plâtre traditionnel (Timchemt) [4]	8
I .6. Haut du formulaire Sable [5].....	8
I .6.1. Le sable de dunes [6].....	8
I .6.2. Différentes formes des dunes.....	9
I .7. Déchet.....	10
I .7.1. Différents types des déchets [9]	10
I .7.2. Valorisations des déchets dans le génie civil	13
I .7.3. Déchets de papiers dans la construction [11]	13
I .7.4. Expériences précédentes sur le sujet d'étude.....	14
Conclusion.....	16
II .1. Introduction	18
II.2. Les Analyse Physique :	18
II .2.1. Analyse granulométrique par tamisage selon (NF : P 94-056) :[15].....	18
II .2.1.1. Module De Finesse	20
II .2.1.2. Facteur D'uniformité Cu	20
II .2.2. Masse volumique	20
II .2.3. Essai d'équivalent de sable selon (NF P 18-598) : [18]	22

II .2.4. Analyse chimique de sable des dunes	23
II .3. Ciment : [19]	24
II .3.1. Les propriétés physiques et mécaniques du ciment	24
II .3.2. Les propriétés chimiques du ciment.....	25
II .4. La Colle	25
II .5. La résine [20]	25
II .6. Le papier [21]	26
II .6.1. Recyclage du papier.....	26
II .6.2. Raisons pour recycler le papier	27
Conclusion.....	27
III .1. Introduction	29
III .2. Préparation et réalisation d'échantillons	29
III.2.1. Etapes de préparation	29
III.2.2. La préparation des échantillons	32
III .3. Caractéristiques mécaniques	33
III.3.1. Résistance à la flexion (NFP 18-407).....	33
III.3.2 Résistance à la compression	34
III.3.3. La masse volumique	36
III .4. L'essai de Microscope optique	37
III .5. L'absorption d'eau.....	40
Conclusion.....	43
Conclusion générale	44
Référence Bibliographique :.....	45
Annexe :	47

Liste des tableaux :

Tableau II.1: Résultats De La Masse Volumique	21
Tableau II.2: Qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable [6]	22
Tableau II.3: Résultats de l'équivalent de sable	23
Tableau II.4: Compositions chimique de sable	23
Tableau II.5: La Résistance A La Compression De Ciment (EL MATIN)	24
Tableau II.6: Les Propriétés Physiques Et Mécaniques Du Ciment.....	24
Tableau II.7: Les Propriétés Chimiques Du Ciment.....	25
Tableau III.1: Les Compositions Utilisées Et Leurs Pourcentages	32
Tableau III.2: Les Compositions Utilisées	33

Liste des Figures :

Fig I.1: Composition en masse des déchets de bureau en France (ADEME)[10].....	12
Fig II.1: Essai équivalent de sable [5]	22
Fig II. 2: Composition chimique de sable	24
Fig III.1: La Résistance A La Flexion En Fonction Des Ajouts	34
Fig III.2: La Résistance A La Compression En Fonction Des Ajouts	36
Fig III.3: La Masse Volumique En Fonction De Composition.....	37
Fig III.4: Les Courbes De Coefficient D'absorption D'eau En Fonction De Temps	42

Liste des Photos :

Photo (I.1): Bloc De Terre Moulée.....	4
Photo (I.2): Bloc De Terre Comprimée	4
Photo (I.3): Le Pisé.[3]	5
Photo (I.4): Pierre Naturelle Taillée Au Cours De Construction.....	5
Photo (I.5): Le Bois D'œuvre.....	6
Photo (I.6): Les Fibres Naturelles (Paille)	6
Photo (I.7): Le Ciment	7
Photo (I.8): Le Plâtre	7
Photo (I.9): Le Plâtre Traditionnel (Timchemt)	8
Photo (I.10): Sable Des Dunes (Ouargla).....	9
Photo (I.11): Le Déche Ménagers	10
Photo (I.12): Le Déchet Dangereux	11
Photo (I.13): Déchet De Papier	13
Photo (I.14): Maison En Briques En Liant De Papier En Cours De Construction	14

Photo (I.15): Briques En Papier Liant	14
Photo (I.16): Jeune De Sud-Africain Avec Ces Briques A Base De Papier	15
Photo (I.17): Etudiants Et Leurs Brique Fabriquée A Base De Papier.....	15
Photo (II.1): Appareil De Tamisage Par Vibration	19
Photo (II.2): Courbe D'analyse Granulométrique.....	19
Photo (II.3): Essai De La Masse Volumique Apparente Et Absolue	21
Photo (II.4): Essaie D'équivalent De Sable	22
Photo (II.5): Colle Blanche	25
Photo (II.6): La Résine	26
Photo (III.1): Etapes De Préparations Des Matériaux.....	30
Photo (III.2): Nettoyés Et Huilés Les Moules.....	30
Photo (III.3): Mélanger Et Verser.....	31
Photo (III.4): Finissions Des Moules	31
Photo (III.5): Démoulage Des Eprouvettes	31
Photo (III.6): L'essai De Résistance A La Flexion (3 Points)	33
Photo (III.7): L'essai De Compression.....	35
Photo (III.8): Microscope Axio Scope 5	38
Photo (III.9): Les Echantillons De Microscope	38
Photo (III.10): Les Echantillons.....	40
Photo (III.11): Absorption D'eau Des Echantillons.....	41

Introduction Générale

Les déchets de papier sont l'une des principales sources de pollution environnementale. Seulement la production de papier génère environ 600 millions de tonnes d'émissions de CO₂ par an sans oublier déchets polluants d'air et du sol. Donc la gestion des déchets de papier a un impact sur l'environnement et l'économie, mais le recyclage du papier peut réduire ces impacts en sauvant des arbres et en réduisant la consommation d'énergie et d'eau.

La brique en terre crue est un matériau de construction utilisé pour construire des murs et des bâtiments. Fabriquée en compactant de la terre mélangée avec d'autres matériaux. Briques en terre crue sont écologiques, durables. Le présent travail est pour le but d'utiliser un matériau sain environnementale et d'améliorées les caractéristiques et l'utilisation des briques et d'améliorer le choix de matériaux de construction économiques, et dans le cadre de la valorisation des matériaux locaux (sable des dunes), déchets de papier.

Dans notre étude nous allons essayer de confectionner des briques en sables des dunes et de déchets de papier afin d'étudier ces caractéristiques physiques et mécaniques.

Le travail est présenté de la manière suivante :

- Chapitre 1 : présente la recherche bibliographique.
- Chapitre 2 : ce chapitre est consacré aux méthodes d'essais et aux caractéristiques physico-mécaniques de matériau utilisé.
- Chapitre 3 : présente les résultats après l'analyse des résultats nous choisissons les briques qui ont une bonne résistance.

Le travail de recherche s'achève par une conclusion et des recommandations afin de développer une perspective de recherche plus avancée sur ce matériau dans le but de le valoriser.

Chapitre I

Recherche Bibliographique

Chapitre I : Recherche Bibliographique

I .1. Introduction

Pour confectionner un brique à partir d'un mélange homogène basé sur les matériaux de constructions locaux et les déchets, et pour avoir une évaluation de ces performances il faut connaître ces matériaux et déchets d'abord et les caractéristiques de ces différents constituants. La caractérisation des matériaux est indispensable pour connaître le rôle et l'influence importante de chacune de ces matériaux sur les résultats de ces prospérités physico-mécaniques. Ce chapitre donc, sera consacré sur les différents matériaux entrant dans la composition du brique.

I .2. Les matériaux de constructions locaux [1]

Les matériaux locaux sont le résultat de la transformation ou de l'assemblage d'une ou de plusieurs ressources naturelles extraites à proximité du site de construction. Idéalement ils nécessitent peu de transformation pour constituer des éléments ou composants pouvant remplir diverses fonctions (supporter, isoler, etc.) dans un édifice donné avec une économie maximale d'énergie non renouvelable pour sa construction puis son usage.

« Matériaux locaux » renvoie aussi à l'idée de ce qui se fait localement. Or, c'est bien ce qu'a fait l'homme partout dans le monde depuis la nuit des temps.

I .2.1. Brique

Une brique est un élément de construction généralement en forme de parallélépipède rectangle constitué en terre argileuse crue, séchée au soleil, brique crue ou cuite au four, employée principalement dans la construction de murs. La technologie actuelle permet de réaliser plusieurs types de briques avec des performances supplémentaires pour différentes destinations (Brique de verre, brique cellulaire, brique monobloc ...etc.).

I .2.2. La terre crue

Longtemps utilisée dans la construction et désormais redécouverte pour son potentiel contemporain, présente divers avantages tels que la disponibilité de la matière première, la valorisation des savoir-faire, l'efficacité énergétique, le confort intérieur et la circularité économique. Elle est employée dans une multitude de techniques et d'applications, que ce soit comme matériau structural (pisé, adobe, BTC), de remplissage (torchis) ou comme enduit. Malgré son utilisation répandue, notamment en Afrique, la terre crue se heurte à des défis pour

sa reconnaissance et son développement, notamment une image dégradée, l'absence de formation professionnelle spécifique et l'absence ou les obstacles réglementaires.

I .2.3. L'adobe ou Brique de Terre Moulée (BTM)

L'adobe est une brique de terre crue, moulée et séchée à l'air libre. La terre argileuse est parfois additionnée de sable et/ou de paille. Cette technique est la plus populaire et répandue dans le monde.



Photo (I.1) : Bloc De Terre Moulée

I .2.4. Le Bloc de Terre Comprimée (BTC)

Le BTC est fait de terre compactée à l'aide de presses manuelles ou mécanisées. Il est généralement stabilisé à environ 6 % de ciment. Cette technique a été introduite à partir de 1950, dans le cadre de programmes d'habitat économique.



Photo (I.2) : Bloc De Terre Comprimée

I .2.5. Le Pisé [2]

La technique du pisé consiste à la mise en œuvre de couches comprimées les unes après les autres (terre humide et pulvérulente). Ces couches sont mises en œuvre dans des coffrages (banches), comprimées avec des épissoirs (manuels ou mécaniques).



Photo (I.3) : Le Pisé.[3]

I .2.6. La pierre naturelle

La pierre en tant que matériau de construction est utilisée depuis longtemps comme élément structural de maçonnerie. Souvent réservé aux édifices prestigieux en raison des défis liés à son extraction et à sa taille. Les avancées technologiques modernes ont rendu ces processus plus accessibles. Les différentes formations géologiques offrent une variété de pierres utilisées dans des architectures qui explorent diverses techniques de construction, que ce soit pour les murs, les piliers, le remplissage ou le revêtement.



Photo (I.4) : Pierre Naturelle Taillée Au Cours De Construction

I .2.7. Le bois d'œuvre

Le bois est apprécié pour ses qualités esthétiques, sa légèreté et sa facilité d'utilisation en construction légère. Cependant, la gestion durable des ressources forestières est souvent insuffisante, entraînant des pratiques néfastes telles qu'un séchage inadéquat. Malgré cela, le bois reste un matériau écologique et son utilisation croissante stimule l'innovation dans la construction et l'architecture, soutenue par des normes moins contraignantes que pour d'autres matériaux.



Photo (I.5) : Le Bois D'œuvre

I .2.8. Les fibres naturelles

Les matériaux à base de fibres naturelles, provenant de sources végétales ou animales comme le bois, le bambou et le chaume, sont largement utilisés dans le monde pour diverses applications. En plus des applications traditionnelles, ils sont également utilisés de manière innovante, notamment comme isolants et dans la chimie du bâtiment. Leur utilisation offre des solutions écologiques pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et stocker du carbone.



Photo (I.6) : Les Fibres Naturelles (Paille)

I .3. Ciment

Ciment est un liant, une matière pulvérulente, formant avec l'eau ou avec une solution saline une pâte homogène et plastique, capable d'agglomérer, en durcissant, des substances variées appelées « agrégat » ou « granulat ».



Photo (I.7) : Le Ciment

I .4. Le plâtre

Est un matériau de construction constitué principalement de sulfate de calcium semi-hydraté, généralement produit par calcination du gypse. Il est utilisé dans la construction pour créer des revêtements intérieurs, des moulages décoratifs, des cloisons légères et des éléments architecturaux. Une fois mélangé avec de l'eau, le plâtre peut être modelé et durcit rapidement en une structure solide et durable. Il est apprécié pour sa facilité de mise en œuvre, sa capacité à produire des finitions lisses et sa compatibilité avec d'autres matériaux de construction.



Photo (I.8) : Le Plâtre

I.5. Le Plâtre traditionnel (Timchemt) [4]

Timchemt est un plâtre traditionnel a été utiliser depuis longtemps et jusqu'à aujourd'hui à la construction des maisons de ksar de Ouargla grâce à leur facilité d'obtenir et de réalisation. Le Timchemt est une substance calcaire employée dans les constructions et dont l'usage paraît circonscrit aux oasis les plus méridionales du Sahara Algérienne, et à quelques localités du Désert.



Photo (I.9) : Le Plâtre Traditionnel (Timchemt)

I .6. Haut du formulaire Sable [5]

Le terme sable est généralement utilisé pour désigner un mélange de grains meuble n'ayant aucune cohésion et dont la dimension des grains est généralement comprise entre 0,062 et 5 mm. Du point de vue géologique, le terme sable recouvre deux aspects : un aspect granulométrique (taille des grains) et un aspect minéralogique (nature minéralogique des grains). Une particule individuelle est appelée grain de sable).

I .6.1. Le sable de dunes [6]

Le sable est un produit vient par la désagrégation lente des roches sous l'action des agents d'érosion tels que l'air, la pluie etc. Les déserts de sable, ou ergs, se localisent dans les vastes cuvettes d'épandage ou des puissantes accumulations alluviales se sont concentrées par de grands écoulements liés aux périodes pluviales du début du quaternaire. Le grand erg coïncident



Photo (I.10) : Sable Des Dunes (Ouargla)

avec des zones où des vents saisonniers de directions variées se compensent, dans notre cas on a pris notre échantillon d'ergs de la commune de SIDI KHOULED.

I .6.2. Différentes formes des dunes

Ces dunes sont des dunes d'accumulation, édifiées en terrain plat, mobiles, en forme de croissant dont la convexité est tournée au vent. Elles peuvent atteindre une taille de 300 m et s'assembler pour former des formes complexes.

a) La dune parabolique :

Une dune dissymétrique en forme de fer à cheval à concavité au vent souvent plus ou moins fixée par la végétation. Sa disposition par rapport à la direction du vent est donc inverse de celle de la barkhane. La dune parabolique est peu mobile et généralement ne migre guère une fois qu'elle est formée.

b) Les dunes en étoile

Immobiles se rencontrent dans les clairières des forêts de pins et seraient dues à un des équilibres dans le système des vents.

c) Les dunes transversales

Mobiles rectilignes, perpendiculaires la direction du vent : la dune du Pilat.

d) Les dunes longitudinales

Allongées dans le sens du vent. Elles peuvent apparaître si le vent change de direction au cours de l'année. Plus précisément elles peuvent apparaître si le vent possède deux directions privilégiées. La dune est alors étirée dans le sens du vent moyen. On parle aussi du » Seif »

dunes. Leur dynamique est bien plus complexe que pour les barkhanes puisque leur forme évolue beaucoup au cours du temps.

I .7. Déchet

Un déchet est un objet en fin de vie ou une substance ayant subi une altération physique ou chimique, qui ne présente alors plus d'utilité ou est destiné à l'élimination. Le mot vient de l'ancien français déchet ou déché, soit « la quantité perdue dans l'usage d'un produit », ce qui en reste après son utilisation. [7]

Le déchet est de plus en plus considéré, comme un héritage problématique de la révolution industrielle et de l'urbanisation. Les possibilités d'élimination montrent leurs limites et l'accent est davantage mis sur la réutilisation et le recyclage. On parle parfois de « recyclage » quand il y a réutilisation de ces « matières premières secondaires ». [8]

I .7.1. Différents types des déchets [9]

a) Déchets ménagers

Tous déchets issus des activités des ménages ainsi que les déchets analogues provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales ou autres



Photo (I.11) : Le Déche Ménagers

b) Déchets industriels

Tous déchets non ménagers résultant d'une activité industrielle, minière ou artisanale ou similaire.

c) Déchets agricoles

Tous déchets organiques générés directement par des activités agricoles, agro-industrielles ou par l'élevage

d) Déchets biodégradables

Tous déchets pouvant subir une décomposition biologique naturelle anaérobie ou aérobie, comme les déchets alimentaires, les déchets de jardins ainsi que le papier et le carton.

e) Déchets médicaux

Tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif, curatif ou palliatif dans le domaine de la médecine humaine ou vétérinaire, des hôpitaux publics, des cliniques et des cabinets privés, de la recherche scientifique ou de laboratoires d'analyses opérant dans ces domaines.

f) Déchets dangereux

Tous déchets qui par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent sont susceptibles de nuire à la collectivité ou à l'environnement et dont la liste est fixée par voie réglementaire.



Photo (I.12) : Le Déchet Dangereux

g) Déchets assimilés aux déchets ménagers

Tous résidus résultants ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisables ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux.

h) Déchets ultimes

Tous résidus résultants ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisables ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux.

i) Déchets inertes

Tous déchets provenant de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation et qui ne sont pas constitués ou contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances. Ces déchets ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique. Ils ne sont pas biodégradables et ne se détériorent pas avec les autres matières avec lesquelles ils entrent en contact d'une manière susceptible d'entraîner la pollution de l'environnement ou de nuire à la santé publique.

j) Déchet de papier

Tout comme les déchets de construction et de démolition, la réduction des déchets ménagers reste un des objectifs de la politique environnementale. Le déchet de papiers et de cartons représente 25 % d'ordures ménagères, 71 % de déchets de bureaux et 29 % de déchets scolaires en France d'après les statistiques de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) comme le montre la figure 1.

Ces déchets non valorisés, dans beaucoup de pays du monde, reste une source de pollution et de contamination du milieu environnemental. Comme le confirment les rapports d'expertises établis par le Centre Canadien de Matériaux de Construction, 'C.C.M.C.', les déchets de papiers sont valorisés dans le domaine de l'isolation thermique.

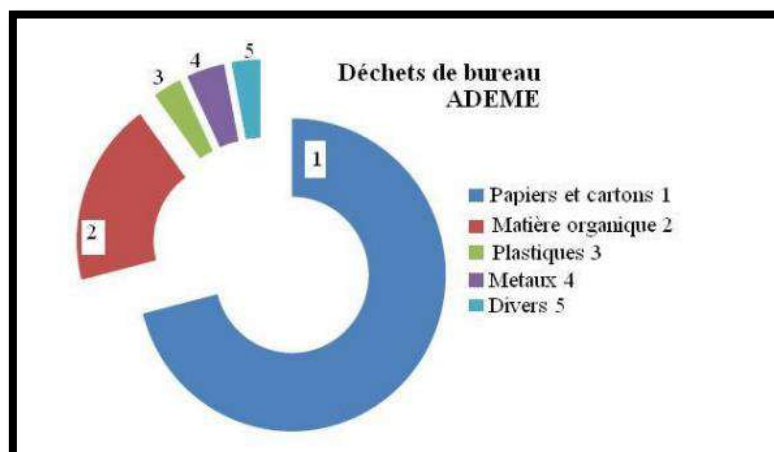


Fig I.1: Composition en masse des déchets de bureau en France (ADEME) [10].

I .7.2. Valorisations des déchets dans le génie civil

Dans le cadre de travaux de génie civil, on distingue trois catégories principales de déchets : les déchets inertes, les déchets banals et les déchets dangereux.

Dans cette étude, on utilise des déchets banals savoir les déchets de papier. Il est ajouté sous forme d'un mélange mouillé afin d'étudier les caractéristiques physico-mécaniques de brique.

I .7.3. Déchets de papiers dans la construction [11]

a) Déchet de papier

Les fibres de papier usagé sont utilisées principalement comme matière première pour fabriquer d'autre papier ou des matériaux d'isolation thermique.



Photo (I.13) : Déchet De Papier

b) Béton de papier ou liant-papier

Est un matériau de construction, peu polluant, peu coûteux, facile à fabriquer, existant depuis plus de 70 ans (breveté en 1928). Il présente des qualités différentes selon le dosage de papier, de ciment et éventuels autres matériaux et selon le type de papier, la préparation utilisée, l'utilisation d'une presse ou non, etc. [12]

Exemple de compositions :

- 60% de papier.
- 30% de sable.
- 10% de ciment.

Ou bien :

- 60% de papier.
- 20% de sable.

- 20% de ciment.



Photo (I.15): Briques En Papier Liant



Photo (I.14) : Maison En Briques En Liant De Papier En Cours De Construction

I .7.4. Expériences précédentes sur le sujet d'étude

Jeune inventeur Elijah Djan de sud-africain, dans l'âge de 11 ans qu'il a pour la première fois l'idée de recycler du papier pour faire un matériau de construction (brique). Celui que ses camarades appellent le "Einstein noir" fabrique son premier prototype de brique faite de papier, et remporte un prix national pour son expérience. Il n'abandonnera pas son idée d'enfant.

- a) Une brique faite de papier quelle porte le nom de son entreprise « Nubix ». Mais son jeune inventeur sud-africain affirme que sa "Nubrix" est aussi résistante qu'une brique classique, et surtout bien meilleur marché. Elle s'attaque à deux problèmes à la fois : le gaspillage énorme de papier en Afrique du Sud et un manque criant de logements. Elijah Djan a présenté ses Nubrix lors d'un salon de l'innovation sur le campus du fameux MIT aux États-Unis en décembre 2016. Il a gagné un prix dans la catégorie "produits et services".[13]



Photo (I.16): Jeune De Sud-Africain Avec Ces Briques A Base De Papier

- b) Des étudiants de l'Institut Supérieur Polytechnique de Madagascar (ISPM) en 2022 viennent de présenter une brique fabriquée à base de papier. Les tests ont prouvé qu'elle est résistante au choc, à l'humidité, peu coûteuse et légère. Une innovation importante qui pourrait mettre fin aux briqueteries responsables en partie de la pollution à Tananarive.

Étant composée de 30% de papier, cette brique permet de recycler utilement une partie des déchets de plus, sa fabrication évitera de polluer l'air. [14]



Photo (I.17) : Etudiants Et Leurs Brique Fabriquée A Base De Papier

Conclusion

La valorisation des matériaux locaux et le recyclage des déchets est un sujet d'étude très important. Est devenue, une solution nécessaire aux problèmes économiques des pays vu le prix très cher des certains matériaux de constructions Par ailleurs, les déchets industriels soulèvent actuellement des problèmes particulièrement difficiles à résoudre. Or leur réutilisation pourrait résoudre un triple problème : problèmes techniques, économiques et environnementaux.

Dans cette étude on a utilisé certains matériaux locaux et déchets (le sable de dunes et les déchets de papier).

Chapitre II

**CARACTERISTIQUES DES
MATERLAUX**

Chapitre II : CARACTERISTIQUES DES MATERLAUX

II.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons exposer les différentes caractéristiques de matériau utilisé dans la confection de brique et ces composants grâce à des essais et des analyse physico-mécanique et chimiques déjà réaliser, niveau de laboratoire de GC de UKMO et à Laboratoire Etudes & Contrôles (LEC) unité d'Ouargla, en appliquant les normes Françaises.

Cette étape est indispensable pour savoir les principaux composants chimiques et les caractéristiques physiques de Le sable de dunes afin de nous aider à mieux comprendre le comportement de ce dernier.

Des études ont été élaboré sur ce matériau à Laboratoire Etudes & Contrôles (LEC-Ouargla),

A partir de sable de dune de SIDI KHOULED. Nous avons réalisé les expériences suivantes afin de déterminer ses caractéristiques physiques et chimiques :

❖ Les Analyse Physique :

- 1) Analyse granulométrique (NF : P 94-056)
- 2) La masse volumique (NF P 94-054)
 - a) La masse volumique apparente
 - b) La masse volumique absolue
- 3) L'équivalent de sable (NF P 18-598).

❖ Les Analyses Chimiques :

Identifier les éléments constitutifs de de sable des dunes (sulfates, carbonates).

II.2. Les Analyse Physique :

II.2.1. Analyse granulométrique par tamisage selon (NF : P 94-056) :[15]

L'analyse a été effectuée conformément à la norme (NF P 94-056), en utilisant les tamis nécessaires à la couverture des dimensions de l'échantillon.

En fonction des diamètres des granulats de matériau on détermine sa classification, en se servant d'une série des tamis supposés selon le diamètre des ouvertures de 50mm jusqu'à

0.08mm, le matériau est agité d'une façon manuelle ou automatique.

L'objectif a obtenu la courbe d'analyse granulométrique qui aide à connaître les quantités les pourcentages de chaque classe de granulats selon leurs diamètres.



Photo (II.1) : Appareil De Tamisage Par Vibration

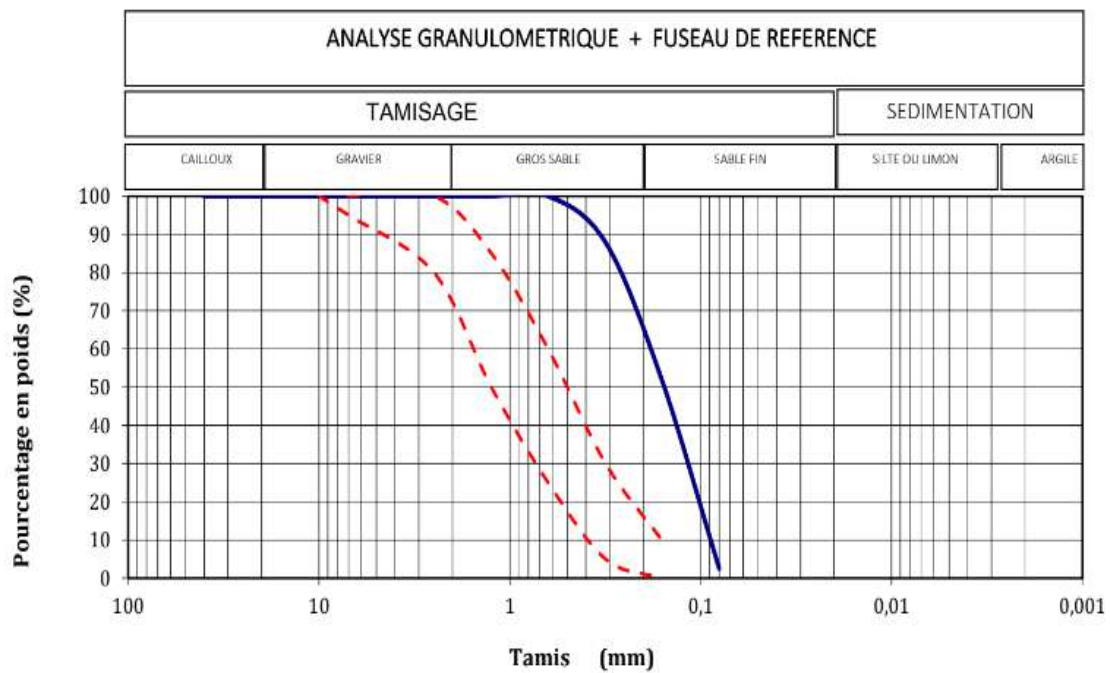


Photo (II.2) : Courbe D'analyse Granulométrique

- ❖ D'après la courbe, on remarque que la nature de sable de dunes qui est très fin.

II.2.1.1. Module De Finesse

C'est un module qui nous permet de caractériser la finesse des différents types de sable par la somme des pourcentages des refus cumulés pour les tamis de série suivant (0.16 ,0.315, 0.63 ,1.25, 2.5, 5 mm).

$$Mf = \frac{\sum \% \text{ refus}}{100} \dots\dots\dots (II.1)$$

II .2.1.2. Facteur D'uniformité Cu

C'est un coefficient pour la classification des agrégats. On définit l'uniformité d'une granulométrie par le coefficient de HAZEN ou coefficient d'uniformité.

D60 : représente l'ouverture du tamis auquel passe 60% du poids des grains, De même pour D10.

Pour $(D60/D10) > 2$, la granulométrie est dite étalée.

ET pour $(D60/D10) < 2$, la granulométrie est dite serrée [16]

II .2.2. Masse volumique

La masse volumique est une grandeur physique qui caractérise la masse d'un matériau par unité de volume, On distingue :

a) La masse volumique apparente (NF P 94-054) : [17]

C'est le rapport entre la masse d'un corps est l'unité de volume apparent (y'compris les vides), Elle est exprimée en (g/cm³, Kg/m³, t/m³). Le principe de cette mesure consiste à remplir un récipient avec un volume intérieur connu et de peser la quantité de matériau correspondant.

- La masse volumique apparente est déterminée par la formule suivante :

$$\rho_{app} = \frac{M}{V} \dots\dots\dots (II.2)$$

ρ_{app} : Masse volumique apparente g/cm³.

M : Masse totale de l'échantillon.

V : Volume total de l'échantillon.

b) La masse volumique absolue

C'est le rapport entre la masse et l'unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre des grains. Consiste à mesurer le volume réel occupé par les granulats, sans tenir compte des vides. Dans notre étude on va utiliser la méthode de l'éprouvette graduée, car cette méthode est très simple et très rapide.

- La masse volumique absolue est déterminée par la formule suivante :

$$\rho_{\text{abs}} = \frac{M_s}{V_2 - V_1} \dots \dots \dots (II.3)$$

ρ_{abs} : Masse volumique absolue g/cm³.

M_s : Masse des grains solides.

V_1 : Volume de l'eau.

V_2 : Volume total (grains + vide).



Photo (II.3): Essai De La Masse Volumique Apparente Et Absolue

Les essais	Résultats
Masse volumique apparente P/V (g/cm ³)	1,49 g/cm ³
Masse volumique absolue P1/V (g/cm ³)	2,64 g/cm ³

Tableau II.1: Résultats De La Masse Volumique

II.2.3. Essai d'équivalent de sable selon (NF P 18-598) : [18]

Cet essai qui s'effectue sur la fraction de sol, est réalisé pour déterminer le degré de pollution d'un sol ou d'un sable. On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer au bout de 20 minutes on mesure les éléments suivants :

- hauteur h1 : sable propre +éléments fines (floculant).
- hauteur h2 : sable propre seulement.

On déduit l'équivalent de sable ou on peut utiliser un piston comme la figure ci-dessous montre :

$$ES = 100 \cdot h2 / h1 \dots\dots\dots(II.4)$$

On déduit l'équivalent de sable suivant la convention :

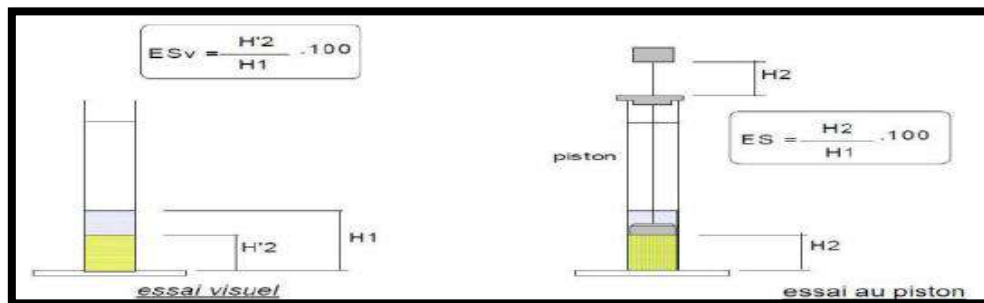


Fig II.1: Essai équivalent de sable [5]



Photo (II.4): Essai D'équivalent De Sable

Tableau II.2: Qualité du sable selon les valeurs d'équivalent de sable [6]

E.S	Nature et qualité du sable
$E.S < 60$	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement, problème d'adhérence, à rejeter pour les bétons de qualité.
$60 \leq E.S < 70$	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand on ne craint particulièrement pas le retrait.
$70 \leq E.S < 80$	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour des bétons de haute qualité (valeur optimale $E.S = 75$, $E.S.V = 80$).
$E.S \geq 80$	Sable très propre : l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau II.3: Résultats de l'équivalent de sable

Equivalent de sable [%]	Résultats
Sable de dune	99,02%

II.2.4. Analyse chimique de sable des dunes

Le tableau (II.4) montre les pourcentages des composants chimiques du sable des dunes Cette analyse est réalisée au laboratoire Etudes & Contrôles LEC de Ouargla.

Tableau II.4: Compositions chimique de sable

Essaie	Composants	Pourcentage (%)
Insolubles NF P 15 – 461	Insolubles	93.3
Carbonates NF P 15 - 461	Ca CO ₃	1.30
	SO ₄ Ca, 2H ₂ O	2,78
	Fe 2O ₃ - AL ₂ O ₃	0,25
	Na cl	0.05

Nous remarquons que le pourcentage du (SO₄ Ca), (SO₄) est inférieur au seuil préconisé. De ce fait le sable utilisé est non agressif.

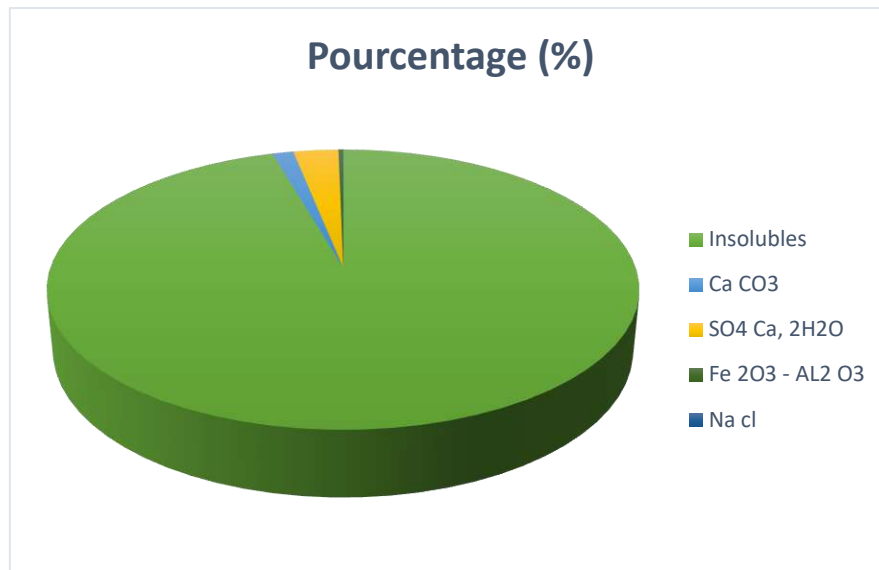


Fig II. 2: Composition chimique de sable

II .3. Ciment : [19]

Il s'agit d'un liant inorganique fabriqué à base d'eau qui a la propriété d'interagir avec l'eau et de former une pâte qui, une fois durcie, est capable de lier le sable, le gravier et les pierres qui y sont mélangés, formant ainsi le mortier et BETON, résistant aux effets des facteurs naturels et de l'eau. Le ciment est l'un des matériaux de construction les plus importants et son durcissement est dû à des réactions chimiques basées sur l'hydratation du silicate d'aluminium, et du sulfate qui le composent. Il en existe de nombreux types, dont le plus connu et le plus répandu est le ciment Portland.

Dans cette étude, nous utilisons le ciment Portland (ELMATIN) ayant les propriétés suivantes :

II .3.1. Les propriétés physiques et mécaniques du ciment

Tableau II.5: La Résistance A La Compression De Ciment (EL MATIN)

RÉSISTANCE A LA COMPRESSION	VALEUR
2 JOURS (MPA)	10 >
28 JOURS (MPA)	42.5 ≥

Tableau II.6: Les Propriétés Physiques Et Mécaniques Du Ciment

PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES	CPJ-CEM II /B-L
DEBUT DE PRISE HEUR/MIN	2.45
FIN DE PRISE HEUR/MIN	3.50
RC28 (MPA)	≥ 42.5
RT28 (MPA)	4.3

II.3.2. Les propriétés chimiques du ciment

Tableau II.7: Les Propriétés Chimiques Du Ciment

ANALYSE CHIMIQUE	VALEUR
PERTE AU FEU (NA5042) (%)	10.0±2
TENEUR EN SULFATES (SO ₃) (%)	2.5±0.5
TENEUR EN OXIDE DE MAGNESIUM MGO (%)	1.7±0.5
TENEUR EN CHLORURES (NA5042) (%)	0.02-0.05

II.4. La Colle

La colle blanche à bois est utilisée pour l'assemblage et placage de bois et dérivés. Elle est utilisée pour le bois, le carton et le papier. Leur solvant étant de l'eau, la colle n'est pas toxique pour l'homme mais n'est du coup.



Photo (II.5) : Colle Blanche

II.5. La résine [20]

Est un matériau organique ou synthétique caractérisé par sa consistance visqueuse ou solide à température ambiante. Elle peut être produite par les plantes, les insectes ou synthétiquement par l'homme, est appréciée pour ses propriétés telles que sa résistance, sa durabilité, sa transparence et sa malléabilité, ce qui lui permet d'être utilisée dans une grande variété d'applications industrielles, artisanales et artistiques.



Photo (II.6) : La Résine

II .6. Le papier [21]

(Du latin papyrus) est une matière fabriquée à partir de fibres cellulosiques végétales. Il se présente sous forme de feuilles minces et est considéré comme un matériau de base dans les domaines de l'écriture, du dessin, de l'impression, de l'emballage. Il est également utilisé dans la fabrication de composants divers, comme les filtres.

Le « papier » définit les matériaux constitués de fibres végétales dont le grammage est inférieur à 224 g/m^2 .

II .6.1. Recyclage du papier

Après la collecte, les papiers et cartons sont triés, puis compactés en grosses balles. A la papeterie, ils sont réduits mécaniquement en pâte avec un apport d'eau. Celle-ci est ensuite désancrée avec du savon et de l'oxygène. Cette étape permet aussi d'éliminer les substances et les objets indésirables (colles, plastiques, agrafes), ainsi qu'une partie des fibres devenues trop courtes. La pâte blanchie est enrichie des additifs nécessaires et est répartie sur un tamis déroulant, pour former de longues feuilles, qui seront pressées, avant d'être enroulées.

Chaque fois que l'on recycle du papier, les fibres raccourcissent et perdent de ce fait en force et en élasticité. Leur capacité à se lier entre elles diminue également. Le papier a moins de tenue et devient plus délicat. Selon le type de papier à produire, la part de pâte recyclée pourra donc être plus ou moins importante : 100% pour du carton ondulé, jusqu'à 80% pour du papier journal, alors que le papier pour les arts graphiques (blancheur maximale et fermenté optimale des fibres) en contient moins de 10%.

II .6.2. Raisons pour recycler le papier

- Pour fabriquer une tonne de papier vierge, il faut l'équivalent de 17 arbres !
- On fabrique beaucoup plus facilement de la pâte à papier à partir de vieux papiers qu'à partir de bois : on consomme moins d'eau et d'énergie. 1 tonne de papier recyclé permet d'économiser 21 m³ d'eau et 1 000 litres de pétrole.
- L'eau est un élément capital dans la fabrication du papier. La pâte à papier, juste avant d'entrer dans la machine à fabriquer les feuilles, contient 99 % d'eau et 1% de fibres de cellulose ! pour fabriquer une tonne de papier vierge, il faut en moyenne 30 m³ d'eau !
- La demande en eau est tellement importante que la plupart des usines de papier se trouvent à côté d'une rivière où elles puisent l'eau nécessaire. Mais avant d'être rejetée, l'eau doit absolument être épurée car elle contient des produits chimiques très toxiques.

Conclusion

Dans ce chapitre on a essayé de caractériser le sable de dunes de SIDI KHOULED(Ouargla). C'est un sable qui est très propre et très fin avec une granulométrie serrée, aussi nous avons présenté les différents matériaux utilisés dans le cadre de cette étude.

Chapitre III

Résultats et Interprétations

Chapitre III : Résultats et Interprétations

III.1. Introduction

Ce chapitre est la partie expérimentale de ce travail, nous avons réalisé des échantillons dimensionnels $(4 \times 4 \times 16) \text{ cm}^3$ de sable des dunes et déchets de papier.

Afin de déterminer les caractéristiques physico-mécaniques des briques en réalisant les essais suivantes :

- Masse volumique.
- Résistance à flexion.
- Résistance à compression.
- Observation microscopique
- L'absorption d'eau.

Une fois les essais effectués conformément aux normes établies, les résultats seront présentés sous forme des graphes.

III.2. Préparation et réalisation d'échantillons

III.2.1. Etapes de préparation

a) Préparation des matériaux

Découper le papier en utilisant la machine découpe papier électrique.

Mettre le papier découpé dans l'eau.

Mixer le papier mouillé et essorer l'excès d'eau pour obtenir une pâte de papier mouillée.

On Pèse les quantités de matériaux nécessaires : sable des dunes, déchet de papier, liant





Photo (III.1) : Etapes De Préparations Des Matériaux

b) Préparation des moules

Pour que les moules soient prêts à l'emploi, ils doivent être bien nettoyés et huilés.



Photo (III.2) : Nettoyés Et Huilés Les Moules

c) Mélanger et verser des échantillons

On mélange le sable des dunes avec le de papier mouillé et le liant.

On remplit les moules métalliques avec pression.



Photo (III.3) : Mélanger Et Verser

d) Finissions

Le moule métallique à trois alvéoles et sa hausse étant fermement fixés à la table à choc, le mélange est étalé uniformément en utilisant la grande spatule puis serrée par 60 chocs. Le moule est enlevé de la table à choc, et après avoir retiré la hausse, on enlève l'excédent de mélange par arasage. La surface des éprouvettes est ensuite lissée.



Photo (III.4) : Finissions Des Moules

e) Démoulage des échantillons

Après la coulée, on laisse les moules jusqu'à ce que les échantillons soient prêts à démoulé.



Photo (III.5) : Démoulage Des Eprouvettes

f) Conservation des éprouvettes

Après le démoulage les éprouvettes sont conservées à l'air libre dans les conditions normales de laboratoire.

III.2.2. La préparation des échantillons

Nous avons préparé trente-cinq échantillons de briques dimensionnées (4x4x16) cm³, Pour estimer les propriétés mécaniques et physiques qu'elles sont composées de (sable des dunes, déchets de papier, liant).

Ensuite nous avons calculé les poids des composants comme suit :

Tableau III.1: Les Compositions Utilisées Et Leurs Pourcentages

COMPOSITION	SABLE	PAPIER	LIANT
S P1P	53,30%	45,70%	1%
S P2P	53,30%	44,70%	2%
S P3P	53,30%	43,70%	3%
S P4P	53,30%	42,70%	4%
S P5P	53,30%	41,70%	5%
S P1C	53,30%	45,70%	1%
S P2C	53,30%	44,70%	2%
S P3C	53,30%	43,70%	3%
S P4C	53,30%	42,70%	4%
S P5C	53,30%	41,70%	5%
S P1CO	53,30%	45,70%	1%
S P2CO	53,30%	44,70%	2%
S P3CO	53,30%	43,70%	3%
S P4CO	53,30%	42,70%	4%
S P5CO	53,30%	41,70%	5%
S P1C+4CO	53,30%	42,7%	4%+1%
S P2C+4CO	53,30%	41,7%	4%+2%
S P3C+4CO	53,30%	40,7%	4%+3%
S P4C+4CO	53,30%	39,7%	4%+4%
S P5C+4CO	53,30%	38,7%	4%+5%
S P1R	53,30%	44,2%	2,50%
S P2R	53,30%	41,7%	5%
S P3R	53,30%	39,2%	7,50%
S P4R	53,30%	36,7%	10%
S P5R	53,30%	34,2%	12,50%

- Chaque test a été réalisé sur trois échantillons de même composition.

Tableau III.2: Les Compositions Utilisées

LES COMPOSITION	LES MATERIAUX
S P%P	Sable + papier + plâtre
S P%C	Sable + papier + ciment
S P%CO	Sable + papier + colle
S P%C+4%CO	Sable + papier + ciment + colle
S P%R	Sable + papier + résine

III.3. Caractéristiques mécaniques

III.3.1. Résistance à la flexion (NFP 18-407)

Le but de cet essai est de connaître la résistance portante de l'élément sous des efforts de flexion. Le principe de l'essai est de placer l'échantillon se trouve dans le dispositif de pliage, et cela se fait en prenant trois points d'appui, qui sont ensuite placés dans des supports.

Il y a une force sur celui-ci, qui est supprimée dès que l'échantillon s'effondre et est divisé en deux parties et la valeur maximale est enregistrée.

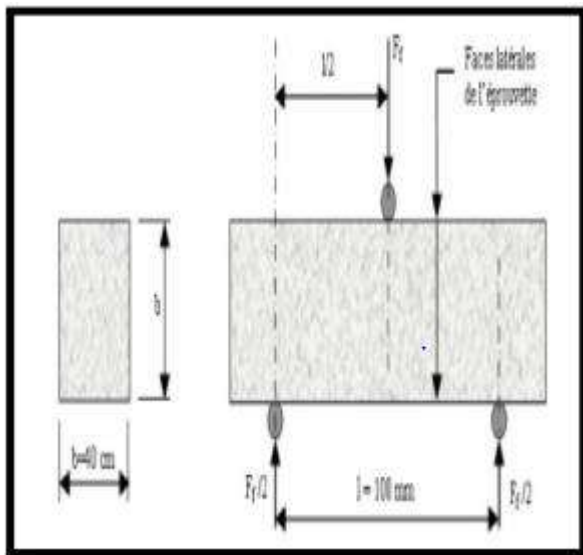


Photo (III.6) : L'essai De Résistance A La Flexion (3 Points)

La résistance à la flexion est calculée selon l'équation :

$$R_f = \frac{1.5 \cdot F_f \cdot l}{b^3} \dots\dots\dots (III.5)$$

R_f : Résistance à la flexion en (MPa).

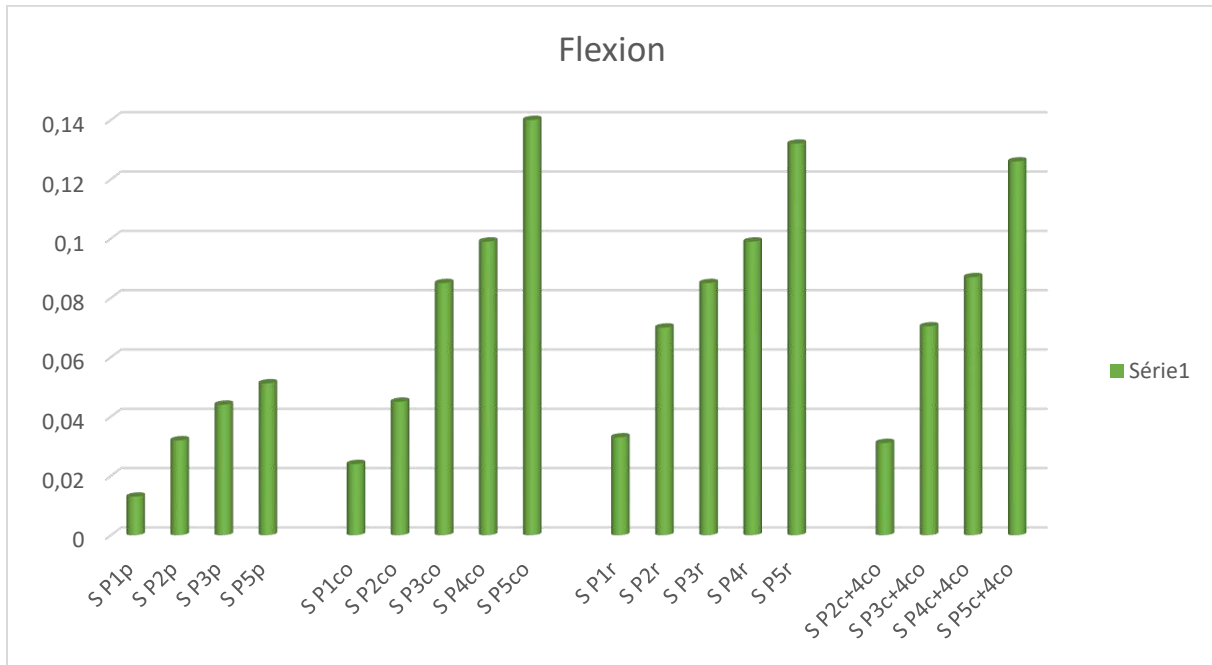
F_f : Charge de rupture de l'éprouvette en flexion (N).

l : Longueur qui sépare les deux appuis en (mm).

b : Côte de l'éprouvette est égale à 40mm.

Les résultats obtenus de cet essai sont présentés dans les courbes suivants.

Fig III.1: La Résistance A La Flexion En Fonction Des Ajouts



D'après la figure (III.1) on remarque que :

Pour tous les mélanges, on remarque la résistance à la flexion est faible lorsque de petites quantités de liant sont utilisées et élevée lorsque de grandes quantités sont utilisées.

III.3.2 Résistance à la compression

Cet essai effectué après avoir l'essai de traction par flexion, cette dernière rend l'éprouvette en deux parties, l'essai est réalisé à l'aide d'un appareil d'universel selon la norme **NF P 18-406**, fonctionnant avec un système de pression hydraulique. Les éprouvettes de dimensions (4*4*16 cm), qui sont préparées à partir éprouvettes de flexion, Centré entre deux plaques métalliques de façon que l'axe vertical du l'éprouvette coïncide avec l'axe des blocs de chargement. La charge est appliquée à l'éprouvette de manière continue jusqu'à le rupteur et l'écrasement total voir Photo.



Photo (III.7): L'essai De Compression

La formule qui nous permet de calculer la résistance à la compression est :

$$\mathbf{R_c = F_c / S} \dots\dots\dots \textbf{(III.6)}$$

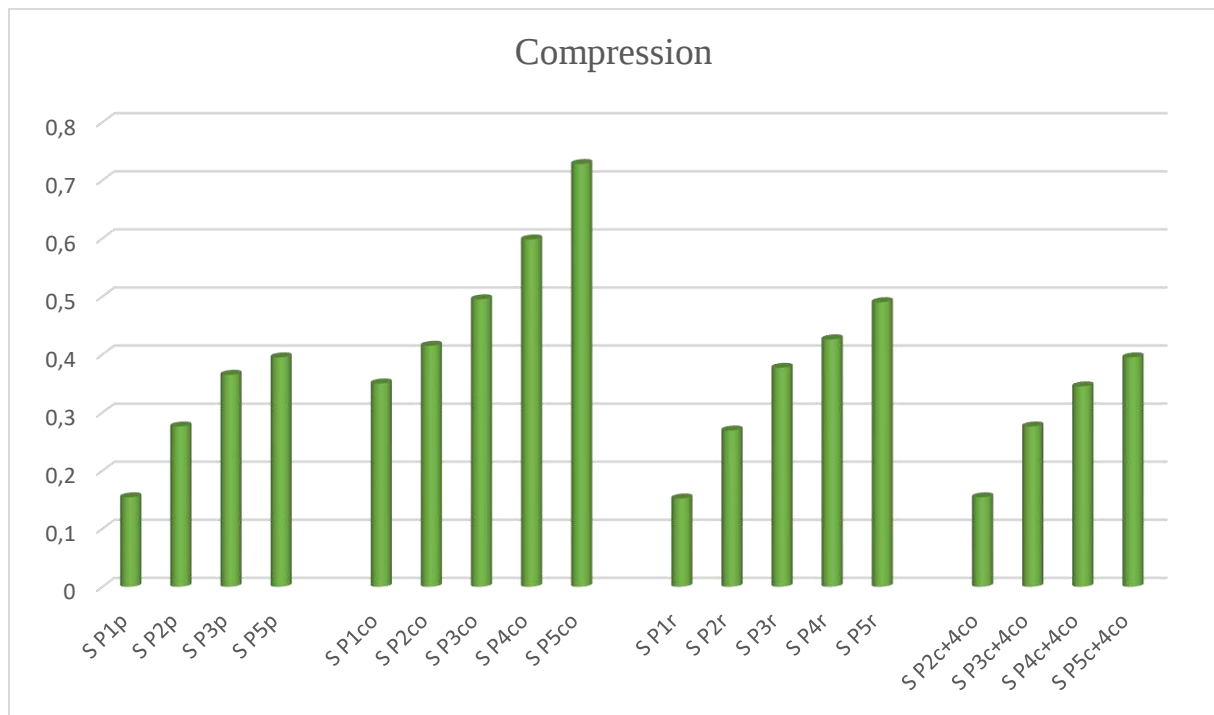
R_c : contrainte de compression en (Mpa).

F_c : la charge de compression appliqué.

S : section transversale de l'éprouvette (S = a x a) en mm.

Les résultats de l'essai de compression sont résumés dans les courbes suivants.

Fig III.2: La Résistance A La Compression En Fonction Des Ajouts



D'après la figure (III.2) on remarque que :

Pour tous les mélanges, on remarque la résistance à la compression est faible lorsque de petites quantités de liant sont utilisées et élevée lorsque de grandes quantités sont utilisées.

III.3.3. La masse volumique

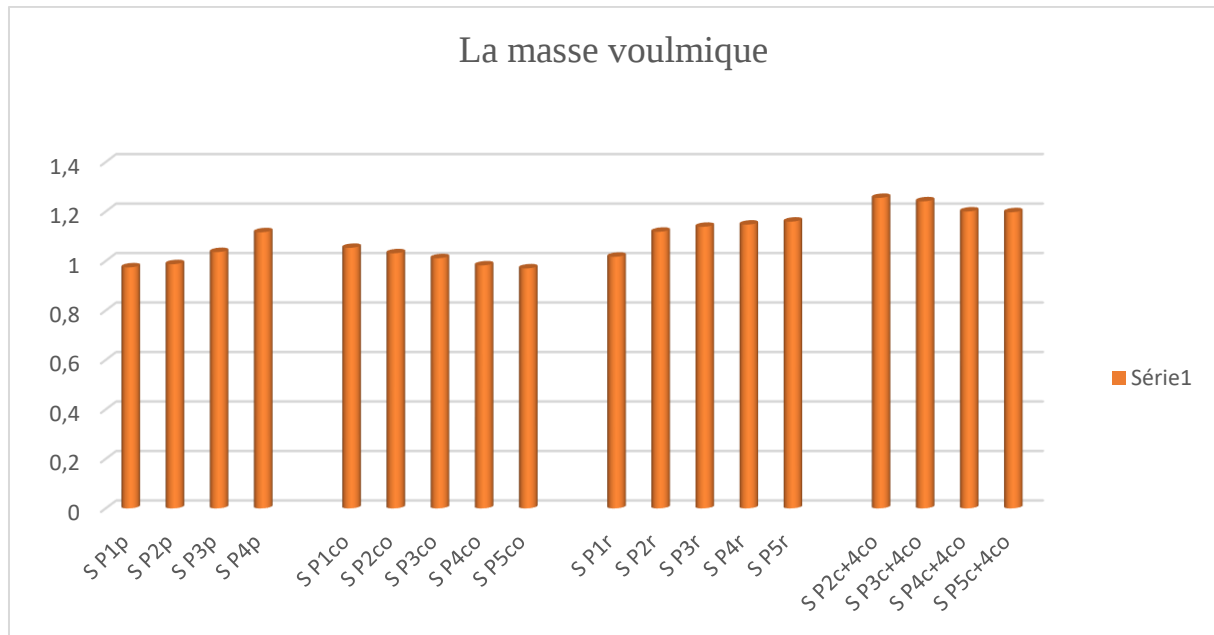
Pour déterminer la masse volumique δ d'un briquet, on doit :

- Peser la masse (M) d'une éprouvette 4x4x16 (cm).
- La masse volumique (δ) est obtenue en (Kg/m^3) par la formule suivante :

$$\rho = M/V \dots\dots\dots(III.7)$$

Les résultats de l'essai sont résumés dans le tableau suivant :

Fig III.3: La Masse Volumique En Fonction De Composition



D'après la figure (III.3) on remarque que :

Les mélanges de plâtre et de résine se caractérisent par une augmentation, contrairement aux mélanges de colle blanche.

III.4. L'essai de Microscope optique

1. Microscope

Le microscope est un instrument optique utilisé pour observer de petits objets qui ne peuvent pas être vus à l'œil nu, où l'objet étudié est agrandi à travers plusieurs lentilles dans le microscope, car ces lentilles plient la lumière vers l'œil et font apparaître le corps plus grand qu'il ne l'est en réalité. Il est constitué d'un banc optique dont une partie se trouve devant l'objet : l'éclairage, l'autre partie derrière l'objet. Pour notre travail nous avons utilisé le microscope métallurgique de série **Axioscope lab 5** équipé d'un système optique amélioré. Ce dernier comprend les fonctionnalités suivantes :

- Conception assistée par ordinateur.
- Tête de visualisation confortable.
- Illuminateur de 35 W.
- Tête de visualisation binoculaire. - Des modes d'observation fond clair, fond noir et lumière polarisée simple.

cet essai effectué dans **PTAPC-CRAPC Ouargla** le plateau technique en analyse physico-chimique implanté à l'université Kasdi Merbah pole 3 Ouargla.



Photo (III.8): Microscope Axio Scope 5

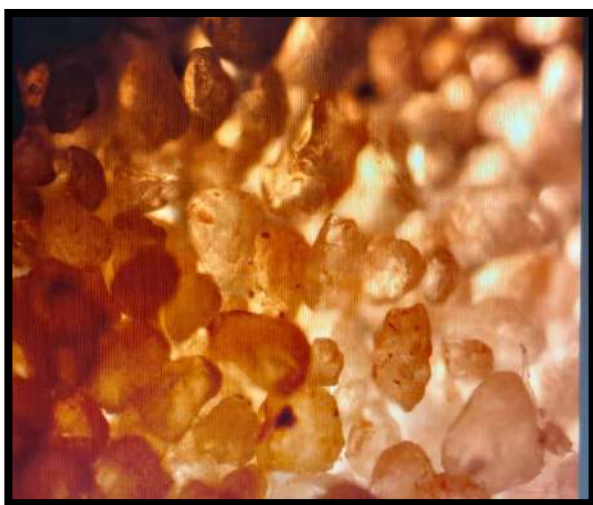
On a 7 échantillons de différentes compositions pour cet essai



Photo (III.9): Les Echantillons De Microscope



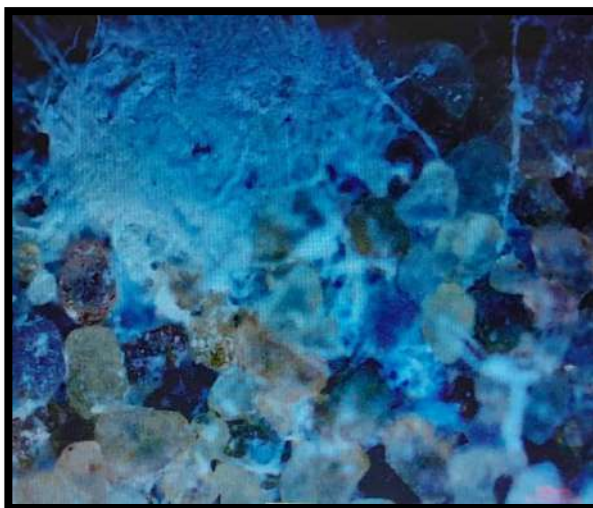
a



b



c



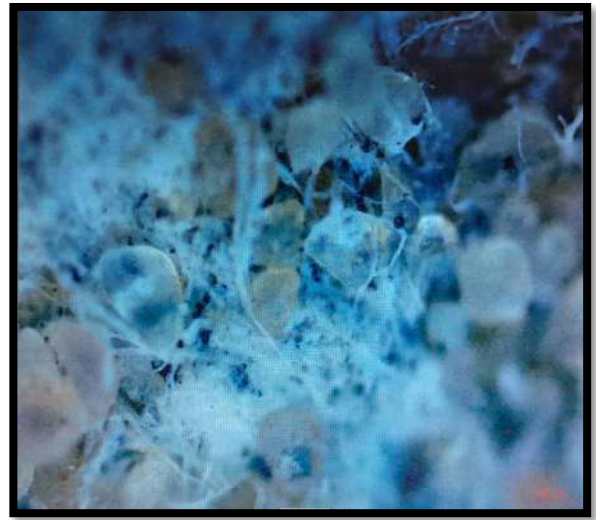
d



e



f



g

Photo (III.10): Les Echantillons

« a : papier, b : sable des dunes, c : sable et papier, d : sable+ papier+ plâtre, e : sable+ papier+ colle, f : sable+ papier +résine, g : sable+ papier+ ciment4% +5%colle »

D'après la photo (III .10) on remarque :

Nous pouvons constater que le mélange de colle blanche est le plus cohésif et qu'il existe une porosité évidente entre les matériaux de chaque mélange.

III.5. L'absorption d'eau

Cet essai consiste à suivre la cinétique d'imbibition capillaire à travers la quantité d'eau qu'un échantillon absorbe par unité de temps, lorsqu'un seul côté de l'échantillon est posé en contact direct avec de l'eau distillée.

Les échantillons sont préséchés à 70°C jusqu'à obtention d'une masse constante, puis pesez-les pour déterminer leur masse sèche. Sont ensuite placés dans une bassine contenant de l'eau distillée, où l'absorption est permise. Après les échantillons d'essai sont pesés à des moments précis selon la norme utilisée (NF EN 772-11).

Le coefficient d'absorption d'eau par capillarité est défini comme la pente de la régression linéaire de la partie de la courbe reliant la quantité d'eau absorbée par unité de surface à la racine carré du temps :

$$C_{w,s} = \frac{m_{so,s} - m_{dry,s}}{As\sqrt{t_{s,0}}} * 10^6 \dots\dots\dots(III.8)$$

$C_{w,s}$: coefficient d'absorption d'eau par capillarité, en $g/m^2.s^{1/2}$.

$m_{so,s}$: masse de l'éprouvette après immersion pendant un temps t , en g.

$m_{dry,s}$: masse de l'éprouvette après séchage, en g.

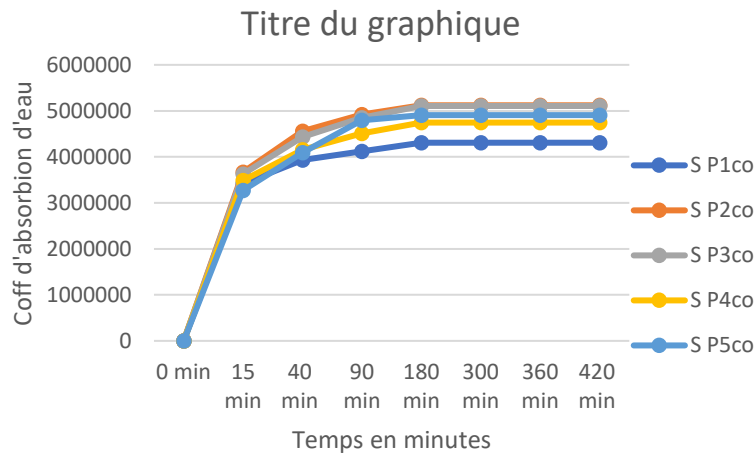
A_s : surface brute de la face de l'éprouvette immergée dans l'eau, en mm^2 .

t_{so} : temps d'immersion, en s.

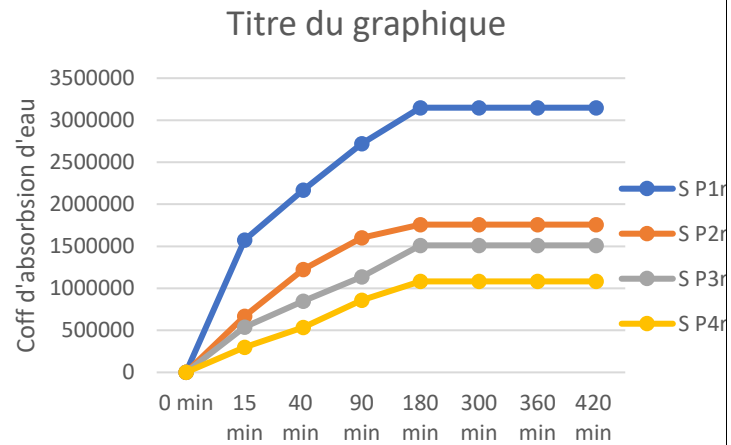


Photo (III.11) : Absorption D'eau Des Echantillons

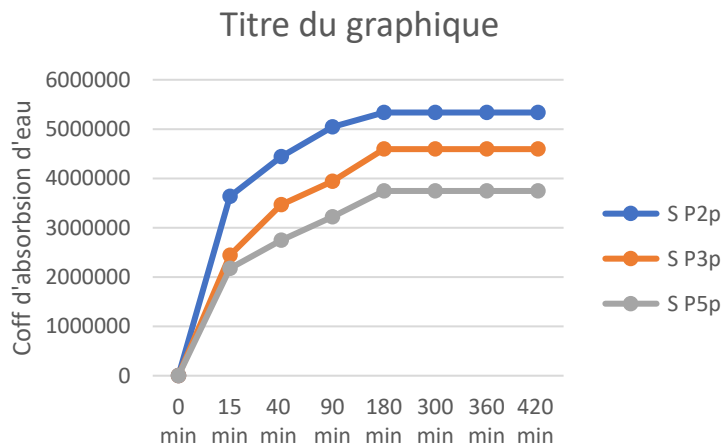
Fig III.4: Les Courbes De Coefficient D'absorption D'eau En Fonction De Temps



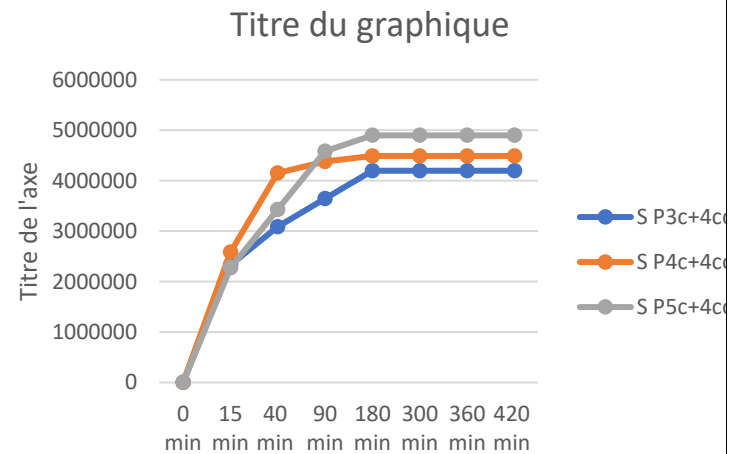
A : La colle



B : La résine



C : Le plâtre



D : Ciment + La colle

Selon la figure (III.4) en remarque qu'il y a deux phases :

Phase 1 : a une faible absorption, en raison du manque de vide qui retiennent l'eau, ce qui explique les résultats mécaniques

Phase 2 : est celle où l'absorption est importante, et cela dû à la présence de vides qui permettent de saturer les échantillons avec de l'eau.

La résine est moins absorbante que d'autres matériaux.

Conclusion

L'effet de l'ajout de liant sur (sable de dune et papier) a été étudié et discuté sur la base de plusieurs essais de briques. Les conclusions suivantes ont été tirées :

- Le mélange confectionné avec de la colle blanche a donné des résultats acceptables dans tous les tests. Contrairement aux autres matériaux.
- Il a été constaté que la formulation à 5 % de liant donnait les meilleurs résultats en termes de résistance à la compression et à la flexion par rapport à la masse volumique.
- L'expérience d'absorption d'eau a montré que l'ajout de 10 % de résine absorbe moins d'eau que tous les autres pourcentages.
- Le vide entre les matériaux des échantillons ce qu'est la porosité observée au microscope, expliquent les faibles résultats des propriétés physico-mécaniques dans les essais réalisés.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Les déchets des papiers augmentent en raison du développement technologique et L'augmentation de la population. Nous avons donc pensé à l'exploitation dans une autre Région pour les réduire, on a choisi les déchets de papiers sous forme d'un mélange et en partie pour ajouter du ciment, plâtre, colle, résine. En autre coté on notera que l'abondance des sables de dunes dans notre région, d'où la Nécessité de prendre en considération l'intérêt global de l'introduction des sables de dunes Dans l'industrie de construction. Nous avons préparé plusieurs mélanges (différent Pourcentage) pour étudier l'influence de deux additions (sable de dune et déchets de papiers) Sur les caractéristiques physique et mécaniques.

Ont conclue aussi que :

L'ajout de déchets de papiers à donné des résultants pas satisfaisants, essentiellement la composition contenant entre 45.67% Et 37.67 % de déchets de papier amélioré la résistance mécanique et L'ajout de sable de dune donne des résultants acceptables.

L'utilisation les déchets de papiers dans la fabrication de brique peut donner un autre type de brique de Caractéristiques différentes ce qui améliore le choix de matériaux de construction

Recommandations

Afin de compléter cette étude et de cerner de près qui réagissent mieux avec le comportement du déchet de papiers et sable des dunes, nous recommandons pour un travail futur, d'aborder les points suivants :

- ❖ Etude de l'utilisation de déchet de papiers en sec sur les mélanges confectionné (préciser bien la quantité de l'eau). Valorisation des ressources naturelle des zones sahariennes dans le domaine de génie civil.
- ❖ Effet des ajouts minéraux sur le comportement de la pâte utilisée.
- ❖ Je recommande ce sujet d'étude à des plaques d'isolation phoniques et thermiques avec une grande précision des matériaux utiliser dans la recherche, il sera beaucoup mieux que les briques de construction de faibles résistances.

Référence Bibliographique :

- [1] : Florie Dejeant, Philippe Garnier, Thierry Joffroy, Matériaux locaux, matériaux d'avenir, HAL Science 21 Jul 2021 p 8,22,23,24,26,28,29.
- [2] : LEBSIR.A, « Les Cultures Constructives Traditionnelles Cas des Aurès, L'Oued Mya et Le Souf », mémoire de magister Université de Biskra, mai 2016
- [3] : [en ligne] [consulté le 22.05.2020] disponible à l'adresse : URL <https://www.pinterest.fr/pin/548524429596891739/>
- [4] : BENAMARA.A, « étude des caractéristiques thermomécaniques des briques à base de plâtre traditionnel renforcée par des fibres de palmier dattier », mémoire de master Université de Ouargla, mai 2019
- [5] : Brique : M. DJOUHRI, Mémoire de magister Génie Civil « confection d'une brique à base de sable de dunes », Université KasdiMerbah Ouargla 2007.
- [6] : Khalili Khadidja (2016) :« Caractérisation mécanique d'un mélange : Tuf + sable de dunes ». Mémoire de magister, Université Colonel Ahmed Draia D'adrar p11
- [7] : Information lexicographique et étymologique de « déchet » dans le trésor de la langue française information sur la suite du centre national de ressources textuelles et lexicales.
- [8] : Batiste monsaingeon et anne Guillaude, « l'abandon des déchet "est un héritage de la modernité industrielle" » le monde 22décember 2019. Wikipédia.
- [9] : CHEREF.L, 2016, En vue de l'obtention du diplôme du master en science biologique, Recyclage et valorisation des déchets inertes de la briqueterie SARL-DBK-MAT dans la fabrication de dallage de sol, Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou 01
- [10] : A. Liébard et A. De Herde, 'Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatique', Edition Le Moniteur, Paris 2004.
- [11]:https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=1624129#:~:text=Les%20fibres%20de%20papier%20usag%C3%A9,des%20p
- [12]: Danso, H. (2018). Identification of Key Indicators for Sustainable Construction Materials . Advances in Materials Science and Engineering, 2018.

Référence Bibliographique

[13]:<https://observers.france24.com/fr/20170209-jeune-sud-africain-realise-son-reve-fabriquer-briques-construction-papier-nubrix>

[14]:<https://la1ere.francetvinfo.fr/reunion/madagascar-des-briques-a-base-de-papier-recycle-1332984.html> 02/05/2024

[15] : Norme françaises, Analyse granulométrique par tamisage, (NF P 94-056 mars 1996)

[16] : BENSEKRANE.K 2012. Durabilité des ouvrages en béton armé destinés à l'évacuation des eaux usées au niveau de la vallée de Ouargla. Thèse MAGISTER Université Kasdi Merbah de Ouargla.

[17] : Norme françaises, Masse volumique, (NF P 94-054 octobre 1991).

[18] : Norme françaises, Équivalent de sable (NF P 18-598 octobre 1991).

[19] : Ciment ELMATIN (CPJ-CEM II /B-L 42.5 N) www.lafargealgerie.com

[20]:<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/r%C3%A9sine/68620#:~:text=1,peintures%2C%20des%20adh%C3%A9sifs%2C%20etc.>

[21] : LOUCIF IMANE de Master Biologie « Etude de la valorisation des déchets en papiers et cartons au sein de Tonic Industrie (Approche économique, sociale et écologique) » Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou 2015-2016.

Annexe :



ماتين MATINE

ALGÉRIE



Ciment portland au Calcaire

NA442 CEM I/B-L 42,5 N

Matine Ciment gris pour bétons de haute-performance destiné à la construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments.

Matine
NA442 CEM I/B-L 42,5 N

Matine est certifié, conforme à la norme Algérienne (NA442 – 2013) et Européenne (EN 197-1)

AVANTAGES PRODUIT

- Une résistance initiale élevée pour vos ouvrages nécessitant un décoffrage rapide
- Favorise la maniabilité du béton et le maintien de sa rhéologie
- Une Classe Vraie qui offre une haute performance au béton.
- Meilleure durabilité du béton.



APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments
- Préfabrication légère
- Béton de haute performance



FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment	Sable (sec)	Gravillons (sec)	Eau (litres)
Dosage pour béton C25/30	X 1	X 7	X 5	25 L

Remarque: un bidon = 10 Litres

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

• Analyses chimiques

	Valeur
Perte au feu (%) (NA5042)	10.0±2
Teneur en sulfates (SO ₃) (%)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	Max 5%
Teneur en Chlorures (NA5042) (%)	< 0.1

• Temps de prise à 20° (NA 230)

	Valeur
Début de prise (min)	150±30
Fin de prise (min)	230±50

• Composition minéralogique du Clinker (Bogue)

	Valeur
C3S (%)	60±3
C3A (%)	8±2

• Résistance à la compression

	Valeur
2 jours (MPa)	≥ 10.0
28 jours (MPa)	≥ 42.5

• Propriétés physiques

	Valeur
Consistance Normale (%)	26.5±2.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)	3 700 - 5 200
Retrait à 28 jours (µm/m)	≤ 1 000
Expansion (mm)	≤ 3.0

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

1- PROTÉGEZ VOTRE PEAU : Portez les équipements adaptés dans vos chantiers: casques, lunettes, gants, gennalliers, chaussures et vêtements de sécurité.

2- MANUTENTION : levez le sac en pliant les genoux et en gardant le dos droit.



Conditionnement: /

LAFARGE ALGERIE

Bureau n°02, 16ème étage, tour Genex,
Les Pys maritimes, Mohammadia, Alger.
Al: + 213 (0) 21 98 54 54
Fax: + 213 (0) 23 93 42 94
www.lafargealgerie.com
lit.algeria@lafargeholcim.com
Tel: 021 98 55 55



Données techniques.

Apparence : liquide blanchâtre.

Densité : L'essai consiste à creuser une cavité, à recueillir et peser la totalité du matériau extrait, puis à mesurer le volume de la cavité à l'aide d'un densitomètre à membrane. L'appareil est doté d'un piston qui, sous l'action de l'opérateur, refoule un volume d'eau dans une membrane étanche qui épouse la forme de la cavité. Une tige graduée permet de lire directement le volume. Cet essai permet de déterminer la bonne mise en œuvre des matériaux.

Densité : 1.02 g/cm³

Viscosité (25°C) : Les méthodes de mesure de la viscosité actuellement utilisées dans la production actuelle comprennent le viscosimètre, le tube de viscosité à bille tombante, le tube de viscosité à bulles, ...etc. Connaître la viscosité de solubilité de la résine permet de comprendre ses propriétés.

Viscosité : 50 MPa.s

Ratio mix (en poids) : 50% de résine (soit 1kg de résine liquide pour 2kg de plâtre).

Temps de démoulage : entre 5 – 12 h selon la charge utilisée.

Durcissement complet : 7 jours.

Température d'utilisation : 20-25°C.

Température minimum : 0°C avec une augmentation du temps de prise.[16]