REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de Technologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : matériaux en génie civile

Thème :

Comportement des mortiers résineux aux milieux agressifs

Présenté par
Kherrar imane
Tidjani baya

Proposé et Dirigé par
Bouksani Omar

Promotion septembre 2020

Remerciement

Nahmed Allah qui nous a inspiré la patience et la capacité d'achever ce travail.

Je remercie vivement mon encadreuse Pro : Bouksani Omar

Je remercie aussi les responsables du laboratoire de génie civil pour leur aide.

Notre profonde gratitude s'adresse à tout le personnel du département du Génie civile et l'ensemble des enseignants qui en font partie.

Et nous n'oublions certainement pas nos parents nos amis ainsi tous ceux qui nous ont aidés dans notre tâche, nous leur dirons merci.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce mémoire :

Je tiens à dédier ce mémoire :

A mon cher ***Père*** *e t à ma chère* ***Mère,*** *en témoignage et en gratitude de leurs dévouement, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifié es illimités, leurs réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affections sans limite.*

Merci mes parents

A mon frère : ***Mohammed, aboubkr***

A ma sœurs : ***Fati, Imane , khadidja***

A toute la famille : ***Tidjani-Saidoune.***

Je remercie mon binôme ***Imane*** *qui a contribué à la Réalisation de ce modeste travail.*

A tous mes Amie, et mes collègues,

A tout la promotion de G.C ***2020***

Baya

Dédicaces

Je tiens à dédier ce mémoire :

A ma très chère ***Mère*** *e t à mon cher* ***Père*** ***RAHIMAHO Allah****, en témoignage et en gratitude de leurs dévouement, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrific es illimités, leurs réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affections sans limite.*

A mon frère : ***ABD ELHAMIDE***

A ma sœurs : ***WARDA***

A mes grand-mère : ***ZAHWA*** *ET grand père* ***: LAMOURI RAHEMAHO ALLAH***

A Mon fiancé ***: YOUCEF***

A toute la famille : ***SEBESI -KHERRAR***

Je remercie mon binôme ***BAYA*** *qui a contribué à la Réalisation de ce modeste travail.*

A tous mes Amie, et mes collègues,

A tout la promotion de G.C **2020**

IMANE

ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الرسالة هو دراسة متانة الملاط المصنوع من الراتينج عن طريق استبدال الأسمنت براتنج إيبوكسي بنسبة 12.5٪ من وزن الركام المكون من الرخام المسحوق ورمل السيليكا.

يتكون هذا العمل من دراسة تأثير المتانة في الوسط الحمضي العدواني ، مثل حمض الهيدروكلوريك و حمض كلوريد الصوديوم او الوسلئط العدوانية الأساسية مثل الصودا الكاوية ,على السلوك الميكانيكي و الفيزيائي لمدافع الهاون الراتنجية.

في ضوء النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها ، يمكن استنتاج أن ملاط الراتينج مقاوم لتأثير المواد الكيميائية والعوامل العدوانية الأخرى.

الكلمات المفتاحية: خرسانة الخشب اللين ، الإيبوكسي ، الخصائص الفيزيائية والميكانيكية ، المتانة.

Résumé :

L'objectif principal de cette thèse est d'étudier la durabilité d'un mortier résineux réalisé en remplaçant le ciment par une résine époxy à raison de 12,5% en poids d'agrégats constitués de marbre concassé et de sable de silice.

Ce travail consiste à étudier l'effet de la durabilité en milieux acides agressifs, tels que l'acide chlorhydrique (HCL) et le chlorure de sodium acide (NaCL) ou des milieux agressifs basiques comme la soude caustique (NaOH), sur le comportement mécanique et physique des mortiers résineux.

Au vu des résultats expérimentaux obtenus, on peut conclure que les mortiers résineux résistent à l'action des produits chimiques et autres agents agressifs.

Mots clés: Béton résineux, Epoxy, Propriétés physiques et mécaniques, durabilité.

Abstract

The main objective of this dissertation is to study the durability of a resinous mortar made by replacing the cement with an epoxy resin at a rate of 12.5% by weight of aggregates consisting of crushed marble and silica sand.

This work consists of studying the effect of durability in aggressive acidic media, such as hydrochloric acid (HCL) and sodium chloride acid (NaCL) or basic aggressive media such as caustic soda (NaOH), on the mechanical and physical behavior of resinous mortars.

In the light of the experimental results obtained, it can be concluded that resin mortars are resistant to the action of chemicals and other aggressive agents.

Keywords: Softwood concrete, Epoxy, Physical and mechanical properties, durability.

Remerciements

Résumé

Introduction Générale

Chapitre I : Revue bibliographique

I.1 Introduction. ……..... 4

I.2 Généralité sur les mortiers résineux..... 4

I.2.1.La résine époxyde ……..... 4

I.2.2.Les types de la résine ……..... 5

I.2.2.a La résine époxy ……..... 7

I.2.3 Résistance de résine aux milieux agressifs (acides et bases)..... 7

I.2.4 Mortier résineux ……..... 9

I.2.4.1 définitions ……..... 9

I.2.4.2 différente type de mortier résineux ……..... 10

I.2.4.3. Classification de mortier résineux ……..... 13

I.2.4.4. Domaine d'application des mortiers résineux ……..... 14

I.3. Propriétés des mortiers résineux ……..... 20

I.3.1. Propriétés des mortiers résineux à l'état frais ……..... 20

a)L'ouvrabilité ……..... 20

I .3.2. Propriétés des mortiers résineux à l'état durci ……..... 21

I.3.2.1. Résistance à la compression …… 21

I.3.2.2. Résistance à la traction par flexion ……..... 23

I.3.2.3. Module d'élasticité ……..... 24

I.4. Durabilité des mortiers résine 25

I.5.Comparaison entre les propriétés les mortiers de résine et le mortier de ciment..... 26

I.6.Conclusion 26

Chapitre II : Matériaux et Essais

II .1.Introduction 28

II. 2.Matériaux utilisés dans la formulation..... 29

II.2.1.sables de silice..... 29

II.2.2.Gravier de marbre..... 31

II.2.3 Liant résineux (la résine + durcisseur)..... 32

II.2.3.1 Résine époxy Protop 1000..... 32
II.1.3.2 Durcisseur (époxydique)..... 33
II .3. Préparation des Formulation..... 33
II.3.1 Composition des Mélange..... 33
II.3.2 Préparation et séquence de malaxage des mortiers de résine..... 34
II.3.2.1 Etape de remplissage des moules..... 34
II.4. Essai de caractérisation des mortier..... 37
II.4.1 Essais mécanique 37
II.4.1.1 Essai de traction par flexion..... 37
II.4.1.2 Résistance à la compression 37
II.5 Essais de durabilité 38
II 5.1.Introduction..... 38
II.5.2 Préparations des solutions..... 40
II.5.2.1 Solution Basiques 40
II.5.2.2 Solution Acides 41
II.5.3 Essais de durabilité 43
II.5.3.1 Perte de masse..... 43
II.5.3.2 Essai de perméabilité aux ions chlorures 43
II.3.2.3 Essai de variation du PH 44

Chapitre III : RESULTATS ET INTERPRETATION

III.1 Introduction..... 46
III.1 Analyse granulométrique..... 46
III.3 Résistance aux milieux agressifs..... 46
III.1 La résistance à la solution basique 46
a)La résistance à l'Hydroxyde de sodium (NAOH)..... 46
III.2 La résistance aux solutions acides 49
a) La résistance au chlorure de sodium (NACL) 49
b) La résistance à l'acide chlorhydrique (HCL) 52
III.4 Etude comparatives sur la perte de masse en fonction des milieux agressifs..... 54
A/ à l'âge de 7, 28 et 90 jours..... 54
B/ en fonction des dosages..... 55
III.5 Evaluation de la perméabilité aux ions chlorure..... 57

III.6 Résistance mécanique..... 57
- Résistance à la traction par flexion..... ... 57
- Résistance à la compression 60

III.7 Essai de variation du PH 62
III.8 Comparaison entre le mortier résineux et le mortier ciment..... 63
III.9 Conclusion générale..... 65

Liste des tableaux

Chapitre I : Revue bibliographique

Tableau I.1	caractéristiques générales et applications des bétons polymères	6
Tableau 1.2 :	classification des bétons résineux ……..	13
Tableau I.3 :	Domaine d'application des mortiers de résine ……..	19
Tableau I.4	Propriété types des bétons ……..	26

Chapitre II : Matériaux et Essais

Tableau .II.1	Caractéristiques physique des sables silices…….	29
Tableau II. 2	propriétés physiques de gravier…….....	31
Tableau II.3	Composition des mélange de mortier de résine (4×4×16cm).....	33
Tableau II.4	. Procédure de malaxage……..	34
Tableau II.5	les Essais Réalisées Sur les Mortiers à l'état Durci…….	36
Tableau II.6	caractérisation de la résistance chimique…….	38

Chapitre III : Résultats et Interprétation

Tableau III.1	Résistance à la traction par flexion des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution NaOH……..	57
Tableau III.2	Résistance à la traction par flexion des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution NaCL……	57
Tableau III.3	Résistance à la traction par flexion des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution HCL……	57
Tableau III.4	Résistance à la compression des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution NaOH……	59
Tableau III.5	Résistance à la compression des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution NaCL……...	60
Tableau III.6	Résistance à la compression des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution HCL……..	60

Liste des figures

Chapitre I : Revue bibliographique

Figure I.1	Résine epoxy transparente. …….	7
Figure I.2	Résine décorative……...	7
Figure I.3	Mortier résineux…….....	9
Figure I.4	Mortier époxy……	9
Figure I.5	Feuilles de marbre en BP……...	15
Figure I.6	Sol résine extérieur……	15
Figure I.7	Canal de drainage en BP…….....	16
Figure I.8	Fosse sceptique en matériau composite…….	16
Figure I.9	Bâti d'une machine de tournage en béton polymère …….	16
Figure I.10	Revêtement de plancher industriel…….	17
Figure I.11	Mortier époxy coloré auto Lissant pour sols……..	17
Figure I.12	Mortier de réparation à base de résine époxy……	18
Figure I.13	Résine époxy pour Amélioré l'étanchéité en construction…….....	18
Figure I.14	Comparaison des affaissements des mortiers résineux …….....	20
Figure I.15	Effet du temps de maturation sur la résistance à la compression……..	22
Figure I.16	Courbe charge-déplacement d'un micro-mortier de résine en traction par flexion trois point ……	24
Figure I.17	Résistances en fonction de la quantité de polymère …….	24
Figure I.18	Résistance à la compression et le pourcentage de la perte en résistance du mortier polymère après 1 mois d'immersion dans diverses solutions corrosives …….	26

Chapitre II : Matériaux et Essais

Figure II.1	Matériaux utilisés…….	28
Figure II.2	Silice traité fin (0.063-0.63) mm……..	29
Figure II.3	Silice traité moyen (0.16-0.63) mm…….	29
Figure II.4	Silice traité gros (0.08-1.25) mm…….....	29
Figure II-5	Analyse granulométrique des sables silices…….....	30
Figure II.6	Granulat à marbre fin concassé (2/4)…….....	30
Figure II.7	Granulat à marbre gros (4/8)……..…….....	30
Figure II-8	Courbe granulométrique de granulat à marbre concassé ……..	31

Figure II.9 .Résine époxy (protop1000)……... 32
Figure II.10 .Durcisseurépoxydique (m-xylendiamine, isophoronediamine)……..... 32
Figure II.11 Procédure de malaxage des mortiers de résine……..... 35
Figure II.12 Essai de traction par flexion 3 points……..... 36
Figure II.13 Essais de compression…… 37
Figure II.14 Hydroxyde de sodium (NaOH)……. 39
Figure II.15 Mesure de la résistance à l'Hydroxyde de sodium(NaOH)……... 39
Figure. II.16 .Acide chlorhydrique(HCL)…….. 40
Figure II.17 Mesure de la résistance à l'acide (HCL)…… 40
Figure. II.18 .chlorure de sodium(NaCL)……... 41
Figure.II.19 Mesure de la résistance au chlorure de sodium (NaCL)…… 41
Figure II.20 Eprouvette cylindrique et Dessiccateur relié à une pompe……... 42
Figure II.21 Disspositif expérimental Essai de perméabilité aux ions chlorures….. 43
Figure II 22 Lecture du PH……... 43

Chapitre III : Résultats et Interprétation

Figure III.1 Analyse granulométrique des granulats……. 45
Figure III.2 Evolution de la masse volumique en fonction de dosage de la solution de HCL…….. 46
Figure III.3 Aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux avant et après 2 semaines l'immersion dans la solution NaOH……... 47
Figure III.4 Aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux et après 3 semaines et 4 semaines l'immersion dans la solution NaOH..... 48
Figure III.5 Evolution perte de masse des mortiers résineux en fonction de la période d'immersion dans une solution de NaCL…….. 49
Figure III.6 Aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux avant et après 2semaines d'immersion dans la solution NaCL…… 50
Figure III.7 Aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux après 2 et 3 semaines d'immersion dans la solution NaCL…… 51
Figure III.8 Evolution perte de masse des mortiers résineux en fonction de la période d'immersion dans une solution de HCL…… 52
Figure III.9 Aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux avant et après 2 semaines d'immersion dans la solution HCL…….. 52
Figure III.10 Aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux après 3 et 4

semaines d'immersion dans la solution HCL…… 53
Figure III.11 Variation de la perte masse des mortiers résineux à l'âge de 28 et 90 jours d'immersion dans des solutions agressives…….. 54
Figure III.12 Variation de la perte masse des mortiers résineux en fonction de la période d'immersion dans solutions de 5%, en HCL, NaOH et NaCL. 55
Figure III.13 Variation de la perte masse des mortiers résineux en fonction de la période d'immersion dans solutions de 7%, en, NaOH et NaCL…… 55
Figure III.14 Evolution de la perméabilité en fonction de dosage des solutions (HCL, NaCL, NaOH)…… 56
Figure III.15 Contrainte de flexion en fonction des solutions de 5% et 7% (HCL, NaCL, NaOH) mortier résineux……. 58
Figure III.16 Contrainte de flexion en fonction des solutions de 10% et 15% (HCL, NaCL, NaOH) mortier résineux……. 58
Figure III.17 Mode de rupture sur la résistance à la traction par flexion mortier résineux……. 59
Figure III.18 Contrainte de compression en fonction des solutions de 5% et 7% (HCL, NaCL, NaOH) mortier résineux……. 60
Figure III.19 Contrainte de compression en fonction des solutions de 10% et 15% (HCL, NaCL, NaOH) mortier résineux……..... 61
Figure III.20 Mode de rupture à la compression de mortier résineux……..... 61
Figure III.21 Evolution de PH en fonction de temps d'immersion dans les solutions de5 % et 7% (HCL, NaCL, NaOH)……..... 61
Figure III.22 Evolution de PH en fonction de temps d'immersion dans les solutions de 10% et 15% (HCL, NaCL, NaOH)……..... 62

Liste des Notation

BR	Béton résineux
MR	Mortier résineux
MAP	Mortier Additionné par des Polymères
BAP	Béton Additionné par des Polymères
MIP	Mortier Imprégné par des Polymères
BIP	Béton Imprégné par des Polymères
MMA	Méthacrylate de méthyle acrylique
PMC	Béton modify concret
EVA	Ethylène-vinyle acétate
MDA	Méthylène di-aniline
PAE	Poly acrylique ester
PAV	Poly acétate de vinyle
BMO	Béton organique
BP	Béton polymère
PET	Poly (éthylène téréphtalate
Rc	Résistance mécanique à la compression
Rtf	Résistance mécanique à la traction par flexion
Na2Co3	Carbonate de sodium
HCL	Acide chlorhydrique
NaOH	Hydroxyde de sodium
NaCl	Chlorure de sodium
H_2So4	Acide sulfurique
MgSo4	Sulfate de magnésium
HO2CCH3	Acétique
Na_2So4	Sulfate de sodium
ES	Equivalent de sable

Introduction général

Les bétons de résine sont de plus en plus utilisés dans divers domaines surtout en génie civil. Ils sont principalement utilisés dans les dallages industriels ; tel que les usines des produits chimiques et pharmaceutiques. Ces bétons de résine commence à bénéficier une part plus importante du marché de bâtiment industriels. En outre, comme ils ont une plus grande résistance mécanique à la traction que le béton de ciment Portland, ces bétons de résine peuvent économisés jusqu'à 50 % de matériaux.

De façon générale, les bétons de résine résistent bien à l'action des produits chimiques et autres agents corrosifs, absorbent très peu l'eau, résistent bien à l'abrasion et possèdent une grande stabilité aux cycles gel - dégel. Ainsi, La résistance aux agents chimiques et les caractéristiques mécaniques dépendent plus de la nature du polymère utilisé, des conditions de conservation (temps (âge), température et hydrothermie) et des conditions d'exploitation.

L'utilisation du béton hydraulique en milieu industriel est remise en question par la dégradation physico-chimique excessif des matériaux employés. Les dégradations les plus significatives encourues peuvent être à l'origine de fissurations, de délaminage, de désagrégation ou d'érosion de surface, de corrosion des armatures, ….

Afin d'améliorer la tenue des bétons et mortiers aux agressions chimique, la matrice cimentaire peut être remplacée, dans certains cas, par une Béton de Résine ou Béton Résineux".

L'objectif de cette recherche est de formuler un béton à base d'un liant de polymère (Résine époxy) en utilisant des graviers à base de marbres et des sables siliceux. Ce béton devrait répondre à des exigences mécaniques et de durabilité à l'agent agressif

Le travail est réparti selon trois chapitres :

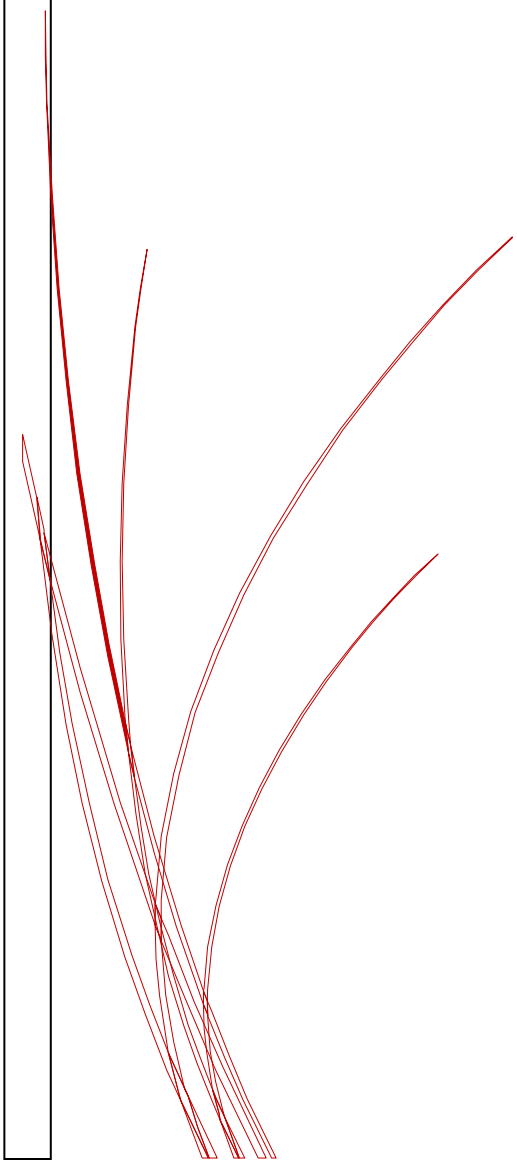
Le premier chapitre est une étude bibliographique qui retrace les travaux effectués sur les mortiers et bétons résineux. Un intérêt particulier a été porté sur la présentation des différentes classes de bétons et de mortiers de résine, le type de polymère utilisé en tant que liant ou addition ainsi que leurs applications potentielles. Un intérêt tout particulier sera accordé à l'étude du comportement et de la durabilité des bétons et mortiers résineux.

Le deuxième chapitre présente les méthodes et techniques expérimentales utilisées pour déterminer les propriétés physiques et mécaniques des différents matériaux utilisés : liants (résine époxyde), granulats (sable de silice (gros, moyen, fin) gravier de marbre (2/4 ,4/8)) et les mortiers résineux « MR » à l'état durci. Les conditions expérimentales d'exposition des mortiers et leur immersion dans des solutions aqueuses sont, également, détaillées.

Le troisième chapitre présente les résultats expérimentaux des mortiers résineux durcis. Il cible l'évaluation des propriétés physiques, les résistances mécaniques et principalement la durabilité vis-à-vis des milieux acide (HCL et NaCL). et basique (NaOH).

Chapitre I

Revue Bibliographique



I.1 Introduction

Ce chapitre a pour but de présenter les différentes classes de béton et mortier de résine, les constituantes éventuelles dont le type de polymère utilisé entant que liant ainsi que les différentes applications possibles dans le domaine du génie civil, Un intérêt tout particulier sera accordé aux travaux réalisés sur l'étude du comportement et de la durabilité des bétons et mortiers résineux.

I.2 Généralité sur les mortiers résineux

I.2.1 La résine époxyde

Dès leur apparition dans les années 50, les résines époxy sont devenues l'un des grands succès de l'industrie des matières plastiques. Aujourd'hui, environ 830.000 tonnes de résines époxy sont annuellement utilisées à travers le monde. Si la majeure partie, soit environ 65%, est transformée en peintures ainsi qu'en vernis de décoration et de protection il n'en reste pas moins de 24% destiné au génie électrique: électronique et électricité [1].

Les mortiers et bétons polymère se sont développés entre la fin des années 1950 et le début des années 1960 et deviennent les matériaux de construction privilégiés, dans certaines applications, au japon et en Europe vers les années 1970 et aux États-Unis dans les années 1980. A présent, ils sont des matériaux de construction assez courants. [2].

Les poly époxydes, aussi appelés polymères époxyde ou de son nom commun époxy, sont conçu par polymérisation de monomères époxyde avec un durcisseur (agent de réticulation) qui peut être à base d'anhydride d'acide, de phénol ou le plus souvent d'amine : ce sont des polymères tridimensionnels[3].

Les polymères solides sont classés en deux grandes familles, les thermoplastiques (TP) et les thermodurcissables (TD). L'opération par laquelle la matière première est transformée en produit rigide, insoluble et infusible, est appelée réticulation et correspond à l'étape finale de la polymérisation.

La polymérisation désigne une réaction chimique permettant l'obtention d'un polymère solide à partir de monomères de faibles masses molaires. Le produit de synthèse qui en découle est alors un composé linéaire ou ramifié appelé polymère thermoplastique ou un système réticulé de structure tridimensionnelle appelé thermodurcissable préparé à partir de pré-polymères

linéaires ou ramifiés de faible masse moléculaire, réticulés sous l'effet de la chaleur en présence de durcisseur et d'un catalyseur [4].

Une résine bi-composante thermodurcissable (Pré-polymère + durcisseur) à base de polymère, C'est un composé comprenant un atome d'oxygène relié à deux atomes de carbone en formant un pont [5].

I.2.2 Les types de la résine

Les Résines utilisées sont méthacrylate, résine de polyester, résine époxy, vinylester résines et résines furanique. Les résines de polyester sont de résine les plus couramment utilisés pour le mortier polymère en raison de leur faible coût, de leur disponibilité facile et de leur bon fonctionnement propriétés. Les résines furanique sont également très utilisées dans les pays européens [6].

Tableau I.1 : caractéristiques générales et applications des bétons polymère [91]	
Poly (méthacrylates de méthyle)	
Caractéristiques générales	Faible tendance à absorber l'eau, haute résistance au gel dégel, faible retrait pendant et après la prise, très bonne résistance à l'attaque chimique et une durabilité aux agressions environnementales
Applications	Utilisé dans la fabrication d'escalier, des plaques de façade Et des bordures de trottoir.
Résine polyester	
Caractéristiques générales	Une bonne adhérence à d'autres matériaux, une bonne résistance au gel dégel et aux attaques chimiques.
Applications	En raison de son faible cout, il est largement utilisé dans les panneaux, pour les bâtiments publics et commerciaux, le carrelage, les tuyaux, les escaliers ainsi que pour la mise en œuvre de diverses pièces préfabriqués et coulés sur place dans les travaux de construction.
Résine époxy	
Caractéristiques générales	Forte adhérence à la plupart des matériaux de construction, faible retrait, résistance chimique élevée, bonne résistance au fluage et à la fatigue et faible absorption d'eau.
Applications	Les résines époxy sont relativement couteuses, elles sont principalement utilisé dans des applications spéciales, y compris dans le mortier pour sols industriels, les revêtements antidérapants pour les autoroutes, les revêtements pour murs extérieurs et les réparations des structures détériorées.
Résine furanique	
Caractéristiques générales	Ils sont des matériaux composites à haute résistance aux produits chimiques (milieu aqueuse acide ou basique), ils ont une forte résistance aux liquides organiques polaires tels que les cétones, les hydrocarbures aromatiques et les composés chlorés.
Applications	Les mortiers et mes coulis de résine furanique sont utilisés pour les fabrications des briques, des planchers et des revêtements qui résiste aux produits chimiques, aux températures élevées et aux chocs thermiques.

I.2.2.a. La résine époxy

La résine époxy est un polymère liquide thermodurcissable constitué de deux composants. Elle se travaille sous forme liquide entre 20 et 25°C et commence à durcir une fois exposée à une température de 10 à 15°C .

La résine époxy est vendue en deux flacons. L'un contient la résine (nommée A) et l'autre le durcisseur (nommé B). Il est conseillé d'utiliser une balance précise (de type balance de cuisine) pour bien doser chacun des ingrédients. Chacun des flacons doit indiquer le rapport d'utilisation pour effectuer un bon

Mélange [7].



Figure I.1 : résine epoxy transparente.



Figure I.2 : la résine décorative.

I.2.3 Résistance de résine aux milieux agressifs (acides et bases)

Action des eaux agressives

Un ouvrage peut être soumis à de multiples agressions engendrées par l'action des sels ou des gaz en solution dans l'eau (eaux souterraines, eaux de mer, pluie, etc.). Les eaux peuvent être chargées en sels minéraux les plus divers en fonction des sols traversés. Les milieux les plus agressifs sont soit acides, soit salins (chlorures, nitrates, et surtout sulfates de sodium, de calcium ou de magnésium).

L'agressivité des milieux dans lesquels peuvent se trouver les ouvrages en béton est liée à la présence d'eau et à l'aptitude de celle-ci à réagir avec certains minéraux de la matrice cimentaire du béton. En effet, les agents agressifs dissous dans l'eau constituent

une solution chimiquement agressive pour le béton qui peut provoquer plusieurs types de phénomènes lorsque la formulation du béton n'est pas optimisée.

Attaques acides

Le béton présente un caractère basique élevé induit par les composés hydratés de la pâte de ciment (la phase interstitielle contenue dans le béton a un pH très élevé). Il peut donc présenter une certaine réactivité vis-à-vis des solutions acides telles que les pluies acides, les eaux naturelles chargées en dioxyde de carbone, les eaux résiduaires, les eaux des industries agroalimentaires ou industrielles contenant des acides organiques, les eaux chargées en acides minéraux, mais aussi les eaux pures [8].

Les résines polyester se dégradent rapidement dans les milieux agressifs et ce, d'autant plus que le milieu est plus basique.

L'immersion de résines vinylester en acide sulfurique concentré et en soude concentrée n'entraine pas de dégradation hydrolytique. Globalement, la résistance aux acides minéraux même forte est assez bonne. Le matériau est cependant sensible à la corrosion sous contrainte en acide sulfurique. Les résines vinylester sont un peu plus résistantes grâce à leur squelette qui entraine aussi une meilleure protection contre l'action des bases. La proportion de liaisons ester est plus faible, comme on l'a vu, et ces liaisons sont un peu plus protégées, tant stériquement, qu'électroniquement. La résistance aux solvants des vinylesters est moyenne à bonne.

Selon le durcisseur, la tenue aux acides et bases est rnoyenne à bonne pour les époxydes. Pour l'époxyde-amine, l'attaque acide a lieu sur l'azote tertiaire de la liaison amine. Les amines aromatiques donnent une meilleure résistance du fait de l'encombrement stérique et du fait d'une basicité réduite. La tenue aux bases et à la plupart des acides minéraux est bonne. Les époxyde-anhydride sont plus susceptibles à l'attaque des bases. La résistance aux acides est bonne, sauf les acides minéraux forts tels que HCl. La résistance aux solvants est bonne à moyenne. Quant aux époxydes-MDA (méthylène di-aniline), elles ont le plus haut niveau de propriétés mécaniques et une résistance chimique supérieure aux systèmes amines cyclo aliphatiques ou anhydrides [9].

I.2.4. Mortier résineux

I.2.4.1 Définitions

C'est un mortier à base d'une résine et d'un durcisseur, en deux composants séparés à mélanger, à prise rapide, qui permet la réparation du béton endommagé et des matières similaires, Une fois durci, il résiste à l'eau, même présente en permanence Il durcit en 3 à 6 heures, selon les conditions climatiques [10].

Le «Mortier Résineux » est un matériau de ciment Portland remplacé totalement ou partiellement par polymères ou résines organiques.

Le Mortier Résineux convient pour réaliser des produits préfabriqués. Les caractéristiques du mortier donneront lieu au développement dans les technologies de construction.

La recherche et le développement des mortiers et bétons modifiés par des polymères dans différents pays occidentaux depuis les années 1980 [Oham .97].

Mortier Résineux se caractérisent par bon performance à la carbonatation [Oham .95], à la pénétration d'ions de chlorure et à la diffusion d'oxygène [Oham .91]. Aussi les Mortier Résineux sont considéré comme matériaux peu coûteux, permettant la réparation des structures en mortier armé [OHAM .97].



Figure I.3 : mortier résineux.



Figure I.4 : mortier époxy.

I.2.4.2 Différente type de mortiers résineux

Le béton de résine est un matériau fabriqué en remplaçant totalement ou partiellement le ciment par un polymère [OHAM 1997]. Les bétons de résine sont classés généralement en trois catégories selon le processus technologique de fabrication [OHAM 1997]:

- ✓ Mortier Résineux « BR ou MR ».
- ✓ Mortier Additionné par des Polymères « MAP ou BAP ».
- ✓ Mortier Imprégné par des Polymères « MIP ou BIP ».

a) Mortier Imprégné par des Polymères « MIP »

Selon Fowler [11], le béton imprégné de polymère est le premier béton polymère composite qui a reçu une attention répandue avec un certain intérêt commercial. La résistance aux attaques chimiques des acides est l'un des plusieurs propriétés distinctives de ce matériau.

Il est obtenu par imprégnation d'un béton préfabriqué avec un monomère à faible viscosité. Ce dernier est ensuite polymérisé sous l'action d'agents physiques (rayonnement ultraviolet ou thermo catalyse) ou chimiques (catalyseurs). Les monomères les plus utilisés pour l'imprégnation font partie des familles acryliques et vinyliques : méthacrylate de méthyle (MMA), styrène, acrylonitrile, acétate de vinyle [12].

L'imprégnation est un traitement très efficace lorsque les propriétés mécaniques des constructions après durcissement ou après un certain temps de service sont faibles. La résistance contre la corrosion chimique augmente, et la perméabilité (gaz, solutions) des constructions diminue de façon marquée après l'imprégnation. Le procédé d'imprégnation du béton avec différents types de matériaux polymère a permis d'améliorer les propriétés physico-mécaniques de tels composites [13, 14].

Le béton imprégné de polymère assure aussi des avantages importants par rapport au béton conventionnel du point de vue force et durabilité en améliorant la structure poreuse du béton (faible perméabilité) [14, 15]. En effet, il présente une résistance à la compression trois à quatre fois plus importante que celle du béton à partir duquel il a été fabriqué ainsi qu'une augmentation de la résistance à la traction et à la flexion. La durabilité est également améliorée en particulier celle au gel-dégel.

b) Mortier Additionné par des Polymères « MAP»

Le béton modifié par adjonction de polymère (PMC) a déjà été utilisé dans diverses applications dans l'industrie de la construction depuis que le concept de la modification des matériaux cimentaires par les polymères a été présenté dans les années 1920 [16, 17].

Le mortier et le béton modifié par des polymères sont préparés par le mélange d'un polymère ou d'un monomère soit dans une dispersion, soit sous forme pulvérulente, ou soit sous forme liquide avec un mortier de ciment frais ou un béton, à durcir par la suite, et si nécessaire, le monomère contenu dans le mortier ou dans le béton est polymérisé in situ.

Il y a plusieurs types de mortiers et bétons modifiés par des polymères. Les polymères utilisés sont [18]:

• des latex, constitués de particules de copolymères dispersées en milieu aqueux (diamètres compris entre 0,05 et 5 μm). Les plus utilisés sont les latex acryliques, en particulier ceux à base de poly (éthylène-vinyle acétate) ou EVA, de poly (acrylique ester) ou PAE, et de poly (acétate de vinyle) ou PVAc. L'adjonction de produits émulsifiants permet par ailleurs d'assurer la stabilité de la dispersion.

• des polymères hydrosolubles, les plus courants étant les dérivés de la cellulose, l'alcool polyvinylique ou PVA, le polyacrylamide.

c) Mortier Résineux «MR »

Ce béton polymère a été utilisé dans les années 50 essentiellement dans la fabrication du marbre synthétique et des sanitaires (comptoirs, lavabos, …). Ses applications se sont ensuite diversifiées et ont énormément augmentées dans le domaine du génie civil.

Des efforts considérables ont été faits pour développer l'utilisation du BMO en tant que matériau de réparation pour béton. Son durcissement rapide, son excellente adhérence au béton, sa résistance mécanique élevée et sa durabilité en font un matériau de réparation très attractif.

De plus, le béton à matrice organique a permis la production d'une large gamme de produits préfabriqués y compris les égouts, les réservoirs pour acide, revêtement de tunnels, carrelage, des moulures architecturales, les barrières médianes d'autoroutes… Cette diversité de produits a été obtenue grâce : à la capacité de ce matériau à se mettre en œuvre sous des formes complexes, sa mouillabilité, son excellent amortissement des

vibrations ainsi qu'à sa faible conductivité thermique. Ce produit, dont les propriétés sont très attractives, a été non seulement utilisé pour remplacer le béton mais aussi d'autres matériaux comme le métal par exemple la fonte pour les bases des machines.

La majeure partie des travaux sur les BMO a été réalisée avec les résines époxy, polyester et furane par la suite le Poly (méthacrylate de méthyle) a été utilisé ainsi que le styrène.

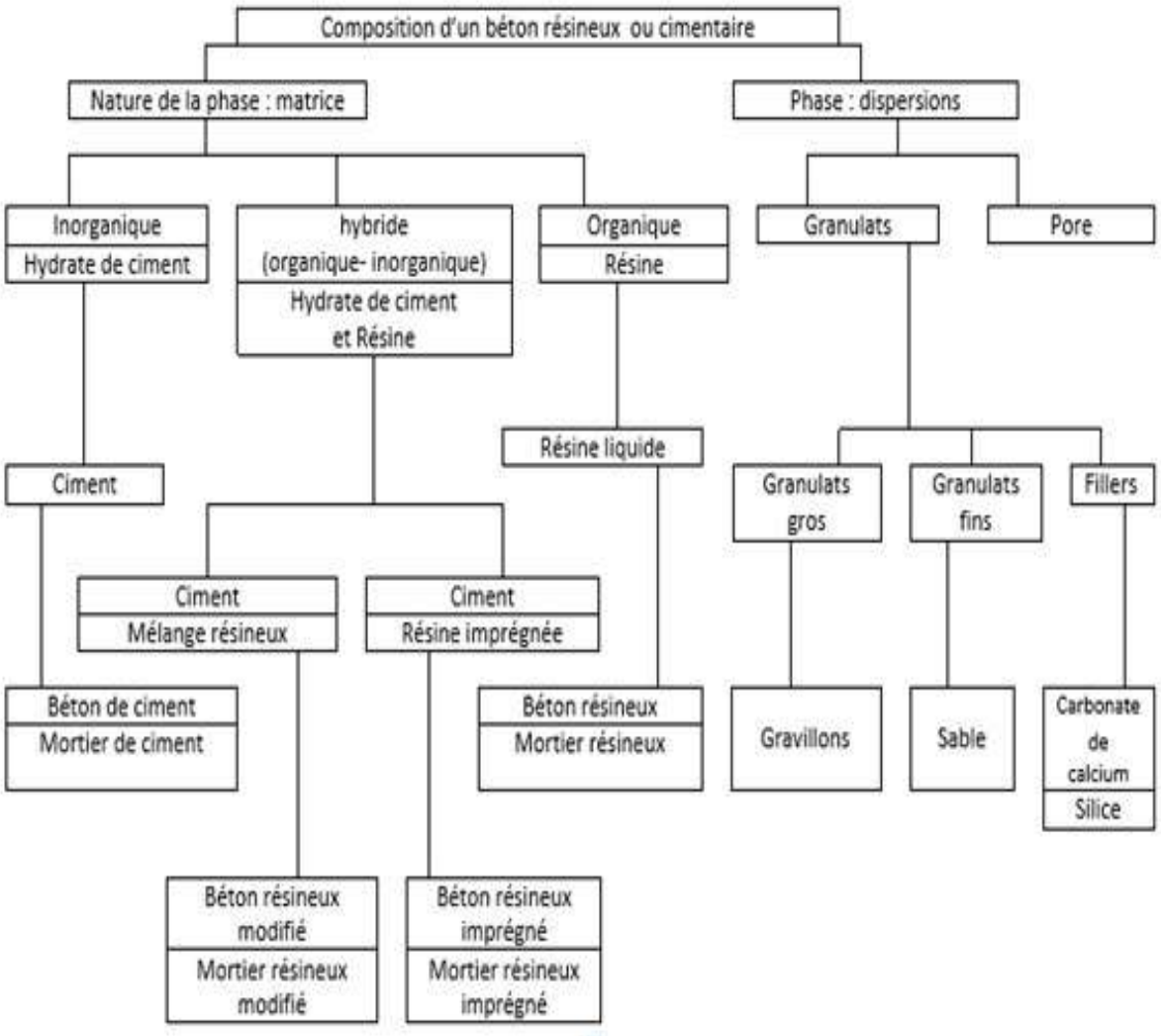
Les résines époxy sont les plus employées et sont préférables au polyester en raison de leurs meilleures propriétés mécaniques ainsi qu'une meilleure durabilité lorsqu'ils sont soumis à de rudes conditions environnementales, mais le coût plus élevé représente un facteur de dissuasion dans leur large utilisation. Une étude comparative des propriétés des bétons à base de polyester et d'époxy, montre que ce dernier a de meilleures propriétés.

Cependant, les propriétés du béton polyester peuvent être améliorées jusqu'au même niveau par addition de micro charges [19].

I.2.4.3 Classification de mortier résineux

Une première classification a été publiée par Blaga [BLAG 1986] qui a proposé de classer les bétons de résine en deux grandes catégories. Dans la première le liant est entièrement polymérique. La deuxième concerne des bétons cimentaires modifiés par des polymères. Dans cette dernière catégorie on retrouve le béton imprégné de résine, obtenu en imprégnant des éléments préfabriqués en béton cimentaire avec un monomère, et le béton additionné de résine, obtenu en remplaçant une partie du ciment par un polymère. La recherche et le développement des bétons et mortiers modifiés par des polymères ont connu un grand essor dans différents pays occidentaux depuis les années 1980 [OHAM 1997].

Tableau I.2 : classification des bétons résineux [OHAM 1997]



Ces matériaux se caractérisent par une résistance remarquable à la carbonatation [OHAM 1995], à la pénétration d'ions de chlorure et à la diffusion d'oxygène [OHAM 1991]. On peut les recommander comme matériaux peu coûteux, permettant la réparation des structures en

béton armé [OHAM 1997]. Parmi les applications des bétons et mortiers modifiés par des polymères on cite le recouvrement des surfaces de ponts, des surfaces des salles de sports, des stades, des laboratoires, des hôpitaux, des usines et des entrées de magasins [FOWL 1999]. Chargés de renforts métalliques, les bétons et mortiers de résine modifiés sont utilisés pour la fabrication de supports de machines outils [ORAK 2000 et RAHM 2001].

Au Japon, les mortiers modifiés par des polymères sont plus destinés à la finition et au travail de réparation, mais leur développement est freiné à cause du faible rapport performance/coût. Aux Etats-Unis, ces matériaux sont plus particulièrement destinés aux travaux de réparation. Malgré leurs excellentes performances, les bétons et les mortiers de résine imprégnés sont rarement utilisés comme matériaux de construction à cause de leur coût élevé et des difficultés technologiques liées à leur élaboration.

I.2.4.4 Domaine d'application de mortiers résineux

Il existe trois principaux domaines d'application bien connus ou les bétons de résine se sont révélés concurrentiels sur les matériaux conventionnel : revêtement des sols et chaussées ; la préfabrication ; la réparation et la réhabilitation des structures en béton. Récemment, un grand intérêt est donné pour la fabrication des bétons de résine écologiques en utilisant des produits recyclés [RIB 06]. Les applications les plus courants et bien connues du béton résineux sont données ci-dessous :

1) la préfabrication

La préfabrication est l'une des applications la plus dynamique des polymères dans le béton, en raison de son rapide durcissement, sa haute résistance et sa capacité de produire des formes complexes. On peut citer :

a) Marbre artificiel

Le marbre artificiel (ou marbre reconstitué) utilisé pour la fabrication des comptoirs toilettes et autres revêtements sanitaires, panneaux de cloisonnement, escaliers et plans de travail pour cuisines [BLA 85]. Ces produits sont moins chers que ceux réalisés avec le marbre naturel, ont l'avantage supplémentaire de résister à la corrosion et aux produits chimiques.



Figure I.5: feuilles de marbre en BP.



Figure I.6 : sol résine extérieur.

b) Panneaux de façade et tuiles

Les panneaux de façade, les rebords de fenêtres et les tuiles sont une autre application bien connue des matériaux du BP. Leur faible absorption d'eau, l'excellente durabilité, la résistance aux chocs et à l'abrasion, les rendent très appropriés pour ce type d'application. En outre, en raison de leur grande capacité de la texture et de la couleur, les apparences extérieures de pierre, granit, schiste ou de bois sont facilement obtenues dans ces produits [WAH 05], alliant exigences esthétiques à un matériau résistant, léger et durable, avec l'avantage d'économiser les ressources naturelles.

c)systèmes de drainage et de canalisation

le BP trouve aussi son application dans les systèmes de drainage, qui comprennent les gouttières, les canalisations d'égout, regards, chambres d'appareillage et des canaux de drainage, sont généralement trouvés à l'extérieur et à l'intérieur, dans les infrastructures de transport (voies d'accès, les routes et les aéroports), les installations sportives (par exemple : les stades de football, les autoroutes, les piscines et des pistes de coures), les installations industrielles et chimiques, les garages de stationnement, stations-service et les quais



Figure I.7: canal de drainage en BP.



Figure I.8: bassin de rétention ville De Troyes.

d) les réservoirs des contaminants et déchets dangereux

Vu la nature hermétiques et la facilité de nettoyage des surfaces en béton résineux qui entrave l'apparition et la prolifération de champignons et autres micro-organismes, le BP se révèle être le choix idéal pour la fabrication de réservoirs d'acide des contaminants et des déchets dangereux. Le BP a également été appliqué pour les réservoirs de conditionnement d'entrepôt dans l'industrie de la transformation alimentaire.

e)Substitution du métal et la porcelaine par le BP

Le remplacement du métal est un autre secteur de l'application croissante du BP. La grande résistance par rapport au poids, la faible conductivité thermique, l'amortissement élevé et la malléabilité font du BP un concurrent sérieux pour de nombreuses applications actuelles utilisant des métaux ,telles que les bases d'outils de machines, comme les tours, les fraiseuses, les perceuses ou le BP a été trouvé très compétitif avec la fonte et l'acier(fig.I.9).



Figure I.9: bâti d'une machine de tournage en béton polymère [EMA-07].

2) revêtement des planchers et chaussées

les BP ont été largement utilisés pour les tabliers de pont, revêtement des chaussées et des planchers ou une forte corrosion et/ou résistance à l'abrasion est nécessaire ,tels que ,les garages de stationnement, les usines chimiques, l'industrie de la transformation alimentaire et d'autre industries ou les conditions de l'usure corrosive sont rencontrées (fig. I.10), les revêtements du BP peuvent fournir une surface durable et résistante à l'usure pour le béton de ciment portland avec une faible perméabilité à l'eau et aux ions chlorures, et donc contribuent également à prévenir la détérioration et l'effritement du béton en raison des cycles gel-dégel et à la corrosion de l'acier d'armature (fig. I.11).



Figure I.10: revêtement de plancher industriel.



Figure I.11 : mortier époxy coloré auto Lissant pour sols.

3) réparation et réhabilitation des structures

Actuellement, le BP est aussi utilisé pour la réhabilitation et la réparation des structures en béton. Le durcissement rapide, l'excellente adhérence au béton et aux armatures en acier, et la bonne résistance et durabilité en font un matériau de réhabilitation très attractif [CZA699]. La réparation peut se faire soit en surface, ou en profondeur partielle ou totale. Le fait que les BP ont une reprise rapide ce qui les rend d'un grand intérêt dans les réparations d'installations existantes ou le temps d'arrêt de fonctionnement doit être maintenue minimum, comme les tabliers de ponts, les routes, les autoroutes et les pistes d'aéroport [FOW699].



Figure I.12 : mortier de réparation à Base de résine époxy.



Figure I.13: la résine époxy pour amélioré L'étanchéité en construction.

4) recyclage des déchets

Les bétons de résine sont très attractifs d'un point de vue écologique en raisons de leur capacité d'utiliser les produits de déchets recyclés. Cette caractéristique de composites polymères a été développée principalement par deux approches différentes. Tout d'abord, par l'utilisation de résines de polyesters insaturés à partir de poly recyclé poly (éthylène téréphtalate), généralement connue sous le PET, et d'autre part, par l'incorporation de sous-produits industriels et des déchets tels que des charges ou des agrégats [20].

Le tableau suivant montre les déférents domaines d'application des mortiers des résines :

Tableau I.3: Domaine d'application des mortiers de résine [Elhabib et Tounsi ,18]

Domaine d'application	Exemple
Domaine bâtiments	• Production du mortier résinée artificiel (à matrice polymérique) • Industrie de façades • Panneaux • Appuis de fenêtres • Marches d'escalier • Table de travail • Haut de table • Equipements techniques sanitaires.
Travaux de drainage et hydrauliques	• Systèmes de drainage • Le réseau de canalisation (cunette)
L'agriculture et l'horticulture	• Les réservoirs d'aliments pour les bétails. • En horticulture, les bacs des plants.
Revêtement des chaussés et planchers	• Protection des surfaces des chaussées • La réparation du pont • Matériaux décoratifs en leur ajoutant des charges colorées
L'industrie	• L'introduction des éléments porteurs en mortier de résine renforcés supportant les bains isolateurs, grâce à la qualité anti- virus mortier résine meilleure : • Le mortier résine des bases pour des tours, des rectifieuses, des fraiseuses et des perceuses
Isolant phonique	• Systèmes d'isolation phonique • Ecrans phoniques en autoroute
L'enfouissement des déchets toxiques et radioactifs	• Gestion de déchets dangereux • Le risque résiduel des déchets non traités(ovoïde)

I.3 Propriétés des mortiers résineux

I.3.1Propriétés des mortiers résineux à l'état frais

a)L'ouvrabilité

L'ouvrabilité est un terme général utilisé dans la description des propriétés du mortier frais. Le coût élevé des résines a incité les chercheurs à trouver une solution pour réduire le taux du liant dans le mortier tout en conservant une mise en œuvre aisée.

[Madhukumar et al.04] Ont introduit une teneur en résine de 9,4% dans un mortier polymère. Ils ont trouvé une bonne ouvrabilité adaptée à de mortier résine applications. Néanmoins, pour un dosage en résine de 12% de liant, ils ont constaté une ségrégation plus importante.

L'addition de cendres volantes, sous-produit de la combustion du charbon, dans la composition des mortiers résineux a été rapportée par plusieurs auteurs. Ils ont montré que ceci conduit à l'amélioration de l'ouvrabilité du mortier polymère.

[Yeon et al, 10] Ont trouvé que le type, la forme et la taille des granulats ont un effet important sur l'ouvrabilité d'un mortier résineux.la figure 1.14 montre la comparaison des affaissements des mortiers résineux.

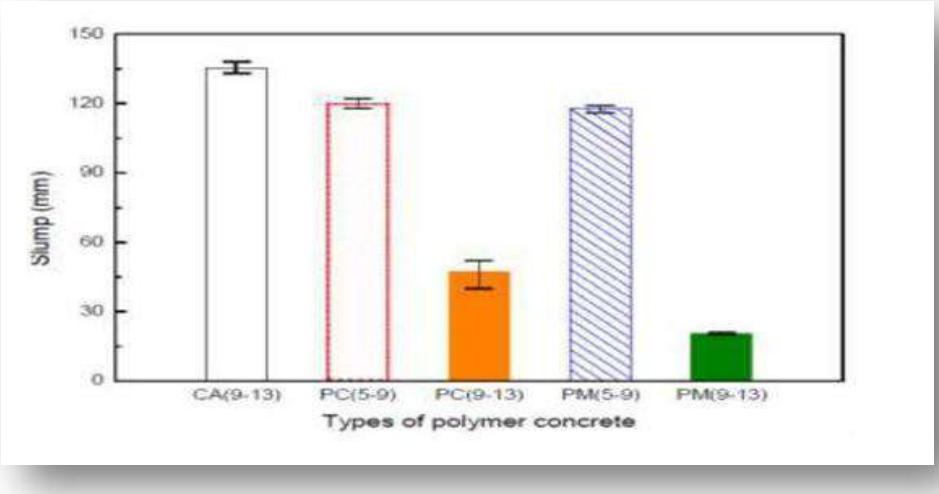


Figure I.14: comparaison des affaissements des mortiers résineux (Yeon ,10).

I .3.2. Propriétés des mortiers résineux à l'état durci

I.3.2.1 Résistance à la compression

A-Effet de la résine polyester

[Abdelfattah et al.99] ont formulé des mortiers résine avec (2 types d'époxydes). Pour chaque types de Trois fractions massiques ont été adoptées (9,12 et 15) et les granulats sont constitués par du sable et des graviers de diamètre de 12,7 mm. Ils ont conclu que 12% est le pourcentage de liant qui conduit aux résistances mécaniques les plus élevées que le type de résine a une influence remarquable sur les propriétés mécanique du produit final qui présente une comportement fragile quand la charge maximale est atteinte avec une relation charge-déformation linéaire.

[Gorninski et Wan Jo.08] ont utilisé des résine polyester dans le mortier avec pourcentage de 13% ils ont remarqué que Les résistances à la compression obtenues est de 101MPa pour Gorninski et de 78% par rapport un mortier hydraulique.

[Kim et al. 85] ont étude l'effet de la variation des quantités des composants d'un mortier résine sur les propriétés thermiques et mécaniques. L'augmentation du pourcentage de la résine entre 5 et 10 % permet une hausse des résistances en compression et en flexion,

[Ribeiro et al. 04] ont étudié des mortiers résine à base de résine polyester et époxyde. Ils concluent que les propriétés mécaniques à la flexion de mortier résine polyester sont plus sensibles à la quantité de résine ajoutée que le mortier résine époxyde. Une augmentation de 17% à 20% de la résine produit une hausse de la résistance en flexion de 56% et 10 pour le polyester et l'époxyde respectivement avec des résistances meilleures pour le mortier résine à base d'époxyde quel que soit la proportion de résine.

B-Effet de la résine époxy

Les études ont trouvé le dosage optimal de la résine pour maximiser la résistance mécanique propriétés ont donné des résultats différents en fonction du type spécifique de résine et d'agrégat utilisés. On observe qu'initialement, la force augmente avec l'augmentation du dosage de résine, mais, après avoir atteint le sommet, le même diminue ou reste inchangé avec une nouvelle augmentation de la teneur en résine.

Les résines époxy offrent une meilleure résistance mécanique que le polyester, l'ester vinylique, le furanne et le méthacrylate résinent, mais leur coût inhérent est élevé. Les

propriétés du mortier polyester peuvent également être améliorées au niveau du mortier époxy par addition de micro-charges et agents de couplage au silane.

Le dosage de la résine rapportée par divers auteurs se situe pour la plupart dans la gamme des 10 à 20% en poids de mortier polymère. Dosage plus élevé de résine est recommandé lors de l'utilisation d'agrégats fins, en raison de la grande surface de ces matériaux. Plus des chercheurs ont rapporté la force maximale pour la résine dosage compris entre 12 et 16% en poids de mortier polymère.

[Haider et al.11] Le pourcentage du liant (Résine époxy +durcisseur) varie entre 5 et 13% en masse. Les résultats des essais de compression sont présentés dans la figure.

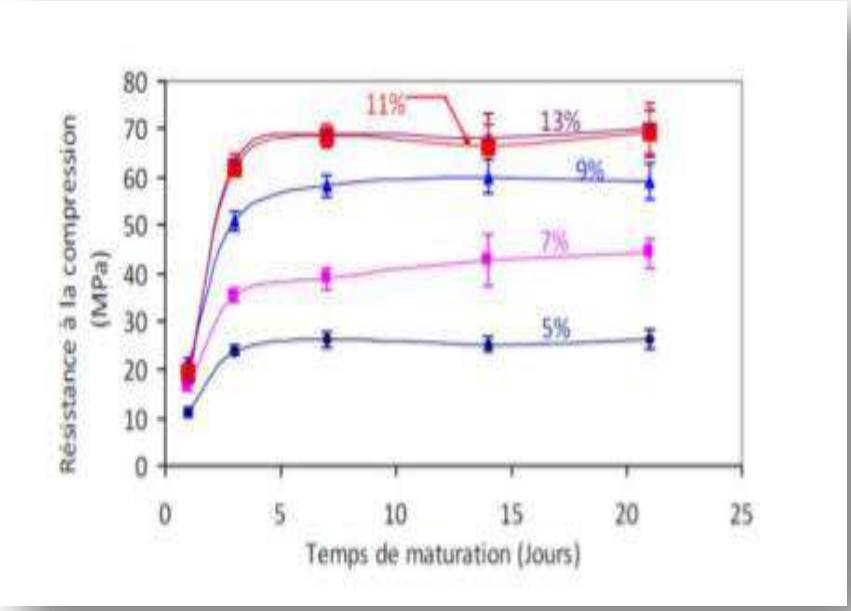


Figure I.15 : effet du temps de maturation sur la résistance à la compression (Haider ,16).

C-Effet de la résine furanique

[Muthukumur et al.04] ont Montrent qu'une fraction massique de 9,75% donne une résistance à la compression de 85MPA.

I.3.2.2 Résistance à la traction par flexion

A-Effet de la résine époxy

[Jung et al. Ont.14] montré dans une étude avec 20% de résine époxy dans mortier à une résistance à la traction par flexion relativement élevée de 21,72 MPa.

[Golestaneh et Amini.10] ont formulés des mortiers résineux à base d'époxy .La résistance à la traction par flexion a 20% de résine et 200% de charge. Pour cet échantillon, la résistance à la traction par flexion sont respectivement 22,5 et 16,2MPa.

[Elalaoui .12] Ont étudié l'optimisation de formulation d'un mortier de résine époxy à 7 jours, la résistance maximale à traction par flexion obtenue pour un pourcentage de polymère égal à 13% est de 26 MPa.

B-Effet de la résine polyester

[Maksimov et al .99] ont Rapporte que les utilisations des résines polyester dans le mortier donne une résistance à la traction par flexion sa valeur est 20.8MPa qui contiens 9.8% de liant.

[Robiez.95] ont noté les propriétés mécaniques à la traction par flexion est de 20MPa pour un pourcentage de 10% du liant.

[Wan Jo et al ils.08] ont trouvé que la résistance à la traction par flexion pour 13% de résine est de 23MPa.

[Mirouzi et al.17] Ont optimisé la formulation de micro-mortiers de résine polyester. Dans cette optimisation, ils ont utilisé une méthode empirique se basant sur le principe du point de saturation des sables avec la résine. Les courbes charge-déformation ont été tracées pour les différents rapports de

(G/S = 0,5 – 1 – 1,5 - 2).

La figure montre un exemple de courbe charge-déplacement obtenue en traction par flexion 3 points.

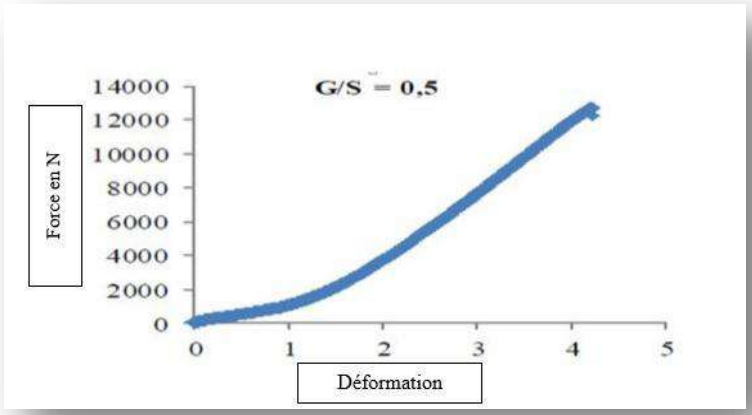


Figure I.16: courbe charge-déplacement d'un micro-mortier de résine en traction par flexion trois point (Mirouzi,17).

I.3.2.3 Module d'élasticité

A- Effet de résine polyester

[C. Vipulanandran el al.89] ont trouvé que la quantité de résine entre 10 et 20%, les valeurs des propriétés mécaniques (résistances et module d'Young) augmentent en fonction de la quantité de résine introduite jusqu'à atteindre un maximum où elles commencent alors soit à décroitre, soit à se stabiliser.

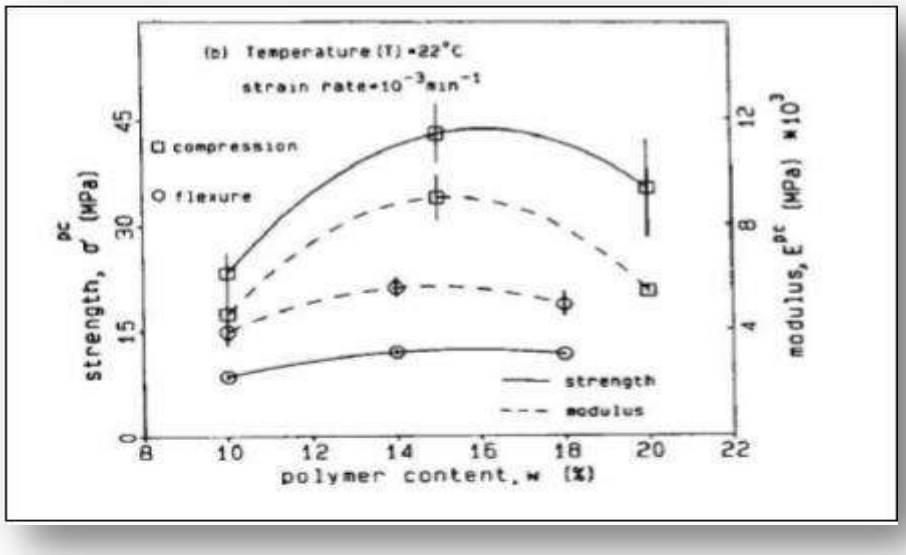


Figure I.17: résistances en fonction de la quantité de polymère (Vipulanandran, 89).

[Gorninski et al.07] Ont évalué et comparé le mortier polymère avec le mortier de ciment Portland. En outre, des valeurs élevées de module d'élasticité ont été obtenues et la valeur maximale est de 29 MPa pour 12% du liant.

[Jo et al, 08] a remarqué que la résistance à la flexion est de 23MPA pour 13% de résine [21].

I.4. Durabilité des mortiers résine

A-Effet de la résine époxy

[Shi-Cong et al, 13] ont montré que l'addition des fillers au mortier polymère à base de résine Epoxyde améliore sa résistance aux agressions environnementales sévères.

Cette durabilité a été testée par immersion pendant 28 jours dans l'eau du robinet, l'eau de mer, une solution d' NaOH à 10%, une solution de Na2CO3 à 20% et une solution de H2SO4 à 10%. Une diminution de la résistance à la flexion a été observée seulement pour les échantillons immergés dans la soude et l'acide sulfurique.

B-Effet de résine polyester

[Yamamoto, 87] a immergé un mortier Portland et un mortier polyester dans des solutions d'acide chlorhydrique et d'acide sulfurique à 10% pendant une durée de 28 jours. Aucune perte de masse n'a été observée pour le mortier de résine, cependant une baisse de 50% de la masse du mortier de ciment est détectée.

[Mebarkia et al.95] sur l'effet de l'exposition d'un mortier de polyester à différentes solutions de PH variables, montre une diminution de 20% de la résistance à la compression après immersion dans l'eau pendant un mois Les résultats présentés dans la Figure I.18 .

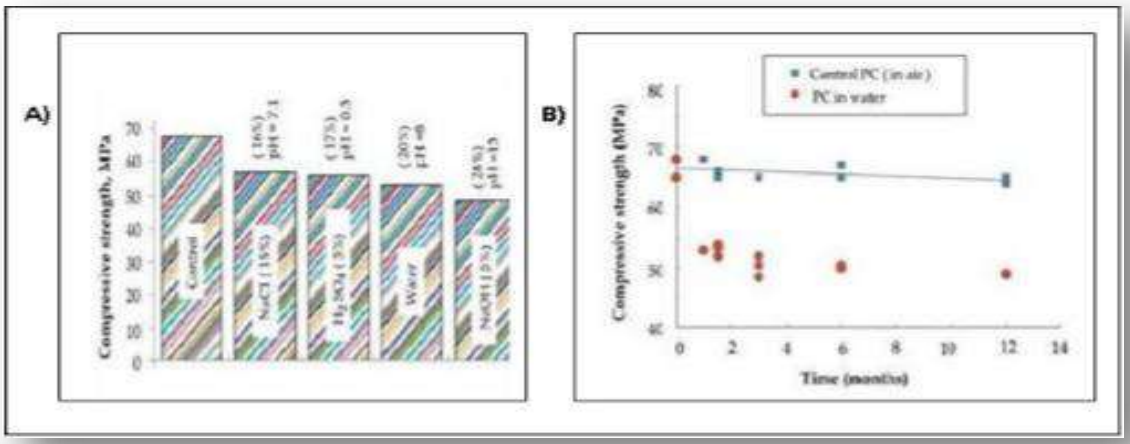


Figure I.18: la résistance à la compression et le pourcentage de la perte en résistance du mortier polymère après 1 mois d'immersion dans diverses solutions corrosives (A) et (B) à différentes durée d'immersion dans l'eau (mortier résine,14).

I.5.Comparaison entre les propriétés les mortiers de résine et le mortier de ciment

Tableau I.4 : Propriété types des bétons [E. Kirlikovali.81]

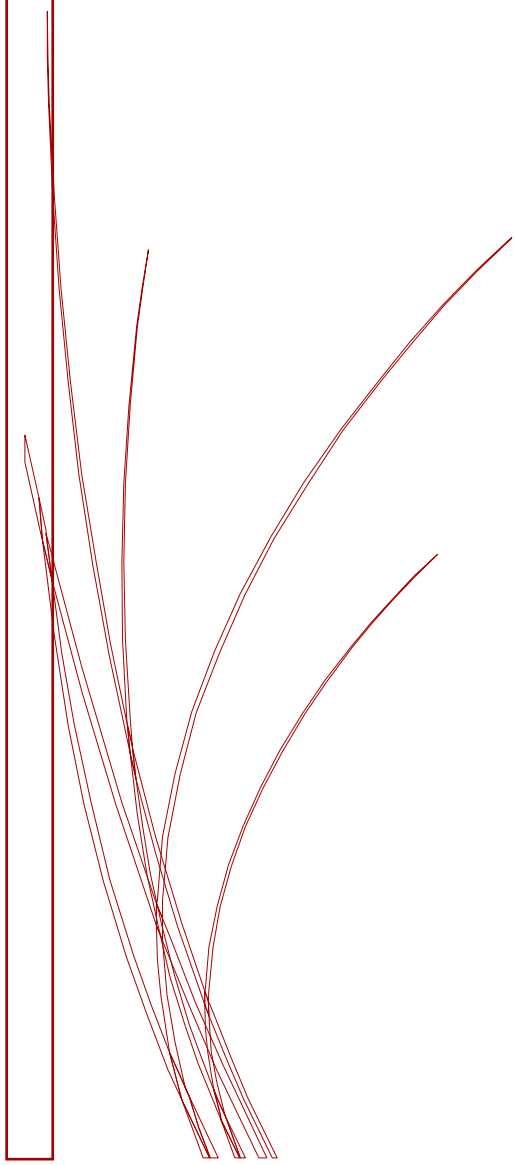
Matériaux	Module d'élasticité	Résistance en compression Mpa	Résistance en flexion MPa	Conductivité thermique
Béton imprégné de résine	42	144	26.2	2.19
Béton modifié de résine	26.2	41.4	13.8	2.26
Béton de résine	36.4	137.9	25.5	2.30
Béton de ciment	24.8	34.5	7.6	2.89

I.6.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné un concept général sur le mortier résineux. Et d'après la description des constituants du mortier résineux, on a pu les définir, ensuite décrire leurs propriétés (résistance à la traction, résistance à la compression, module d'élasticité conductivité thermique et la durabilité) [21].

Chapitre II

Matériaux et Essais



II .1 Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les caractéristiques des matériaux utilisés, pour étudier le comportement des mortiers résineux dans divers milieux agressifs.

Les formulations ainsi que les essais sur la durabilité (la résistance aux acides HCl, la résistance aux NaOH, la résistance au NaCl) seront étudiés.

II. 2 Matériaux utilisés dans la formulation

Les Constituants des mortiers résineux qui ont été utilisés sont le liant résineux (la résine + durcisseur), et deux types de granulats l'un est le sable de silice normalisé avec trois classe granulaire [NFEN196-1] et l'autre est le gravier de marbre

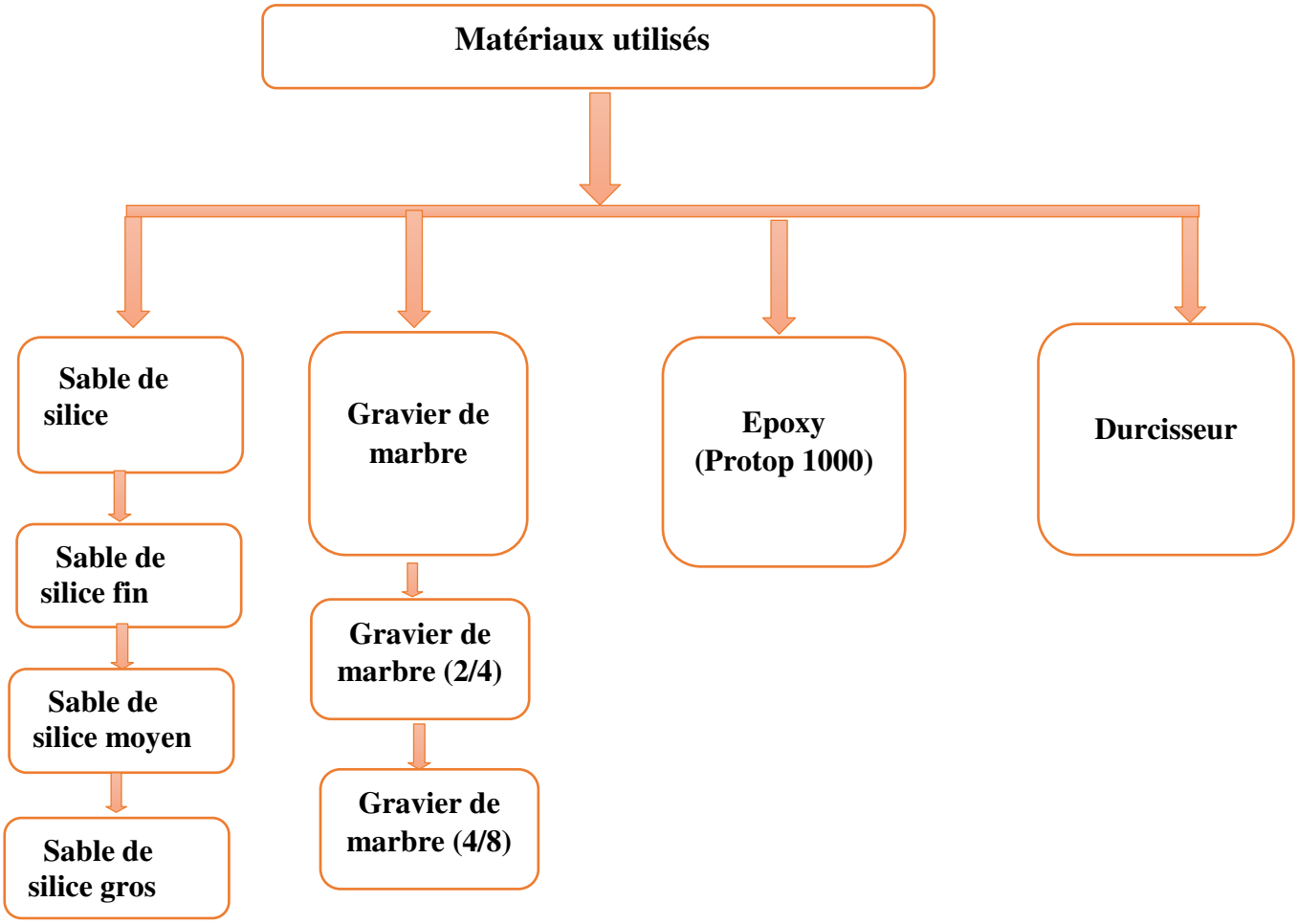


Figure II.1 Matériaux utilisés

II 2.1 sable de silice

Le sable utilisé dans cette étude est le sable de silice (sable traité fin et sable traité moyen sable traité gros figure II.2.3.4) il provient de la carrière de Tébessa. La granulométrie et la caractéristiques physique du sable sont données respectivement dans la figure II.5 et le tableau II.1.



Figure II.2 Silice traité fin (0.063-0.63) mm



Figure II.3 Silice traité moyen (0.16-0.63) mm



Figure II.4 Silice traité gros (0.08-1.25) mm

Tableau .II.1 Caractéristiques physique des sables silices

Caractéristique	Silice traité fin	Silice traité Moyen	Silice traité Gros	Normes
Module de finesse %	2.86	2.98	4.55	NF EN 933-1
Masse volumique absolue (g /cm3)	2.11	2.14	2.09	NF EN 1097-6
Masse volumique apparent (g/cm3)	1.43	1.47	1.41	NF EN 1097-3
Porosité %	32.22	31.30	32.53	NF EN 1097-3
Propreté %	95.87	63.39	85.71	NF EN 933-8

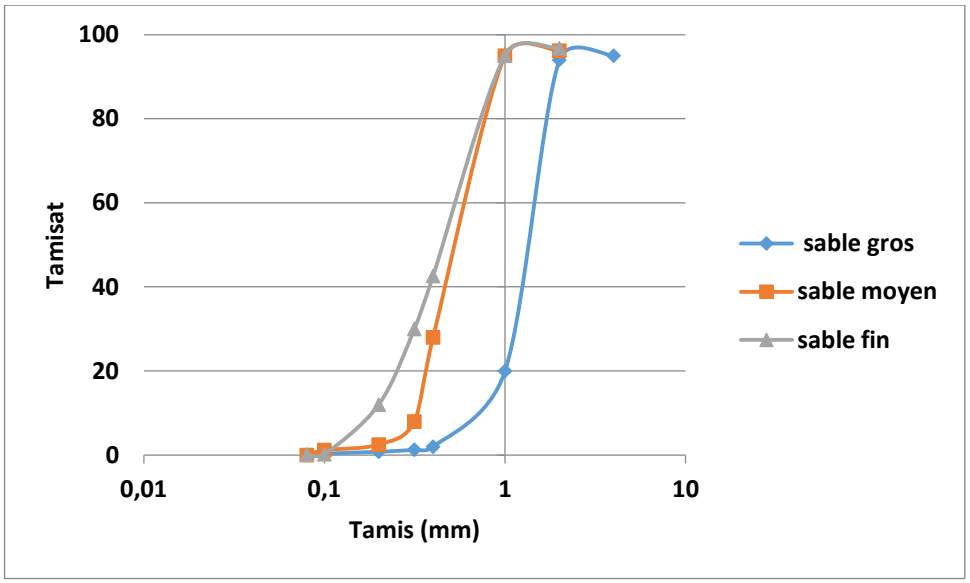


Figure II-5 Analyse granulométrique des sables silices

II.2.2.Gravier de marbre :

Le gravier utilisé dans cette étude est le gravier de marbre il provient de la région de Tébessa (gravier de marbre (2/4 et 4/8) figure II.6.7 la granulométrie et le caractéristique physique de gravier sont données respectivement dans la figure II.8 et le tableau II.2



Figure II.6. Marbre fin (2/4)



Figure II.7. Marbre gros (4/8)

Tableau II. 2. propriétés physiques de gravie.

Propriétés	Gravier		Normes
	Marbre 4/8	**Marbre 2/4**	
Masse volumique absolue (Kg/m3)	3.62	4.55	NF EN 1097-6
Masse volumique apparent (Kg/m3)	1.52	1.63	NF EN 1097-3
La porosité (%)	56.73	56.09	NF EN 1097-3

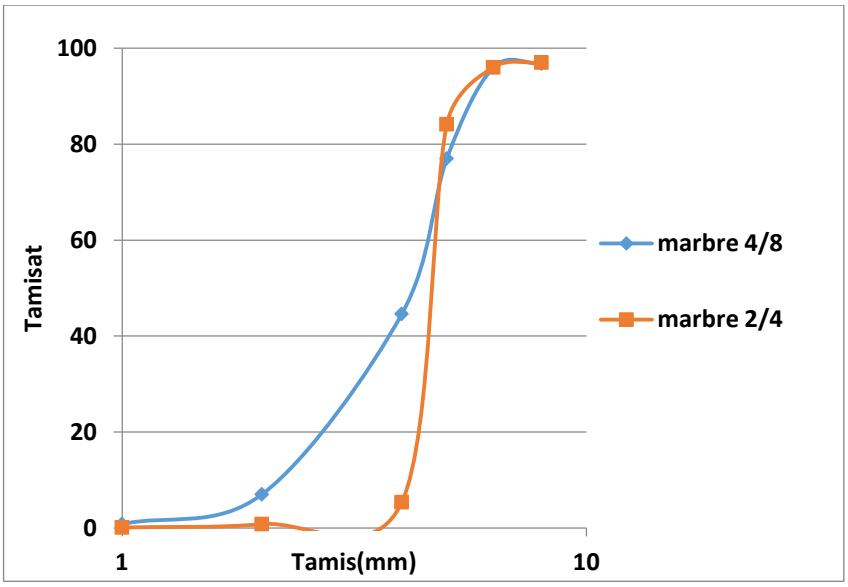


Figure II-8 Courbe granulométrique de marbre

II.2.3 Liant résineux (la résine + durcisseur)

Le liant utilisé dans cette étude est forme de deux composants :

II.2.3.1Résine époxy Protop 1000 :

Le liant est une résine bi-composante (50% base ,50% durcisseur)

La base est une résine époxyde de type bisphénol Epichlorhydrine ayant un indice d'époxyde de 2.6 et contenant une charge siliceuse.



Figure II.9.Résine époxy (protop1000)

II.1.3.2 Durcisseur (époxydique) :

Le durcisseur est un mélange amidoamine et d'un constituant aromatique ayant une basicité de 2.3 meq/g et contenant une charge siliceuse.



Figure II.10.Durcisseur époxydique (m-xylendiamine, isophoronediamine)

II .3.Préparation des Formulation

II .3.1 Composition des Mélange

Pour préparer mortier de résine. Il y a trois étapes nécessaires avant fabriquées le mortier de résine :

Une première étape ou on détermine le dosage de chaque constituant. Une deuxième étape consiste à sécher le mélange granulaire dans une étuve pendant 24 heures à 105 °C. Tandis que la troisième, on prépare les moules en les imprégnant d'un film transparent comme couche isolante afin de faciliter le démoulage des éprouvettes en mortier de résine.

Le tableau suivant résume la composition d mortiers résineux avec un dosage de résine

Constant se situe de 12.5% en poids des granulats.

Tableau II.3 Composition des mélange de mortier de résine (4×4×16cm)

Mortier résineux	Silice traité gros (g)	Silice traité moyen (g)	Silice traité fin (g)	Marbre 4/8 (g)	Marbre 2/4 (g)	Epoxy (g)	Durcisseur (g)
Dosage des matériaux	1800	1700	1500	1500	1500	713	286
Dosage en %	22.5	21.25	18.75	12.5	12.5	12.5	
	62.5			25		12.5	

II.3.2 Préparation et séquence de malaxage des mortiers de résine :

Un mortier de résine est formulé à partir des granulats séchés (sable + gravier) à 105 C. Ces granulats seront mélangés à l'état sec dans un récipient tout en respectant le dosage des constituants étudiés à des temps 30s.

Par la suite ; Mélange du résine et du durcisseur en respectant les proportions massiques étudiées Pendant 2 min. Le malaxage se fait à l'aide d'un mélangeur à résine(Agitateur). Après arrêt de 15s ; est introduit progressivement on ajoute le mélange du pré-polymère et le durcisseur avec les granulats. (Sables de silices et gravier de marbre) et le malaxage se fait Nous obtenons ainsi un mortier résineux à l'état frais.

II.3.2.1 Etape de remplissage des moules :

- On remplit les moules prismatiques 4x4x16 cm selon trois couches pour assurer la Stabilité à l'état frais du mortier résineux, afin d'éliminer les risques de sa ségrégation.
- Dans chaque couche mortier coulée subit 30 coups (compactage) avec une barre Métallique pendant 30 secondes.
- Après la dernier couche, on arase la surface supérieure des éprouvettes avec Une réglette
- les éprouvettes ont été démoulées après 4 heures et ont été Conservation dans une salle à température ambiante jusqu'à l'échéance des essais Mécaniques

Tableau II.4. Procédure de malaxage

	Etapes	Matériaux introduits	Durée de malaxage
Mortier de résine	**1**	Sable + gravier	30s
	2	Arête quelque second	15s
	3	Introduction (résine+ durcisseur)	30s
	4	Malaxage	120s

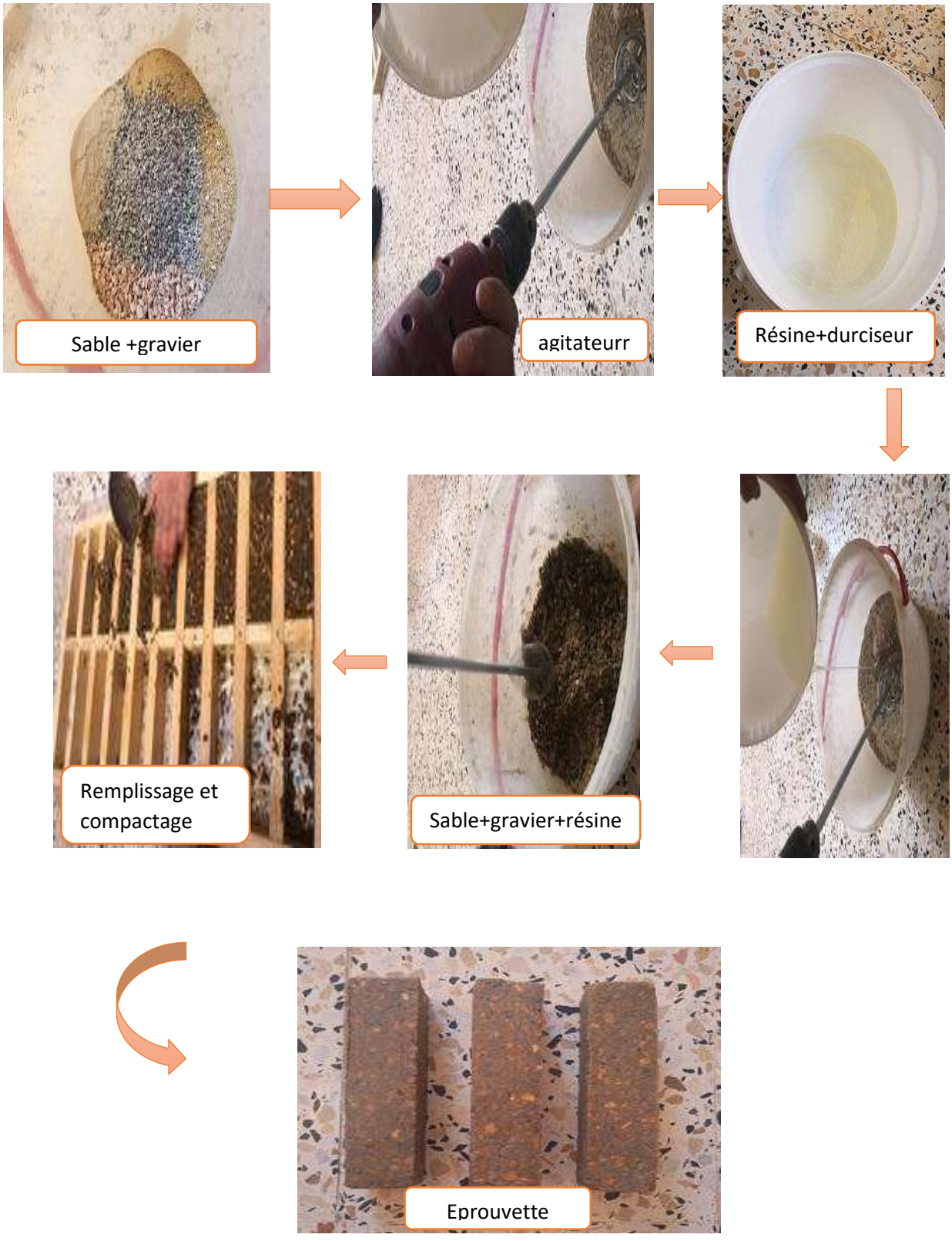


Figure II.11. Procédure de malaxage des mortiers de résine

II.4.Essai de caractérisation des mortiers

Les différents essais faits au cours de ce travail sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau II.5 les Essais Réalisées Sur les Mortiers à l'état Durci.

	Essai	**Normes**
	Compression	EN 196-1
Etat durci	Traction	EN 196-1

II.4.1 Essais mécanique

II.4.1.1 Essai de traction par flexion

Selon la norme [EN 196-1], l'essai consiste à rompre en flexion (par trois points) une éprouvette prismatique 40x40x160mm. La résistance à la traction par flexion est calculée donc par la formule suivante :

$\sigma t = 1.5\frac{p.l}{a^3}$ **……[EN 196-1]**



Figure II.12.Essai de traction par flexion 3 points

II.4.1.2 Résistance à la compression :

La résistance à la compression a été mesurée selon la norme [**EN 196-1]** par Compression axiale pour demi-prisme obtenus après l'essai de flexion d'éprouvettes de dimensions (4×4×8) cm.



Figure II.13.Essais de compression

II.5 Essais de durabilité :

II 5.1.Introduction

L'objectif de cette étude est de connaitre le comportement des mortiers résineux face aux attaques basique, sulfuriques et acides.

Pour la caractérisation de la résistance chimique, des éprouvettes prismatiques 40x40x160mm ont été confectionnées selon la Norme NF EN 196-1

Tableau II.6.caractérisation de la résistance chimique

Type de milieu agressif	Produit	Ph	Milieu de présence (industrie chimique)	Effet : corrosion ou dissolution
basique	**NaOH** **Hydroxyde de sodium**	12.10	-Fabrication de papier. Etude des conditions de dégradation d'une substance Pharmaceutique	métaux Exothermique
acide	**HCl** **Acide chlorhydrique**	2.10	Fabrication des engrais ou au décapage des métaux	Acier Béton
	NaCl **Chlorure de sodium**	5.25	Industrie verrière et de porcelaine en métallurgie comme en savonnerie	Intermétallique
	H_2So4 **Acide sulfurique**	2.10	Fabrication d'acide phosphorique par attaque du phosphate de calcium	Acier Béton
	MgSo4 **Sulfate de magnésium**	5-8	Cosmétique Traitement du problème de la peau	Béton armé
	HO_2CCH_3 **Acétique**	2.4	Dans la production d'anhydride acétique l'alimentation(production de vinaigres de fruit) Comme agent de nettoyage	Métaux (fer zinc)
	Na_2So4 **Sulfate de sodium**	7	- industrie textile	Métaux

II.5.2 Préparations des solutions

Les essais de durabilité ont été effectués conforment ASTM 267

II.5.2.1 Solution Basiques

II.4.2.1.1 Solution d'Hydroxyde de sodium (NaOH)

La solution agressive utilisée est une solution basique (soude caustique) très forte d'hydroxyde de sodium produit par la société Allemande SIGMA-ALDRICH. L'hydroxyde de sodium a une masse molaire de 39.99g/mole avec un degré de pureté de 57.48%.

Les éprouvettes de forme prismatique (4*4*16 cm^3) sont immergées dans une solution de sodium 5 ;7 10 15 % hydroxyde de sodium (NaOH).

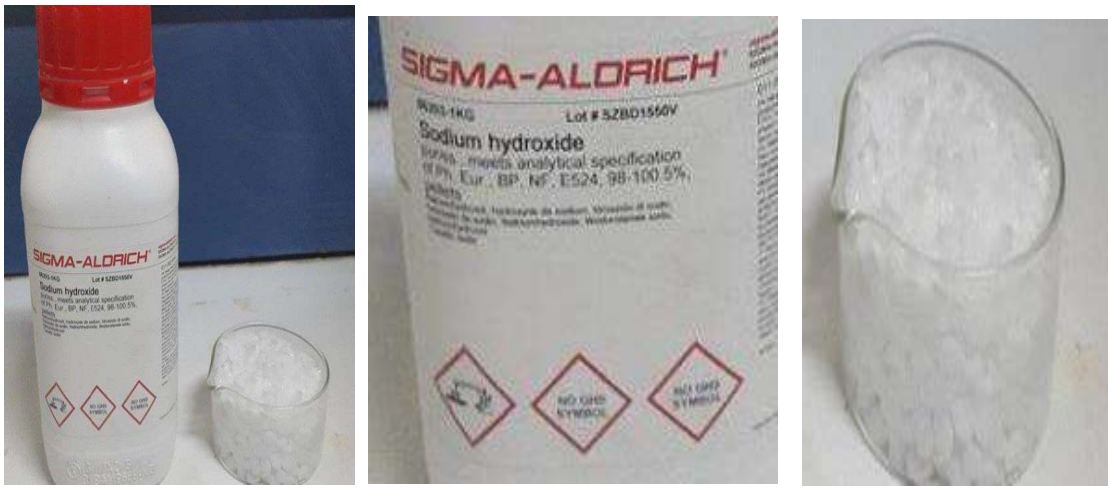


Figure II.14.Hydroxyde de sodium (NaOH)



Figure II.15. Mesure de la résistance à l'Hydroxyde de sodium(NaOH)

II.5.2.2 Solution Acides

II.5.2.1 Solution d'Acide chlorhydrique (HCl)

La solution agressive utilisée est une solution d'Acide chlorhydrique **produit** par la société Algérienne. L'acide chlorhydrique possède une masse molaire de 36.46 g/mole avec un degré de pureté de 97.23%.

Les éprouvettes de forme prismatique (4*4*16 cm3) sont immergées dans une solution d'acide de 5 7 % d'acide chlorhydrique (HCl).



Figure. II.16.Acide chlorhydrique(Hcl)



Figure II.17 Mesure de la résistance à l'acide (HCl).

II.4.2.2 Solution de chlorure de sodium (NaCl)

La solution de **chlorure de sodium**. Cette solution est produite par la société Allemande. Cet acide avec une masse molaire de 58.44 g/mole et un degré de pureté de 60%.

Les éprouvettes de forme prismatique (4*4*16 cm3) sont immergées dans une solution de sodium 5 7 10 15 % hydroxyde de sodium (NaCl).



Figure. II.18.chlorure de sodium(NaCl)



Figure.II.19. Mesure de la résistance au chlorure de sodium (NaCl)

II.4.2 Essais de durabilité

II.4.2.1 Perte de masse

Le degré de l'attaque du milieu agressif est mesuré à travers la perte de masse des éprouvettes. La perte de masse est déduite comme suit :

$$\text{Perte de masse } \% = \frac{M1-M2}{M1} \times 100$$

M_1 : la masse des éprouvettes avant l'immersion dans la solution (g)

M_2 : la masse des éprouvettes après l'immersion dans la solution (g)

II.4.2.2 Essai de perméabilité aux ions chlorures

La durabilité des mortiers de résine à la diffusion des ions chlorure a été réalisée sur des éprouvettes cylindriques ; 10 cm de diamètre et 5 cm d'épaisseur (Figure II.21). L'essai consiste à mettre sous vide les échantillons de mortier dans un dessiccateur relié à une pompe (Figure II.21), pendant 3h. Ces échantillons sont ensuite saturés en eau distillé pendant 24h.



Figure II.20. Eprouvette cylindrique et Dessiccateur relié à une pompe

Après saturation, les éprouvettes sont insérées dans des cellules de diffusion des ions chlorures (figure II.22). Ces cellules sont composées de deux compartiments : le compartiment en amont, relié à l'anode, est rempli d'une solution basique de NaOH (g/L) de dosage 0,3% et le compartiment en aval, relié à la cathode, est rempli d'une solution acide de NaCl (g/L) de dosage 3%. L'attaque par les ions Cl- se fait pendant 24h en imposant une différence de potentiel entre les deux électrodes. Ces ions chlorures migrent de la cathode vers l'anode.



Figure II.21: Le dispositif expérimental Essai de perméabilité aux ions chlorures

II.4.2.2.2 Essai de variation du PH :

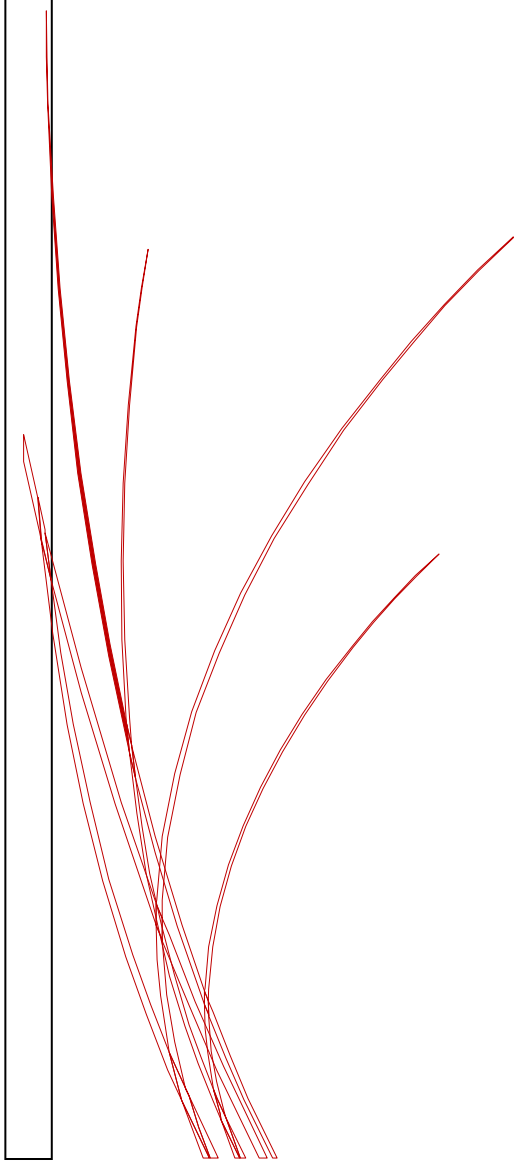
Le suivi de la lecture du pH de la solution acide et la solution basique est réalisé grâce à un lecteur de PH durant la période d'immersion des éprouvettes, Figure II.23.



Figure II 22: Lecture du pH

Chapitre III

Résultats et interprétations



III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous présentons l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus pour les différents essais réalisées sur le mortier résineux aux agents agressifs.

III.2 Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des différents éléments constituants :

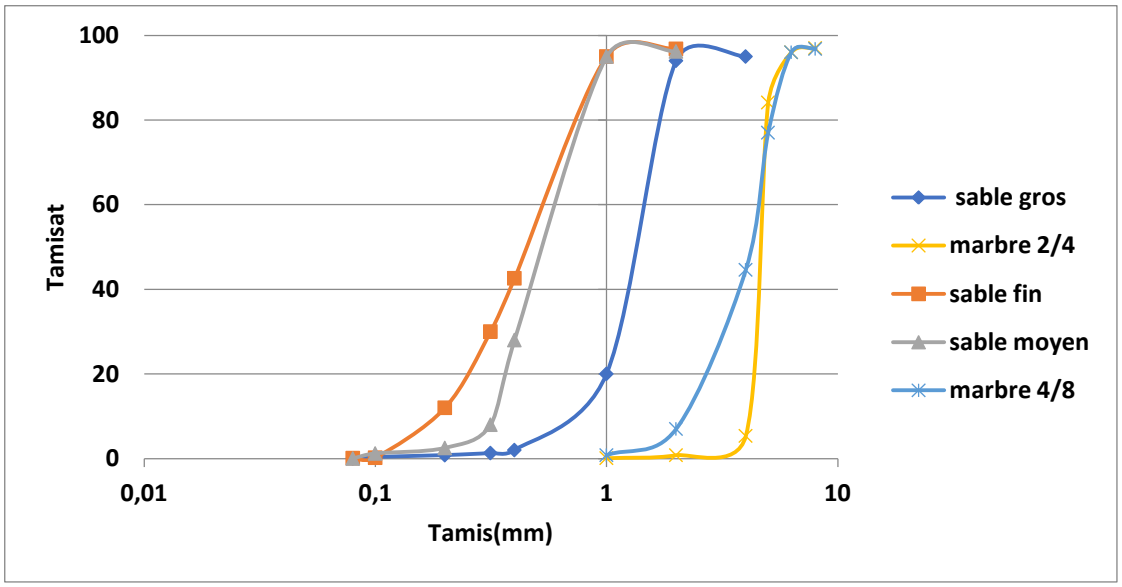


Figure III.1 : analyse granulométrique des granulats

III.3.Résistance aux milieux agressifs

1. La résistance à la solution basique :

a) La résistance à l'Hydroxyde de sodium (NAOH) :

- **Perte de masse :**

Les résultats de la variation relative de la masse en fonction de la période d'immersion dans la solution NAOH des éprouvettes de mortier à base de résine sont montrés sur la Figure III.5

On remarque une diminution de masse des éprouvettes de MR avec les périodes d'immersion pour l'ensemble des pourcentages étudiés. Cette diminution est lié à lixiviation de la pâte de mortier engendré par la présence de NAOH ce qui provoque un déchaussement de granulats. Cette diminution est variée selon les pourcentages de chaque solution.

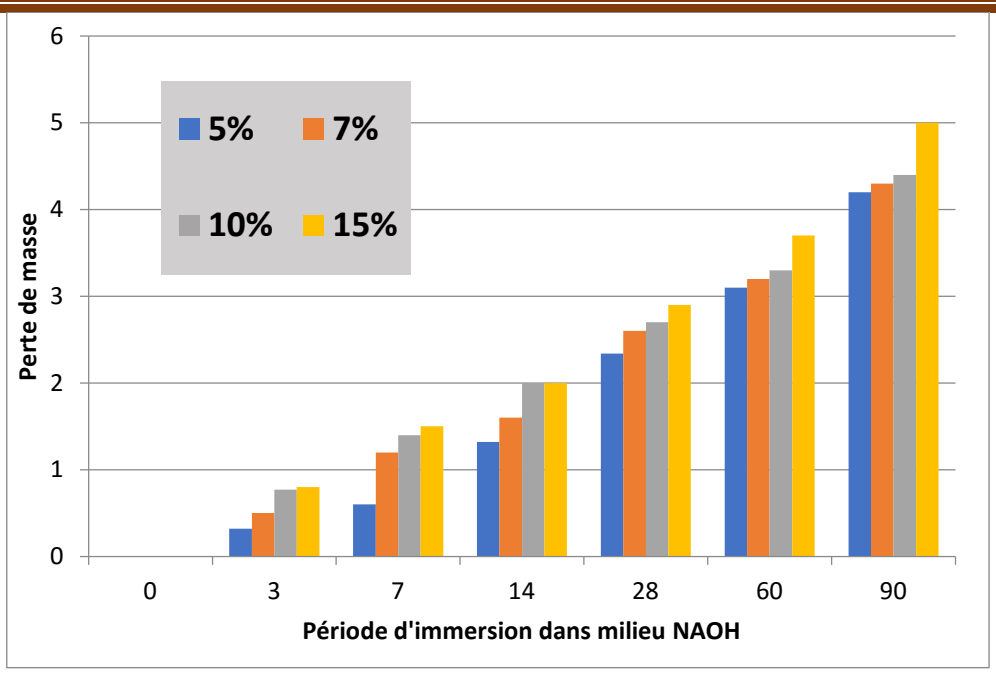


Fig.III.2: Evolution perte de masse des mortiers résineux en fonction de la période d'immersion dans une solution de NAOH.

- **Aspect visuel**

L'état des éprouvettes de mortiers à base de résine avant et après 2,3 et 4 semaines d'immersion dans la solution de NaOH sont présentés sur les figures ci-dessous III.6 et III.7 Nous avons constaté une légère détérioration superficielle liée à l'augmentation de volume de l'éprouvette étudiée.



Avant immersion en NaOH	Après 2 semaines d'immersion dans NAOH

Figures III.3: Aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux avant et après 2 semaines l'immersion dans la solution NaOH.



Après 3 semaines d'immersion dans NAOH

Après 4 semaines d'immersion dans NAOH

Figures III.4: Aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux et après 3 semaines et 4 semaines l'immersion dans la solution NaOH.

2. La résistance aux solutions acides :

a)La résistance au chlorure de sodium (NACL) :

- **Perte de masse**

Les résultats de la variation relative de la masse des mortiers résineux en fonction de la période d'immersion dans la solution NaCL sont montrés sur la Figure III.8. Selon ces figures :

On remarque une diminution de masse des éprouvettes de MR avec les périodes d'immersion pour l'ensemble des pourcentages étudiés. Cette diminution est lié à lixiviation de la pâte de mortier engendré par la présence de NACL ce qui provoque un déchaussement de granulats. Cette diminution est variée selon les pourcentages de chaque solution.

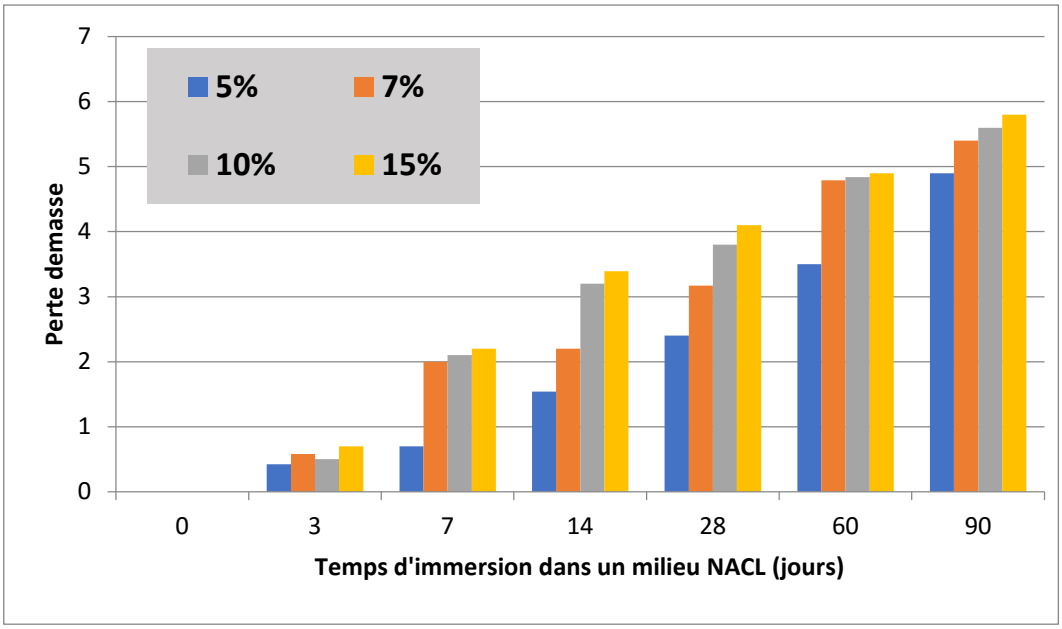


Fig III.5: Evolution perte de masse des mortiers résineux en fonction de la période d'immersion dans une solution de NACL.

- **Aspect visuel**

L'état des éprouvettes de mortiers à base de résine avant et après 2,3 et 4 semaines d'immersion dans la solution de Nacl sont présentés sur les figures III.9 et III.10 Nous avons constaté une légère détérioration superficielle liée à l'augmentation de volume de l'éprouvette étudiée.



Figures III.6: aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux avant et après 2semaines d'immersion dans la solution NACL.



Après 3 semaines d'immersion en NACL

Après 4 semaines d'immersion en NACL

Figures III.7: aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux après 2 et 3 semaines d'immersion dans la solution NACL.

b) La résistance à l'acide chlorhydrique (HCL) :

- **Perte de masse**

Les résultats de la variation relative de la masse en fonction de la période d'immersion dans la solution HCL des éprouvettes de mortier à base de résine sont montrés sur la Figure III.11 Selon ces figures :

On remarque une diminution de masse des éprouvettes de MR avec les périodes d'immersion pour l'ensemble des pourcentages étudiés. Cette diminution est lié à lixiviation de la pâte de mortier engendré par la présence de HCL ce qui provoque un déchaussement de granulats. Cette diminution est variée selon les pourcentages de chaque solution.

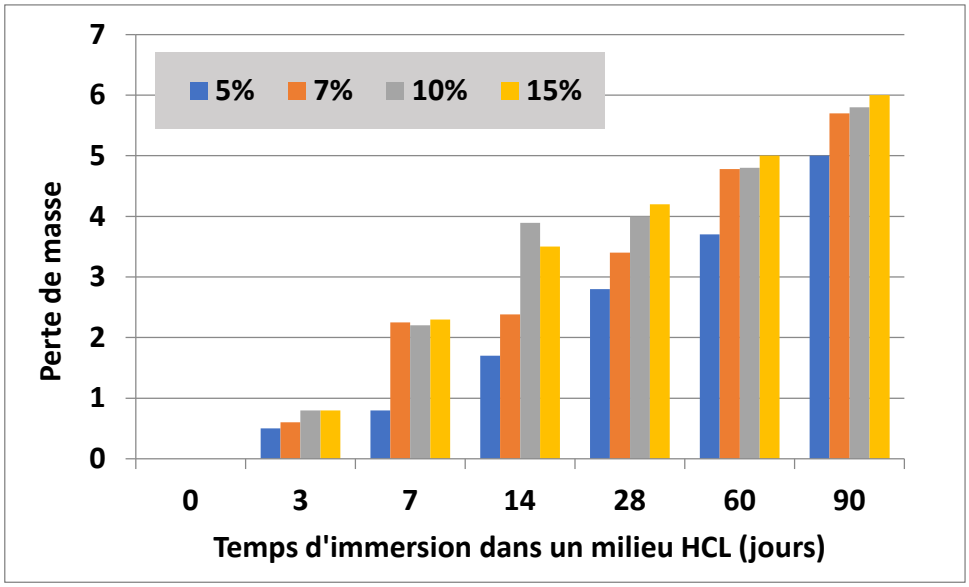
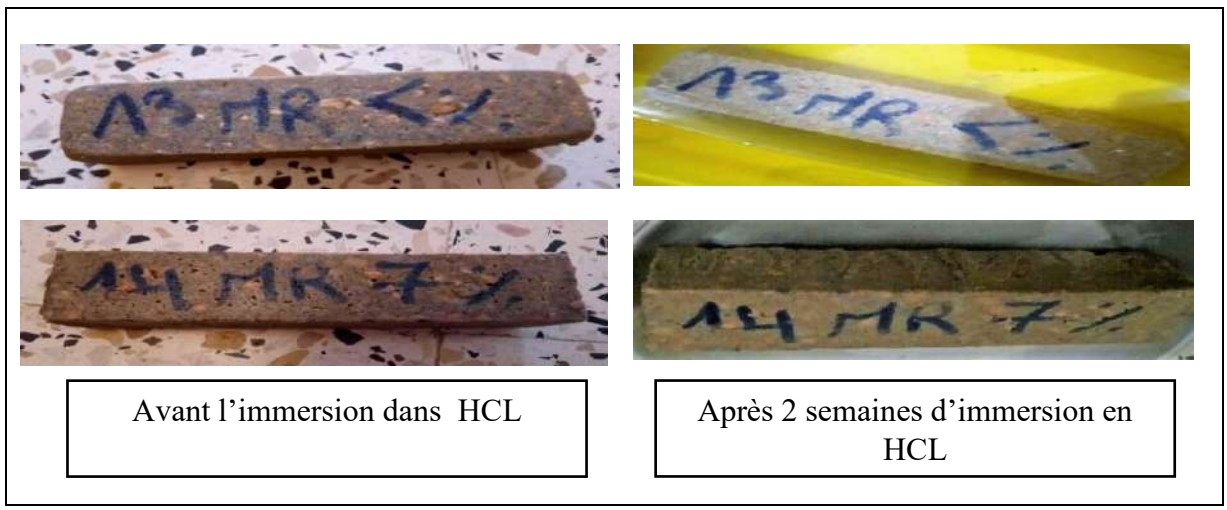


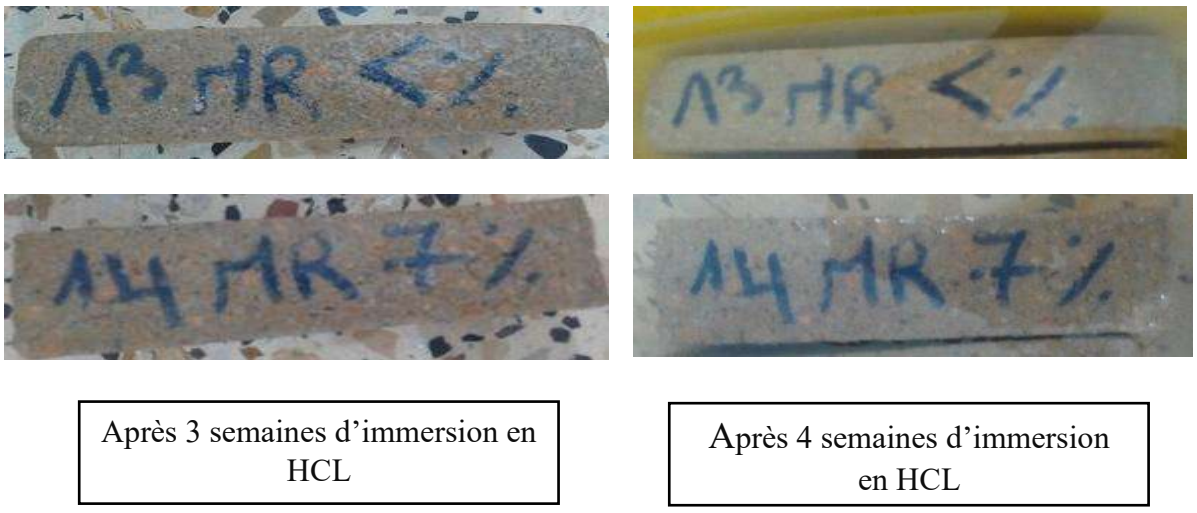
Fig III.8: Evolution perte de masse des mortiers résineux en fonction de la période d'immersion dans une solution de HCL.

- **Aspect visuel**

L'état des éprouvettes de mortiers à base de résine avant et après 2,3 et 4 semaines d'immersion dans la solution de HCL sont présentés sur les figures III.12 et III.13 Nous avons constaté une légère détérioration superficielle liée à diminution de volume de l'éprouvette étudiée.



Figures III.9: Aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux avant et après 2 semaines d'immersion dans la solution HCL.



Figures III.10: Aspect visuel des éprouvettes de mortiers résineux après 3 et 4 semaines d'immersion dans la solution HCL.

III.4.Etude comparatives sur la perte de masse en fonction des milieux agressifs

A/ à l'âge de 7, 28 et 90 jours :

Il y a une augmentation marquée de la perte de masse avec le temps surtout de solution HCL et NACL par rapport solution NAOH. Donc la perte de masse de mortier résineux dans les solutions acides est plus que les solutions basiques.

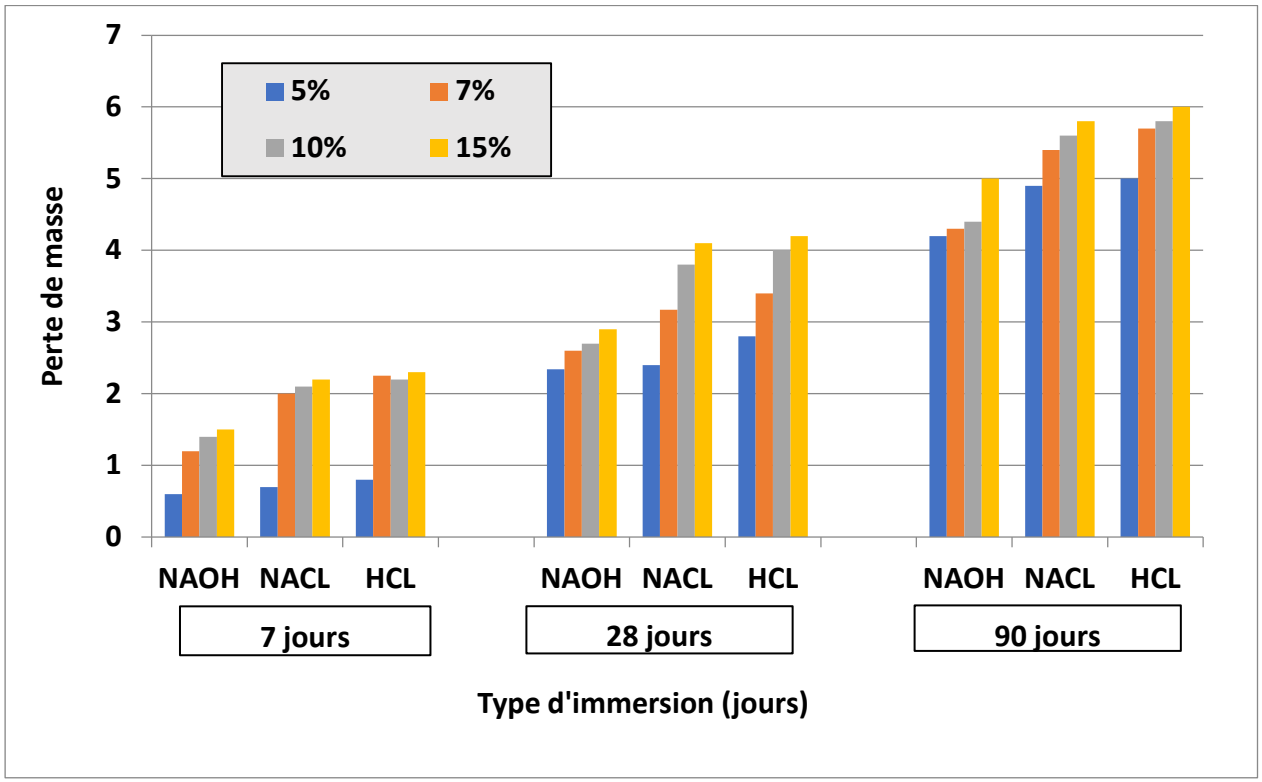


Figure III.11: Variation de la perte masse des mortiers résineux à l'âge de 28 et 90 jours d'immersion dans des solutions agressives.

B/ en fonction des dosages :

A la fin d''immersion, la perte de masse augmente dans les deux solutions (5% et 15 %). On note une valeur de 5 dans la solution à 5% de HCL et une valeur de 6 dans la solution à 15% de HCL dont on conclut que lorsque la dose de produit est importante, la perte de masse également augmente.

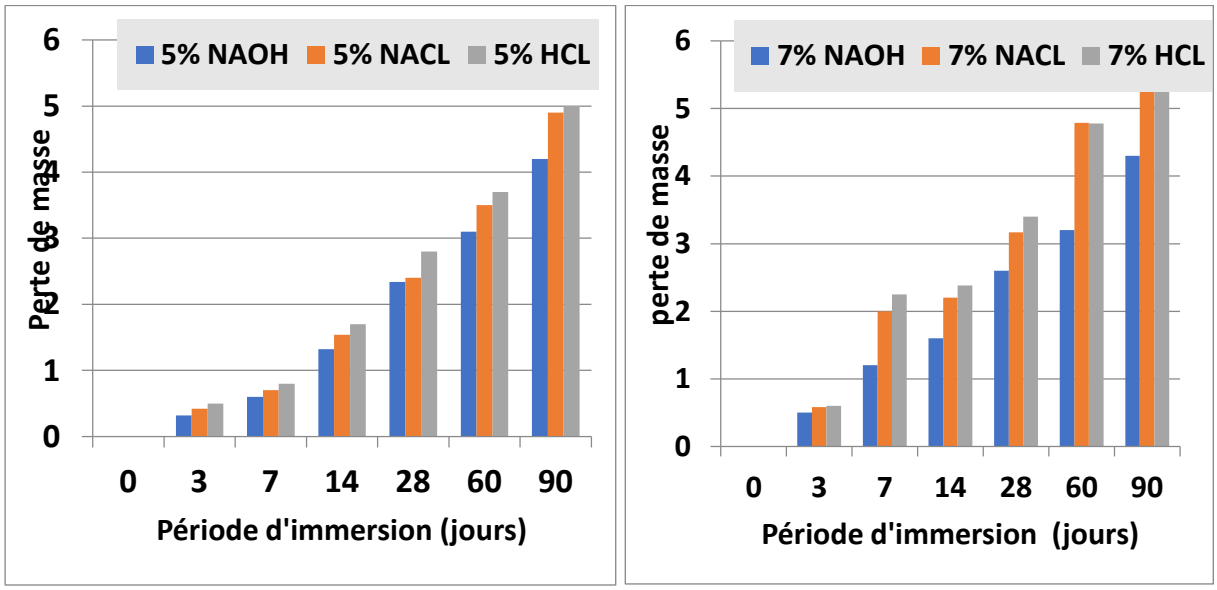


Figure III.12: Variation de la perte masse des mortiers résineux en fonction de la période D'immersion dans solutions de 5%,et 7% en HCl, NaOH et NaCl.

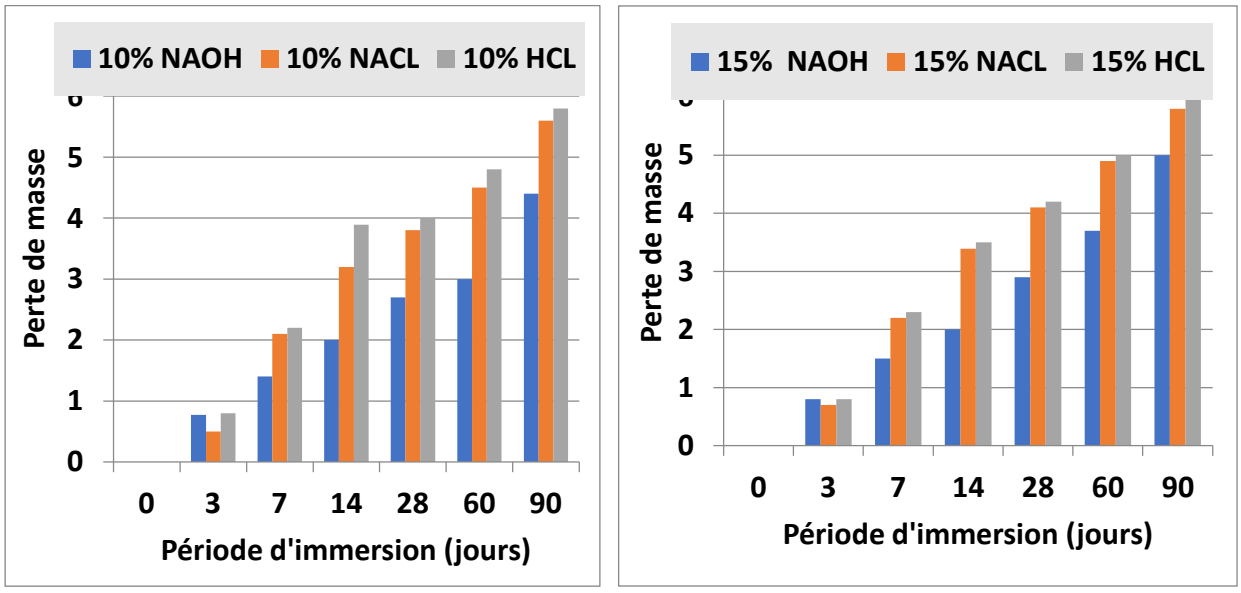


Figure III.13: Variation de la perte masse des mortiers résineux en fonction de la période d'immersion dans solutions de 10%,et 15% en, NaOH et NaCl.

III.5.Evaluation de la perméabilité aux ions chlorure

Nous observons que les solutions acides (HCL, NACL) est plus perméable que les solutions basiques NAOH).

L'évolution de la perméabilité aux ions chlorure est illustrée dans le figure suivant :

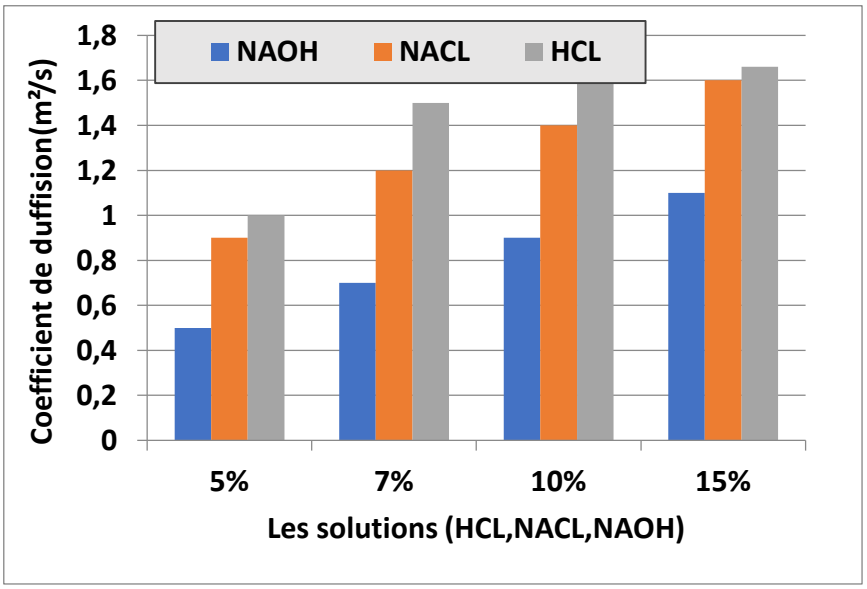


Figure III.14: Evolution de la perméabilité en fonction de dosage des solutions (HCL, NACL, NAOH).

III.6.Résistance mécanique

- **Résistance à la traction par flexion**

Les tableaux III.1 III.2 III.3 ci-dessous présentent la résistance à la flexion de mortiers résineux après 90 jours d'immersion. Les résultats obtenus montrent que quelque soit le dosage de la solution, la résistance à la flexion de mortier résineux est diminué Légèrement après la période d'immersion.

Cette diminution est due à la lixiviation, désintégration de la pâte résineuse et au déchaussement de granulats de MR. Le mortier époxy devient moins fragile. Finalement, les résistances mécaniques obtenues après l'immersion répondue aux besoins de chantier.

Tableau III.1: Résistance à la traction par flexion des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution NAOH.

Dosage de solution	Rt (MPa) Après l'immersion en NAOH
MR 5 %	27.28
MR 7 %	26.34
MR 10 %	24.41
MR 15 %	22.65
Témoin	28.64

Tableau III.2: Résistance à la traction par flexion des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution NACL.

Dosage de solution	Rt (MPa) Après l'immersion en NACL
MR 5 %	26.53
MR 7 %	25.41
MR 10 %	23.16
MR 15 %	22.52
témoin	28.64

Tableau III.3: Résistance à la traction par flexion des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution HCL.

Dosage de solution	Rt (MPa) Après l'immersion en HCL
MR 5 %	26.14
MR 7 %	24.28
MR 10%	22.47
MR 15%	21.78
témoin	28.64

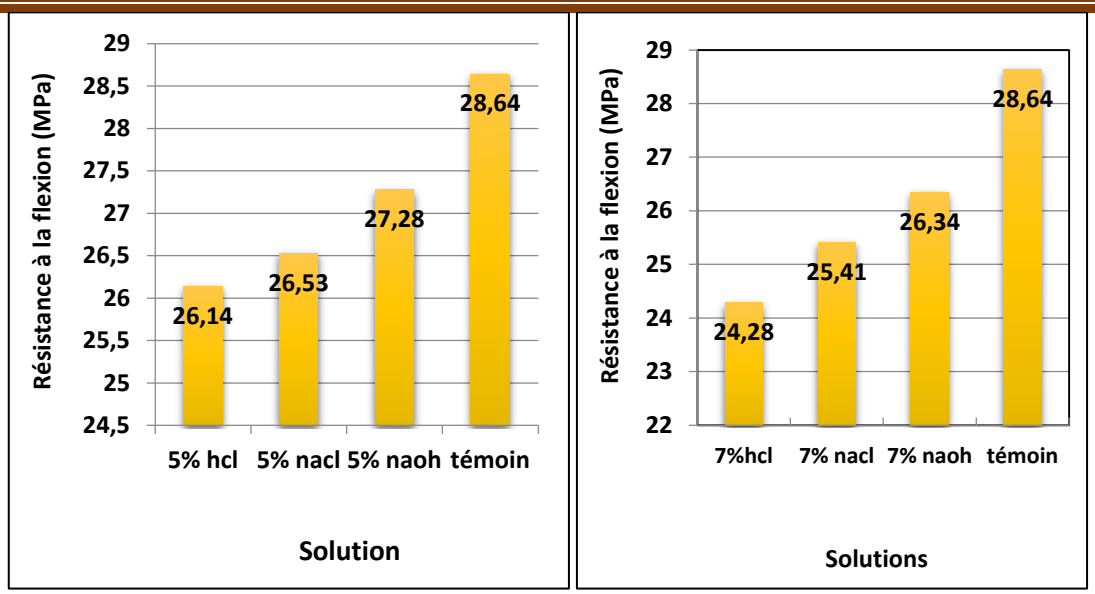


Figure III.15: contrainte de flexion en fonction des solutions de 5% et 7% (HCL, NACL, NAOH) mortier résineux.

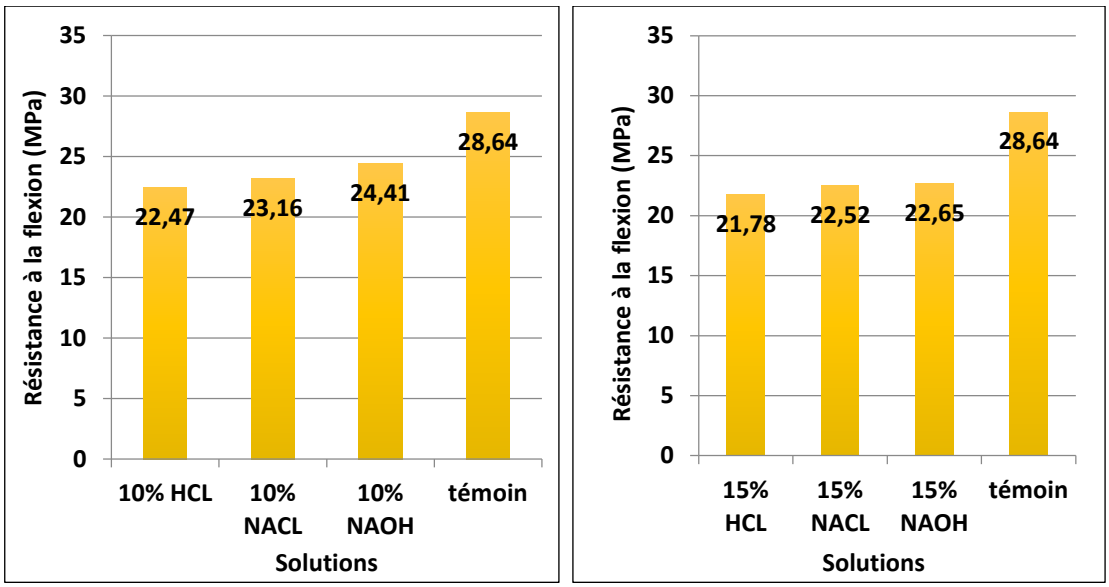


Figure III.16: contrainte de flexion en fonction des solutions de 10% et 15% (HCL, NACL, NAOH) mortier résineux.

a)Mode de rupture



Figure III.17: mode de rupture sur la résistance à la traction par flexion mortier résineux.

- **Résistance à la compression**

Les résultats des essais de compression de mortier résineux sont présentés Dans les figures ci-dessous III.21 III.22.

On remarque une relation inverse quand le dosage de solution augmente, la résistance est diminue, après la période d'immersion. Avec un endommagement sous forme de fissurations.

Ces résultats confirment les résultats d'autres chercheurs **[Gorninski et Wan Jo.08] et [Haider et al.11]** qui ont constaté que la résistance du MR dans les solutions acides et basique est toujours diminuée avec l'augmentation de la dose de produit utilisé.

Les tableaux III.4 III.5 III.6 ci-dessous présentent la résistance à la compression de mortiers résineux après 90 jours d'immersion.

Tableau III.4 : Résistance à la compression des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution NAOH.

Dosage de solution	Rc (MPa) Après l'immersion en NAOH
MR 5 %	84.86
MR 7 %	82.36
MR 10 %	77.25
MR 15 %	77.15
Témoin	85.56

Tableau III.5 : Résistance à la compression des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution NACL.

Dosage de solution	Rc (MPa) Après l'immersion en NACL
MR 5 %	82.84
MR 7 %	80.65
MR 10 %	77.11
MR 15 %	76.54
Témoin	85.56

Tableau III.6 : Résistance à la compression des mortiers à base de résine après l'immersion dans la solution HCL.

Dosage de solution	Rc (MPa) Après l'immersion en HCL
MR 5 %	81.91
MR 7 %	78.25
MR 10 %	75.88
MR 15 %	74.94
Témoin	85.56

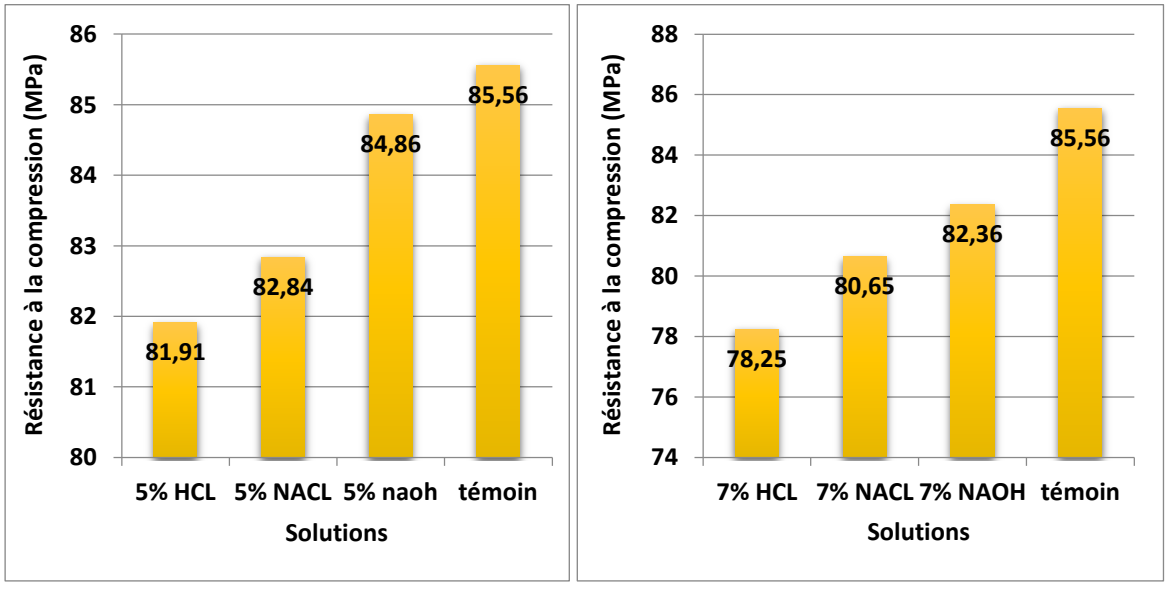


Figure III.18: contrainte de compression en fonction des solutions de 5% et 7% (HCL, NACL, NAOH) mortier résineux.

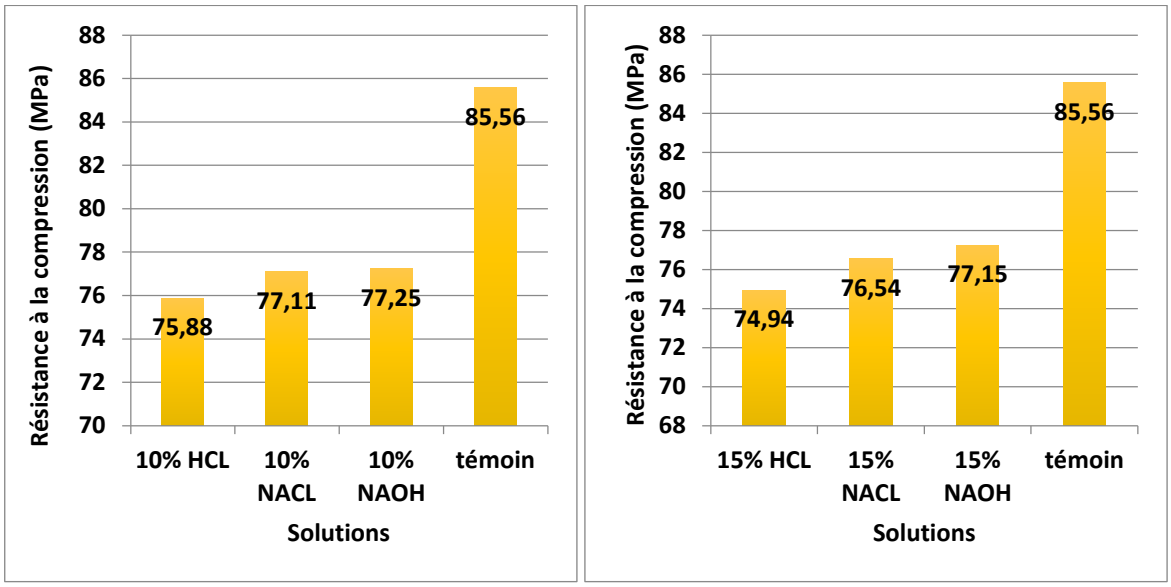


Figure III.19: contrainte de compression en fonction des solutions de 10% et 15% (HCL, NaCL ,NAOH) mortier résineux.

a)Mode de rupture :



Figure III.20: mode de rupture sur la résistance à la compression de mortier résineux.

III.7.Essai de variation du PH

Les résultats obtenus permettent d'évaluer le degré d'attaque de la solution acide sur les différents échantillons pour montrer l'effet de l'agressivité chimique sur la résistance des mortiers, Lorsque les solutions sont renouvelées, le pH de la solution acide (HCl,NaCL)est augmenté jusque 7 ,et après quelques jours le pH se stabilise ,le PH de la solution basique (NaOH)est augmenté jusque 13 et après quelques jours le pH se stabilise ; Cette augmentation de PH est due au fait que le mortier de résine absorbe l'acide et la stabilité de PH est due au fait que la solution est devenue neutre.

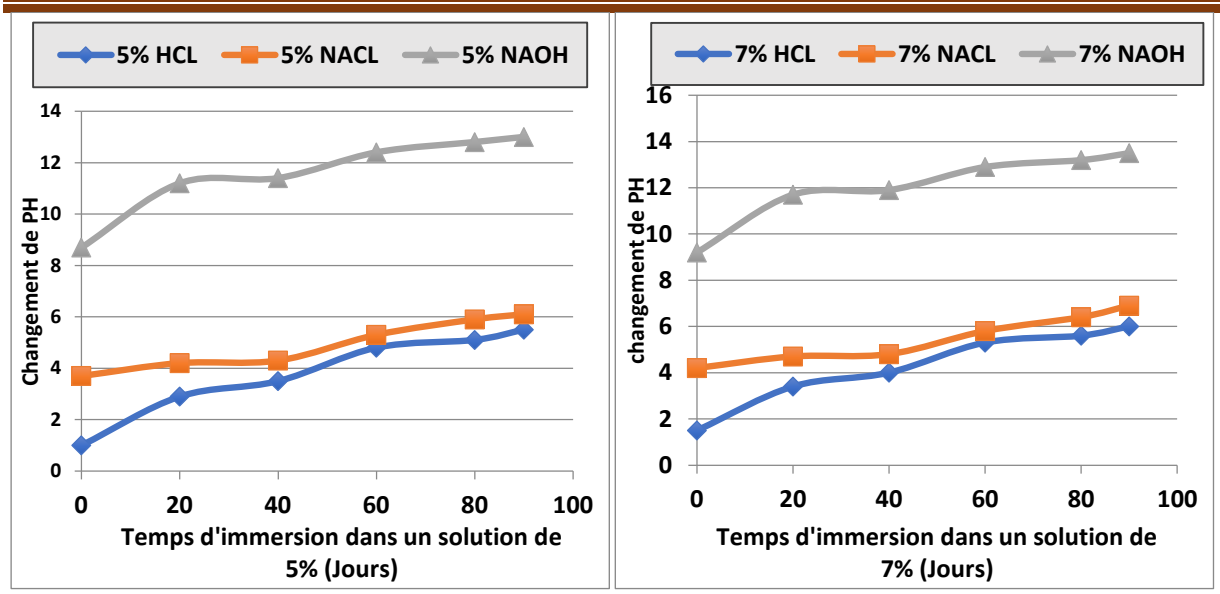


Figure III.21: Evolution de PH en fonction de temps d'immersion dans les solutions de 5 % et 7% (HCL, NaCL, NAOH)

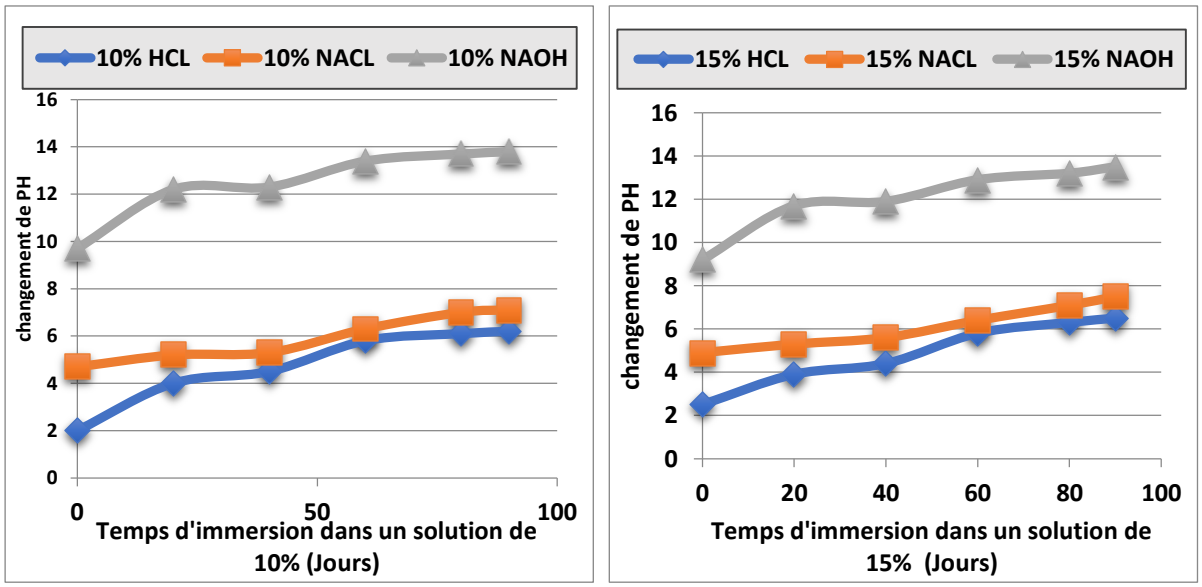


Figure III.22: Evolution de PH en fonction de temps d'immersion dans les solutions de5 % et 7% (HCL, NaCL, NaOH).

III.8.Comparaison entre le mortier résineux et le mortier ciment

Si les professionnels appellent le mortier <colle>, c'est justement à cause de l'adhésif qui agit comme adhésif et colle entre les différents éléments. Le ciment est le plus couramment utilisé pour fabriquer du mortier de ciment, et la résine pour fabriquer mortier de résine.

D'après les résultats, on note que la résistance à la traction en flexion de MR est de 28,64 MPa et la résistance à la compression de MR est de 85,56 MPa. Alors que la résistance à la flexion de mortier de ciment est égale à 7,6 MPa et la résistance à compression égale à 34,5 MPa, nous concluons que le mortier de résine a une résistance plus élevée que le mortier de ciment, et cela est dû au fait que la résine a une forte résistance chimique et mécanique par rapport au ciment.

Conclusions générale

L'objectif de ce travail consiste à la détermination des propriétés de mortier résineux à durabilité. Ces sont les propriétés physiques, des propriétés mécaniques, et se durabilité aux solutions acides et basiques. Les essais révèlent conduit à :

- Les mortiers résineux présent une augmentation de la perte de masse pour l'ensemble des pourcentages étudiées.
- la diminution est lié à lixiviation de la pâte de mortier engendré par la présence de produit chimique (HCL, NACL, NAOH) ce qui provoque un déchaussement de granulats.
- La résistance a la flexion de MR est de 28.64MPA tandis que le mortier de ciment sa résistance de flexion est de 7.6MPA.
- La résistance a la compression de MR est de 85.56MPA tandis que le mortier de ciment sa résistance de compression est de 34.5MPA.
- MR dans les solutions acides sont un peu perméables que les solutions basiques.
- les trois solutions enregistré une évolution rapide de Ph qui augmente dans les premières jours après se stabilise après 3 mois.
- la résine a une forte résistance chimique et mécanique par rapport au ciment.

Références bibliographiques :

[1] J. Houtmeyers, Livre blanc du chlore, BelgoChlor c/o Fedichem ed. Bruxelles: BelgoChlor, 2003.

[2] OHA-10 Y.Ohama, polymers in concrete, 13th International congress functional, 10-12 February 2010, Madeira, Portugal.

[3] site internet bgbéton.

[4] Haider murhaf Optimisation et durabilité des micro-bétons à base d'époxyde. Cergy, France, pp10-11.

[5] Elhabib Abdelkrim Tounsi Amel .Etude expérimentale d'introduction des résines polymères dans les bétons. Algérie : université de Médéa DR.YEHYA FARES ,2018pp7.

[6] Rasem Fatima Chennouf Asma Etude expérimentale de l'effet de la température sur les comportements mécaniques d'un mortier de polymère : université de Médéa DR.YEHYA FARES ,2019pp17.

[7] site internet : jardiner le monde.fr.

[8] site internet https://www.infociments.fr/betons/resistance-aux-agents-agressifs.

[9] TUYAUTERIES COMPOSITES : MATERIAUX DE BASE, METHODES DE FABRICATION, RESISTANCE A L'HYDROLYSE. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES ET ETAT DE L'ART

COMPOSITE PIPING : BASIC MATERIALS, MANUFACTURING METHODS, HYDROLYSIS RESZSTANCE. BIBLZOGRAPHZCAL DATA AND STATE OF THE ART.

[10] site internet Ooreka maison/mortier époxy.

[11] D. Fowler, Cement and Concrete Composites, vol. 21, pp. 449-452, 1999.

[12] I. Mc Naught Shaw, "Interactions between organic polymers and cement hydration products", thèse de l'Université de Birmingham, 1989.

[13] T. Sebök, O. Stranel, Cement and Concrete Research, vol. 34, pp. 1853-1858, 2004.

[14] C. Cheng-Hsin, R. Huang, W. JK, C. Chien-Hung, Construction and Building Materials, vol. 20, pp. 706-712, 2006.

[15] D. Whiting, DE. Kline, Journal of Applied Polymère Science, vol. 20, pp. 3353-3363, 2003.

[16] L. Cresson, British Patent 191, vol. 474, 1923.

[17] V. Lefebure, British Patent 217, vol. 279, 1924.

[18] Y. Ohama, Cement and Concrete Composites, vol. 209, pp. 189-212, 1998.

[19] P. Mani, A. Gupta, S. Krishnamoorthy, International Journal of Adhesion and Adhesives, vol. 7, pp. 157-163, 1987.

[20] Naziha Benzannache caractérisation mécanique des bétons polymers à base de résine renforcés par les granulats doctorat de l'université du 08 mai 1945 GUELMA 2017.

[21] Rasem Fatima Chennouf Asma Etude expérimentale de l'effet de la température sur les comportements mécaniques d'un mortier de polymère : université de Médéa DR.YEHYA FARES ,2019.

Pro Top 1000

Liant époxy universel
Fiche Produit page 1/2

Description
Pro Top 1000 est une résine époxy bi composant non solvantée.
Pro Top 1000 est utilisé comme liant universel. Il possède en outre de bonnes résistances chimiques.

Destination
Comme liant, pour tous les systèmes de revêtements de sol, sauf les revêtements
Auto-lissants et peintures de finition.

Environnement
Pro Top 1000 est sans solvant, sans nonyphénol et pratiquement sans odeur à l'application.
Consulter la Fiche de Données de Sécurité pour plus de renseignements.

Rapport des composants
2.5 parts du composant A pour 1 part du composant B, en poids.
2.3 parts du composant A pour 1 part du composant B, en volume.

Température d'application
Température du support recommandée entre 15-25°C, pas en dessous de 10°C.
Température du support devra être 3°C au dessus du point de rosée lors de la mise en œuvre et de l'application.

Temps d'application/pot life
Les composants, une fois mélangés, seront mis en place avant 30' à 18°C.
Une température plus élevée réduira ce temps de travail.

Durcissement (à 18°C)
Peut être recouvert après 18 hrs.
Circulation piétonne après 18 hrs.
Durcissement complet 5/7 jours.

Couleur
Transparent.

Extrait sec
Approx. 100 %.

Finition
Brillant.

Densité
Composant A approx. 1.13 kg/litre.
Composant B approx. 1.05 kg/litre.
A+B approx. 1.10 kg/l.

Stockage
12 mois en emballage fermé entre 15°C et 40°C.

Conditionnement
Corposants A+B :

15 kg	1400 kg
560 kg	2800 kg

Flowcrete France SAS au capital 40 000 €
2 Avenue de Montboulon
Bâtiment A F-77165 SAINT-SOUPPLETS
Tél: 01 60 61 74 42 Fax: 01 64 33 11 61
E-mail: france@flowcrete.com
Flowcrete France SAS is an RPM company

RCS Compiègne 532 988 177 – TVA Intracommunautaire
FR53 532988177 - Siret 532 988 177 00020 - APE 4673B

Pro Top 1000

Liant époxy universel
Fiche Produit page 2/2

Destination	Rapport de mélange (en poids)	Application	Epaisseur (mm)
Couche d'égalisation ou titre à 0 avant pose d'un revêtement semi-épais.	1 part de Pro Top 1000 pour 1 à 2 parts de silice calibrée 0,1/0,3 mm.	Lisseuse ou peigne crantée.	1
Mortier de reprofilage de 3 à 15 mm.	1 part de Pro Top 1000 pour 8 à 10 parts de silice calibrée pour mortier (courbe 0 à 2 mm).	Lisseuse puis égalisation par talochage manuel ou mécanique.	3 à 15 mm en une passe.
Mortier de reprofilage 15/60 mm.	1 part de Pro Top 1000 pour 8 parts de silice calibrée pour mortier (courbe 0 à 2 mm) et 4 parts de silice 3/6 mm.	Lisseuse puis égalisation par talochage manuel ou mécanique.	15 à 60 mm en une passe.
Mortier thixotrope pour gorges et applications verticales.	1 part de Pro Top 1000 pour 7 parts de silice calibrée pour mortier (courbe 0 à 2 mm) et 0,06 part d'agent thixotropant pour résine.	Lisseuse	3 à 10 mm

Nos fiches techniques ont pour objectif de vous conseiller d'après nos connaissances les plus récentes, nous nous réservons donc le droit de modifier à tout moment le contenu de celles-ci. L'emploi des produits doit être adapté aux conditions spécifiques à chaque situation. Par ailleurs, nos produits doivent être mis en œuvre par des personnes qualifiées.

Flowcrete France SAS au capital 40 000 €
2 Avenue de Montboulon
Bâtiment A F-77165 SAINT-SOUPPLETS
Tél: 01 60 61 74 42 Fax: 01 64 33 11 61
E-mail: france@flowcrete.com
Flowcrete France SAS is an RPM company

ADHERENT SFMR MÉTIERS DE LA RÉSINE

RCS Compiègne 532 988 177 – TVA Intracommunautaire
FR53 532988177 - Siret 532 988 177 00020 - APE 4673B

Annexe 2 :

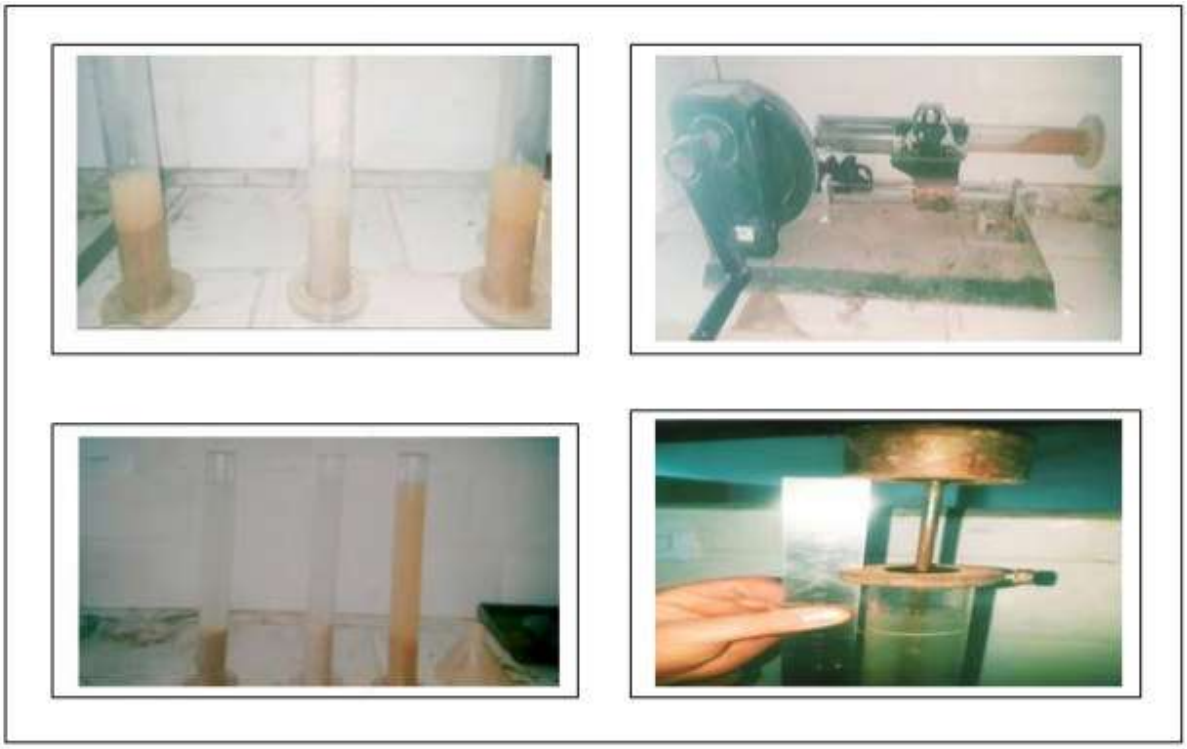
L’équivalent de sable Selon la norme [NA455 2006]

- ✓ On remplies les éprouvettes avec l’eau, jusqu'au premier trait ;
- ✓ On verse une quantité de 120g de sable en éliminant les bulles d'air
- ✓ On Bouche les éprouvettes et on les agite par des mouvements rectilignes horizontaux de20cm d'amplitude, 90 allers retours en 30 secondes (effectués de manière automatique par la machine.
- ✓ On lave et on remplies les éprouvettes, avec le tube plongeur.
- ✓ On rince le bouchon au dessus de l'éprouvette.
- ✓ On faire descendre le tube laveur en le faisant tourner entre les doigts pour laver les parois intérieures de l'éprouvette.
- ✓ On lave le sable en faisant descendre et on remonte lentement le tube laveur dans la masse de sable pour faire remonter les particules fines dans la solution supérieure.
- ✓ On faire Sortir le tube, et on ferme le robinet lorsque le niveau du liquide atteint le trait. supérieur puis laisse reposer 20 mn en évitant toute vibration. La tolérance sur le temps. de repos est faible (plus ou moins 10 sec) car la hauteur du floculat dépend fortement de celui-ci.
- ✓ Puis on Mesure à vue les hauteurs h1 et h2 La mesure de h2 n'est pas toujours aisée donc l'ESV qui en découle contient des incertitudes, Il faut donc procéder de manière précise pour déterminer l'ES en utilisant la méthode du piston ;
- ✓ On descend le piston taré dans le liquide à travers le floculat, le manchon prenant appui sur le bord supérieure de l'éprouvette, et l'immobiliser au contact du sable.
- ✓ On Mesure alors h2'. Ces opérations sont identiques pour les 2 éprouvettes réalisées sur chaque sable. Les mesures h1, h2 et h'2 doivent être faites avec la précision du mm.
- ✓ Expression des résultats :

On Calcul pour chaque éprouvette ESV et ES avec une précision décimale et retenir les Moyennes arithmétiques, arrondies chacune à l'entier le plus proche.

ES =100. (h2/ h1) ESV =100. (h2/ h1)

Les photos suivantes présentes les déférentes étapes de l'équivalent de sable



Les valeurs préconisées pour l'équivalent de sable suivant la norme en vigueur sont présenté dans le tableau suivant :

ESV a vue (en %)	ES (en%)	Nature et qualité des sables
ESV ≤ 65	ES≤ 60	Sable argileux à ne pas utiliser
65≤ ESV≤ 75	60≤ ES≤ 70	Sable l'égerment argileux Risque de retrait
75≤ ESV≤ 85	70≤ ES≤ 80	Sable propre
ESV ≤ 85	ES ≤80	Sable trèspropre

Annexe 3: La masse volumique

Selon la norme [NF EN 1097-3]. Masse volumique apparente

- Peser le récipient
- Maitre l'échantillon dan un récipient
- Araser à la règle, et peser le contenu
- Expression des résultats :

La masse volumique apparente donnée par la formule suivante :

ρapp=(M2–M1)/v

M1 : la masse de récipient vide.

M2 : la masse de récipient +l'échantillon.

V1: le volume de récipient

Masse volumique absolue

On utilise Méthode de l'éprouvette graduée Cette méthode est très simple et très rapide.

- Remplir une éprouvette graduée avec un volume V1 d'eau.
- Peser un échantillon sec M de granulats (300 g) et l'introduire dans l'éprouvette en
- prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.
- Lire le nouveau volume V2.
- Expression des résultats :

On Calcul pour chaque essais **ρabs= M (V2- V1)**



Figure II.1 : Pesée hydrostatique.

Annexe 4 :

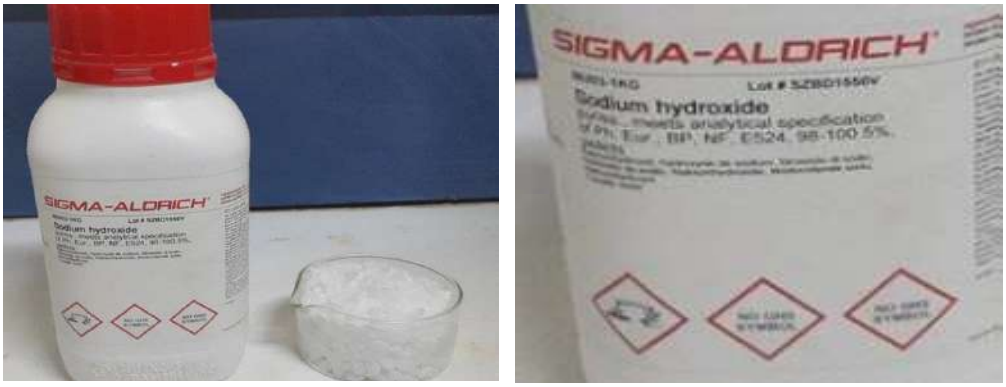


Figure 2 : fiche technique de Hydroxyde de sodium (NaOH)



Figure 3 : fiche technique d'Acide chlorhydrique (Hcl).



Figure 4 : fiche technique chlorure de sodium(NaCl).



Figure 5 : Essai de traction par flexion 3 points.



Figure 6: Essais de compression.





Figure 7:essai de perméabilité.





Figure 8: Lecture du pH.