

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOAND OULHADJE-BOUIRA



Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département Génie civil

Mémoire de fin d'études

Présenté par :

Hamerlaine Houssame

Salmi Yahia

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

Filière : Génie civil

Option : Matériaux en génie civil

Thème :

**Valorisation de la boue de station d'épuration de d'Oued Hous (Bouira)
dans les mortiers de ciment**

Devant le jury composé de :

Djouabi Hamza

UAMOB

Président

Omraci Kamel

UAMOB

Examineur

Saoudi Nacira

UAMOB

Encadreur

Année Universitaire 2018/2019

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu, le Tout Puissant, de nous avoir donné la volonté et le courage d'arriver à la finalité de ce modeste travail.

Ensuite, nous remercions nos parents qui nous ont beaucoup soutenus pendant toute la vie et qui continueront à le faire dans tous les projets de l'avenir. Ainsi que tous les membres de nos familles qui ont participé de près ou de loin par leur encouragement.

On tient tout d'abord à remercier notre promotrice Mme Nacira Saoudi, pour ses précieux conseils, son aide tout au long de ce projet, son suivi et ses orientations.

On tient à remercier les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'examiner ce mémoire et pour leur bienveillante attention.

Un grand merci pour les ingénieurs Farid, Louiza du laboratoire de génie civil d'UAMOB, pour leur soutien et leur aide.

Merci à Djihade et à toute l'équipe technique du laboratoire LCTP- de Bouira.

Nous tenons à remercier chaleureusement toutes les personnes qui nous ont soutenus .

Dédicace

radieux.

A vous mes sœurs chéries : Zainab et Nadia, je vous aime très

fort.

A Vous les fils de ma sœur, Amin et Isaac et Ayoub et Hasmin et Asma Je t'aime très fort.

A Vous khali Mohammed et votre belle famille.

A toi oncles Mohammed et Rabah et Abdul Qadir

Ames chères amies : Koussam, Hicham et A mon binôme

*Hamelaine et sa famille. Merci pour les instants joyeux
Passés ensemble.*

Ames chers amis : Nasser, Mohamed, Djamel,

*A une personne de valeur, Abdullah, merci d'avoir été toujours là, dans
les bons et les*

*Mauvais moments, de m'avoir réconforté et soutenu dans les moments les
plus délicats.*

Merci pour ta patience, ton aide et ta bonne humeur.

*A toutes les personnes qui ont fait de mon parcours une merveilleuse
histoire.*

YAHIA

Dédicace

Mon cher papa, ABDELKADER, qui a toujours cru en moi et a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse dans mes études,

Ma chère mère, SASSA HALIMA, que je ne cesse de remercier pour tout ce qu'elle m'a donné. Elle m'a supporté 9 mois dans son ventre et a fait de moi l'homme que je suis aujourd'hui. Que Dieu la récompense pour tous ces bienfaits.

Mes chers frères ABDELKRIM et ABDENWASSER et mes belles sœurs HANANE et FOUZIA et leurs enfants ALAERRAHMANE et MOUHAMMED.

Ma chère sœur SOUMIA.

Ma chère femme NOURA et ma chère fille LINA.

Mes amis.

houssame

Abréviations

CPA : clinker portland artificiel sans ajout.

CEM : ciment.

MF : Module de finesse.

R1 : la masse de refus.

R2 : la masse du deuxième refus.

Rn : Refus cumulés au tamis.

ES : Equivalent de sable.

P_b : poids de la boue.

P_c : poids de ciment.

M_t : Mortier témoin.

M_{b5} : Mortier à base de 5 % de la boue.

M_{b7} : Mortier à base de 7 % de la boue.

M_{b5v3} : Mortier à base de 5 % de la boue et 3 % poudre de verre.

M_{b5v5} : Mortier à base de 5 % de la boue et 5 % poudre de verre.

SA : cendres de boues.

CP-IV-RS : Equivalent à ASTM IP- Portland Pouzzolane Ciment.

MEB : Microscope électronique à balayage.

C-S-H : silicate de calcium Hydrate.

CH: hydroxyde de calcium.

ASTM: American Society for Testing and Material.

ACI : American Insitute Concrete.

Résumé

La fabrication de ciment est devenue une préoccupation majeure, Dans ces dernières années, les chercheurs tentent de trouver des matériaux adéquats qui peuvent être introduits au ciment pour obtenir un ciment moins couteux et moins polluant, en utilisant des ressources naturelles et déchets industriels.

Le travail présenté dans cette étude s'inscrit dans une optique de développement durable et de préservation de l'environnement. Son objectif est d'identifier les alternatives qui permettent une meilleure gestion des boues d'épuration des eaux usées urbaines en l'occurrence les boues de la station d'épuration d'Oued Houss wilaya de Bouira.

Notre étude consiste à suivre l'évolution de la résistance des mortiers avec substitution des différents pourcentage de ciment avec la boue de (5 % et 7 %) d'un cote et poudre de verre (5 % de la boue +3 % de poudre de verre et 5 % de la boue + 5 % de poudre de verre) d'autre part, dans les différents milieux.

D'après les résultats expérimentaux obtenus (résistance à la compression et à la flexion), il ressort que dans le cas d'une substitution de 5 % de la boue et de 5 % de la boue avec 3 % de poudre de verre a donné des résultats acceptables par rapport au mortier témoin.

Mots clés: mortier, la boue, poudre de verre, déchets, résistance en compression, résistance a la flexion.

Abstract

Cement manufacturing has become a major concern, in recent years, researchers are trying to find suitable materials, can be introduced to cement to obtain a cement cheaper and less polluting, With Using natural resources and industrial waste.

The work presented is a part of a sustainable development and an environmental preservation. Its objective is to identify alternative methods that allow better management of sewage sludge from wastewater treatment plants. In this case the sewage sludge tested is from the treatment plant of OuedHouss state of Bouira.

Our study consists in following the evolution of the resistance of the mortars with substitution of the different percentage of cement with the mud (5% and 7%) of a side and powder of glass (5% of mud + 3% of powder of glass and 5% of mud + 5% of glass powder) on the other side, in the different environments.

According to the experimental results obtained (resistance to compression and bending), it appears that in the case of substitution of 5% of the mud and in the case of 5% of the mud with 3% of glass powder is given acceptable results compared to the control mortar.

Keywords: mortar, mud, glass powder, waste, compressive strength, flexural strength.

ملخص

أصبحت صناعة الإسمنت مصدر قلق كبير في السنوات الأخيرة، بحيث يحاول الباحثون إيجاد مواد مناسبة يمكن إدخالها على الإسمنت للحصول على إسمنت أرخص وأقل تلويثًا باستخدام الموارد الطبيعية والنفايات الصناعية. يندرج العمل المقدم في هذه الرسالة ضمن التنمية المستدامة والحفاظ على البيئة والهدف منه هو تحديد البدائل التي تمكن من استعمال أفضلًا للحمأة الناتجة عن تطهير المياه القذرة الحضرية و بالتحديد حمأة محطة الصرف الصحي للمياه لواد هوس بولاية البويرة.

تهدف دراستنا الى متابعة تطور مقاومة الملاط مع استبدال النسب المئوية المختلفة للإسمنت بالحمأة (5% و 7%) من جانب ومسحوق الزجاج مع الحمأة (5% من الطين + 3% من مسحوق الزجاج و 5% من الطين + 5% من مسحوق الزجاج) على الجانب الآخر.

بعد النتائج التجريبية المحصل عليها (مقاومة الضغط و الانحناء) تبين أنه عند استبدال الإسمنت بنسبة 5% بالحمأة في الحالة الأولى و بنسبة 5% بالحمأة مع 3% من مسحوق الزجاج في الحالة الثانية أعطت نتائج مقبولة مقارنة مع الملاط الشاهد. كلمات المفتاح:

الملاط, الحمأة, مسحوق الزجاج, نفايات, قوة الضغط, قوة الانحناء.

Table des métiers

Partie théorique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1	Etat de L'art :	3
1.1	La boue :	3
1.1.1	Travaux Maria Del Pilar Durante Ingunza et al ,2018.	3
1.1.2	Introduction :	3
1.1.3	Matériaux et matériel :	3
1.1.4	Les méthodes de préparation :	6
1.1.5	Discussion et caractérisation de mortier:.....	8
1.1.6	Conclusions :	12
1.2	Poudre de verre :	12
1.2.1	Travaux de G.M. Sadique Islam et al.2016.....	12
1.2.2	Introduction :	12
1.2.3	Matériaux :	13
1.2.4	Mode opératoire et formulation :	14
1.2.5	Résultats et discussions :	16
1.2.6	Conclusion :	19

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériaux et formulations

	Introduction :	20
1	Caractéristiques des matériaux :	20
1.1	Ciment :	20
1.1.1	Composition chimique :	20
1.1.2	Composition minéralogique :	20
1.2	Eau de gâchage :	20
1.3	Le Sable :	20
1.4	Analyse granulométrique (NF P 18-560) :	20
1.5	Module de finesse(Mf) [23]:.....	22
1.6	Equivalent de sable (ES) NF EN 933-8 :	23

1.7	La boue :	25
1.7.1	Préparation de la boue :	25
1.8	La poudre de verre	26
1.8.1	Préparation de la boue	26
1.9	Formulation des mortiers :	27
1.9.1	Dosage des constituants :	27
1.9.1.1	Mortier témoin(Mt).....	27
1.9.1.2	Mortier avec 5% de boue (M_{b5}).....	28
1.9.1.3	Mortier avec 7% de boue (M_{b7}).....	28
1.9.1.4	Mortier avec 5% de boue et 3% de verre ($M_{b5}+M_{v3}$)	29
1.9.1.5	Mortier avec 5% de boue et 5% de verre ($M_{b5}+M_{v5}$)	29
1.9.2	Malaxage de mortier :	30
1.9.3	Préparation des moules et des éprouvettes :	31

Chapitre II : Résultats et discussions

Introduction :	33
1 Comportement du Mortier témoin :	33
1.1 L'air libre :	33
1.2 Conservation dans un milieu humide :	34
1.3 Conservation dans la température :	35
1.4 Conservation dans un milieu Acide HCL :	36
1.4.1 Concentration et préparation :	36
1.5 Conservation dans un milieu basique KOH :	38
1.5.1 Concentration et préparation :	38
2 Effets de la boue :	39
2.1 Mortier à base de 5 % de la boue :	39
2.1.1 Conservation à l'air libre :	39
2.1.2 Conservation dans un milieu Humide :	40
2.1.3 Conservation dans la température :	41
2.1.4 Conservation dans 5 % de l'acide HCL :	42
2.1.5 Conservation KOH :	44
2.2 Mortier à base de 7 % de la boue :	45
2.2.1 L'air libre :	45

2.2.2	Conservation Humide :.....	46
2.2.3	Conservation dans la température :.....	47
2.2.4	Conservation HCL :	48
2.2.5	Conservation dans 5 % de KOH :	49
2.3	Comportement du mortier témoin et mortier à base de 5 % et 7% de la boue:.....	51
2.3.1	Conservation à l'air libre :.....	51
2.3.2	Conservation dans un milieu Humide :.....	52
2.3.3	Conservation dans la Température :.....	53
2.3.4	Conservation dans HCL :	54
2.3.5	Conservation dans 5 % de KOH :	56
3	Effets du mélange, la boue et le verre :.....	57
3.1	Comportement du mortier témoin et 5%la boue et 3% le verre:.....	57
3.1.1	Conservation à l'air libre :.....	57
3.1.2	Conservation dans un milieu Humide :.....	58
3.1.3	Conservation dans une Température constante à 50 ° :	59
3.1.4	Conservation dans HCL :	60
3.1.5	Conservation dans 5 % de KOH :	61
3.2	Comportement du mortier témoin et 5%la boue et 5 % le verre:.....	63
3.2.1	Conservation à l'air libre :.....	63
3.2.2	Conservation dans un milieu Humide :.....	64
3.2.3	Conservation dans une Température constante à 50° :	65
3.2.4	Conservation dans un milieu acide à 5% du HCL :	66
3.2.5	Conservation dans 5 % de KOH :	67
3.3	Comportement du mortier de base 5 % de la boue et du mortier de base 5% la boue et 3 % le verre:.....	69
3.3.1	Conservation à l'air libre :.....	69
3.3.2	Conservation dans un milieu Humide :.....	70
3.3.3	Conservation dans une Température constante à 50° :	71
3.3.4	Conservation dans HCL :	73
3.3.5	Conservation dans une concentration de 5 % KOH :.....	74
3.4	Comportement du mortier de base 5 % de la boue et du mortier de base 5% la boue et 5 % le verre:.....	75
3.4.1	Conservation à l'air libre :.....	75
3.4.2	Conservation dans un milieu Humide :.....	76

Table des matières

3.4.3	Conservation dans une Température constante à 50° :	78
3.4.4	Conservation dans un milieu acide 5% de HCL :	79
3.4.5	Conservation dans 5 % de KOH :.....	80
	Conclusion général.....	82
	Recommandation.....	84
	Références bibliographiques.....	85
	Annexes.....	87

Liste des tableaux

Tableau I.1: Propriétés physique du ciment CP-IV-32-RS.	3
Tableau I.2: Analyses chimique du ciment CP-IV-32-RS.....	4
Tableau I.3: L'analyse chimique de SA.	6
Tableau I.4: Mélange de mortier.	6
Tableau I.5: Propriétés physique des agrégats fins.....	13
Tableau I.6: Classement de sable utilisé pour l'essai à la compression du mortier.	13
Tableau I.7: Propriété de mélange.	13
Tableau I.8: Propriétés physique d'agrégats grossiers.	14
Tableau I.9: Mélange des détails des mortiers utilisés pour le test de la résistance à la compression.....	15
Tableau I.10: Proportion de mélange de mortier utilisé dans les travaux expérimentaux.....	15
Tableau I.11: Composition chimique des échantillons de verre, des OPC et autres pouzzolanes de référence.	16
Tableau I.12: Composition chimique du ciment.....	20
Tableau I.13: Composition minéralogique du ciment.	20
Tableau I.14: Dimensions nominales des tamis.	21
Tableau I.15: Analyse granulométrique du sable de setif.....	22
Tableau I.16: Résultats d'équivalent de sable pour le sable 0/3.	26
Tableau I.17: Composition des éprouvettes de mortier.	30

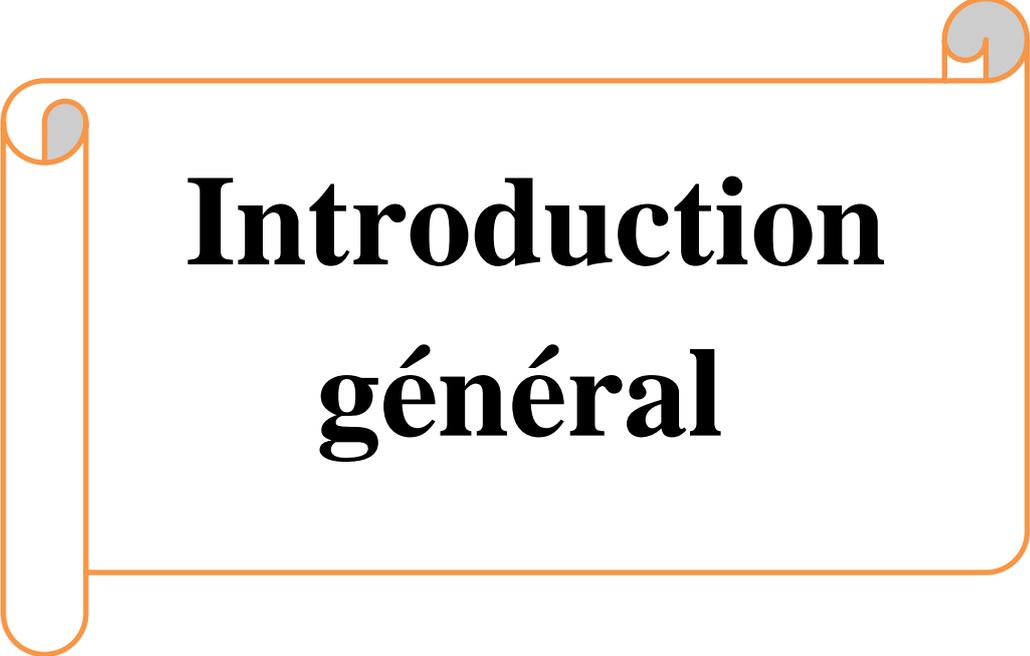
Liste des figures

Figure I.1: L'analyse de sable naturel par tamis.	4
Figure I.2: La distribution de la taille des particules de SA.....	5
Figure I.3: Image de sa par MEB.....	5
Figure I.4: Essai sur le mortier frais.....	7
Figure I.5: Essai d'absorption par capillarite.	7
Figure I.6: Essai a la flexion et a la compression.	7
Figure I.7: Essai sur l'adherence.....	7
Figure I.8: Taux de coherence des mortiers standards avec l'ajout de SA.	8
Figure I.9: Absorption d'eau par capillarite des mortiers a 10 et 90 min.	9
Figure I.10: Resistance a la compression a l'age de 28 et 91 jours des mortiers.....	10
Figure I.11: Resistance a la flexion a l'age de 28 et 91 jours des mortiers.	10
Figure I.12: Image de mortier reference avec le MEB.	11
Figure I.13: Image de mortier avec 20% de sa avec le MEB.	11
Figure I.14: Image avec meb d'un mortier additionnee par 20 de SA.....	12
Figure I.15: Image avec meb d'un mortier de reference (amplifie).....	12
Figure I.16: Echantillon d'un mortier dans un moule (a) en laiton et (b) galette.	14
Figure I.17: Test de resistance a la compression.	15
figure I.18: Quantite de verre par rapport au debit dans le mortier de ciment.....	16
Figure I.19: Resistance a la compression des echantillons de mortier sans melange.	17
Figure I.20: Effet du melange sur la resistance a la compression des eprouvettes de mortier additionnee de verre.	18
Figure I.21: Resistance a la compression des eprouvettes de beton a deferent ages et pourcentage de remplacement de verre.	19
Figure I.22: Cout et resistance de ciment compose de verre.	19
Figure I.23: Colonne des tamis.	22
Figure I.24: Courbe de l'analyse granulometrique de sable setif et le sable normalise.....	22
Figure I.25: Fuseaux granulaire des differents types de sable.	23
Figure I.26: Machine agitatrice.....	24
Figure I.27: Equivalent de sable.	24
Figure I.28: Mesure de la hauteur du sable.....	24
Figure I.29: Analyse granulometrique du la poudre de la boue.....	25
Figure I.30: Analyse granulometrique du la poudre de verre.	26
Figure I.31: Bouteille de verre.	26
Figure I.32: Poudre de verre.	27
Figure I.33: Les pourcentages des differentes composantes de mortier temoin.	28
Figure I.34: Les pourcentages des differentes composantes du M_{b5}	28
Figure I.35: Les pourcentages des differentes composantes du M_{b7}	29
Figure I.36: Les pourcentages des differentes composantes du $M_{b5}+M_{v3}$	29
Figure I.37: Les pourcentages des differentes composantes $M_{b5}+M_{v5}$	30
Figure I.38: Malaxeur.	31
Figure I.39: Confection d'eprouvettes.	31
Figure I.40: Les echantillons apres demoulage et dans l'eau distillee.....	32
Figure I.41: Appareil de flexion /compression.	32

Figure II.1: Resistances a la compression de Mt conserve a l'air libre selon l'age.....	33
Figure II.2: Resistances a la flexion de mt conserve dans a l'air libre selon l'age.....	34
Figure II.3: Resistances a la compression de Mt conserve dans humide selon l'age.	34
Figure II.4: Resistances a la flexion de mt conserve a l'humide selon l'age.....	35
Figure II.5: Resistances a la compression de Mt conserve dans temperature selon l'age.	36
Figure II.6: Resistances a la flexion de mt conserve a une temperature selon l'age. ...	Erreur !
Signet non défini.	
Figure II.7: Resistances a la compression de Mt conserve dans l'acide HCL selon l'age. ...	37
Figure II.8: Resistances a la flexion de Mt conserve dans 5% de l'acide HCL selon l'age..	37
Figure II.9: Resistances a la compression de Mt conserve dans 5 % KOH selon l'age.	38
Figure II.10: Resistances a la flexion de Mt conserve dans 5 % de KOH selon l'age.	39
Figure II.11: Resistances a la compression de Mt et M_{b5} conserve a l'air libre selon l'age...	39
Figure II.12: Resistances a la flexion de mt et M_{b5} conserve a l'air libre selon l'age.	40
Figure II.13: Resistances a la compression de Mt et M_{b5} conserve dans l'humidite.....	41
Figure II.14: Resistances a la flexion de Mt et M_{b5} conserve dans l'humidite.....	41
Figure II.15: Resistances a la compression de Mt et M_{b5} conserve dans temperature (50°) selon l'age.	42
Figure II.16: Resistances a la flexion de Mt et M_{b5} conserve dans temperature (50°).....	42
Figure II.17: Resistances a la compression de Mt et M_{b5} conserve dans HCL selon l'age. ...	43
Figure II.18: Resistances a la flexion de Mt et M_{b5} conserve dans HCL selon l'age.....	43
Figure II.19: Resistances a la compression de Mt et M_{b5} conserve dans KOH selon l'age. ..	44
Figure II.20: Resistances a la flexion de Mt et M_{b5} conserve dans KOH selon l'age.	44
Figure II.21: Resistances a la compression de Mt et M_{b7} conserve a l'air libre selon l'age...	45
Figure II.22: Resistances a la flexion de Mt et M_{b7} conserve a l'air libre selon l'age.....	46
Figure II.23: Resistances a la compression Mt et M_{b7} conserve dans l'humidite.....	46
Figure II.24: Resistances a la flexion Mt et M_{b7} conserve dans l'humidite.	47
Figure II.25: Resistances a la compression de Mt et M_{b7} conserve dans temperature (50°) selon l'age.	47
Figure II.26: Resistances a la flexion de Mt et M_{b7} conserve dans temperature (50°).....	48
Figure II.27: Resistances a la compression de Mt et M_{b7} conserve dans HCL selon l'age. ...	49
Figure II.28: Resistances a la flexion de Mt et M_{b7} conserve dans HCL selon l'age.....	49
Figure II.29: Resistances a la compression de Mt et m_{b7} conserve dans KOH selon l'age....	50
Figure II.30: Resistances a la flexion de Mt et M_{b7} conserve dans KOH selon l'age.	50
Figure II.31: Resistances a la compression de M_{b5} et M_{b7} conserve a l'air libre selon l'age... 51	51
Figure II.32: Resistances a la flexion M_{b5} et M_{b7} conserve a l'air libre selon l'age.....	52
Figure II.33: Resistances a la compression de M_{b5} et M_{b7} conserve dans humide selon l'age.	52
Figure II.34: Resistances a la flexion de M_{b5} et M_{b7} conserve dans temperature selon l'age. 53	53
Figure II.35: Resistances a la compression de M_{b5} et M_{b7} conserve dans temperature selon l'age.	53
Figure II.36: Resistances a la flexion de M_{b5} et M_{b7} conserve dans temperature selon l'age. 54	54
Figure II.37: Resistances a la compression de M_{b5} et M_{b7} conserve dans HCL selon l'age. .. 55	55
Figure II.38: Resistances a la flexion de M_{b5} et M_{b7} conserve dans HCL selon l'age.	55

Figure II.39: Resistances a la compression de M_{b5} et M_{b7} conserve dans KOH	56
Figure II.40: Resistances a la flexion de M_{b5} et M_{b7} conserve dans KOH selon l'age.....	56
Figure II.41: Resistances a la compression de Mt et de M_{b5v3} conserve a l'air libre en fonction de l'age.....	57
Figure II.42: Resistances a la flexion de Mt et de M_{b5v3} conserve a l'air libre selon l'age.	57
Figure II.43: Resistances a la compression de Mt et de M_{b5v3} conserve dans humide selon l'age.....	58
Figure II.44: Resistances a la flexion de Mt et de M_{b5v3} conserve dans temperature selon l'age.....	59
Figure II.45: Resistances a la compression de Mt et de M_{b5v3} conserve dans temperature selon l'age.	59
Figure II.1: Résistances à la flexion de Mt et de M_{b5v3} conservé dans température selon l'âge.....	60
Figure II.47: Resistances a la compression de Mt et de M_{b5v3} conserve dans HCL selon l'age.	61
Figure II.48: Resistances a la flexion de Mt et de M_{b5v3} conserve dans HCL selon l'age.	61
Figure II.49: Resistances a la compression de Mt et de M_{b5v3} conserve dans KOH selon l'age.	62
Figure II.50: Resistances a la flexion de Mt et de M_{b5v3} conserve dans KOH selon l'age.	62
Figure II.51: Resistances a la compression de Mt et de M_{b5v5} conserve dans les conditions normales selon l'age.....	63
Figure II.52: Resistances a la flexion de Mt et de M_{b5v5} conserve dans les conditions normales selon l'age.....	64
Figure II.53: Resistances a la compression de Mt et de M_{b5v5} conserve dans humide selon l'age.....	64
Figure II.54: Resistances a la flexion de Mt et de M_{b5v5} conserve dans temperature selon l'age.....	65
Figure II.55: Resistances a la compression de Mt et de M_{b5v5} conserve dans temperature selon l'age.	65
Figure II.56: Resistances a la flexion de Mt et de M_{b5v5} conserve dans temperature selon l'age.....	66
Figure II.57: Resistances a la compression de Mt et de M_{b5v5} conserve dans HCL selon l'age.	67
Figure II.58: Resistances a la flexion de Mt et de M_{b5v5} conserve dans HCL selon l'age.....	67
Figure II.59: Resistances a la compression de Mt et de M_{b5v5} conserve dans KOH selon l'age.	68
Figure II.60: Resistances a la flexion de Mt et de M_{b5v5} conserve dans KOH selon l'age.....	68
Figure II.61: Resistances a la compression de M_{b5} et de M_{b5v3} conserve dans les conditions normales selon l'age.....	69
Figure II.62: Resistances a la flexion de M_{b5} et de M_{b5v3} conserve a l'air libre selon l'age. .	70
Figure II.63: Resistances a la compression de M_{b5} et de M_{b5v3} conserve dans humide selon l'age.....	70

Figure II.64: Resistances a la flexion de M_{b5} et de M_{b5v3} conserve dans temperature selon l'age.	71
Figure II.66: Resistances a la flexion de M_{b5} et de M_{b5v3} conserve dans temperature selon l'age.	72
Figure II.67: Resistances a la compression de M_{b5} et de M_{b5v3} conserve dans HCL selon l'age.	73
Figure II.68: Resistances a la flexion de M_{b5} et de M_{b5v3} conserve dans HCL selon l'age.	74
Figure II.69: Resistances a la compression de M_{b5} et de M_{b5v3} conserve dans KOH selon l'age.	74
Figure ii.70: Resistances a la flexion de mortier de M_{b5} et de M_{b5v3} conserve dans KOH selon l'age.	75
Figure II.71: Resistances a la compression de M_{b5} et de M_{b5v5} conserve a l'air libre selon l'age.	76
Figure II.72: Resistances a la flexion de M_{b5} et de M_{b5v5} conserve a l'air libre l'age.	77
Figure II.73: Resistances a la compression de M_{b5} et de M_{b5v5} conserve dans humide selon l'age.	77
Figure II.74: Resistances a la flexion de M_{b5} et de M_{b5v5} conserve dans temperature selon l'age.	78
Figure II.75: Resistances a la compression de M_{b5} et de M_{b5v5} conserve dans temperature selon l'age.	78
Figure II. 76: resistances a la flexion de M_{b5} et de M_{b5v5} conserve dans temperature selon l'age.	79
Figure II.77: Resistances a la compression de M_{b5} et de M_{b5v5} conserve dans hcl selon l'age.	80
Figure II.78: Resistances a la flexion de M_{b5} et de M_{b5v5} conserve dans hcl selon l'age.	80
Figure II.79: Resistances a la compression de M_{b5} et de M_{B5V5} conserve dans koh selon l'age.	81
Figure II.80: Resistances a la flexion de M_{b5} et de M_{b5v5} conserve dans koh selon l'age.	81



Introduction général

Introduction générale

Les augmentations démographiques économiques et urbaines sont à l'origine de diverses sources de pollution, c'est pour cela la gestion des déchets environnementaux fondée sur le développement durable est devenue de plus en plus importante et constitue aujourd'hui l'un des plus grands défis scientifiques et politiques. [1]

En Algérie, la quantité de déchets ménagers a connu une augmentation substantielle au cours des dernières décennies en raison d'une croissance démographique conjuguée à une urbanisation non maîtrisée. Ce phénomène est accentué en raison d'insuffisance de moyens et d'équipements appropriés.

La politique de gestion des déchets s'inscrit dans la stratégie nationale environnementale (SNE), ainsi que dans le Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable (PNAE-DD) qui s'est concrétisée par la promulgation de la loi 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. [2]

C'est pourquoi l'assainissement des eaux usées est devenu une nécessité impérieuse pour les sociétés modernes en mettant en place des stations de traitement (STEP), qui visent à améliorer leur qualité, qu'il se produit également un résidu polluant, désigné sous le terme de boues, qui se sont accrues au fil du temps, posant un problème supplémentaire. Il est nécessaire de traiter et / ou de développer ces boues autant que possible en sélectionnant les meilleures solutions de gestion. [3]

En Algérie la production des boues résiduelles est estimée à plus de 400 mille tonnes de matière sèche (MS) par an, appelée à croître avec la construction et la mise en marche de nouvelles STEPS. La plupart des boues sont dirigées vers les décharges.

Dans le même contexte notre travail contribue à la mise au point d'une démarche expérimentale permettant d'identifier parmi les différentes voies de valorisation des boues pouvant être réalisables dans les matériaux de construction. Afin d'éviter la mise en décharge des boues d'une part, et d'autre part aussi un gain économique lors de la transformation de ce déchet en matière première.

Dans ce modeste travail, nous allons essayer de valoriser la boue de station d'épuration de Bouira et la poudre de verre en différents pourcentages par substitution avec le ciment dans différents milieux et d'évaluer les propriétés physicomécaniques. Ce travail a pour but, l'amélioration des propriétés mécaniques des mortiers.

Pour la réalisation de cette thématique nous avons tracé le plan de travail suivant:

Une étude bibliographique, dans cette partie, nous avons revu des travaux récents sur les résultats et le mécanisme qui régit le comportement cités ci-dessus.

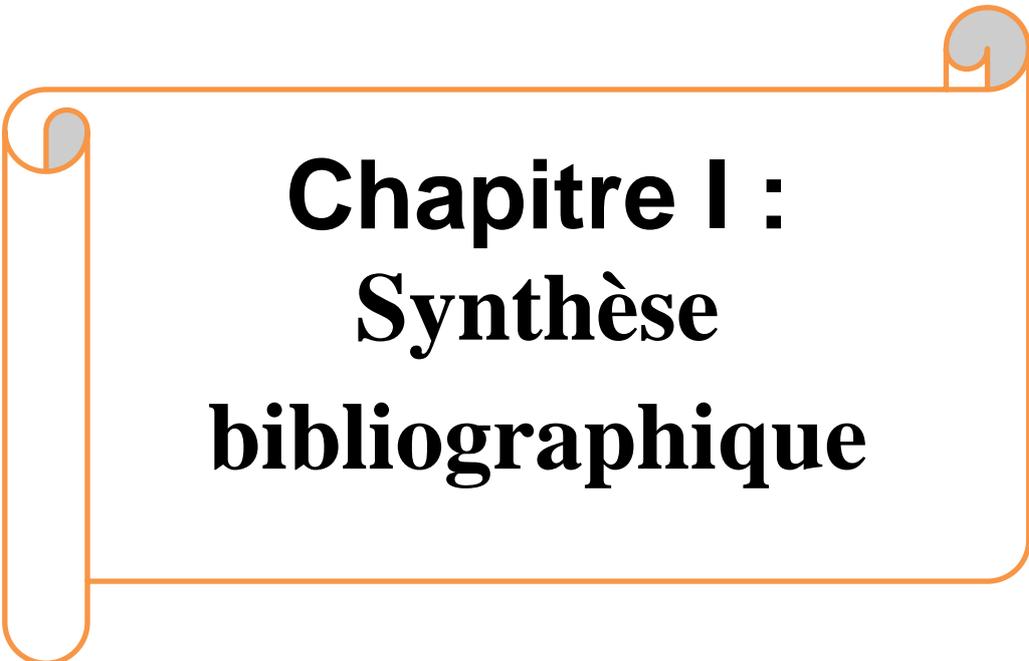
Introduction générale

Dans le deuxième chapitre, après avoir exposé la composition de nos différents mortiers, nous avons, dans un premier temps, caractérisé leurs propriétés physiques à différents âges et condition de conservation, ensuite la détermination des propriétés mécaniques (résistance en flexion/compression).

Dans l'étude expérimentale nous avons confectionné des échantillons composites, soit la boue ou le mélange boue et poudre de verre. A ce moment, nous voulions mettre en évidence les différents comportements vis-à-vis de la résistance à la flexion trois points et la compression axiale.

Le but était d'évaluer l'effet des déchets incinérés des décharges de la station d'épuration sur le comportement global et résistance ultime.

Après une comparaison entre les différentes formulations, les points essentiels sont mentionnés en conclusion générale.



Chapitre I :
Synthèse
bibliographique

1 Etat de L'art

Dans cette partie du mémoire nous présentons les résultats récents des travaux de recherches similaires à notre axe.

1.1 La boue

1.1.1 Travaux Maria Del Pilar Durante Ingunza et al ,(2018).

1.1.2 Introduction

Dans cet article Maria Del Pilar et al [4] a étudié les performances des mortiers avec l'ajout de cendres de boues de fosses septiques (SA). Des pourcentages étaient de 5, 10, 15, 20, 25 et 30% ajouté à la masse du ciment. Les résultats montrent que l'ajout de SA améliore l'état général du ciment. Les mortiers dans les pourcentages étudiés dans le présent article, offrant de meilleures performances à l'état frais, durci.

1.1.3 Matériaux et matériel

Le ciment utilisé dans toutes les expériences était le CP-IV-RS-32(équivalent à ASTM IP-Portland Pouzzolane Ciment) habituellement utilisé dans la construction locale. Les tableaux I.1 et I.2 montre les propriétés physique et chimiques de ciment CP-IV-RS-32.

Tableau I.1:Propriétés physique du ciment CP-IV-32-RS.

Propriétés physiques	Valeurs
Fineness-75 mm ouverture de tamis	2.04
Fineness-44 mm ouverture de tamis	12.81
Poids spécifique	2860
surface spécifique (m ² /kg)	434
Eau pour pâte de consistance normale	30.8
Temps de prise initial (h) Vicat	3.0
Temps de prise final (h) Vicat	4.5
Solidité –la méthode de Chatelier	0
Résistance à la compression (MPA)	Résulta
3 jours	21.0
7 jours	26.8
28 jours	34.2

(*) Brasilia Standard NBR 5736.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Tableau I.2: Analyses chimique du ciment CP-IV32-RS.

Oxydes	valeur (%)
SiO ₂	27.27
Al ₂ O ₃	7.04
Fe ₂ O ₃	3.78
CaO	50.59
MgO	2.23
SO ₃	3.59
Na ₂ O	0.64
K ₂ O	1.1
CO ₂	1.48
CaO libre	1.06
Résidu Insoluble	14.28
PAF	3.56

✓ Le granulat fin était un sable de quartz (sable naturel de rivière), (figure I.1).

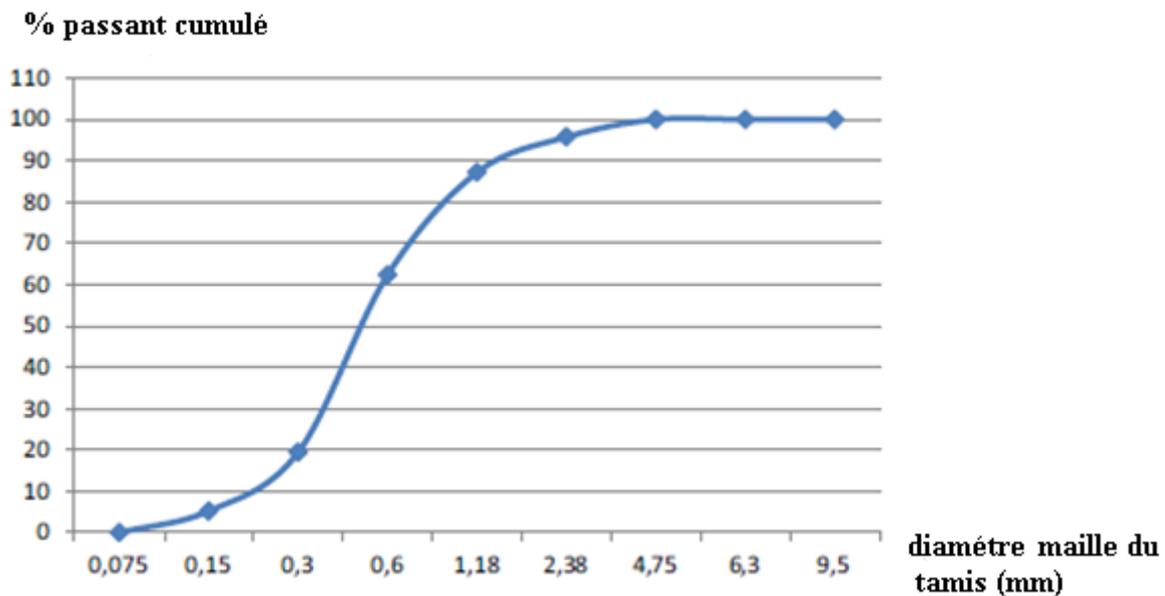


Figure I.1: L'Analyse du sable naturel par tamisage.

La figure I.1 présente la distribution dimensionnelle des grains de sable utilisé dans le mortier de ciment.

- ✓ la boue de la station d'épuration.
- ✓ l'ensemble des SA (septic ash) cendre de la fosse septique qui passe au tamis 0,075 mm [5].
- ✓ La distribution granulométrique (figure.I.2) indique que la moyenne du diamètre de la SA utilisée est de 30,23 μm

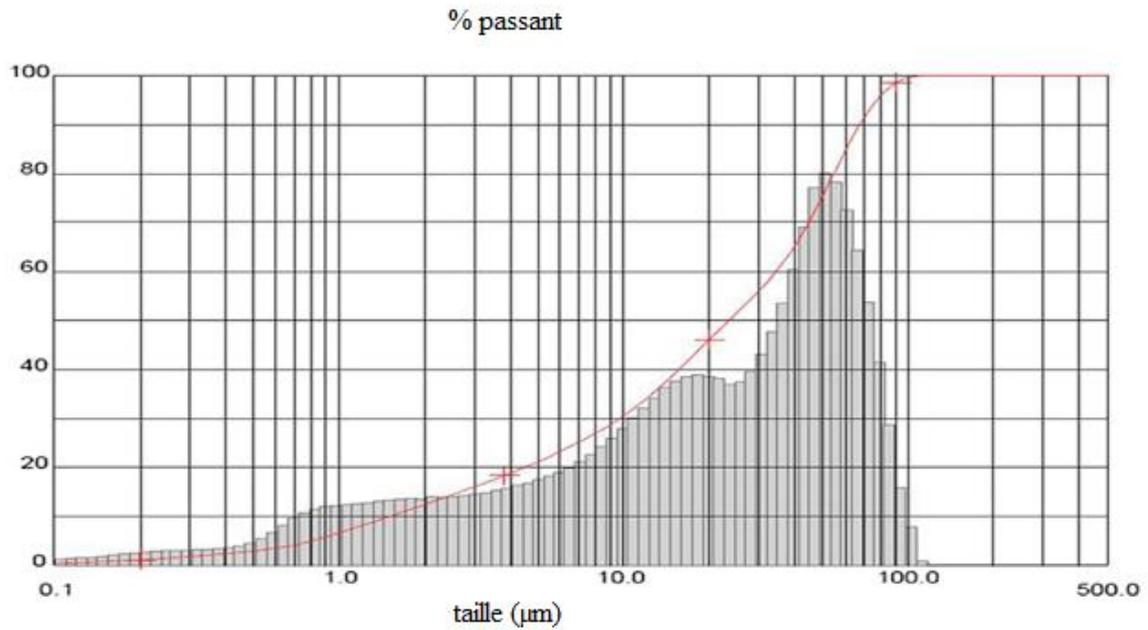


Figure I.2: la distribution de la taille des particules de SA.

- ✓ la morphologie SA avec le MEB (figure I.3).
- a- faible sphéricité, dont les grains ont un diamètre inférieur que 100 µm (figure I.3a)
- b- très petites particules ayant la même morphologie angulaire, dont les diamètres sont inférieurs à 2 µm (figure I.3b).

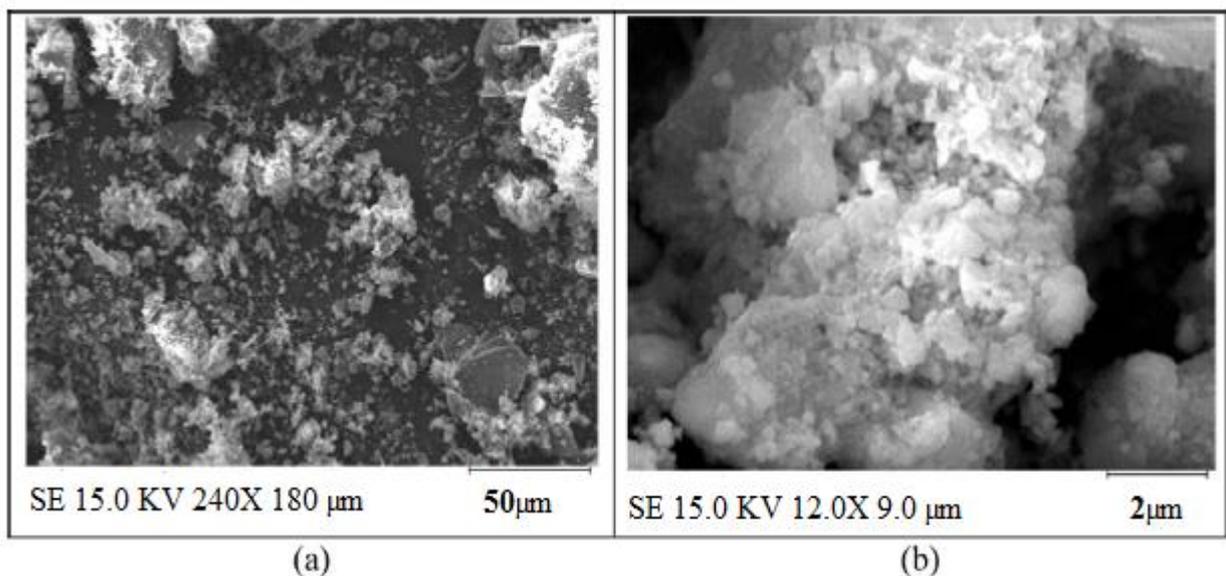


Figure I.3: photos du SA par MEB.

- ✓ Analyse chimique de SA (tableau I.3).
- ✓ $E/C = 0,67$, (eau/ciment).

Pour la formulation les pourcentages d'addition SA étaient de 5, 10, 15, 20, 25 et 30% par rapport à la masse du ciment (tableau I.4).

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Tableau I.3: Analyse chimique de SA.

Oxydes	Content (%)
SiO ₂	34.94
Al ₂ O ₃	26.65
Fe ₂ O ₃	5.40
CaO	5.78
SO ₃	5.78
K ₂ O	0.74
MgO	3.51
P ₂ O	5.21
SrO	0.01
MnO	0.04
TiO ₂	1.20
ZnO	0.34
CuO	0.09
Cr ₂ O ₃	0.03
	0.03
PbO	0.01
NiO	0.01
PAF	10.22

Tableau I.4: Mélange de mortier.

SA addition	Ciment (Kg)	Sable (Kg)	SA (Kg)	E/C (Kg/Kg)
0	1	1	0	0.67
5	1	1	0.05	0.67
10	1	1	0.1	0.67
15	1	1	0.15	0.67
20	1	1	0.20	0.67
25	1	1	0.25	0.67
30	1	1	0.30	0.67

1.1.4 Les méthodes de préparation

Essais sur le mortier frais :

À l'état frais, la consistance du mortier a été évaluée à l'aide de la table d'écoulement (figure I.4). En outre, l'air piégé, la densité apparente et l'eau de rétention ont été évalués.

Essais sur le mortier durci :

À l'état durci, densité apparente du mortier et l'absorption capillaire de l'eau (figure I.5), la résistance à la traction (figure I.6a), la résistance à la compression (figure. I .6b) et la force d'adhérence (figure I.7) ont été évalués.

Microstructure :

La microstructure du mortier a été observée par Maria Del Pilar à l'aide de SEM (Scanning

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Electron Microscopie) HitachiTM3000, afin d'identifier et analyser les pores à l'intérieur de la matrice d'interface.

Les échantillons réalisés au microscope étaient des mortiers à 0% et 20% de SA à l'âge de 91 jours pour vérifier la réaction pouzzolanique.

M. Del P. Durante Ingunza et al. / Construction and Building Materials 160 (2018) 308–315



Figure I.4: Essai sur le mortier frais.



Figure I.5: Essai d'absorption par capillarité.

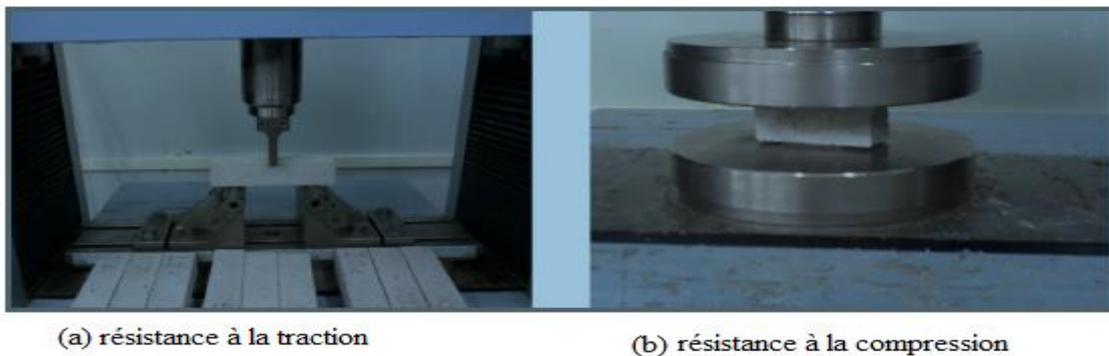


Figure I.6: Essai à la flexion et à la compression.



Figure I.7: Essai sur l'adhérence.

1.1.5 Discussion et caractérisation de mortier

Essai à l'état frais :

Taux de consistance :

Les résultats de Maria Del Pilar montrent que l'ajout de SA provoque dans la réduction des taux de consistance qui a absorbé une partie de l'eau de mélange [6]. (Les mortiers additionnés de 25% et 30% de SA qui ont montré une consistance inférieure à 225 mm et ont été écartés).

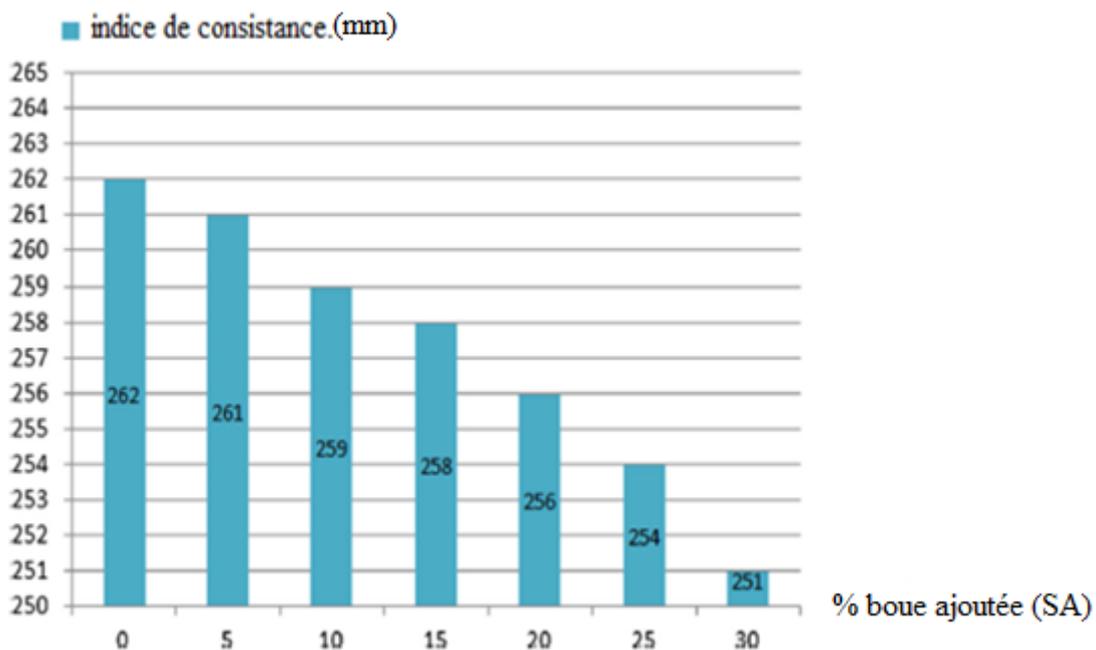


Figure I.8: Taux de cohérence des mortiers standards avec l'ajout de SA.

Contenu d'air Occlue :

Une réduction de 8,7% pour l'addition de 20% d'AS provoqué une réduction de la teneur en air, faible rapport eau / (ciment + cendres) et l'action de remplissage les grains fins de cendre remplissent les vides.

Masse volumique :

L'ajout de SA a augmenté la densité apparente (1,8% à 20% de la SA). Carasek affirme que la densité varie inversement avec le contenu d'air piégé. [7].

Rétentiond'eau :

L'ajout de SA a augmenté la rétention d'eau (3,5% à 20% de l'AS plus) provoqué par la réduction des vides, il y a moins de percolation d'eau à travers les pores capillaires qui influe sur le retrait par séchage. [8], [9].

Essais sur l'état durci :

la Masse volumique :

La densité apparente a augmenté de 2,6% à 20% avec l'ajout de SA.

La densité apparente du mortier a une valeur similaire à celle du béton frais Cela peut se produire en raison de l'évaporation de l'eau pendant la période de durcissement, ce qui conduit à la diminution dans le poids total du mortier. [8].

Absorption d'eau capillaire :

D'après Maria Del Pilar les résultats d'absorption par capillarité à 10 min et 90 min (Figure I.9) indique que :

L'ajout de SA diminue de la teneur en eau.

Le mortier à un faible coefficient capillaire et donc une faible valeur de perméabilité contribuant à l'augmentation de l'imperméabilité et la durabilité.

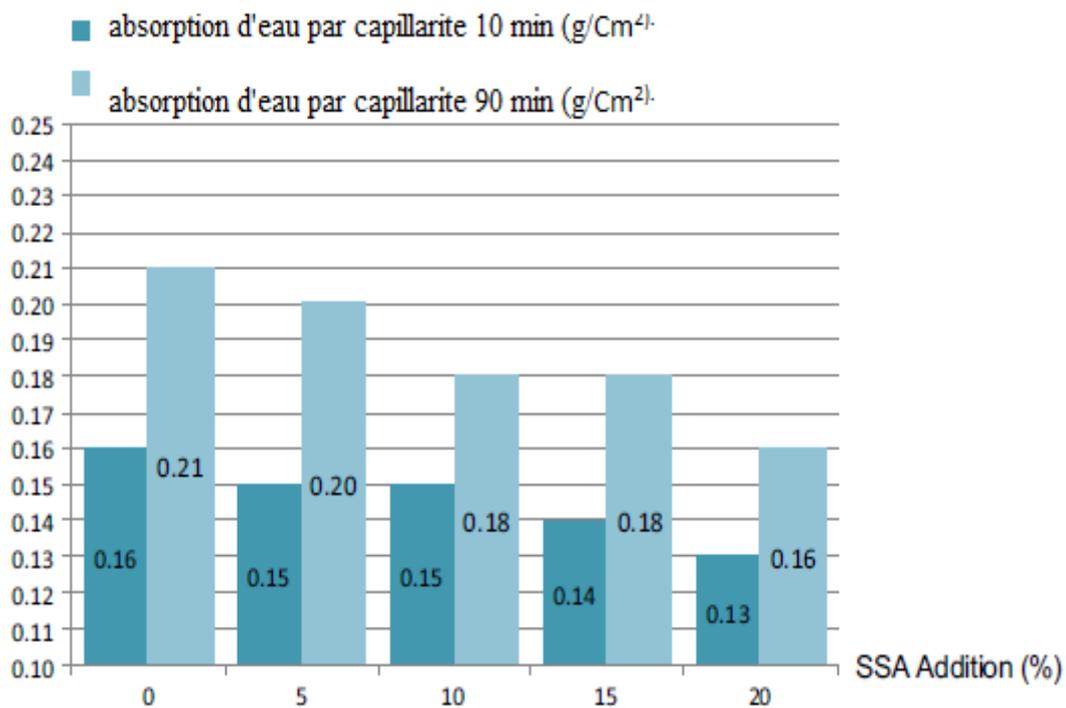


Figure I.9: Absorption d'eau par capillarité des mortiers a 10 et 90 min,(Maria).

Résistance à la compression et à la flexion

Les résultats à 28 et 91 jours (Figure I.10) montrent que : l'addition SA augmente la résistance à la compression de 39 % à 91 jour à cause de compactage des particules et l'augmentation de la densité du mortier.

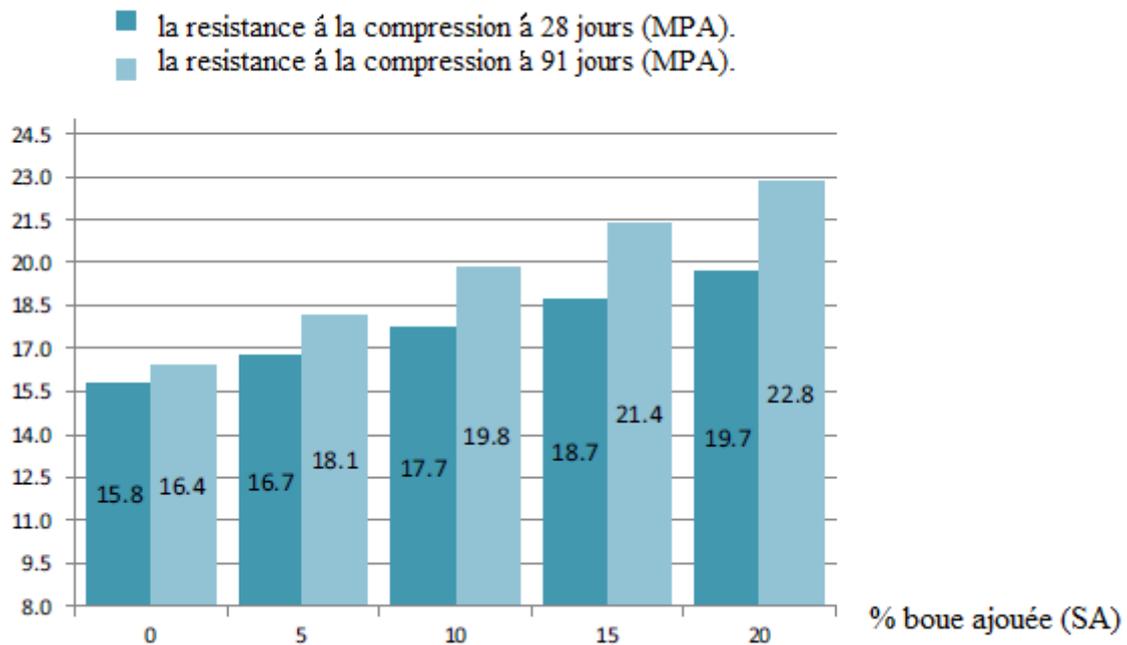


Figure I.10: Résistance à la compression à l'âge de 28 et 91 jours des mortiers.

A la flexion : la plus haute valeur a été observée avec 15% d'addition SA. À l'âge de 91 jours (Figure I.11), l'augmentation a été de 35%. Ce résultat corrobore les informations sur l'action de remplissage de la SA.

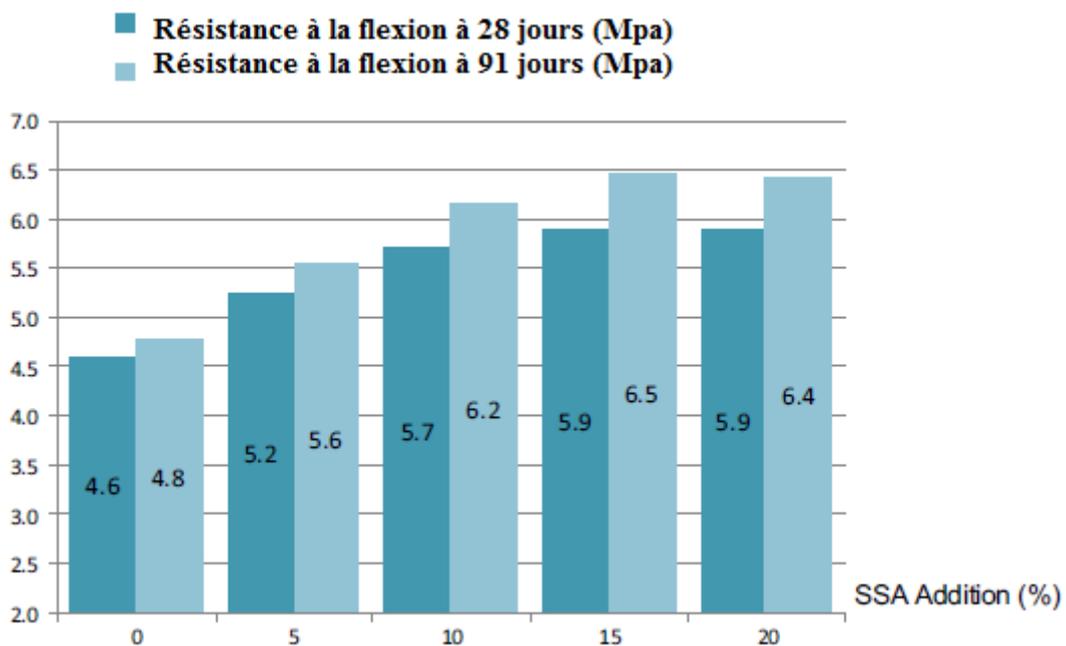


Figure I.11: Résistance à la flexion à l'âge de 28 et 91 jours des mortiers.

Microstructure :

Les Figure I.10 et I.11 justifie les résultats obtenus par les chercheurs qui montrent que les mortiers avec l'addition SA ont moins de vides et sont plus compacts, en donnant de

meilleures propriétés mécaniques.

La Figure I.12, montre que la zone de transition du mortier avec agrégat(1) et les produits hydratés de la pâte, tels que le silicate de calcium Hydraté, C-S-H (2 et 3) et hydroxyde de calcium, CH (4).

Dans La Figure I.13, le CH n'apparaît pas, ce qui contribue négativement à la stabilité chimique du composé, probablement en raison de la toxicité pouzzolanique réaction qui transforme le CH en C-S-H, améliorant la résistance mécanique et réduit les vides, confirmant les résultats précédents d'amélioration des performances des mortiers avec l'ajout des cendres de SA.

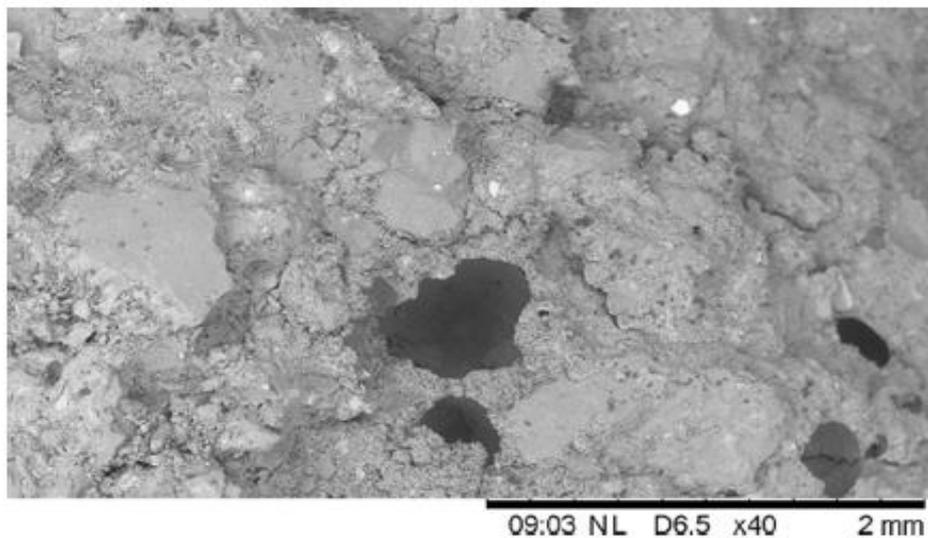


Figure I.12: Image de mortier référence avec le MEB.

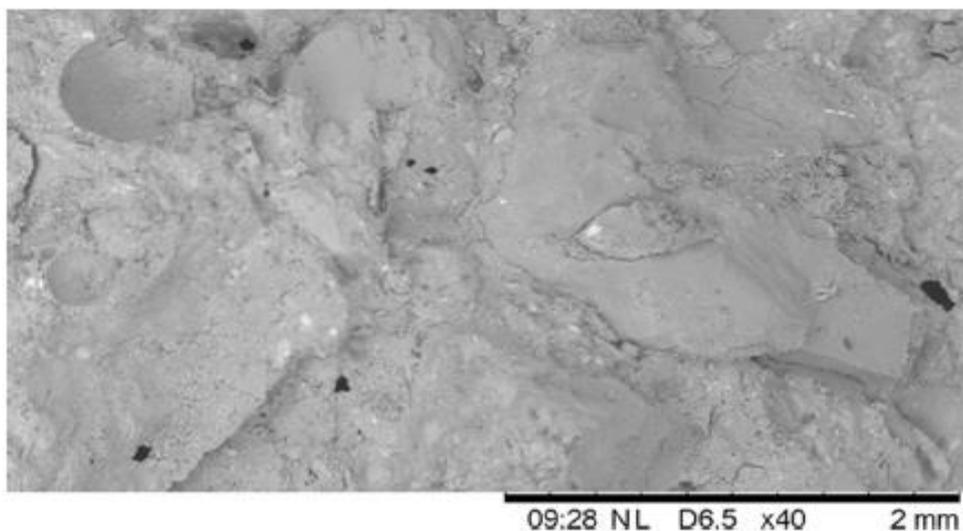


Figure I.13: Image de mortier avec 20% de SA avec le MEB.

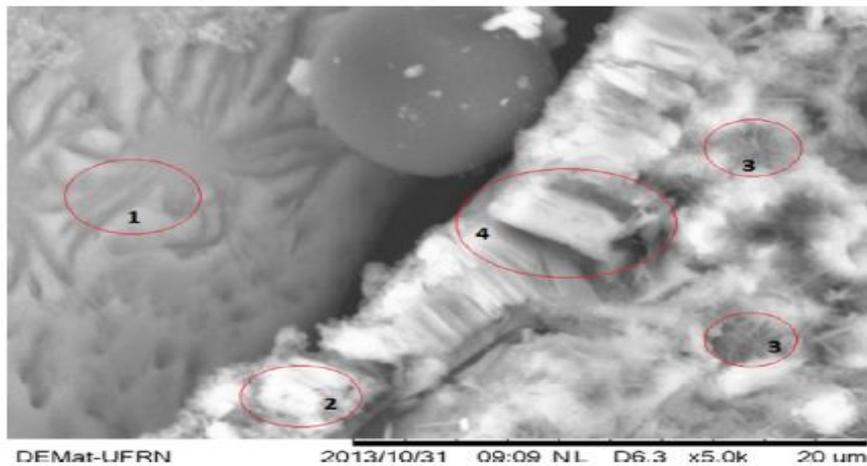


Figure I.14: Image avec MEB d'un mortier additionnée par 20% de SA.

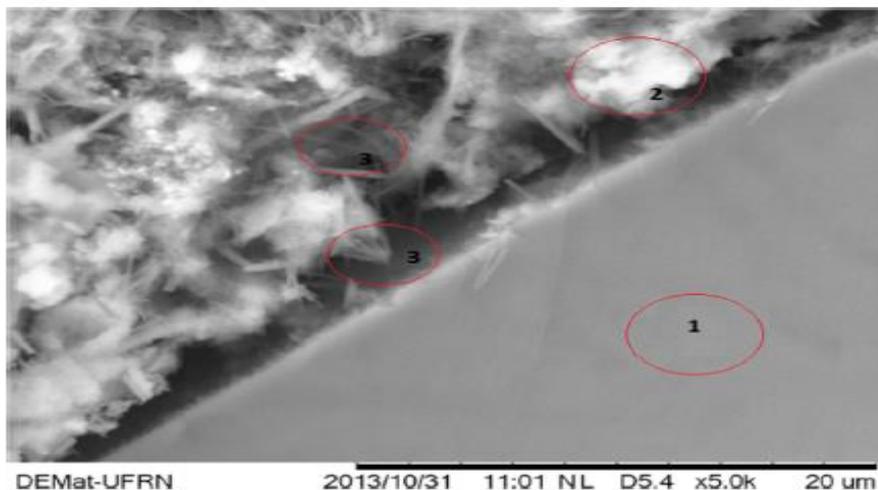


Figure I.15: Image avec MEB d'un mortier de référence (amplifié).

1.1.6 Conclusions

Les cendres de boues des fosses septiques sont un matériau hétérogène à prédominance cristalline.

Malgré une addition de cendre de boue ayant un taux d'activité pouzzolanique est très proche de celui requis par la Norme brésilienne L'AS ne peut être classée comme pouzzolanique car elle réduit la consistance du mortier en raison de sa capacité d'absorption.

1.2 Poudre de verre

1.2.1 Travaux de G.M. Sadique Islam et al.2016. [10].

1.2.2 Introduction

Dans cet article les chercheurs ont déterminé les propriétés chimiques du verre transparent et coloré. Supportée par l'ajout de ciment et de verre en ajoutant 0-25%. Avec une augmentation de l'ajout de verre à une augmentation du débit de mortier pour évaluer les effets de la compression et ceux de pouzzolane, d'autres études ont montré qu'ils alternaient entre le débit

Chapitre I : Synthèse bibliographique

de dose et l'effet du médicament. Comme avec les mortiers, des échantillons de cubes de béton ont été préparés et testés pour leur résistance (jusqu'à un an). Les résultats des tests de pression ont indiqué que le verre et le mortier de béton recyclés offraient une meilleure résistance que les échantillons de contrôle.

1.2.3 Matériaux

- ✓ Ciment: CEM I (ciment Portland).
- ✓ Sable : le sable a été classé conformément à l'EN 196-1 (EN, 2005). [11].

Tableau I.5: propriétés physique des agrégats fins.

Masse volumique(kg/m ³)	2.55
Capacité d'absorption(%)	1.66
Module de finesse (MF)	2.65
Teneur en humidité du labo	0.68

Tableau I.6: Classement de sable utilisé pour l'essai à la compression du mortier.

Tamis N°	Tamis d'ouverture (mm)	Passant cumulé (%)
16	1.19	100
30	0.60	75
50	0.3	25
100	0.15	0

- ✓ poudres de verre transparent et coloré (préparé avec par un broyeur à boulets) selon la norme ASTM.
- ✓ Un mélange de l'eau +super plastifiant (l'adjuvant utilisé dans les travaux de mortier est basé sur la chimie de l'éther poly carboxylate). [12].

Tableau I.7: Propriété de mélange.

Densité relative	1.08 ± 0.01 à 25 C°
PH	≥6
Teneur en ions chlorure	< 0.2 %
Réduction d'eau attendue	>20 %
Normes conformes	ASTM C-494, EN 934-2

Tableau I.8: Propriétés physiques des agrégats grossiers.

Masse volumique (kg/m ³)	2.67
Capacité d'absorption(%)	1.21
Poids unitaire sec (kg/m ³)	1560
Teneur en humidité (%)	0.92

1.2.4 Mode opératoire et formulation

Test d'écoulement sur mortier :

Pour déterminer le débit d'un échantillon de mortier lorsqu'il est non consolidé et consolidé. Les chercheurs Après avoir rempli, compacté et enlevé le moule, le mortier vibre à 1,67 Hz lorsque la table d'écoulement monte et descend 25 cm en 25 secondes. Le mortier passe d'une forme conique de 4 pouces à une 'crêpe'.

La variation de diamètre du mortier a été mesurée et exprimée en mm selon la norme ASTM C1437 (ASTM, 2015b). La configuration expérimentale du test d'écoulement est illustrée dans la figure I.16, avec $E/L=0,5$.



(a)



(b)

Figure I.16: échantillon d'un mortier dans un moule (a) en laiton et (b) galette.

Évaluation de la résistance : Mélanger les ajouts et la préparation du mortier :

Le rapport en masse du sable à (ciment + poudre de verre) a été fixé à 2,75 selon la norme ASTM C109 (ASTM, 2016c) pour tous les lots et la proportion de mélange pour le mortier est donnée dans le Tableau I.9 le mélange et mis dans des moules de 50x50x50 selon ASTM C109 (ASTM, 2016c) et pendant 24 h à l'état humide et après la période de durcissement spécifiée, tests de résistance des éprouvettes sont faits après le retrait de l'eau de stockage, conformément à la norme ASTM C109.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Tableau I.9: mélange des détails des mortiers utilisés pour le test de la résistance à la compression.

Détails du spécimen	ciment	Poudre de verre	Sable(g)	Eau(g)
Echantillon de contrôle (0% poudre de verre)	300g	0g	#30	206g
			#50	413g
			#100	206g
10% poudre de verre	270g	30g	faire	faire
15% poudre de verre	255g	45g	faire	faire
20% poudre de verre	240g	60g	faire	faire
25% poudre de verre	225g	75g	faire	faire

Proportion de béton et préparation

Les mélanges d'essai ont été conçus pour obtenir la résistance cible de 35 Mpa à 28 jours et une ouvrabilité de 100 à 125 mm, conformément à l'**ACI 211.1** de l'American Concrete Institute (**ACI, 2009**), avec une substitution de poudre de verre dans le ciment entre 0 et 25 % Le Tableau I.10 indique la proportion du mélange de béton.

Tableau I.10: proportion du mélange de mortier utilise dans les travaux expérimentaux.

matériaux	Quantité
Eau	215kg
Ciment ou (ciment + poudre de verre)	445kg
Agrégat fin	625kg
Grossier Agrégat	1005kg

Essai de résistance à la compression

Les essais de résistance à la compression du mortier et du béton ont été réalisés conformément aux normes **ASTM C109** (**ASTM, 2016c**) et **ASTM C39** (**ASTM, 2016b**)



Figure I.17: test de résistance à la compression.

1.2.5 Résultats et discussions

Composition chimique de la poudre de verre et du ciment (tableau I.11) :

Tableau I.11: Composition chimique des échantillons de verre, des OPC et autre pouzzolanes de référence.

composé	Poudre de verre clair	Poudre de verre colorée	OPC	Déchets de verre	scories	Fumée de silice	Cendres volantes
SiO ₂	68.1	68.7	22.8	68	35	90.9	59.2
Al ₂ O ₃	0.9	1.0	5.9	7	12	1.1	25.6
Fe ₂ O ₃	0.6	0.9	3.5	<1	1	1.5	2.9
CaO	14.5	12.0	63.0	11	40	0.7	1.1
MgO	1.8	1.8	1.5	<1	-	0.8	0.3
K ₂ O	0.8	1.0	1.0	<1	-	-	0.9
Na ₂ O	12.2	13.3	0.1	12	0.3	-	0.2
SO ₃	0.4	0.1	2.0	-	9.0	0.4	0.3
PAF	-	-	1.5	-	1.0	3.0	1.4
humidité	-	-	-	-	-	-	-

Mise en œuvre :

Essai d'écoulement :

Rashed (2014), [13] .a montré que des études précédentes indiquaient une opérabilité accrue du ciment avec l'ajout de verre. En raison d'une légère différence, le débit avec le mélange devrait donner une tendance similaire. Cependant, il doit y avoir un décalage vertical entre le flux avec et sans le mélange (figure I.18). [13].

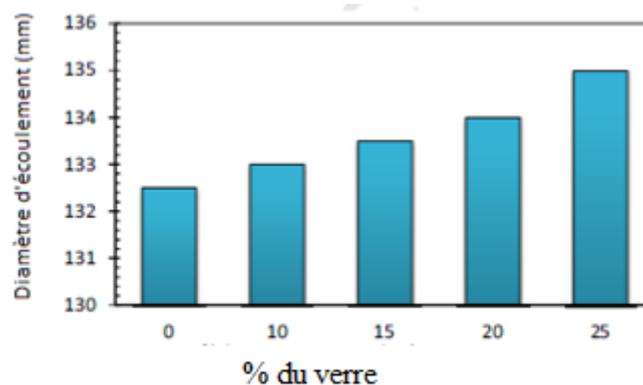


Figure I.18: Quantité de verre par rapport au débit dans le mortier de ciment.

Résistance à la compression avec l'âge

La résistance moyenne inférieurs comparées au mortier témoin (0% de remplacement du verre) à 7, 14, 28 et 56 jours. À l'exception de 25% d'ajout de verre. , Tous les autres mortiers de ciment remplacée résistance à la compression moyenne de dépassement de celle du mortier témoin à 90 jours. Les résultats sont d'accord avec l'enquête sur le terrain plus tôt par Nasser et Sorouchian (2011). Par contre L'examen de Rashed (2014) le niveau de remplacement du ciment à 10% a donné la plus grande résistance à la compression dans le mortier. Essai de 90 jours Une éprouvette de mortier de 365 jours a donné une résistance à la compression maximale avec une addition de 20% de verre usagé, soit 8% de plus que le mortier de contrôle sans verre (figure I.19). [13], [14].

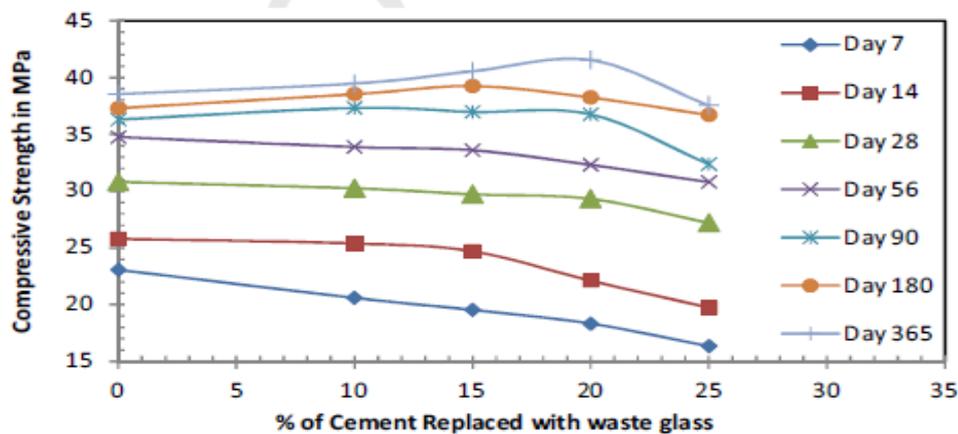


Figure I.19: Résistance à la compression des échantillons de mortier.

Dans 7 et 14 jours la résistance la résistance à la compression diminuant avec l'ajout de poudre de verre Pour les mortiers de contrôle, ajouter 1% d'adjuvant. Avec l'ajout de verre, la différence de résistance à la compression a diminué à ces âges. Cela indique que l'effet de super plastification sur le verre dépoli est inférieur à celui du ciment Portland, car le ciment commence à se diluer et à réagir dès que de l'eau est ajoutée au mélange, mais le verre nécessite une période plus longue pour déclencher une réaction pouzzolanique. [15].

A 28, 56 et 90 jours. L'effet du mélange est devenu moins important que les âges précédents. Avec l'augmentation de la teneur en verre, la différence entre les résistances à la compression a diminué et la différence a été pratiquement éliminée à un niveau de remplacement de 25%. Cela indique une progression.

La réaction pouzzolanique devrait généralement se produire entre 28 et 91 jours. [16] Par conséquent, seul l'effet du mélange, c'est-à-dire que l'emballage à nouveau visible aux derniers âges (180 et 365 jours).

Chapitre I : Synthèse bibliographique

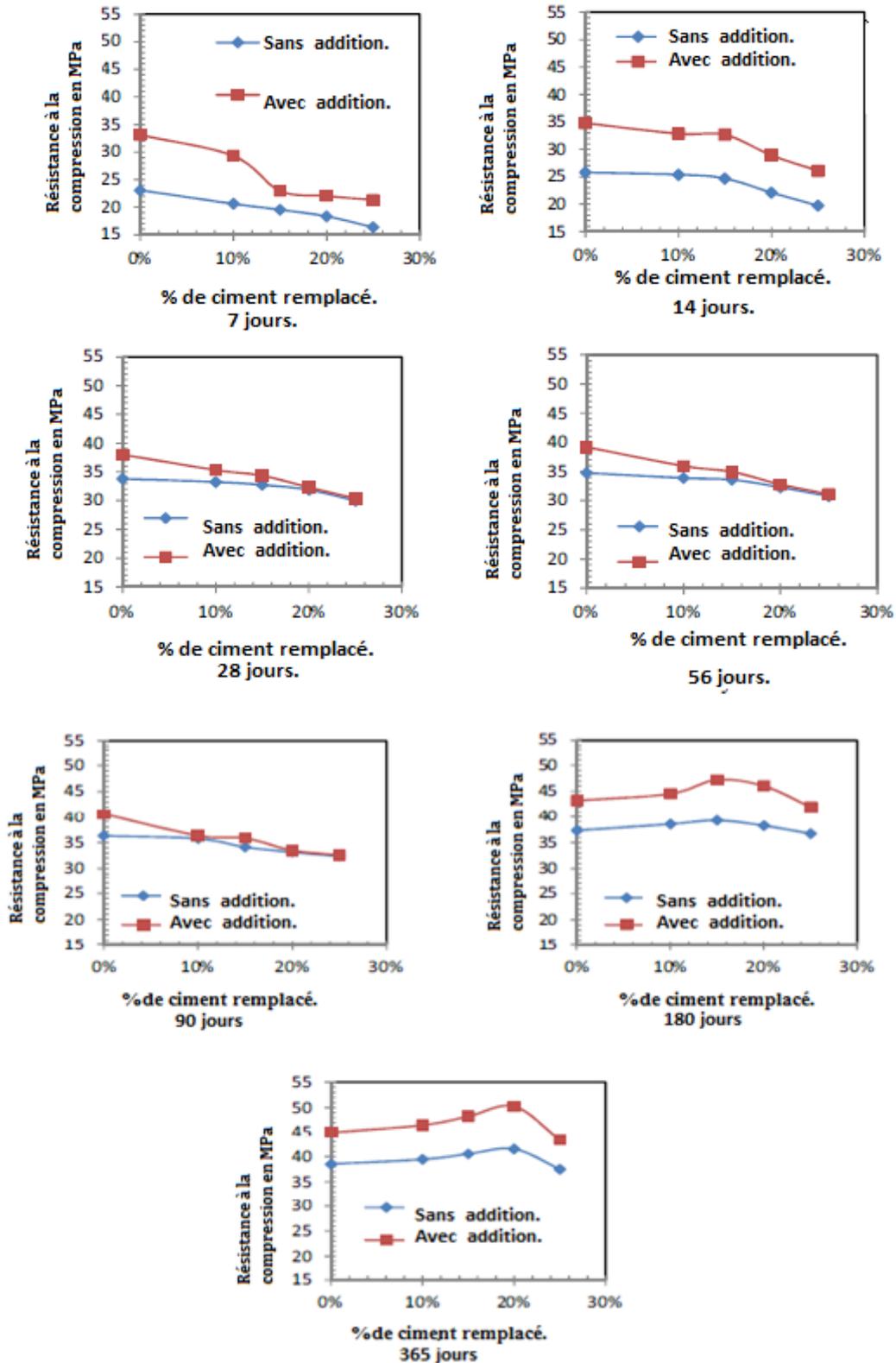


Figure I.20: Effet du mélange sur la résistance à la compression des éprouvettes de mortier additionnée de verre.

Considérations environnementales et financières :

L'utilisation de déchets de verre dans la production de béton procure non seulement des avantages environnementaux significatifs, mais améliore également les performances du béton utilisé en quantité idéale. [17].

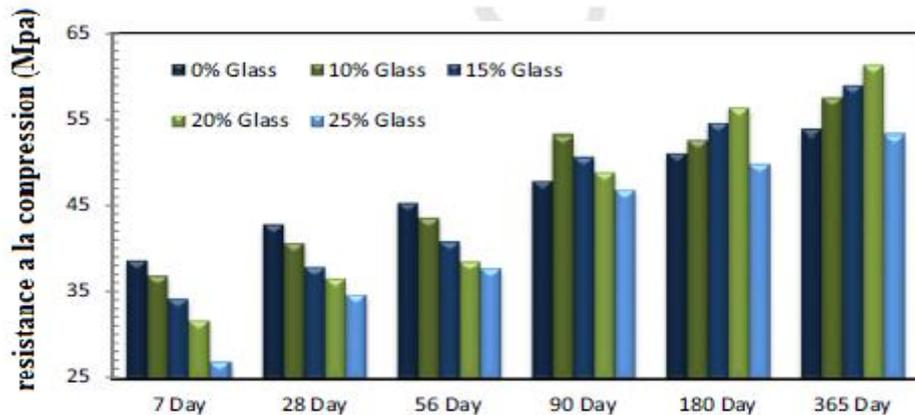


Figure I.21: Résistance à la compression des éprouvettes de béton a différents âges et différents pourcentage de remplacement de verre.

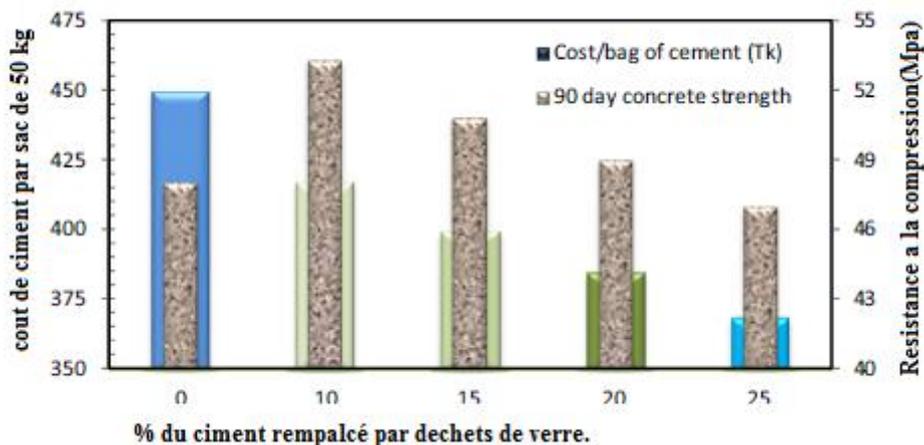
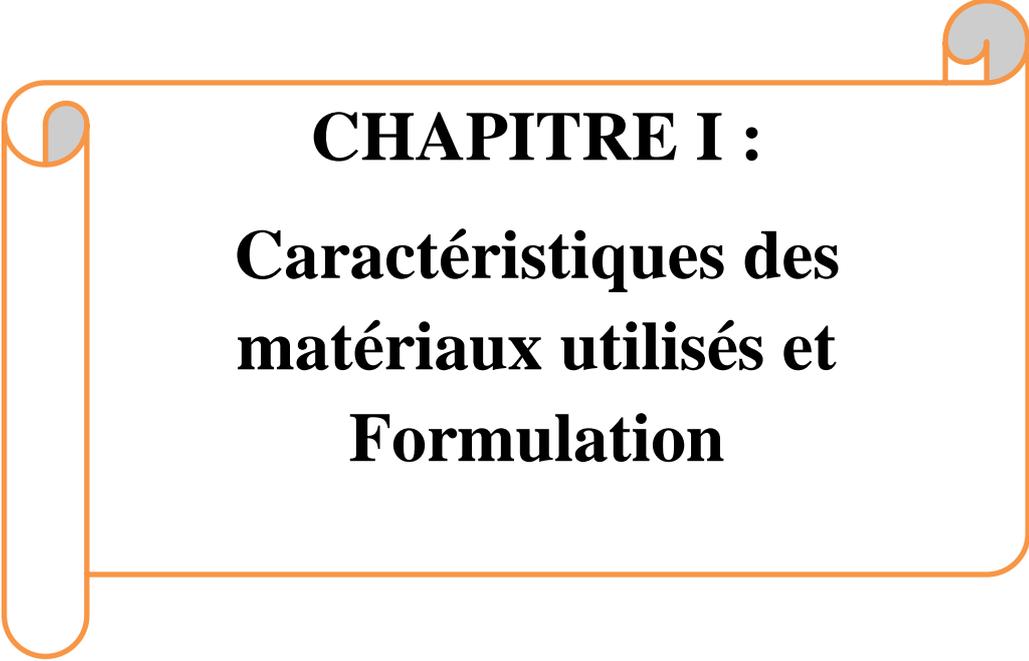


Figure I.22: cout et résistance de ciment composé de verre.

1.2.6 Conclusion

Les poudres sont très similaires et les matériaux pourraient être déclarés comme matériau pouzzolanique selon la norme ASTM. Étant de nature plus propre.

L'ajout de verre peut réduire les coûts de production du ciment jusqu'à 14% pour quel % de verre .la réduction des émissions de CO₂ de la production de ciment permet de préserver l'environnement de manière significative en réduisant la production de gaz à effet de serre et de particules fines polluants.



CHAPITRE I :
Caractéristiques des
matériaux utilisés et
Formulation

Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter et discuter les résultats obtenus à la suite de la caractérisation des matériaux afin de mettre en évidence les propriétés essentielles et utiles qui ont motivé leur utilisation dans cette étude.

1 Caractéristiques des matériaux

1.1 Ciment

Le ciment utilisé pour la confection des mortiers doit être conforme aux exigences des Normes Algériennes NA422 et la NA443. C'est un ciment gris résistant aux sulfates, résultat de la mouture du clinkeret du laitier granulé de haut fourneau (CPA) CEM I, 42,5 MPA, fabriqué par l'usine de Sour El GHOZLANE, les caractéristiques chimiques et minéralogiques sont normalisées.

1.1.1 Composition chimique :

Tableau I.12: Composition chimique du ciment.

Eléments	Cao	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Chlorures	Ins	PAF
%	60.4	20,7	5.45	3,36	2.37	0,23	0,65	2.15	0,07	0	4,28

1.1.2 Composition minéralogique :

Tableau I.13: Composition minéralogique du ciment.

Minéraux	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	Cao	Gypse
%	52	22	03	18	01	04

1.2 Eau de gâchage

L'eau utilisée dans ce présent travail est l'eau potable donc elle ne nécessite aucun traitement. Elle est conforme aux exigences de la norme (NF EN 1008).

1.3 Le Sable

le sable de Sétif lave avec l'eau de robinet, puis séché à l'étuve, et enfin tamisé à l'aide d'une série de tamis, nous avons ensuite calculé dans module de finesse et l'équivalent de sable.

1.4 Analyse granulométrique (NF P 18-560)

La granulométrie ou analyse granulométrique s'intéresse à la détermination de la dimension des grains et la granularité concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat.

L'analyse granulométrique a trois buts :

CHAPITRE I : Caractéristiques des matériaux utilisés et Formulation

- Déterminer les dimensions des grains
- Déterminer les proportions de grains de même dimension (% pondéral).
- déduire le Module de finesse (Mf).

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis.

Les dimensions nominales normalisées des tamis, selon la norme (NF P 18-560), sont les suivantes (tableau I.14) :

Tableau I.14: Dimensions nominales des tamis.

Module	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Tamis (mm)	0.063	0.08	0.10	0.125	0.16	0.20	0.25	0.31	0.40	0.50	0.63
Module	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Tamis (mm)	0.80	1.00	1.25	1.60	2.00	2.5	3.15	4	6	6.5	8.5
Module	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	/
Tamis (mm)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	/

Pour les sables, on utilise les tamis suivant d'ouverture en (mm) :

FOND - 0,08 - 0,125 - 0,5 - 1,0 - 2,0 -3,0. (figure I.23) :



Figure I.23: Colonne des tamis.

➤ Analyse granulométrique du sable 0/3 :

Les résultats de l'analyse granulométrique du sable de la carrière de (Sétif) sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau I.15: Analyse granulométrique du sable de Sétif.

Masse de l'échantillon soumis à l'essai : $M_{éch} = 2000g$			
Ouverture tamis (mm)	Refus(g)	Refus cumulés (%)	Tamisats cumulés (%)
3	0	0	100
2	555	27.75	72.25
1	762	65.85	34.15
0,5	420	86.85	13.15
0,125	223	98	2
0,08	25	99.25	0.75
fond	15	100	0

Courbe de l'analyse granulométrique de sable sétif et le sable normalisé. Est déterminer dans la figure I.2

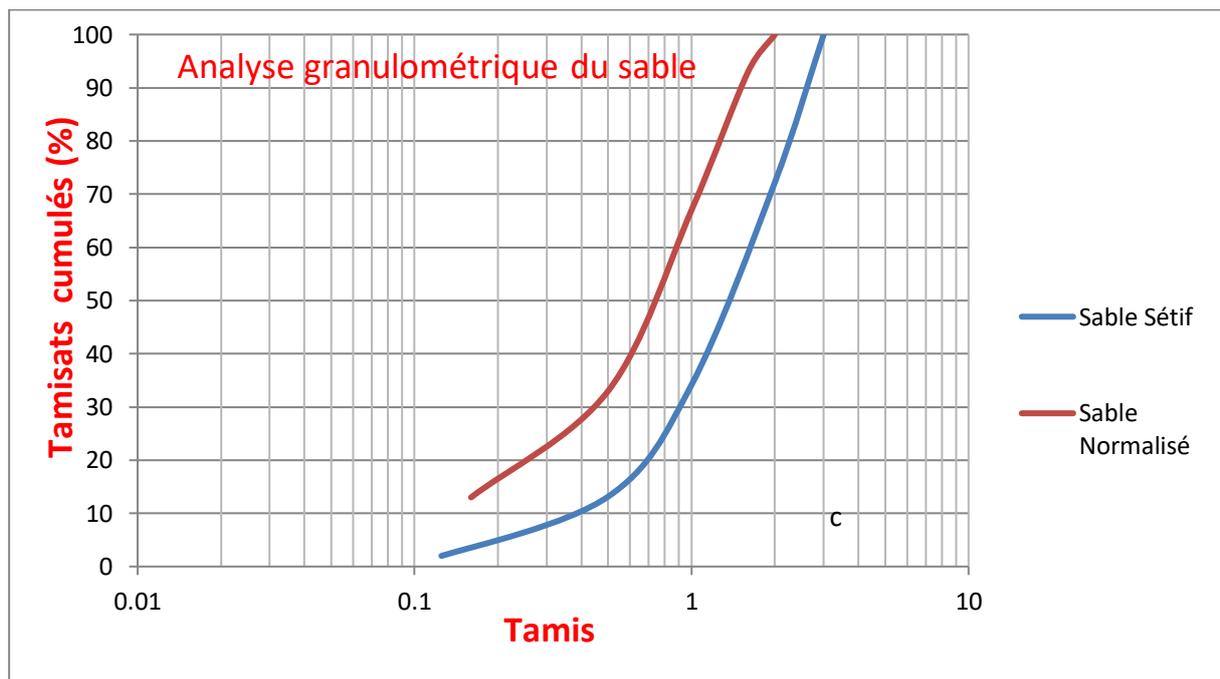


Figure I.24: Courbe de l'analyse granulométrique du sable de Sétif et le sable normalisé.

1.5 Module de finesse(Mf) (NF P 18-540)

Est une caractéristique importante surtout en ce qui concerne les sables. Un bon sable à mortier doit avoir un module de finesse F_m compris entre 2,2 et 2,8 ; Au-dessous, le sable a

une majorité d'éléments fins et très fins, ce qui nécessite une augmentation du dosage en eau ; au-dessus, le sable manque de fines et le béton y perd en ouvrabilité.

$$F_m = \sum R_n / 100.$$

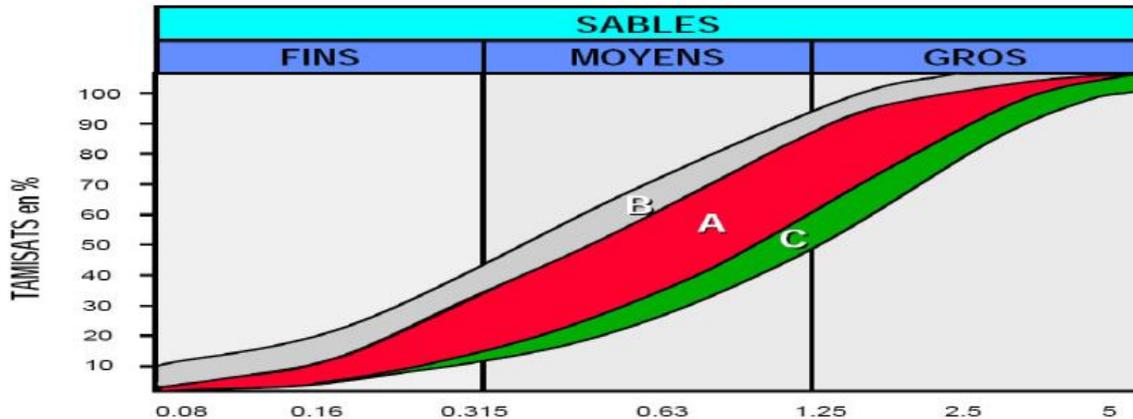


Figure I.25: Fuseaux granulométriques des différents types de sable.

R_n : refus cumulé en (%) sous les tamis de module 22 à 38.

Dans le cas de la courbe granulométrique du sable présenté précédemment, son module de finesse est égale à :

$$mf = \frac{86.85 + 65.85 + 27.75}{100} = 1.8$$

Module de finesse : (Valeur série française)

Sable grossier (C) : $2.8 < MF < 3.2$

Sable moyens (A) : $2.2 < MF < 2.8$.

Sable fin (B) : $1.8 < MF < 2.2$

$Mf = 2.78 < 2.8$, donc c'est un sable moyen (A)

1.6 Equivalent de sable (ES) NF EN 933-8

L'essai d'équivalent de sable (figure I.27) permet de mesurer la propreté d'un sable. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins contenus dans ce sable.

L'essai consiste à faire flocculer les éléments fins d'un sable mis en suspension dans une solution la vante puis, après un temps de mise au repos donné, on mesure la hauteur des éléments sédimentés. Il est effectué sur la fraction du sable passant au tamis à mailles carrées de 2 mm.

L'équivalent de sable (ES) est le rapport multiplié par 100, de la hauteur de la partie sableuse

CHAPITRE I : Caractéristiques des matériaux utilisés et Formulation

Sédimentée, à la hauteur totale de matériaux (Floculats et partie sableuse sédimentée) (figure I 28).



Figure I.26: Machine agitatrice.



Figure I.27: Equivalent de sable.

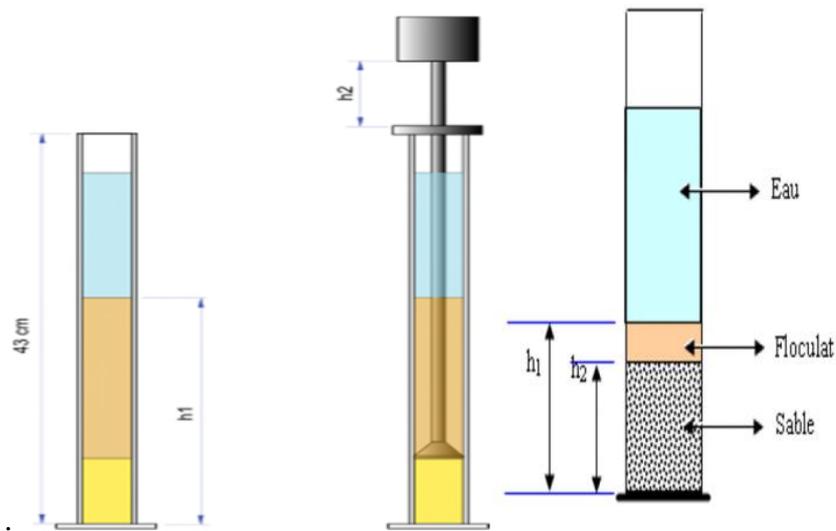


Figure I.28: Mesure de la hauteur du sable.

✓ Expression des résultats:

On calcul pour chaque éprouvette ESP, l'équivalent de sable comme suit :

$$\text{Esp} = \frac{h_2}{h_1} \times 100$$

Le tableau suivant (tableau I.16) récapitule les résultats d'essai de sable :

Tableau I.16: Résultats d'équivalent de sable pour le sable 0/3.

Eprouvettes	Hauteur total du flocculat h1 (cm)	Hauteur total du sable par piston h2 (cm)	ESP(%)	ESP moyen(%)
1	11	8.9	80.90	80.27
2	11.3	9	79.64	

Donc, la valeur de l'équivalent de sable par piston ESP est de l'ordre de :

ESP= 80.27 % > 60%, donc on peut déduire que c'est un sable fin.

1.7 La boue

Issu de la station d'épuration d'oued hous (Bouira).

1.7.1 Préparation de la boue

- Etalé la boue fraîche à l'air libre pour le séchage, environ 3 à 4 jours.
- Incinération de la boue à 1000°C dans un four industriel ECEFERAL (Alger).
- Broyage de la boue sèche.
- Tamisage de la boue broyée avec le tamis de 0.08mm.

La figure I.29 présente Courbe de l'analyse granulométrique par laser de la boue effectuée au laboratoire de Bab Ezzouar (USTHB).

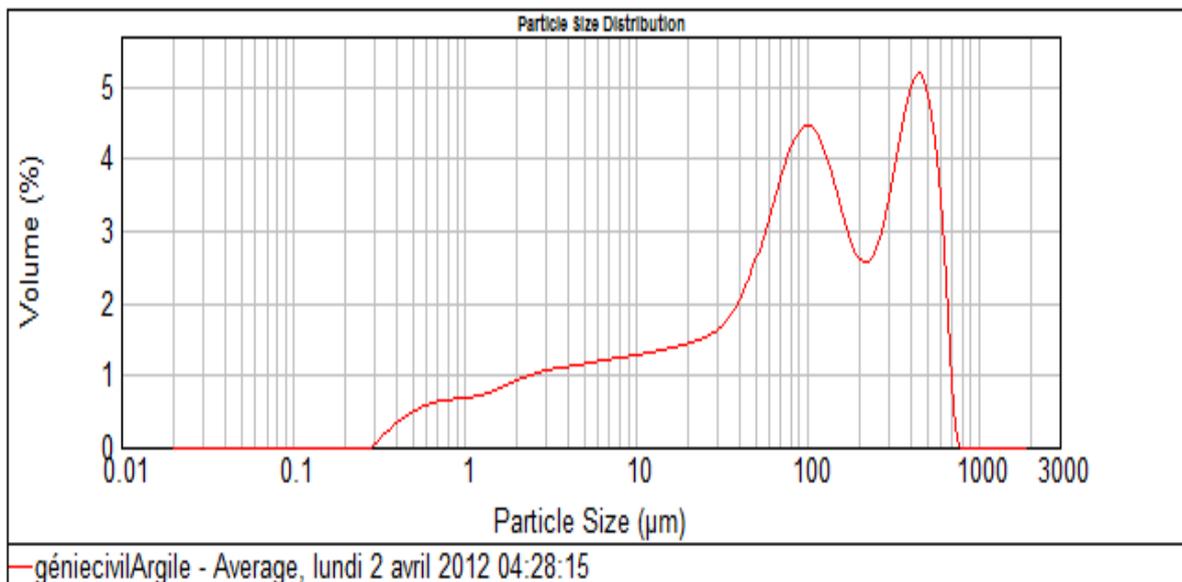


Figure I.29: Analyse granulométrique de la poudre de boue.

1.8 La poudre de verre

1.8.1 Préparation de la poudre de verre

Pour obtenir poudre de verre (figure I.32) On effectue les étapes suivantes :

Apporter les déchets de verre (figure I.31).

- Nettoyez le verre et tout ce qui existe des propriétés de verre ne changent pas.
- Concassage du verre en petits morceaux et les mettre dans le broyeur.
- Mettre le verre concassé dans le broyeur quelque temps.
- tamiser de verre au tamis 0.08 mm

La figure I.30 présente la Courbe de l'analyse granulométrique par laser du La poudre de verre effectuée à laboratoire de Bab Ezzouar (USTHB).

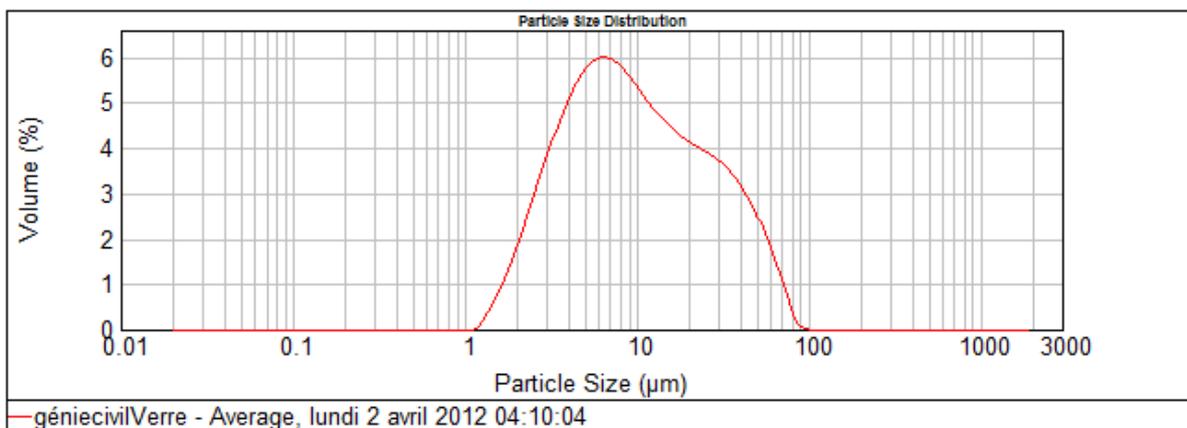


Figure I.30: Courbe de l'analyse granulométrique de la poudre de verre.



Figure I.31: bouteille de Verre.

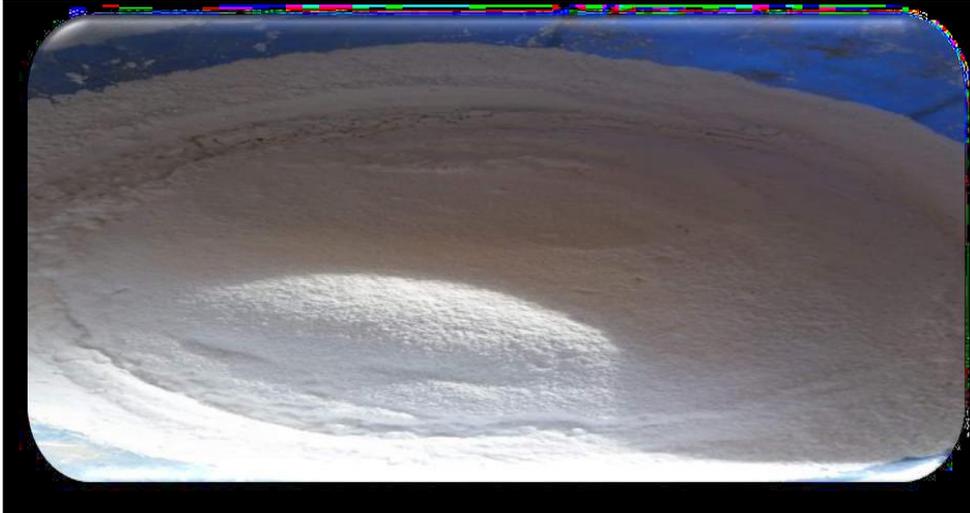


Figure I.32: Poudre de verre.

1.9 Constitution des mortiers

1.9.1 Dosage des constituants :

Dans le but de connaître les effets des boues et les poudres de verres sur les caractéristiques mécaniques et chimiques des mortiers, il faut réaliser les dosages nécessaires connaissant le dosage du ciment (450 g) ; selon la norme **EN 196-1** pour un mortier normal, on peut déterminer le poids du ciment et celui des boues et les verres aux différents pourcentages.

Dans le cas de la préparation de 5 séries d'éprouvettes (4x4x16) cm³, les quantités sont respectivement les suivantes :

➤ Pourcentage des boues et les poudres de verre dans le mortier:

- Les boues sont substituées en pourcentages (0% ,5% et 7%), celui de 0% est un mortier témoin.
- la poudre de verre substitué en pourcentages (3% et 5%) pour les mortiers de 5% boue.

1.9.1.1 Mortier témoin(Mt)

- ✓ Sable Sétif → 1350 ± 5g
- ✓ Ciment → 450 ± 2g
- ✓ Eau → 225 ± 1g
- ✓ 7% de l'adjuvant → 3.2g
- ✓ Le rapport E /C d'un tel mortier est donc 0,5.

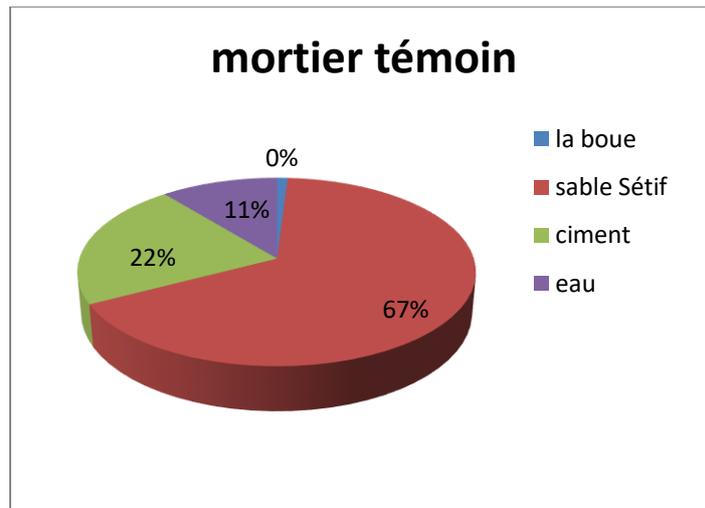


Figure I.33: Les pourcentages des différents composants de mortier témoin.

1.9.1.2 Mortier avec 5% de boue (M_{b5})

- ✓ $P_{total} = (P_b + P_c) = 450g$.
- ✓ Comme $P_{total} \rightarrow 100\%$
- ✓ $P_b \rightarrow 5\%$
- ✓ On aura $P_b = 22.5g$; ce qui nous donne $P_c = 427.5g$.

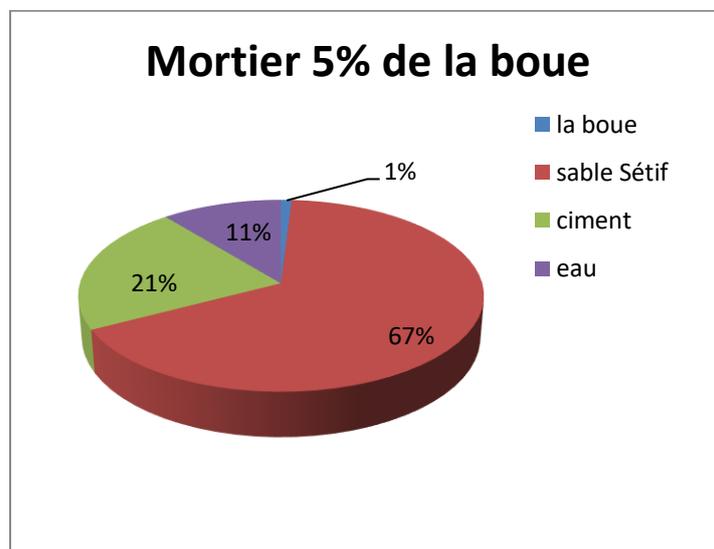


Figure I.34: Les pourcentages des différents composants du M_{b5} .

1.9.1.3 Mortier avec 7% de boue (M_{b7})

- ✓ $P_{total} = (P_b + P_c) = 450g$.
- ✓ Comme $P_{total} \rightarrow 100\%$
- ✓ $P_b \rightarrow 7\%$
- ✓ On aura $P_b = 31.5g$; ce qui nous donne $P_c = 418.5g$.

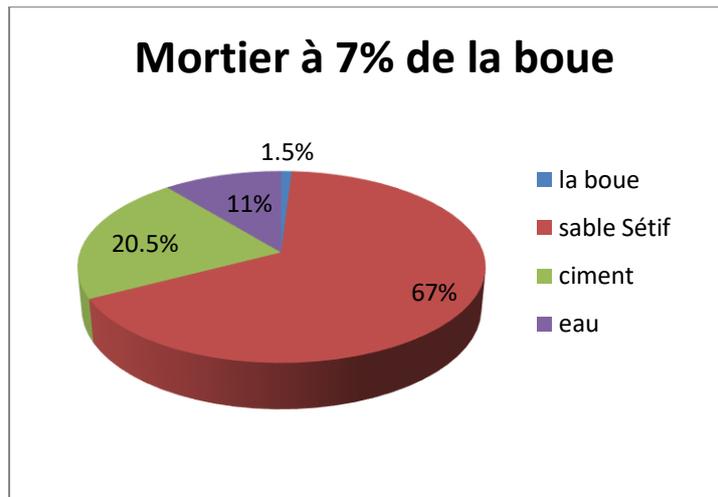


Figure I.35: Les pourcentages des différents composants du Mb7.

1.9.1.4 Mortier avec 5% de boue et 3% de verre ($M_{b5}+M_{v3}$)

- ✓ $P_{total} = (P_b + P_c + P_v) = 450g$.
- ✓ Comme $P_{total} \rightarrow 100\%$
- ✓ $P_b \rightarrow 5\%$
- ✓ $P_v \rightarrow 3\%$
- ✓ On aura $P_B = 22.5g$ et $P_V = 13.5g$; ce qui nous donne $P_C = 414g$.

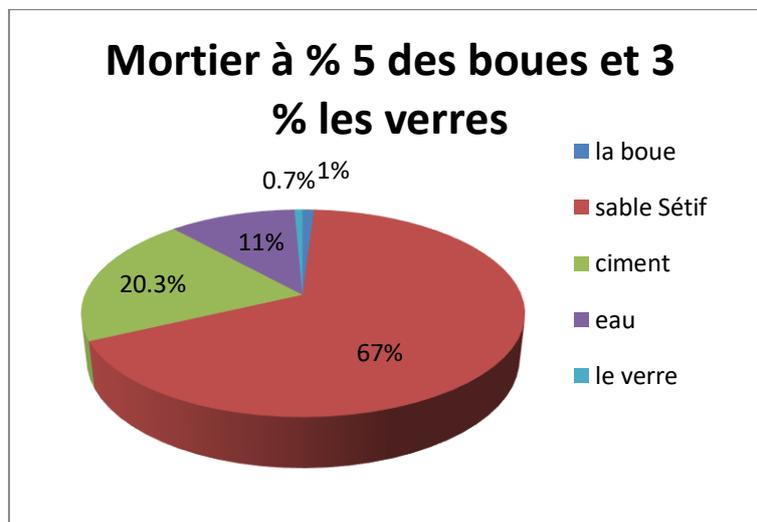


Figure I.36: Les pourcentages des différents composants du Mb5+Mv3.

1.9.1.5 Mortier avec 5% de boue et 5% de verre ($M_{b5}+M_{v5}$)

- ✓ $P_{total} = (P_b + P_c + P_v) = 450g$.
- ✓ Comme $P_{total} \rightarrow 100\%$
- ✓ $P_b \rightarrow 5\%$
- ✓ $P_v \rightarrow 5\%$
- ✓ On aura $P_B = 22.5g$ et $P_V = 22.5g$; ce qui nous donne $P_C = 405g$.

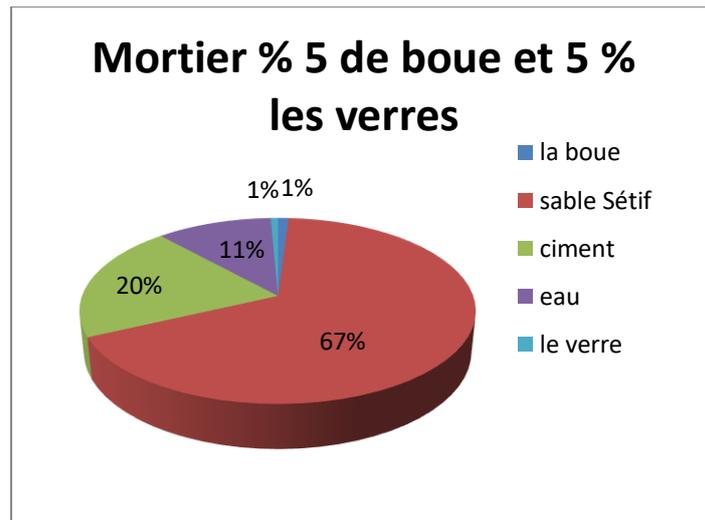


Figure I.37: Les pourcentages des différents composants Mb5+Mv5.

Tableau I.17: Composition des éprouvettes de mortier.

N° de la série	%		Poids(g)				
	boues	verres	Boues	verres	Ciment	Sable	Eau
Mt (0%)	0	0	0	0	450	1350	225
Mb (5%)	5	0	22.5	0	427.5	1350	225
Mb (7%)	7	0	31.5	0	418.5	1350	225
Mb+Mv (5%+3%)	5	3	22.5	13.5g	414	1350	225
Mb+Mv (5%+5%)	5	5	22.5	22.5	405	1350	225

1.9.2 Malaxage de mortier (NF P 18-403)

- On introduit le ciment et le sable dans la cuve du malaxeur (figure I.38), on met le malaxeur en marche à vitesse lente, après 15s de malaxage sec on introduit 80%(l'eau+7% d'adjuvant) et avec un malaxage lent pendant 1.30 min, on arrête le malaxeur 15s pour racler le mortier rapidement.
- on ajoute 20% (l'eau+7% d'adjuvant) puis on redémarre le malaxeur à une vitesse rapide jusqu'à terminer les (04) min de malaxage.
- De la même façon pour 5% et 7% des boues et 3% et 5% des verres.



Figure I.38: Malaxeur.

1.9.3 Préparation des moules et des éprouvettes

La norme EN 196-1 décrit de manière détaillée le mode opératoire concernant la préparation des éprouvettes.

Avec le mortier préparé pour chaque série d'éprouvette, on remplit le moule $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ (figure I.39).

On arase le mortier avec l'arête d'une règle métallique plate et on nettoie le moule, enfin on le repese plein.

Après 24 heures du coulage, les éprouvettes sont démoulées et entreposées dans l'eau pendant 2 jours (figure I.40) ; attendant le moment de l'essai de rupture (14 jours, 28 jours).

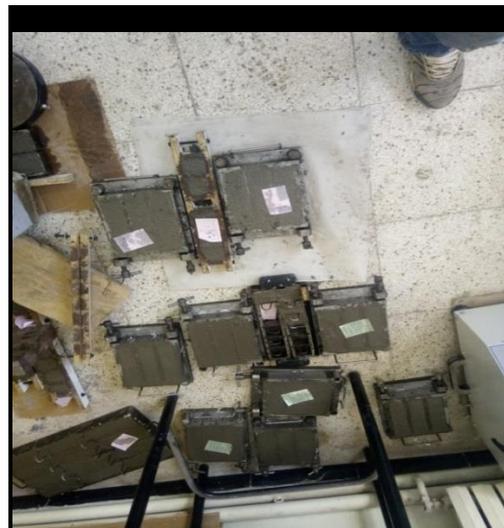


Figure I.39: Confection d'éprouvettes.



Figure I.40: les échantillons après démoulage conservé dans l'eau distillée.

✓ **Résistance à la compression**

La détermination de la résistance à la compression du mortier a été effectuée selon la norme NF P18-406. Les résultats obtenus à différents échéances représentent la moyenne de trois Échantillons.

✓ **Résistance à la flexion :**

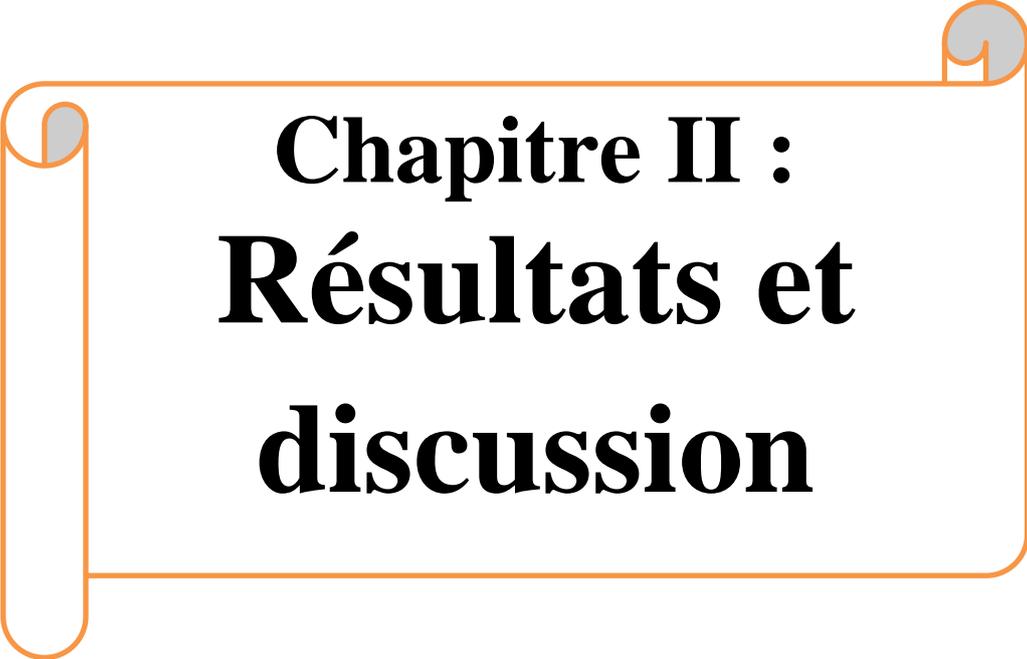
La détermination de la résistance à la flexion du mortier a été effectuée selon la norme NF P18-405. Les résultats obtenus à différents échéances représentent la moyenne de trois échantillons.

La figure I.41 représente l'appareil de flexion et de compression.



Figure I.41: Appareil de flexion /compression.

CHAPITRE I : Caractéristiques des matériaux utilisés et Formulation



Chapitre II : Résultats et discussion

Introduction

Nous présentons dans ce chapitre l'analyse des résultats des essais de la résistance à la compression, et à la flexion effectuée sur les éprouvettes de mortier à l'aide des deux appareils de compression et de flexion du laboratoire de génie des matériaux à l'université d'Akli Mouhand Oulhadj de Bouira.

1 Comportement du mortier témoin

Le mortier témoin a été testé sous plusieurs conditions de conservation

1.1 L'air libre

Après le démoulage :

- on met l'éprouvette (M_t) dans un bain rempli avec l'eau de robinet pendant 24 heures.
- Puis on laisse l'éprouvettes à l'air libre et on mesure la résistances (compression et flexion) après 14 et 28 j.

a- Compression :

Dans cette étape on mesure les résistances à la compression des éprouvettes conservé à l'air libre pendant 14 et 28j, la figure II.1 présente la résistance à la compression du mortier témoin

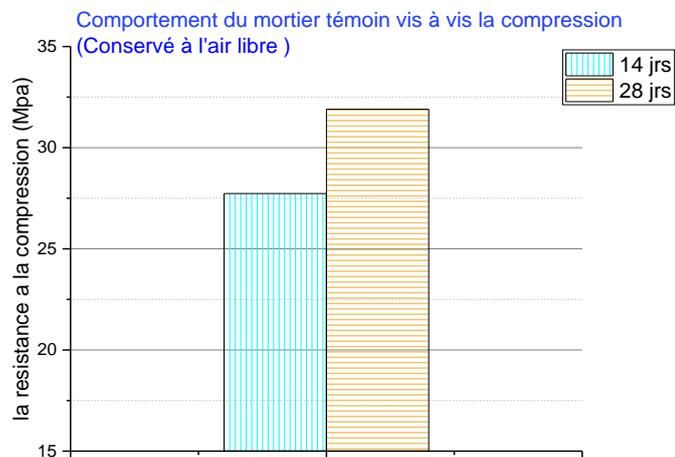


Figure II.1: Résistances à la compression de M_t conservé à l'air libre selon l'âge.

Cette (figure II.1) représente les résistances moyennes des trois échantillons à 14 et 28 jours.

On note une nette amélioration d'un taux de 15 % de la résistance à la compression de l'éprouvette 4x4x4cm de mortier témoin à 28 j par rapport à celle de 14 j.

b- Flexion :

Cette (figure II.2) illustre les variations de la résistance à la flexion de M_t conservé 24 heures Dans l'eau puis durant 14 et 28 jours à l'aire libre.

D'après cette (figure II.2) on remarque une augmentation de la résistance à la flexion de l'éprouvette 4x4x16cm d'un taux de 19.25 % à 28 j par rapport à 14 j.

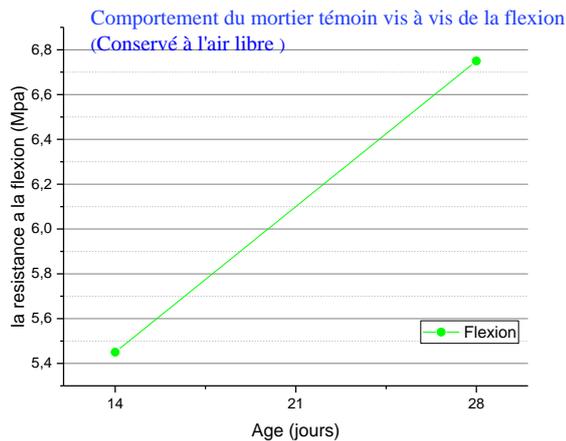


Figure II.2: Résistances à la flexion de M_t conservé à l'air libre selon l'âge.

1.2 Conservation dans un milieu humide

Dans cette expérience on a mis les éprouvettes dans un bain rempli avec de l'eau de robinet à une température 50 C° pendant 28 jours, et on a mesuré leur résistance à 14 et 28 j.

a-Compression :

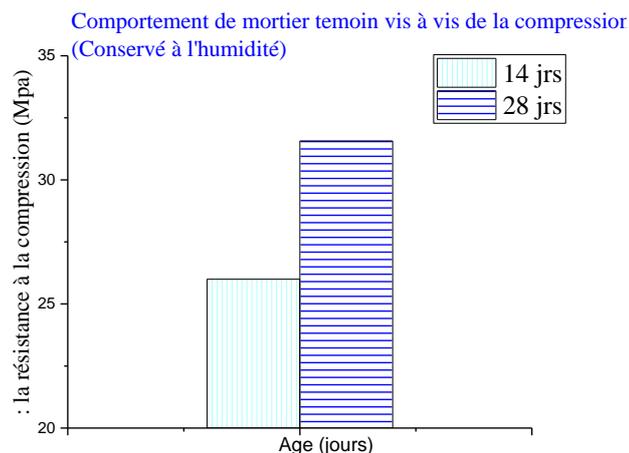


Figure II.3: Résistances à la compression de M_t conservé dans humide selon l'âge.

Ce graphe (figure II.3) illustre les variations de la résistance à la compression de M_t conservé à l'humidité.

CHAPITRE II : Résultats et discussions

D'après l'histogramme de la figure II.3, on remarque que la résistance à la compression de l'éprouvette cubique conservé à 28 jours dans l'eau s'améliore d'un taux de 17 % plus que celle de à l'âge de 14 j. ce qui fait la présence de l'eau a contribué à l'hydratation complète du ciment.

b-Flexion :

La (figure II.4) représente la variation des résistances à la flexion des éprouvettes 4x4x16cm conservé a l'humidité pendant 14 et 28 jours.

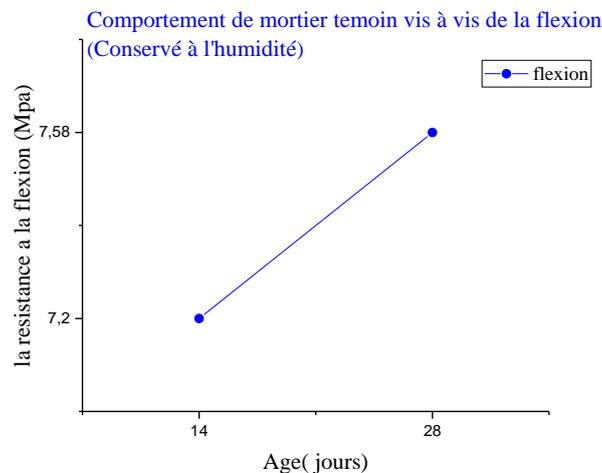


Figure II.4: Résistances à la flexion de Mt conservé dans milieu humide selon l'âge.

L'exploitation des graphes de la (figure II.4) montre que les éprouvettes prismatiques à l'âge de 28 jours résistent à la flexion plus que celle à 14 jours avec un taux de 5 %.

1.3 Conservation dans la température

Afin de cerner plusieurs cas possible à réaliser, nous avons étudié l'effet de la température sur les propriétés physiques.

Le processus de conservation des éprouvettes est comme suit : dans l'eau 48 heures puis 6 j a l'air libre et on pose les échantillons dans une étuve avec une température fixé à 50° pendant 28 j.

a-Compression :

Ces histogrammes (figure II.5) illustrent l'évolution de la résistance à la compression des éprouvettes cubiques conservées dans une étuve, à une température constante à 50° pendant 28 j.

On remarque que la résistance à la compression de l'éprouvette 4x4x4cm à 28 jours est élevée d'un taux de 21 % par rapport à celle de 14 j.

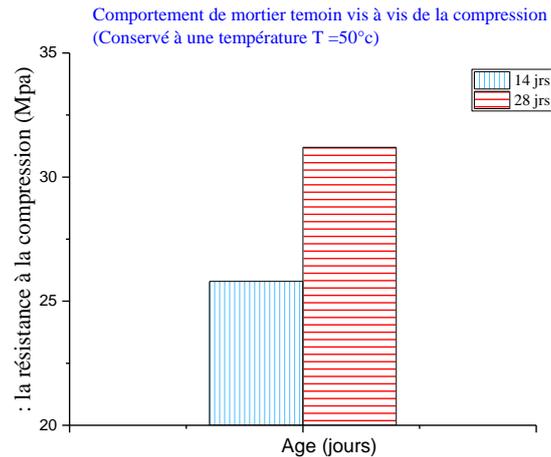


Figure II.5: Résistances à la compression de Mt conservé à 50° .

b-Flexion :

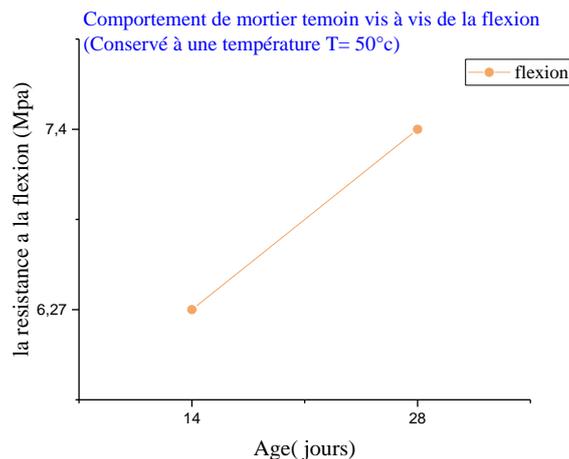


Figure II.6: Résistance à la flexion de Mt conservé à 50° .

La courbe de la (figure II.6) montre la variation de la résistance à la flexion trois points de l'éprouvette $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ en fonction de l'âge pour le M_t conservé dans une température constante à 50° pendant 28 j.

On remarque que l'éprouvette à 14 j atteint une valeur 6.72 Mpa, et à 28 j on enregistre une augmentation d'un taux de 18 %.

1.4 Conservation dans un milieu Acide HCL

1.4.1 Concentration et préparation :

Pour la préparation de la solution, on a besoin :

- ❖ 3L de l'eau distillée.
- ❖ 150 ml de l'acide chloridrique HCl (5% du volume d'eau).

On met dans chaque litre de l'eau distillée une quantité de 135 ml de l'acide HCL.
Il faut mettre d'abord l'eau distillée, puis ajouter l'acide.

a-Compression :

Les histogrammes de la (figure II.7) représentent la variation de la résistance à la compression de l'éprouvette du M_t conservé dans l'eau de robinet 24 heures puis 7 jours à l'air libre puis on laisse 56 jours dans une concentration de 5% de l'acide HCL en fonction de la durabilité. Cette (figure II.7) montre une diminution de la résistance à la compression de l'éprouvette 4x4x4cm avec un taux de 3 % de la résistance du mortier témoin à 56 j par rapport au 14 j.

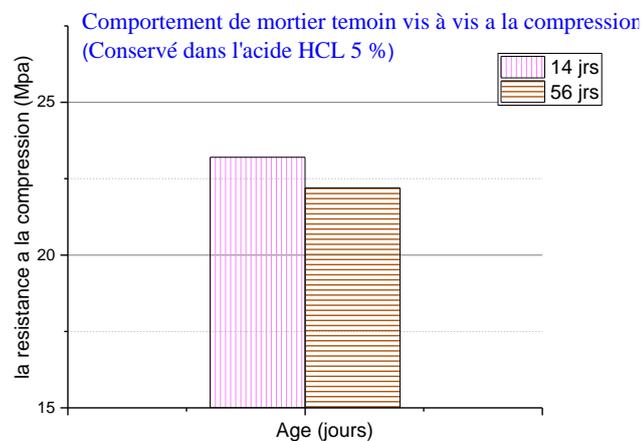


Figure II.7: Résistance à la compression de M_t conservé dans l'acide HCL.

b-Flexion :

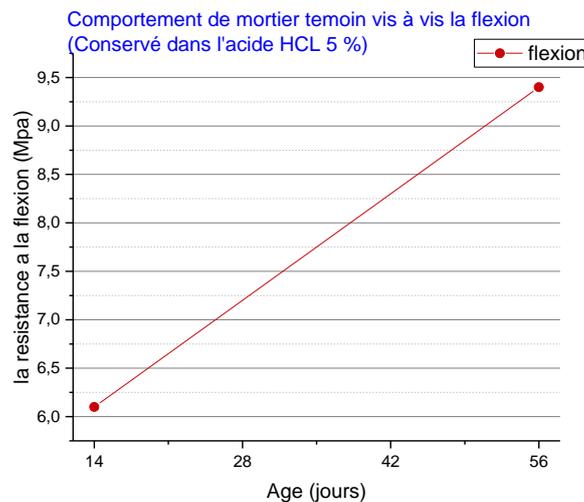


Figure II.8: Résistance à la flexion de M_t conservé dans 5% de l'acide HCL.

La figure II.8 représente l'évolution de la résistance à la flexion du M_t conservé dans l'eau 24 heures, puis 7 jours à l'air libre, puis on a laissé 56 jours dans une concentration de 5% de l'acide HCL.

D'après ce graphe (figure II.8) on a une augmentation d'un taux de 54 % de la résistance à la flexion d'éprouvettes prismatiques à l'âge de 56 j.

1.5 Conservation dans un milieu basique KOH

1.5.1 Concentration et préparation :

Pour la préparation de la solution, on a besoin :

- ❖ 2L de l'eau distillée.
- ❖ 100g de KOH (5% du volume d'eau).

a-Compression :

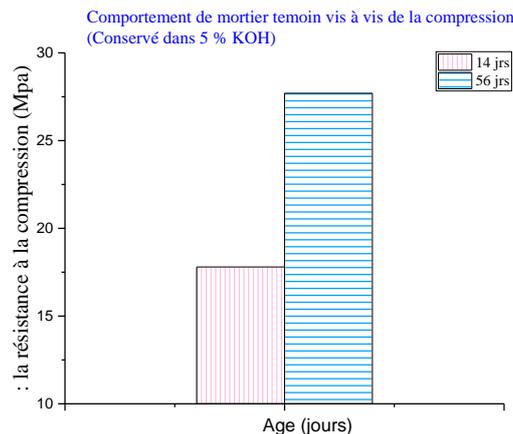


Figure II.9: Résistance à la compression de M_t conservé dans 5 % KOH selon l'âge.

La figure II.9 représente la variation de la résistance à la compression d'éprouvette cubique de M_t conservé dans 5% de KOH en fonction de l'âge.

On note une augmentation de la résistance de l'échantillon 4x4x4cm conservé dans KOH d'un taux de 55 % de résistance à 56 j par rapport à celle de 14 j.

b-Flexion :

La figure II.10 représente la variation de la résistance à la flexion d'éprouvette de M_t conservé dans 5% de KOH en fonction de l'âge.

D'après le graphe de la figure II.10 on remarque une augmentation d'un taux de 67% de résistance à la flexion d'éprouvette prismatique à 56j.

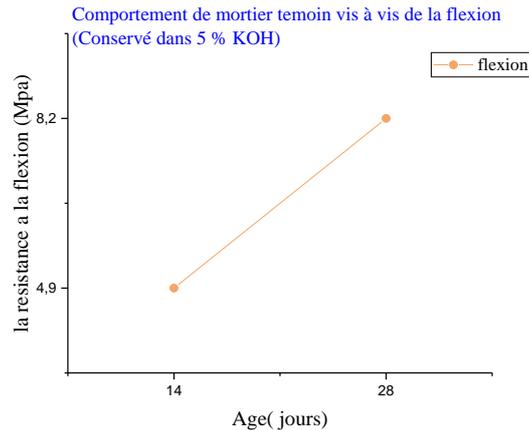


Figure II.10: Résistance à la flexion de Mt conservé dans 5 % de KOH selon l'âge.

2 Effets de la boue :

2.1 Mortier à base de 5 % de la boue

Le mortier à analyser est à base de 5% de boue (substitution de ciment) noté (M_{b5})

2.1.1 Conservation à l'air libre :

Après le démoulage on met l'éprouvette (M_{b5}) dans un bain rempli avec l'eau du robinet pendant 24 heures.

Puis on laisse l'éprouvette à l'air libre et mesure les résistances (compression et flexion) après 14 et 28 j.

a-Compression :

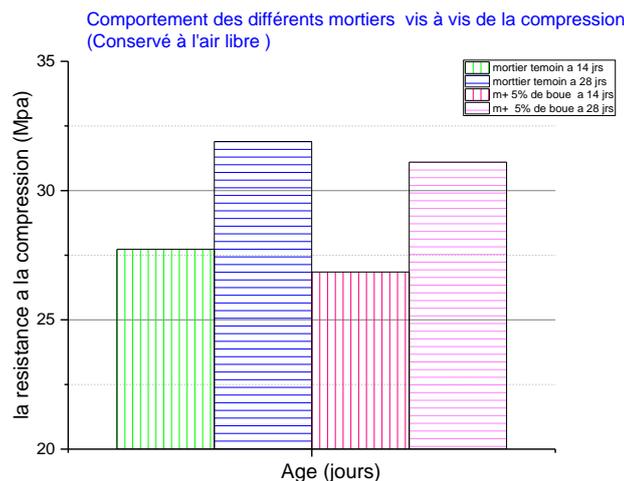


Figure II.11: Résistances à la compression de Mt et M_{b5} conservé à l'air libre selon l'âge.

Ces histogrammes illustrent l'évolution des résistances de M_t et M_{b5} conservé à l'air libre pendant 28 jours.

CHAPITRE II : Résultats et discussions

Un résultat raisonnable pour les deux mortiers, plus l'âge est élevé plus le murissement se réalise. Un mortier comparable au mortier témoin, car la résistance à la flexion et la compression sont voisine de celle de mortier sans substitution.

ces résultats montrent une diminution de 3% de la résistance à la compression du mortier à base de 5% de la boue par rapport au mortier témoin.

b-Flexion :

Le graphe de la (figure II.12) résume les différentes valeurs de résistance à la flexion du M_t M_{b5} conservé à l'air libre à différents âges 14 et 28 jours.

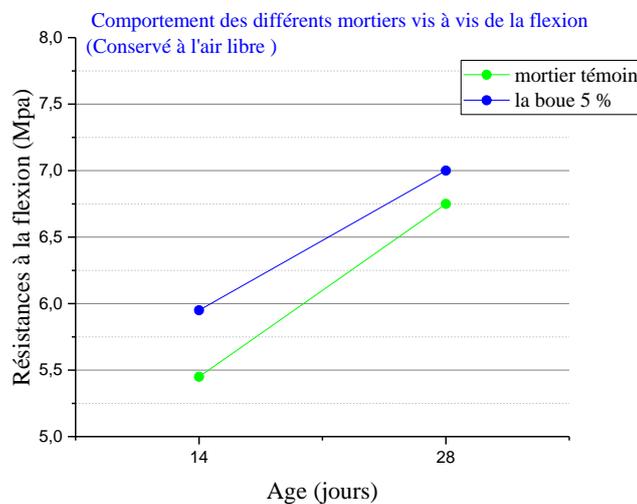


Figure II.12: Résistances à la flexion de M_t et M_{b5} conservé à l'air libre selon l'âge.

L'exploitation des graphes de la figure II.12 montre une augmentation de la résistance à la flexion d'un taux de 9 % de M_{b5} et à 14 jours et une augmentation d'un taux de 4 % de M_{b5} à 28 jours par rapport au M_t .

2.1.2 Conservation dans un milieu Humide

Les deux figures (II.13 et II.14) suivantes résument les résultats successivement des résistances à la compression et à la flexion des différents mortiers conservés dans l'humidité (eau) durant une période de 28 jours.

a-Compression :

La présence des mortiers dans l'eau, affecte négativement la résistance à la compression. De la figure II.13 on constate à 14 jours une diminution de la résistance d'un taux de 4 % de M_{b5} par rapport au mortier témoin, et cette diminution à 28 jours est de 40 %.

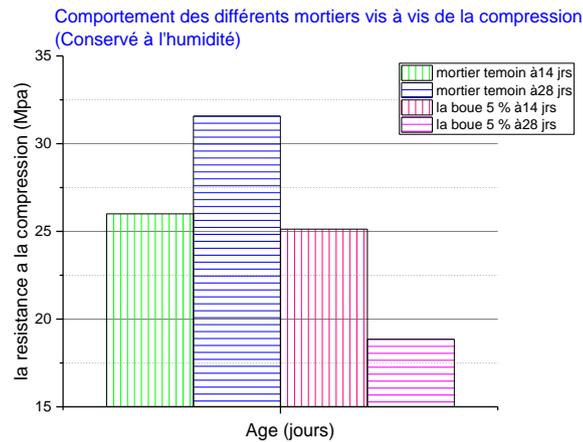


Figure II.13: Résistances à la compression de Mt et M_{b5} conservé à l'humidité.

b-Flexion :

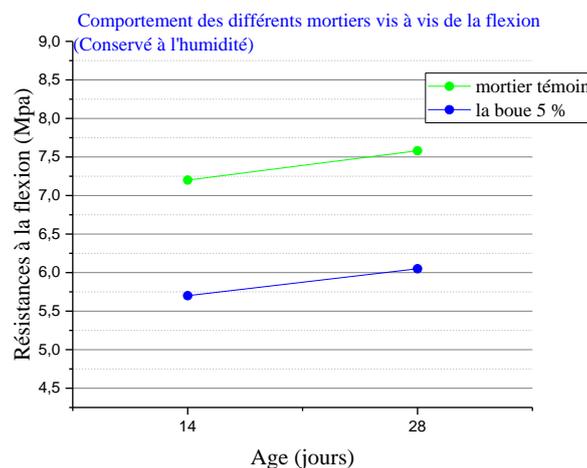


Figure II.14: Résistances à la flexion de Mt et M_{b5} conservé dans l'humidité.

La représentation graphique (figure II. 14) des valeurs de résistance à la flexion d'éprouvette 4x4x16cm on note une diminution stable d'un taux de 21 % à 14 et à 28 jours par rapport au mortier témoin.

2.1.3 Conservation à la température 50 C°.

Les deux (figure II.15 et II.16) suivantes résument les résultats successivement des résistances à la compression et à la flexion des différents mortiers conservés dans une étuve durant une période de 28 jours.

a-Compression :

La substitution de ciment par 5 % de la boue présent un comportement voir la (Figure II. 15), on constate à 14 jours une diminution d'un taux de 18 % de la résistance à la compression de

l'éprouvette, et a 28 jours on note également une diminution d'un taux de 31 %.

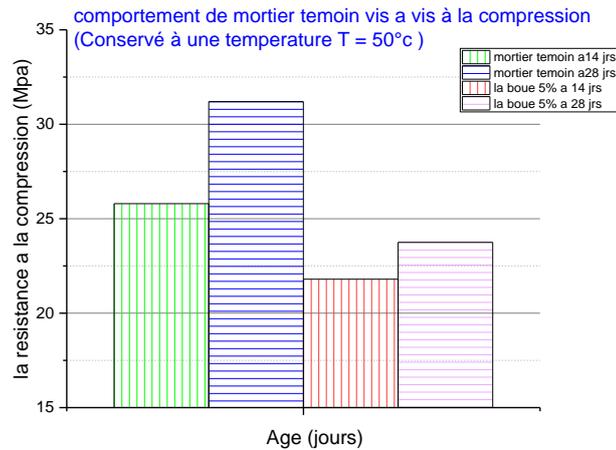


Figure II.15: Résistance à la compression de M_t et M_{b5} conservé à la température (50°) selon l'âge.

b-Flexion :

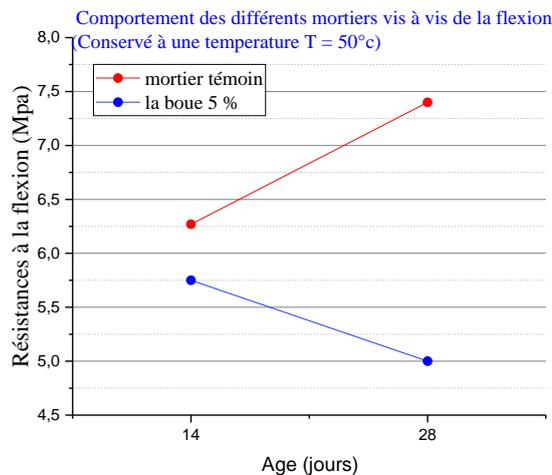


Figure II.16: Résistances à la flexion de M_t et M_{b5} conservé dans température (50°).

La figure II.16 montre une diminution de résistance à la flexion d'éprouvette $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ d'un taux de 13 % à 14 jours dans le cas de M_{b5} la même chose à 28 jours mais avec un taux de 15 %.

2.1.4 Conservation dans 5 % de l'acide HCL

Les deux figures (II.17 et II.18) suivantes représentent les valeurs des résistances des éprouvettes (M_t et M_{b5}) qu'on a laissé dans l'eau pendant 24 heures, puis 7 jours à l'air libre et après dans 5 % de l'acide HCL pendant 56 jours, on mesure leurs résistances à la compression et à la flexion.

a-Compression :

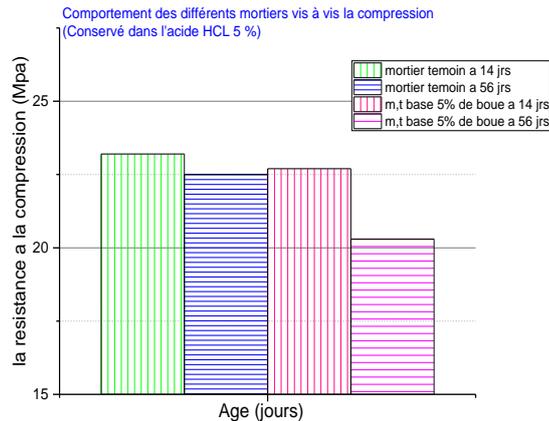


Figure II.17: Résistances à la compression de M_t et M_{b5} conservé dans HCL selon l'âge.

La figure II.17 représente les résultats de la résistance à la compression du M_t et M_{b5} conservé dans une concentration de 5 % de l'acide HCL.

La substitution de 5 % de ciment par la boue provoque une diminution de la résistance de l'éprouvette cubique de M_{b5} d'un taux de 3 % par rapport à l'autre de M_t à 14 jours.

A 56 jours on note une diminution de la résistance dans l'éprouvette de M_{b5} par rapport au M_t d'un taux de 9 %.

b-Flexion :

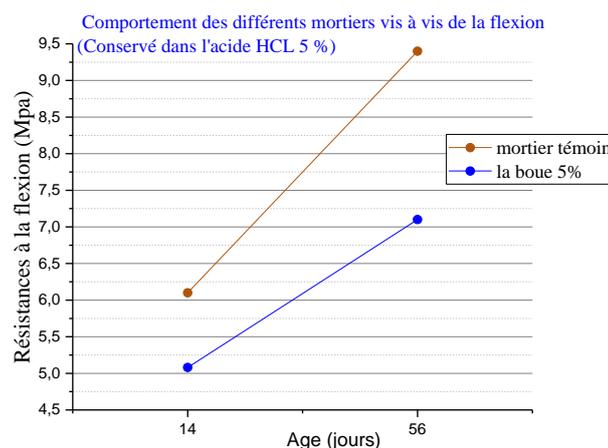


Figure II.18: Résistances à la flexion de M_t et M_{b5} conservé dans HCL selon l'âge.

Les résultats représenté dans la figure II.18 montrent Une diminution de la résistance à la flexion d'un taux de 16 % dans le cas de M_{b5} à 14 jours.

et a 56 jours me avec une diminution d'un taux de 24 %.

2.1.5 Conservation KOH

Les figures (II.19 et II.20) résument l'évolution de la résistance à la compression et à la flexion du M_t et M_{b5} conservé dans la concentration de 5 % d'une base forte KOH pendant 56 jours.

a-Compression :

Substitution de ciment par la boue, conserve dans une solution de KOH.

L'effet met en évidence, une diminution de la résistance à la compression d'échantillon 4x4x4cm d'un taux de 4 % et 9 % respectivement à 14 et 56 j.

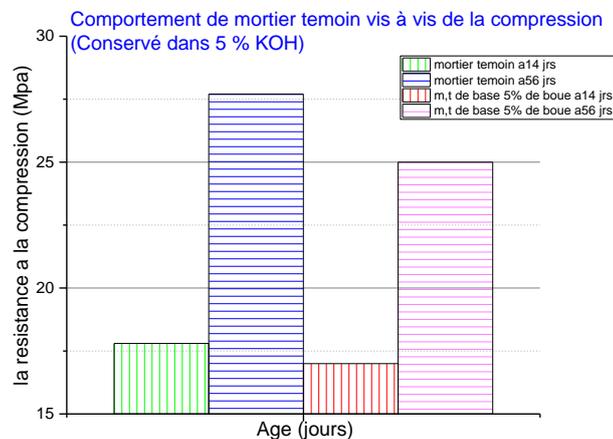


Figure II.19: Résistance à la compression de M_t et M_{b5} conservé dans KOH selon l'âge.

b-Flexion :

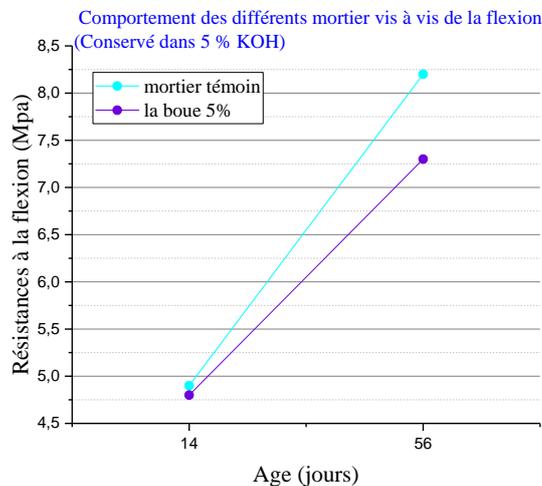


Figure II.20: Résistance à la flexion de M_t et M_{b5} conservé dans KOH selon l'âge.

CHAPITRE II : Résultats et discussions

La substitution de ciment par la boue de la station d'épuration dans un mortier de ciment présente une résistance à la flexion similaire au mortier témoin à l'âge de 14 jours et cela lorsqu'il est conservé dans une base de KOH, mais à 56 jours une différence de 2MPa est observée.

On remarque une très faible diminution de résistance à 14 jours dans le cas de Mb5 par rapport au mortier témoin, mais on note une diminution de 12 % à 56 jours.

2.2 Mortier à base de 7 % de la boue

2.2.1 L'air libre

Les deux figures (II.21 et II.22) ci-dessous représentent l'évolution de la résistance à la compression et à la flexion des différents mortiers conservés pendant 1(un) jour dans l'eau de robinet puis laissé 14 et 28 jours à l'air libre.

a-Compression :

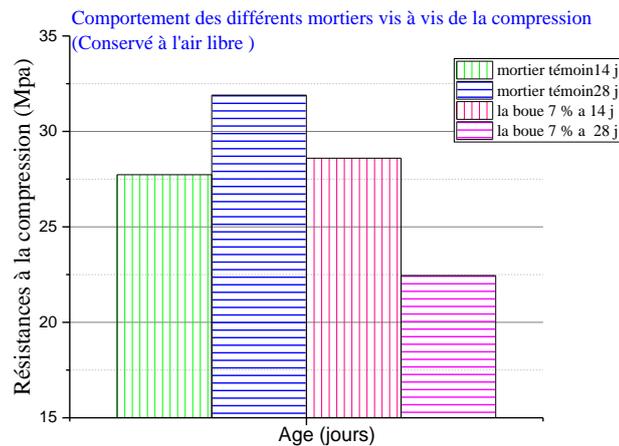


Figure II.21: Résistance à la compression de Mt et Mb7 conservé à l'air libre selon l'âge.

D'après la figure II.21 On constate à 14 jours, une augmentation de la résistance à la compression de l'éprouvette Mb7 d'un taux de 3 % par rapport au Mt, Par contre à 28 jours elle diminue d'un taux de 28 %.

b-Flexion :

D'après la représentation graphique (figure II. 22) des valeurs de résistance :

CHAPITRE II : Résultats et discussions

À 14 jours, On remarque une diminution de la résistance dans l'éprouvette prismatique de M_{b7} d'un taux de 14 % par rapport au mortier témoin, à 28 jours le mortier M_{b7} présente une diminution stable environ de 13%.

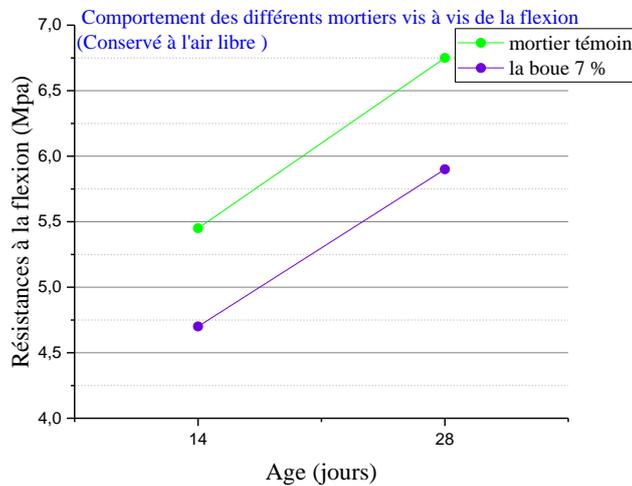


Figure II.22: Résistance à la flexion de M_t et M_{b7} conservé à l'air libre selon l'âge.

2.2.2 Conservation Humide

Les figures (II.23 et II.24) résument les résultats des essais mécaniques des différents mortiers conservés dans l'humidité (eau) durant une période de 14 et 28 jours.

a-Compression :

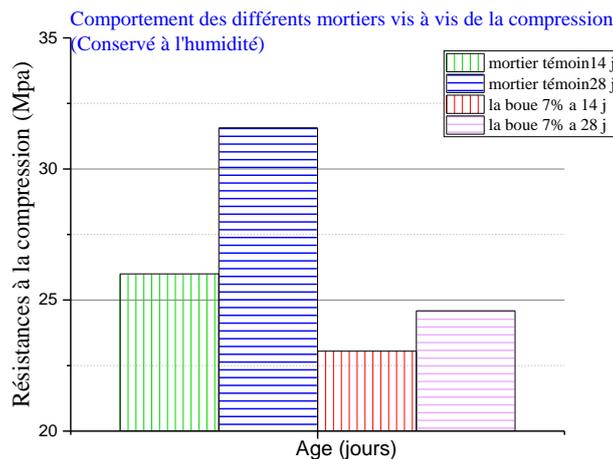


Figure II.23: Résistance à la compression M_t et M_{b7} conservé dans l'eau.

Ces résultats mettent en évidence une diminution de résistance d'un taux entre 12 et 22 % de M_{b7} par rapport au M_t respectivement à l'âge de 14 et 28 jours.

b-Flexion :

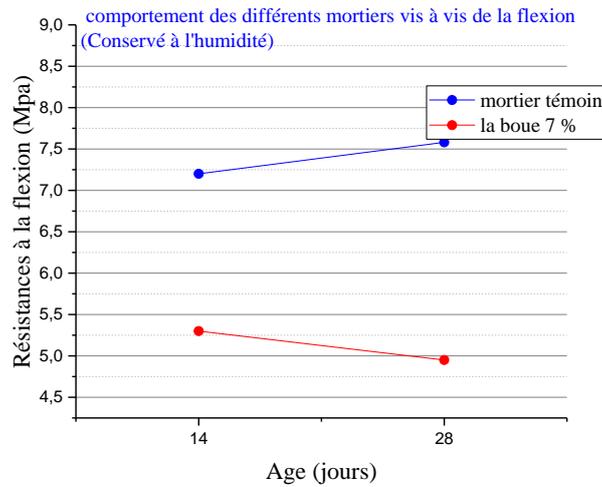


Figure II.24: Résistance à la flexion M_t et M_{b7} conservé dans l'eau.

Les résultats représentés dans la figure II.24 montrent :

Une diminution d'un taux de 27 et 35 % de résistance à la flexion de M_{b7} par rapport au M_t à 14 et 28 jours.

2.2.3 Conservation dans la température (50°C).

Les figures (II.25 et II.26) suivantes résument les résultats des essais mécaniques des différents mortiers conservés dans un étuve durant une période de 28 jours (à $1 T^\circ = 50^\circ C$).

a-Compression :

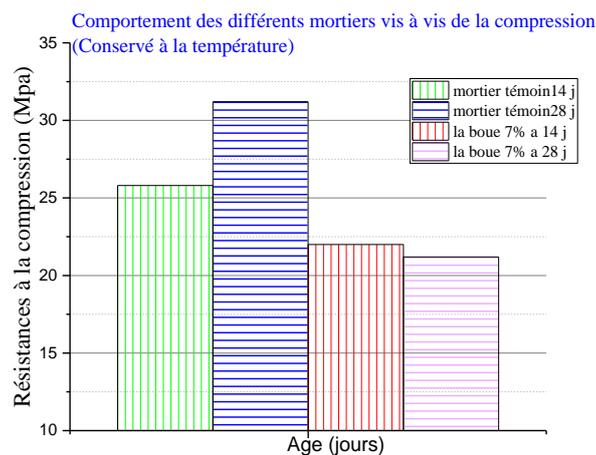


Figure II.25: Résistance à la compression de M_t et M_{b7} conservé dans température (50°) selon l'âge.

D'après le résultat présenté dans la figure II.25, On enregistre une diminution de résistance à la compression de l'éprouvette du M_{b7} avec un taux de 14 % à l'âge de 14 jours et d'un taux de 32 % à 28 jours.

b-Flexion :

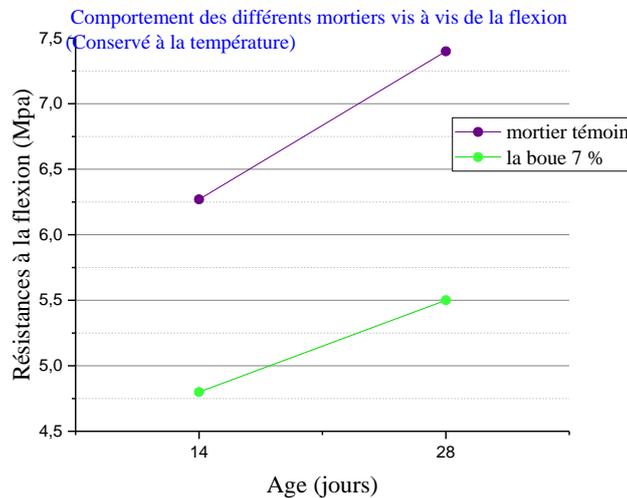


Figure II.26: Résistances à la flexion de M_t et M_{b7} conservé dans la température (50°).

D'après la représentation graphique (figure II. 26) des valeurs de la résistance à la flexion on note une diminution de la résistance de M_{b7} par rapport au M_t d'un taux entre 21 et 23 % à l'âge de 14 et 28 jours.

2.2.4 Conservation HCL

Les deux figures (II.27 et II.28) suivantes représentant les valeurs des résistances des éprouvettes (M_t et M_{b7}) qu'on a laissé dans l'eau pendant 24 heures, puis 7 jours à l'air libre et après dans une concentration de 5 % de l'acide HCL pendant 56 jours et on mesure leurs résistances à la compression et à la flexion.

a-Compression :

La représentation graphique (figure II. 27) des valeurs de résistance à la compression montre :

Une diminution de la résistance de l'éprouvette $4 \times 4 \times 4 \text{ cm}$ à 14 et 56 jours dans le cas de M_{b7} d'un taux de 11% par rapport au M_t .

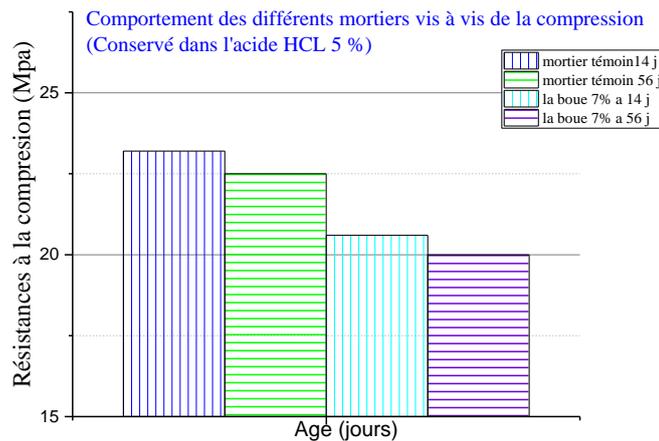


Figure II.27: Résistances à la compression de M_t et M_{b7} conservé dans HCL selon l'âge.

b-Flexion :

Une diminution de la résistance de l'éprouvette prismatique d'un taux de 26 % de M_{b7} par rapport au M_t à l'âge de 14 jours, et 45 % à 56 jours.

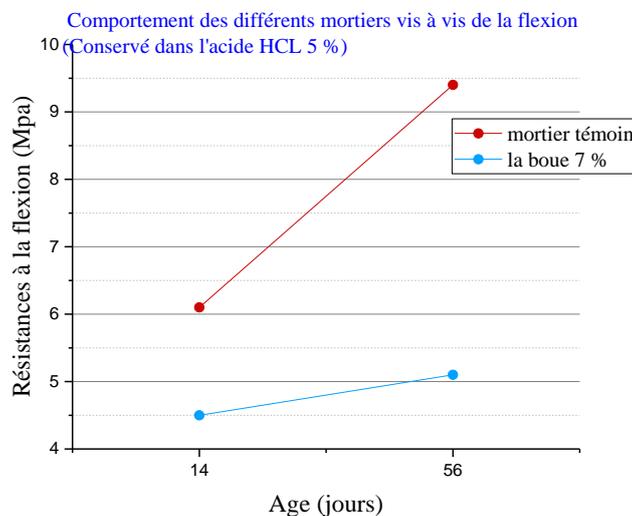


Figure II.28: Résistance à la flexion de M_t et M_{b7} conservé dans HCL selon l'âge.

2.2.5 Conservation dans 5 % de KOH

Les figures (II.29 et II.30) résument l'évolution de la résistance à la compression et à la flexion du M_t et M_{b7} conservé un jour dans l'eau puis 6 jours à l'air libre et dans 5 % d'une base forte KOH pendant 56 jours.

a-Compression :

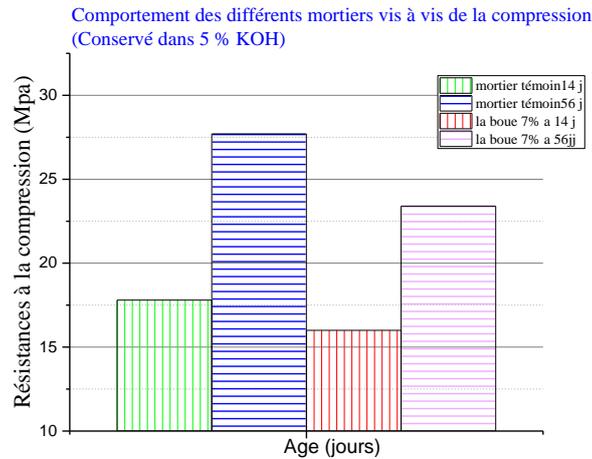


Figure II.29: Résistance à la compression de M_t et M_{b7} conservé dans KOH selon l'âge.

D'après la figure II.29 on remarque qu'à 14 jours, Une diminution de la résistance de l'éprouvette d'un taux de 11 % de M_{b7} par rapport au mortier témoin.

A 56 jours on remarque une diminution de résistance de M_{b7} par rapport à celle de M_t , mais avec un taux de 15 %.

b-Flexion :

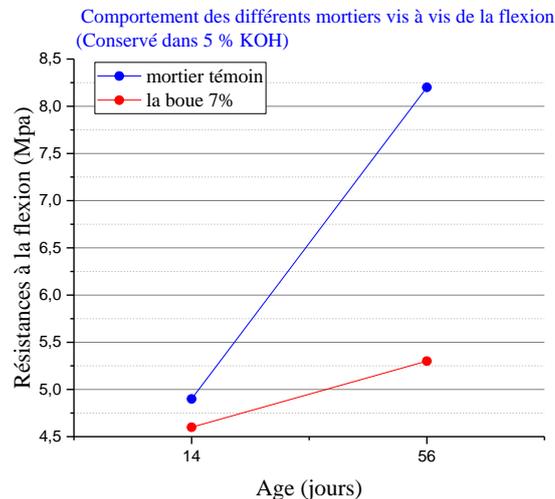


Figure II.30: Résistances à la flexion de M_t et M_{b7} conservé dans KHO selon l'âge.

La figure II.30 montre qu'il y a une diminution de la résistance à la flexion de l'éprouvette à 7 % de boue d'un taux de 6 % et de 35 % respectivement à 14 et 56 jours par rapport au mortier témoin.

2.3 Comportement du mortier témoin et mortier à base de 5 % et 7% de la boue

2.3.1 Conservation à l'air libre

Après le démoulage on met l'éprouvette (Mb7) dans un bain rempli avec l'eau de robinet pendant 24 heures.

-Puis on laissé l'éprouvette a l'air libre et on mesuré leur résistance (compression et flexion) après 14 et 28 j.

a. Compression :

D'après la figure II.31 On constate que :

à 14 jours, les éprouvettes M_{b7} a une augmentation de la résistance à la compression avec un taux entre 3 et 6 % respectivement au M_t et de M_{b5} , mais à 28 jours on note une diminution d'un taux de 28 % dans les deux cas par rapport à l'éprouvette du M_t .

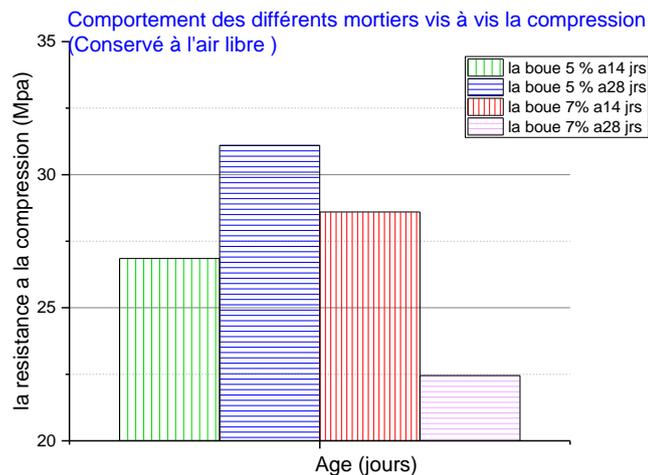


Figure II.31: Résistance à la compression de M_{b5} et M_{b7} conservé à l'air libre selon l'âge.

b-Flexion :

D'après la représentation graphique (figure II.32) des valeurs de résistance on constate :

à 14 jours, une diminution de résistance dans l'éprouvette de mortier substitué par 7 % de la boue avec un taux de 14 % par rapport à celle de M_t , et d'un taux de 2 % par rapport à l'autre de M_{b5} , mais a 28 jours on constate que l'échantillon de M_{b7} à une diminution de la résistance à la flexion d'un taux de 12 et 15 % respectivement l'autre de M_t et M_{b5} .

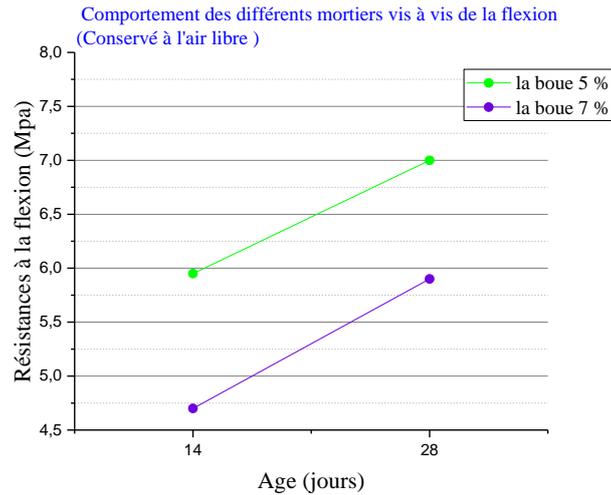


Figure II.32: Résistance à la flexion M_{b5} et M_{b7} conservé a l'air libre selon l'âge.

2.3.2 Conservation dans un milieu Humide

Les deux figures (figure II.33 et figure II.34) suivantes résument les résultats successivement des résistances à la compression et à la flexion des différents mortiers conservés dans l'humidité durant une période de 28 jours.

a-Compression :

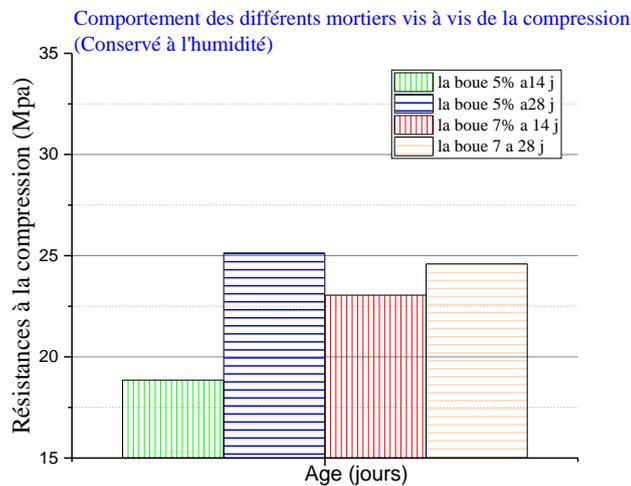


Figure II.33: Résistance à la compression de M_{b5} et M_{b7} conservé dans humide selon l'âge.

D'après la figure II.33, on constate que :

À 14 jours, une augmentation d'un taux de 22 % de la résistance d'éprouvette cubique de M_{b7} par rapport à l'autre M_{b5} par contre on remarque une diminution d'un taux de 26 % par rapport au M_t , mais à 28 jours, une diminution de la résistance d'un taux entre 2 et 5 % de M_{b7} respectivement par rapport à l'autre de M_{b5} et M_t .

b-Flexion :

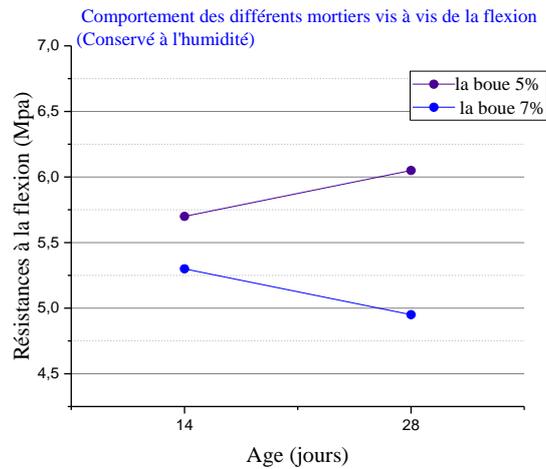


Figure II.34: Résistance à la flexion de M_{b5} et M_{b7} conservé dans température selon l'âge.

La figure II.34 met en relief que :

A 14 jours, une diminution d'un taux de 7 % de la résistance de l'éprouvette 4x4x16cm de M_{b7} par rapport à celle M_{b5} , et avec un taux de 32 % par rapport au M_t .

A 28 jours, une très forte diminution de résistance de l'éprouvette M_{b7} par rapport à celle M_{b5} et de M_t avec des valeurs respectivement avec un taux de 18 et 31%.

2.3.3 Conservation dans la Température

Les deux figures (II.35 et II.36) suivantes résument les résultats des résistances à la compression et à la flexion des différents % de ciment remplacer par la boue conserve dans une étuve à 50 ° durant 28 jours.

a-Compression :

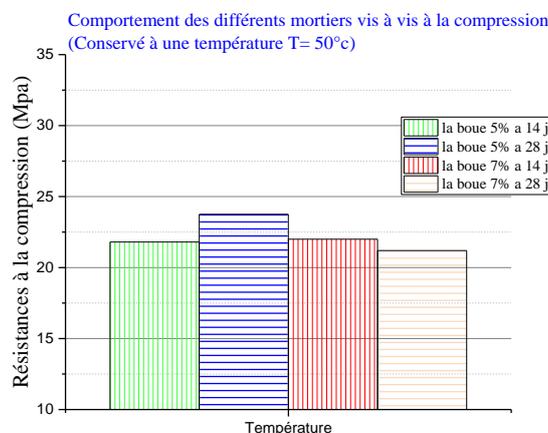


Figure II.35: Résistance à la compression de M_{b5} et M_{b7} conservé dans température selon l'âge.

D'après les résultats du comportement thermique présentés dans la Figure II. 35, on constate que :

À 14 jours, la résistance à la compression dans l'éprouvette du M_{b7} presque la même avec l'autre de M_{b5} et inscrit une diminution d'un taux de 14 % par rapport au M_t . À 28 jours on enregistre une diminution d'un taux de 10 et 32 % respectivement au M_{b5} et M_t .

b-Flexion :

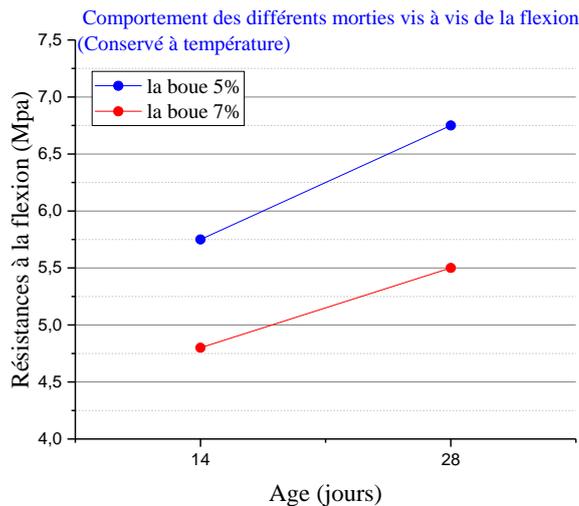


Figure II. 36: Résistance à la flexion de M_{b5} et M_{b7} conservé dans température selon l'âge.

L'exploitation des courbes de la figure II.36 montre que :

À 14 jours, un effet négatif de la boue sur la résistance a la flexion des éprouvettes substitué par 7 % de la boue avec un taux de 16 % par rapport au M_t et d'un taux 23 % par rapport l'éprouvette de M_{b5} , mais a 28 jours une diminution de la résistance de l'éprouvette 4x4x16cm d'un taux de 18 et 25 % respectivement au M_{b5} , et M_t .

2.3.4 Conservation dans HCL

Les deux figures (II.37 et II.38) suivantes représentes les valeurs des résistances des éprouvettes (M_{b5} et M_{b7} et M_t) qui on a laissée dans l'eau pendant 24 heures, puis 7 jours a l'air libre et après dans 5 % de l'acide HCL pendant 56 jours et on mesure leurs résistances a la compression et à la flexion.

a-Compression :

D'après la représentation graphique des valeurs de résistance (figure II. 37) :

à 14 jours, En remarque une diminution de la résistance dans l'éprouvette de M_{b7} avec un taux de 11 % par rapport à celle de mortier témoin, et d'un taux de 35 % par rapport au mortier substitué par 5 % de la boue.

CHAPITRE II : Résultats et discussions

À 56 jours on constate que l'éprouvette de M_{b7} à une augmentation de résistance d'un taux de 11 et 13 % respectivement l'autre de M_t et de M_{b5} .

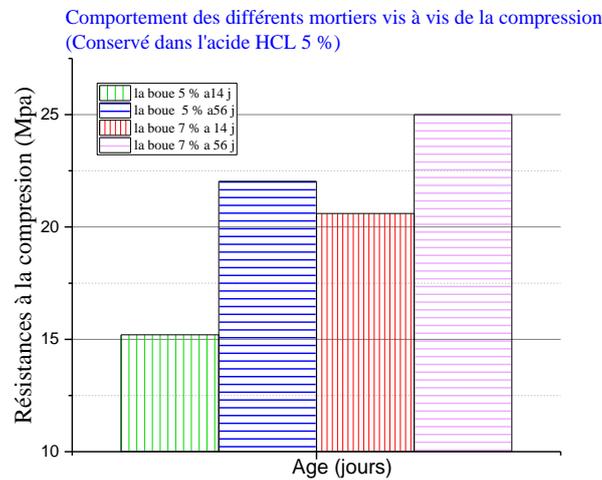


Figure II.37: Résistance à la compression de M_{b5} et M_{b7} conservé dans HCL selon l'âge.

b-Flexion :

L'exploitation des graphes de la figure II.38 montre :

A 14 jours, la résistance de l'éprouvette de M_{b7} diminue avec un taux de 11 % par rapport au l'autre de M_{b5} , et avec un taux de 26 % par rapport au mortier témoin.

A 56 jours la même variation de courbe me avec un taux de 8 et 45 respectivement avec M_{b5} et mortier témoin.

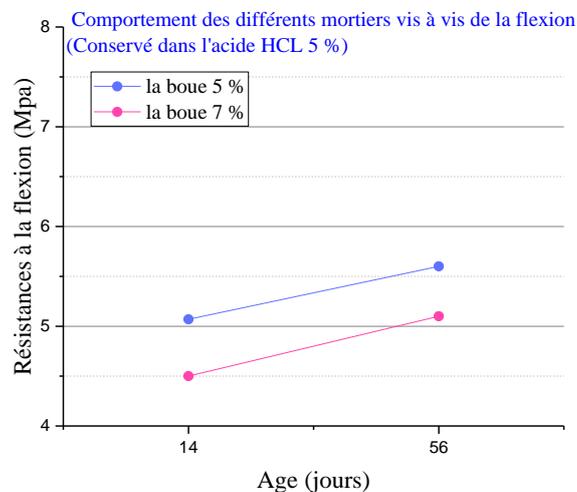


Figure II.38: Résistances à la flexion de M_{b5} et M_{b7} conservé dans HCL selon l'âge.

2.3.5 Conservation dans 5 % de KOH

les figures (II.39 et II.40) suivantes illustrent les valeurs des résistances des éprouvettes qu'on a laissée dans l'eau pendant 24 heures, puis 7 jours à l'air libre et après dans concentration de 5 % dans une base forte KOH pendant 56 jours et on mesure leurs résistances a la compression et à la flexion.

a-Compression :

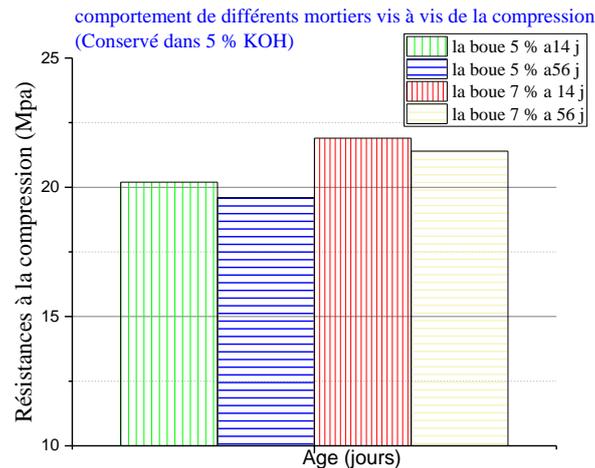


Figure II.39: Résistance à la compression de Mb5 et Mb7 conservé dans KOH.

L'exploitation des graphes (figure II.39) montre que:

Un effet positif lors de la conservation dans le KOH, Une augmentation de la résistance à la compression importante de M_{b7} par rapport au M_{b5} avec un taux de 8.5% et 9 % respectivement à 14 et 56 jours.

b-Flexion :

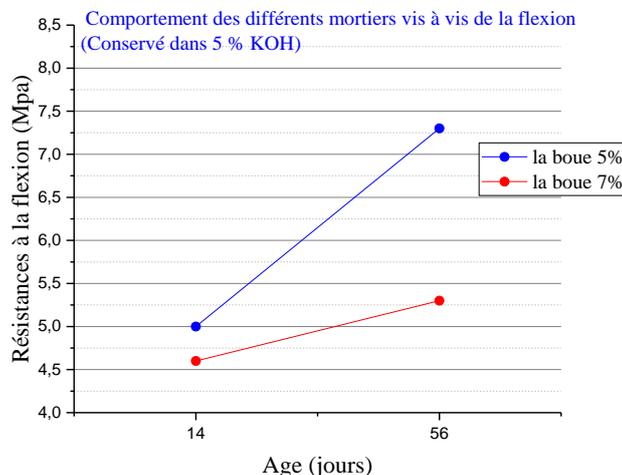


Figure II. 40: Résistance à la flexion de Mb5 et Mb7 conservé dans KOH selon l'âge.

L'exploitation des graphes (figure II.40) montre que :

À 14 jours, Une diminution de résistance à la flexion de l'éprouvette de M_{b7} avec une valeur de 6 % par rapport au M_t et avec 4 % par rapport l'éprouvette de M_{b5} .

A 56 jours me avec une diminution d'un taux de 35 et 27 % respectivement avec l'éprouvettes de M_t et l'autre de M_{b5} .

3 Effets du mélange sur la qualité du mortier

3.1 Comportement du mortier témoin et (5% boue et 3% verre).

3.1.1 Conservation à l'air libre

On laissé les éprouvettes dans l'eau du robinet 24 heures, puis à l'air libre pour une durée de 14 et 28 jours et en mesure leurs résistances a la une fois à la compression et autre a la flexion.

a-Compression :

On constate, selon la figure II.41 :

Une faible diminution des résistances dans le cas de M_{b5v3} cette diminution est avec un taux de 3 % à 14 jours, et avec 26 % à 28 jours.

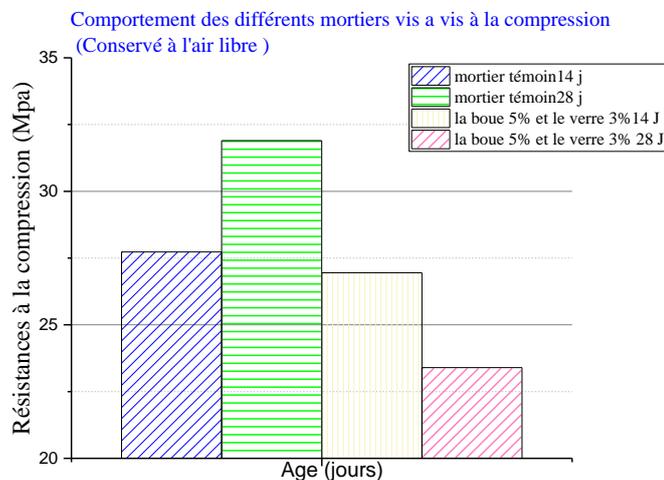


Figure II.41: Résistance à la compression de M_t et de M_{b5v3} conservé à l'air libre en fonction de l'âge.

b-Flexion :

La figure II.42 met en relief que : A 14 jours un effet négatif dans le cas de remplacement de de ciment par 5 % de la boue et 3 % de poudre de verre de 7 et 8 % respectivement à 14 et 28 jours, Par rapport au M_t .

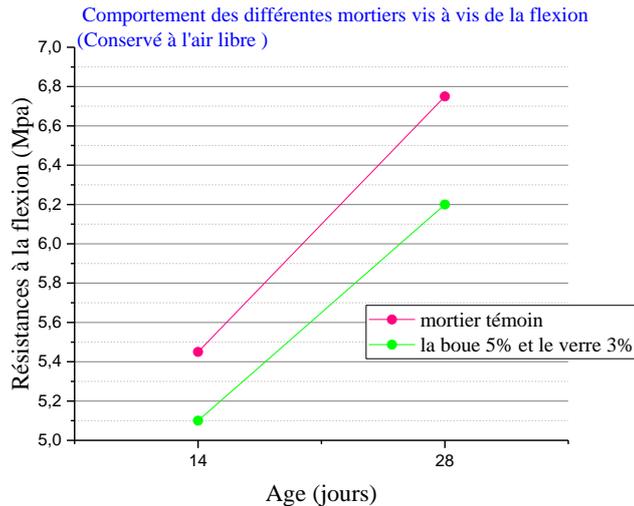


Figure II.42: Résistance à la flexion de Mt et de Mb5v3 conservé à l'air libre selon l'âge.

3.1.2 Conservation dans un milieu Humide

Les deux figures (II.43 et II.44) suivantes résument les résultats successivement des résistances à la compression et à la flexion des différents mortiers conservés dans l'eau durant 28 jours.

a-Compression :

La figure II.43 met en relief une très forte diminution de la résistance de l'éprouvette de Mb5v3 d'un taux de 34% par rapport au mortier témoin, et à 28 jours, on note une diminution de la résistance de l'éprouvette prismatique d'un taux de 37 % par rapport au Mt.

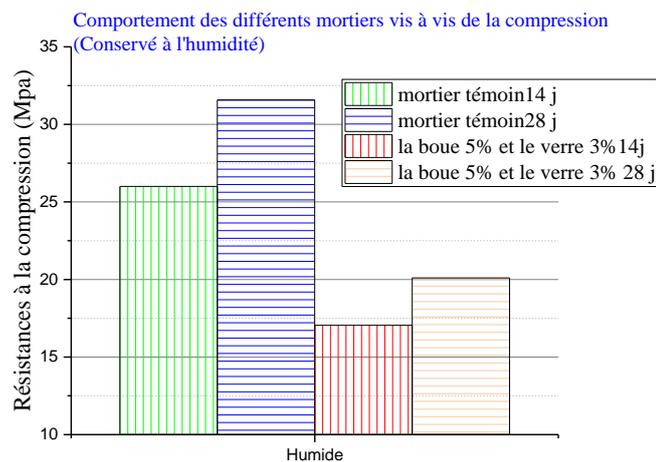


Figure II.43 : Résistances à la compression de Mt et de Mb5v3 conservé dans l'eau selon l'âge.

b-Flexion :

La figure II.44 montre :

CHAPITRE II : Résultats et discussions

l'effet d'ajout de 5 % de la boue et 3 % de verre sur la résistance à la flexion qui faire diminuer d'un taux de 37 et 15 % respectivement à 14 et 28 jours par rapport au mortier témoin.

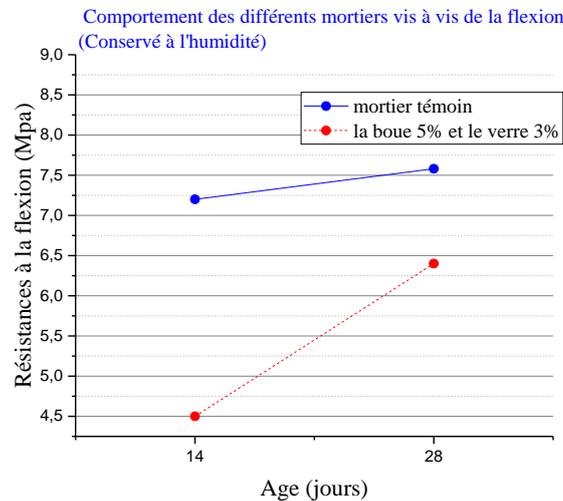


Figure II.44: Résistances à la flexion de Mt et de Mb5v3 conservé à la température de 50°C selon l'âge.

3.1.3 Conservation dans une Température constante à 50 °

Les résultats représenté dans les figures (II.45 et II.46) suivants illustrent l'évolution des résistances à la compression et à la flexion des éprouvette de Mb5v3 conservé a 28 jours dans une étuve a une température constante de valeur de 50°.

a-Compression :

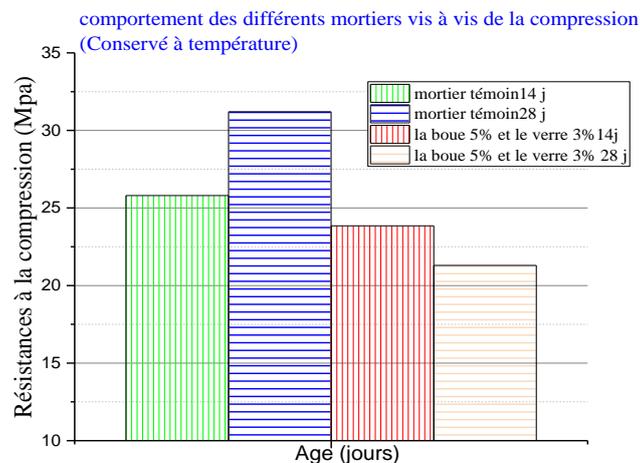


Figure II.45: Résistance à la compression de Mt et de Mb5v3 conservé dans température selon l'âge.

D'après les résultats donnés dans la figure II.45, on constate que :

À 14 jours, la résistance à la compression dans l'éprouvette de M_{b5v3} a diminué avec un taux de 3 % par rapport à de M_t . À 28 jours on remarque une forte diminution de la résistance à la compression des éprouvettes 4x4x4cm d'un taux de 32 % M_{b5v3} par rapport au M_t .

b-Flexion :

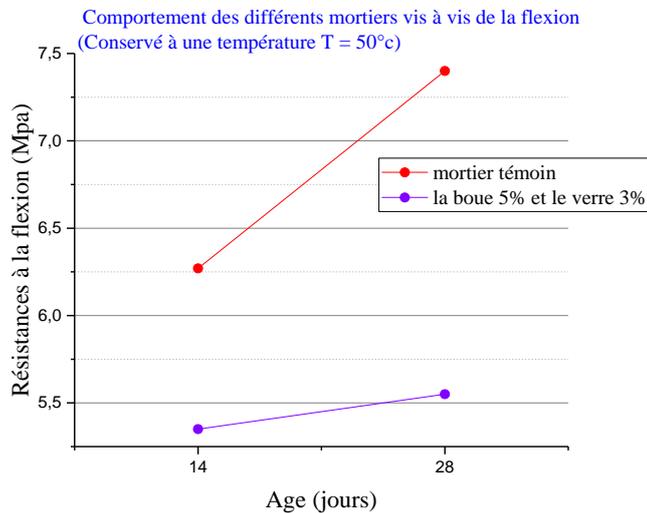


Figure II.46: Résistance à la flexion de M_t et de M_{b5v3} conservé à température 50°C selon l'âge.

L'exploitation des courbes (figure II.46) montre :

À 14 jours, on note une nette diminution d'un taux de 14 % de la résistance de M_{b5v3} par rapport à de M_t , et à 28 jours avec un taux de 25 %.

3.1.4 Conservation dans HCL

Les deux figures (II.47 et II.48) suivantes représentent les valeurs des résistances des éprouvettes (M_t et de M_{b5v3}) qu'on a laissé dans l'eau pendant 24 heures, puis 7 jours à l'air libre et après dans 5 % de l'acide HCL pendant 56 jours et on mesure leurs résistances à la compression et à la flexion.

a-Compression :

La figure II.47 montre que :

A 14 jours, une diminution de la résistance à la compression de M_{b5v3} par rapport au M_t avec un taux de 28 %, et à 56 jours un faible changement d'un taux de 4 %.

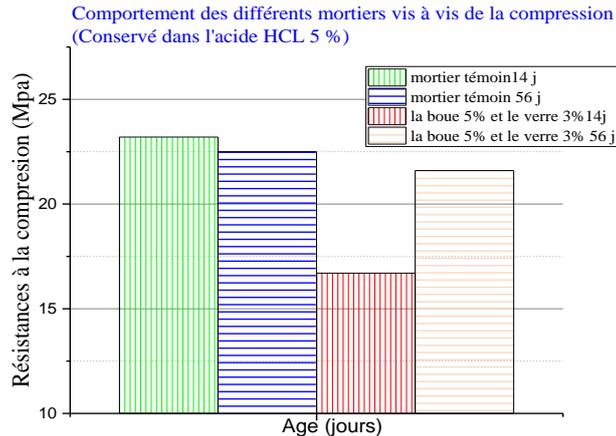


Figure II.47: Résistance à la compression de Mt et de Mb5v3 conservé dans HCL selon l'âge.

b-Flexion :

On constate, selon la figure II.48 que :

Une diminution avec une valeur de 14 % de résistance à la flexion de l'éprouvette de M_{b5v3} par rapport au M_t à 14 jours et avec 11 % à 56 jours.

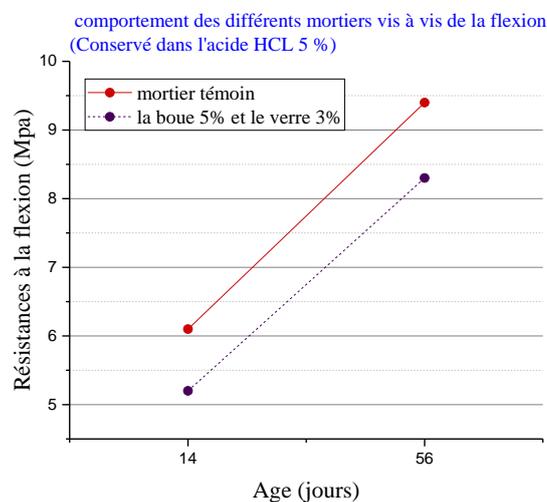


Figure II.48: Résistances à la flexion de Mt et de Mb5v3 conservé dans HCL selon l'âge.

3.1.5 Conservation dans 5 % de KOH

Les figures suivantes (II.49 et II.50) illustrent les valeurs des résistances des éprouvettes conservé dans l'eau pendant 24 heures, puis 7 jours à l'air libre et après dans concentration de 5 % dans une base forte KOH pendant 56 jours et on mesure leurs résistances à la compression et à la flexion.

CHAPITRE II : Résultats et discussions

a-Compression :

D'après la représentation graphique de la Figure II.49 des valeurs de résistance à la compression, On remarque que :

A 14 jours une diminution de la résistance de l'éprouvette 4x4x4cm d'un taux de 11 % de l'éprouvette a M_{b5v3} par rapport au M_t .

A 56 jours, la même variation de courbe de résistance mais avec un taux de 15 %.

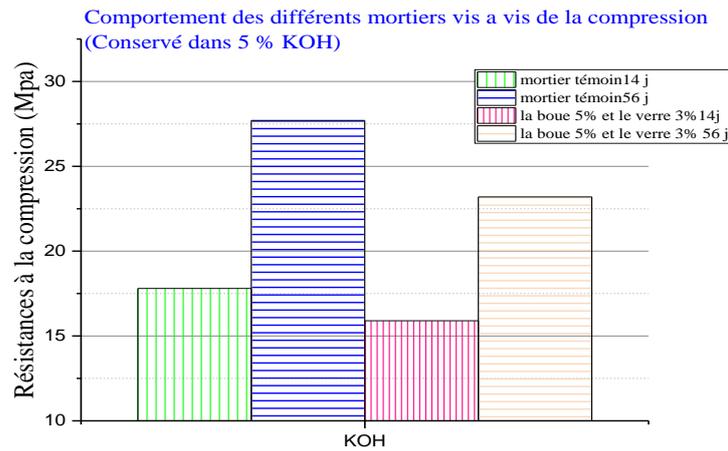


Figure II.49: Résistance à la compression de M_t et de M_{b5v3} conservé dans KOH selon l'âge.

b-Flexion :

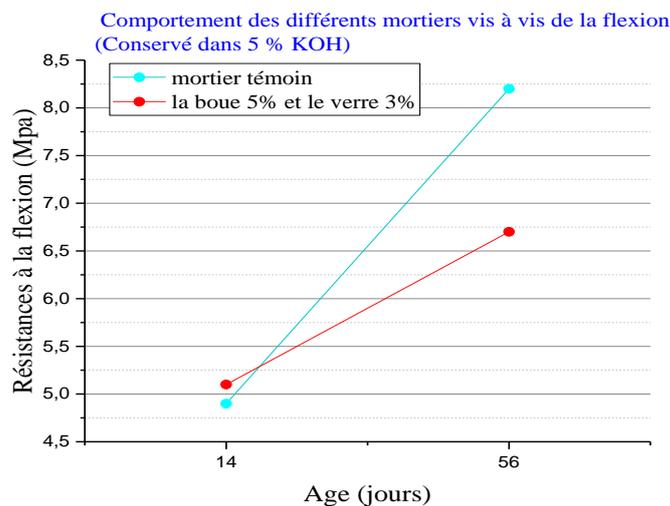


Figure II.50: Résistance à la flexion de M_t et de M_{b5v3} conservé dans KOH selon l'âge.

Les résultats relatifs de la résistance à la flexion montrent que:

À 14 jours, une faible augmentation de la résistance avec un taux de 3 % par rapport au M_t , par contre à 56 jours une très forte augmentation de la résistance de l'éprouvette substitue

d'un taux de 22 % par rapport à celle témoin.

3.2 Comportement du mortier témoin et 5% la boue et 5 % le verre

3.2.1 Conservation à l'air libre

On laissé les éprouvettes dans l'eau de robinet 24 heures, puis à l'air libre pendant une durée de 28 jours et on mesure la résistance à la compression et à la flexion.

a-Compression :

L'exploitation des graphes (figure II.51) montre que :

On note à 14 jours, une nette diminution avec un taux de 33 % de la résistance à la compression dans l'éprouvette de M_{b5v5} par rapport à celle de M_t , et d'un taux de 43 % à 56 jours.

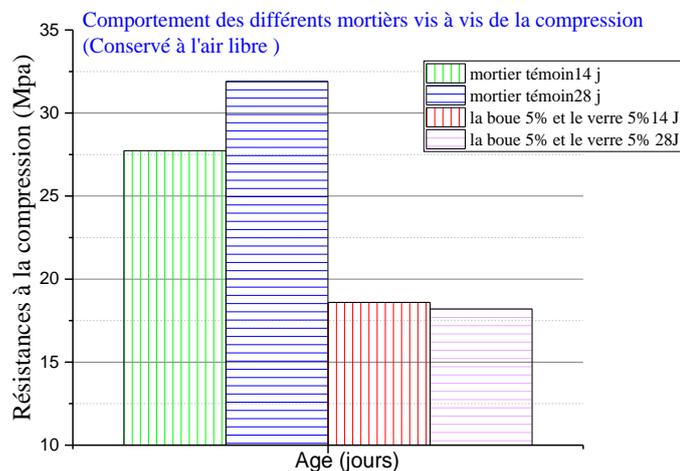


Figure II.51: Résistances à la compression de M_t et de M_{b5v5} conservé dans les conditions normales selon l'âge.

b-Flexion :

D'après la représentation graphique (figure II.52) des valeurs de résistance à la flexion on remarque :

Une diminution de la résistance d'un taux de 25 % à l'éprouvette de M_{b5v5} par rapport au M_t à 14 jours.

A 28 jours on note une diminution de la résistance d'éprouvette substituée par rapport au mortier témoin avec un taux de 10 %.

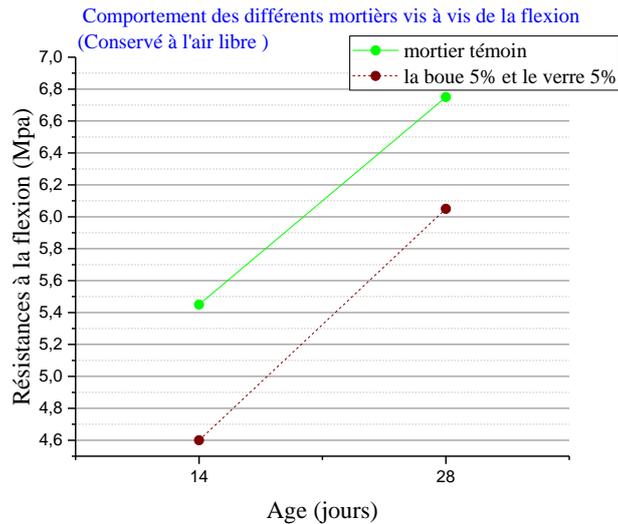


Figure II.52: Résistances à la flexion de Mt et de Mb5v5 conservé dans les conditions normales selon l'âge.

3.2.2 Conservation dans un milieu Humide

Les deux figures (II.53 et II.54) suivantes résument les résultats successivement des résistances à la compression et à la flexion des différents mortiers (M_t et M_{b5v5}) conservés dans l'eau à 14 et 28 jours.

a. Compression :

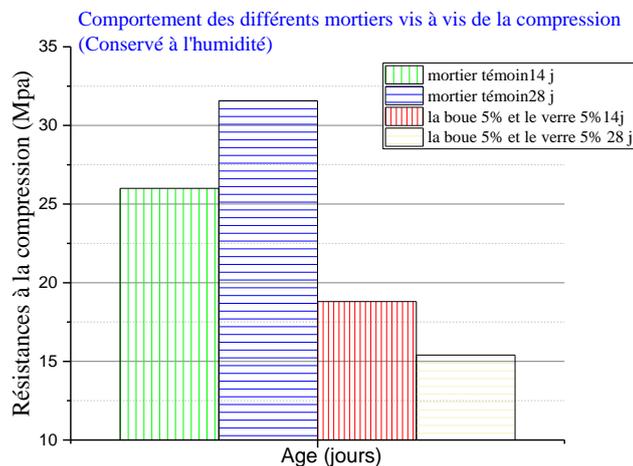


Figure II.53: Résistances à la compression de Mt et de Mb5v5 conservé dans l'eau selon l'âge.

Les résultats représentés dans la figure II.53 montrent :

Une grande diminution de la résistance à la flexion de l'éprouvette du M_{b5v5} par rapport au mortier témoin M_t avec une valeur de 40 % à 14 et 28 jours.

b-Flexion :

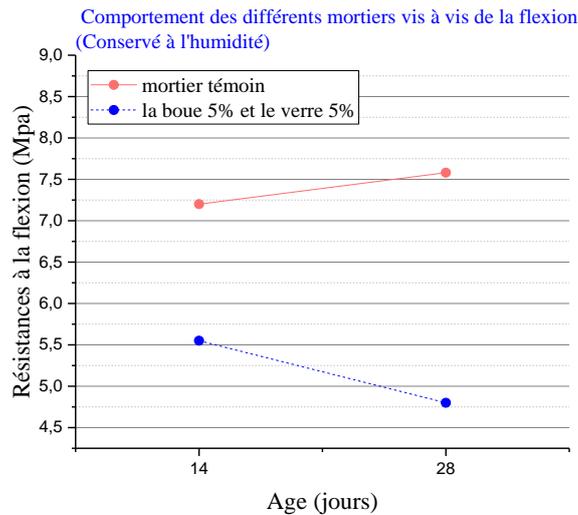


Figure II.54: Résistances à la flexion de M_t et de M_{b5v5} conservé dans température selon l'âge.

Les résultats représentés dans la figure II.54 montrent :

Une nette diminution de la résistance la flexion du M_{b5v5} avec un taux de 26 et 33 % par rapport au M_t respectivement à 14 et 28 jours.

3.2.3 Conservation dans une Température constante à 50°

Les résultats représenté dans les figures (II.55 et II.56) suivants illustrent l'évolution des résistances à la compression et à la flexion des éprouvette (M_t et de M_{b5v5}) conservé a 28 jours dans un étuve a une température constante de 50°C.

a-Compression :

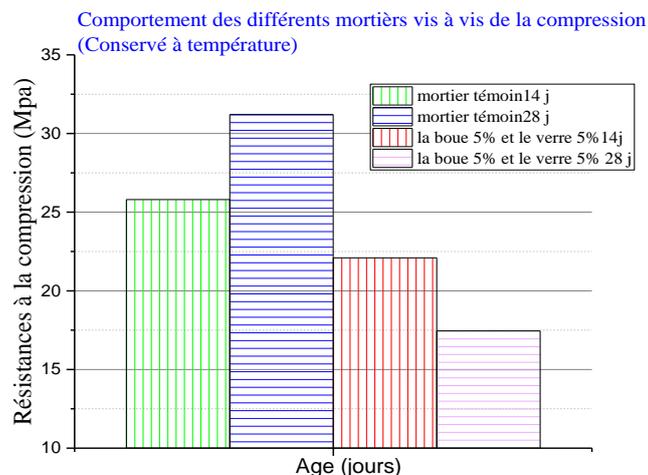


Figure II.55: Résistances à la compression de M_t et de M_{b5v5} conservé dans une étuve à $T=50^\circ\text{C}$ selon l'âge.

D'après les résultats de l'effet de température présentés dans la figure II.55, on constate :
Une diminution d'un taux de 14 et 44 % respectivement à 14 et 28 jours de la résistance à la compression de M_{b5v5} par rapport au M_t , l'effet de l'ajout de la poudre de verre dans ce mélange n'est pas appréciable de point de vue mécanique.

b-Flexion :

D'après la représentation graphique (figure II.56) courbe de résistance à la flexion on remarque :

Une diminution de 9 et 20 % respectivement à 14 et 28 jour de la résistance du M_{b5v5} par rapport au M_t .

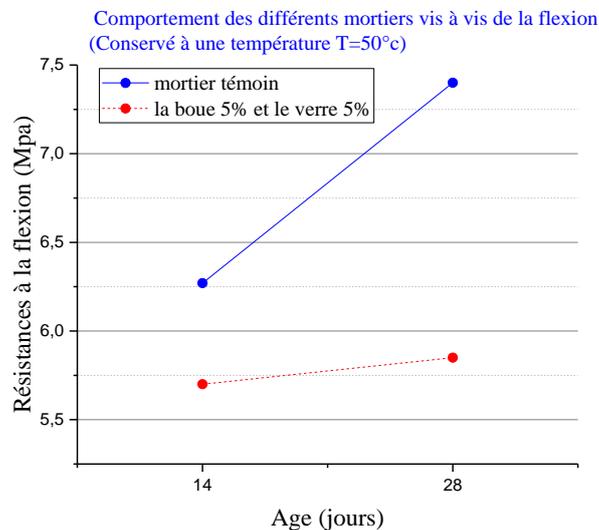


Figure II.56: Résistance à la flexion de M_t et de M_{b5v5} conservé dans une étuve $T=50^{\circ}\text{C}$ selon l'âge.

3.2.4 Conservation dans un milieu acide à 5% du HCL

Les deux figures (II.57 et II.58) suivants représentent les valeurs des résistances des éprouvettes (M_t et de M_{b5v5}) conservés dans l'eau pendant 24 heures, puis 7 jours à l'air libre et après dans 5 % de l'acide HCL pendant 56 jours et on mesure leurs résistances à la compression et à la flexion.

a-Compression :

Les résultats représentés dans la figure II.57 montrent :

Ces résultats mettent en évidence l'effet négatif de HCL sur la résistance à la compression de l'éprouvette de mortier à M_{b5v5} par rapport au M_t avec un taux de 22 et 29 % respectivement à 14 et 56 jours.

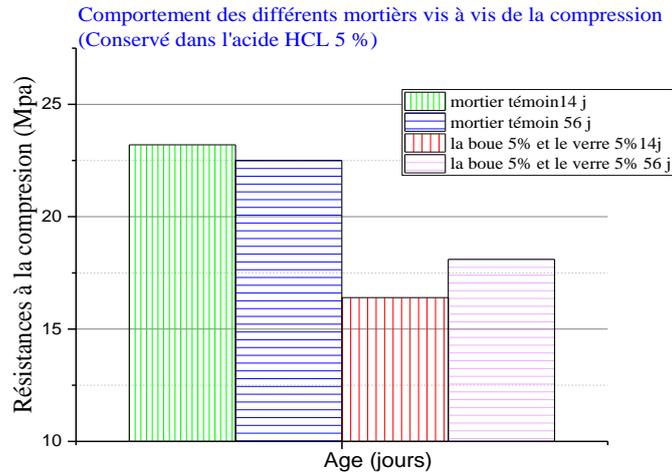


Figure II.57: Résistance à la compression de Mt et de Mb5v5 conservé dans HCL selon l'âge.

b-Flexion :

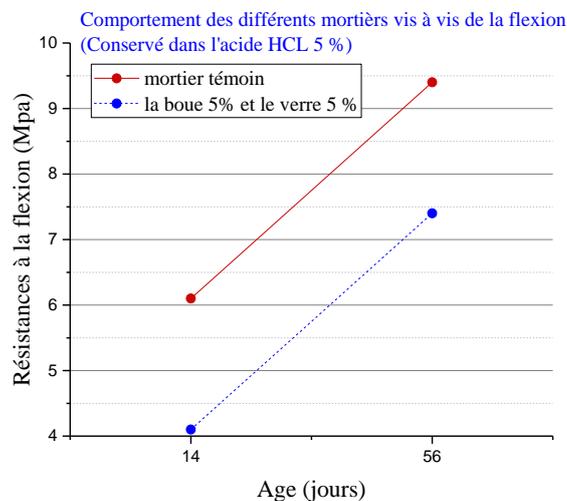


Figure II.58: Résistance à la flexion de Mt et de Mb5v5 conservé dans HCL selon l'âge.

Les résultats représentés dans la figure II.58 montrent que :

Une grande diminution de la résistance à la flexion de l'éprouvette du Mb5v5 par rapport au Mt avec un taux de 32 % à 14 et 56 jours.

3.2.5 Conservation dans 5 % de KOH

Les figures suivantes (II.59 et II.60) illustrent les valeurs des résistances des éprouvettes conservés dans l'eau pendant 24 heures, puis 7 jours à l'air libre et après dans concentration

CHAPITRE II : Résultats et discussions

de 5 % dans une base forte KOH pendant 56 jours et on mesure leurs résistances à la compression et à la flexion.

a-Compression :

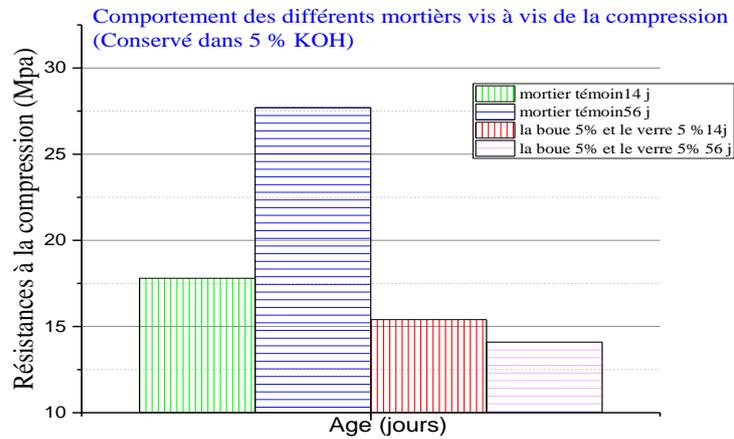


Figure II.59: Résistance à la compression de Mt et de Mb5v5 conservé dans KOH selon l'âge.

D'après la figure II.59 on constate que :

Une diminution d'un taux de 13 % à 14 jours et de 48 % à 56 jours de la résistance à la compression du Mb5v5 par rapport au Mt.

b-Flexion :

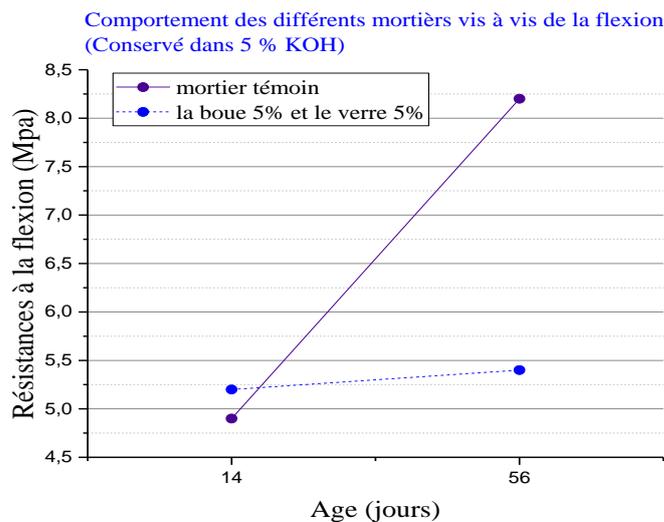


Figure II.60: Résistance à la flexion de Mt et de Mb5v5 conservés dans KOH selon l'âge.

L'exploitation des courbes (figure II.60) montre que :

à 14 jours, une augmentation d'un taux de 6 % de la résistance à la compression dans l'éprouvette 4x4x16cm du M_{b5v5} par rapport à celle de M_t , par contre on enregistre une très forte diminution d'un taux de 34 % à 56 jours.

3.3 Comportement du mortier de base 5 % de boue et du mortier de base de 5% boue et 3 % verre

3.3.1 Conservation à l'air libre :

On laissé les éprouvettes (M_{b5} et de M_{b5v3}) dans l'eau de robinet 24 heures, puis à l'air libre pour une durée de 28 jours et en mesure leurs résistances à la une fois à la compression et autre à la flexion.

a-Compression :

On constate, selon la figure II.61 une très petite augmentation de 1 % de la résistance à la compression de l'éprouvette de M_{b5v3} par rapport de M_{b5} , par contre à 14 jours ont noté une très forte diminution d'un taux de 24 % à 28 jours.

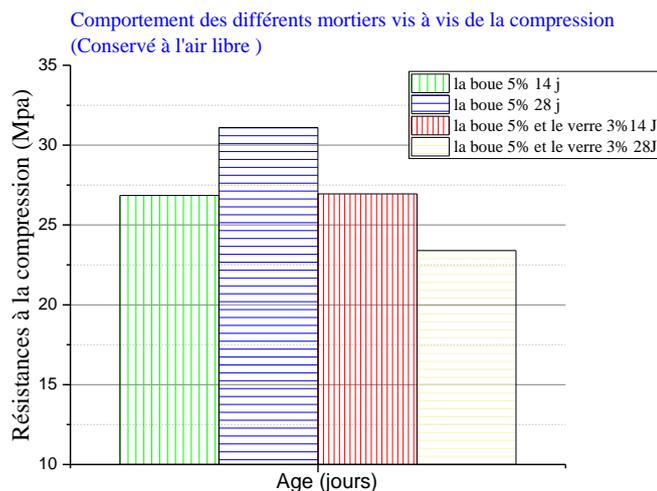


Figure II.61: Résistance à la compression de M_{b5} et de M_{b5v3} conservé dans les conditions normales selon l'âge.

b-Flexion :

D'après la représentation graphique (figure II.62) des valeurs de résistance à la compression en remarque que : A 14 jours une diminution de la résistance de l'éprouvette prismatique d'un taux de 11 % de par rapport à l'autre M_{b5} .

A 28, la même variation de courbe mais avec une valeur de 15 %.

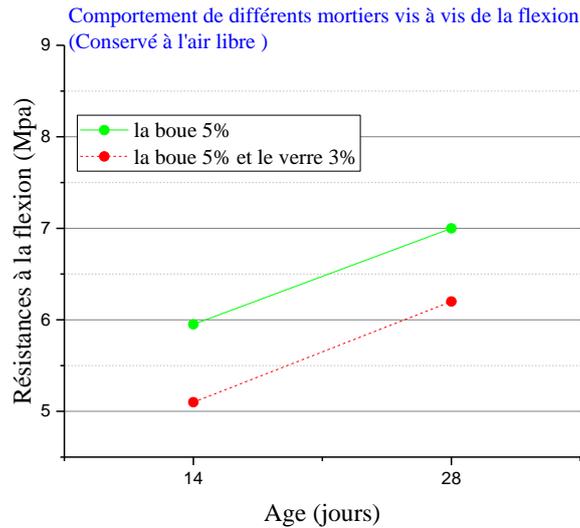


Figure II.62: Résistances à la flexion de Mb5 et de Mb5v3 conservé à l'air libre selon l'âge.

3.3.2 Conservation dans un milieu Humide

Les figures (II.63 et II.64) suivantes résument les résultats successivement des résistances à la compression et à la flexion des différents mortiers (M_{b5} et de M_{b5v3}) conservés dans un bain rempli avec de l'eau de robinet durant une période de 28 jours.

a-Compression :

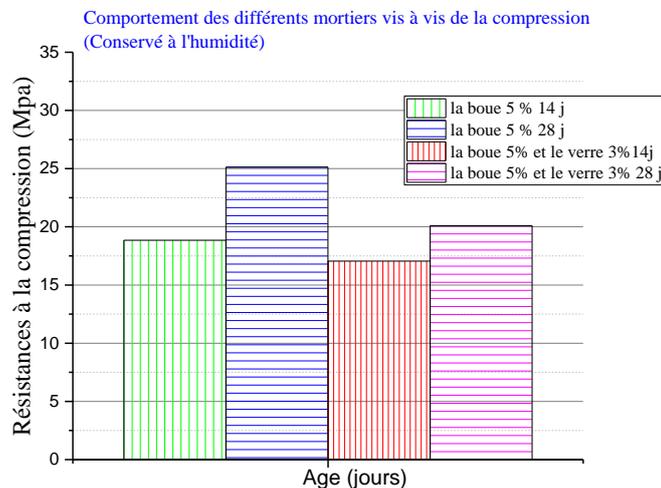


Figure II.63: Résistance à la compression de Mb5 et de Mb5v3 conservé dans humide selon l'âge.

D'après la représentation graphique (figure II.63) des valeurs de résistance à la compression en remarque que :

CHAPITRE II : Résultats et discussions

À 14 jours une diminution de la résistance de l'éprouvette de M_{b5v3} d'un taux 9 % par rapport à l'autre de M_{b5} , donc l'effet des fines de verre sont un surplus dans la matrice. À 28 jours, la même variation de courbe mais d'un taux de 1 %. On peut expliquer par l'insuffisance de la pâte liante a enrobé tous les grains.

b-Flexion :

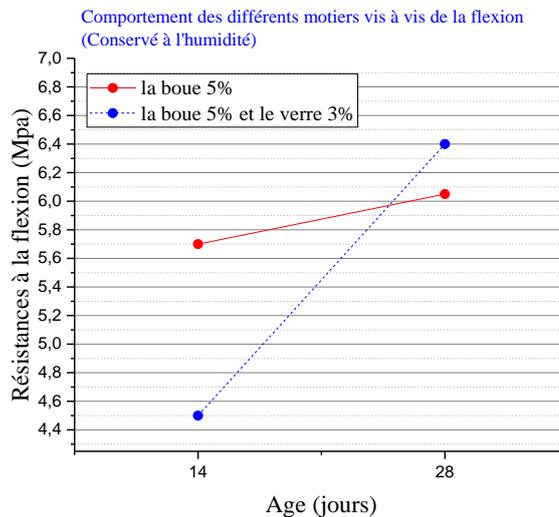


Figure II.64: Résistance à la flexion de M_{b5} et de M_{b5v3} conservé dans température selon l'âge.

La figure II.64 mais en relief que :

A 14 jours une diminution d'un taux de 1 et 20 % de résistance à la flexion de l'éprouvette de M_{b5v3} par rapport au de M_{b5} respectivement a14 et 28 jours.

3.3.3 Conservation dans une Température constante à 50°

Les deux figures (II.65et II.66) suivantes résumant les résultats successivement des résistances à la compression et à la flexion des différents mortiers (éprouvette du mortier à base de 5 % la boue et éprouvette du mortier avec 5 % de la boue + 3 % poudre de verre) conservés dans une étuve durant une période de 28 jours.

a-Compression :

D'après les résultats du comportement thermique présentés dans la figure II.65, on constate que : À 14 jours, la résistance à la compression dans l'éprouvette de M_{b5v3} a augmenté avec une valeur 3 % par rapport à l'autre de M_{b5} et à 28 jours on remarque une diminution d'un taux de 10 % de M_{b5v3} par rapport à l'autre de M_{b5} .

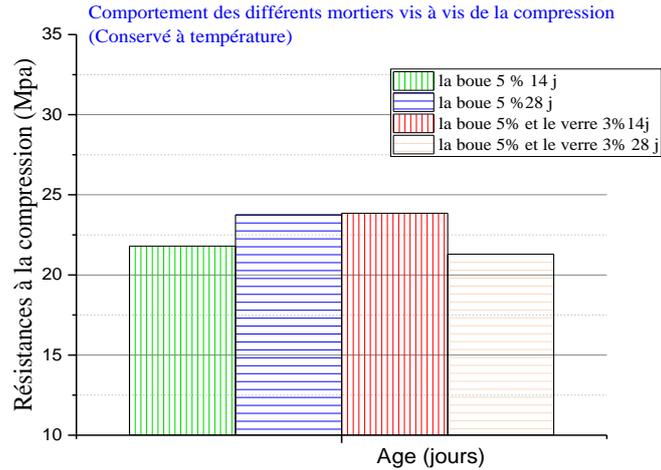


Figure II.65: Résistance à la compression de Mb5 et de Mb5v3 conservé dans température selon l'âge.

b-Flexion :

L'exploitation des courbes (figure II.66) montre :

À 14 jours, on note une nette diminution de la résistance de l'éprouvette cubique de Mb₅ d'un taux de 6 % par rapport à de Mb_{5v3}, par contre a 28 jours, on remarque une diminution d'un taux de 11 %.

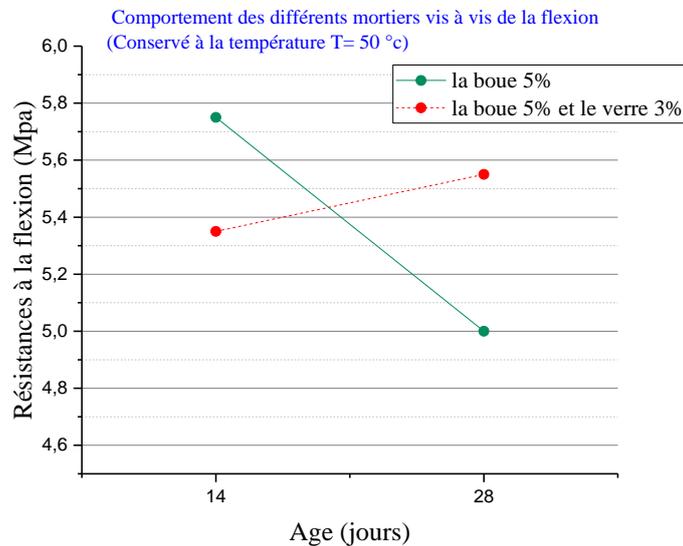


Figure II.66: Résistance à la flexion de Mb5 et de Mb5v3 conservé dans une étuve T=50°C selon l'âge.

3.3.4 Conservation dans HCL

Les deux figures (II.67 et II.68) suivantes représentent les valeurs des résistances des éprouvettes (M_{b5} et de M_{b5v3}) qui ont été laissées dans l'eau pendant 24 heures, puis 7 jours à l'air libre et après dans une concentration de 5 % de l'acide HCL pendant 56 jours et on mesure leurs résistances à la compression et à la flexion.

a-Compression :

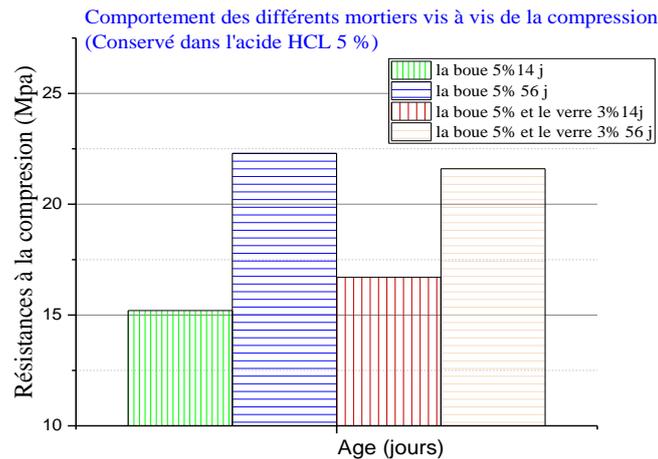


Figure II.67: Résistance à la compression de M_{b5} et de M_{b5v3} conservé dans HCL selon l'âge.

La figure II.67 montre que :

À 14 jours on note une augmentation avec une valeur de 10 % de la résistance de l'éprouvette de M_{b5v3} par rapport à l'autre de M_{b5} .

À 56 jours on note une diminution de la résistance de l'éprouvette de M_{b5v3} d'un taux de 3 % par rapport à l'éprouvette de M_{b5} .

b-Flexion :

La figure II.68 mais en relief que :

A 14 jours une diminution d'un taux de 2 et 32 % de résistance à la flexion de l'éprouvette de M_{b5v3} par rapport de M_{b5} respectivement à 14 et 56 jours.

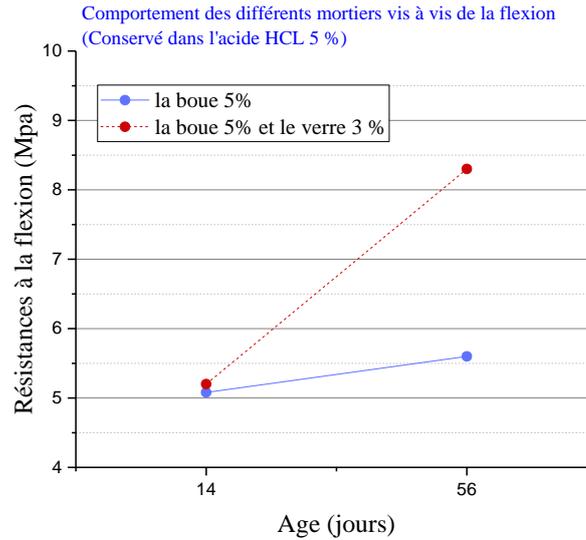


Figure II.68: Résistance à la flexion de Mb5 et de Mb5v3 conservé dans HCL selon l'âge.

3.3.5 Conservation dans une concentration de 5 % KOH

Les figures (II.69 et II.70) résument l'évolution de la résistance à la compression et à la flexion M_{b5} et de M_{b5v3} conservé un jour dans l'eau puis 6 jours à l'aire libre et dans concentration de 5 % d'une base forte KOH pendant 56 jours.

a-Compression :

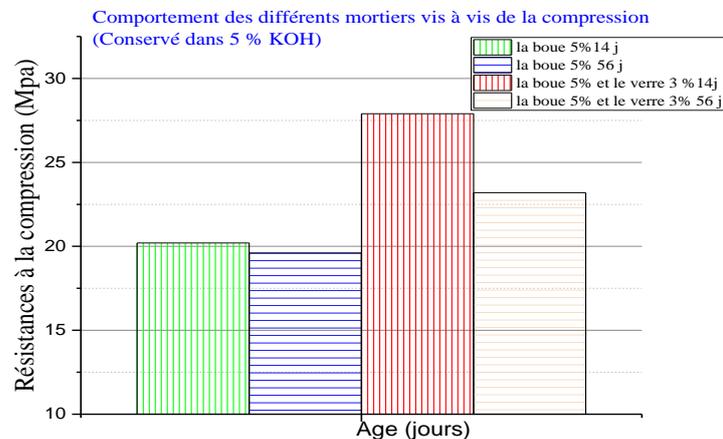


Figure II.69: Résistance à la compression de Mb5 et de Mb5v3 conservé dans KOH selon l'âge.

Dans les deux cas on note une nette augmentation d'un taux de 38 et 19 % respectivement à 14 et 56 jours de la résistance de l'éprouvette de M_{b5v3} par rapport à l'autre de M_{b5} .

b-Flexion :

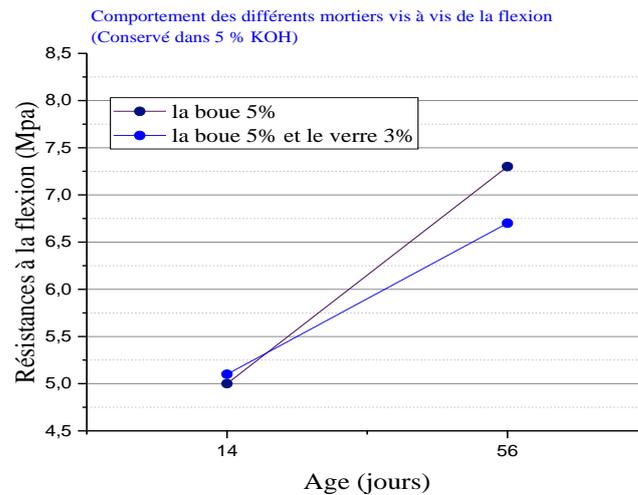


Figure II.70: Résistance à la flexion de Mortier de Mb5 et de Mb5v3 conservé dans KOH selon l'âge.

La figure II.70 montre que :

À 14 jours on note une augmentation avec une valeur de 2 % de la résistance de l'éprouvette de Mb5v3 par rapport à l'autre de Mb5, et à 56 jours on note une diminution d'un taux de 8 % de la résistance de l'éprouvette 4x4x16cm de Mb5v3 par rapport à l'autre de Mb5.

3.4 Comportement du mortier de base 5 % de la boue et du mortier de base de 5% de boue et 5 % de verre

3.4.1 Conservation à l'air libre

En laissant les éprouvettes dans l'eau de robinet 24 heures, puis à l'air libre pour une durée de 28 jours et en mesure leurs résistances d'une fois à la compression et d'autre à la flexion.

a-Compression :

D'après la figure II.71 on constate que :

A 14 jours, une diminution d'un taux de 30 % de la résistance à la compression de Mb5v5 par rapport de Mb5, la même chose à 28 jours mais avec un taux de 42 %.

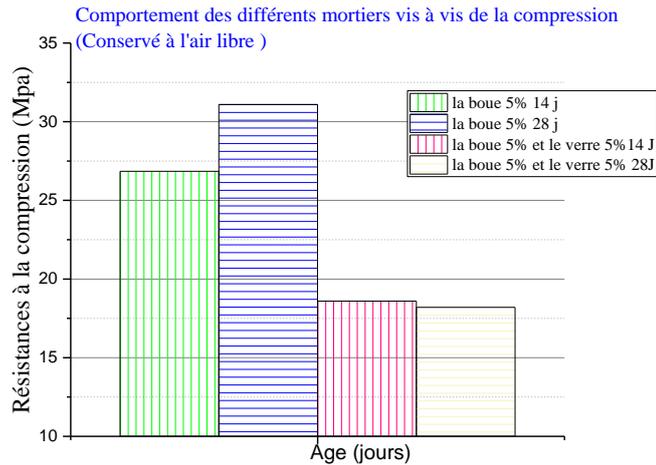


Figure II.71: Résistance à la compression de Mb5 et de Mb5v5 conservé à l'air libre selon l'âge.

b-Flexion :

On constate, selon la figure II.72 que :

À 14 jours, la résistance à la flexion elle va diminuer avec un taux de 22 % de M_{b5v5} par rapport au M_{b5} . et a 28 jours elle va diminuer avec un taux de 13 % par rapport au M_{b5} .

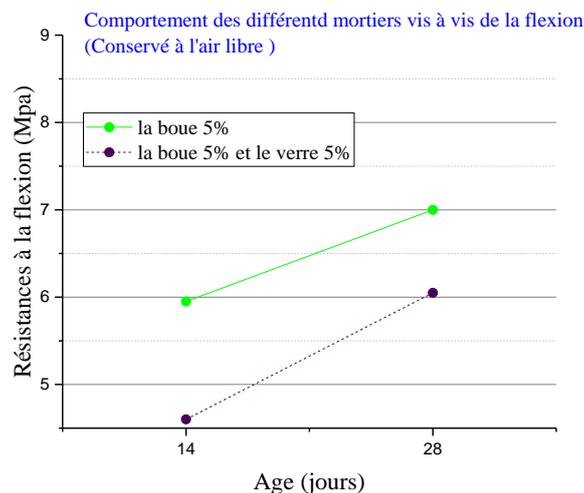


Figure II.72: Résistance à la flexion de Mb5 et de Mb5v5 conservé à l'air libre l'âge.

3.4.2 Conservation dans un milieu Humide

Les deux figures (II.73 et II.74) suivantes résumant les résultats successivement des résistances à la compression et à la flexion des différents mortiers (M_{b5} et de M_{b5v5}) conservés dans l'eau durant une période de 28 jours.

a-Compression

La figure II.73 montre :

Une très petite diminution d'un taux de 1 % de la résistance à la compression de l'éprouvette 4x4x4cm de Mb5v5 par rapport de Mb5, et a 28 jours ont noté une très forte diminution d'un taux de 38 % de la résistance de l'éprouvette par rapport de Mb5.

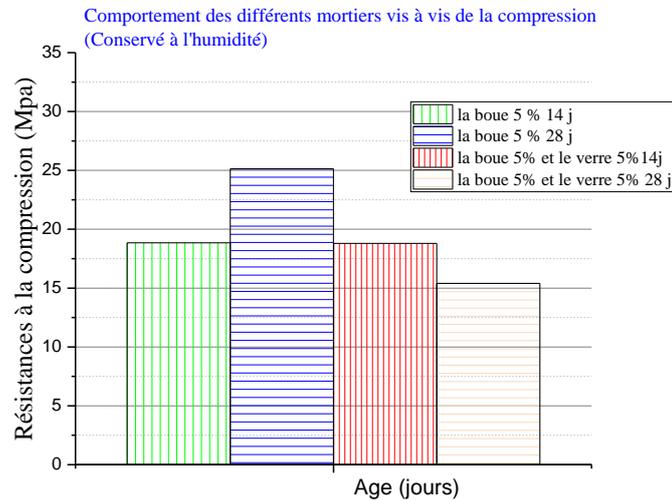


Figure II.73: Résistance à la compression de Mb5 et de Mb5v5 conservé dans humide selon l'âge.

b-Flexion :

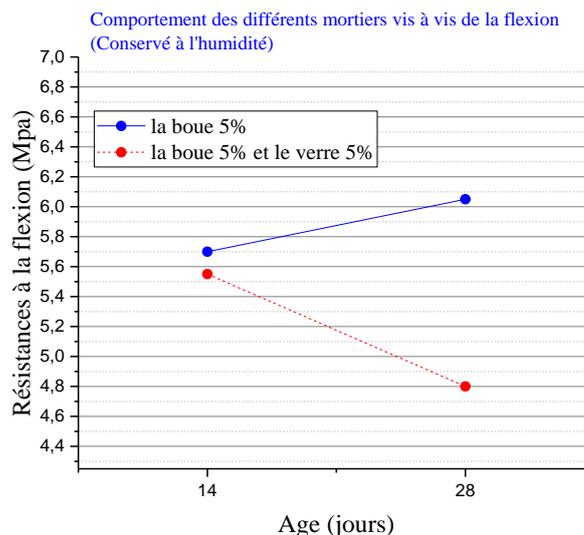


Figure II.74: Résistances à la flexion de Mb5 et de Mb5v5 conservé dans température selon l'âge.

D'après la figure II.74 on constate que :

Une diminution de valeur de 2 et 20 % de la résistance à la flexion de M_{b5v5} par rapport au M_{b5} respectivement à 14 et 28 jours.

3.4.3 Conservation dans une Température constante à 50°

Les deux figures (II.75 et II.76) suivantes résumant résultats successivement des résistances à la compression et à la flexion des différents mortiers (M_{b5} et de M_{b5v5}) conservés dans une étuve durant une période de 28 jours.

a-Compression :

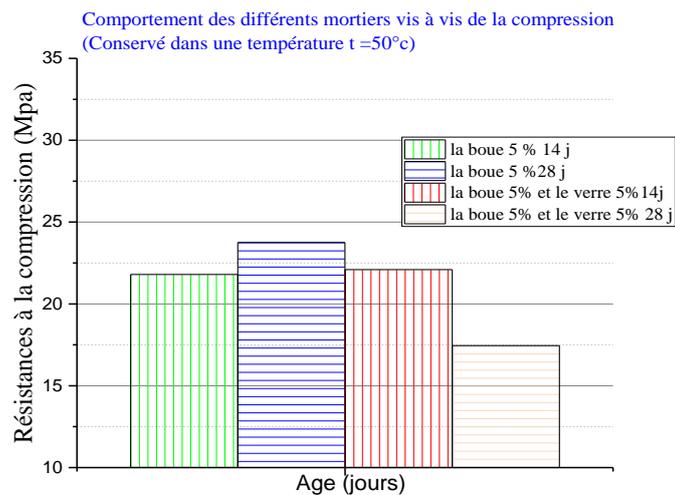


Figure II.75: Résistances à la compression de M_{b5} et de M_{b5v5} conservé dans température selon l'âge.

Les résultats représenté dans la figure II.75 montrent que :

À 14 jours, une faible augmentation d'un taux de 1 % de la résistance de l'éprouvette de M_{b5v5} par rapport au de M_{b5} , par contre à 28 jours, une diminution d'un taux de 26 % de la résistance à la compression de l'éprouvette de M_{b5v5} par rapport au de M_{b5} .

b-Flexion :

D'après cette figure (II. 76) on note :

À 14 jours, une diminution de la résistance de l'éprouvette prismatique d'un taux de 1 % de M_{b5v5} par rapport de M_{b5} , par contre à 28 jours on remarque une augmentation de la résistance d'un taux de 17 % par rapport au M_{b5} .

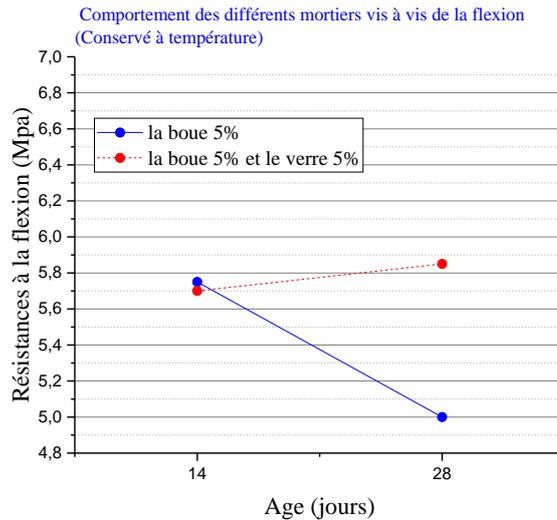


Figure II. 76: Résistance à la flexion de Mb5 et de Mb5v5 conservé dans température selon l'âge.

3.4.4 Conservation dans un milieu acide 5% de HCL

Les deux figures (II.77 et II.78) suivantes représentent les valeurs des résistances des éprouvettes (M_{b5} et de M_{b5v5}) qui ont été laissées dans l'eau pendant 24 heures, puis 7 jours à l'air libre et après dans 5 % de l'acide HCL pendant 56 jours et on mesure leurs résistances à la compression et à la flexion.

a-Compression :

D'après la figure II.77 on remarque une augmentation avec d'un taux de 7 % de la résistance de l'éprouvette cubique de M_{b5v5} par rapport de M_{b5} à 14 jours, par contre on note une diminution de la résistance de l'éprouvette de M_{b5v5} d'un taux de 18 % à 56 jours.

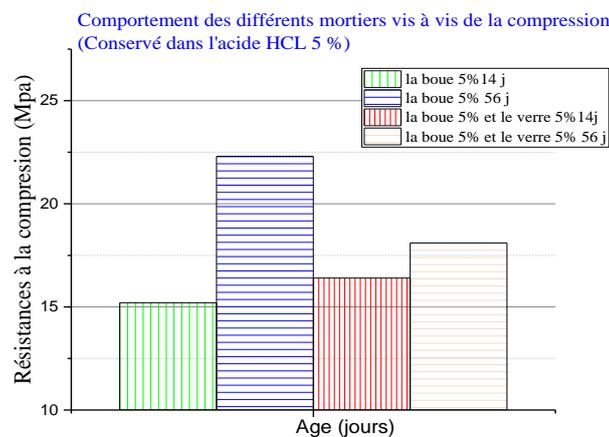


Figure II.77: Résistance à la compression de Mb5 et de Mb5v5 conservé dans HCL selon l'âge.

b-Flexion :

La figure II.78 mais en relief que :

À 14 jours, une diminution d'un taux 19 % de la résistance à la flexion dans l'éprouvettes de M_{b5v5} par rapport de M_{b5} , par contre a 56 jours on note une nette augmentation d'un taux de l'éprouvette de M_{b5v5} d'un taux de 32 %.

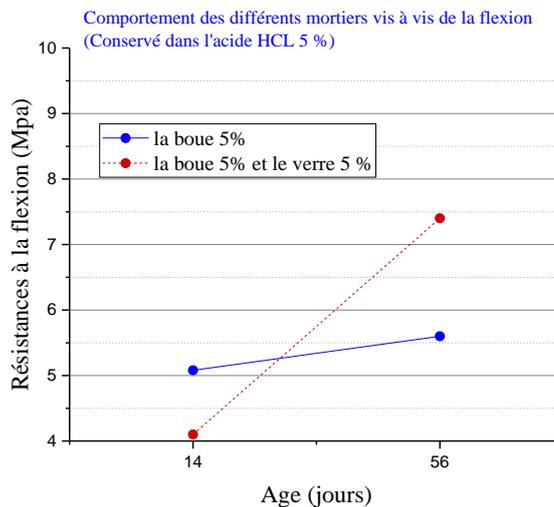


Figure II.78: Résistances à la flexion de M_{b5} et de M_{b5v5} conservé dans HCL selon l'âge.

3.4.5 Conservation dans 5 % de KOH

Les figures suivants (II.79et II.80) illustrent les valeurs des résistances des éprouvettes qui on a laissée dans l'eau pendant 24 heures, puis 7 jours a l'air libre et après dans concentration de 5 % dans une base forte KOH pendant 56 jours et on mesure leurs résistances a la compression et à la flexion.

a-Compression :

L'exploitation des graphes (figure II.79) montre que:

Une diminution de la résistance à la compression de la résistance de l'éprouvette 4x4x4cm de M_{b5v5} par rapport de M_{b5} d'un taux de 23 et 28 % respectivement à 14 et 56 jours.

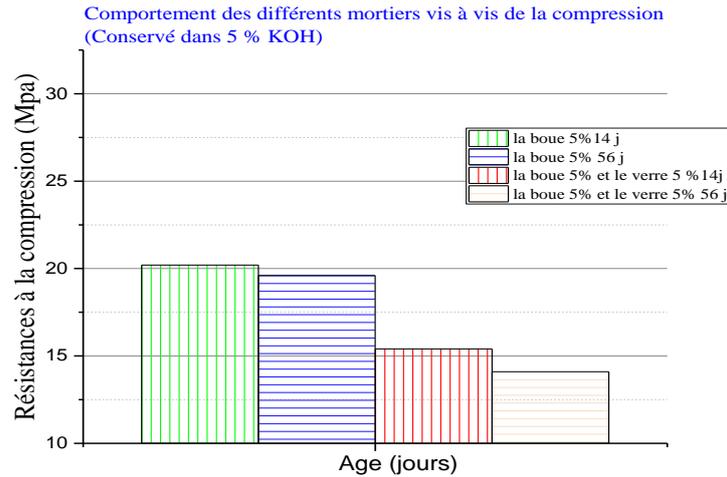


Figure II.79: Résistance à la compression de Mb5 et de Mb5v5 conservé dans KOH selon l'âge.

b-Flexion :

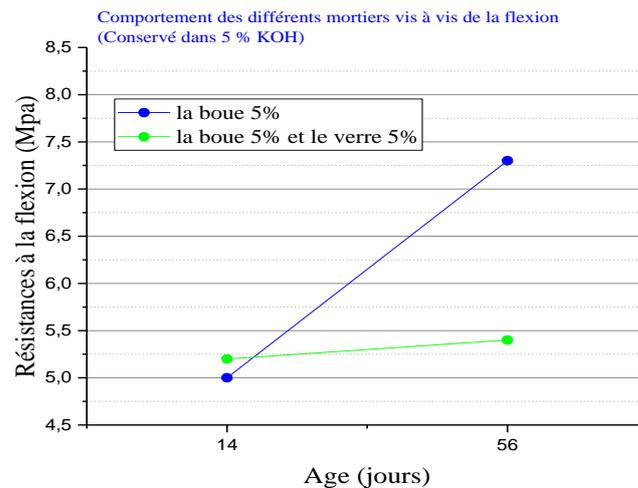
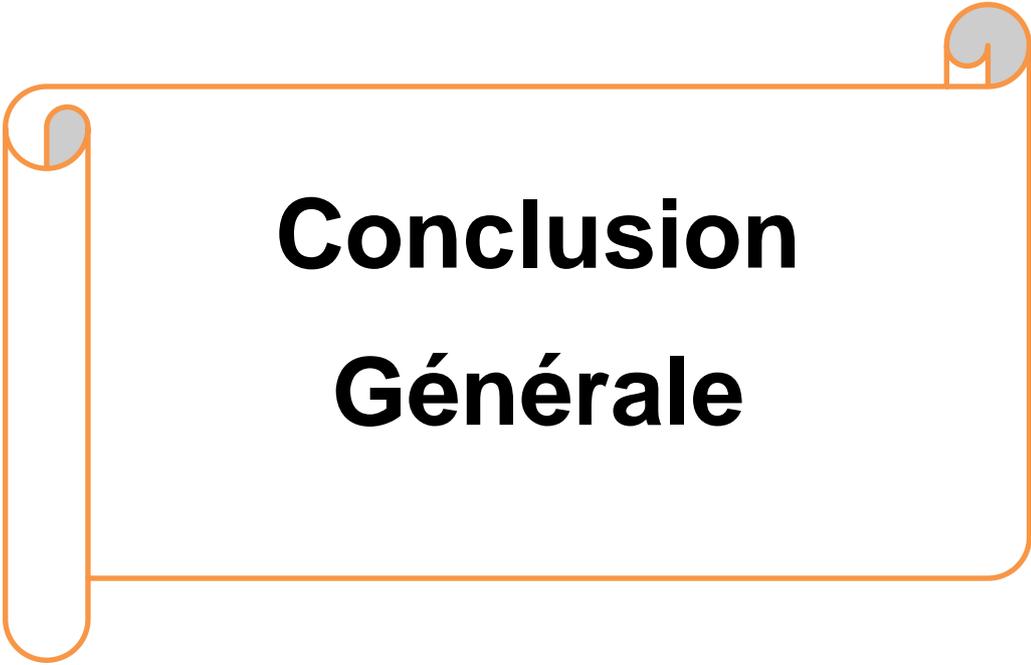


Figure II.80: Résistance à la flexion de Mb5 et de Mb5v5 conservé dans KOH selon l'âge.

La figure II.80 montre :

Une augmentation de la résistance à la flexion de l'éprouvette prismatique d'un taux de 4 % de Mb_{5v5} par rapport au mortier de Mb₅, par contre on note une diminution de la résistance de l'éprouvette de Mb_{5v5} d'un taux de 26 % à 56 jours.



**Conclusion
Générale**

Conclusion

L'objectif principal de notre travail été, d'évaluer l'influence d'un déchet environnemental sur le comportement d'un mortier.

La première partie de ce mémoire a été consacrée à l'étude bibliographique qui a porté sur : La recherche bibliographique a mis en évidence l'intérêt des chercheurs scientifiques pour le recyclage des déchets et notamment la transformation de ces derniers en matières premières en construction.

Décharge est l'un des rejets continu augmente avec l'augmentation de la population. La volonté de réduire au maximum le rejet, en transformant soit de l'eau ou les résidus et mis en lumière dans la littérature,

Les études recensées restent insuffisantes à prendre tous les matériaux du globe bien sur nos matériaux locaux, et pour enrichirent la base de donnée, pour comprendre mieux les matériaux cimentaires composites

La deuxième partie, la boue étudiée est les résidus de la station d'épuration de Bouira, incinérer à une température élevée, afin d'éviter l'expansion ou le gonflement ultérieure. Dans ce travail nous avons choisi l'incorporation de cette boue dans les mortiers afin de limiter sa présence dans l'environnement et d'évaluer ces capacités liantes et les conséquences sur la résistance mécanique.

Enfin, nous nous sommes penchés sur le cas de remplacement de ciment par la poudre de la boue incinérée qui, par définition, apportent la solution à la problématique des nuisances environnementales (décharges). Ces mortiers, relativement nouveaux, peuvent être destinés à différents emplois, nous avons fait le choix de la retenir pour notre étude.

Cette partie, expérimentale, avait comme objectif d'évaluer la contribution apportée notamment par cette boue. Nous avons tout d'abord caractérisé mécaniquement nos mortier et matériaux d'étude.

Cette étude visait le développement, la valorisation et l'étude des matériaux composites dans le cadre de recyclage des déchets. Dans cette optique les principaux résultats obtenus sont comme suit :

- A la lumière de ce qui précède, on remarque que la contribue d'une façon positive sur les performances mécaniques et la durabilité des mortiers avec différentes substitutions, Ils permettent une amélioration de la résistance mécanique qui égale ou sur passe celle du mortier contrôle à court et à long terme.

- Le remplacement de ciment par la poudre de boue d'épuration dans le mélange de contrôle a diminué l'unité de poids avec 3% et 9% par rapport au mortier de contrôle 5% et 10%, respectivement à sec et à 50 ° C.
- L'amélioration importante obtenue pour les mélanges de mortier au niveau de la résistance à la compression a été obtenue lorsque 5% de remplacement de la boue ont été utilisés dans des conditions sèches à 28 jours.
- Le taux de diminution de la résistance à la compression était clair pour le mortier d'égout dans une solution de HCL pendant 14 à 56 jours, mais ce phénomène était inversement observé pour la solution de KOH.
- La résistance à la compression du mortier la boue augmentait légèrement lorsque la substitution de poudre était augmentée à 56 jours pour une concentration de solution de HCL de 5% et diminuait pendant (5% de la boue + 5% de poudre de verre).
- Le pourcentage maximum de mélange avec le remplacement de ciment en poudre de boue d'épuration est de 3% avec 5% de boue incinérée à 1000 ° C.
- La résistance à la flexion du mélange de boue d'épuration avec du mortier de ciment à la poudre de verre est comparable à celle du mortier témoin à HCL et à KOH, comparativement à Jiang-2017, ISSA a considérablement augmenté la résistance à la flexion des mortiers.

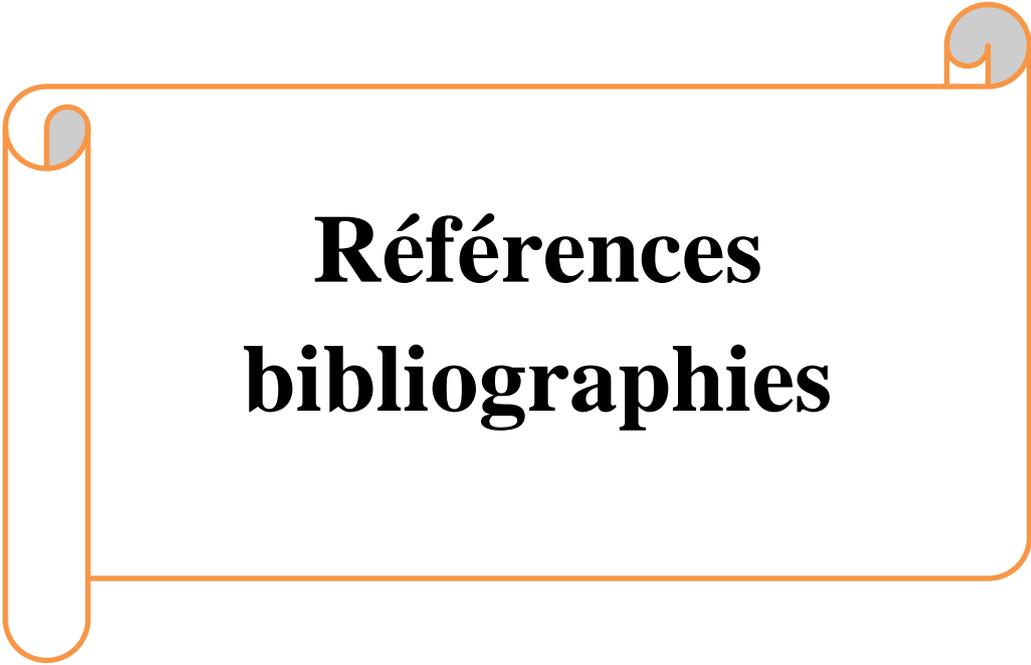
Recommandation

Le travail présent dans ce manuscrit est expérimental il semble que la modélisation devrait permettre de conforter ou d'infirmier certaines l'hypothèses, notamment pour les mécanisme de l'action da la boue.

l'influence des facteurs environnementaux (température, attaque des acide) sur les phénomènes et de durabilité que nous avons étudiés pourrait également être analysée.

Enfin nous proposons comme perspectives de recherche d'approfondir ce travail, en étudiant le comportement des mortiers à base de boue d'épuration à long terme vis à vis de la durabilité.

En parallèle il faire l'analyse de la boue par la diffraction de rayon x doit être entrepris afin de conforter cette étude et étudier la résistance à la compression des mortiers par substitution de ciment par la boue avec des autre ajouts.



**Références
bibliographies**

- [1] Jacques Véron, V. Dynamique démographique et développement durable en questions Dans Démographie et écologie(2013) p : 71 à 94.
- [2] journal officiel de la république algérienne N°77 délivré le 30 Ramadhan 1422,15decembre 2001 p : 7-15.
- [3] Amadou Haoua. (2007). modélisation du séchage solaire sous serre des boues de stations d'épuration urbaines. Thèse doctorat , Strasbourg I, p : 17-19-24-30-32-36-93-108.
- [4] Maria Del Pilar, Gladis Camarini, Felipe Murilo Silva da Costa,' performance des mortiers avec ajout de cendre de boue de fosses septique', p : 308-315, (2018).
- [5] S.C. Pan, D.H, T Seng, C.Lee, Influence de la finesse de cendre des boues d'épuration sur les propriétés du mortier, Cem. Concr. RES. 33 (11) (2003) p : 1749–1754.
- [6] J. Monzó, J.Payà, M.V.Borrachero, A.corcoles,' l'utilisation des adjuvants de ciment de cendre de boues d'épuration dans les mortiers (SSA)', Cem. Concr. Res. 26 (9) (1996)p : 1389–1398.
- [7] H. Carasek, argamssas, 'matériels de construction civil et principes de la science et de l'ingénierie du matériel', 1st ed. Vol. 2, IBRACON, SãoPaulo, 2007, p : 893–944.
- [8] D.C.C. Dal Molin, ajouts minéraux en génie civil, Minéral additions, in: G.C. Isaia, science technologie, IBRACON, São Paulo, Ed, 2011, 1946 p (Cap 8).
- [9] A.M.P. Carneiro, M.A.Cincotto, V.M John, la masse unitaire du sans en tant que paramètre d'analyse des factures de mortiers, Ambiente Construído 1 (2) (2007)37–44 (São Paulo Brazil).
- [10] G.M. Sadique Islam, 'déchets de verre en poudre en remplacement partiel de ciment pour une pratique concrète durable'(2016).
- [11] EN 196-1, 2005. Methods d'essai du ciment, Determinaton de la force du comité européen de normalisation 465, rue de Marnix 17, B-1000 466 Brussels, Belgium.
- [12] ASTM C33, 2016a. Spécification standard pour es granulats de béton. 437ASTM International, West Conshohocken, USA.
- [13] Rashed, A.M., 2014.dechets de verre recycles en remplacement de granulats fins dans des matériaux à base de ciment portland, Constr. Build.Mater. 72, p : 340–357.

- [14] Nassar, R.U.D, Soroushian, (2012). Résistance durabilité et durabilité du béton d'agrégat recyclé 493contenant du verre partiel du ciment 494, Constr. Build. Mater. 29, p: 368–377.
- [15] Islam, G.M.S, Islam, M.M., Akter, A, Islam, M.S, (2011). Les matériaux de construction verte 476respative Bangladesh. Dans l 'actes 477 de conférence international sur l'ingénierie mécanique et l'énergie renouvelable 478, (22 au 24 décembre 2011), Chittagong, 479 Bangladesh (ID-063).
- [16] Omran, A., Tagnit-Hamou, A, (2016). Performances du la poudre de verre sur le béton 496, application sur site, Constr, Build. Mater 109, p : 84–95.
- [17] Joshi, R.C., Lohtia, R.P, (1997).cendre volantes un béton, production 481 et utilisation avancées de béton technologie ,2 Gordon 482et violation des éditeurs scientifiques Amsterdam Netherlands, ISBN 48390-5699-579-0, p : 269.

Notice produit
Edition Août 2016
Numéro 1.23
Version n° 108.2016
SIKA® VISCOCRETE® 665

SIKA® VISCOCRETE® 665

Superplastifiant/Haut Réducteur d'eau polyvalent pour bétons prêts à l'emploi.

Conforme à la norme NF EN 934-2 Tab 3.1 et 3.2.

Présentation	Le Sika Viscocrete 665 est un superplastifiant/haut réducteur d'eau polyvalent de nouvelle génération non chloré à base de copolymère acrylique. Le Sika Viscocrete 665 est compatible avec tous les ciments même avec un taux C3A faible.
Domaines d'application	Le Sika Viscocrete 665 permet la fabrication : <ul style="list-style-type: none"> ■ de bétons plastiques à autoplaçants transportés sur de longues distances et pompés. ■ de bétons à longs maintiens de rhéologie (>2h30), sans reprise de fluidité dans le temps.
Caractères généraux	Le Sika Viscocrete 665 est un superplastifiant qui confère aux bétons les propriétés suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ■ Longue rhéologie (>2h30) ■ Evolution rapide des résistances à court et à long terme ■ Réduction de la viscosité ■ Amélioration de la stabilité du béton frais et limitation de la ségrégation avec des granulats concassés ■ Pas de reprise de fluidité dans le temps ■ Qualité de parement
Agréments, essais de laboratoire	PV CNERIB : DTEM : 396/2016.
Caractéristiques	
Aspect	Liquide marron
Conditionnement	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fût de 200 Kg ■ Conteneur perdu de 1000 Kg ■ Vrac
Stockage	A l'abri du gel. En cas de gel accidentel, le produit retrouve ses qualités d'origine une fois dégelé lentement et réhomogénéisé.
Conservation	12 mois dans son emballage d'origine intact



Données techniques	
densité	1,085 ± 0,015
pH	5 ± 1,0
Teneur en Na ₂ O Eq.	≤ 1,0%
Extrait sec	33,0 ± 1,1% (méthode halogène selon NF 085)
Teneur en ions Cl ⁻	≤ 0,1%
Conditions d'application	
Dosage	Plage de dosage : 0,4 à 2% du poids du liant ou du ciment selon la fluidité et les performances recherchées.
Mise en œuvre	
	Le Sika Viscocrete 665 est ajouté, soit en même temps que l'eau de gâchage, soit en différé dans le béton préalablement mouillé avec une fraction de l'eau de gâchage.
Précautions d'emploi	
	En cas de contact avec la peau, laver abondamment à l'eau. Consulter la fiche de données de sécurité accessible sur Internet.
Mentions légales	
	Produit réservé à un usage strictement professionnel Nos produits bénéficient d'une assurance de responsabilité civile. «Les informations sur la présente notice, et en particulier les recommandations relatives à l'application et à l'utilisation finale des produits SIKA, sont fournies en toute bonne foi et se fondent sur la connaissance et l'expérience que la Société SIKA a acquises à ce jour de ses produits lorsqu'ils ont été convenablement stockés, manipulés et appliqués dans des conditions normales. En pratique, les différences entre matériaux, substrats et conditions spécifiques sur site sont telles que ces informations ou toute recommandation écrite ou conseil donné n'impliquent aucune garantie de qualité marchande autre que la garantie légale contre les vices cachés. Nos agences sont à votre disposition pour toute précision complémentaire. Notre responsabilité ne saurait d'aucune manière être engagée dans l'hypothèse d'une application non conforme à nos renseignements. Les droits de propriété détenus par des tiers doivent impérativement être respectés. Toutes les commandes sont acceptées sous réserve de nos Conditions de Vente et de Livraison en vigueur. Les utilisateurs doivent impérativement consulter la version la plus récente de la notice correspondant au produit concerné, qui leur sera remise sur demande.»



Sika El Djazair
08 route de l'Arbaa, 16111 Eucalyptus
Alger/ ALGERIE
Web : dza.sika.com

Tel.: 213 (0) 21 50 21 84
213 (0) 21 50 16 92 à 95
Fax: 213 (0) 21 50 22 08



NF EN 196-1: Norme française. Préparation des moules et des éprouvettes

NF P 18-560 : Norme française. Granulats. Analyse granulométrique par tamisage.

NF EN 1008 : Norme française. Eau de gâchage pour bétons. Spécifications

D'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi, y compris les eaux des Processus de l'industrie du béton, telle que l'eau de gâchage pour béton.

NF P 18-553 : Norme française. Préparation d'un échantillon pour essai.

NF P 18-540 : Norme française. Module de finesse(Mf)

NF EN 933-8 : Norme française. Equivalent de sable (ES)

NF P 18-403 : Norme française. Malaxage de mortier

NF P18-406: Norme française. Résistance à la compression

NF P18-405: Norme française. Résistance à la flexion



المجمع الصناعي لإسمنت الجزائر

GROUPE INDUSTRIEL DES CIMENTS D'ALGERIE
SOCIÉTÉ DES CIMENTS DE SOUR EL GHOZLANE

« S.C.S.E.G. »

شركة - رأس مالها الاجتماعي : 1.900.000.000 D A



Identification Fiscale : 099 810 028 210 584 - N° Article d'imposition : 10 38 52 58 011 - N° Registre de Commerce : 10/00- 0282105B98

Produit Commercialisé :

**Ciment CEM II /A-M (P-L)
42.5N**

Fiche technique

Période D'expédition :

Premier trimestre 2017

Conformément à la norme NA 442 édition 2013

Caractéristique physico-mécaniques				Composition chimique		
Désignations	Unités	Exigence	Moyenne	Composé	Exigence	Moyenne (%)
Poids spécifique	Gr/cm ³	--	3.09	SiO ₂		23.75
Surface spécifique Blaine	Cm ² /gr	---	4151	Al ₂ O ₃		4.00
Consistance normale	% H ₂ O	---	25.6	Fe ₂ O ₃		3.32
Temps de prise	Début	Min.	≥ 60	CaO		57.60
	Fin	Min.			310	
Expansion à chaud	mm	≤ 10	0.33	MgO		1.70
Chaleur d'hydratation à (41h)	(j/g)	270	277.84	K ₂ O		0.70
Refus sur tamis 45 µm	%		24.40	Na ₂ O		0.32
Résistance à la flexion	02 jours	Mpa	4.34	SO ₃	≤ 3.50	2.45
	07 jours	Mpa	5.51	Cl ⁻	≤ 0.10	0.015
	28 jours	Mpa	6.15	P.A.F à 1000 ° C		5.36
Résistance à la compression	02 jours	Mpa	≥ 10.00	CaO _{libre}		0.50
	07 jours	Mpa				
	28 jours	Mpa	Li ≥ 42.5 Ls ≤ 62.5	45.82	----	---

Observation : c'est un ciment portland composé, dont les caractéristiques physico-mécaniques et chimiques satisfont aux exigences du ciment CEM II / A-M (P-L) 42.5N Selon la norme NA 442/2013.

Société des Ciments Sour El Ghazlane
Siège : Col de Becouche BP 61, Sour El Ghazlane
(W) de Bouira, 10004 Algérie
E-Mail : bodg-scseg@scseg.dz

Le chef de Département