

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AHMED DRAYA ADRAR
FACULTE DES SCIENCES ET DE TECHNOLOGIES
DEPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES



MEMOIRE

PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

SPECIALITE : GENIE CIVIL

OPTION : GMS

PRESENTE PAR :

M^r HOUTIA ABDERRAHIM

THEME :

**AMELIORATION DES CARACTERISTIQUES
THERMIQUES ET MECANIQUES DE L'ADOBE**

SOUTENU PUBLIQUEMENT LE : 25 MAI 2017

DEVANT LE JURY COMPOSE DE:

M^{me} Aït Hammouda Khedidja	Maître de Conférence	Université d' Adrar	Président
M^r khelafi Hamid	Professeur	Université d' Adrar	Examineur
M^r Bassoud Abdelkader	Maître de Conférence	Université d' Adrar	Encadreur

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2016/2017

Dédicace

À mon père

À ma mère

À mes frères et ma sœur

À tous mes amis

Je dédie ce travail

Remerciements

Je tiens à exprimer notre gratitude et remerciement à **ALLAH** qui nous a donné la force et le pouvoir pour effectuer ce modeste travail.

Je tiens à exprimer tous mes remerciements à mon directeur de recherche Professeur **M^r Bassoud Abdelkader** pour son suivi, sa disponibilité, son soutien, sa patience et ses orientations durant l'élaboration de cette recherche.

Mes vifs gratitudes vont au **M^{me} Aït Hammouda Khedidja** de m'avoir honoré en président ce mémoire, J'adresse mes remerciements aussi aux **M^r khelafi Hamid** d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

J'adresse mes vifs remerciements à tous mes enseignants, qui ont contribué à ma formation.

En fin je remercie mes amies pour leur soutien moral et leur aide, ainsi que tous ceux qui m'ont soutenu et aidé tout au long de cette étude.

Résumé:

La zone d'Adrar est caractérisée par un climat chaud et sec en été, froid et sec en hiver. Dans ces régions la construction en béton armé a montré son déboire pour donner un climat ambiant sain et confortable dans les bâtiments. Pour améliorer le confort thermique dans un bâtiment et économiser de l'énergie, il est nécessaire de mettre en œuvre des matériaux particulièrement performants, apportant une bonne isolation thermique. Cette étude est lancée dans le souci de produire des briques en terre ayant de bonnes propriétés thermiques et mécanique pour limiter la consommation d'énergie et augmenter le confort thermique dans l'habitat. L'objectif de cette recherche est de préparer des briques en terre et les examiner par la suite à l'aide de certains essais mécaniques et thermiques. Nous avons réalisé quelques prototypes par les briques testés, qui ont donné des bonnes propriétés thermiques et mécaniques afin d'essayer de les utiliser dans le domaine de la construction. Nous avons fixé les différents pourcentages des sable : 45% à 85% , et celui de l'argile : 15% à 55% en masse. Les résultats de ces essais est bénéfique pour l'amélioration des propriétés thermiques avec des résistances mécaniques acceptables.

Mots clé : l'Adobe, isolation thermique, résistance thermique et mécanique, béton, construction, habitat.

Abstrat:

The Zone of Adrar is characterized by a hot and dry climate in summer, cold and dry in winter. In these reinforced concrete construction parts assured his disappointment to provide a healthy and Comfortable indoor climate in buildings. To improve thermal comfort in a building and save energy, it is necessary to implement special performance materials, providing good thermal insulation. In this study start cares to produce clay bricks with good mechanical and thermal properties to reduce energy consumption and increase thermal comfort in the home. The objective of this research is to prepare clay bricks and examine afterwards with some mechanical and thermal tests. We have made some prototypes tested by these bricks who gave good thermal and mechanical properties. In order to try to use them in the field of construction. We made the percentage of sand 45% to 85% and that of the earth from 15% to 55% by weight. The results of these tests showed that is beneficial to the improvement of the thermal properties with acceptable mechanical strength .

Key words: earth, heat insulation, thermal and mechanical resistance, concrete, construction, habitat.

ملخص:

منطقة أدرار تمتاز بمناخ حار وجاف صيفا , بارد وجاف شتاءا. في هذه المناطق البناء بالخرسانة اثبت فشلته في إعطاء مناخ صحي ومريح داخل العمارات. لتوفير الراحة الحرارية والاقتصاد في استهلاك الطاقة أصبح من الضروري استعمال مواد عازلة للحرارة. في هذه الدراسة ن فكر في صنع قوالب طينية لديها خصائص حرارية جيدة وخصائص ميكانيكية مقبولة, للمساهمة في التقليل من استهلاك الطاقة وتأمين الموارد المحلية لتحسين الراحة الحرارية في البنائات. الهدف من هذا البحث هو تحضير قوالب من التربة وإخضاعها لتجارب حرارية وميكانيكية. قمنا بتجاوز نماذج بالقوالب التي أعطت أحسن النتائج بالنسبة للخصائص الحرارية والميكانيكية, لغرض استعمالها في مجال البناء, وذلك باستعمال مواد محلية متكونة من نسب مختلفة من أنواع الرمل, بنسب تتراوح بين 45 في المئة إلى 85 في المئة , والطين بنسب تتراوح بين 15 في المئة إلى 55 في المئة. نتائج هذه التجارب بينت تحسن في الخصائص الحرارية للقوالب بمقاومة ميكانيكية مقبولة.

الكلمات المفتاحية : الطين , العزل الحراري , المقاومة الحرارية , المقاومة الميكانيكية , الخرسانة , البناء , السكن .

Sommaire:

Dédicace	2
Remerciement	3
Résumé	4
Sommaire	5
Liste des figures	8
Liste des tableaux	9
Liste des photos	10
Liste des notations	11
Introduction Générale	12

Chapitre I : Les constructions en terre dans les Zones Arides

I.1. Introduction	16
I.2. Les Techniques des construction en terre	16
I.2.1 L' adobe	16
I.2.1.1 Les avantages de l'adobe	17
I.2.1.2 Technique de production d'adobe	17
I.2.1.3 Mode de production d'adobe	18
I.2.2 Les pisés	19
I.2.2.1 Les avantages de pisé	19
I.2.2.2 Technique de production	20
I.2.2.3 Les produits	20
I.2.3 Bloc du terre comprimé (BTC)	20
I.2.3.1 Les avantages de bloc de terre comprimée	21
I.2.3.2 Technique de production	21
I.3 Les matériaux des construction en terre	22
I.3.1 L' argile	22
I.3.2 Le sable	24
I.3.3 Le Tuf	25
I.4 La construction en terre à Adrar	26
I.5 L' adaptation climatique dans l'habitat en terre (les ksours d' Adrar)	28
I.6 constate	29
I.7 Climatologie de la Zone d' adrar	30
I.7.1 La Situation géographique de la Zone d'adrar	30
I.7.2 Classification climatique de la Zone d'adrar	30
I.7.3 Les donnés climatique de la Zone d'adrar (l' année 2016)	31
I.7.4 Interprétation des donnés climatiques de la Zone d'adrar	35
I.8 La consommation énergetique de la Zone d' adrar	35
I.8.1 La consommation électrique d'adrar 1 ^{er} et 3 ^{ème} Trimestre (l'anné 2016)	35

I.8.2	Interprétation des données pour la consommation électrique d'Adrar	36
I.8.3	Proposition pour réduire la consommation électrique	36
I.9	Constate	37
<i>Chapitre II : Identification des matériaux</i>		
II.1	Introduction	39
II.2	Localisation des matériaux	39
II.2.1	Localisation de l' argile (le gisement d'Adrar)	39
II.2.2	Localisation du sable de dune (le gisement du cousan)	40
II.2.3	Localisation du sable du sebkha (le gisement du tamantit)	40
II.2.4	Localisation du tuf (le gisement d'Adrar)	41
II.3	Caractérisations physique et mécanique des matériaux	42
II.3.1	Poids volumique des grains solides : (NF P94-054)	42
II.3.1.1.	Définition	42
II.3.1.2	Principe de la mesure	42
II.3.1.3	Expression des résultats :	42
II.3.1.3	Les Résultats des poids spécifiques	43
II.3.2.	Essai d'analyse granulométrique par tamisage :(NF P94-056)	43
II.3.2.1.	But de l'essai	43
II.3.2.2	Principe de l'essai	43
II.3.2.3	Mode opératoire	44
II.3.2.4	Les résultats d'analyse granulométrique	44
II.3.2.5	Interprétation des résultats d'analyse granulométrique	47
II.3.3	Analyse granulométrique par sédimentométrie d' argile : (NF P94.057)	48
II.3.3.1	Principe de l'essai	48
II.3.3.2	Mode opératoire	48
II.3.3.3	Pourcentage des éléments inférieurs à D	49
II.3.3.4	Présentation des résultats	50
II.3.3.5	Interprétation des résultats	50
II.3.4	Essai de la Limite d'atterberge :(NF P94.51)	51
II.3.4.1	But d'essai	51
II.3.4.2	Limite de liquidité	51
II.3.4.3	Interprétation des résultats	52
II.3.4.4	Limite de plasticité	53
II.3.4.5	Mode opératoire	53
II.3.4.6	L' indice de plasticité	54
II.3.4.7	L'indice de consistance	54
II.3.4.8	Abaque de plasticité de Casa-grande	55
II.3.4.9	Interprétation des résultats	55
II.3.5	Essai d'équivalent de sable : (NF P 18-598)	55
II.3.5.1	But de l'essai	56
II.3.5.2	Principe de l'essai	56
II.3.5.3	Mode opératoire de la manipulation	56

II.3.5.4 Les résultats d'équivalent de sable	57
II.3.5.5 Interprétation des résultats	58
II.3.6 Essai au bleu de méthylène : (NFP 94.068)	59
II.3.6.1 Mode opératoire	59
II.3.6.2 La valeur de bleu de méthylène	60
II.3.6.3 Les résultats de bleu de méthylène	60
II.3.6.4 Interprétation des résultats	61
II.4 Conclusion	61
<i>Chapitre III : Les méthodes d'amélioration des caractéristiques thermiques et mécaniques d'adobe</i>	
III.1 Introduction	64
III.2 La conductivités thermique d'adobe	64
III.2.1 Mode opératoire des échantillons thermiques d'adobe	64
III.2.3 Préparation des échantillons thermiques d'adobe	65
III.2.3.1 Les échantillons thermiques d'argile et de sable de dune	65
III.2.3.2 Les échantillons thermiques d'argile et de sable de sebkha	66
III.2.3.3 Les échantillons thermiques d'argile et de Tuf	66
III.2.4 Les mesures des Conductivités Thermiques d' adobe	67
III.2.5 Présentation des résultats des Conductivités thermiques d' adobe	69
III.2.5.1 Les résultats des conductivités thermiques des échantillon d' argile et de sable de dune	69
III.2.5.2 Les résultats des conductivités thermiques des échantillon d' argile et de sable de sebkha	70
III.2.5.3 Les résultats des conductivités thermiques des échantillon d' argile et de tuf	71
III.2.6 Interprétation des résultats des Conductivités thermiques d'adobe	72
III.3 Les résistances des échantillons d'adobe à la compression	73
III.3.1 Mode opératoire des échantillons d'adobe à la compression	73
III.3.2 Préparation des échantillons d'adobe à la compression	74
III.3.2.1 Les échantillons à la compression d'argile et de sable de dune	74
III.3.2.2 Les échantillons à la compression d'argile et de sable de sebkha	75
III.3.2.3 Les échantillons à la compression d'argile et de Tuf	75
III.3.3 Les résistances à la compression des échantillon d'adobe	76
III.3.4 Présentation des résultats des résistances à la compression d'adobe	76
III.3.4.1 Les résistances à la compression des échantillons d' argile et de sable de dune	77
III.3.4.2 Les résistances à la compression des échantillons d' Argile et de sable de sebkha	78
III.3.4.3 Les résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Tuf	79
III.3.5 Interprétation des résultat des résistances à la compression d'adobe	80
III.4 Conclusion	81

Liste des figures:

<i>Chapitre I : Les constructions en terre dans les Zones Arides</i>	
Figure I.1 : Structure particulière de la Kaolinite	22
Figure I.2 : Structure particulière de L'Illite	22
Figure I.3 : Structure Particulaire de la Montmorillonite	23
Figure I.4 : Répartition des encroûtements calcaires en Algérie	25
Figure I.5 : La situation géographique de la Zone d' Adrar	29
Figure I.6 : Les zones climatiques en été	30
Figure I.7: Les zones climatiques en hiver	30
Figure I.8 : La Variation Annuelle du Température dans la Zone d'Adrar (Anné2016)	31
Figure I.9: La Variation Annuelle d' Humidite dans la Zone d'Adrar (Anné2016)	31
Figure I.10 : La Variation Annuelle des Vents dans la Zone d'Adrar (Anné2016)	32
Figure I.11: La Variation Annuelle d' Evaporation dans la Zone d'Adrar (Anné 2016)	32
Figure I.12 : La Variation Annuelle d' Insolation dans la Zone d'Adrar (Anné 2016)	33
Figure I.13: La Variation Annuelle du Précipitation dans la Zone d'Adrar (Anné 2016)	33
Figure I.14: Consommation électrique d'Adrar 1 ^{er} et 3 ^{ème} Trimestre(Anné2016)	35
<i>Chapitre II : Identification des matériaux</i>	
Figure II.1 : Courbe d'analyse granulométrique du sable normale	44
Figure II.2 : Courbe d'analyse granulométrique du sable de sebkha	45
Figure II.3 : Courbe d'analyse granulométrique du tuf	46
Figure II.4 : Courbe d'analyse par sédimentométrie d' Argile	49
Figure II.5: Courbe de la limite de liquidité d' Argile	51
Figure II.6 :Diagramme de plasticité	54
Photo II.7: Les mesures des résultats d'équivalent de sable	56
<i>Chapitre III : Les méthodes d'amélioration des caractéristiques thermiques et mécaniques d' adobe</i>	
Figure III.1: les Conductivités thermiques des échantillons d' argile et de sable de dune	67
Figure III.2 : Les Conductivités thermiques des échantillons thermiques d' argile et de sable de sebkha	68
Figure III.3 : Les Conductivités thermiques des échantillon d' argile et de tuf	69
Figure III.4 : Les conductivités thermiques des échantillons thermiques d'adobe	69
Figure III.5 : Les résistances à la compression des échantillons d'argile et de sable de dune	74
Figure III.6 Les résistances à la compression des échantillons d' argile et de sable de sebkha	75
Figure III.7 : Les résistances à la compression des échantillons d' argile et de tuf	76
Figure III.8 : Les résistances à la compression des mélanges	76

Liste des tableaux:

<i>Chapitre I : Les constructions en terre dans les Zones Arides</i>	
Tableau I.1 : Les caractéristiques des argiles	23
Tableau I.2: Les données climatiques de la Zone d'Adrar (Année 2016)	30
Tableau I.3: La consommation électrique du leret 3ème Trimestre (Année 2016)	34
<i>Chapitre II : Identification des matériaux</i>	
Tableaux II.1: Les poids spécifiques des grains solides	42
Tableau II.2 : Les résultats d'analyse granulométrique du sable de dune	43
Tableau II.3 : Les résultats d'analyse granulométrique du sable de sebkha	44
Tableau II.4 : Les résultats d'analyse granulométrique du Tuf	45
Tableau II.5 : Interprétation des résultats d'analyse granulométrique	46
Tableau II.6: Analyse granulométrique par sédimentométrie (argile d'Adrar)	48
Tableau II.7 : Les résultats de limite de liquidité	50
Tableau II.8 : Les résultats de limite de plasticité	52
Tableau II.9 : L'indice de plasticité des sols	53
Tableau II.10: Les résultats d'équivalent de sable de dune	56
Tableau II.11: Les résultats d'équivalent de sable de sebkha	56
Tableau II.12: Les résultats d'équivalent de sable de tuf	56
Tableau II.13: Les natures et les qualités des sables	56
Tableau II.14: Interprétation des résultats	57
Tableau II.15: Les valeurs de bleu de méthylène (VBS)	59
Tableau II.16: la valeur de bleu des sols	59
Tableau II.17: Interprétation des résultats	59
<i>Chapitre III : Les méthodes d'amélioration des caractéristiques thermiques et mécaniques d'adobe</i>	
Tableau III.1 : Les pourcentages d'argile et de sable de dune des échantillons thermiques	63
Tableau III.2 : Les pourcentages d'argile et de sable de Sebkha des échantillons thermiques	63
Tableau III.3 : Les pourcentages d'argile et de tuf des échantillons thermiques	64
Tableau III.4: Les résultats des Conductivités thermiques des échantillons d'argile et de sable de dune	66
Tableau III.5: Les résultats des Conductivités thermiques des échantillons d'argile et de sable de sebkha	67
Tableau III.6 : Les résultats des Conductivités thermiques des échantillons d'argile et de tuf	68
Tableau III.7 : Les pourcentages d'argile et de sable de dune des échantillons à la compression	71
Tableau III.8 : Les pourcentages d'argile et de sable de Sebkha des échantillons à la compression	71
Tableau III.9 : Les pourcentages d'argile et de Tuf des échantillons à la compression	72

Tableau III.10: Les résistances à la compression des échantillons d' argile et de sable de dune	73
Tableau III.11: Les résistances à la compression des échantillons d' argile et de sable de sebkha.	74
Tableau III.12: Les résistances à la compression des échantillons d' argile et de tuf.	75

Liste des photos:

<i>Chapitre I : Les constructions en terre dans les Zones Arides</i>	
Photo I.1: Préparation du mélange d'adobe	17
Photo I.2: Production d' Adobe	17
Photo I.3: Technique de production de pisé	19
Photo I.4: production du BTC	21
Photo I.5: L' argile dans la Zone d' Adrar	21
Photo I.6: Le sable de sebkha dans la Zone d' Adrar(Tamantit)	24
Photo I.7: Un Kssar d'Adrar(Tamantit)	25
Photo I.8: Plancher avec les palmé et la terre dans un Kssar d'Adrar(Tamantit)	26
Photo I.9: Enduit en terre (Système d'agharaf) dans un Kssar d'Adrar(Tamantit)	26
Photo I.10: Mur en terre (Système d'agharaf) dans un Kssar d'Adrar(Tamantit)	26
Photo I.11: Fondation sur le sol Tafza d'un Kssar d'Adrar(Tamantit)	27
Photo I.12: Système d' adaptation climatique dans un Kssar d'Adrar(Tamantit)	28
Photo I.13: La Ville d'Adrar	29
<i>Chapitre II : Identification des matériaux</i>	
Photo II.1: Localisation de l'argile (le gisement d'Adrar)	38
Photo II.2: Localisation de l'argile(le gisement d'Adrar)	38
Photo II.3: Localisation du sable de dune (le gisement du coussan)	39
Photo II.4: Localisation du sable de dune(le gisement du coussan)	39
Photo II.5: Localisation du sable du sebkha(le gisement du tamantit)	39
Photo II.6: Localisation du sable du sebkha(le gisement du tamantit)	40
Photo II.7 : Localisation du tuf (le gisement d'Adrar)	40
Photo II.8 : Localisation du tuf(le gisement d'Adrar)	40
Photo II.9 : Appareillage des poids spécifique des grains solides	41
Photo II.10 : Appareillage d' analyse granulométrique	43
Photo II.11 : Appareillage de l'essai sédimentométrie	48
Photo II.12 : Appareillage de limite de liquidité	50
Photo II.13 : Appareillage de limite de plasticité	52
Figure II.14: Appareillage d'équivalent de sable	54
Figure II.15 : Appareillage de bleu de méthylène	58
Photo II.16: Les Taches de bleu de méthylène	58

<i>Chapitre III : Les méthodes d'amélioration des caractéristiques thermiques et mécaniques d' adobe</i>	
Photo III.1: Préparation des échantillons thermiques	63
Photo III.2: Les échantillon thermiques d'dobe	64
Photo III.3 : Appareillage des Conductivités thermiques	66
Photo III.4 : Préparation des échantillons d'adobe à la compression	71
Photo III.5 : Les échantillon d'adobe à la compression	72
Photo III.6 : Appareillage du Résistance à la compression	73
Conclusion Générale	82
Bibliographies	84

Liste Des Notations:

D	Diamètre (cm)
e	Epaisseur (cm)
h	Hauteur (cm)
IP	Indice de plasticité (%)
m	Masse (g)
R	Résistance thermique ($m^2.C^{\circ}/w$)
Rc	Résistance à la compression (N/cm^2)
T	Température (C°)
U	Coefficient de transmission calorifique ($W/m^2.C^{\circ}$)
V	Volume (cm^3)
WL	Limite de liquidité (%)
Wp	Limite de plasticité (%)
λ	Conductivité thermique ($w/m.C^{\circ}$)
ρ	Masse volumique (g/cm^3)

*Introduction
générale*

*Chapitre I : La
construction en terre
dans les Zones
Arides*

Chapitre II :
L'identification des
matériaux

***Chapitre III : Les essais
d'amélioration les
caractéristique thermique
et mécanique d' adobe***

Conclusion Générale

Bibliographies

Annexe

Introduction générale :

La Zone d' Adrar est une région très ventée et aride. Les amplitudes thermiques sont généralement considérables à cause des variations de Températures entre le jour et la nuit , Dans les pluparts des pays chauds ou arides la terre a toujours le matériau le plus répandu comme La Zone d' Adrar .

Aujourd'hui au La Zone d' Adrar la construction en béton armé a montré Son déboire pour donner un climat ambiant sain et confortable , parce que la résistance thermique de béton est faible , Les pluparts des bâtiments qu'ils soient à usage d'habitation ou industriel , Constituent des systèmes dont la consommation d'énergie est importante si l'on désire assurer un confort thermique acceptable par ses occupants.

Pour améliorer le confort thermique dans une Zone arides comme la Zone d' Adrar , le recours à la climatisation s'avère nécessaire donc la courbe de consommation d'énergie continue d'augmenter , Les matériaux des construction locaux contribuent à limiter les recours aux Appareils de climatisation , ce qui est une nécessité économique dans la Zone d' Adrar .

Une bonne partie de la déperdition de chaleur se fait par les murs , les matériaux isolants ralentissent le transfert de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment , La qualité de l'isolation à prévoir dépend du climat , de l'exposition des murs et aussi des matériaux employés pour la construction , Le choix d'un matériau utilisé comme isolant dépend naturellement de sa disponibilité et de son coût.

L' Adobe en terre sont par excellence le matériau traditionnels de Construction les plus exigeants dans la Zone d' Adrar , parce que elle est Grâce aux qualités (isolant , solide , durable ...)

À chaque époque , les bâtisseurs ont essayé d' adapter l'habitat à l' environnement Pour rechercher le meilleur confort. Il est par ailleurs, indispensable de mener des études qui permettent l'amélioration du confort thermique dans l' habitat non climatisé . Ce qui nous pousse à chercher des solutions permettant de valoriser les matériaux disponibles localement et d' essayer de les utiliser dans le domaine de

la construction.

Dans notre étude nous allons essayer de confectionner des briques en terre dont le principal constituant, et par conséquent d'un grand intérêt économique pour la Zone d'Adrar.

La méthode expérimentale de la formulation des briques en terre (Adobe) est basée Principalement sur l'optimisation des proportions Des différents Constituants (argile , sable de dune , sable de Sebkhah , Tuf), dans le but d'Amélioration les caractéristiques thermique et mécanique d'adobe .

l'organisation de ce travail se fait de la manière suivante :

- **Chapitre I : La construction en terre dans les Zones Arides** pour définir la construction en terre et Les Techniques des constructions en terre dans la Zone d'Adrar et la relation avec la Climatologie de la Zone d'Adrar .
- **Chapitre II : L'identification des matériaux** pour définir les caractéristiques physique et mécanique et chimique des matériaux utilisés .
- **Chapitre III : Les essais d'amélioration des caractéristiques thermiques et mécaniques d'adobe** pour améliorer les caractéristiques thermiques et mécaniques des briques en terre (l'Adobe) .
- **Conclusion Générale et Bibliographie** dans la fin du travail.

I.1. Introduction :

L'enveloppe du bâtiment joue un rôle de séparation thermique entre l'ambiance intérieur et extérieure. Elle intervient comme un stockage de la chaleur dans le bâtiment et comme distributeur de cette dernière à l'air libre.

L'adobe parmi les éléments plus importants dans le domaine de la Construction en terre ,La fabrication des adobes est passée par plusieurs étapes de développement dont la première est l' adobe crue, puis l' adobe cuite, en fin L' adobe stabilisée. La technologie actuelle permet de réaliser plusieurs Types D' adobe avec des performances supplémentaires pour différentes destinations.

nous allons exposer les étapes de progression de la technologie de confection des différentes adobe et en suite nous allons donner l'état des adobe de terre dans quelques ksour d' Adrar[1] .

I.2 Les Techniques des construction en terre :

La terre est le matériau de construction traditionnel par excellence. On en Retrouve la trace à l'âge de Bronze et la muraille de Chine présente des tronçons. La construction en adobe est très répandue dans le monde, de la Chine aux pays du Moyen-Orient, de l'Afrique ,à l'Amérique latine, en France et Etats Unis d'Amérique [2].

Aujourd'hui encore, environ 40% de l'humanité habite des constructions en terre crue. Facilement mobilisable dans les régions où pierre et bois manquent, sa mise en œuvre est simple et ne nécessite pas de matériel sophistiqué. De même sa mise en œuvre, sans transport, sans cuisson, sans processus de transformation industriel lui confère une empreinte écologique .

I.2.1 L' adobe :

Les premiers éléments de construction préfabriqués utilisés par l'homme Etaient des briques moulées en terre appelées « adobes », on est une technologie utilisée depuis des millénaires partout à travers le monde.

L'adobe est un matériau de construction fait d'un mélange de sable, d'argile, d'eau jusqu'à obtenir un état de pâte semi ferme (15% à 30%) d'eau .

Ce mélange est par la suite déposé à la main dans un moule en bois de façon à fabriquer des petits éléments de maçonnerie, la dimension requise pour être démoulé et séché directement au sol.

I.2.1.1 Les avantages de l'adobe :

L'adobe possède plusieurs avantages par rapport aux matériaux industriels sont :

- Il a la capacité de régulariser l'humidité de l'air.
- D'emmagasiner la chaleur.
- Réduire la consommation d'énergie.
- De ne produire virtuellement aucune pollution.
- Construction peu coûteuse.
- N'entraîne pas la production de gaz [3].

I.2.1.2 Technique de production d'adobe :

La production des blocs d'adobe doit prendre en compte des étapes successives depuis l'extraction de la terre jusqu'au stockage final du matériau prêt à être utilisé en construction [14].

- **L'extraction :**

L'extraction de l'argile de gisement peut se faire par des engins mécaniques : décapeuses, pelles, chargeuse...etc. La matière extraite, acheminée à l'usine par camions, voies ferrées ou bandes transporteuses.

- **Préparation de mélange :**

La préparation comprend deux opérations principales : le broyage et le malaxage d'une part, le dosage et le mélange des matières premières d'autre part. Le but est d'obtenir une pâte homogène, de qualité constante, ayant la plasticité requise pour le moulage des briques finies. Des adjuvants peuvent aussi être ajoutés dans le mélange de l'argile : comme du schiste, il faut le concasser et le moulinner par étapes successives en une fine poudre qui sera gâchée à l'eau pour obtenir une pâte (argileuse) présentant la plasticité souhaitée ; ou de teinte pour obtenir des couleurs...[8].



Photo I.1: Préparation du mélange d'adobe (El Yamen)[25].

- **Façonnage :**

Les produits sont façonnés avec une teneur en eau de 15 à 30 % (chiffres exprimés en % par rapport au poids sec). Il est nécessaire, avant de les soumettre à la Façonnage.

- **Séchage :**

Il s'agit d'une phase délicate et importante de la fabrication qui doit être menée judicieusement si l'on veut obtenir des produits de qualité. Après leur passage dans le séchoir, ces derniers ne contiennent plus que 1% à 2 % d'eau résiduelle (quelque fois moins) [4].

I.2.1.3 Mode de production d'adobe :

Il correspond à un moulage traditionnel soit par façonnage manuel ou à l'aide d'un moule. Façonnée à la main, la terre est généralement utilisée à l'état de pâte plastique mi-ferme.



Photo I.2: production d' Adobe(El Yamen) 26].

La terre peut être employée à deux états hydriques différents, soit sous forme de pâte mi-molle et selon une méthode dite du "coup d'eau" (moule préalablement nettoyé et mouillé pour faciliter le démoulage), soit sous forme de pâte mi-ferme et selon une méthode dite du "coup de sable" (le moule préalablement nettoyé et mouillé est sou-poudré de sable pour faciliter le démoulage).

I.2.2 Les pisés :

Le pisé, technique séculaire de mise en œuvre de terre crue, offre des qualités d'habitabilité et d'adaptation exceptionnelles mais nécessite une attention et un suivi régulier. Bien construit et protégé, le bâtiment en pisé traverse les siècles et s'adapte tout naturellement aux divers besoins des hommes [8].

Traditionnellement, les bâtiments en pisé portent de « bonnes bottes » et un « bon chapeau ». C'est à dire que le soubassement est traité de manière à éviter les remontées capillaires, (le plus souvent en galets, en pierre ou en briques de terre cuites maçonnées) et le débord de toiture est suffisant pour éviter le ruissellement de l'eau sur la façade.

Le pisé, quant à lui, est en fait la compaction d'un volume de terre à l'intérieur d'un coffrage de façon manuelle en utilisant un pilon ou à l'aide de machinerie spécialisée.

I.2.2.1 Les Avantages de pisé :

La terre possède de multiples qualités dans le domaine du bâti :

- Régulateur d'humidité : capacité à laisser transiter la vapeur d'eau.
- Durée de vie : patrimoine de bâtiments centenaires très présents.
- Déphasant : il ralentit le transfert de chaleur (et permet un confort d'été indéniable).
- Élément de forte inertie, c'est-à-dire qu'il a une bonne capacité à stocker la chaleur et à la restituer par rayonnement.
- Isolation phonique et qualité acoustique.
- Reprise aisée, mais nécessitant un savoir-faire [10]

I.2.2.2 Technique de production :

Le pisé est une technique particulière pour monter un mur en terre: celle-ci est compactée (a l'aide d'un pilon) dans des coffrages (appelés banches) de grande largeur qui se superposent pour constituer la hauteur des murs.

Cette technique permet d'utiliser la terre généralement directement issue du site de la construction, et ne nécessite pas de transformation (pas d'utilisation d'énergie pour Altérer ses propriétés basiques) [8].



Photo L3 : Technique de production de pisé(Le Maroc) [27].

la terre à pisé doit avoir une granulométrie variée : graviers, sables, Limons et argiles dans des proportions bien définies, même si selon les lieux d'extraction, la matière se comportera différemment (couleur, tenue aux intempéries,...) [8].

I.2.2.3 Les produits :

L'aspect général du matériau pisé, une fois compacté et décoffré est celui d'un "béton maigre de terre", variable selon le type de terre (apparence de graviers et cailloux ou texture plus fine), selon le type de coffrage utilisé et les principes constructifs adoptés pour édifier la maçonnerie de terre en "banchées" successives (en progression horizontale ou verticale avec des coffrages traditionnels) [6].

I.2.3 Bloc du terre comprimé (BTC) :

Les blocs de terre comprimée (BTC) sont des éléments de maçonnerie , Des dimensions réduites et des caractéristiques régulières et contrôlées, obtenus par

Compression statique ou dynamique de terre à l'état humide suivie d'un démoulage immédiat.

Les blocs de terre comprimée sont constitués principalement de terre crue et doivent leur cohésion à l'état humide et à l'état sec essentiellement à la fraction argileuse composant la terre (gravier, sable, limon et argile) ; un additif tel que de (ciment, chaux, pouzzolane etc..) peut être ajouté néanmoins à la terre pour améliorer ou développer des caractéristiques particulières des produits.

Les caractéristiques final des BTC dépendent de la qualité des matières premières de (terre, additif) et de la qualité de l'exécution des différentes étapes de fabrication (préparation, malaxage ,compression) [9].

I.2.3.1 Les Avantages de bloc de terre comprimée :

- La BTC est un matériau écologique : composée essentiellement d'argile, sable et gravillons et d'un peu de ciment, fabriquée sans cuisson.
- La BTC procure un confort thermique et phonique excellent : de part son Inertie thermique et sa masse, un mur en BTC apporte confort thermique et isolation phonique.
- La BTC offre une grande résistance : la résistance à la compression d'une BTC dépasse les 60 bars (60kg/cm²)
- La BTC présente un intérêt architectural et esthétique : en cloison, en mur porteur, la BTC permet une richesse de formes, et de motifs variés Dans Son utilisation.
- La BTC est simple à mettre en œuvre : la BTC se monte avec un mortier de terre amendé. Les règles de construction sont simples à suivre [13].

I.2.3.2 Technique de production :

L'organisation de la production sera selon qu'elle est réalisée dans le cadre de petites unités de production artisanales (ou briqueteries) ou bien dans le cadre d'unités de production semi-industrielles ou industrielles. Les aires de production, de séchage et des stockages varient également selon les modes de production adoptés et les conditions de production issues de l'environnement climatique, social, technique et économique [13].



Photo L.4: production du BTC (auteur).

I.3 Les matériaux des construction en terre :

I.3.1 L' argile :

Le mot argile est défini par les géologues comme étant une particule dont la dimension est inférieure à 4 micromètres quel que soit sa nature minéralogique.

Certains sols argileux au contact de l'eau réagissent soit par gonflement ou par retrait. Ce phénomène qui est particulier dans les matériaux argileux dépend des caractéristiques minéralogiques des minéraux argileux et est provoqué lorsque le matériau est mis en contact avec l'humidité ou avec une solution possédant un degré de saturation exprimé en pourcentage.



Photo L.5: l'Argile dans la Zone d'Adrar(auteur).

❖ Les Structures des argiles :

Les particules d'argile sont formées d'un empilement de feuillets qui sont constitués par l'association de deux unités structurales de base, ces feuillets sont

formés par le rapprochement des couches structurales tétraédriques (silice) et octaédriques (aluminium).

- **La Kaolinite : $(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \text{Al}_4 (\text{OH})_8$**

Le feuillet élémentaire est composé d'une couche de silice et d'une couche d'alumine. Entre différents feuillets de kaolinite, le contact se fait entre un plan contenant les ions hydroxyles.

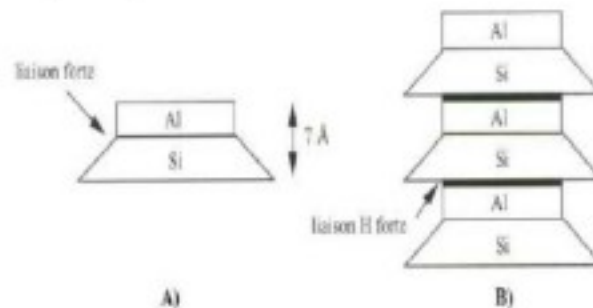


Figure I.1 : Structure Particulière de la Kaolinite [7]

- **L'Illite : $(\text{K}, \text{H}_2\text{O})_2 \text{Si}_8 (\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mg})_{4,6} \text{O}_{20} (\text{OH})_4$**

Le feuillet élémentaire est composé d'une couche d'alumine comprise entre deux couches de silice. Dans les couches de silice, un ion Si^{4+} sur quatre est remplacé par un ion Al^{3+} . La charge qui en résulte est compensée par les ions potassium K^+ qui assurent des liaisons assez fortes entre les feuillets.

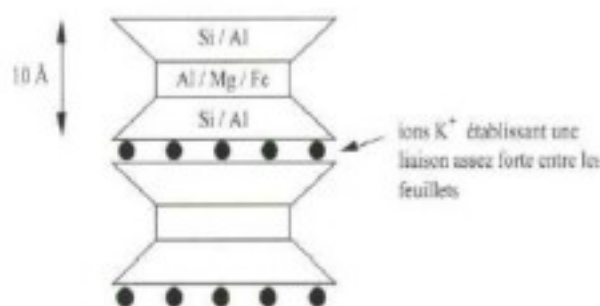


Figure I.2 : Structure Particulière de L'Illite [7]

- **La Montmorillonite : $(\text{OH})_4 \text{Si}_8 (\text{Al}_{3+ 10/3}, \text{Mg}_{2/3}) \text{O}_{20}, n \text{H}_2\text{O} (6)$**

Le feuillet élémentaire est composé, comme pour l'illite, d'une couche d'alumine comprise entre deux couches de silice. Un ion Al^{3+} est remplacé par un ion Mg^{2+} dans les couches d'alumine (Figure.I.8). Le déficit de charge qui en résulte est compensé

par des ions Ca^{2+} (montmorillonite calcique) ou par des ions Na^+ (montmorillonite sodique).

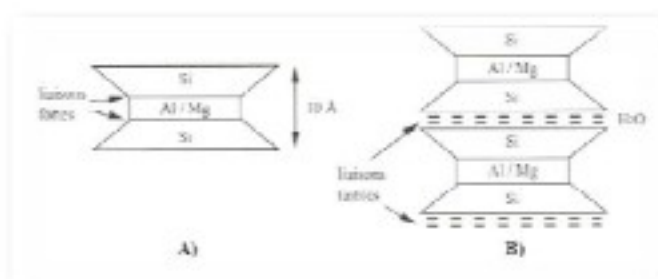


Figure I.3 : Structure Particulaire de la Montmorillonite [7]

Le Tableau suivant représente les Caractéristiques des argiles:

Tableau I.1 : Les Caractéristiques des argiles [7]

l'argile	Nombre de feuillets par particule	Diamètre d'une particule (μm)	Epaisseur d'une particule (μm)	Surface Spécifique en m^2/g	C.E.C. en $\text{meq}/100\text{g}$
Kaolinite	100-200	0,1-4	1-10	10-20	3-15
Illite	1-10	0,1-1	0,003-0,01	65-100	10-40
Montmorillonite	1	0,1	0,001	700-840	80-150

I.3.2 Le sable :

On définit le sable comme étant la fraction des granulats pierreux dont les grains ont des dimensions comprises entre $80 \mu\text{m}$ et 05 mm ; il s'agit d'une définition globale, dont les bornes varient d'une classification à une autre. Ce sont aussi les matériaux dont le diamètre maximal est inférieur à $6,3\text{mm}$ et dont le passant à 80 microns n'excède pas 30% [Chauvin, 1987] [6].



Photo I.6: Le Sable de Sebkha dans la Zone d' Adrar(Tamantit)(auteur).

❖ L' Origine de sable :

Les sables rencontrés sont le résultat d'une décomposition chimique ou d'une Désintégration mécanique des roches [Chauvin, 1987] suivies par un processus de transport qui est à l'origine de leurs caractéristiques physico-chimiques.

❖ Les Nature des Sables Saharien :

Le sable est l'un des matériaux les plus abondants au Sahara et parfois le seul dans de vastes zones. Les différents types de sables sahariens sont [Ben Dhia, 1998 et Domec, 1980] [6]:

- Les Sables des dunes.
- Les Sables des regs.
- Les Sables des Sebkhas.
- Les Sables gypseux.

I.3.3 Le Tuf :

Dans la bibliographie, les tufs se définissent comme des roches, friables, poreuses, légères et de couleur claire, elles datent du quaternaire, ces roches sont de constitution variable et résultent d'un certain nombre d'échanges par dissolution et précipitation, Suivant leur composition.

❖ Les Types des tufs :

les tufs se regroupent en trois catégories [11] :

- Les tufs calcaires.
- Les tufs gypseux.

- Les tufs mixtes.



Figure L4 : Répartition des encroûtements calcaires en Algérie [11]

L.4 La construction en terre à Adrar :

L'homme a très peu d'adaptation naturelle au climat. Il doit lutter contre son environnement climatique par : le vêtement, l'abri ect..... L'adaptation au climat est une des composantes de l'habitation traditionnelle. Bâtir une maison, c'est aussi transformer un environnement extérieur hostile en un microclimat intérieur agréable [1].



Photo L.7: Un Kssar d'Adrar(Tamantit)(auteur).



Photo I.8: un plancher avec les palmé et la terre dans un Kssar d'Adrar(Tamantit)(auteur).



Photo I.9: un enduit en terre (Système d'agharaf) dans un Kssar d'Adrar(Tamantit)(auteur).



Photo I.10: un mur en terre (Système d'agharaf) dans un Kssar d'Adrar(Tamantit)(auteur).



Photo L11: Le Fondation sur de sol Tafza d'un Kssar d'Adrar(Tamantit)(auteur).

L'habitat traditionnel fait partie du patrimoine humain, comme les ksars depuis longtemps, ils sont restés, jusqu'à récemment. Dans le sud d'Algérie, les ksour sont réalisés en terre, en pierre, en chaux et en gypse alors que la majorité des constructions dans la palmeraie sont en terre, qui en est la base servant à bâtir les établissements humains, vue l'abondance et la facilité d'exploitation et d'utilisation de cette matière.

Dans la région d'Adrar, les ksour sont, en général, dressés sur des sols Tafza et terrains élevés pour l'autodéfense, aussi, pour la préservation des ressources hydriques et des sols fertiles. ces constructions traditionnelles, en fonction de leurs types et leur utilisation, offrent à leurs usages une sécurité et un grand confort thermique, résultat de leur adaptation aux conditions climatiques grâce à l'utilisation de matériaux de construction locaux [1].

I.5 L'adaptation climatique dans l'habitat en terre (les ksours d'Adrar):

L'ingéniosité des bâtisseurs anciens et paysans à propos des problèmes climatiques réside dans leur aptitude à utiliser un minimum de ressources. Pour un confort relativement maximale, par le choix du site et l'emploi des matériaux adaptés.



Photo I.12: Le Système d'adaptation climatique dans un Kassar d'Adrar(Tamantit)(auteur).

Si nous prenons le cas des régions qui se caractérisent par un climat chaud Et sec, l'homme a su retarder l'entrée de la chaleur aussi longtemps possible par l'utilisation de matériaux locaux naturels et à forte capacité calorifique (ou inertie thermique).

Aussi l'utilisant d'une structure géométrique qui fournit un maximum De volume avec une surface minimum exposée à la chaleur extérieure. D'autres stratégies, pour obtenir un confort thermique par voie passive, sont identifiées et reprises à la région d'Adrar [1].

I.6 constate :

D'Après cette Analyse nous avons constate que la construction en terre il :

- a la capacité de régulariser l'humidité de l'air.
- D'emmagasiner la chaleur.
- Réduire la consommation d'énergie.
- De ne produire virtuellement aucune pollution.
- Construction peu couteux.
- Durée de vie : patrimoine de bâtiments centenaires très présents.
- Déphasant : il ralentit le transfert de chaleur (et permet un confort d'été indéniable).
- Élément de forte inertie, c'est-à-dire qu'il a une bonne capacité a stocké la chaleur et a la restituer par rayonnement.
- Isolation phonique et qualité acoustique.

I.7 Climatologie de la Zone d' adrar :

I.7.1 la Situation géographique de la Zone d'adrar :

La Zone d'Adrar localisée dans le sud-ouest d' algerie , la Majoritairement occupée par le Sahara, elle est peu peuplée, au regard de sa superficie (427 368 km²) , elle est une distance de 1300 km d'Alger , elle est de 152 mètres d'altitude sur la mer , elle se trouve à une latitude de 28,0700 N et longitude de 0,1158 E.



Figure I.5 : La situation géographique de la Zone d' adrar[28].



Photo I.13: La Ville d'Adrar (auteur).

I.7.2 Classification climatique de la Zone d'adrar :

D'après la classification donnée par Recommandation la ville d' Adrar Appartient à la zone climatique E5 en été et H3C en hiver, qui possède deux saisons principales comme le montre les Figures I.6 et I.7 :

- Un été plus chaud et sec, ou l'écart de température est important.
- Un hiver froid et sec, avec un écart de température important.



Figure I.6 : Les zones climatiques en été. (ENAG, 1993).



Figure I.7: Les zones climatiques en hiver. (ENAG, 1993).

I.7.3 les Données climatique de la Zone d'adrar (l' année 2016):

Le Tableau suivant représente les données climatique de la Zone d'adrar durant l' anné 2016. (la météo d'Adrar).

Tableau I.2: les Donnés climatique de la Zone d'adrar (l' année 2016) (la météo d'Adrar).

année	paramètre	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
2	Tem Max(C°)	16	19	27	35	38	43	48	46	39	31	28	19
	Tem Min(C°)	4	7	15	23	27	31	35	33	26	17	15	8
0	Temp Moy(C')	10	13	21	29	32.5	37	41.5	40	32.5	24	22	13.5
1	hum moy %	54	48	43	37	34	28	20	21	33	39	42	47
6	Vent (Km/h)	13.3	13	11.3	8.8	7.43	6.3	5.11	5.7	8.35	9.43	11	12.3
	Evap (mm)	86	120	157	178	210	338	422	389	227	172	125	116
	Insolation(h)	223	259	273	286	307	326	339	332	322	298	245	211
	Précip (mm)	0.8	0.5	0.3	0.2	0	0	0	0	1.2	0.7	0.8	0.7

- **La Variation Annuel du Température dans la Zone d'adrar :**

La chaleur constitue l'élément le plus important du climat, la région d'Adrar est caractérisée par des températures très élevées, le Mois le plus chaud est le mois de juillet avec 48°C, le Mois le plus froid est le mois de janvier avec 4 °C, La température annuelle moyenne est de 26.25°C.

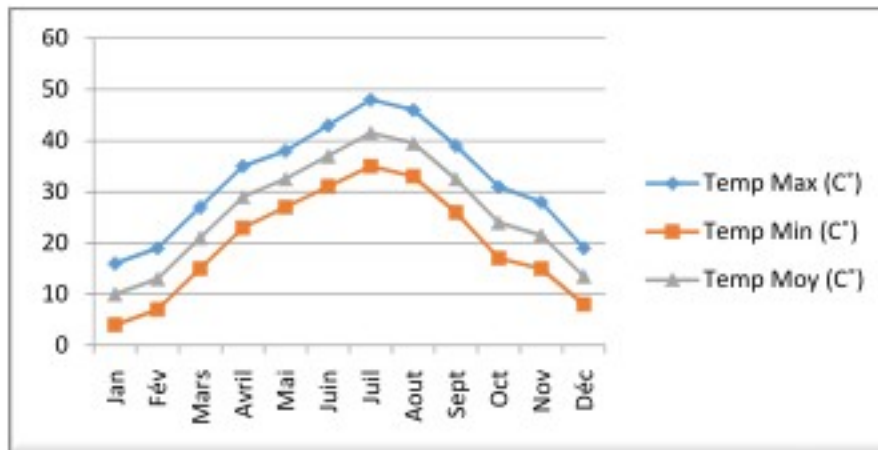


Figure I.8 : La Variation Annuel du Température dans la Zone d'adrar (l'anné2016) (la météo d'Adrar).

- **La Variation Annuel d' Humidite dans la Zone d'adrar :**

Généralement, l'air d'Adrar est très sec. Le taux d'humidité varie d'une saison à une autre. L'humidité moyenne est de 37.16%. Le maximum d'humidité est de 54% pour le mois de Janvier, le minimum d'humidité est de 20% pour le mois de juillet.

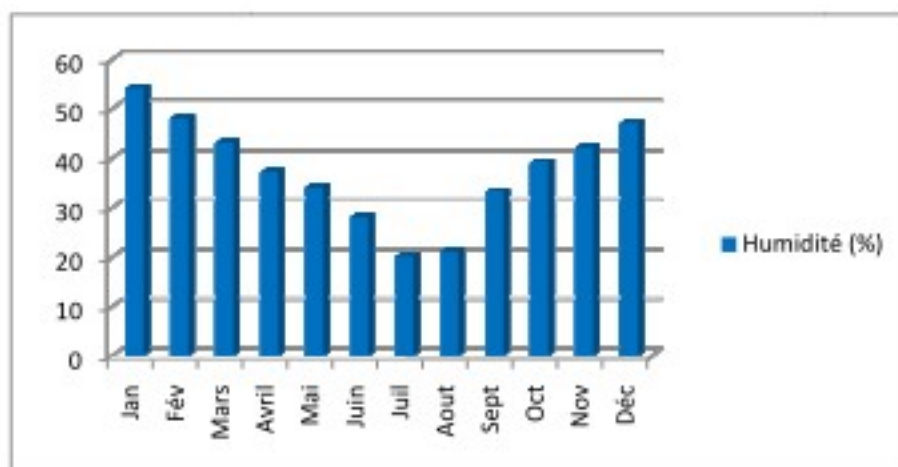


Figure I.9: La Variation Annuel d' Humidite dans la Zone d'adrar (l'anné2016) (la météo d'Adrar).

- **La Variation Annuel des Vents dans la Zone d'adrar :**

Dans la région d' Adrar les vents sont très variables au cours de l'année, Ils Soufflent du nord-sud (sirocco) et dominant dans la région d'étude en été et Peuvent causer des dégâts, surtout en absence de couvert végétal , avec une vitesse maximale de 13.32Km/h au le mois de Janvier , La vitesse minimale de vent est 5.11 Km/h au le mois de juillet, la vitesse moyenne annuelle des vents est de 9.29 Km/h .

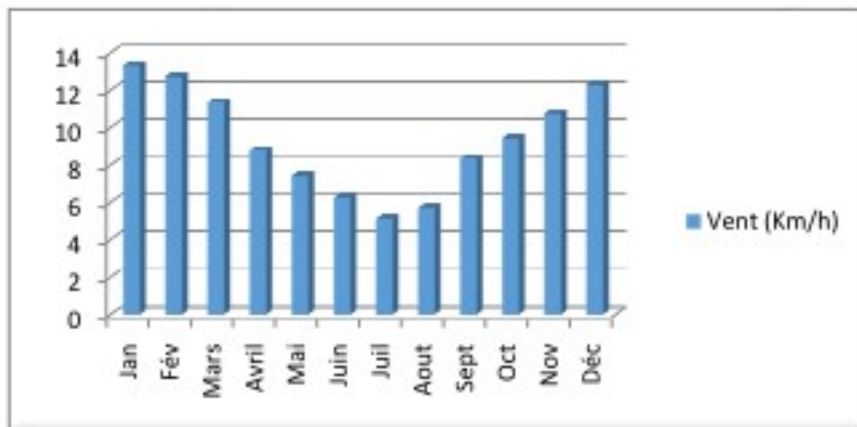


Figure I.10 : La Variation Annuel des Vents dans la Zone d'adrar (l'anné2016) (la météo d'Adrar).

- **La Variation Annuel d' Evaporation dans la Zone d'adrar :**

Dans la région d' Adrar L' Evaporation sont très élevée, elle est moyenne de 422 mm au mois de Juillet et De 86 mm au mois de Janvier, soit 211.66 mm Moyenne annuelle, elle est très Variable suivant les années, les mois et aussi les semaines.

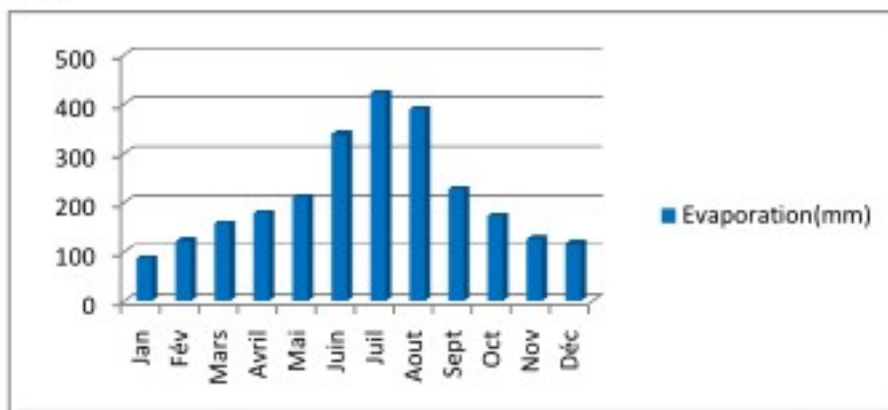


Figure I.11: La Variation Annuel d' Evaporation dans la Zone d'adrar (l'anné 2016) (la météo d'Adrar).

- **La Variation Annuel d' Insolation dans la Zone d'adrar :**

La région d'Adrar est caractérisée par une forte insolation , Le maximum Est enregistré au mois de juillet avec 339.05 heures, et le minimum est de 210.55 Heures enregistré le mois de décembre. La moyenne annuelle est de 285.08 heures.

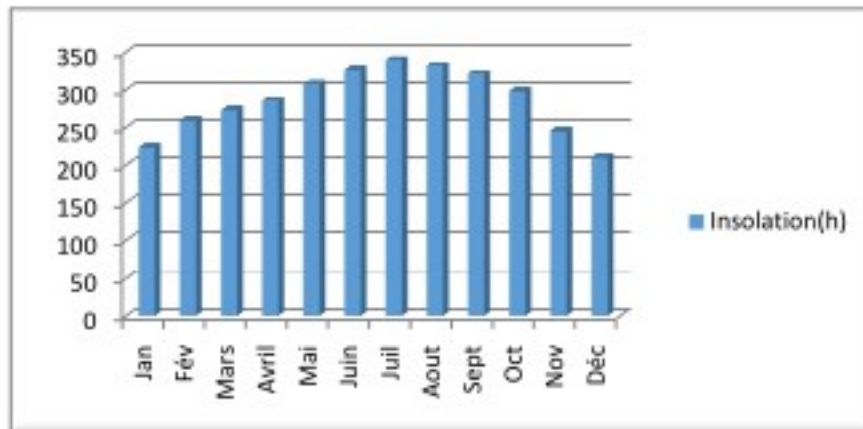


Figure I.12 : La Variation Annuel d' Insolation dans la Zone d'adrar (l'anné 2016) (la météo d'Adrar).

- **La Variation Annuel du Précipitation dans la Zone d'adrar:**

Les précipitations dans la wilaya d'Adrar sont très rares et irrégulières dans Le temps et dans l'espace. La plus part des précipitations se produisent durant Les mois d'hiver, par contre la période sèche s'étale sur le reste de l'année.

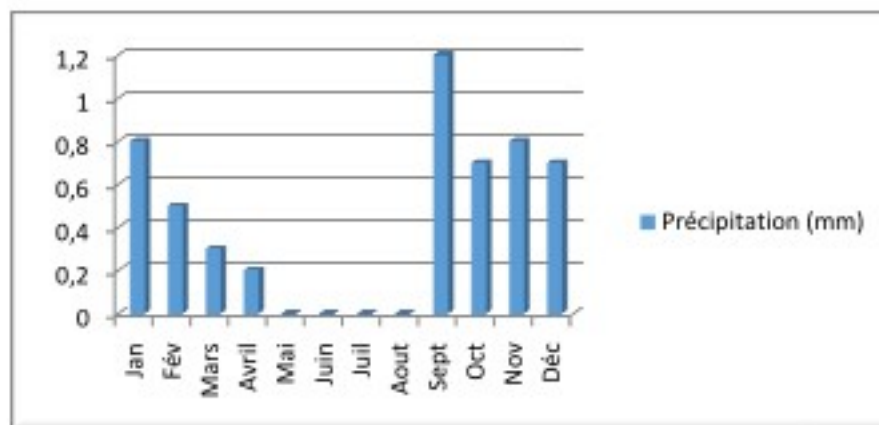


Figure I.13: La Variation Annuel du Precipitation dans la Zone d'adrar (l'anné 2016) (la météo d'Adrar).

I.7.4 Interprétation des données climatiques de la Zone d'adrar :

D'après cette analyse climatique il se révèle que le climat d' Adrar est :

- Très dure, surtout en été, à cause du rayonnement solaire intense, avec des températures très élevée .
- Très froid en hiver.
- Une humidité relative très faible.
- Une précipitation moyenne en hiver et presque rare en été.

I.8 La Consommation énergétique de la Zone d' adrar :

- Dans la Zone d' Adrar le thermomètre affiche parfois des Températures à l'ombre de 47 ° à 49 ° C.
- L'impact direct est l'appel de charge très important entre 13h et 18 h ou souvent
- le pic est enregistré entre 14 h et 16h.

La climatisation pendant cette plage d'horaire est la cause non seulement de l' appel de charge demandée mais aussi au déclenchement Des Départs d'alimentation suite à la surchauffe des conducteurs provoquant ainsi des Incidents de coupures de courant.

I.8.1 La Consommation électrique d'adrar 1^{er} et 3^{ème} Trimestre (l'anné 2016):

Dans ce que suite nous donnons un état de consommation électrique dans la ville D' Adrar en 1^{er} et 3^{ème} Trimestre pour l'année 2016.

Tableau I.3: La Consommation électrique du 1^{er} et 3^{ème} Trimestre (l'anné 2016) (sonalgaz d'Adrar).

	Premier Trimester :		Troisième Trimester :	
Mois :	Janvier	Février	Juillet	Aout
Consommation en (Kwh) :	25364375	27585659	54677532	69594192
Nombre d' abonnés :	76526	76557	78526	78826
Consommation par abonnés (Kwh/abon) :	331,447	360,328	696,298	882,883

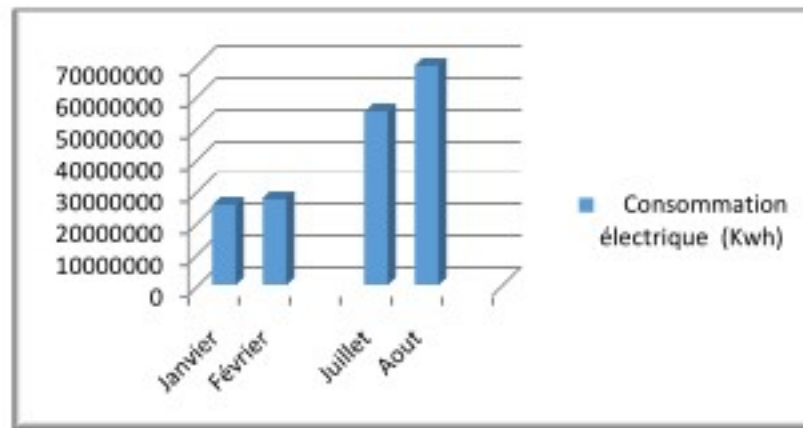


Figure I.14: Consommation électrique d'adrar 1^{er} et 3^{ème} Trimestre(l'anné2016) (sonalgaz d'Adrar).

I.8.2 Interprétation des données pour la Consommation électrique d'Adrar:

D'après cette analyse de Consommation électrique d'Adrar il se révèle que :

- la Consommation électrique du mois de juillet =2.10 la Consommation électrique du mois de janvier , destiné vers la climatisation.
- la Consommation électrique du mois de Aout =2.45 la Consommation électrique du mois de Février , destiné vers la climatisation.

I.8.3 proposition pour réduire la Consommation électrique :

Construire une maison à très basse consommation d'énergie reste un enjeu Prioritaire pour les propriétaires. La conception bioclimatique a pour objectif de réduire les besoins énergétiques des bâtiments et d'obtenir des conditions de vie adéquates et confortables (température, taux d'humidité, luminosité...etc.) de manière la plus naturelle possible grâce à une conception intelligente des bâtiments. Avec une bonne gestion du rayonnement solaire et un bon choix des matériaux de construction.

la conception bioclimatique permet d'élaborer Trois systèmes complémentaires:

- Le système passif repose sur le choix : - d'un site favorable à la construction, des Types de matériaux de construction utilisés, des ouvertures en fonction de l'orientation de la maison par rapport au soleil,...etc.
- Le système actif concerne l'exploitation des énergies renouvelables (le solaire en particulier) afin de satisfaire les besoins énergétiques électriques et thermiques de l'habitat en utilisant le capteur solaire photovoltaïque, le chauffe-eau solaire, le plancher solaire direct...etc [30].

- Le système de traitement avec végétation : La végétation joue un rôle protecteur sur les constructions environnantes. Les rangées d'arbres protègent le bâtiment de l'excès d'ensoleillement en été, Les feuilles offrent l'ombrage en été et en hiver laisse entrer les rayons solaires, Les arbres réduisent l'insolation effectivement de 20% à 40%.

I.9 constate :

D'Après l'Analyse climatique et l'Analyse de Consommation électrique d'Adrar nous avons constaté que :

- Adrar en été est plus chaud et sec, ou l'écart de température est important.
- Adrar en hiver plus froid et sec, avec un écart de température important.
- Très dure, surtout en été, à cause du rayonnement solaire intense, avec des températures très élevées.
- Très dure, surtout en hiver.
- Une humidité relative très faible.
- Une précipitation moyenne en hiver et presque rare en été.
- Dans la Zone d'Adrar le thermomètre affiche parfois des températures à l'ombre de 47 ° à 49 ° C.
- L'impact direct est l'appel de charge très important entre 13h et 18 h ou souvent le pic est enregistré entre 14 h et 16h.
- Le changement de la Consommation électrique de la ville d'Adrar entre hiver et été augmente deux jusqu'à trois fois, destiné vers la climatisation.
- Pour consommer basse énergie, il faut utiliser des constructions bioclimatiques, qui intégrées à l'environnement et optimales la consommation électrique.

II.1 Introduction:

L'identification des matériaux se fait à l'aide des essais dans laboratoire , Ces essais d'identification définie les caractéristique physique , mécanique , chimique des matériaux. L'identification des matériaux donne une bon idée sur les possibilités d'utilisations des cette matériaux .

Dans cette chapitre on présente Localisation des matériaux et L'identification des matériaux suivant : l'Argile (le gisement d'Adrar),le Sable de dune (le gisement du cousan),le Sable du sebkha (le gisement du tamantit),le Tuf (le gisement d'Adrar).

II.2 Localisation des matériaux :

II.2.1 Localisation de l'Argile (le gisement d'Adrar):

Localisation de l'argile (le gisement d'Adrar) est une carrière qui se trouve à quelques kilomètres au Nord de la ville d'Adrar , l'argile (le gisement d'Adrar) a une couleur rouge .



Photo II.1: Localisation de l'Argile (le gisement d'Adrar)(Google earth).



Photo II.2: Localisation de l'Argile(le gisement d'Adrar)(auteur).

II.2.2 Localisation du sable de dune (le gisement du coussan):

Localisation du sable de dune (le gisement du coussan) est une carrière qui se trouve à quelques kilomètres au Ouest de la ville d'Adrar, le sable normale (le gisement du coussan) a une couleur palir .



Photo II.3: Localisation du sable de dune (le gisement du coussan)(Google earth).



Photo II.4: Localisation du sable de dune(le gisement du coussan)(auteur).

II.2.3 Localisation du sable du sebkha (le gisement du tamantit):

Localisation du sable du sebkha (le gisement du tamantit) est une carrière qui se trouve à quelques kilomètres au sud de la ville d'Adrar , le sable du sebkha (le gisement du tamantit) a une couleur palir .



Photo II.5: Localisation du sable du sebkha(le gisement du tamantit)(Google earth).



Photo II.6: Localisation du sable de sebkha (le gisement du tamantit)(auteur).

II.2.4 Localisation du tuf (le gisement d'Adrar) :

Localisation du tuf (le gisement d'Adrar) est une carrière qui se trouve à quelques kilomètres au Est de la ville d'Adrar devant l'aéroport d'Adrar , Le tuf d'Adrar a une couleur blanche .



Photo II.7 : Localisation du tuf(le gisement d'Adrar) (Google earth).



Photo II.8 : Localisation du tuf(le gisement d'Adrar) (auteur).

II.3 Caractérisation physique et mécanique des matériaux :

Les matériaux qui font l'objet de cette étude sont subis à une série d'expériences. IL s'agit des essais géotechniques les plus couramment utilisés pour la caractérisation des tufs, sable et argile, cette série comporte les essais suivants :

- Poids volumique sec.
- Analyse granulométrique :
- Par tamisagesec.
- Par sédimentométrie.
- Limites d'Atterberg.
- Equivalent de Sable.
- Essai au Bleu de Méthylène.

II.3.1 Poids volumique des grains solides : (NF P94-054)

II.3.1.1.Définition :

Le poids volumique des grains solides du sol (γ_s) est le rapport de la masse de ces particules solides (W_s) par leur volume absolu (V_s) ; γ_s en kN/m^3 .

$$\gamma_s = W_s/V_s \quad \text{III.1}$$



Photo II.9 : Appareillage poids spécifique des grains solides.

II.3.1.2 Principe de la mesure :

Le poids spécifique des particules solides est obtenu par pesage des différents poids au pycnomètre.

II.3.1.3 Expression des résultats :

D'après les résultats obtenus de l'essai, la valeur du poids spécifique des grains solides (γ_s) est :

$$\gamma_s = \frac{(W_3 - W_1) + \gamma_w(20^\circ)}{W_2 - W_1 - W_4 + W_3} \quad \text{III.2}$$

W_1 : Pycnomètre vide.

W_2 : Pycnomètre + l'eau désilé jusqu'a le repère.

W_3 : Pycnomètre + échantillon.

W_4 : Pycnomètre +échantillon + l'eau.

III.3.1.4 Les Résultat des poids spécifique:

Le Tableaux suivant représente Les poids spécifique des grains solides :

TableauxII.1:Les poids spécifique des grains solides.

	L' Argile :	Le Sable de Dune :	Le Sable de Sebkha :	Le Tuf :
$W_1(\text{g})$	68	68	68	68
$W_2(\text{g})$	169,8	169,8	169,8	169,8
$W_3(\text{g})$	78	78	78	78
$\gamma_w(20^\circ)$	0,9982	0,9982	0,9982	0,9982
$W_4(\text{g})$	176,04	176,21	176,16	176,11
$\gamma_s(\text{g/cm}^3)$	2,65	2,78	2,74	2,7

II.3.2. Essai d'analyse granulométrique par tamisage :(NF P94-056)

L'analyse granulométrique : est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille).

II.3.2.1. But de l'essai :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles des grains constituant à l'échantillon.

II.3.2.2 Principe de l'essai :

Selon la norme NF P94-050, l'essai s'effectue sur une masse supérieure à 20 g avec : $600 D \geq m \geq 200 D$.

D'ou :

m : masse de l'échantillon exprimé en grammes.

D : dimension maximale des plus gros éléments appréciée visuellement et exprimée en millimètres.

II.3.2.3 Mode opératoire :

- Peser l'échantillon : le sable de dune , le sable du sebkha, le tuf .
- Peser les tamis vide.
- Emboîter les tamis les unes sur les autres, dans un ordre tel que la progression des ouvertures soit croissante du bas vers le haut.
- En partie inférieur, on dispose un fond qui permettra de récupérer les fillers pour une analyse complémentaire.
- Peser les tamis vide + les refus partielle.



Photo II.10 : Appareillage d'analyse granulométrique.

II.3.2.4 Les résultats d'analyse granulométrique :

l'argile rouge (M=500g), Le Sable de Dune (M=1500g), Le Sable du sebkha (M=1500g), Le Tuf (M=5000g).

Le Tableaux suivant représente Les Résultats d'analyse granulométrique du Sable de Dune :

TableauII.2 :Les Résultats d'analyse granulométrique du Sable de Dune.

Tamis (mm)	poids du tamis vide (g)	Refus du tamis plein (g)	Refus partiel (g)	refus cumulés (%)	tamisé cumulés (%)
5	1185,1	1185,9	0,8	0,05	99,95
2	1106,7	1110,1	3,4	0,28	99,72
1	1014	1017,3	3,3	0,5	99,5
0,4	888,3	1444,4	556,1	37,57	62,43
0,2	872,6	1304,1	431,5	66,34	33,66
0,1	815,4	1271,1	455,7	96,72	3,28
0,08	829,7	869	39,3	99,34	0,66
fond	1071,9	1082,5	9,9	100	0

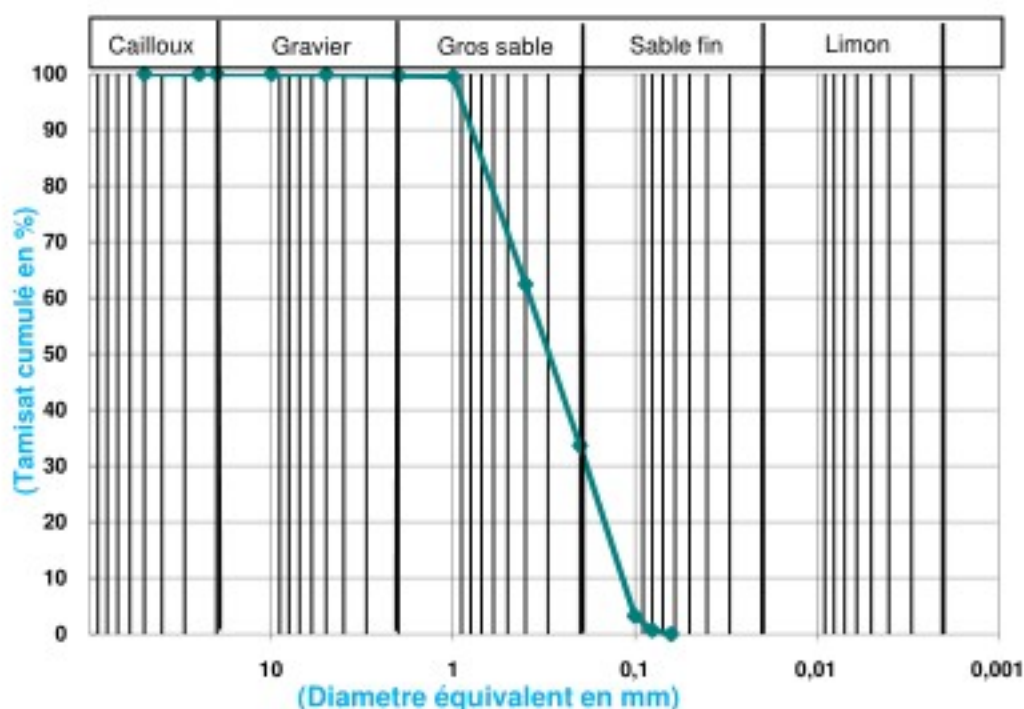


Figure II.1 : Courbe d'analyse granulométrique du Sable de Dune.

Le Tableaux suivant représente Les Résultats d'analyse granulométrique du Sable de Sebka :

Tableau II.3 : Les Résultats d'analyse granulométrique du Sable de Sebka.

Tamis (mm)	poids du tamis vide (g)	Refus du tamis plein (g)	Refus partiel (g)	Refus cumulés (%)	tamisat cumulés (%)
5	1184.7	1184.7	0	0	100
2	1106.5	1123.5	17	1.13	98.87
1	1013.5	1296.3	282.5	19.97	80.03
0,4	888.7	1267.3	378.6	45.22	54.78
0,2	872.5	1162.2	289.7	64.54	35.46
0,1	815.1	1203.1	388	90.41	9.59
0,08	829.3	900.5	71.2	95.16	4.84
fond	1072.3	1144.8	72.5	100	0

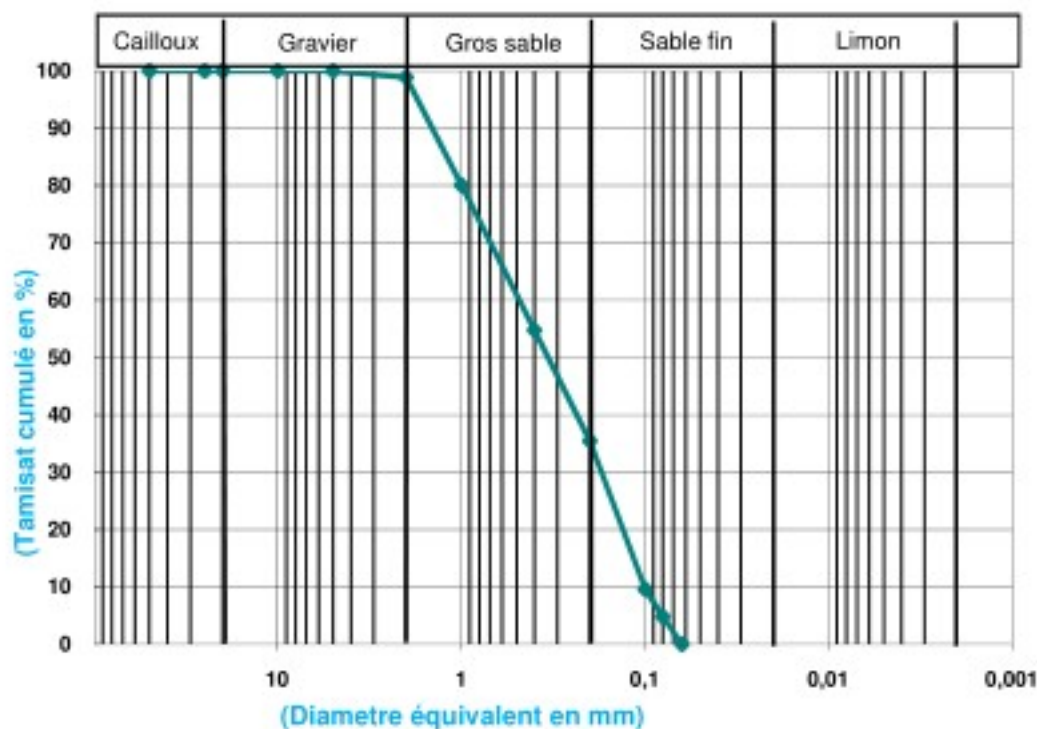


Figure II.2 : Courbe d'analyse granulométrique du Sable de Sebka.

Le Tableaux suivant représente Les Résultats d'analyse granulométrique du Tuf :

Tableau II.4 : Les Résultats d'analyse granulométrique du Tuf.

Tamis (mm)	poids du tamis vide (g)	Refus du tamis plein (g)	Refus partiel (g)	refus cumulés (%)	tamisat cumulés (%)
20	1218,5	1411,3	192,8	3,91	96,09
10	1338,5	1866	527,5	14,62	85,38
5	1184,5	1741,5	557	25,92	74,08
2	1107,2	1905	797,8	42,11	57,89
1	1013,8	1684,9	671,1	55,73	44,27
0,4	890,4	1592,7	702,3	69,98	30,02
0,2	873	1394	521	80,55	19,45
0,1	815,3	1331,7	516,4	91,03	8,97
0,08	829,1	944,1	115	93,36	6,64
fond	1072,2	1399,3	327,1	100	0

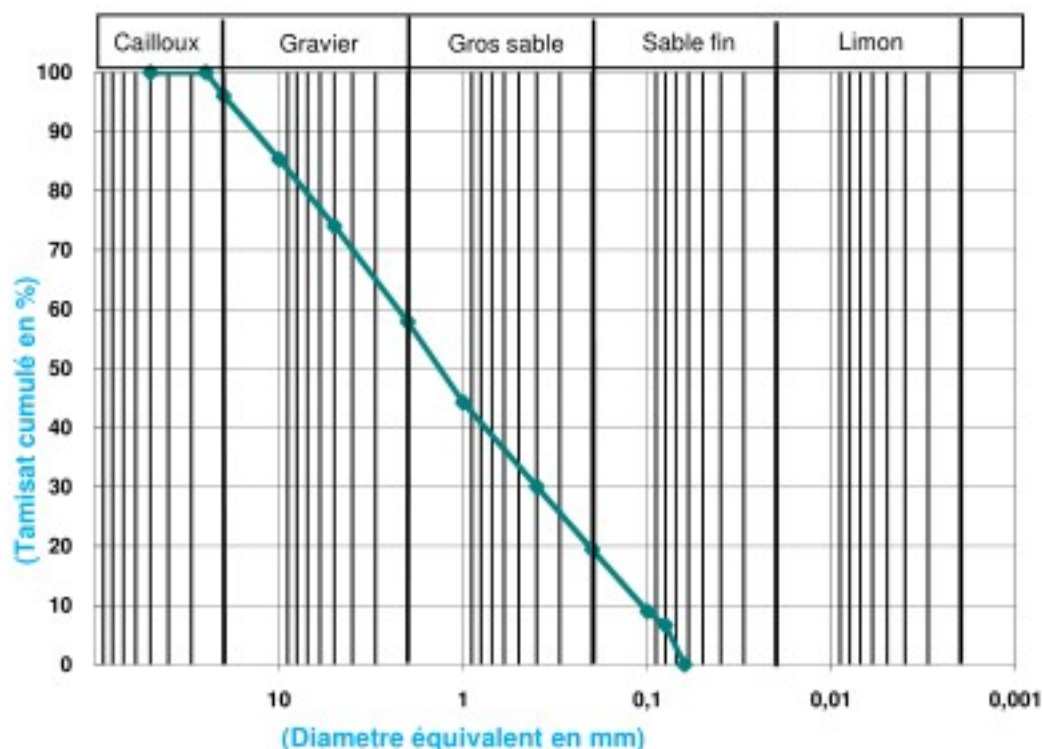


Figure II.3 : Courbe d'analyse granulométrique du Tuf.

II.3.2.5 Interprétation des résultats d'analyse granulométrique :

le coefficient de d' uniformité : $CU = D_{60}/D_{10}$. III.3

le coefficient de courbure : $CC = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60})$. III.4

pour un sable propre bien Graduit il faut $CU > 6$ et CC compris entre 1 et 3 Si non un sable propre mal Graduit.

Le Tableaux suivant représente l'interprétation des résultats d'analyse granulométrique :

Tableau II.5 : Interprétation des résultats d'analyse granulométrique.

	Le Sable De Dune :	Le Sable de Sebkhha :	Le Tuf :
D60 (mm) :	0,5	0,5	2,3
D30 (mm) :	0,2	0,18	0,4
D10 (mm) :	0,13	0,1	0,12
CU :	3,85	5,00	19,17
CC :	0,62	0,65	0,58
Désignation Géotechnique :	un sable propre mal gradué	un sable propre mal gradué	un sable propre mal gradué

II.3.3 Analyse granulométrique par sédimentométrie d' argile : (NF P94.057)

L'essai sert à déterminer la propriété et la distribution en poids des particules fines d'un sol en fonction de leurs dimensions (diamètre inférieur à $80\mu\text{m}$). C'est un essai qui consiste à déterminer les diamètres équivalents des particules sphériques en fonction de leur vitesse de chute selon la loi de STOCKES, dans un environnement visqueux afin d'obtenir le tracé d'une courbe granulométrique pour des particules inférieure à $80\mu\text{m}$.

II.3.3.1 Principe de l'essai :

Le principe de cet essai est fondé sur la loi d Stokes où la vitesse de Sédimentation des Particules en suspension dans un milieu dépend de leurs diamètres.

II.3.3.2 Mode opératoire :

On verse la suspension dispersée ($m=40\text{g}$ d'argile), dans une éprouvette immédiatement après la fin de l'agitation mécanique en prenant soin de rincer les palettes de l'agitateur mécanique avec de l'eau distillée. On récupère l'eau de rinçage en évitant de perdre les parties de l'échantillon de sol pendant le transfert (voir photo le principe de l'appareillage).

- On complète en remplissant l'éprouvette par de l'eau distillée jusqu'à la graduation de 1000 cm^3 .
- En même temps, on verse l'eau distillée dans une seconde éprouvette témoin (B) à une même graduation (1000cm^3) et on introduit le thermomètre pour mesurer la température de la solution. On utilise le densimètre propre pour mesurer la densité dans la solution.
- Pour obtenir une concentration uniforme sur toute la hauteur de l'éprouvette (A), on agite par un agitateur manuel de manière verticale.
- Une fois qu'on arrête l'agitation manuelle, on retire l'agitateur et en même temps on déclenche le chronomètre, cet instant indique le début de l'essai.
- On plonge le densimètre avec précaution dans la suspension immédiatement après le déclenchement du chronomètre.
- Faire les lectures à t : (30s) ; (1 - 2 - 5 - 10 - 30 - 60 - 120 - 240 et 1440) minutes .
- Noté à chaque lecture la densité de la solution à : 0.0001 près et la température de l'eau se trouvant dans l'éprouvette témoin.

- Les trois premières lectures 30" – 1 et 2 min se feront sans retirer le densimètre de la solution.
- Après la troisième lecture, on retire le densimètre après chaque mesure .
- Après la troisième mesure, on plonge le densimètre 30 secondes avant de faire la prochaine lecture.



Photo II.11 : Appareillage de l'essai sédimentométrie.

II.3.3.3 Pourcentage des éléments inférieurs à D :

Le pourcentage est donné par la formule suivante :

$$p = \left[100 \times \frac{V_s}{m} \cdot \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_w} \cdot \rho_w \right] (R_t - R_B) \quad \text{III.5}$$

D'ou :

V_s : Volume de la suspension 1000 mL.

m : Masse du sol sec utilisé (m=40 g).

ρ_s : Masse volumique des grains solides

ρ_w : Masse volumique de l'eau.

R_t : Lecture de l'éprouvette A au temps t.

R_B : Lecture de l'éprouvette B (Éprouvette témoin).[9].

Le Tableaux suivant représente les résultats d'Analyse granulométrique par sédimentométrie (l' Argile d' Adrar) :

Tableau II.6: Analyse granulométrique par sédimentométrie (Argile d'Adrar).

Temps de Lecteur :	Lecteur de nombre de graduation (Rt) :	Température (T°) :	Facteur (F) :	(RB) :	(Ht) :	P % < D	D (mm) :
30 S	1,0135	16	0,01435	1,0015	13,58	96.14	0,075
1min	1,0132	16	0,01435	1,0015	13,673	93.74	0,053
2min	1,0131	16	0,01435	1,0015	13,704	92.92	0,037
5min	1,013	16	0,01435	1,0015	12,335	92.14	0,022
10min	1,0125	16	0,01435	1,0015	12,49	88.14	0,016
30min	1,012	16	0,01435	1,0015	12,645	84.12	0,012
60min	1,011	16	0,01435	1,0015	12,995	76.12	0,0093
180min	1,0095	16	0,01435	1,0015	13,42	64.10	0,0039
360min	1,0087	16	0,01435	1,0015	13,668	57.68	0,0028
1440min	1,007	16	0,01435	1,0015	14,195	44.06	0,0014

II.3.3.4 Présentation des résultats :

Les résultats obtenus sont représentés graphiquement sur les courbes dites « courbes granulométriques par sédimentométrie ».

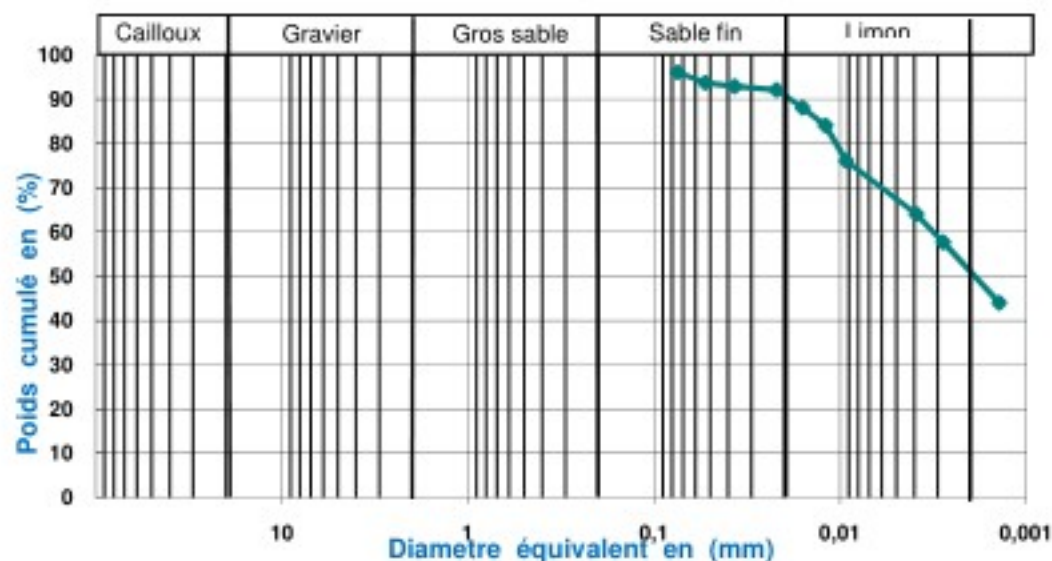


Figure II.4 : Courbe d'analyse par sédimentométrie d'Argile.

II.3.3.5 Interprétation des résultats :

Selon l'analyse granulométrique : L'Argile d'Adrar est un sol fin car plus de 50% des éléments ont un diamètre inférieur à 0.080 mm.

II.3.4 Essai de la Limite d'atterberge :(NF P94.51)

Les limites d'Atterberg sont des essais qui permettent de définir des indicateurs qualifiant la plasticité d'un sol, et plus précisément de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action des variations de teneur en eau. Notons que cet essai se fait uniquement sur les éléments fins du sol et il consiste à faire varier la teneur en eau de l'élément en observant sa consistance, ce qui permet de faire une classification du sol.

- **La limite de liquidité (W_L)** : caractérise la transition entre un état plastique et un état liquide. C'est la teneur en eau pondérale, exprimée en pourcentage.
- **La limite de plasticité (W_P)** : caractérise la transition entre un état solide et un état plastique. Cette limite indique la teneur en eau pondérale, en pourcentage, maximale pour travailler un sol et éviter la compaction.

II.3.4.1 But d'essai :

Le but de ces essais est de déterminer les limites de consistance qui sont exprimées en termes de teneur en eau marquant les limites entre état solide, plastique et liquide. Il est important de noter que ces tests ne s'appliquent que pour les sols fins, définis comme ayant des grains de diamètres inférieurs à 0.04 [mm].

II.3.4.2 Limite de liquidité :

Le sol est mélangé à une quantité d'eau. La pâte obtenue est placée dans une coupelle de 100 mm de diamètre environ. On trace sur la pâte lissée une rainure normalisée avec un outil spécial. À l'aide d'une came, on fait subir une série de chocs à la coupelle. On observe en fin d'expérience le contact des deux lèvres de la rainure. La limite de liquidité est la teneur en eau en % qui correspond à une fermeture en 25 chocs.



Photo II.12 : Appareillage de limite de liquidité.

Les formules : $W_L = W \% (N/25)^{0,121}$ III.6

Le Tableaux suivant représente les Résultats de limite liquidité :

Tableau II.7 : les Résultats de limite liquidité.

N° de coup	N°	20	22	28	31	35
N° tare	N°	B1	C2	A3	C4	F3
Poids total humide (sol+tare) (g)	P_{th}	24,7	24,9	30,6	29,8	27
Poids total sèche (sol+tare) (g)	P_{ts}	19,6	20	23,3	23,3	21,6
Poids de la tare (g)	P_t	13,3	13,8	13,5	14,2	13,7
Poids d'eau (g)	$P_w = P_{th} - P_t$	5,1	4,9	7,3	6,5	5,4
Poids sec (g)	$P_s = P_{ts} - P_t$	6,3	6,2	9,8	9,1	7,9
Teneur en eau (%)	$W_L = P_w / P_s$	80,95%	79,27%	74,23%	71,71%	68,35%

II.3.4.3 Interprétation des résultats :

De la courbe de la limite de liquidité, on déduit W_L correspondants à $N=25$ du graphe $W_L=76.75\%$.

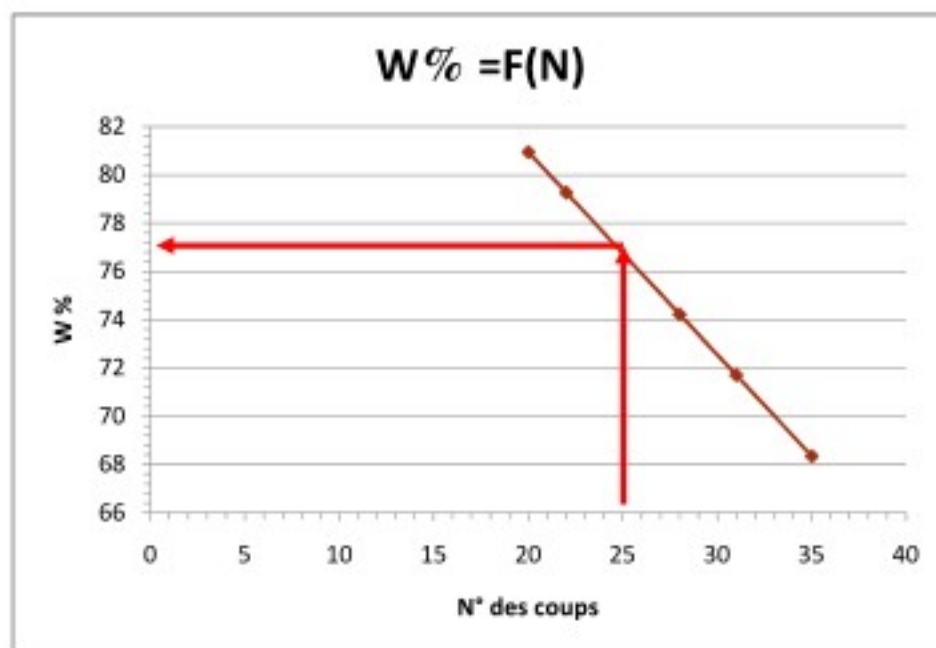


Figure II.5: Courbe de la limite de liquidité d'Argile.

II.3.4.4 Limite de plasticité :

La limite de plasticité est la teneur en eau en % du rouleau qui se fissure et se brise lorsqu'il atteint un diamètre de 3mm.



Photo II.13 : Appareillage de limite de plasticité.

II.3.4.5 Mode opératoire :

- Former une boulette à partir de la pâte préparée de la limite de plasticité.
- Rouler la boulette sur une plaque lisse à la main.
- Amincissement du rouleau se fait de manière continu et sans effectuer de coupure dans le sens de sa longueur.
- Réintégrer le rouleau à la boulette ; si aucune fissure n'apparait.
- Reforme un nouveau rouleau.
- Poser et étuvé la masse prélevée.

Le Tableaux suivant représente les Résultats du limite de plasticité :

Tableau II.8 : les Résultats du limite de plasticité.

N° de tare	N°	A3	B2	C2
Poids T humide (sol+tare) (g)	P_{th}	16.93	16.95	17.83
Poids total sèche (sol+tare) (g)	P_{ts}	16.13	16.25	16.93
Poids de la tare(g)	P_t	13.2	13.5	13.3
Poids d'eau(g)	$P_w = P_{th} - P_{ts}$	0,8	0,7	0,9
Poids sec(g)	$P_s = P_{ts} - P_t$	2,93	2,75	3,63
Teneur en eau	$W = P_w / P_s$	27,3	25,4	24,8
Teneur en eau moy	W_p moy (%)	25,56%		

II.3.4.6 L' Indice de plasticité :

L'indice de plasticité est la différence entre les valeurs de la limite de liquidité et la limite de plasticité $I_p = W_L - W_p$.II.7

$W_p = 25.56\%$, $W_L = 76.75\%$, $I_p = 79.9 - 25.56 = 51.19\%$.

Le Tableaux suivant représente L'indice de plasticité des quelques sols :

Tableau II.9 : L'indice de plasticité des quelques sols.

Indice de plasticité :	Etat du sol :
$0 < I_p < 5$	non plastique
$5 < I_p < 15$	peuplastique
$15 < I_p < 40$	Plastique
> 40	Très plastique

L'argile rouge a un comportement très plastique $51.19 > 40$.

II.3.4.7 l'indice de consistance:

défini par le rapport suivante

$$I_c = (W_L - W) / I_p \quad \text{II.8}$$

I_c : Indice de consistance.

W_L : limite de liquidité.

W : teneur en eau naturelle d'argile.

I_p : Indice de plasticité.

$$I_C = (76.75 - 4.3) / 51.19.$$

$$I_C = 1,41.$$

II.3.4.8 Abaque de plasticité de Casa-grande:

La classification des sols fins utilise les critères de plasticité liés aux limites d'Atterberg. Elle est précisée dans le diagramme de plasticité ci-après (fig II.06). Selon la position dans le diagramme du point représentatif ayant pour abscisse la limite de liquidité et pour ordonnée l'indice de plasticité :

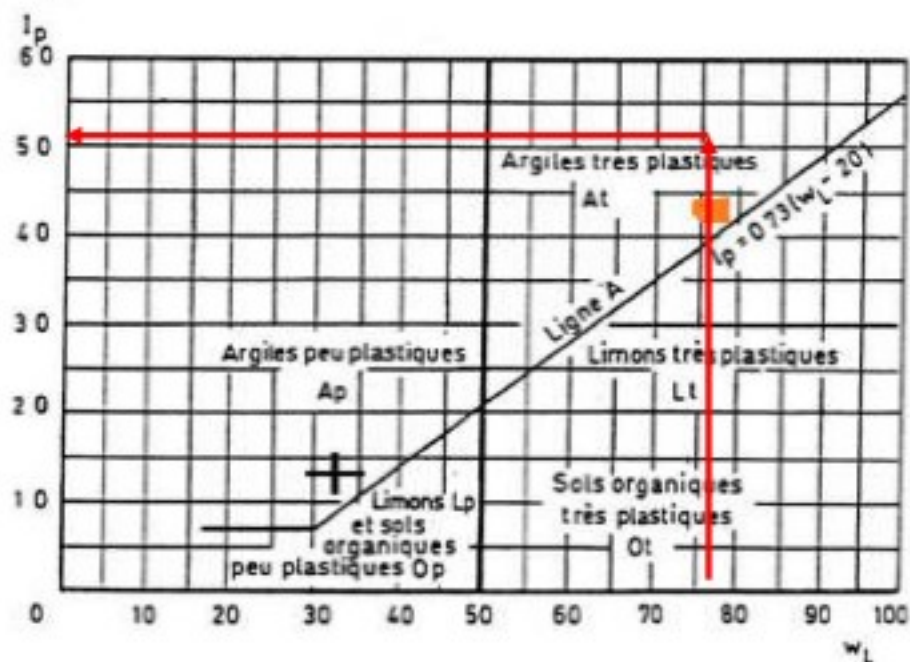


Figure II.6 :Diagramme de plasticité.

II.3.4.9 Interprétation des résultats :

D'après le diagramme de plasticité on déduit que notre argile est argile très plastique.

II.3.5 Essai d'équivalent de sable : (NF P 18-598)

L'équivalent de sable est un indicateur, utilisé en géotechnique, caractérisant la propreté d'un sable ou d'un grave. Il indique la teneur en éléments fins, d'origine essentiellement argileuse, végétale ou organique à la surface des grains. Ce terme désigne également l'essai qui permet de déterminer cet indicateur. On parle d' « essai d'équivalent de sable piston » ou, plus simplement, « d'essai d'équivalent de sable ».



Photo II.14 : Appareillage d'équivalent de sable .

II.3.5.1 But de l'essai :

Cet essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sol des éléments sableux plus grossier. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui.

II.3.5.2 Principe de l'essai :

L'essai consiste à verser un échantillon de sable et une petite quantité de solution flocculant dans un cylindre gradué et d'agiter de façon à détacher les revêtements argileux des particules de sable de l'échantillon. On complète alors le sable en utilisant le reste de solution flocculant afin de faire remonter les particules de fines en suspension au-dessus du sable. Après 20 min, les hauteurs des produits sont mesurées. L'équivalent de sable est le rapport hauteur du sable sur hauteur totale, exprimé en pourcentage

II.3.5.3 Mode opératoire de la manipulation :

- Remplir les éprouvettes avec la solution lavant, jusqu'au premier trait.
- Verser la quantité de sable(120g) voulue en éliminant les bulles d'air.
- Boucher les éprouvettes et les agiter par des mouvements rectilignes horizontaux de 20 cm d'amplitude, 90 allers retours en 30 secondes (effectués de manière automatique par la machine, si possible).
- Laver et remplir les éprouvettes, avec le tube plongeur
- Rincer le bouchon au-dessus de l'éprouvette
- Faire descendre le tube laveur en le faisant tourner entre les doigts pour laver les parois intérieures de l'éprouvette

- Laver le sable en faisant descendre et remonter lentement le tube laveur dans la masse de sable pour faire remonter les particules fines dans la solution supérieure
- Sortir le tube, fermer le robinet lorsque le niveau du liquide atteint le trait supérieur puis laisser reposer (20 minute) en évitant toute vibration. La tolérance sur le temps de repos est faible (plus ou moins 10 sec) car la hauteur du floculat dépend fortement de celui-ci.
- Mesurer à vue les hauteurs h_1 et h_2
- La mesure de h_2 n'est pas toujours aisée. Il faut donc procéder de manière précise pour déterminer l'ES en utilisant la méthode du piston.

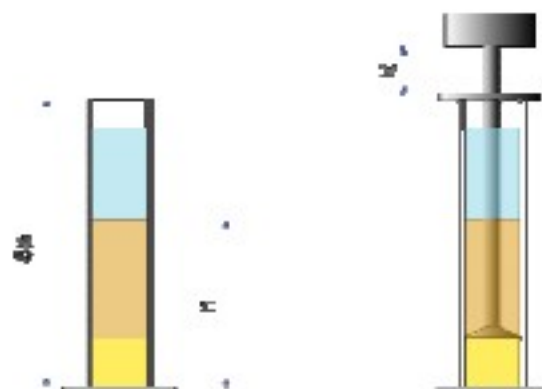


Figure II.7: les mesure des résultat d'équivalent de sable.

II.3.5.4 Les résultats d'équivalent de sable :

Le Tableaux suivant représente Les Résultats d'équivalent de sable de Dune :

Tableau II.10: Résultats d'équivalent de sable de Dune.

N° de l'essai :	1	2	3
La hauteur h_2 (cm) :	9,1	9,3	9,2
La hauteur h_1 (cm) :	9,8	10,2	10,1
ES (%) = (h_2/h_1) (%) :	92,86	91,18	91,09
ES (%) moyenne :	91,71		

Le Tableaux suivant représente les Résultats d'équivalent de sable Sabkha :

Tableau II.11: Résultats d'équivalent de sable Sebkhha.

N° de l'essai :	1	2	3
La hauteur h_2 (cm) :	9,8	10,1	9,7
La hauteur h_1 (cm) :	12	11,8	12,2
ES (%) = (h_2/h_1) (%) :	81,67	85,59	79,51
ES (%) moyenne :	82,26		

Le Tableaux suivant représente les Résultats d'équivalent de Tuf :

Tableau II.12: Résultats d'équivalent de sable de Tuf.

N° de l'essai :	1	2	3
La hauteur h2 (cm) :	2,1	2,4	2,2
La hauteur h1 (cm) :	23,3	23,8	23,7
ES (%) = (h2/ h1) (%) :	9,01	10,08	9,28
ES (%) moyenne :	9,45		

Le Tableaux suivant représente les Natures et les qualités des sables :

Tableau II.13: les Natures et les qualités des sables.

ES (%) :	Nature et qualité du sable :
ES<60	Sable argileux - Risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité
60<ES<70	Sable légèrement argileux - de propreté admissible pour béton de qualité quand ou ne craint pas particulièrement de retrait
70<ES<80	Sable propre - à faible pourcentage de fines argileuses Convenant Parfaitement pour les bétons de haute qualité
>80	Sable très propre - l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau

II.3.5.5 Interprétation des résultats :

Le Tableaux suivant représente l'interprétation des résultats :

Tableau II.14: Interprétation des résultats.

Le Sol :	ES (%) :	Nature et qualité du sable :
Le Sable De dune :	91,71	Sable très propre - l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.
Le Sable de Sebkha :	82,67	Sable très propre - l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.
Le Tuf :	9,45	Sable argileux - Risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité.

II.3.6 Essai au bleu de méthylène : (NFP 94.068)

L'essai est fait selon la norme NFP 94-068. Le principe de cet essai consiste à contrôler l'absorption du bleu de méthylène injecté dans un bain aqueux contenant les fines de la prise d'essai, en observant une goutte de suspension déposée sur une feuille de papier filtre.

La tache formée se compose d'un dépôt central du matériau, coloré d'un bleu soutenu, entouré d'une zone humide incolore.

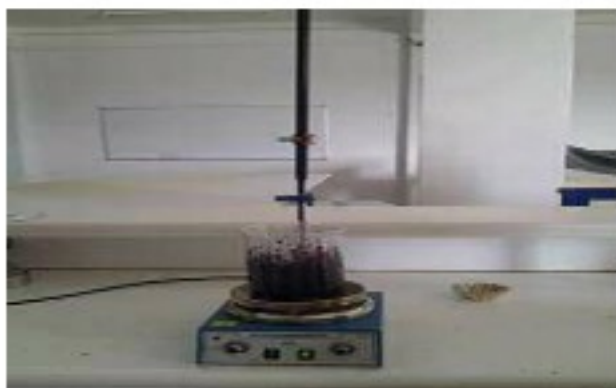


Photo II.15 : Appareillage de bleu de méthylène .

II.3.6.1 Mode opératoire :

- Prendre 10 g de sol sec passé au tamis 5mm.
- Mettre la prise d'essai à tremper dans un bécher avec 100 cm³ d' eau distillé
- A l'aide de l'agitateur (700 tr/min), disperser la suspension pendant 5 min.
- A l'aide de dispositif de dosage, introduit 5 cm³ de bleu et agiter (400 tr/min) pendant 1 min .
- A l'aide d' une baguette, déposer une goutte(le diamètre est compris entre 8 mm et 12 mm) de la suspension sur le papier filtre .
- Le test est considéré comme positif si, dans la zone humide, une auréole bleu clair persistante d'environ 1 mm apparaît autour du dépôt central.
- Le point final doit être confirmé en répétant le test à la tache toutes les minutes pendant 5 min sans ajout de solution de colorant.

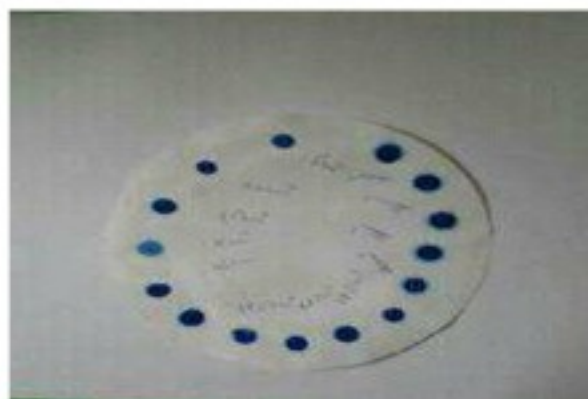


Photo II.16: Les Taches de bleu de méthylène.

II.3.6.2 La valeur de bleu de méthylène (VBS)

La valeur de bleu de méthylène de sol est (sant unité) :

$$VBS = \frac{V}{m}$$

D'ou

V: le volume de bleu de méthylène ajouté en (cm³).

m: le poids de la prise d'essai en (g).

II.3.6.3 Les Résultats de bleu de méthylène :

Le Tableaux suivant représente Les valeurs de bleu de méthylène (VBS):

Tableau II.15: Les valeurs de bleu de méthylène (VBS).

	le volume de bleu de méthylène ajouté en (cm ³)	le poids de la prise d'essai en (g)	La valeur de bleu de méthylène (VBS) (sant unité)
L' Argile	95	10	9,5
Le Sable de dune	5	25	0,2
Le Sable de Sebkha	10	25	0,4
Le Tuf	20	25	0,8

Le Tableaux suivant représente la valeur de bleu de quelques sols :

Tableau II.16: la valeur de bleu de quelques sols.

VBS :	Nature de sol :
VBS<0,1	Sol d' insensibilité à l'eau.
0,1<VBS<0,2	Sol au-dessus duquel apparaît à coup sûr la sensibilité à l'eau.
0,2<VBS<1,5	Sol entre les sols sablo-limoneux et sablo-argileux.
1,5<VBS<2,5	Sol entre les sols limoneux peu plastiques et ceux de plasticité moyenne.
2,5<VBS<6	Sol entre les sols limoneux et argileux.
8<VBS	Sol entre les sols argileux et très argileux.

II.3.6.4 Interprétation des résultats :

Le Tableaux suivant représente l' interprétation des résultats :

Tableau II.17: Interprétation des résultats .

Le Sol :	VBS(cm ³ /g) :	La Nature de sol :
L' argile :	9,5	Sol entre les sols argileux et très argileux.
Le Sable De dune :	0,2	Sol au-dessus duquel apparaît à coup sûr la sensibilité à l'eau.
Le Sable de Sebkha :	0,4	Sol entre les sols sablo-limoneux et sablo-argileux.
Le Tuf :	0,8	Sol entre les sols sablo-limoneux et sablo-argileux.

II.4 Conclusion :

Selon les classification du l'aboratoire centrale Française des pont et des chaussé , l' identification des matériaux si comme de suit :

L' Argile :

- selon l'analyse granulométrique : un sol fin (Argile) car plus de 50% des éléments ont un diamètre inférieur 0.080 mm .
- selon le diagramme de plasticité de sols : une Argile très plastiques .
- selon la valeur de bleu de méthylène : un Sol entre les sols argileux et très argileux.

Le Sable de dune :

- selon l'analyse granulométrique : un sable propre mal gradué.

- selon l' équivalent de sable : Sable très propre - l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.
- Selon la valeur de bleu de méthylène : Sol au-dessus duquel apparaît à coup sûr la sensibilité à l'eau.

Le Sable de Sebka :

- selon l'analyse granulométrique : un sable propre mal gradué.
- selon l' équivalent de sable : Sable très propre - l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.
- Selon la valeur de bleu de méthylène : Sol au-dessus duquel apparaît à coup sûr la sensibilité à l'eau.

Le Tuf :

- selon l'analyse granulométrique : un sable Limoneux mal gradué.
- selon l' équivalent de sable : Sable argileux - Risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité.
- Selon la valeur de bleu de méthylène : Sol entre les sols sablo-limoneux et sablo-argileux.

III.1 Introduction :

Le but du présent se travail est de valoriser les ressources naturelles dans la Zone d'Adarar (l'argile, le sable de dune, le tuf...).

Le deuxième objectif de notre travail consiste à améliorer les caractéristiques thermiques et mécaniques des briques en terre (l'Adobe) pour l'utilisation dans le domaine de la construction dans la Zone d'Adarar.

Pour cela nous avons effectué des différents des essais sur l'adobes :

- les Essais thermiques sur les différents types d'adobe confécion :
 - La conductivité thermique .
- les Essais mécaniques sur les différents types d'adobe confécion :
 - La Résistance à la compression.

III.2 la Conductivités Thermique d'adobe :

Le phénomène de conduction se rencontre essentiellement dans les solides Ou dans les fluides , la propagation de la chaleur à travers un ou plusieurs éléments en contact direct , La quantité de chaleur qui se propage dans un corps , dans un temps donné , est proportionnelle à la conductivité thermique du matériau et à la différence de température entre les deux faces.

Elle représente l'énergie (quantité de chaleur) transférée par unité de surface et de temps sous un gradient de température de 1 kelvin ou 1 degré Celsius par mètre.

Plus la conductivité thermique d'un matériau est élevée, plus celui-ci conduit la chaleur , et donc moins il est isolant. La conductivité thermique dépend principalement de la nature du matériau et de la température. [23]

III.2.1 Mode Opératoire des échantillon thermiques d'adobe :

- Préparation des mélanges et les pourcentages des chaque matériaux .
- Mélanger les matériaux à l'état sec .
- Ajouter le pourcentage d' eau pour chaque mélange.
- Mélanger les matériaux à l'état humide .
- Mettre le mélange dans le moule (30cm×30cm×4cm).
- Mesure de La conductivité thermique après 28 jours.

III.2.3 Préparation des échantillon thermique d'adobe :



Photo III.1: Préparation Les échantillon thermiques (auteur).

III.2.3.1 Les échantillon thermiques d'argile et de sable de dune :

Le Tableau suivant représente les pourcentage d'argile et de sable de dune des échantillon thermiques:

Tableau III.1 : les pourcentage d'argile et de sable de dune des échantillon thermiques.

	L' Argile :		Le Sable de dune :		L' eau :	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Mélange 01 :	1200 g	15%	6800 g	85%	1380 g	17,25%
Mélange 02 :	2000 g	25%	6000 g	75%	1500 g	18,75%
Mélange 03 :	2800 g	35%	5200 g	65%	1620 g	20,25%
Mélange 04 :	3600 g	45%	4400 g	55%	1740 g	21,75%
Mélange 05 :	4400 g	55%	3600 g	45%	1860 g	23,25%

III.2.3.2 Les échantillon Thermiques d'argile et de sable de Sebka :

Le Tableau suivant représente les pourcentage d'argile et de sable de Sebka des échantillon thermiques:

Tableau III.2 : les pourcentage d'argile et de sable de Sebka des échantillon thermiques.

	L' Argile :		Le Sable de Sebka :		L' eau :	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Mélange 06 :	1200 g	15%	6800 g	85%	1380 g	17,25%
Mélange 07 :	2000 g	25%	6000 g	75%	1500 g	18,75%
Mélange 08 :	2800 g	35%	5200 g	65%	1620 g	20,25%
Mélange 09 :	3600 g	45%	4400 g	55%	1740 g	21,75%
Mélange 10 :	4400 g	55%	3600 g	45%	1860 g	23,25%

III.2.3.3 Les échantillon Thermiques d'argile et de Tuf :

Le Tableau suivant représente les pourcentage d'argile et de Tuf des échantillon thermiques :

Tableau III.3 : les pourcentage d'argile et de Tuf des échantillon thermiques.

	L' Argile :		Le Tuf :		L' eau :	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Mélange 11 :	1200 g	15%	6800 g	85%	1380 g	17,25%
Mélange 12 :	2000 g	25%	6000 g	75%	1500 g	18,75%
Mélange 13 :	2800 g	35%	5200 g	65%	1620 g	20,25%
Mélange 14 :	3600 g	45%	4400 g	55%	1740 g	21,75%
Mélange 15 :	4400 g	55%	3600 g	45%	1860 g	23,25%

III.2.4 les mesures des Conductivités Thermiques d' adobe :

C'est la propriété d'un corps de transmettre la chaleur par conduction noté par (λ) et exprime en (W/mC°).



Photo III.2: Les échantillon thermiques d'adobe (auteur).

$$\hat{\lambda} = \frac{e[(k1+(k2 \times \check{T})) + ((k3+(k4 \times \check{T})) \times HFM) + ((k5+(k6 \times \check{T})) \times HFM^2)]}{dt} \quad \text{IV.1}$$

D' ou :

$\hat{\lambda}$: la conductivité thermique en (W/mC°).

e : l'épaisseur du La Plaque Thermique en (m).

HFM : lecture de débit thermique (mv).

dt : la différence entre les deux températures T_2 et T_1 en (C°).

\check{T} : la moyenne entre les deux températures T_2 et T_1 en (C°).

Les constants:

$K_1 = -31.7383$.

$K_2 = 0.4792$.

$$K_3 = -31.7383.$$

$$K_4 = 0.0558.$$

$$K_5 = 0.0279.$$

$$K_6 = -0.0005.$$

- **La Résistance thermique d' adobe:**

La résistance thermique d'adobe caractérise sa capacité à ralentir le transfert de chaleur réalisé par conduction. C'est le rapport entre l'épaisseur du l'échantillon d' adobe et le coefficient de conductivité thermique , Elle s'exprime en $(m^2.C^{\circ})/W$.

tel que : $R = e / \lambda$ IV.2

D' ou :

R : La résistance thermique en $(m^2.C^{\circ}) / W$.

e : l'épaisseur de l'échantillon d' adobe en (m). [23]

λ : la conductivité thermique en (W/mC°) .

- **Le coefficient de transmission calorifique d' adobe :**

Le coefficient de transmission calorifique d' adobe caractérise les déperditions Thermiques d' adobe , C'est l'inverse de la résistance thermique , Il est exprimé en $W / (m2.C^{\circ})$.

tel que : $U = 1 / R$ IV.3

D' ou :

U : Le coefficient de transmission calorifique en $W / (m^2.C^{\circ})$.

R : La résistance thermique en $(m^2.C^{\circ}) / W$. [23]

III.2.5 Présentation des résultats des Conductivités thermiques d' adobe :

Photo III.3 : appareillage des Conductivités thermiques (auteur).

III.2.5.1 les résultats des Conductivités thermiques des échantillon d' Argile et de Sable de dune :

Le Tableau suivant représente les résultats des Conductivités thermiques des échantillon d' Argile et de Sable de dune :

Tableau III.4: les résultats des Conductivités thermiques des échantillon d' Argile et de Sable de dune.

	HFM	T1	T2	T3	e	\dot{T}	dT	R	μ	λ
	(mv)	(C°)	(C°)	(C°)	(m)	(C°)	(C°)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/mK)
15% A+85% SN	9,7	37,2	19,4	19,8	0,04	28,3	17,8	0,057	17,383	0,695
25% A+75% SN	10,1	37,1	19,5	19,7	0,04	28,3	17,8	0,055	18,055	0,722
35% A+65% SN	10,5	37,1	19,5	19,7	0,04	28,3	17,8	0,053	18,726	0,749
45% A+55% SN	10,9	37,2	19,4	19,8	0,04	28,3	17,8	0,051	19,397	0,775
55% A+45% SN	11,3	37,2	19,4	19,8	0,04	28,3	17,8	0,049	20,068	0,802

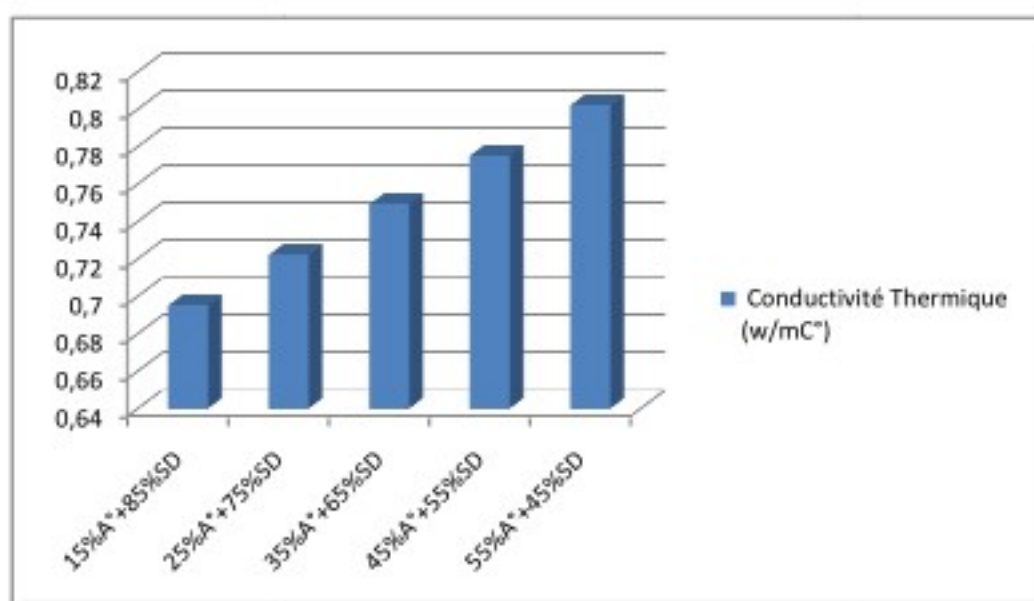


Figure III.1: les Conductivités thermiques des échantillon d' Argile et de Sable de dune.

III.2.5.2 les résultats des Conductivités thermiques des échantillon d' Argile et de Sable de Sebka :

Le Tableau suivant représente les résultats des Conductivités thermiques des échantillon d' Argile et de Sable de Sebka :

Tableau III.5: les résultats des Conductivités thermiques des échantillon d' Argile et de Sable de Sebka

	HFM	T1	T2	T3	e	\dot{T}	dT	R	μ	λ
	(mv)	(C°)	(C°)	(C°)	(m)	(C°)	(C°)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/mK)
15% A+85% SS	4,7	37,1	19,5	19,7	0,04	28,3	17,8	0,111	8,967	0,358
25% A+75% SS	5,4	37,2	19,4	19,8	0,04	28,3	17,8	0,098	10,148	0,405
35% A+65% SS	6,1	37,1	19,5	19,7	0,04	28,3	17,8	0,088	11,327	0,453
45% A+55% SS	6,8	37,1	19,5	19,7	0,04	28,3	17,8	0,079	12,506	0,5
55% A+45% SS	7,5	37,2	19,4	19,8	0,04	28,3	17,8	0,073	13,685	0,547

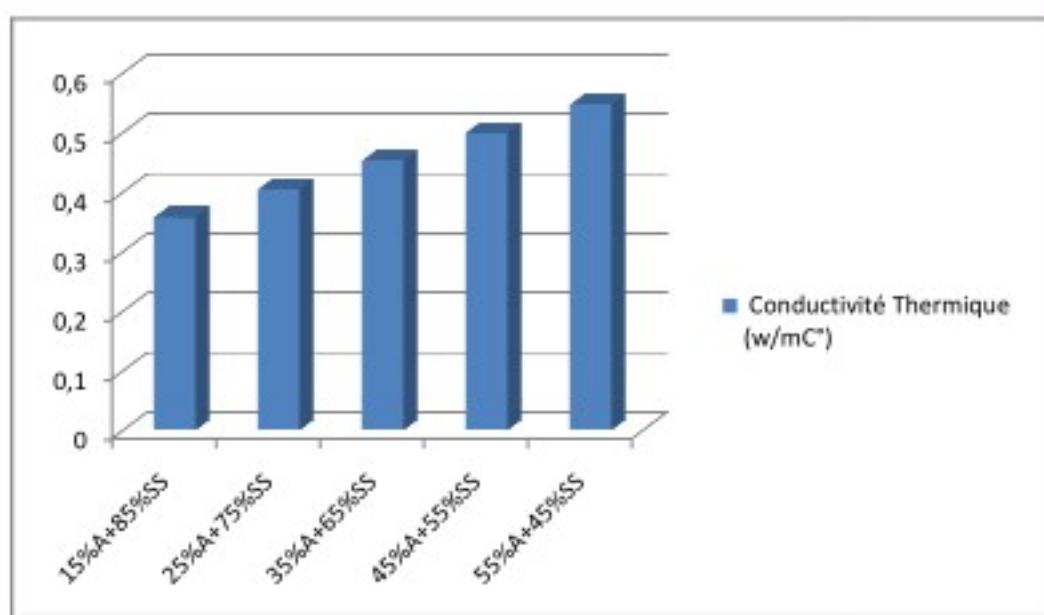


Figure III.2 : Les Conductivités thermiques des échantillon Thermiques d' Argile et de Sable de Sebkh.

III.2.5.3 les résultats des Conductivités thermiques des échantillon d' Argile et de Tuf:

Le Tableau suivant représente les résultats des Conductivités thermiques des échantillon d' Argile et de Tuf:

Tableau III.6 : les résultats des Conductivités thermiques des échantillon d' Argile et de Tuf.

	HFM	T1	T2	T3	e	\check{T}	dT	R	μ	λ
	(mv)	(C°)	(C°)	(C°)	(m)	(C°)	(C°)	(m²K/W)	(W/m³K)	(W/mK)
15% A+85% T	8,1	37,2	19,4	19,8	0,04	28,3	17,8	0,068	14,694	0,587
25% A+75% T	8,5	37,1	19,5	19,7	0,04	28,3	17,8	0,065	15,367	0,614
35% A+65% T	8,9	37,1	19,5	19,7	0,04	28,3	17,8	0,062	16,039	0,641
45% A+55% T	9,3	37,2	19,4	19,8	0,04	28,3	17,8	0,059	16,711	0,668
55% A+45% T	9,7	37,2	19,4	19,8	0,04	28,3	17,8	0,057	17,383	0,695

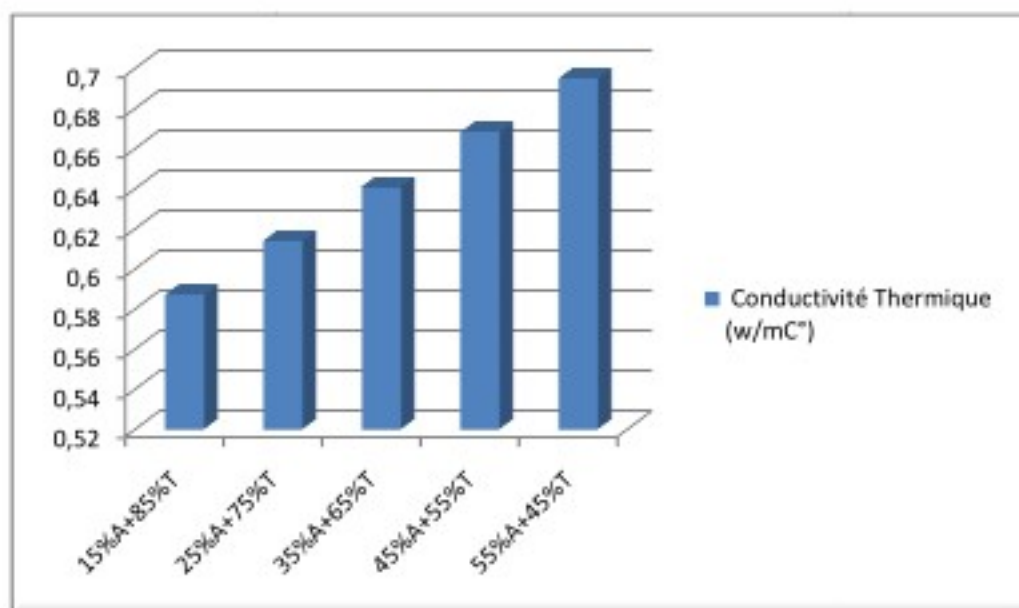


Figure III.3 : Les Conductivités thermiques des échantillon d' Argile et de Tuf.

III.2.6 Interprétation des Résultat des Conductivités thermiques d'adobe :

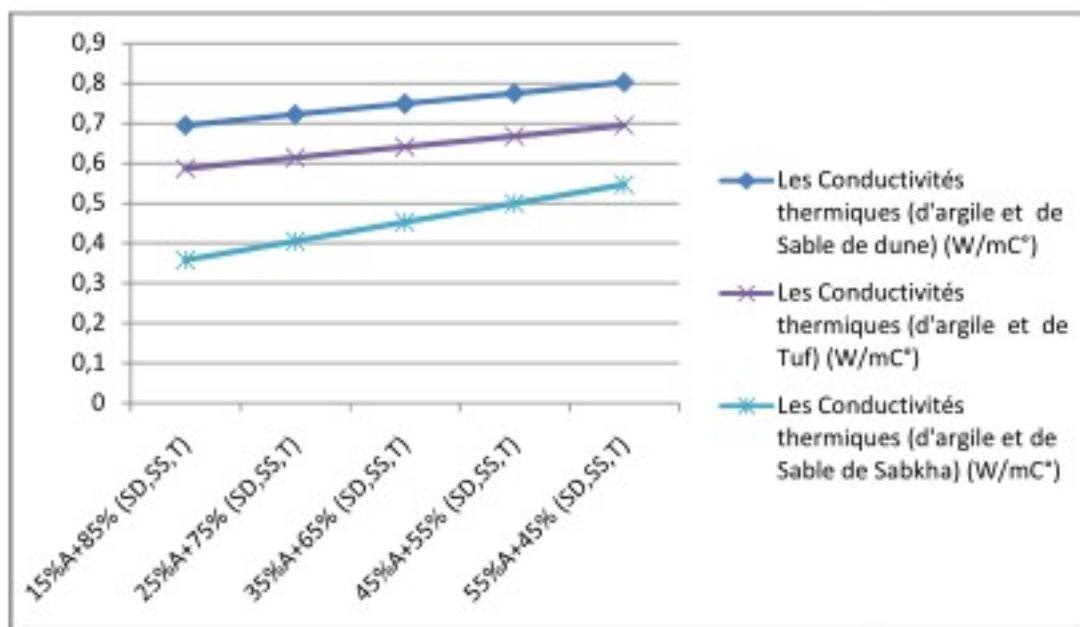


Figure III.4 : les conductivités thermiques des échantillon Thermique d'adobe.

D'après les résultats obtenus nous pouvons donner l'interprétation suivante:

- Vue aux résultats obtenus nous remarquons que l'isolation thermique des échantillon thermique d'adobe confectionne où le pourcentage en (sable de dune ou sable de Sebkha ou Tuf) est 85 % : La meilleur isolation thermique.
- Vue aux résultats obtenus nous remarquons que l'isolation thermique des échantillon thermique d'adobe confectionne où le pourcentage en (sable de dune ou sable de Sebkha ou Tuf) est 45 % : Le faible isolation thermique.
- Vue aux résultats obtenus nous remarquons que l'isolation thermique des échantillon thermique d'adobe confectionne où le pourcentage en (sable de dune ou sable de Sebkha ou Tuf) augment : La meilleur isolation thermique, donc la Présence du (sable de dune ou sable de Sebkha ou Tuf) améliorer l'isolation thermique .
- Vue aux résultats obtenus nous remarquons que l'isolation thermique des échantillon thermique d'adobe confectionne où le présence du sel ou du chaux augment : La meilleur isolation thermique , donc la Présence du sel ou du chaux améliorer l'isolation thermique .

III.3 La Résistance des échantillon d'adobe à la compression :

La résistance à la compression est réalisé Sur un appareil de Compression avec un système de pression hydraulique , La Contrainte maximale admissible par un éprouvette soumis à une charge d'écrasement , La résistance à la compression d'un matériau dont la rupture s'effectue par éclatement .

L'échantillon de mise en charge est composée d'un bâti rigide supportant deux Plateaux , La mise en charge est réalisée par pression hydraulique qui fait déplacer la partie inférieure vers le haut jusqu'à la rupture.

III.3.1 Mode Opérateur des échantillon d'adobe à la compression :

- Préparation des mélanges et les pourcentages des chaque matériaux .
- Mélanger les matériaux à l'état sec .
- Ajouter le pourcentage d'eau optimale pour chaque mélange.
- Mélanger les matériaux à l'état humide .

- Mettre le mélange dans le moule cylindrique (4cm×8cm)
- Mesure de la Résistance à la compression après 28 jours.

III.3.2 Préparation des échantillon d'adobe à la compression :



Photo III.4 : Préparation des échantillons d'adobe à la compression (auteur).

III.3.2.1 Les échantillon à la compression d'argile et de sable de dune :

Le Tableau suivant représente les pourcentage d'argile et de sable de dune des échantillon à la compression :

Tableau III.7 : les pourcentage d'argile et de sable de dune des échantillon à la compression.

	L' Argile :		Le Sable Normale :		L' eau :	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Mélange 01	300 g	15%	1700 g	85%	345 g	17,25%
Mélange 02	500 g	25%	1500 g	75%	375 g	18,75%
Mélange 03	700 g	35%	1300 g	65%	405 g	20,25%
Mélange 04	900 g	45%	1100 g	55%	435 g	21,75%
Mélange 05	1100 g	55%	900 g	45%	465 g	23,25%

III.3.2.2 Les échantillon à la compression d'argile et de sable de Sebka :

Le Tableau suivant représente les pourcentage d'argile et de sable de Sebka des échantillon à la compression :

Tableau III.8 : les pourcentage d'argile et de sable de Sebka des échantillon à la compression.

	L' Argile :		Le Sable de Sebka :		L' eau :	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Mélange 06	300 g	15%	1700 g	85%	345 g	17,25%
Mélange 07	500 g	25%	1500 g	75%	375 g	18,75%
Mélange 08	700 g	35%	1300 g	65%	405 g	20,25%
Mélange 09	900 g	45%	1100 g	55%	435 g	21,75%
Mélange 10	1100 g	55%	900 g	45%	465 g	23,25%

III.3.2.3 Les échantillon à la compression d'argile et de Tuf :

Le Tableau suivant représente les pourcentage d'argile et de Tuf des échantillon à la compression :

Tableau III.9 : les pourcentage d'argile et de Tuf des échantillon à la compression.

	L' Argile :		Le Tuf :		L' eau :	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Mélange 11	300 g	15%	1700 g	85%	345 g	17,25%
Mélange 12	500 g	25%	1500 g	75%	375 g	18,75%
Mélange 13	700 g	35%	1300 g	65%	405 g	20,25%
Mélange 14	900 g	45%	1100 g	55%	435 g	21,75%
Mélange 15	1100 g	55%	900 g	45%	465 g	23,25%

III.3.3 Les résistances à la compression des échantillon d'adobe:

Photo III.5 : Les échantillon d'adobe à la compression (auteur).

Les résistances à la compression des échantillon d'adobe sera déterminée par la formule suivante :

$$R_c = F_c / S \quad \text{IV.4}$$

D' ou :

R_c : La Résistance à la compression exprimée en (N/cm^2) .

F_c : La Charge maximale supportée par l'éprouvette en (N).

S : la section transversale de l'éprouvette en (cm^2) . [18]

III.3.4 Présentation des résultats des résistances à la compression d'adobe :

Photo III.6 : appareillage du Résistance à la compression (auteur).

III.3.4.1 Les Résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Sable de dune :

Le Tableau suivant représente Les Résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Sable Normale :

Tableau III.10: Les Résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Sable de dune.

	15 % A + 85 % S N :			25 % A + 75 % S N :			35 % A + 65 % S N :		
La Force (N) :	1642	1648	1657	1838	1865	1843	2062	2023	2073
La Surface (cm ²) :	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56
La Résistances (N/cm ²) :	130,73	131,21	131,93	146,34	148,49	146,74	164,17	161,07	165,05
La Rés Moyenne (N/cm ²) :	131,29			147,187			163,429		

	45 % A + 55 % S N :			55 % A + 45 % S N :		
La Force (N) :	2216	2239	2232	2412	2408	2427
La Surface (cm ²) :	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56
La Résistances (N/cm ²) :	176,43	178,26	177,71	192,04	191,72	193,23
La Rés Moyenne (N/cm ²) :	177,468			192,33		

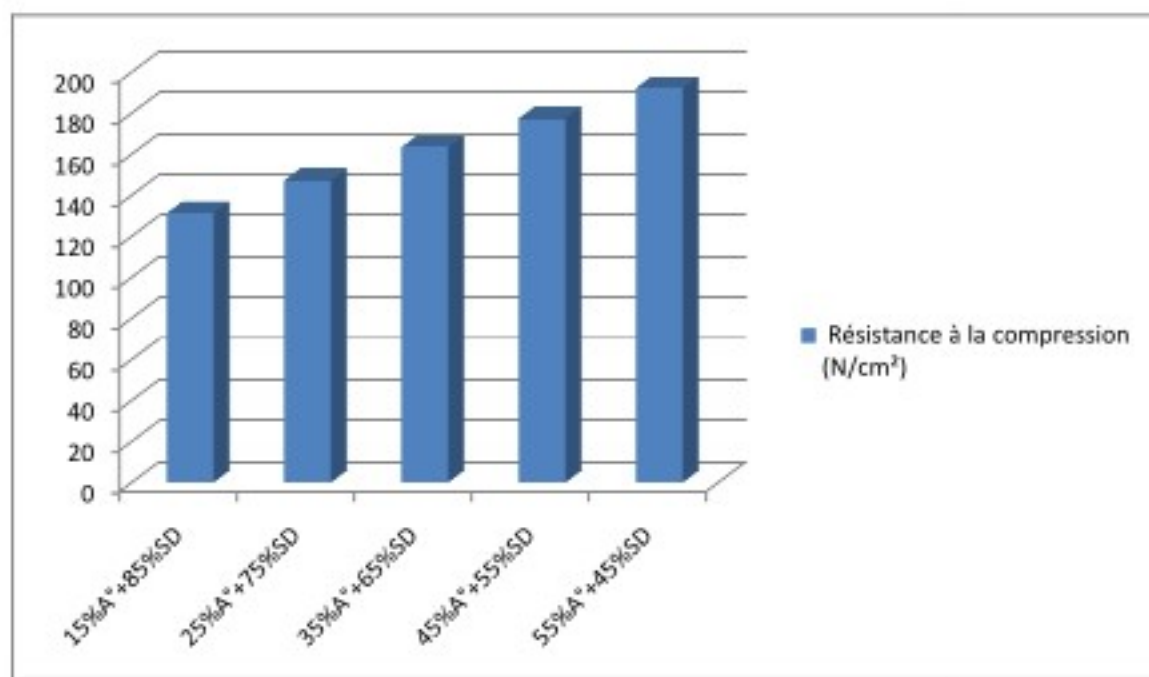


Figure III.5 : Les Résistances à la compression des échantillons d'argile et de sable de dune.

III.3.4.2 Les Résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Sable de Sebka:

Le Tableau suivant représente Les Résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Sable de Sebka:

Tableau III.II: Les Résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Sable de Sebka.

	15 % A + 85 % S S :			25 % A + 75 % S S :			35 % A + 65 % S S :		
La Force (N) :	2132	2146	2176	2395	2381	2413	2685	2653	2647
La Surface (cm ²) :	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56
La Résistances (N/cm ²) :	169,75	170,86	173,25	190,68	189,57	192,12	213,77	211,23	210,75
La Rés Moyenne (N/cm ²) :	171,28			190,79			211,92		

	45 % A + 55 % S S :			55 % A + 45 % S S :		
La Force (N) :	2934	2948	2975	3156	3174	3178
La Surface (cm ²) :	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56
La Résistances (N/cm ²) :	233,60	234,71	236,86	251,27	252,71	253,03
La Rés Moyenne (N/cm ²) :	235,06			252,34		

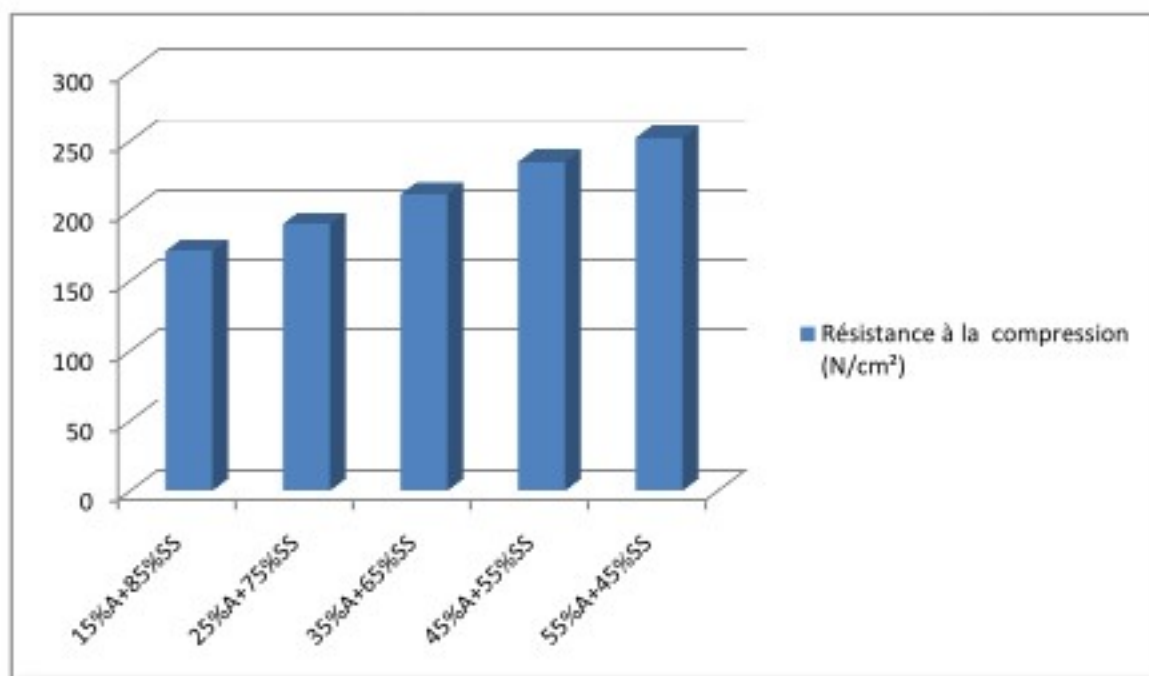


Figure III.6 Les Résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Sable de Sebka.

III.3.4.3 Les Résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Tuf :

Le Tableau suivant représente Les Résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Tuf :

Tableau III.12: Les Résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Tuf.

	15 % A + 85 % T :			25 % A + 75 % T :			35 % A + 65 % T :		
La Force (N) :	3192	3232	3204	3548	3538	3531	3946	3908	3932
La Surface (cm ²) :	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56
La Résistances (N/cm ²) :	254,14	257,32	255,10	282,48	281,69	281,13	314,17	311,15	313,06
La Rés Moyenne (N/cm ²) :	255,52			281,768			312,79		

	45 % A + 55 % T :			55 % A + 45 % T :		
La Force (N) :	4298	4274	4290	4637	4701	4795
La Surface (cm ²) :	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56
La Résistances (N/cm ²) :	342,20	340,29	341,56	369,19	374,28	381,77
La Rés Moyenne (N/cm ²) :	341,35			375,08		

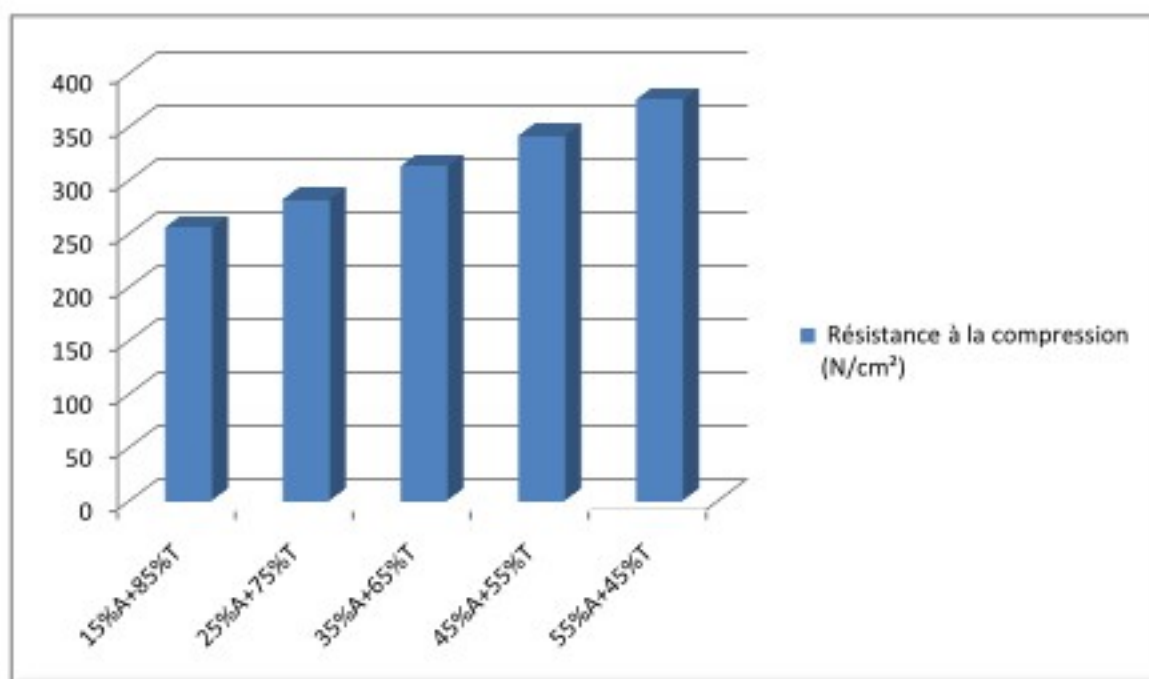


Figure III.7 : Les Résistances à la compression des échantillons d' Argile et de Tuf.

III.3.5 Interprétation des Résultat des Résistances à la compression d'adobe :

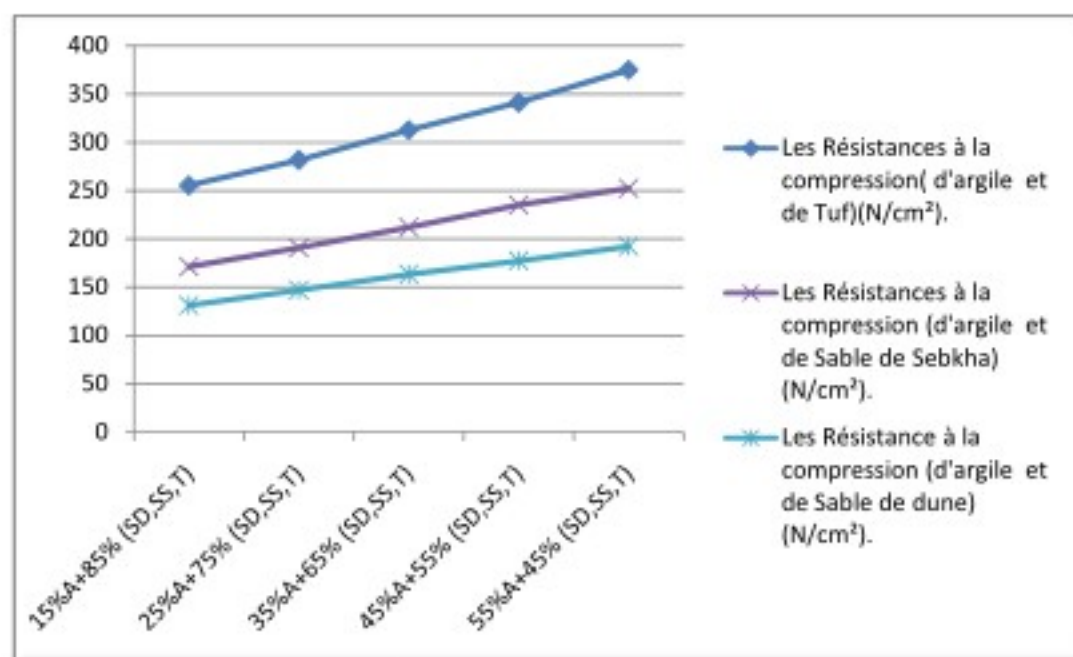


Figure III.8 : Les Résistances à la compression des mélanges.

D'après les résultats obtenus nous pouvons donner l'interprétation suivante:

- Vue aux résultats obtenus nous remarquons que La Résistance à la compression Des échantillon d'adobe confectionne où le pourcentage en Argile est 55 % : La meilleur Résistance à la compression.
- Vue aux résultats obtenus nous remarquons que La Résistance à la compression Des échantillon d'adobe confectionne où le pourcentage en Argile est 15 % : Le faible Résistance à la compression.
- Vue aux résultats obtenus nous remarquons que La Résistance à la compression Des échantillon d'adobe confectionne où le pourcentage en Argile augment: La meilleur Résistance à la compression , donc la Présence d'Argile améliorer La Résistance à la compression.
- Vue aux résultats obtenus nous remarquons que La Résistance à la compression Des échantillon d'adobe confectionne où la présence du sel ou du chaux Augment : La meilleur Résistance à la compression , donc la Présence Du sel ou du chaux améliorer La Résistance à la compression .

III.4 Conclusion :

D'après Les essais Thermiques et mécaniques sur l'adobe nous pouvons donner La conclusion suivante :

- l'isolation thermique d'adobe où le pourcentage en (sable de dune ou sable de Sebka ou Tuf) est 85 % : La meilleur isolation thermique.
- l'isolation thermique d'adobe où le pourcentage en (sable de dune ou sable de Sebka ou Tuf) est 45 % : Le faible isolation thermique.
- l'isolation thermique d'adobe où le pourcentage en (sable de dune ou sable de Sebka ou Tuf) augment : La meilleur isolation thermique , donc la Présence du (sable de dune ou sable de Sebka ou Tuf) améliorer l'isolation thermique .
- l'isolation thermique d'adobe où le présence du sel ou du chaux augment : La meilleur isolation thermique, donc la Présence du sel ou du chaux améliorer l'isolation thermique .
- La Résistance à la compression d'adobe où le pourcentage en Argile est 55 % : La meilleur Résistance à la compression.
- La Résistance à la compression d'adobe où le pourcentage en Argile est 15 % : Le faible Résistance à la compression.
- La Résistance à la compression d'adobe où le pourcentage en Argile Augment : La meilleur Résistance à la compression , donc la Présence d'Argile améliorer La Résistance à la compression.
- La Résistance à la compression d'adobe où le présence du sel ou du chaux Augment : La meilleur Résistance à la compression, donc la Présence du sel ou du chaux améliorer La Résistance à la compression.

Conclusion Générale :

Globalement, nous dirons que les résultats de cette étude a mis en évidence les aspects qui ont impact sur le besoin de confort des habitat dans la Zone d' Adrar.

D'un point de vue pratique, les résultats présentés dans cette étude montrent que le choix Des matériaux des construction dans les Ksour d' Adrar à une incidence notable sur la consommation d'énergie et le confort d'habitat .

Cependant, un mauvais choix pour les construction en Béton Armé , elle est peut coûter très cher au long terme vis-à-vis des dépenses énergétiques pour assurer le confort thermique à l'intérieur des logements.

Donc les briques en terre (l'adobe) sont par excellence le matériau traditionnels de Construction le plus exigeant dans les Zones Aride comme La Zone d' Adrar.

Dans notre étude nous avons réalisé des briques en terre (l'adobe) en vue d'amélioration les Caractéristique thermo- mécanique.

Après l'expérimentation nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- l'isolation thermique d' adobe où le pourcentage en (sable de dune ou sable de Sebkhha ou Tuf) augment : La meilleur isolation thermique , donc la Présence du (sable de dune ou sable de Sebkhha ou Tuf) améliorer l'isolation thermique .
- l'isolation thermique d' adobe où le présence du sel ou du chaux augment : La meilleur isolation thermique, donc la Présence du sel ou du chaux améliorer l'isolation thermique .
- La Résistance à la compression d' adobe où le pourcentage en Argile Augment : La meilleur Résistance à la compression , donc la Présence d' Argile améliorer La Résistance à la compression.
- La Résistance à la compression d' adobe où le présence du sel ou du chaux Augment : La meilleur Résistance à la compression, donc la Présence du sel ou du chaux améliorer La Résistance à la compression.

Bibliographies :

- [1] **Professeur H. Mohammed** : livre " la constréction en terre dans les Zones des Tout, Gourara, Tédékilt "
- [2] **Couasnet Y.**, "Propriétés et caractéristiques des matériaux de construction "Edition2007
- [3] **TECHNIQUE DE L'INGENIEUR** ., Doc. C3370, 1989-1991
- [4] **DELEBECQUE R.**, "Éléments de Construction Bâtiment", Edition Delagrave; 1990.
- [5] **VENUAT M.**, "Produits Silico-calcaire "Techniques de l'Ingénieur ; 1994.
- [6] **RENAUD H.**, "Murs Poutres Planchers", Edition Eyrolles ; 2002.
- [7] **KOMAR A.**, " Matériaux et Elément de Construction", Edition MIR Mosco ; 1978.
- [8] **OLIVER E .**, "Technologie des Matériaux de Construction", Edition ISBN ; 1976
- [9] **LEMOUGNA NINLA P.**, "Contribution a la diminution des casses dans la production des briques de terre cuite à la PROMOBAT", mémoire D.E.S.S Licencié en Chimie l'École Nationale Supérieure Polytechnique, Université de Yaoundé ; 2002-2003
- [10] **ARABI N.**, "Etude des Brique Silicocalcaire à Base de Laitier Granule", Mémoire deMagister Université De Annaba ; 1988
- [11] **MEDJELEKH D.**, « Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment »mémoire de magister université Mentouri deConstantine , 2006.
- [12] **CNERIB.**, " Béton de Terre Stabilise", Edition CNERIB ; 1988.
- [13] **BENJAMIN B.**, "Aide –mémoire équipement du bâtiment ", Dunod BORDAS 1977.
- [14] **GUILAUD H.**, "Centre International pour la Construction en Terre", École d'Architecture de Grenoble, Encyclopédie de Bâtiment, Tome 2 Edition Wake, CRA Terre ; 1997.
- [15] **Google earth** : image satellitaire (17/03/2017).
- [16] **LCPC.** Laboratoire Centrale des Ponts et chaussées.
- [17] **Fiche technique Qualiremo** : « La terre crue » , « [www. tkTerreCrue.html](http://www.tkTerreCrue.html). » ,Avril 2
- [18] **RICHARD P:** «Adobe » ,mémoire Maître en environnement ,Université de Sherbrooke Canada, Octobre 2010.
- [19] **MAKRI M.** « Projet GE12 Construction en terre » Technologie compiégnme , 2010.
- [20] **CRA Terre EAG** : « Bloc de terre comprimée volume I »Manuel de production .
- [21] **CRA Terre** « Blocs de terre comprimée normes » Série Technologies.
- [22] **Matériaux de construction** « Cours en ligne matériaux de construction », « [www. la.refer.org](http://www.la.refer.org) ».
- [23] **GIOVANNI P.** « La brique fabrication et tradition constructives », édition

EYROLLES, Octobre 2004 .

[24] **CHAUCHE M** « Les ksour » thèse de doctorat Ecole Nationale Polytechnique Alger, Avril 2013 université de Constantine 2008.

[25] **site web** : https://fr.terre.org584_construction

[26] **site web**: https://fr.adobe.org325_khh_construction

[27] **site web**: https://fr.pésie_const_154gg_construction

[28] **site web** : https://fr.BTC_hf;hg658_construction

[29] **ENAG** "Recommandation architecturale" , EDITION Ouvrage, Alger ; 1993

[30] **LIEBARD A.**, "Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable" EDITION Observer , France ; 2005

