

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ahmed Draya Adrar
Faculté Des Sciences et de Technologies
Département Des Sciences et Technologie



Mémoire De Fin D'étude En Vue De L'obtention Du Diplôme :
Master en Génie Civil
Option : Géo-Matériaux et Structures

Présenté Par :

SAOUS Malika
DJERIFILI Tahra

THEME

Etude des propriétés physico-chimiques et
mécaniques des matériaux locaux des trois
régions

Soutenu Le **25/05/2017** Devant Un Membre De Jury Composé De :

Dr.AKACEM Mustapha

Mme.BELAIDI Khadidja

Pr.MEKERTA Belkacem & **MOULAY** Omar Hassan

Président

Examinatrice

Encadreurs

Année Universitaire 2016/2017



REMERCEMENT

*Au terme de ce travail, je tiens à remercier **Dieu** le tout pu issant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.*

Nous tiens à exprimer nos vifs remerdements à tous les professeurs et enseignants pour leur devouement à enseigner à ceux qui, veulent poursuivre leurs études et ameliorer leurs connaissances theoriques.

*Nous adressons nos respectueux et sincères remerdements à professeur **B.MEKERTA** pour m'avoir interesse par la qualite de ses enseignements, encadré , assisté ,m'avoir guide sur les travaux objet de mon mémoire.*

*Nous remercions aussi Monsieur **H. MOULY OMAR**, ingenieur-enseignant, pour sa patience à nous enseigner les travaux pratiques que nous avons suivis pendant toutes les années d'étude; pour sa gentillesse et pour l'aide qu'il a su nous apporter bien au-delà de son travail.*

*Nous remercions également les deux techniciens **Mr. HOTIYA** et **Mr.BOUAFIA** qui nous avons aidé et donné de précieux conseils.*

*Nous remercions aussi monsieur directeur **RACHID RACHID**, et mademoiselle **AICHA BOUID** chef service d'exploitation du **l'ONA**. Pour les moyens qu'il à mis à notre disposition pour pouvoir réaliser ce travail.*

Nous remercions aussi les membres du jury qui nous ferons l'honneur de juger nos travail. Enfin, nous remercions également nos famille , nos amies, pour leur aide Durant nos travail le recherché.

MALIKA

TAHRA



Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَصَلَّى اللَّهُ عَلَى سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ وَعَالِهِ وَصَحْبِهِ وَسَلَّمَ تَسْلِيمًا

*Je dédie ce modeste travail à ce qui me donne les aidées, le courage
en mes études :*

À ma chérie mère : YAMINA

À mon chér père : ABDELKADER

Et ma chère sœur : DOUNIA

À mes frères : ALI et MAROUAN

À tous les familles : SAOUS et ABED.

À mes amies pour leur compréhension et leur

Encouragements.

À tous mes collègues de l'étude.



Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَصَلَّى اللَّهُ عَلَى سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ وَعَالِهِ وَصَحْبِهِ وَسَلَّمَ تَسْلِيمًا

*Je dédie ce modeste travail à ce qui me donne les idées, le courage
en mes études :*

À ma chère mère DIHKAL FATIMA

À mon chère père TAYAB

Et à mes chères sœurs : WASSILA et HADJER.

À mon frère : ESMAIL.

À tous les familles : DJERIFILI et DIHKAL et BAAMMOURI.

À mes amies pour leur compréhension et leur

Encouragements.

À tous mes collègues de l'étude.

Résumé

Ce travail se situe dans le cadre général de la connaissance des propriétés physiques et mécaniques des trois gisements de la wilaya d'Adrar. Ces gisements de tuf, d'argile et de sable concassé sont situés au niveau de la région d'Adrar, Timimoune et Reggan.

Dans le but d'exploiter ces gisements nous sommes intéressés en dernier à situer ses carrières par une initiation au traitement des données de leurs propriétés par l'utilisation du logiciel Map Info. Ces différentes données permettent de cibler les zones à exploiter dans la valorisation des matériaux locaux dans le tracé des routes par exemple.

Mots clés : matériaux locaux d'Adrar, argile, tuf, sable concassé, logiciel MapInfo.

تلخيص

هذا العمل هو في الإطار العام لمعرفة الخواص الفيزيائية والميكانيكية للثلاثة الودائع في ولاية أدرار وتقع هذه الودائع الطف والطين والرمال سحق في منطقة أدرار وتيميمون ورقان. من أجل استغلال هذه الودائع درسنا آخر وضعه مسيرته مع مقدمة لمعالجة البيانات من ممتلكاتهم من خلال استخدام خريطة معلومات البرمجيات. تسمح هذه البيانات لاستهداف المناطق التي سيتم استغلالها في تطوير المواد المحلية في تصميم الطرق على سبيل المثال.

الكلمات المفتاحية المواد المحلية – الطين - الطيف - الرمال السحق- برنامج المعلومات الجغرافية .

Abstract

This work lies within the general framework of knowledge of the physical and mechanical properties of the three deposits of the Adrar wilaya. These deposits of tuff, clay and crushed sand are located in the region of Adrar, Timimoune and Reggan.

In order to exploit these deposits we were interested in the last place to situate its careers by an initiation to the processing of the data of their properties by the use of the Map Info software. These different data make it possible to target the zones to exploit in the valorisation of local materials in the route of roads for example.

Key words: local materials, clay, tuff, crushed sand, MapInfo software.

Sommaire

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les matériaux locaux	
I.1 INTRODUCTION	3
I.2 LES MATERIAUX LOCAUX	3
-Qu'est-ce qu'un matériau local ?.....	3
- Exemple les matériaux locaux	4
I.3 DEFINITION DES MATERIAUX LOCAUX UTILISENT	4
I.3.1 Tuf	4
I.3.2 Définition des tufs	4
I.4 FORMATION DES TUFES.	4
I.4.1 Les idées anciennes	4
I.4.2 Les idées récentes	5
I.5 HYPOTHESES DE FORMATION	6
I.6 CLASSIFICATION DES TUFES CALCAIRES	7
I.6.1 Classification selon la teneur en carbonate de calcium(CaCO₃)	7
I.6.2 Classification selon le processus pédologique	9
I.7 UTILISATION DES TUFES CALCAIRES ENCONSTRUCTIONS ROUTIERES ...10	
I.7.1 Assises de chaussées	10
I.7.1.1 Les couches d'assise comprennent	10
I.7.1.2 Les couches de surface comprennent	11
I.7.2 Remblais	11
I.8 ARGILE	12
I.8.1 Définition des argiles	12
I.8.2 Compositions minéralogiques des argiles	12
I.8.2.1 Classification	13
I.8.2.2 Composition chimique	13
I.9 STRUCTURE DE L'ARGILE	13
I.9.1 Structure minéralogique des argiles	13
I.9.2 Structure moléculaire microscopique des argiles	15
I.10 PROPRIÉTÉS DES ARGILES	16
I.10. 1 La surface spécifique	16
I.10.2 Activité des argiles	17
I.11 SABLE CONCASSE	18

I.11.1 Définition des sables concassés (grave)	18
I.11.2 Dénomination et spécifications	18
I.11.3 Caractéristiques des granulats	18
I.12 CONCLUSION	18

Chapitre II : Présentation des matériaux locaux étudiés.

II.1 INTRODUCTION	20
II.2 LOCALISATION DES DIFFÉRENTES CARRIÈRES	20
II.2.1 Matériaux locaux de la région d’Adrar	20
II.2.1.1 Adrar	20
II.2.1.2 Situation	20
II.2.1.3 Communes limitrophes d’Adrar	20
Carrière de tuf	21
Carrière d’argile Adrar	22
Carrière sable concassé d’Adrar	22
II.2.2 Matériaux locaux de la région de Timimoune	23
II.2.2.1 Timimoune	23
II.2.2.2 Situation	23
II.2.2.3 Communes limitrophes de Timimoune	23
Carrière de tuf Timimoune	24
Carrière d’argile Timimoune	24
Carrière sable concassé Timimoune	25
II.2.3 Matériaux locaux de la région de Reggan	25
II.2.3.1 Reggan	25
II.2.3.2 Situation	25
II.2.3.3 Communes limitrophes de Reggan	25
Carrière de tuf Reggan	26
Carrière d’argile Reggan	27
II.3 Conclusion	27

Chapitre III : Identification et classification des matériaux locaux

III.1 INTRODUCTION.....	29
III.2 RECONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE.....	29
III.3 ETUDE D'IDENTIFICATION GEOTECHNIQUE DES MATERIAUX LOCAUX UTILISES	29
III.3.1 Caractérisation physico-chimique des matériaux.....	31
III.3.1.1 Tuf.....	31
III.3.1.1.1 1 ^{er} essai : Analyse granulométrique(EN 933-1).....	31
III.3.1.1.2 2 ^{ème} essai : Bleu méthylène à la tâche (NF EN94-068).....	33
III.3.1.1.3 3 ^{ème} essai : Equivalent de sable (EN 933-8).....	35
III.3.1.1.4 4 ^{ème} essai: La masse volumique apparente (ρ_{app}).....	36
III.3.1.1.5 5 ^{ème} essai: Le poids volumique absolue (EN 1097-6).....	37
III.3.1.1.6 6 ^{ème} essai : Détermination du pourcentage de carbonate de calcium (CaCO ₃).....	38
III.3.1.1.6.1 Classification.....	39
III.3.1.1.7 7 ^{ème} essai: Les limites d'Atterberg (NF P946051).....	40
III.3.1.1 8 ^{ème} essai : Compactage des sols (NF P94-093).....	44
III.3.1.1.9 9 ^{ème} essai CBR: Détermination de la portance du sol compacté (NF P94-078).....	46
III.3.1.2 Les Argiles.....	51
III.3.1.2.1 Essai au bleu de méthylène.....	51
III.3.1.2.2 Analyse granulométrique par sédimentométrie.....	52
III.3.1.2.3 Les limites d'Atterberg.....	54
III.3.1.2.4 Détermination du pourcentage de carbonate de calcium(CaCO ₃)	58
III.3.1.2.5 La poids volumique absolue.....	58
III.3.1.2.6 Essai de la limite de retrait.....	59
III.3.1.2.7 Essai Proctor.....	60
III.3.1.3 Les sable concassés.....	63
III.3.1.3.1 Essai au bleu de méthylène.....	63
III.3.1.3.2 Essai d'équivalent de sable.....	64
III.3.1.3.3 Analyse granulométrique par tamisage sec.....	64
III.3.1.3.4 Essai du poids volumique absolue.....	66
III.3.1.3.5 la masse volumique apparente (ρ_{app}).....	66
III.3.1.3.6 Détermination du pourcentage de carbonate de calcium (CaCO ₃).....	67

III.3.1.3.7 Essai Proctor.....	67
III.3.1.3.8 Essai C.B.R.....	69
III.4 CARACTERISATION MECANIQUE.....	72
III.4.1 Mesure du potentiel de gonflement.....	72
III.4.1.1 Mesure indirecte du potentiel de gonflement.....	72
III.4.1.1.1 Généralités.....	72
III.4.1.1.2 Classifications.....	72
III.4.1.1.2.a Classifications selon un seul paramètre.....	73
III.4.1.1.2.b Classifications selon deux paramètres.....	73
III.4.2 Essais de résistance au cisaillement (NF P94-071-1).....	74
III.4.2.1. Essai de cisaillement direct.....	74
III.4.2.2 Mesure des paramètres de cisaillement.....	75
III.4.2.2.1 Tuf.....	75
III.4.2.2.2 Les argiles.....	77
III.4.3 Essai de résistance à la compression simple.....	79
III.4.3.1:Les tufs.....	80
III.4.3.2:Les sables concassée.....	80
III.5 CONCLUSION.....	81
III.5.1 Classification des sols.....	81

Chapitre IV Initiation au traitement des données par l'utilisation du logiciel MapInfo.

IV.1 INTRODUCTION	85
IV.2 DEFINITION MAPINFO (système information géographique)	85
IV.2.1 Les données du logiciel MapInfo.....	85
IV.2.2 Modèle en couche MapInfo	86
IV.3 LES ÉTAPES LOGICIELES MAP INFO.....	87
IV.3.1 Google Earth	87
IV.3.2 Global Mapper	88
IV.4 L'APPLICATION DU LOGICIEL MAPINFO.....	89
IV.4.1 Première étape Google Earth	90
IV.4.2 Deuxième étape Global mapper	91
IV.4.3 Troisième étape application MapInfo.....	99
IV.5 CONCLUSION	102

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES103

LES ANNEXES.

Liste des symboles

T_c : Tamisât cumulé.

R_c : Refus cumulé.

M : La masse des échantillons.

D : Diamètre maximale de tamis.

C_c : Coefficient de courbure.

C_u : Coefficient d'uniformité.

S_{st} : La surface spécifique totale.

VBS: La valeur au bleu de méthylène.

C_d : La fraction globale 0/D.

ES_v : Equivalant de sable visuel.

ES_p : Equivalant de sable au piston.

ρ_{app} : La masse volumique apparente.

V : Le volume de moule.

ρ_{abs} : La masse volumique absolue.

γ_w : Le Poids volumique de l'eau.

WL : Limite de liquidité.

WP : Limite de plasticité.

I_p : Indice de plasticité.

γ_d : Le Poids volumique sec.

γ_s : Le Poids volumique des grains solides.

σ : La contrainte normale.

τ : La contrainte tangentielle.

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

Classification G.T.R : Guides des Travaux routiers.

Liste des figures

Chapitre I Synthèse bibliographique sur les matériaux locaux.

Figure I.1 : schéma de circuit de la formation des tufs calcaires.....	6
Figure I.2 : classification des encroutements calcaires à partir du processus pédologique.....	10
Figure I.3 : représentation schématique d'un tétraèdre.....	14
Figure I.4 : Couches tétraédriques et octaédriques.....	14
Figure I.5 : Représentation de la structure minéralogique d'une particule d'argile.....	15

Chapitre II Présentation des matériaux locaux étudiés.

Figure II.1 : Communes limitrophes d'Adrar.....	20
Figure II.2 : Géo localisation d'Adrar sur la carte d'Algérie.....	21
Figure II.3 : Localisation du site de la carrière du tuf (image satellite).....	21
Figure II.4 : Localisation du site de la carrière d'argile (image satellite).....	22
Figure II.5 : Localisation du site de la carrière du sable concassé (image satellite)	22
Figure II.6 : Communes limitrophes de Timimoune.....	23
Figure II.7 : Géo localisation de Timimoune sur la carte d' <u>Algérie</u>	23
Figure II.8 : Localisation du site de la carrière du tuf (image satellite).....	24
Figure II.9 : Localisation du site de la carrière d'argile (image satellite).....	24
Figure II.10 : Localisation du site de la carrière du sable concassé (image satellite).....	25
Figure II.11 : Communes limitrophes de Reggan.....	25
Figure II.12 : Géo localisation de Reggan sur la carte d' <u>Algérie</u>	26
Figure II.13 : Localisation du site de la carrière du tuf (image satellite).....	26
Figure II.14 : Localisation du site de la carrière d'argile (image satellite).....	27

Chapitre III Identification et classification des matériaux locaux.

Figure III.1: Courbe granulométrique du tuf pour les trois régions.....	32
Figure III.2: la limite de liquidité du tuf Timimoune.....	41
Figure III.3: la limite de liquidité du tuf Reggan.....	42
Figure III.4: la limite de liquidité du tuf Adrar.....	42
Figure III.5: Classification des sols (tuf) sur le diagramme de Casagrande.....	43
Figure III.6: Courbe de Proctor modifié du tuf Timimoune.....	45
Figure III.7: Courbe de Proctor modifié du tuf Reggan.....	45
Figure III.8: Courbe de Proctor modifié du tuf Adrar.....	46

Figure III.9: Courbe effort-déformation du poinçonnement IPI (tuf Timimoune).....	48
Figure III.10: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.C.B.R (tuf Timimoune).....	48
Figure III.11: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.P.I (tuf Adrar).....	49
Figure III.12: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.C.B.R (tuf Adrar).....	49
Figure III.13: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.P.I (tuf Reggan).....	50
Figure III.14: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.C.B.R (tuf Reggan).....	50
Figure III.15: les Courbes granulométriques des trois sols.....	53
Figure III.16: Courbe de l'essai de limite de liquidité d'argile Timimoune.....	55
Figure III.17: Courbe de l'essai de limite de liquidité d'argile Reggan.....	55
Figure III.18: Courbe de l'essai de limite de liquidité d'argile Adrar.....	56
Figure III.19: Classification des sols fins sur le diagramme de Casagrande.....	56
Figure III.20: Courbe de Proctor Modifié d'argile Reggan.....	61
Figure III.21 : Courbe de Proctor Modifié Argile Timimoune.....	61
Figure III.22 : Courbe de Proctor Modifié d'argile Adrar.....	62
Figure III.23: Courbe analyse granulométrique des deux sables concassés (Timimoune et Adrar).....	65
Figure II.24: Courbe de Proctor Modifié du sable concassée Timimoune.....	68
Figure III.25: Courbe de Proctor Modifié du sable concassée Adrar.....	68
Figure III.26: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.P.I (sable concassée Timimoune).....	69
Figure III.27: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.C.B.R. (sables concassée Timimoune).....	70
Figure III.28: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.P.I (sables concassés Adrar).....	70
Figure II.29: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.P.I (sables concassés Adrar).....	71
Figure II.30: Courbe intrinsèques pour tuf Timimoune.....	75
Figure II.31 : Courbe intrinsèques pour tuf Reggan.....	76
Figure II.32: Courbe intrinsèques pour tuf Adrar.....	76
Figure II.33: Courbe intrinsèques pour l'argile Timimoune.....	77
Figure II.34: Courbe intrinsèques pour l'argile Reggan.....	78
Figure II.35: Courbe intrinsèques pour l'argile Adrar.....	78

Chapitre IV Initiation au traitement des données par l'utilisation du logiciel MapInfo.

Figure IV.1 : modèle de couche rasters.....	86
Figure IV.2 : modèle de couche vecteur (point-ligne-polygone).....	87

Figure IV.3 : image google earth.....	88
Figure IV.4 : images les données vectorielles.....	88
Figure IV.5 : image créer une vue 3D de la carte.....	89
Figure IV .6 : les données dans Global Mapper.....	89
Figure IV.7 : Sélectionné la carrière des gisements (Timimoune) sur la carte géographique.....	90
Figure IV.8 : Enregistrement l'image dans le fichier de type kml.....	90
Figure IV.9 : Enregistrement l'image en format jpg.....	91
Figure IV. 10 : Ouverture logiciel global mapper.....	91
Figure IV.11 : Les choix de la fenêtre de l'outil configuration.....	92
Figure IV.12 : Enregistrement sur le type de fichier UTM.....	92
Figure IV. 13 : La projection de l'image qui choisie.....	93
Figure IV.14 : ouvrir le fichier "Kml ".....	93
Figure IV. 15 : Détermine les coordonnées de l'image Timimoune.....	94
Figure IV. 16 : la correction de projection de l'image Timimoune.....	94
Figure IV. 17 : sélectionné la carte de Timimoune de type Kml.....	95
Figure IV. 18 : sélectionné les coins de l'image.....	95
Figure IV. 19 : calage l'image à laide des coordonnées.....	96
Figure IV.20 : Affichage l'image sur global mapper.....	96
Figure IV.21 : Options d'affichage lorsque vous cliquez sur la sélection et de remplissage raster d'exportation et cliquez sur le geotiffe d'exportation.....	97
Figure IV.22 : Affichage des choix Option d'exportation du géotiffe.....	97
Figure IV.23 : En cliquant sur Dessiner une boîte.....	98
Figure IV.24 : Voir la boîte cette taxe.....	98
Figure IV. 25 : ouvrir logiciel Mapinfo et extraction le fiché de la carte Timimoune.....	99
Figure IV.26 : crée les données.....	99
Figure IV.27 : Affiché les résultats de couche physique.....	100
Figure IV.28 : Affiché les résultats de couche mécanique.....	100
Figure IV.29 : Affiché le résultat final de gisement Timimoune.....	101
Figure IV.30 : Affiché le résultat final de gisement Reggan.....	101
Figure IV.31 : Affiché le résultat final de gisement Adrar.....	102

Liste de photos

Chapitre I Synthèse bibliographique sur les matériaux locaux.

Photo I.01 : Sable concassé.....	4
Photo I.02 : Argile.....	4
Photo I.03 : Tuf.....	4

Chapitre III Identification et classification des matériaux locaux.

Photo III.01 : Séparation des dimensions des grains.....	31
Photo III .02: Réalisation l'essai au bleu méthylène pour les tufs.....	33
Photo III.03: Appareil d'agitation et l'éprouvette d'équivalent du sable.....	35
Photo III.04: Réalisation l'essai γ_{ab} pour les tufs.....	37
Photo III.05: Appareillage de l'essai de la teneur en (CaCO_3).....	39
Photo III.06: Mode opératoire de limites d'Atterberg.....	40
Photo III.07: Matériels d'essai Proctor modifié.....	44
Photo III.08: Machine automatique pour poinçonnement CBR.....	47
Photo III.09: Test de la tache pour les argiles.....	51
Photo III.10: Matériel de l'essai sédimentométrique.....	52
Photo III.11: mode opératoire des limites d' Atterberg.....	54
Photo III.12: Mode opératoire de l'essai du poids volumique absolue des argiles.....	58
Photo III.13: Mode opératoire de la limite du retrait des argiles.....	60
Photo III.14: compactage des chaque couche par Proctor modifié.....	60
Photo III.15: Papier filtre de l'essai au bleu méthylène du sable concassé du sable concassé Timimoune.....	63
Photo III.16: Éprouvette de équivalent de sabl.....	64
Photo III.17: Séparation des dimensions des grain.....	64
Photo III.18: Mode opératoire de l'essai du poids volumique absolue de sable concassé.....	66
Photo III.19: Moule de l'essai la masse volumique apparente et arasage des échantillons....	66

Photo III.20: préparation et compactage des échantillons.....	67
Photo III.21: L'essai de cisaillement à la boîte.....	75
Photo III.22: Compactage des éprouvettes dans la presse CBR.....	80
Photo III.23: Démoulages et écrasements des éprouvettes de sables concassé... ..	80

Liste des tableaux

Chapitre I Synthèse bibliographique sur les matériaux locaux.

Tableau I.1 : Classification d'encroutements proprement dits.....	8
Tableau I.2 : Critères d'utilisation des tufs calcaires en Algérie (pour assises de chaussées et aux remblais).....	12
Tableau I.3: Surface spécifique des particules argileuses.....	16
Tableau I.4: Activité de différents minéraux (Skempton, (1953) et (1976 Mitchell)).....	17

Chapitre III : Identification et classification des matériaux locaux.

Tableau III.1: Les résultats d'analyse granulométrique de tuf du trois région.....	32
Tableau III.02: Les résultats de l'essai au bleu de méthylène et surface spécifique totale....	34
Tableau III.3: Classification du sol selon le bleu.....	34
Tableau III.4: Classification du tuf selon la valeur du bleu.....	35
Tableau III.5: Nature et qualité du sable en fonction de l'ES.....	36
Tableau III.6: Résultats de l'équivalent de sable des tuf.....	36
Tableau II.7: Les résultats de la masse volumique apparente des tufs.....	37
Tableau III.8 : les résultats de le poids volumique absolue des tufs.....	38
Tableau III.9: Classification de quelque sol en fonction le % CaCO_3	39
Tableau III.10 : Les valeurs du pourcentage de CaCO_3 des différents sols des carrières des régions.....	39
Tableau III.11: Les résultats de l'essai des limites d'Atterberg de tuf de trois régions.....	41
Tableau III.12: Classification du sol selon l'indice de plasticité.....	43
Tableau III.13: les résultats de l'essai Proctor pour les trois régions.....	46
Tableau III.14: Caractéristique de portance des sols.....	51
Tableau III.15: Résultat de l'essai au bleu de méthylène et surface spécifique totale.....	51
Tableau III.16: classification du sol selon le bleu.....	52
Tableau III.17: pourcentage des particules $< 2\mu\text{m}$	53
Tableau III.18: Les limites d'Atterberg des argiles étudiées	54
Tableau III.19: Présentation des résultats portés sur le diagramme de Casagrande.....	57
Tableau III.20: Activités des argiles étudiées.....	57
Tableau III.21: Nature des sols d'après la classification de Skempton.....	57

Tableau III.22: Les valeurs du pourcentage de CaCO ₃ des différents sols des carrières des régions.....	58
Tableau III.23: les résultats de la masse volumique absolue des argiles.....	59
Tableau III.24 : Poids volumiques secs de quelques minéraux Withman et Lambeinin (Costet et Sanglérat,1983).....	59
Tableau III.25: les résultats de la limite du retrait des argiles.....	60
Tableau III.26: caractéristique de compactage des sols.....	62
Tableau III.27: Résultats de l'essai au bleu de méthylène de sable concassée.....	63
Tableau III.28: les résultats d'équivalent du sable des sables concassée.....	64
Tableau III.29: Les résultats de cette analyse granulométrique des sables concassée.....	65
Tableau III.30: les résultats de le poid volumique absolue des sables concassée.....	66
Tableau III.31: Les résultats de la masse volumique apparent des sables concassés.....	67
Tableau III.32: Les valeurs du pourcentage de CaCO ₃ des différents sables concassée des carrières des régions.....	67
Tableau III.33 : caractéristique de compactage des sables concassée.....	69
Tableau III.34: Caractéristique de portance des sables concassées.....	71
Tableau III.35: Evaluation du potentiel de gonflement à partir de l'indice de plasticité (D'après Mouroux et al ,1988).....	72
Tableau III.36: Degré d'expansion en fonction de limite de liquidité et l'indice de plasticité (D'après Snethen et al ,1977).....	73
Tableau III.37: Classification du potentiel de gonflement selon un seul paramètres.....	73
Tableau III.38: Classification du potentiel de gonflement selon deux paramètres.....	73
Tableau III.39: Paramètres de résistance aux cisaillements des tuf.....	77
Tableau III.40 : Paramètres de résistance C et ϕ des tufs.....	77
Tableau III.41: Paramètres de résistance aux cisaillements des argiles.....	79
Tableau III.42 : Paramètres de résistance C et ϕ des argiles.....	79
Tableau III.43: Résultats de la résistance à la compression simple des tufs.....	80
Tableau III.44: Résultats de la résistance à la compression simple des sables concassé.....	81

INTRODUCTION GÉNÉRAL

Vu le besoin grandissant en matériaux de construction de chaussées, cette contrainte qui consistait à utiliser des matériaux spécifiques, particulièrement des graves « nobles », n'a pas pu être respectée car dans certaines régions ces matériaux sont rares, voire même inexistantes. Il s'agit de cibler les zones sahariennes par la connaissance des gisements à exploiter. Les tufs d'encroûtements font partie des matériaux disponibles en grande quantité, ainsi que les sables concassés et les argiles.

Le mémoire est structuré en quatre chapitres :

Le premier chapitre aborde les généralités sur les matériaux locaux à étudier.

Le deuxième chapitre s'intéresse à la localisation de différentes carrières se trouvant à la région d'Adrar, Timimoune et Reggan.

Dans le troisième chapitre, il s'agit de déterminer les propriétés physico-chimiques et mécaniques des différents matériaux locaux des gisements à exploiter.

Dans le quatrième et dernier chapitre, nous nous sommes intéressés à une initiation à l'analyse des données des propriétés des matériaux locaux par l'utilisation du logiciel MapInfo dans le but de cibler les zones à exploiter.

Les conclusions et les perspectives de nos travaux de recherche sont aussi mentionnées dans ce mémoire.

Chapitre I

I.1 INTRODUCTION :

Actuellement la valorisation des matériaux locaux ont fait l'objet de plusieurs travaux de recherches ces dernières années dans le monde particulièrement dans la géotechnique et le bâtiment.

Alors que depuis les temps l'utilisation des matériaux locaux a été adoptée dans la construction basée sur l'art mais sans aucune base scientifique.

Dans ce chapitre, on va s'intéresser à la connaissance des propriétés physiques, chimiques et mécaniques, ainsi qu'à la localisation des matériaux locaux (tufs, argile et le sable concassée) au niveau de la région d'Adrar à travers les carrières de trois gisements (Adrar, Timimoune et Reggan).

I.2 LES MATERIAUX LOCAUX :

L'histoire des matériaux de construction remonte à plusieurs millénaires. Son apparition précoce et son développement sont liés aux ressources offertes par la géologie, notamment aux matières premières nécessaires à l'industrie humaine, qui doivent être largement disponibles, peu onéreuses, faciles à exploiter et à transporter. Ces matières premières consistent principalement en matériaux dits de « carrière » : pierres et granulats, sable, calcaires, argile, gypses, feldspaths,.....etc, qu'ils soient exploités à l'air libre ou en souterrain. Ces matériaux ont été mis en œuvre suivant différentes techniques, selon les régions et en fonction de leurs caractéristiques pour les améliorer.

Un grand nombre de matériaux est connu depuis fort longtemps, leurs études a début très tard, car l'homme a disposé rapidement d'une grande variété de substances pour tous ses besoins courants, sans avoir à entamer des recherches approfondies.

Qu'est-ce qu'un matériau local ?

C'est un matériau qui répond aux critères environnementaux ou socio-environnementaux tout au long de son cycle de vie (c'est-à-dire de sa production à son élimination ou recyclage). Un matériau local peut être défini par son lieu d'extraction et son lieu de production. On se base sur la définition que donne le conseil canadien du bâtiment durable, la certification LEED-NC [1] propose de fixer la limite géographique pour définir un matériau local à 800Km, et à 2400Km si le transport est effectué par bateau au niveau des zones côtières.

Ces matériaux présentent de nombreux avantages, création d'emplois locaux et les non-dés localisables, qualité de vie dans l'habitat et pour les ouvriers lors de la construction bonne.

Les conséquences environnementales, moindre ponction sur les ressources naturelles, diminution de l'empreinte écologique de la construction, du bilan en termes d'émissions de gaz à effet de serre [1].

- Exemple les matériaux locaux :**Photo I.01 :** Sable concassé.**Photo I.02 :** Argile.**Photo I.03 :** Tuf.**I.3 DEFINITION DES MATERIAUX LOCAUX UTILISENT :****I.3.1 Tufs :**

Les travaux routiers actuellement utilisent dans plusieurs pays des matériaux calcaires d'origine. Beaucoup de ces matériaux appartiennent à la famille des croutes calcaires, en ce qui concerne les caractéristiques géotechniques et leurs comportements dans les travaux routiers.

I.3.2 Définition des tufs :

Les tufs se définissent comme des roches friables, poreuses, légères et de couleur claire. Ces roches sont de constitution variable et résultent d'un certain nombre d'échanges par dissolution et précipitation, les tufs se regroupent en trois catégories : [2].

- les tufs calcaires ;
- les tufs gypseux ;
- les tufs mixtes.

I.4 FORMATION DES TUFES :**I.4.1 Les idées anciennes**

Les pédologues ont été les premiers à étudier les croutes calcaires en Algérie. L'étude pédologique a abouti à une restauration satisfaisante des sols en croutes.

Nous citons dans cette optique les définitions de plusieurs pédologues : [2]

. Renou (1848) :

L'usage du terme croute que c'est un enduit de surface qui recouvre tous les terrains d'eau douce et qui suit toutes les ondulations de la surface.

. Ludovic (1852) :

Définit cette formation comme étant un calcaire terreux qui recouvre une grande partie de l'Algérie, comme un immense linceul blanc.

. Durant (1963) :

Distingue plusieurs sortes de croutes :

1- les croutes zonaires.

2- les formations pulvérulentes
calcaires.

3- les encroûtements .

4- les nodules.

1- Les croûtes zonaires :

La croûte zonaire se serait formée par dépôt calcaire, précipité au sein d'une nappe d'eau chargée de bicarbonate de calcium ruisselant en nappe sur des pentes douces favorisant son étalement et l'évasion du gaz carbonique. Ce ruissellement était discontinu et permettait aux feuillettes de croutes de durcir par exposition à l'air.

2- Les formations pulvérulentes :

C'est un calcaire pulvérulent blanc à fort pourcentage en carbonate de chaux comportant des granules plus durs et parfois surmontés par une ligne pellicule zonaire.

3- Les encroûtements :

Ce sont des formations côtières sableuses à ciment calcaire.

4- Les nodules :

Ce sont des amas de calcaires pouvant être farineux. On les retrouve soit dans le calcaire pulvérulent soit à l'air libre. Ils proviendraient du calcaire des horizons supérieurs. Le dépôt se ferait lorsque le milieu deviendrait moins perméable.

I.4.2 Les idées récentes:

Que se soit dans les formations dans les horizons pédologiques qui se développent au sommet de ces formations, le calcaire peut être individualisé de trois façons différentes :

a- distribution diffusée ;

b- distribution discontinue ;

c- distribution continue ;

a -Distribution diffusée :

Dans ces horizons le calcaire n'est pas visible à l'œil nu, elles ont des dimensions égales ou inférieures au millimètre et distribuées au hasard dans le sol. La couleur du sol n'est pas modifiée par la présence très faible du calcaire.

b - Distribution discontinue :

La concentration du calcaire est visible à l'œil nu sous forme de veines très fines ou sous forme plus ou moins durs.

c - Distribution continue :

Elles sont constituées par différentes couches de calcaire différencié. La partie la plus calcaire est appelée carapace calcaire, elle varie latéralement d'une manière imprévue, en fonction des conditions topographiques et hydrogéologiques. Cette carapace passe dans sa partie supérieure à un horizon de terre végétale, et sa partie inférieure à un horizon à taches et granules et au sol d'assises original.

I.5 HYPOTHESES DE FORMATION :

La formation des encroutements calcaires est due à la cimentation du sol par carbonate de calcium. Dans la nature, l'origine des calcaires est soit chimique ou biologique. La formation chimique dépend de l'abondance du CO₂ dans l'eau. Dans ce dernier, le phénomène est régi par les équations chimiques suivantes : [2]



(Insoluble)

(Soluble)

Quant à la formation biologique des calcaires, elle est due à de nombreux organismes qui sécrètent directement le calcaire (CaCO₃) pour leurs squelettes ou coquilles. C'est l'origine essentielle des calcaires.

Le CaCO₃ qui contribue à la formation des encroutements calcaires provient de la solubilisation des hauts massifs. La figure I.1 représente schématiquement le circuit qui aboutit à la création des encroutements calcaires.

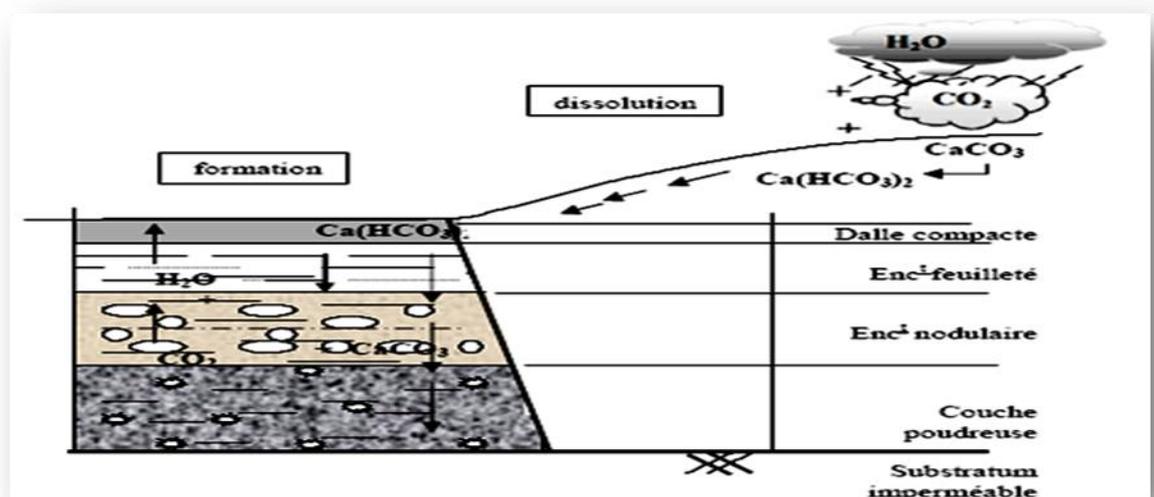


Figure I.1 : Schéma de circuit de la formation des tufs calcaires [3].

L'eau est d'autant plus chargée que sa température est plus faible et son mouvement plus lent. Une fois arrivée dans une plaine ou un plateau, l'eau s'infiltré dans le sol pendant la saison sèche, le niveau de la nappe commence à baisser sous l'effet de l'évaporation et surtout de la végétation.

A ce moment on assiste au phénomène de capillarité due à la tension superficielle caractérisée par le potentiel capillaire. Cette pression négative est nécessaire pour la précipitation du calcaire selon la réaction suivante :



L'élévation de la température accélère la réaction mais la dépression joue un rôle fondamental.

I.6 CLASSIFICATION DES TUFS CALCAIRES :

I.6.1 Classification selon la teneur en carbonate de calcium(CaCO₃) :

Cette classification est montrée dans le tableau I.1. [2]

Tableau I.1 : Classification des encroutements.

Dénomination		Description	Teneur en CaCO_3 (%)	Epaisseur	Rapports mutuels
Encroutements non feuilletés	Encroutements massifs	Structure massives ou polyédrique	>60	0,3 à 2,0 m (le plus souvent)	Sous les encroutements non feuilletés, il y a toujours des amas friables avec ou sans nodules
	encroutements nodulaires	Structure nodulaire et polyédrique			
Encroutements feuilletés	Croutes sensu strictu	Feuillets superposés et discontinus d'encroutement massif ou nodulaire d'épaisseur millimétrique à centimétrique croissant du bas en haut	>70	Quelques centimètres à >1 m	Sous les croutes, il ya presque toujours des encroutements non feuilletés. Les dalle compactes n'existant qu'au sommet des croutes et peuvent remplacer entièrement celle-ci. Des pellicules rubanées sont presque toujours associé à la dalle compacte dont elles tapissent la surface supérieur et les fissures.
	Dalles compactes	Feuillets de croute pétrifiés, épaisseur de quelques centimètres à la plusieurs décimètres			

On propose trois catégories :

1 - Distribution diffuses :

La teneur en calcaire est très faible. Le calcaire n'est pratiquement pas visible à l'œil nu.

2 - Concentrations discontinues :

La teneur en calcaire devient plus élevée (40 à 60 %), les concentrations de calcaire se présentent sous la forme de nodule dure de 1 à quelque cm³ ou sous forme de module, ou d'amas friable qui s'écrasent facilement.

3 - Concentrations continues :

Lorsque la concentration en calcaire se poursuit (teneur en CaCO₃ > 60%) elle devient continue, on a alors affaire aux encroutements calcaires proprement dits. Cette classe est résumée dans le tableau I.1 ci-dessus.

I.6.2 Classification selon le processus pédologique :

Le phénomène pédologique qui progressivement transforme les différents horizons des sols. L'évolution finale du processus de formation des croutes calcaires est montrée sur la (figure I.2). A ce stade, la formation comprend les horizons suivants :

- Horizon A :

Pauvre en calcaire, c'est la terre végétale d'une épaisseur de 30 à 50 cm.

- Horizon B :

Riche en calcaire (40% à 90 %) d'une épaisseur de 1 à 2m, il est constitué de trois couches de haut en bas, d'une dalle compacte très dure à forte teneur en carbonate, d'une croute constituée de feuillets de dureté plus faible que la dalle et d'un encroutement nodulaire, qu'il s'agit de nodules de calcaires durs pris dans une grange calcaire plus au moins pulvérulente.

- Horizon C :

C'est le sol origine, on est en présence d'un matériau poudreux ou l'enrichissement en calcaire est faible.

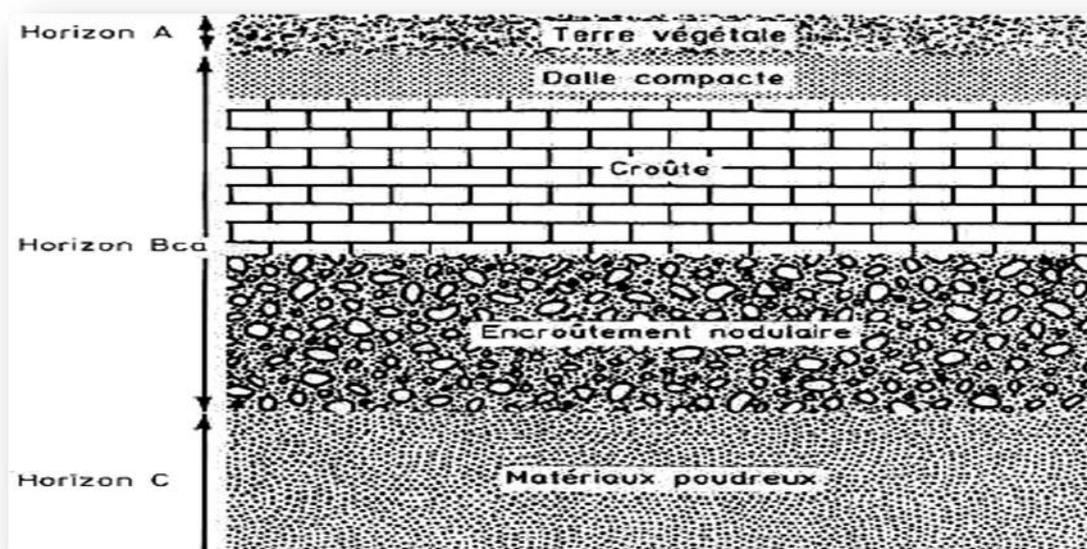


Figure I.2 : Classification des encroutements calcaires à partir du processus pédologique. [3]

I.7 UTILISATION DES TUF CALCAIRES EN CONSTRUCTIONS ROUTIERES:

Selon ses caractéristiques, les tufs calcaires pouvant être utilisés dans le cas les plus divers comme : [2]

- Couches de fondation, couches de base, couches de forme, accotement.
- Pistes agricoles, routes moyennement ou fortement circulées et même autoroutes.
- Remblais.

Actuellement l'utilisation la plus courante est la réalisation des couches d'assises (fondation et base) de routes moyennement ou faible trafics.

Les spécifications d'utilisation des tufs calcaires en construction routière en Algérie sont comme suit :

I.7.1 Assises de chaussées :

- La nomenclature des couches

I.7.1.1 Les couches d'assise comprennent :

- La couche de base :

C'est la couche située sous la couche de surface assurant une protection thermique de la plate-forme (couche de forme) et une capacité portant le revêtement, elle est destinée à répartir les efforts dus aux charges verticales.

- La couche de fondation :

C'est la couche située sous la couche de base, destinée à répartir les efforts dus aux charges verticales sur le sol de fondation et à former le support du revêtement. Elle assure ensemble la couche de base et la protection thermique de la plate-forme.

- L'accotement :

C'est la plate forme contiguë à la chaussée, renforcée ou non permettant l'immobilisation des véhicules. Le fossé est une partie de la route formant une tranchée ouverte dans le terrain, servant à la récolte et l'évacuation des eaux de surface.

- La couche de forme :

Elle est constituée de matériaux sélectionnés, de matériaux rapportés (remblais) ou réalisée par un traitement spécial destiné à améliorer les caractéristiques du terrain. Elle assure la protection du sol support et contribue à l'homogénéisation des caractéristiques portantes.

- Le fond de forme (sol support) :

C'est l'ensemble des matériaux en place, existant avant les terrassements ou à défaut le déblai, qui est l'ensemble des matériaux en place obtenu après excavation.

I.7.1.2 Les couches de surface comprennent :**- La couche de roulement :**

C'est la couche supérieure de la route sur laquelle s'exerce directement les agressions combinées du trafic et du climat. Elle attribue à la chaussée les caractéristiques suivantes : adhérence, drainabilité, uni, bruit de roulement.

- La couche de liaison (binder) :

Est la couche intermédiaire entre la couche de roulement et la couche de base. Elle contribue à l'amélioration de la chaussée et renforce la protection mécanique, thermique et hydraulique de l'assise par imperméabilisation. Elle supporte principalement les efforts tangentiels et assure un rôle primordial contre la formation d'ornières.

I.7.2 Remblais :

Le tableau I-2 suivant résume quelques critères pour l'utilisation des tufs calcaires en assise de chaussées et en remblais. [2]

Tableau I.2 : Critères d'utilisation des tufs calcaires en Algérie (pour assises de chaussées et en remblais).

	Assises de chaussées		Remblais
	Couche de fondation	Couche de base	
Granulométrie	Suivant le fuseau	Suivant le fuseau	Ne doit pas être serrée
Limite de liquidité	20 % < WL < 30%	20% < WL < 30%	WL < 45 %
Indice de plasticité	5% < IP < 10%	5% < IP < 10%	IP < 16%
Equivalent de sable	20% < ES < 35%	20% < ES < 40%	15% < ES < 40%
Teneur en carbonate	CaCO ₃ > 45%	CaCO ₃ > 45%	CaCO ₃ > 30%
CBR imbibé	CV > 20(1)	CV > 20(1)	CBR > 14
	CW > 30(2)	CW > 30(2)	
	RN > 35(3)	RN > 35(3)	
Densité sèche maximale	-	-	$\gamma_d \text{ max} > 1,6 \text{ g/cm}^3$
Teneur en eau optimale	-	-	W _{opt} < 16%

I.8 ARGILE :

L'argile est définie comme étant un matériau cohérent dont l'état physique dépend de la quantité d'eau ajoutée au matériau et passe de l'état liquide à l'état solide. Elle est formée de particule invisible à l'œil nu de dimensions inférieures à 2 μm en général. [4]

I.8.1 Définition des argiles :

Ce sont des silicates d'Alumine hydraté, de faible perméabilité, ses paquettes sont invisibles à l'œil nu et soudées par des forces de cohésion, permettant de former une pâte. Certaines argiles telles que la montmorillonite ont l'aptitude de gonfler suite à l'absorption de l'eau, et sont appelées argiles gonflantes ou argiles expansives. [4]

I.8.2 Compositions minéralogiques des argiles :

En minéralogie, le terme argile s'exprime par un groupe de minéraux appartenant à la famille des aluminosilicates plus au moins hydratés, de taille généralement inférieur à 2 μm et avec une texture phyllithes ou fibreuse. [5]

I.8.2.1 Classification :

Les principaux composants minéralogiques des roches argileuses sont : [6]

- Minéraux argileux (phyllo silicates) dominant.
- Quartz : micro quartz d'origine éolienne ; jusqu'à 30% de la roche calcédoine. Opale : forme mal cristallisée et hydratée de la silice.
- Oxydes de fer, (pyrite) en milieu réducteur.
- Sulfure (oxyde d'aluminium sous climat chaud et humide).
- Matière organique. [6]

Les argiles les plus utilisées sont majoritairement composées d'illite et de montmorillonite. L'argile est riche en sels minéraux (aluminium, calcium, fer, magnésium.....).

La couleur de l'argile varie en fonction des minéraux qu'elle contient. L'argile peut être grise, verte ou rouge. La couleur ne fait pas le produit puisqu'il est possible de trouver des argiles d'aspect identique mais de qualité différente. [6]

I.8.2.2 Composition chimique :

Les argiles, les autres matières premières et les mélanges de production sont soumis à de nombreuses analyses chimiques. [7]

- Les éléments chimiques des argiles sont :

Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Na_2O , SiO_2 , CaO , MgO , K_2O SO_3 , PF , Cl , F . [7]

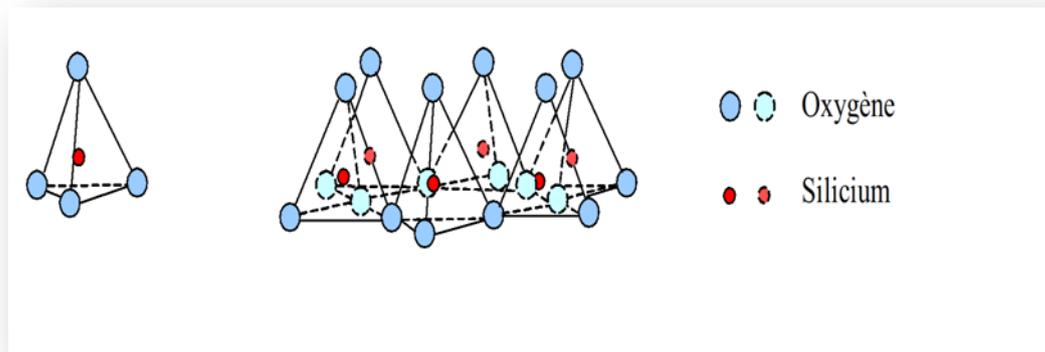
I.9 STRUCTURE DE L'ARGILE:

Les argiles sont des aluminosilicates plus ou moins hydratés et la majorité des minéraux argileux appartiennent au groupe des silico-aluminates phylliteux. Ils sont organisés en couches planes infinies constituées d'unités structurales tétraédriques et octaédriques reliées par leurs sommets. Ces différentes structures associent les caractéristiques physico-chimiques très particulières, à savoir la capacité des argiles à admettre de nombreux échanges de cation et d'anions dans le réseau. [8]

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). Les couches structurales sont formées d'unités structurales de base par empilement d'ions ou d'hydroxyles en orientation hexagonale ou compacte.

I.9.1 Structure minéralogique des argiles :**- Le tétraèdre de silice SiO_4**

Quatre atomes d'oxygène disposés au sommet d'un tétraèdre régulier enferment un atome de silicium. Les tétraèdres sont combinés entre eux pour former des couches planes appelées couches tétraédrique, voir figure I.3. [8]

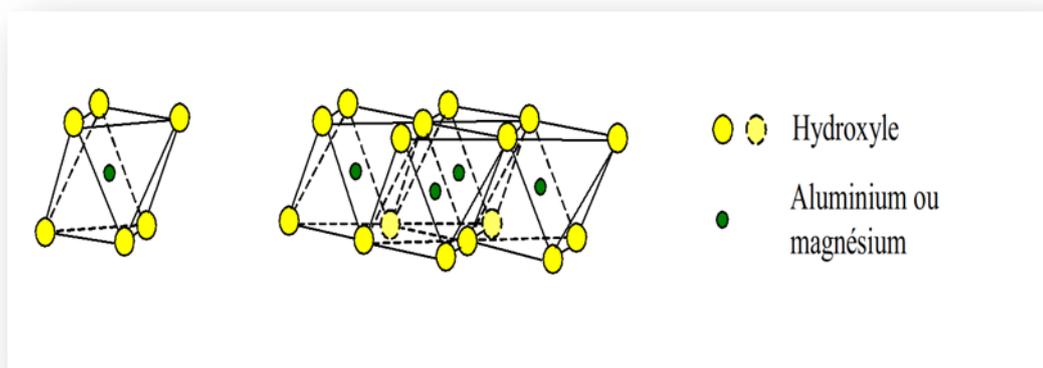


Tétraèdre

Couche tétraèdre

Figure I.3 : Représentation schématique d'un tétraèdre.**- L'octaèdre d'aluminium ou magnésium :**

Six ions hydroxydes enferment un atome d'aluminium ou de magnésium. Les octaèdres se rangent pour former des couches planes appelées couches octaédriques, voir figure I.4.



Octaèdre

Couche Octaèdre

Figure I.4 : Couches tétraédriques et octaédriques.

La représentation de la structure minéralogique d'une particule d'argile est donnée par L'organigramme suivant (voir figure I.5):

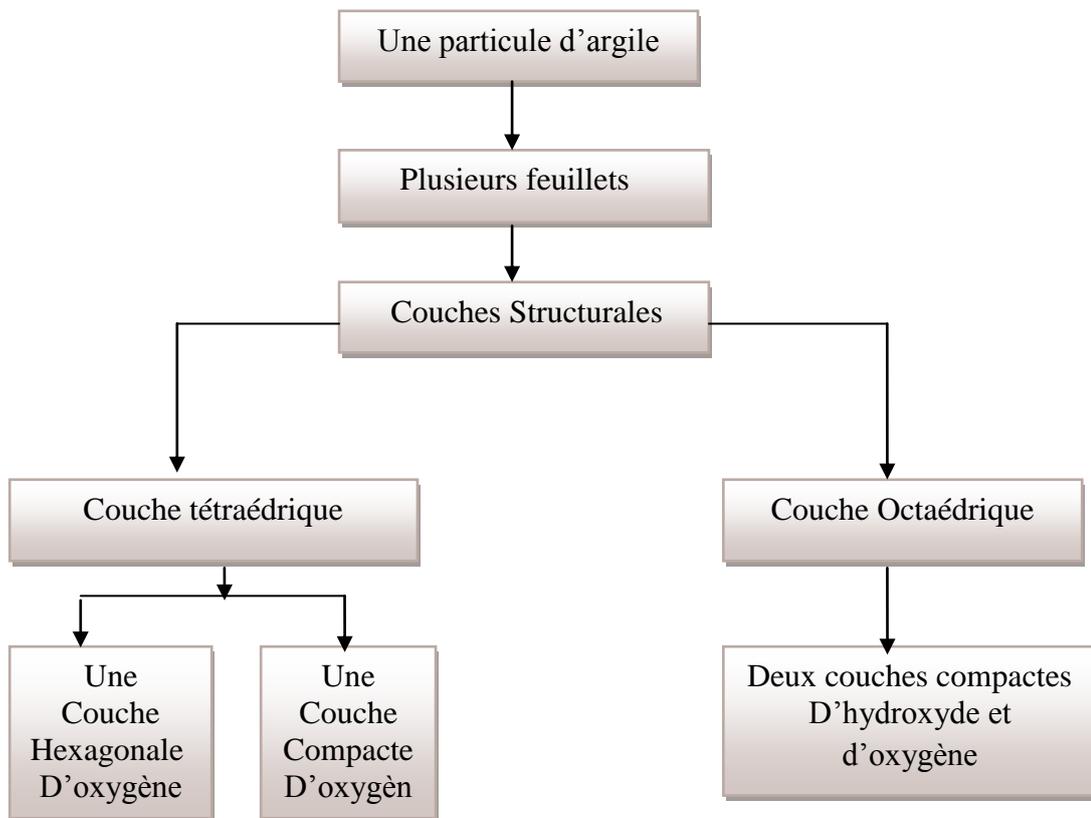


Figure I.5 : Représentation de la structure minéralogique d'une particule d'argile.

I.9.2 Structure moléculaire microscopique des argiles :

Le feuillet élémentaire se compose d'un empilement de 2 ou 3 unités de base. Les liens covalents et les liaisons ioniques assurent l'assemblage des feuillets élémentaires. Les forces de liaison entre feuillets sont principalement les forces d'attractions moléculaires. Les substitutions isomorphes qui consistent en le remplacement de certains cations constitutifs du réseau cristallin par d'autres de moindre valence. Ce dernier phénomène crée des déficits de charge qui affaiblissent les forces ioniques de liaison entre les feuillets (remplacement d'un ion Si^{4+} par un ion Al^{3+} dans la couche octaédrique d'aluminium). Les particules sont donc soumises à un ensemble de forces d'attraction et de répulsion qui varient avec le teneur en eau et dépendent des substitutions isomorphes. Malgré la simplicité apparente de la structure des argiles, on en coupe un grand nombre d'espèces, qui se distinguent par les défauts liés aux substitutions isomorphes au moment de la formation. Trois types d'argile sont couramment rencontrés : la kaolinite, l'illite et la montmorillonite.

- 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 OH.

- L'illite : $(\text{K}, \text{H}_2\text{O})_3, \text{Si}_8(\text{Al}_3\text{Fe}_3 \text{Mg})_4 \text{O}_{20}(\text{OH})_4$:

Le feuillet élémentaire est composé d'une couche d'alumine comprise entre deux couches de silice.

- 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.

I.10 PROPRIÉTÉS DES ARGILES:

Les minéraux argileux se caractérisent par quatre propriétés principales :

- 1- formes et surfaces spécifiques.
- 2- capacités d'adsorption d'eau et de gonflement.
- 3- multiples possibilités d'échanges cationiques.
- 4- activité des argiles.

I.10. 1 La surface spécifique :

Le tableau I.3 indique les valeurs caractéristiques des surfaces des grandes familles argileuses. La surface totale comprend la surface externe, comprise entre les particules argileuses, et la surface interne, correspondant à l'espace inter foliaire.

Les smectites ont les surfaces totales maximales: surface smectites > Vermiculites >>> Illites > Kaolinites = Chlorites.

Tableau I.3: Surface spécifique des particules argileuses.

Surface spécifique (m ² /g)			
Argile	Interne	Externe	Totale
Smectite	750	50	800
Vermiculite	750	<1	750
Illite	5	25	30
Kaolinite	0	15	15
Chlorite	0	15	15

I.10.2 Activité des argiles:

Skempton (1953) a considéré que les valeurs des limites d'Atterberg sont liées à la quantité d'eau retenue à la surface des particules et donc à la quantité d'argile présente dans le sol. Cet auteur a défini l'activité d'une argile par le rapport de l'indice de plasticité (I_p) et du pourcentage des éléments inférieurs à deux microns ($C_{2 < 2 \mu m}$). [8].

$$A1 = I_p / C2$$

Skempton a proposé la nomenclature suivante

- Argile inactives : les argiles qui ont une activité inférieure à 0,75. Ces argiles sont à base de Kaolinite, ou des argiles contenant peu de minéraux argileux.
- Argile normale : qui a une activité comprise entre 0,75 et 1,25.
- Argile active : qui a une activité comprise entre 1,25 et 2.
- Argile très actives : qui a une activité supérieure à 2.

En ce qui concerne les argiles compactées, on a introduit une modification à la définition de Skempton sous la forme suivante :

$$A2 = I_p / (C2-n)$$

$n = 5$ cas des sols naturels ; $n = 10$ cas des sols reconstitués

Le tableau I.4 présente le minéral prédominant dans la matrice argileuse en se basant sur l'activité.

L'activité d'un sol dépend essentiellement de sa composition minéralogique : le type et la quantité du minéral argileux, de la teneur d'argile et des ions échangeables.

Les deux définitions citées ci dessus indiquent que l'activité est proportionnelle à l'indice de plasticité et inversement proportionnelle à la teneur en éléments inférieurs à deux microns.

Tableau I.4 : Activité de différents minéraux.

Minéral	Activité
Montmorillonite Na ⁺	4 - 7
Montmorillonite Ca ⁺	1,5
Illite	0,5 - 1,3
Kaolinite	0,3 - 0,5
Calcite	0,2
Quartz	0

I.11 SABLE CONCASSE :

Le granulat, qu'on appelle aussi agrégat, est un fragment de roche, d'une taille inférieure à 125 mm, destiné à entrer dans la composition des matériaux destinés à la fabrication d'ouvrages de travaux publics, de génie civil et de bâtiment. [9]

I.11.1 Définition des sables concassés (grave) :

Un grave est un granulat composé d'un mélange de sable et de gravillons. Celui-ci est utilisé principalement dans l'exécution des corps de chaussées (routes et autoroutes), de plateformes (parcs de stationnement, aires de stockage...), des pistes d'aérodromes. [10]

I.11.2 Dénomination et spécifications :

- **Le granulat naturel** est le granulat d'origine minérale n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique. Dans cette catégorie se rangent des granulats de roche, comme le calcaire, le porphyre. [10]

- **Le granulat artificiel** : est le granulat d'origine minérale résultant d'un procédé industriel comprenant des modifications thermiques ou autres. Dans cette catégorie se rangent des granulats transformés, comme le schiste expansé, l'argile expansée, mica expansé (vermiculite)...

- **Le granulat recyclé** : est le granulat résultant de la transformation de matériaux inorganiques antérieurement utilisés en construction. Dans cette catégorie se rangent des granulats, comme le béton concassé, le fraisât d'enrobés bitumineux.

I.11.3 Caractéristiques des granulats :

Les caractéristiques intéressant un granulat varient en fonction de l'usage auquel ce granulat est destiné, mais aussi de l'origine et de la nature de ce granulat. Les normes spécifiques à chaque usage définissent les caractéristiques pour lesquelles une mesure ou une évaluation est nécessaire. [11]

I.12 CONCLUSIONS :

Nous avons défini dans ce premier chapitre les différents matériaux locaux qui vont être étudiés au point de vue caractérisation de leurs propriétés dans les différentes formulations en constructions routières.

Il s'agit des matériaux suivants, les tufs, les argiles et le sable concassé. On remarque que leurs compositions et formations sont différentes au point de vue pédologie (tufs), organisation moléculaire (argiles).

Dans le second chapitre, il s'agit de localiser et répertorier ces différents matériaux locaux.

Chapitre II

II.1 INTRODUCTION :

La localisation et la situation des différents matériaux locaux feront l’objet de ce chapitre. Il s’agit des carrières de tuf, d’argile et de sable concassé.

II.2 LOCALISATION DES DIFFÉRENTES CARRIÈRES:

Les trois carrières choisies qui seront utilisées dans cette étude, sont répertoriés au niveau des trois régions suivantes, Adrar centre, Timimoune et Reggan dans la wilaya d’Adrar. Ces carrières se trouvent au niveau de la route de l’aéroport (tuf) et la zone Hammal, Adrar nord (argile), ainsi que Koussane (sable concassé). Au niveau de la région de Timimoune se trouve le tuf sur la route de l’aéroport et l’argile au centre Timimoune et le sable concassé à Charouine. Dans la région de Reggan se trouve aussi le tuf à gauche de la route Sali et l’argile à droite de la route Sali.

II.2.1 Matériaux locaux de la région d’Adrar :

II.2.1.1 Adrar : est une commune de la wilaya d’Adrar, dont elle est le chef-lieu, située à 1 400 km au sud-ouest d’Alger. [12] :

II.2.1.2 Situation : Le territoire de la commune d’Adrar se situe au centre nord de sa wilaya. La ville d’Adrar est située à environ :

- 600 km au sud-est de Béchar, par la route, et 429 km à vol d’oiseau.
- 1 200 km à l’est de Tindouf, par la route, (via Béchar) et 777 km à vol d’oiseau.
- 1 400 km au sud-ouest d’Alger, par la route, et 1 087 km à vol d’oiseau.

II.2.1.3 Communes limitrophes d’Adrar :

On montre sur la figure II.1 les communes limitrophes d’Adrar. [12] :

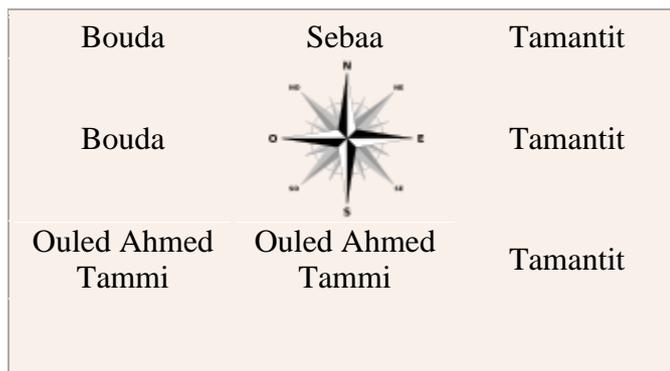


Figure II.1 : Communes limitrophes d’Adrar.

Par contre la figure II.2 montre la géo localisation d'Adrar sur la carte d'Algérie.



Figure II.2 : Géo localisation d'Adrar sur la carte d'Algérie. [12]

- Carrière tuf d'Adrar :

La carrière est repérée sur la carte et représentée sur la figure II.3, elle est située approximativement à l'est de la ville d'Adrar. Le matériau appelé tuf est de couleur blanche. (voir figure II.3).



Figure II.3 : Localisation du site de la carrière du tuf (image satellite).

- Carrière d'argile Adrar :

Le site d'argile proposé à l'exploration se situe à environ 7 Km au Nord du chef lieu d'Adrar (à l'Est de la RN6). Le matériau a une couleur rouge et sert à alimenter la briqueterie d'Adrar (voir figure II.4).



Figure II.4 : Localisation du site de la carrière d'argile (image satellite).

- Carrière sable concassé d'Adrar :

Le site de gisement de Koussane est situé à 15 km ou Nord Ouest de la ville d'Adrar, le matériau à une couleur verte (voir figure II.5).



Figure II.5 : Localisation du site de la carrière du sable concassé (image satellite).

II.2.2 Matériaux locaux de la région de Timimoune :

II.2.2.1 Timimoune : est une commune de la wilaya d'Adrar en Algérie. Elle est située entre le Grand Erg Occidentale au Nord et le plateau du Tademaït au Sud ; elle est la principale oasis de la région du Gourara. [13] :

II.2.2.2 Situation :

Le territoire de la commune de Timimoune se situe au nord-est de la wilaya d'Adrar. Son chef-lieu est situé à 162 km à vol d'oiseau au nord-est d'Adrar et à 213 km par la route. La figure II.6 montre les communes limitrophes de la région de Timimoune.

II.2.2.3 Communes limitrophes de Timimoune :

On montre sur la figure II.6 les communes limitrophes de Timimoune. [13]

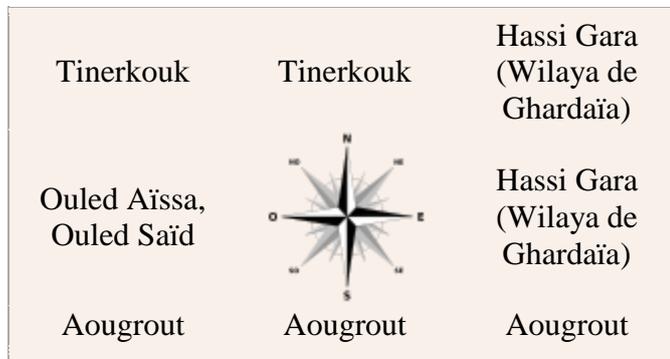


Figure II.6 : Communes limitrophes de Timimoune.

La figure II.7 montre la Géo localisation de Timimoune sur la carte d'Algérie.

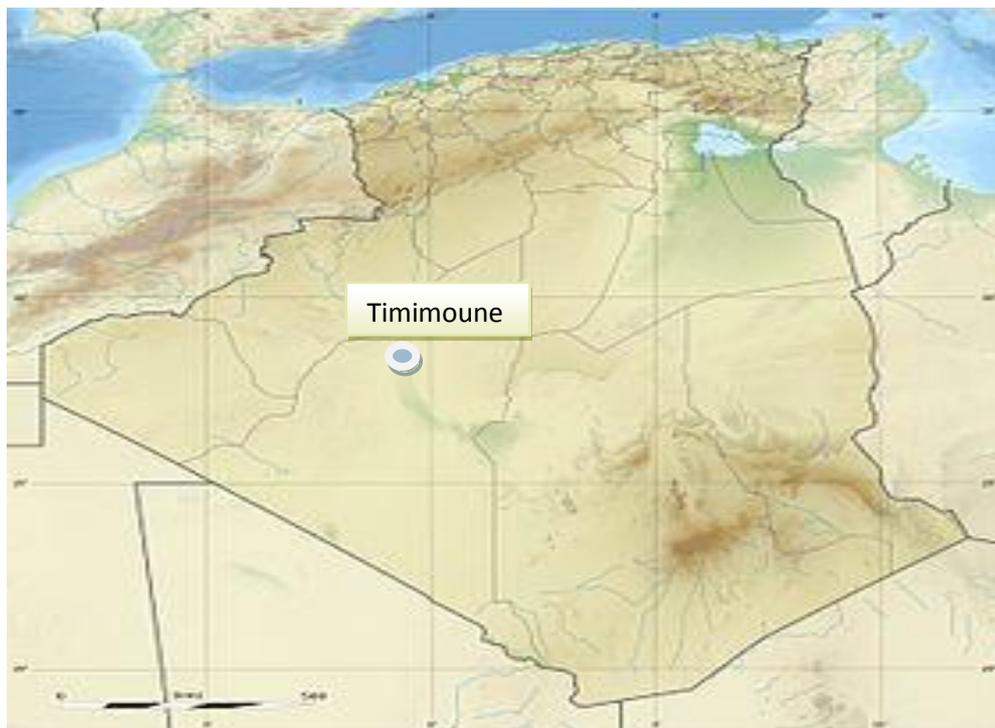


Figure II.7 : Géo localisation de Timimoune sur la carte d'Algérie. [13]

- Carrière tuf Timimoune :

La carrière est située à proximité de l'aérodrome de Timimoune, le matériau à une couleur blanche (voir figure II.8).



Figure II.8 : Localisation du site de la carrière du tuf (image satellite).

- Carrière d'argile Timimoune:

Le site d'argile rouge à Timimoune est situé à quelque kilomètre au centre de la ville de Timimoune (à l'Est RN6), (voir figure II.9).



Figure II.9 : Localisation du site de la carrière d'argile (image satellite).

-Carrière sable concassée Timimoune :

Le site du gisement est situé à quelques kilomètres du village de Charouine (voir figure II.10).



Figure II.10 : Localisation du site de la carrière du sable concassé (image satellite).

II.2.3 Matériaux locaux de la région de Reggan :

II.2.3.1 Reggan : est une commune de la wilaya d'Adrar en Algérie, elle est située au nord du désert du Tanezrouft. [14]

II.2.3.2 Situation :

Le territoire de la commune se situe au sud de la wilaya d'Adrar. La ville de Reggan est située à 135 km à vol d'oiseau au sud-est d'Adrar et à 145 km par la route.

Ci-joint les communes limitrophes de Reggan (voir figure II.11).

II.2.3.3 Communes limitrophes de Reggan :

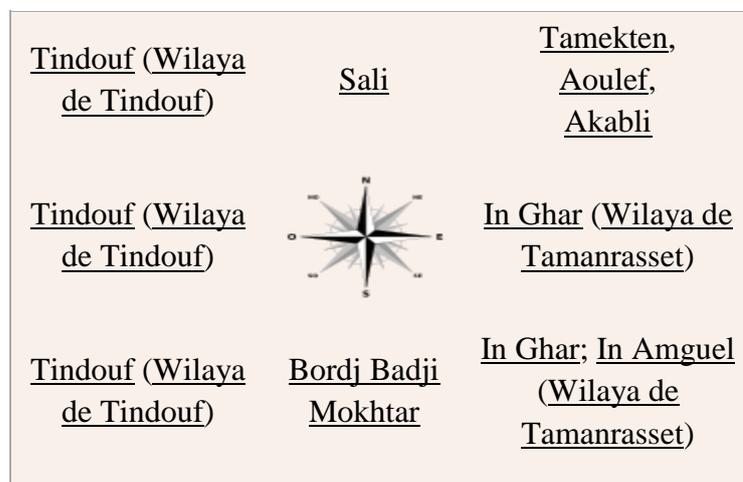


Figure II.11 : Communes limitrophes de Reggan. [14]

La figure II.12 montre la Géo localisation de Reggan sur la carte d'Algérie.

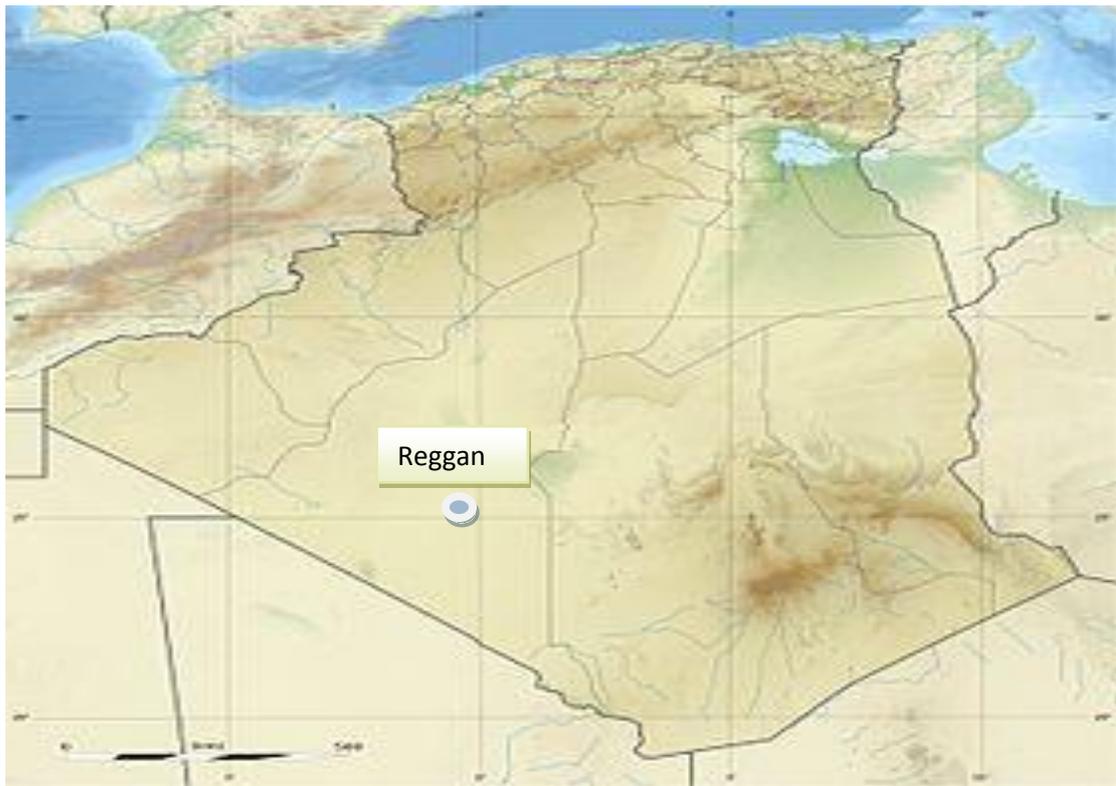


Figure II.12 : Géo localisation de Reggan sur la carte d'Algérie. [14]

- Carrière du tuf de Reggan :

Le site du tuf qui est de couleur blanche est situé à gauche de la route Sali à quelques kilomètres au sud de la wilaya d'Adrar (à l'Est de la RN6), (voir figure II.13).



Figure II.13 : Localisation du site de la carrière du tuf (image satellite).

- carrière d'argile Reggan :

Le site d'argile rouge à droite de route Sali est situé à quelque kilomètre au sud de la wilaya d'Adrar (à l'Est de la RN6), (voir figure II.14).



Figure II.14 : Localisation du site de la carrière d'argile (image satellite).

II.3. Conclusions

Nous avons présenté dans ce chapitre la situation et la localisation des différents matériaux locaux situés dans la wilaya d'Adrar, au niveau des communes d'Adrar, Timimoune et Reggan.

Les matériaux qui vont servir à l'étude au second chapitre III, sont le tuf ; l'argile et le sable concassé. On a recensé trois tufs, trois argiles et deux sables concassés. Ces huit matériaux locaux seront caractérisés au point de vue propriétés physiques et mécaniques.

Chapitre III

III.1 INTRODUCTION

Après avoir donné une généralité sur les matériaux locaux avec leurs situations et leurs localisations (tuf, argile et sable concassé) dans le chapitre précédant, nous présentons d'une manière générale la reconnaissance géotechnique, en mettant l'accent sur les essais d'identification de ces matériaux en trois endroits différents, au niveau de la wilaya d'Adrar. Les régions de cette étude se trouvent à Adrar centre, Timimoune et Reggan.

Les essais réalisés dans le laboratoire pour la mesure des propriétés physiques et les caractéristiques mécaniques de ces matériaux feront l'objet de ce chapitre. Cette caractérisation nous aide à la classification des matériaux locaux des différentes carrières et leurs utilisations dans les différentes filières des infrastructures.

III.2 RECONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE

Une reconnaissance préliminaire est préalablement menée. Elle consiste en un examen du terrain sur place et sur les cartes (situation géographique, contexte géologique, topographique, végétation...etc.).

Plusieurs éléments peuvent être exploités et peuvent fournir des renseignements très intéressants:

- Examen de la situation géographique.
- Examen des cartes géologiques.
- Examen de la topographie.
- Examen de la végétation.

Par la suite, une reconnaissance est organisée selon trois méthodes courantes pouvant d'ailleurs se compléter, à savoir les méthodes géophysiques, les sondages mécaniques et les essais in-situ.

III-3. ETUDE D'IDENTIFICATION GEOTECHNIQUE DES MATERIAUX LOCAUX UTILISES:

Le programme expérimental consiste à effectuer une série d'essais pour déterminer un bon nombre de paramètres et d'indices permettant l'identification des matériaux au niveau de notre laboratoire de génie civil.

- ✓ Concernant l'identification des tufs de trois régions, l'étude expérimentale comprend normalement les analyses et les essais suivants :
 - Analyses granulométriques.
 - Essai au bleu de méthylène
 - Essai équivalent de sable.

- Le poids volumique absolue et la masse apparente.
- Les limites d'Atterberg.
- Le pourcentage de carbonate de calcium.
- L'essai proctor.
- L'essai C.B.R.
- ✓ Concernant l'identification des argiles des trois régions, de même l'étude expérimentale doit comporter les analyses suivantes :
 - Essai au bleu de méthylène
 - Analyses granulométriques par sédimétrie.
 - Les limites d'Atterberg.
 - Le pourcentage de carbonate de calcium.
 - Le poids volumique absolue.
 - La limite de retrait.
 - L'essai proctor.
- ✓ Concernant l'identification des sables concassés, l'étude expérimentale comprend aussi les analyses et les essais suivants :
 - Essai au bleu de méthylène.
 - Essai d'équivalent de sable.
 - Analyses granulométriques.
 - Le pourcentage de carbonate de calcium.
 - La masse volumique apparente.
 - Le poids volumique absolue.
 - Essai Proctor.
 - L'essai C.B.R.
- ✓ Les caractérisations mécaniques :
 - Essai de cisaillement direct pour les matériaux (tuf et argile).

- On donne aussi les résultats de la classification des matériaux locaux selon le LCPC (Laboratoire Centrale des Ponts et chaussées) et le GTR (Guide des Travaux Routiers).

III.3.1 Caractérisation physico-chimique des matériaux

III.3.1.1 Tuf

III.3.1.1.11^{er} essai: Analyse granulométrique (EN 933-1)

L'analyse granulométrique est effectuée conformément aux recommandations de la norme NF P94-056 qui traite de l'analyse granulométrique des sols par tamisage à sec après lavage et de la norme NF P94-057 qui traite de l'analyse granulométrique des sols par sédimentométrie.

L'analyse granulométrique permet de déterminer la distribution des grains du sol en fonction de leurs dimensions. Les grains sont séparés en classe. Chaque classe représentant un pourcentage en poids du matériau. On procède par tamisage sur la fraction du matériau dont les dimensions des grains est plus grande que 80µm (partie grenue du sol), et par sédimentométrie dans le cas contraire (partie fine) , voir photo III.01.



Photo III.01: Séparation des dimensions des

grains.

On effectue cette analyse sur les trois échantillons de tuf des trois régions différentes par voie sec, en versant une quantité bien déterminé du matériau séché dans une série de tamis.

-Expression des résultats:

$$Tc\% = 100 - Rc\% \dots \dots \text{III.1}$$

$$600D \geq M \geq 200D$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} \dots \dots \text{III.3}$$

$$Rc\% = \frac{Rc(g) * 100}{M} \dots \dots \text{III.2}$$

$$; M_{\text{tuf}} = 6000g$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots \dots \text{III.4}$$

On résume les résultats d'analyse dans le tableau III.1 :

Tableau III.1: Les résultats d'analyse granulométrique du tuf des trois régions.

Échantillon		Tuf TE	Tuf RN	Tuf AR
0/D		0/50	0/50	0/50
D10 (mm)		0.29	0.16	0.24
D30 (mm)		0.85	0.75	0.80
D60 (mm)		5	4.5	5.40
Fraction 80µm	R _C (%)	99.11	97.97	99.52
	T _C (%)	0.89	2.03	0.48
Fraction 2mm	R _C (%)	54.34	55.83	56.81
	C _U	17.24	28.12	22.5
C _C		0.55	0.78	0.49

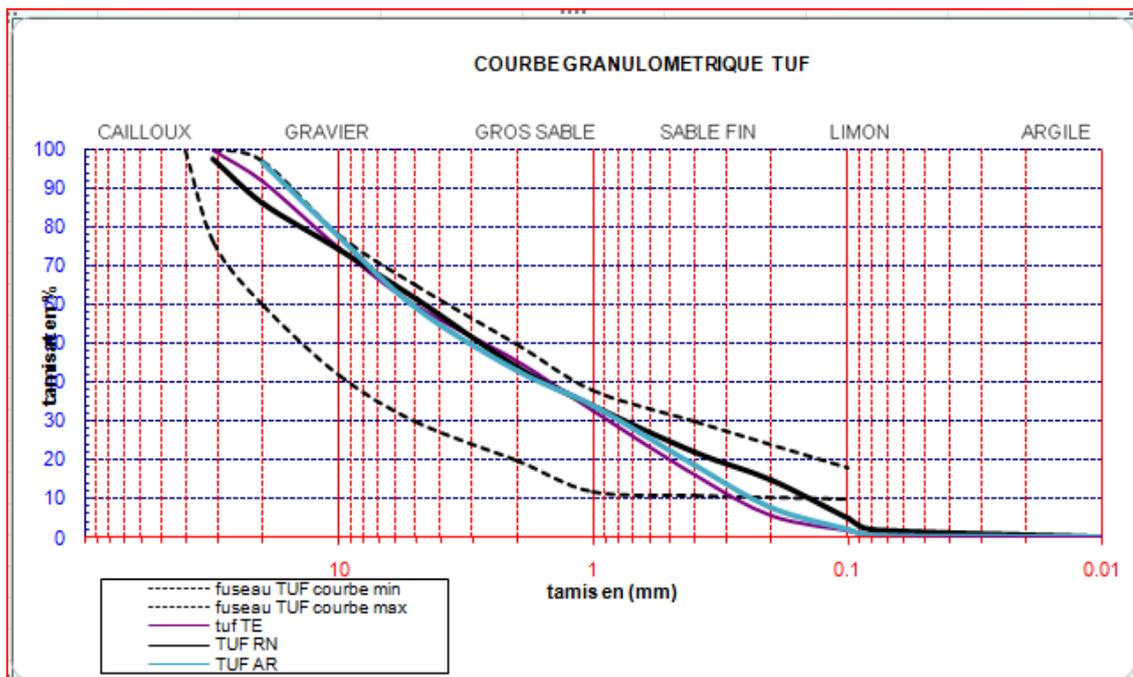


Figure III.1: Courbe granulométrique du tuf pour les trois régions.

La figure III.1 montre les courbes des différentes analyses granulométriques.

Tuf TE (Timimoune) – Tuf RN (Reggan) – Tuf AR (Adrar)

C_U (coefficient d'uniformité) – C_C (coefficient de courbure).

III.3.1.1.22^{émé}essai: Bleu méthylène à la tâche (NF EN94-068)

Cet essai, utilisé de manière courante pour **caractériser l'activité des argiles** contenues dans les sols, est également utilisé pour évaluer l'influence des **fines** d'origines argileuses contenues dans les sables et graves d'origines naturelle ou artificielle. Cet essai est un test performant pour quantifier de manière sûre et simple la propreté des granulats.

L'essai au bleu sur les sols est effectué, de manière générale, sur la fraction 0/5 mm du matériau.

- Action du bleu de méthylène, test de la tâche :

La solution de bleu de méthylène dosée à 10g/l, est introduite progressivement au contact de l'échantillon mis en suspension dans de l'eau déminéralisée. L'opération est poursuivie jusqu'à ce que les particules fines soient entièrement saturées. Le test de la tâche, qui est réalisé après chaque ajout de solution, consiste à prélever une goutte de la suspension sur un papier filtre.

La tâche est également colorée en bleu de manière persistante, indique que le test est positif. Le point final de l'essai est atteint lorsque le test reste pour cinq essais successifs réalisés toutes les minutes pendant cinq minutes.

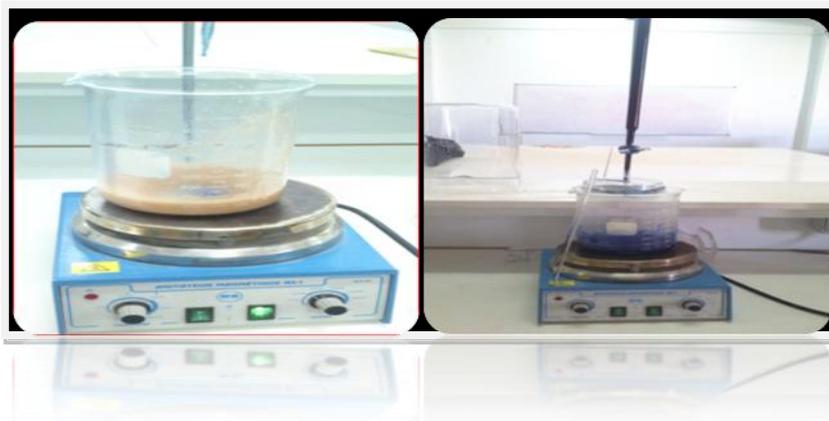


Photo III.02: Réalisation l'essai au bleu méthylène pour les tufs.

Les résultats de cet essai sont regroupés dans le tableau III.2.

Une relation entre la surface spécifique totale (Sst) et la valeur de bleu de la phase argileuse VB a été mise en évidence par Gaillabaud et Cinot (1982):

$$Sst = 21 VBS(m^2/g) \dots \dots \dots III.5$$

$$\Rightarrow \text{VBS (0/d)} = \frac{\text{Quantité de bleu absorbé (cm}^3\text{)}}{\text{Poids sec de la prise (g)}} \dots\dots\dots \text{III.6}$$

Connaissant la valeur du bleu de la fraction fin 0/d, on peut calculer celle de la fraction globale 0/D à partir de la courbe granulométrique globale du sol.

$$\text{VBS (0/D)} = \frac{\text{VBS (0/d).C}_d}{100} \dots\dots\dots \text{III. 7}$$

C_d: est la proportion de la classe granulaire 0/d dans la fraction total 0/D

Tableau III.2: Les résultats de l'essai au bleu de méthylène et surface spécifique totale.

Sols	Dosage (cm ³)	VBS (cm ³ /g)	Sst (m ² /g)
TE	10	0.24	5.04
RN	27.5	0.68	14.21
AR	20	0.47	9.91

Tableau III.3: Classification du sol selon la valeur au bleu.

Valeur du bleu du sol	Nature du sol
<0.2	Sols sableux-insensible à l'eau
0.2-2.5	Sols limoneux de plasticité moyenne.
2.5-6	Sols limoneux -argileux
6-8	Sols argileux
8	Sols très argileux

- **Interpretation**

D'après le tableau III.3 de la classification du sol, on résume les résultats des sols (tuf) des trois régions dans le tableau III.4.

Tableau III.4: Classification du tuf selon la valeur du bleu.

sols	Nature du sol
TE	Sols limoneux de plasticité moyenne.
RN	Sols limoneux de plasticité moyenne.
AR	Sols limoneux de plasticité moyenne.

III.3.1.1.33^{ème} essai: Equivalent de sable (EN 933-8)

Dans l'étude des granulats routiers ou dans la formulation du béton, on tolère un certain degré de pollution d'un matériau par les particules fines en réalisant un essai dit d'équivalent de sable. Cet essai est utilisé de manière courante pour évaluer la propriété des matériaux. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propriété de celui-ci.

- **Principe de l'essai**

L'essai est effectué sur la fraction 0/2 mm du matériau à étudier. On lave l'échantillon selon un processus normalisé, on laisse sédimentation du matériau granulaire dans une solution lavante, ceci permet de mesurer un paramètre noté ES. Ce dernier varie entre 100% en cas de sable propre et 0% en cas d'un sol argileux pur.



Photo III.03: Appareil d'agitation et l'éprouvette d'équivalent du sable.

-Présentation des résultats:

$$ES(\%) = (h_1/h_2) * 100 \dots \dots \text{III.8}$$

Tableau III.5: Nature et qualité du sable en fonction de l'Equivalent de sable (ES).[21]

ES(%)	Nature et qualité du sable
ES<60	sable argileux-risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des béton de qualité
60≤ES<70	sable légèrement argileux- de propreté admissible pour béton de qualité quand on 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.
ES>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.

Tableau III.6: Résultats de l'équivalent de sable des tufs.

sols	TE	RN	AR
ES _v (%)	16,28	46.73	11.84
ES _p (%)	8,59	34.21	13.11

ES_v (équivalent de sable visuel) ES_p (équivalent de sable au piston)

- Discussions

D'après le tableau III.6 des résultats obtenus et selon le tableau III.5, on remarque que la nature des trois tufs est du type sable argileux-risque de retrait ou gonflement à rejet pour des bétons de qualité.

III.3.1.1.4 4^{ème} essai: La masse volumique apparente (ρ_{app})

La masse volumique d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois les vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules.

- La masse volumique apparente d'un matériau pourrait avoir une valeur différente suivant quelle sera déterminée à partir d'un matériau compacté ou non compacté.

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

$$\rho_{app} = M/v \dots \dots \dots \text{III.9}$$

-Présentation des résultats:**Tableau III.7:** Les résultats de la masse volumique apparente des tufs.

Sols	Volume du moule(cm ³)	Poids de des l'échantillon(g)	La masse volumique apparente (g/cm ³)
TM	1000	1744.3	1.74
RN	1000	1356.8	1.36
AR	1000	1616.2	1.62

III.3.1.1.5^{émé} essai: Lepoids volumique absolue(EN 1097-6)

La masse volumique absolue (γ_{abs}) est le rapport entre la masse de l'échantillon séché en étuve et le volume qu'il occupe dans l'eau, y compris ses pores fermés, mais à l'exclusion des pores susceptibles d'absorber de l'eau. La masse volumique absolue moyenne des granulats silico- calcaires est de l'ordre de 2,65g/cm³.

- **Principe de l'essai**

La masse volumique est la grandeur qui permet de passer de la masse d'un matériau au volume occupé par ce même matériau. Elle est très utile car les granulats sont destinés à remplir des volumes.

La norme EN 109766 décrit plusieurs méthodes de mesure des masses volumique absolues. On présente ici celle du pycnomètre lorsque les granulats sont poreux, leurs masses volumiques dépendent de la classe granulaire.

Le pycnomètre est un récipient en verre, fermé dans sa partie haute par un bouchon rodé, ce qui permet d'isoler un volume d'eau caractéristique de l'appareille, identique à chaque utilisation.

**Photo III.04:** Réalisation l'essai γ_{ab} pour les tufs.

-Présentation des résultats: (voir tableau III.8).

Le poids volumique absolue des grains, γ_{abs} a pour expression :

$$\gamma_{abs} = (w_3 - w_1) \cdot \gamma_w / (w_2 - w_1 - w_4 + w_3) \dots \dots \dots \text{III.10}$$

Tableau III.8: les résultats de le poids volumique absolue des tufs.

Sol	Quantité	Temperature	$\gamma_{abs}(\text{g/cm}^3)$
TM	25	20 °C	2.73
RN	25	20 °C	2.9
AD	25	20 °C	2.6

III.3.1.1.66^{émé} essai : Détermination du pourcentage de carbonate de calcium (CaCO₃)

L'essai consiste à mesurer le volume de gaz carbonique dégagé après attaque par l'acide chlorhydrique d'une certaine quantité de matériaux sec. Il pour but de détermination du pourcentage de CaCO₃.

Le teneur de calcium d'un échantillon de sol est rapport exprimé en % du volume de gaz carbonique (CO₂) dégagé 1g d'échantillon au volume de gaz carbonique (CO₂) dégagé par 1g de CaCO₃, la photo III.07 montre le principe de l'appareillage pour déterminer le teneur en CaCO₃.

$$\text{CaCO}_3 = \frac{\text{Volume de gaz carbonique (CO}_2\text{) dégagé par 1g échantillon}}{\text{Volume de gaz carbonique (CO}_2\text{) dégagé par 1g de CaCO}_3} \dots \dots \text{III.11}$$

La relation qui se produit est de la forme suivant :



III.3.1.1.6.1 Classification

Le tableau III.9 ci-dessous, nous permet de classer le sol selon la teneur en CaCO_3 trouvé.

Tableau III.9: Classification de quelque sol en fonction le % CaCO_3 .

% CaCO_3	Nature du sol
0-10	Argile ou limon
10-30	Argile Calcaire
30-70	Marne
70-90	Calcaire marneux
90-100	Calcaire

Nous montrons sur le tableau suivant III.10 l'essai de calcimètre qui permet de déterminer le pourcentage de carbonate calcium CaCO_3 pour les carrières des trois régions des différents sols prélevés.



Photo III.05:Appareillage de l'essai de la teneur en CaCO_3 .

Tableau III.10: Les valeurs du pourcentage de CaCO_3 des différents sols des carrières des régions.

Région	Tuf % CaCO_3
Adrar	30.47
Timimoune	37.60
Reggan	24

- Discussion

Nous remarquons que le % de CaCO_3 de tuf Timimoune supérieur à celui de tuf d'Adrar et Reggan.

D'après le tableau la classification III.9, le tuf de Timimoune et celle d'Adrar est Marne tandis que pour le tuf de Reggan est argile calcaire.

III.3.1.1.7 7^{ème} essai: Les limites d'Atterberg(NF P946051)

Les valeurs des limites d'Atterberg des argiles sont importantes en vue de la fabrication des produits céramiques. Les essais mis au point à cette époque ont été repris et modifiés par Casagrande, afin que leurs interprétations puissent permettre d'établir un lien entre la teneur en eau du sol et son comportement.

Les résultats obtenus à partir de ces essais permettent de prévoir le comportement des sols inférieurs 80 μm pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action des variations de la teneur en eau.

• Principe de l'essai

L'essai s'effectue en deux phases:

- 1 - Recherche de la teneur en eau W_L (la limite de liquidité).
- 2 - Recherche de la teneur en eau W_P (la limite de plasticité).

$$W_L = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0,121} \dots\dots\dots \text{III.13}$$



Photo III.06: Mode opératoire de limites Atterberg.

-Expression des résultats: (Tableau III.11)

Le tableau III.11 résume les résultats des essais des limites d'Atterberg du tuf des trois régions.

- L'indice de plasticité I_p est donné par la relation suivante :

$$I_p = W_L - W_P \dots \dots \dots \text{III.14}$$

Tableau III.11: Les résultats des essais des limites d'Atterberg du tuf des trois régions.

Paramètres Sols	$W_L(\%)$	$W_P(\%)$	$I_p(\%)$
TE	19.00	15.25	3.75
RN	29.00	19.77	9.23
AR	31.35	19.00	12.35

Les figures III.2, 3 et 5 résumant les résultats des essais des limites liquidité des tufs des trois régions.

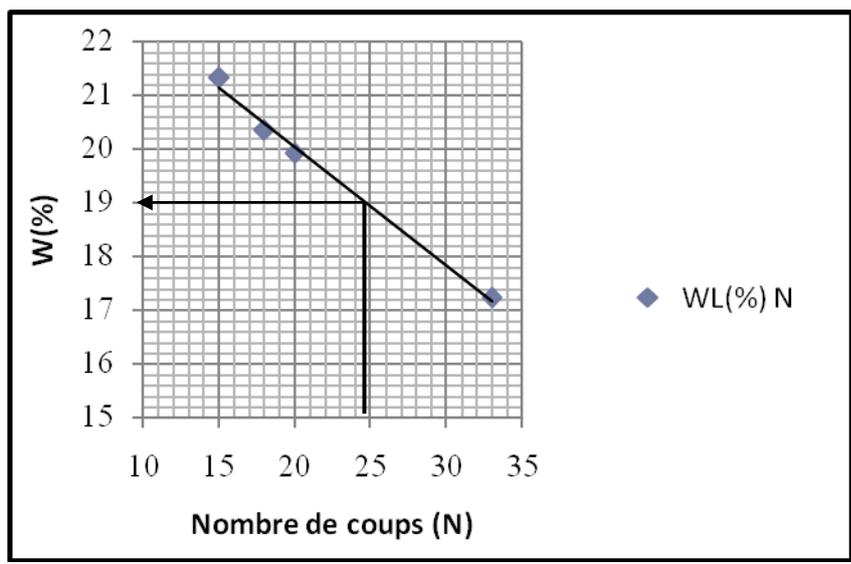


Figure III.2: La limite de liquidité du tuf "Timimoune".

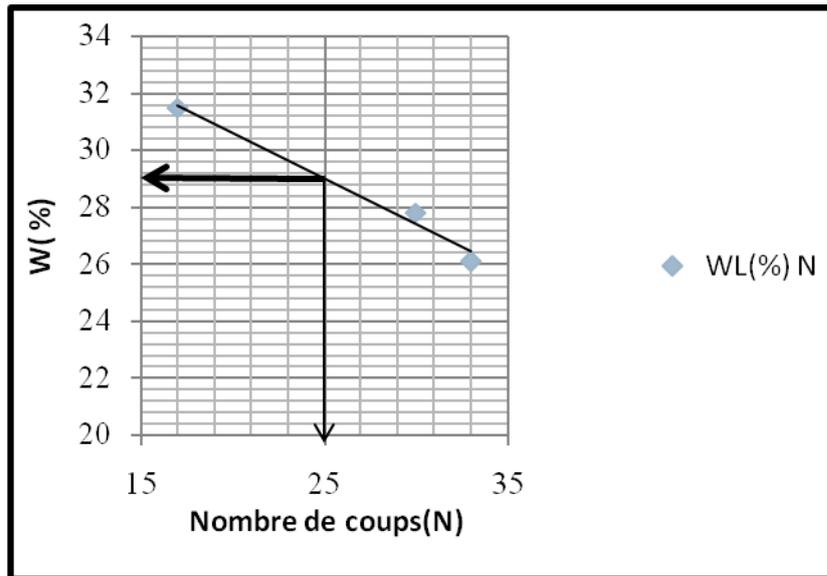


Figure III.3: La limite de liquidité du tuf "Reggan".

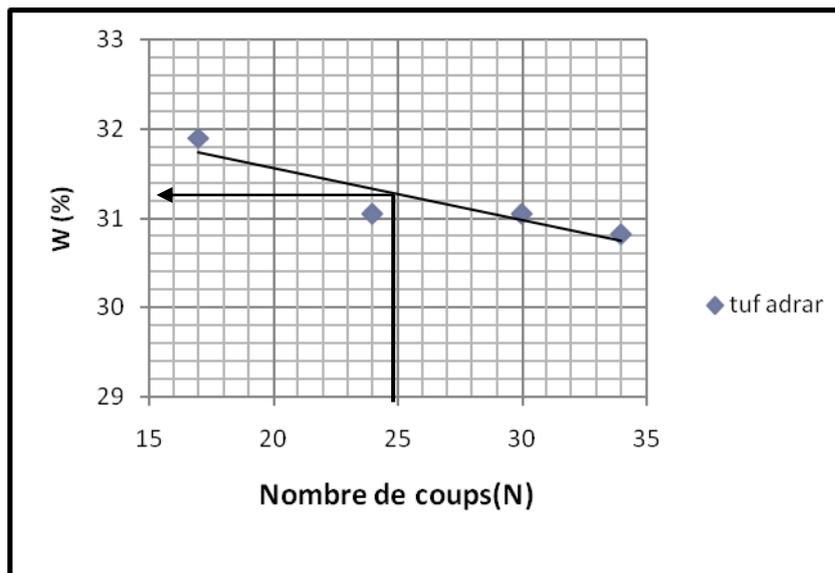


Figure III.4: La limite de liquidité du tuf "Adrar".

- Interprétations

A partir des résultats présentés sur le diagramme Casagrande (voir figure III.5 et le tableau III.11), nous remarquons que la nature du tuf de la région Adrar et Reggan est un sol faiblement argileux peu plastique, mais le tuf de la région de Timimoune est classé comme un sol limoneux faiblement argileux peu plastique.

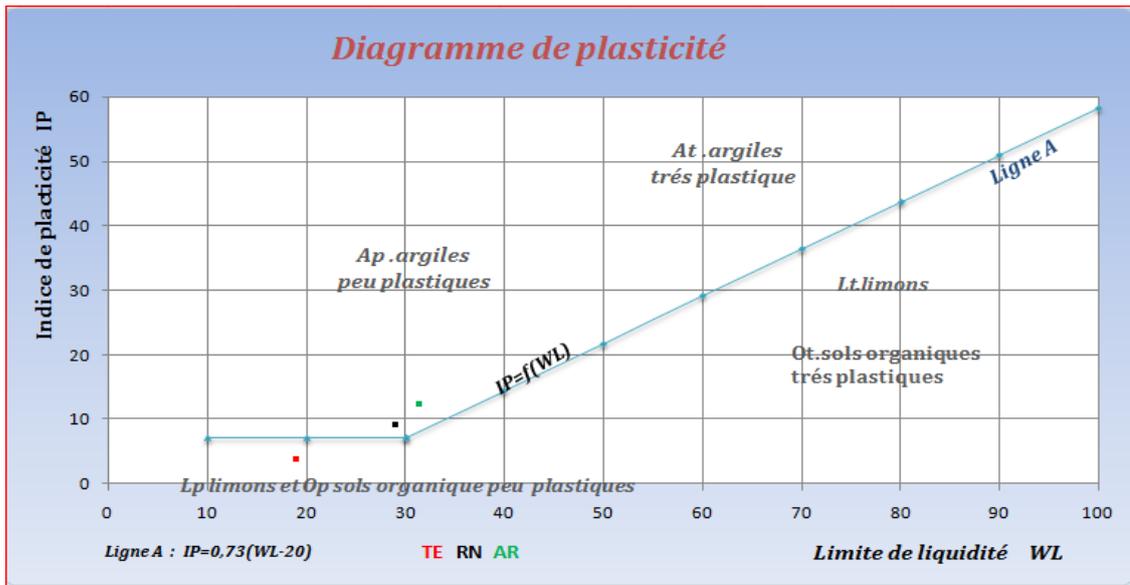


Figure III.5: Classification des sols (tuf) sur le diagramme de Casagrande.

Tableau III.12: Classification du sol selon l'indice de plasticité.

Indice de plasticité	Etat du sol
$0 < I_p < 5$	Non plastique
$5 < I_p < 15$	Peu plastique
$15 < I_p < 40$	Plastique
$I_p > 40$	Très plastique

- La caractérisation des conditions optimales à mettre en œuvre pour réaliser un bon compactage, et en particulier la définition de la teneur en eau correspondante, nécessite une simulation de laboratoire qui permet de définir les conditions opératoires du compactage en place. On étudie l'influence de la teneur en eau sur la portance du matériau après compactage.

-Deux essais permettent de définir ces conditions:

- L'essai **Proctor** pour optimiser les conditions du compactage.

- L'essai **C.B.R.** pour optimiser les paramètres de la portance du sol.

III.3.1.1 8^{ème} essai : Compactage des sols(NF P94-093)

L'expérience montre que lorsque l'on compacte un sol, suivant un processus normalisé bien défini, à différentes teneurs en eau, on obtient un matériau dont le poids volumique sec évolue.

Si on présente sur une courbe l'évaluation du poids volumique sec (qui représente la quantité de matière solide par unité de volume) en fonction de la teneur en eau W pour différents essais de compactage menés de manière strictement identique (en particulier à énergie de compactage constante), on obtient une courbe présentant un poids volumique sec maximum pour une teneur en eau optimale.

• Conduite de l'essai

- 1- Assembler moule et introduire la première couche de sol et la compacter.
- 2- Procéder de manière identique pour les couches suivantes.
- 3- Après compactage de la dernière couche, araser soigneusement le moule et nettoyer puis le peser(soit Ph).
- 4- Ôter l'ensemble et prélever deux prises sur l'échantillon, l'une en haut et l'autre en bas, et on détermine la teneur en eau W .



Photo III.07: Matériels d'essai Proctor modifié.

-Présentation des résultats: (Figure III.6, III.7 et III.8)

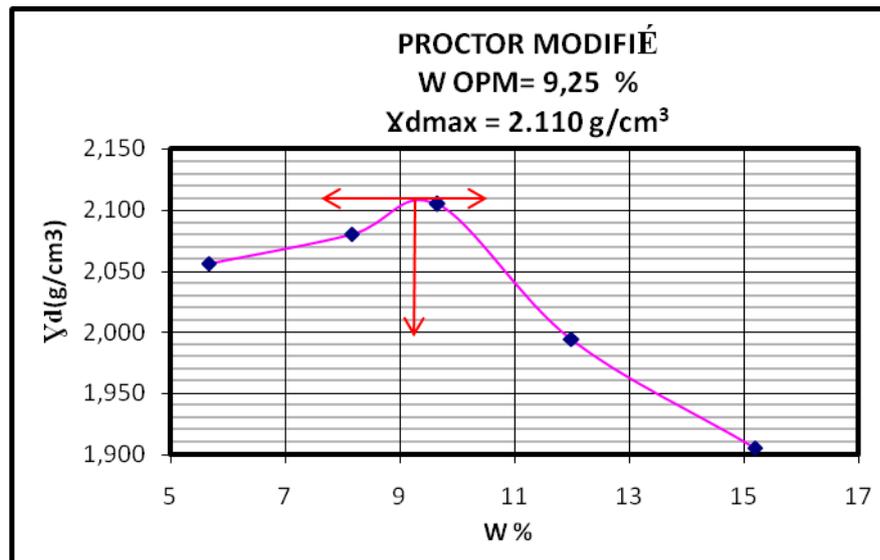


Figure III.6: Courbe de Proctor modifié du tuf "Timimoune"

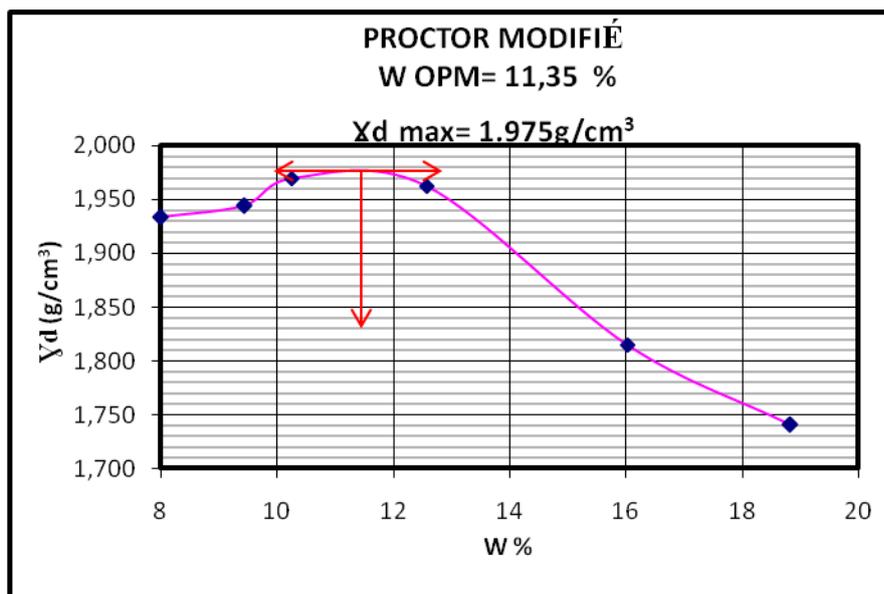


Figure III.7: Courbe de Proctor modifié du tuf "Reggan".

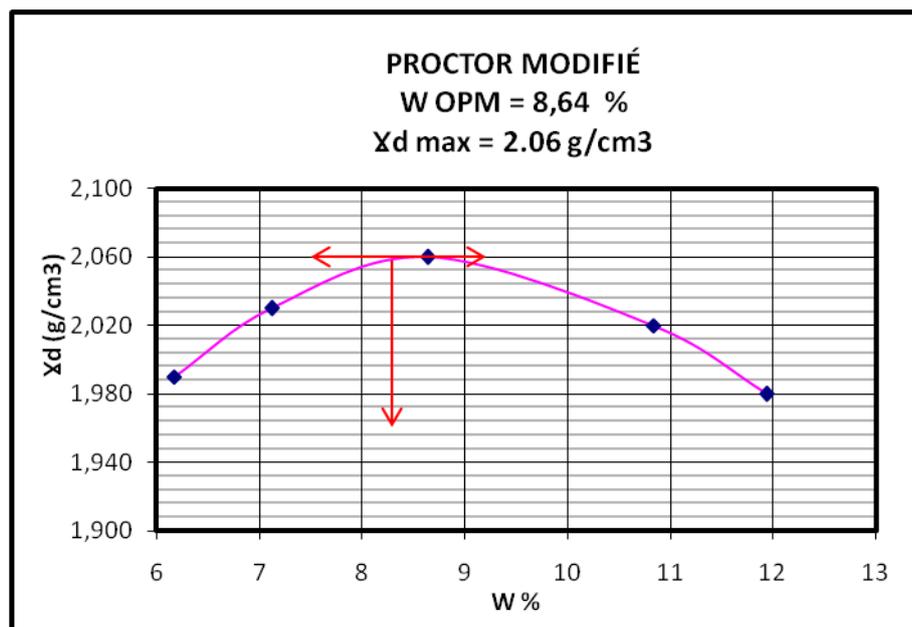


Figure III.8: Courbe de Proctor modifié du tuf "Adrar".

D'après les courbes III.6, 7 et 8, on déduit la position de l'optimum Proctor modifié et le couple (W_{opm} , γ_d max) du tuf de chaque région.

Le tableau III.13 montre les différents résultats.

Tableau III.13: Les résultats de l'essai Proctor modifié pour les trois régions.

SOL	γ_d max (g/cm ³)	Wopt (%)
TE	2.11	9.25
RN	1.975	11.35
AR	2.06	8.64

III.3.1.1.9 9^{ème} essai CBR: Détermination de la portance du sol compacté (NF P94-078)

Dans les travaux routiers, et en particulier pour la confection des remblais et des couches de forme, on ne peut admettre que de faibles déformations. On détermine donc la portance du sol, c'est-à-dire sa résistance à la rupture par l'essai **C.B.R**

- **Principe de l'essai**

Au cours de cet essai le matériau est poinçonné par un piston de 19,3cm² de section, enfoncé à la vitesse constante de 1,27mm/mn.

Les valeurs particulières des deux forces ayant provoqué les enfoncements de 2,5 et 5mm. La capacité de portance du sol est d'autant meilleure que l'indice C.B.R. est plus élevé.

- **Indice portant immédiat(I.P.I)**

L'éprouvette est compactée à la teneur en eau optimale pour laquelle on veut évaluer l'aptitude du matériau à supporter la circulation des engins de terrassement pendant la durée du chantier.

Le poinçonnement se fait immédiatement après confection de l'éprouvette sans utilisation des charges annulaires.



Photo III.08: Machine automatique pour poinçonnement CBR.

-Présentation des résultats:

On mesure **deux types d'indices** en fonction des buts fixés :

- **L'indice de Portance immédiat (IPI):** Il caractérise l'aptitude du sol à permettre la circulation des engins de chantier directement sur sa surface lors des travaux
- **L'indice C.B.R. immédiat:** Il caractérise l'évolution de la portance d'un sol support (ou constituant de chaussée) compacté à différents teneurs en eau.

Il correspond à la plus grande des deux valeurs:

-Effort de pénétration à 2.5 mm d'enfoncement (en KN)*100/13.35

-Effort de pénétration à 5 mm d'enfoncement (en KN)*100/20

Il est nécessaire de tracer avant la détermination de l'**IPI** et l'indice **C.B.R.**, la courbe effort-déformation du poinçonnement (voir figures III.09, 10, 11, 12, 13 et 14).

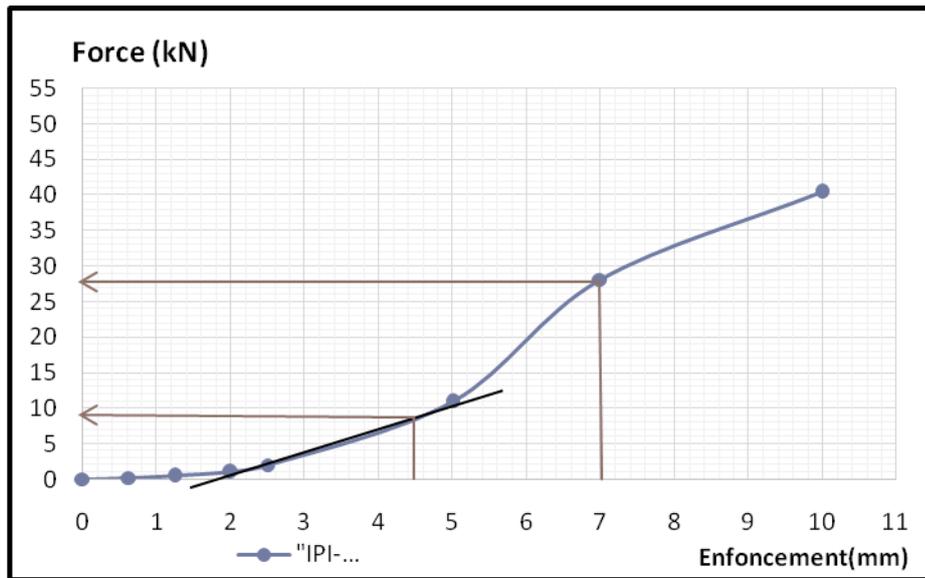


Figure III.09: Courbe effort-déformation du poinçonnement IPI (tuf Timimoune).

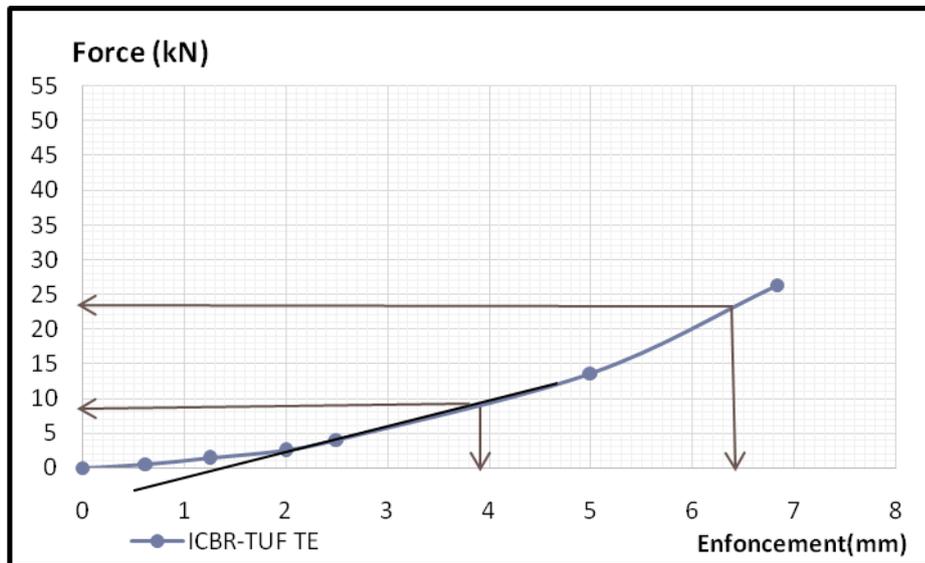


Figure III.10: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.C.B.R. (tuf Timimoune).

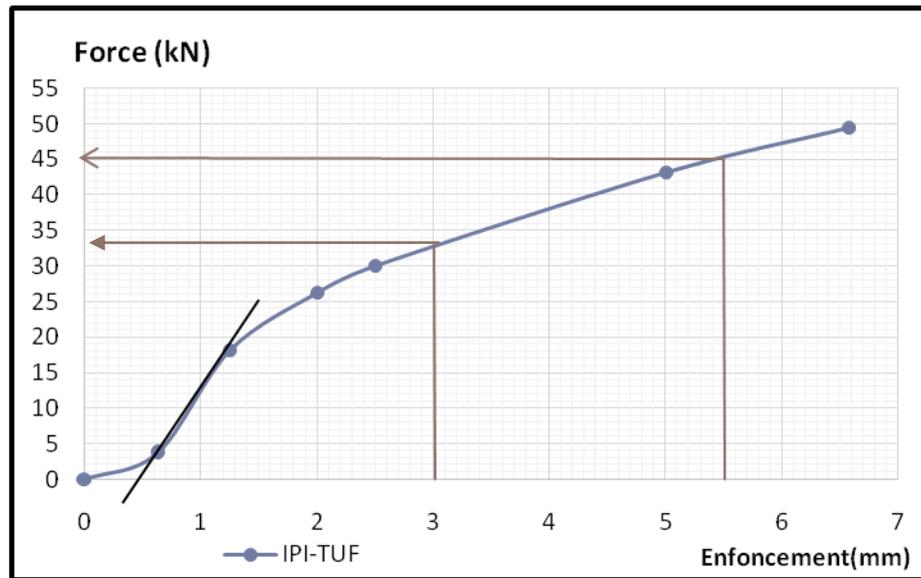


Figure III.11: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.P.I. (tuf Adrar).

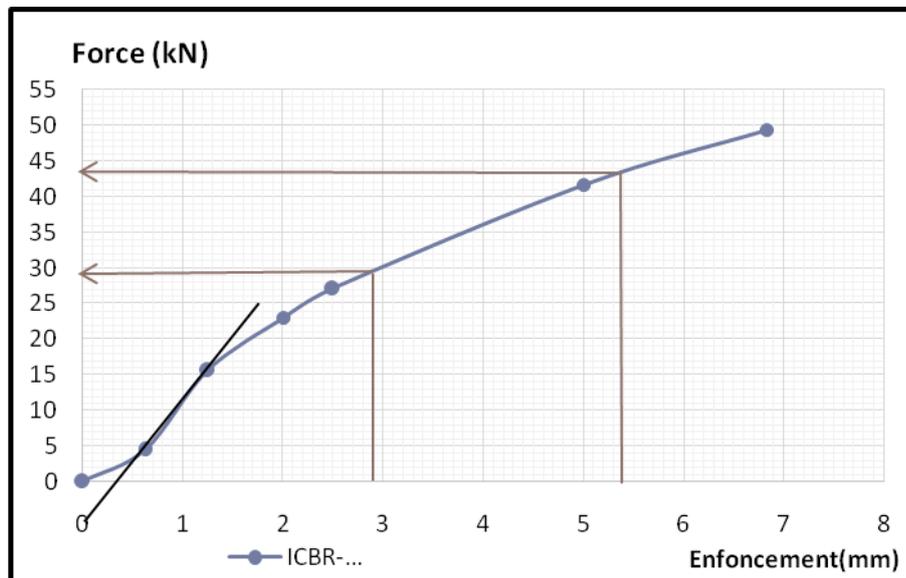


Figure III.12: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.C.B.R. (tuf Adrar)

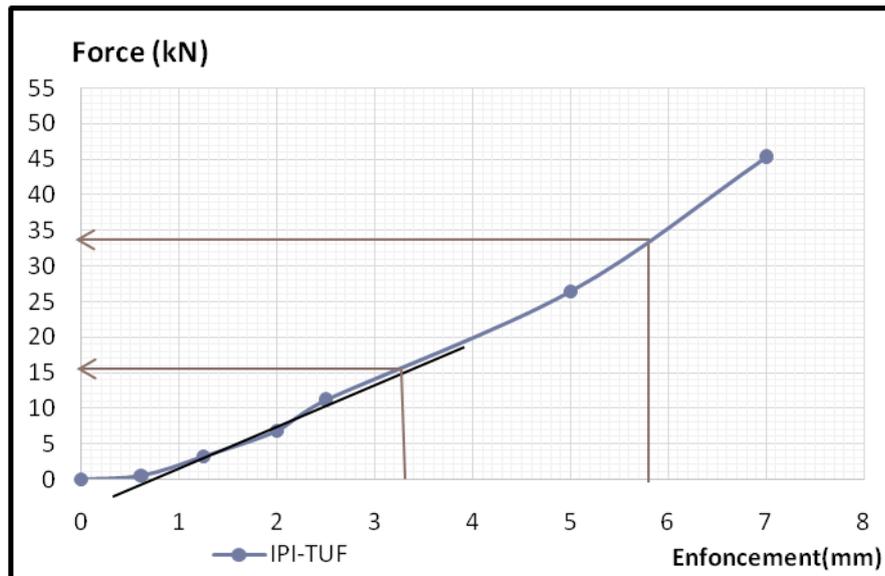


Figure III.13: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.P.I.(tuf **Reggan**).

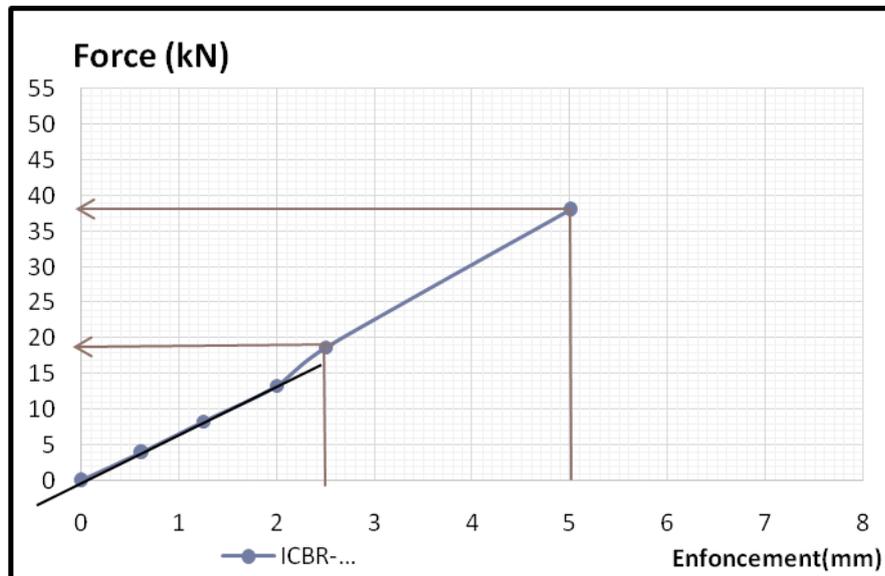


Figure III.14: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.C.B.R.(tuf **Reggan**).

Nous déterminons d'après les courbes qui présentent la force en fonction de son enfoncement l'indice CBR et l'IPI de chaque région (voir tableau III.14).

Tableau III.14:Caractéristiques de portance des sols.

Paramètres Sols	IPI(%)	I.C.B.R(%)
TE	140	115.00
RN	170.00	190.00
AR	247.19	220.97

- Discussion

On remarque d'après les résultats obtenue dans le tableau III.14, la portance du sol Adrar et plus important que celle des autres types de sol, donc il est bien résistance à la rupture.

III.3.1.2 Les Argiles

Pour les argiles des trois régions, on peut citer les analyses suivantes:

III.3.1.2.1 Essai au bleu de méthylène

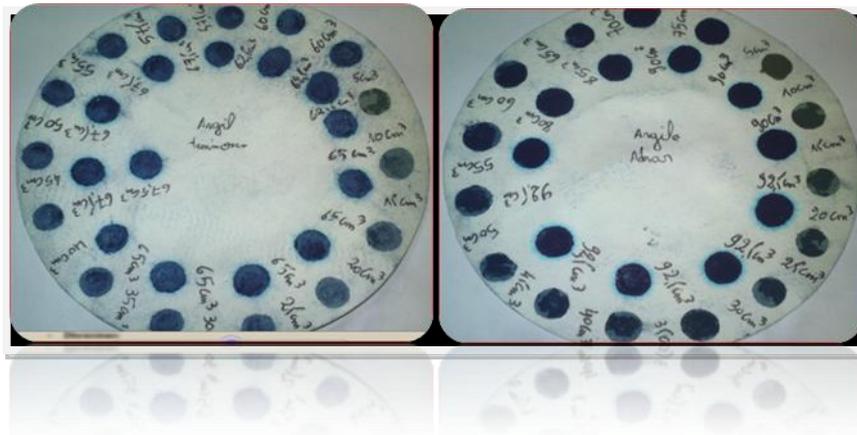


Photo III.09: Test de la tache pour les argiles.

Les résultats de cet essai sont regroupés dans le tableau III.15 et les interprétations dans le tableau II.16.

Tableau III.15:Résultat de l'essai au bleu de méthylène et surface spécifique totale.

Sols	Dosage(cm ³)	VBS(cm ³ /g)	Sst(m ² /g)
TE	67.5	6.75	141.75
RN	85	8.5	178.5
AR	92.5	9.25	194.25

Tableau III.16:Classification du sol selon le bleu.

sols	Nature du sol
TE	Sols limoneux de plasticité moyenne.
RN	Sols argileux à sols très argileux.
AR	Sols argileux.

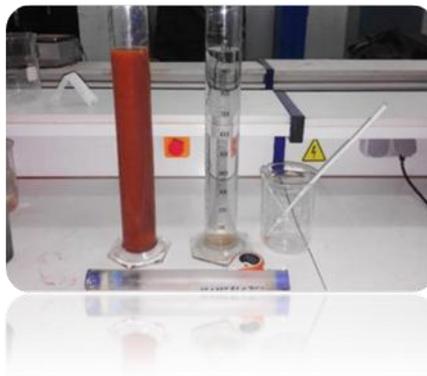
- Discussions

D'après la classification de Lautrin (1987, [12]) (chapitre I, tableau I.3), basée sur la surface spécifique totale, les argiles de Timimoune et Reggan et celles de la région d'Adrar présentent un fort pourcentage en minéraux Illite.

III.3.1.2.3 Analyse granulométrique par sédimentométrie

Le principe de la sédimentométrie se base sur la loi de Stokes du mouvement d'une particule sphérique de diamètre D dans un liquide visqueux. Cette particule atteint un équilibre entre la force de résistance F du liquide.

La méthode de l'essai consiste à étudier la décantation des particules fines du sol de dimension inférieures à $80\ \mu\text{m}$. Les particules les plus grosses descendent plus vite dans le liquide. Ainsi, à une profondeur donnée du liquide soit H , à l'état initial le milieu est homogène, et à un temps t arriveront les particules ayant un diamètre équivalent.

**Photo III.10:** Matériel de l'essai sédimentométrique.

Les résultats de l'analyse granulométrique par sédimentométrie des sols sont regroupés sur la figure III.15.

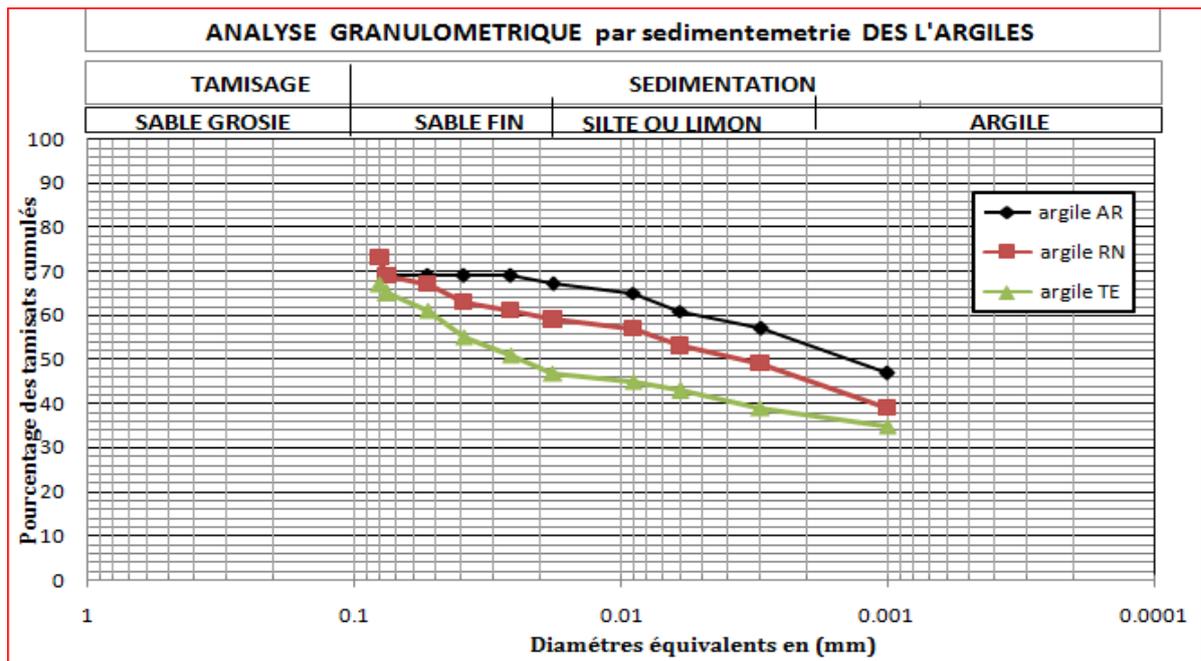


Figure III.15: Courbes granulométriques des trois sols.

A partir de ces courbes, on peut en déduire le pourcentage des particules dont le diamètre est inférieur à $2\mu\text{m}$ (tableau III.17). Les trois sols argileux présentent un fort pourcentage d'éléments argileux.

Tableau III.17: pourcentage des particules $< 2\mu\text{m}$.

Sols (Argiles)	% des grains $< 2\mu\text{m}$
TE	38
RN	47
AR	54

- Discussion

L'analyse granulométrique par sédimentométrie révèle que le sol de Timimoune est moins argileux que ceux des autres sols. Ces résultats vont être confirmés par la classification des sols fins sur le diagramme de Casagrande

III.3.1.2.3 Les limites d'Atterberg

Ces limites sont déterminées sur la fraction du sol passant à travers les tamis de 400 μ m.

Les limites utilisées sont :

- a) Limite de liquidité notée W_L (norme NF P 94-050)
- b) Limite de plasticité notée W_P (NF P 94-054)
- c) Indice de plasticité noté $I_p = W_L - W_P$



Photo III.11: mode opératoire des limites Atterberg.

Les résultats sur les limites de consistance des sols sont regroupés dans le tableau III.18.

Tableau III.18: Les limites d'Atterberg des argiles étudiées.

Paramètre Sols	W_L(%)	W_P(%)	I_p(%)
TE	34	11.49	22.51
RN	62.80	29.25	33.55
AR	80.00	34.00	46.00

Les courbes III.16, 17 et 18 résument les résultats des essais des limites d'Atterberg des argiles des trois régions.

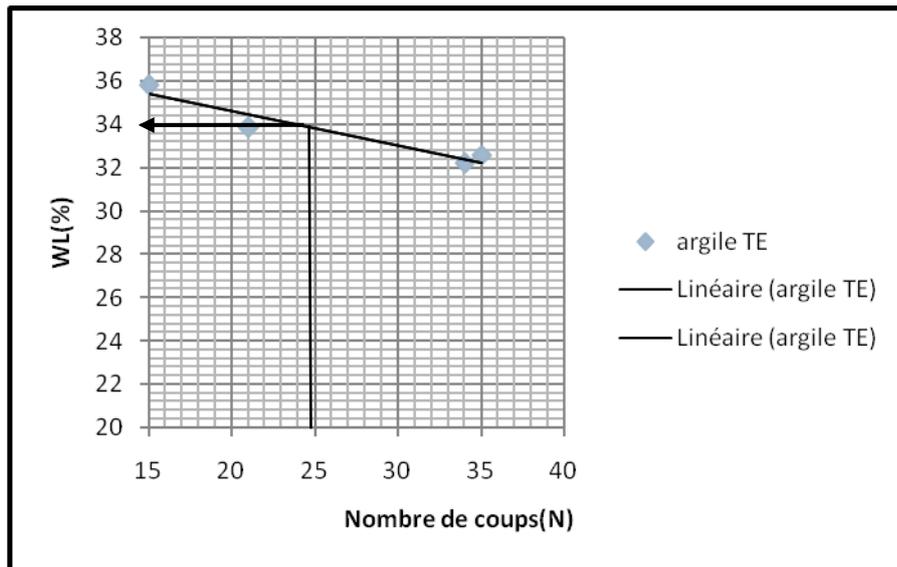


Figure III.16: Courbe de l'essai de la limite de liquidité d'argile "Timimoune".

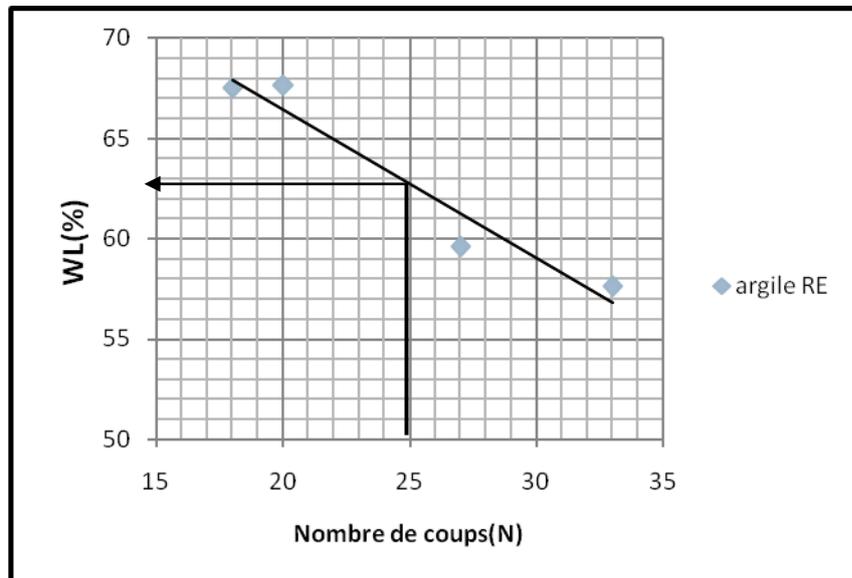


Figure III.17: Courbe de l'essai de la limite de liquidité de l'argile "Reggan".

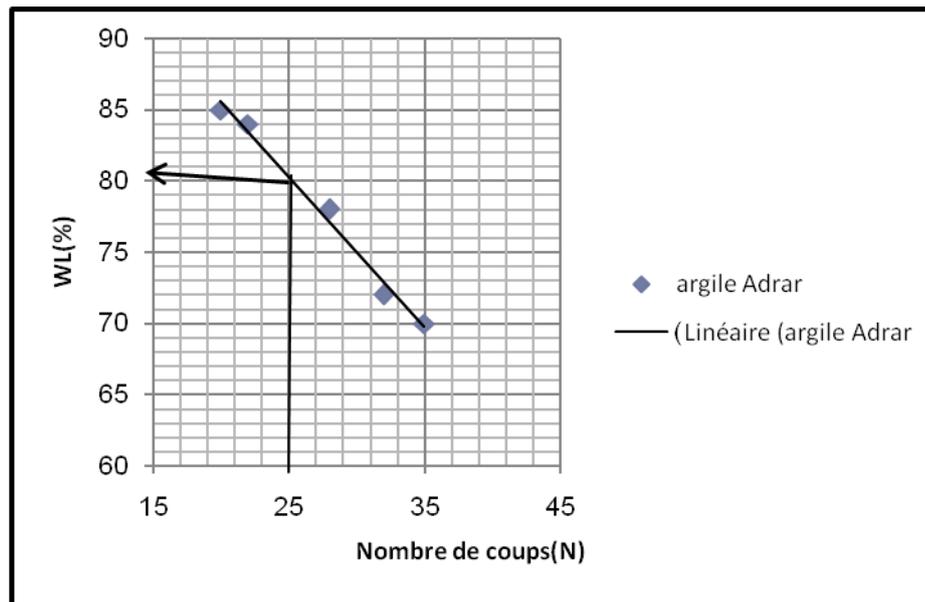


Figure III.18: Courbe de l'essai de la limite de liquidité de l'argile "Adrar".

On détermine les états des argiles des régions d'Adrar, Reggan et Timimoune sur le diagramme de Casagrande par rapport à la figure III.19, en fonction de la limite de liquidité et l'indice de plasticité (tableau III.19).

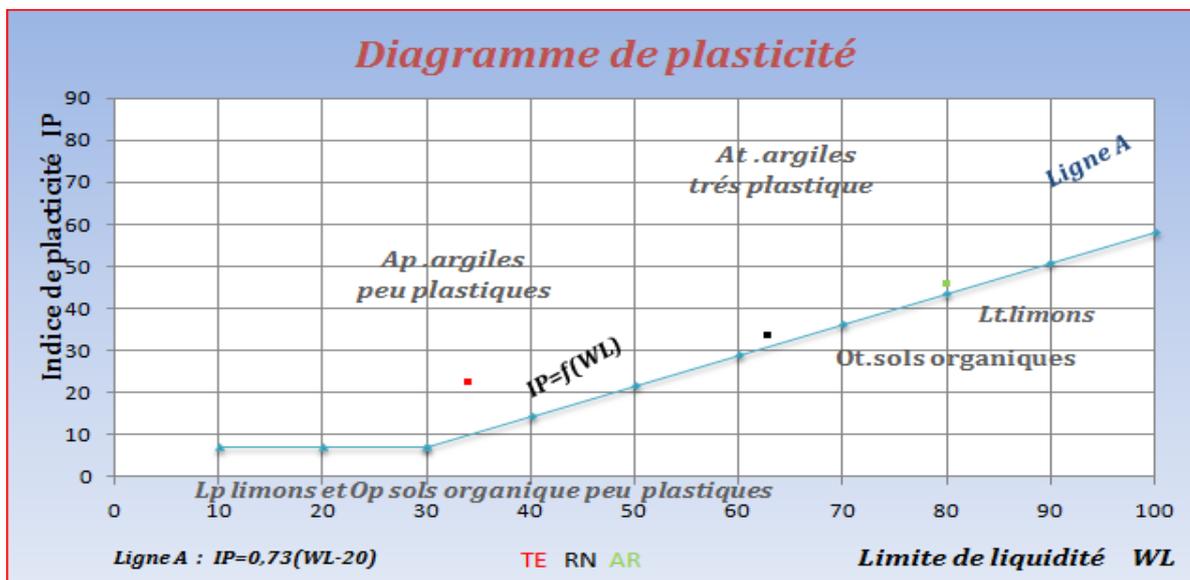


Figure III.19: Classification des sols fins sur le diagramme de Casagrande.

Tableau III.19: Présentation des résultats portés sur le diagramme de Casagrande.

SOL	Etatde l'argile
TM	Peuplastique,moyenargileux
RN	Trésplastique
AR	Trésplastique , trésargileux

D'après les définitions citées dans le chapitre I, paragraphe I.10,tableau I.3, on peut déterminer l'activité des échantillons suivant les deux formules proposées par Skempton (1953).

Les résultats sont présentés dans le tableau III.20.

Tableau III.20: Activités des argiles étudiées.

Sols	A₁ (Skempton)
TN	0.59
RE	0.71
AR	0.85

Sur la base de ces résultats, et d'après la classification de Skempton (chapitre I, tableau I.4), on déduire que l'état d'activité des argiles de Reggane et celle de Adrar est normale tandis que pour l'argile de Timimoune l'état d'activité est inactive et aussi on peut déterminer le minéral prédominant dans la matrice argileuse.

Tableau III.21 : Nature des sols d'après la classification de Skempton

Sols	Minéral
TN	Illite
RE	Illite
AR	Illite

- Discussion

D'après la classification de Skempton, le minéral prédominant dans l'argile de Timimoune,Reggane et Adrar est l'illite

III.3.1.2.4 Détermination du pourcentage de carbonate de calcium (CaCO_3)

-Présentation des résultats:(tableau III.22).

Tableau III.22: Les valeurs du pourcentage de CaCO_3 des différents sols des carrières des régions.

Région	Argile
	% CaCO_3
Adrar	0.94
Timimoune	2.2
Reggan	1.46

- Discussion

Nous remarquons que les % de CaCO_3 sont faibles pour les argiles. Et d'après le tableau III.9

On déduit que les trois tufs est classe argile.

III.3.1.2.4 Le poids volumique absolue.

D'après la définition citée dans le paragraphe III.1.3.4, on peut déterminer la masse volumique absolue de différentes argiles. Les résultats de ces essais sont présentés dans le tableau III.22.

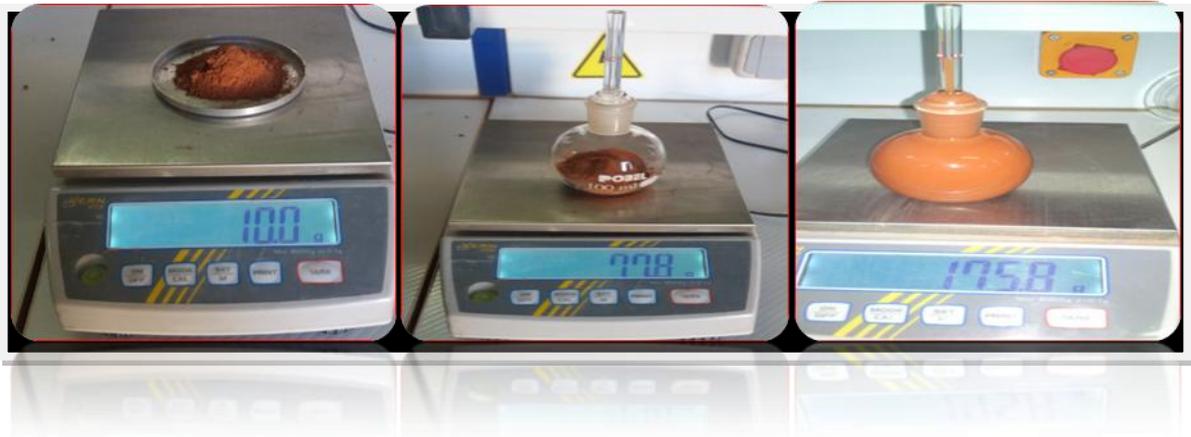


Photo III.12: Mode opératoire de l'essai du poids volumique absolue des argiles.

-Présentation des résultats:(voir tableau III.23).

Tableau III.23:Les résultats du poids volumique absolue des argiles.

Sol	Quantité	Temperature	$\gamma_{abs}(g/cm^3)$
TE	10	20 °C	2.61
RN	10	20 °C	2.67
AD	10	20 °C	2.66

Tableau III.24:Poids volumiques secs de quelques minéraux Withman et Lambeinin (Costet et Sanglérat,1983).

Argile	$\gamma_s (kN/m^3)$
Quartz	26,6
K-Feldpath	25,4 à 25,7
<u>Na-Ca-Feldpath</u>	<u>26,2 à 27,6</u>
Calcite	27,2
Dolomite	28,5
Muscovite	27à31
<u>Chlorite</u>	<u>26,1 à 29</u>
<u>Kaolinite</u>	<u>26,1 à 26,4</u>
Illite	28,4à 27,4
Montmorillonite	27,5 à 27,8
Attapulgate	23,0

- Discussion

D'après les tableaux III.23 et II.24, les argiles de trois régions sont trouvent dans la famille d'argile : Na-Ca-Feldpath.

III.3.1.2.5 Essai de la limite de retrait

La limite de retrait(W_R) est la teneur en eau pondérale conventionnelle de dessiccation d'un sol remanié, au dessous de laquelle le volume de l'échantillon est supposé ne plus varier. Elle est déterminée par la norme XP P 94-60-1. Après l'étuvage des échantillons d'argiles étudiées, on a constaté un taux de retrait élevé. Ce retrait est dû principalement au départ par séchage d'une grande quantité d'eau.



Photo III.13: Mode opératoire de la limite du retrait des argiles.

-Présentation des résultats:

$$W_R = [(P_a - P_c) - (V_a - V_c)] / * 100 \dots \text{III.15}$$

Les résultats sont présentés dans le tableau III.25.

Tableau II.25: les résultats de la limite du retrait des argiles.

Les argiles	TE	RN	AR
W_R	17.51	12.38	11.41

III.3.1.2.6 Essai Proctor



Photo III.14: compactage des chaque couche par Proctor modifié.

-Présentation des résultats:(voir figures III.20, 21 et 22)

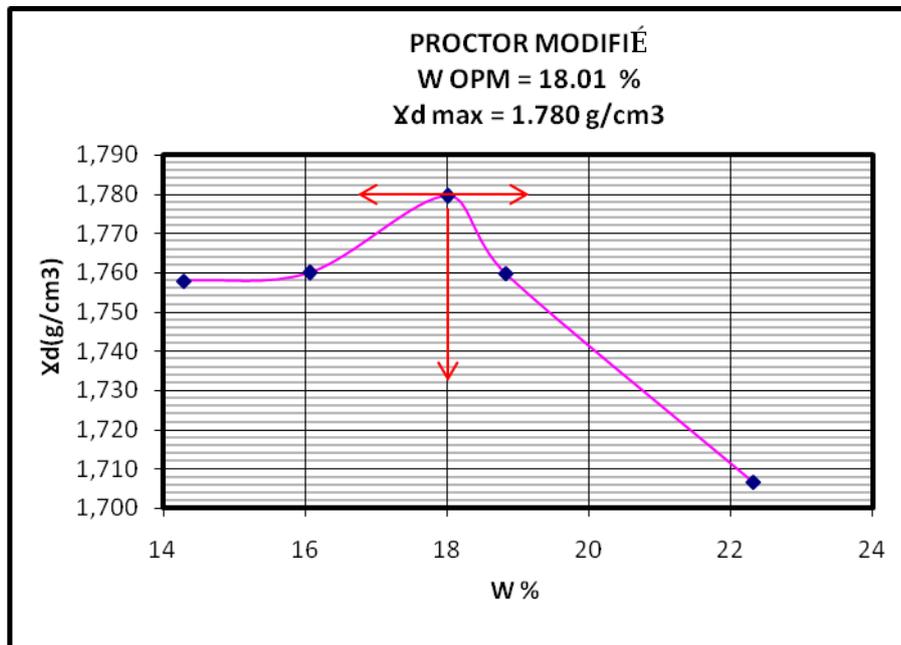


Figure III.20 : Courbe de Proctor Modifié Argile "Reggan".

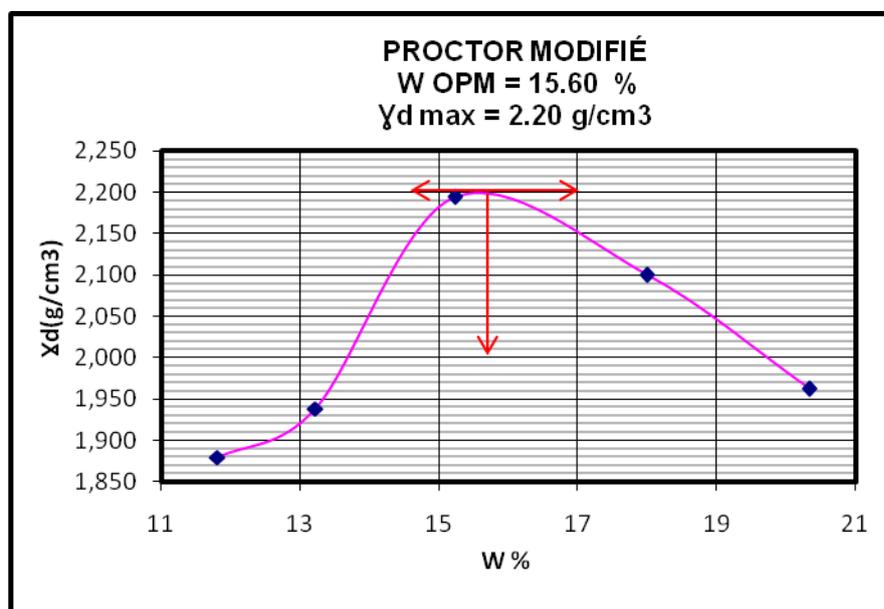


Figure III.21 : Courbe de Proctor Modifié Argile "Timimoune".

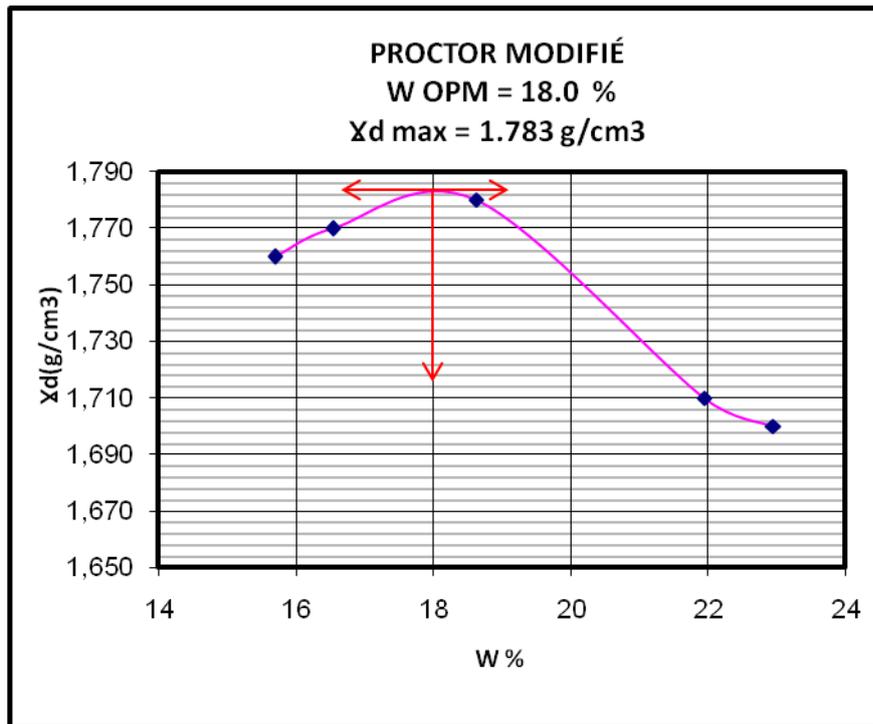


Figure III.22 : Courbe de Proctor Modifié Argile "Adrar".

A partir de ces courbes, on regroupé les résultats dans le tableau III.26.

Tableau III.26:Caractéristiques de compactage des sols.

SOL	$\gamma_d \text{ max (g/cm}^3\text{)}$	Wopt(%)
TM	2.20	15.60
RN	1.78	18.01
AR	1.783	18.00

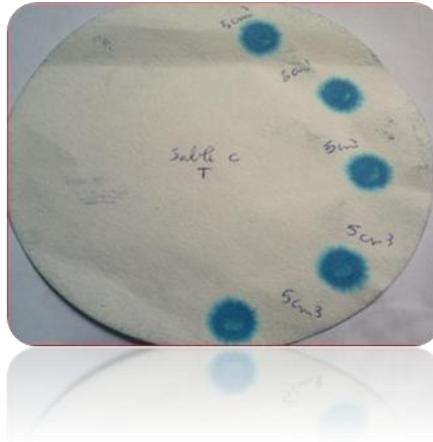
III.3.1.3 Les sable concassés**III.3.1.3.1 Essai au bleu de méthylène**

Photo III.15: Papier filtre de l'essai au bleu méthylène du sable concassé du sable concassé "Timimoune".

-Présentation des résultats : voir le tableau III.27.

Le tableau III.27 représente les valeurs de bleu des échantillons étudiés.

Tableau III.27:Résultats de l'essai au bleu de méthylène des sables concassés.

Sols	Dosage(cm ³)	VBS(cm ³ /g)	Sst(m ² /g)
TE	5	0.2	4.2
AR	10	0.4	8.4

- Discussions:

D'après la classification des sols (tableau III.2), basée sur la valeur de bleu, les sables concassés de la région d'Adrar et Timimoune présentent des sols limoneux avec apparition de la sensibilité à l'eau.

III.3.1.3.2 Essai d'équivalent de sable**Photo III.16:**Éprouvette de équivalent de sable.**Tableau III.28:** Résultats d'équivalent du sable des sables concassés.

sols	TE	AR
ES _v (%)	63.77	31.13
ES _p (%)	68.25	32.52

- Discussions

A partir du tableau III.5, le sable concassé de la région de Timimoune présente un sable légèrement argileux, mais le sable concassé d'Adrar est un sable argileux avec un risque de retrait ou gonflement à rejet pour des bétons de qualité.

III.3.1.3.3 Analyse granulométrique par tamisage sec**Photo III.17:**Séparation des dimensions des grains.

On présente les résultats de l'analyse sur la figure III.23.

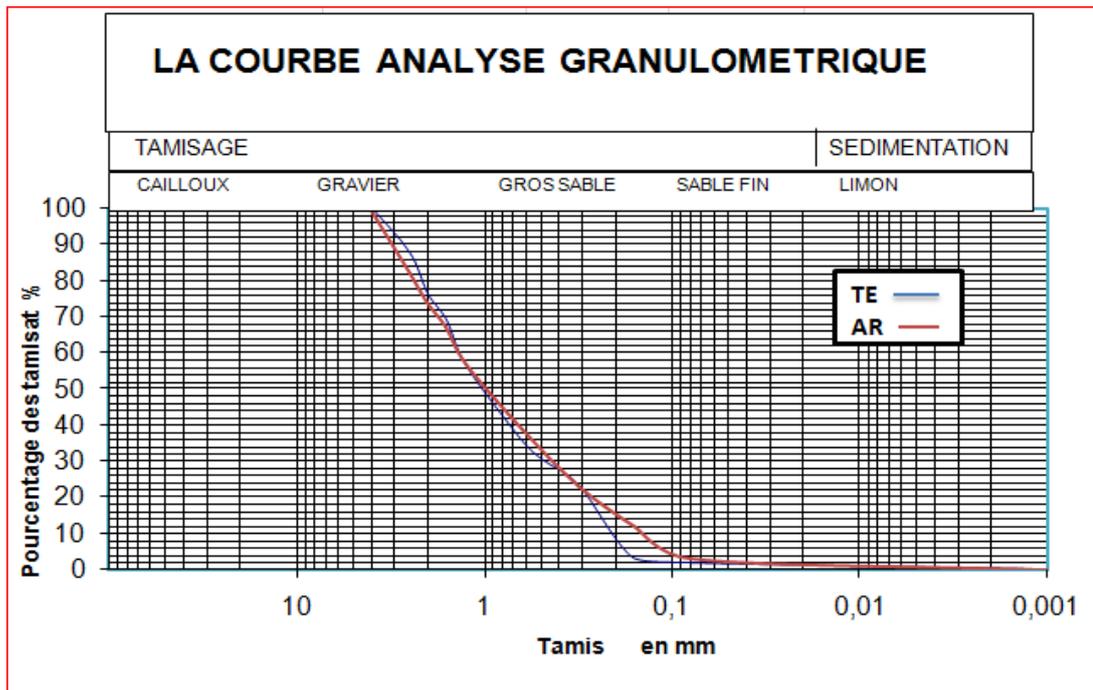


Figure III.23: Courbe analyse granulométrique des deux sables concassés (Timimoune et Adrar).

A partir de ces courbes, on peut en déduire les paramètres et les coefficients des ces matériaux (tableau III.29).

Tableau III.29: Les résultats de l'analyse granulométrique des sables concassés.

Échantillon		Sable C TE	Sable C AR
0/D		0/3	0/3
D10(mm)		0.21	0,15
D30(mm)		0.5	0,44
D60(mm)		1.5	1,45
Fraction 80µm	RC (%)	92.90	97,13
	TC (%)	1.64	2,87
Fraction 2mm	RC (%)	23.46	26,2
	C_U	17.14	9,66
C_C		1.59	0.89

III.3.1.3.4 Essai du poids volumique absolue.

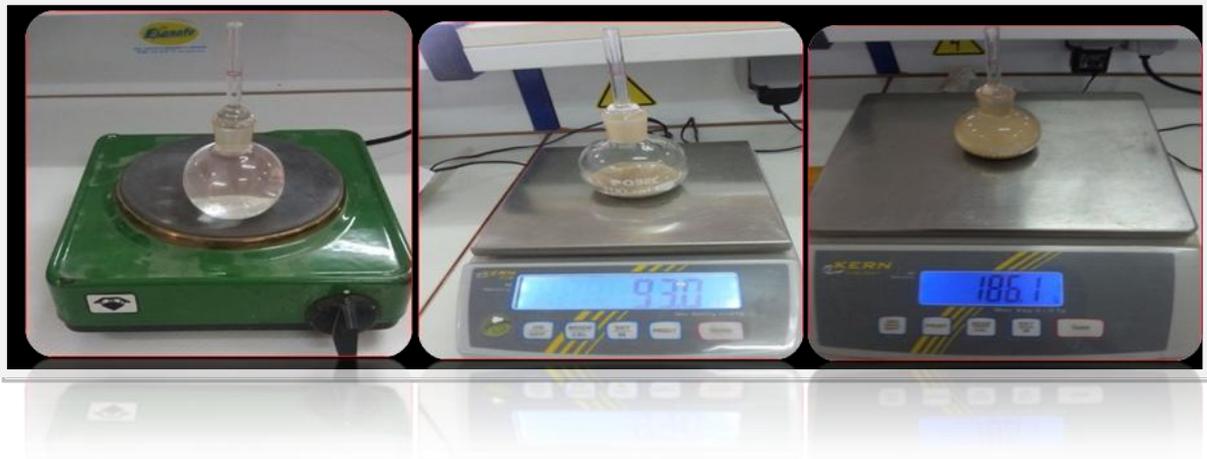


Photo III.18: Mode opératoire de l'essai du poids volumique absolue de sable concassé.

-Présentation les résultats:(voir tableau III.30).

Tableau III.30:Les résultats du poids volumique absolue des sables concassés.

Sables concassés	Quantité (g)	Temperature	$\gamma_{abs}(g/cm^3)$
TE	25	20 °C	2.91
AD	25	20 °C	26.92

- Discussion:

D'après les tableaux III.24 et III.30,le sable concassé de Timimoune se trouve dans la famille d'argile : Chlorite, et le sable concassée d'Adrar dans l'intervalle de la famille Na-Ca-Feldpath.

III.3.1.3.5 la masse volumique apparente (ρ_{app})



Photo III.19: Moule de l'essai lamasse volumique apparente et arasage des échantillons.

-Présentation des résultats: voir tableau III.31.

Tableau III.31: Les résultats de la masse volumique apparente des sables concassés.

Sols	Volume du moule(cm ³)	Poids de des l'échantillon(g)	La masse volumique apparente (g/cm ³)
TE	1000	1579.2	1.58
AR	1000	1427.1	1.43

III.3.1.3.6 Détermination du pourcentage de carbonate de calcuim (CaCO₃)

Tableau III.32: Les valeurs du pourcentage de CaCO₃ des différents sables concassés

Des carrières des régions.

Région	Sable concassé %CaCO ₃
Adrar	4.41
Timimoune	36.27
Reggan	/

Le sable concassé d'Adrar est importantes pour le sable concassé de Timimoune.

III.3.1.3.7 Essai Proctor.



Photo III.20: préparation et compactage des échantillons.

-Présentation des résultats (voir les courbes III.24 et III.25).

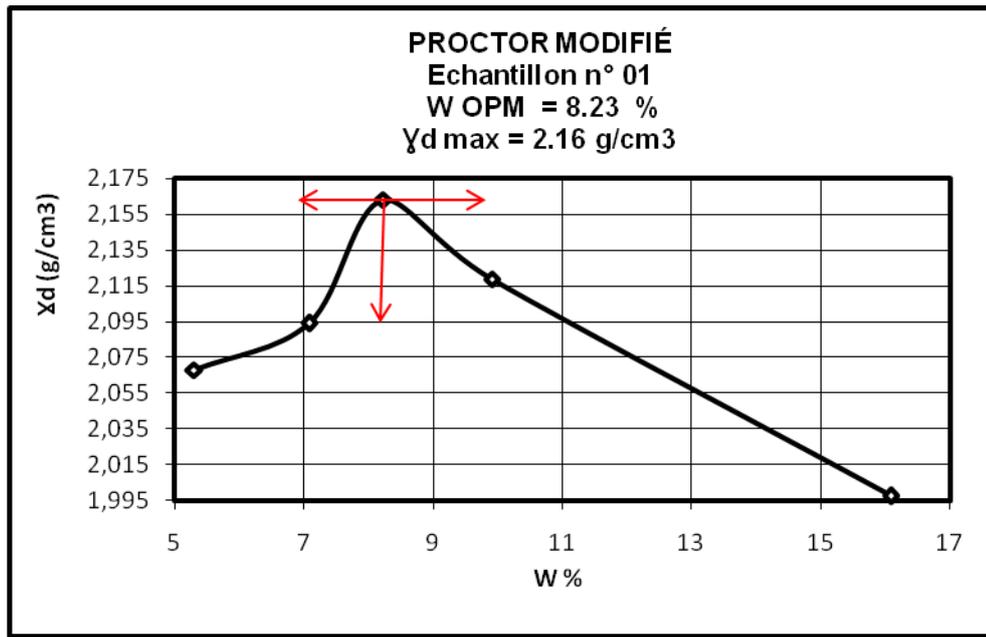


Figure III.24: Courbe Proctor modifié du sable concassé **Timimoune**.

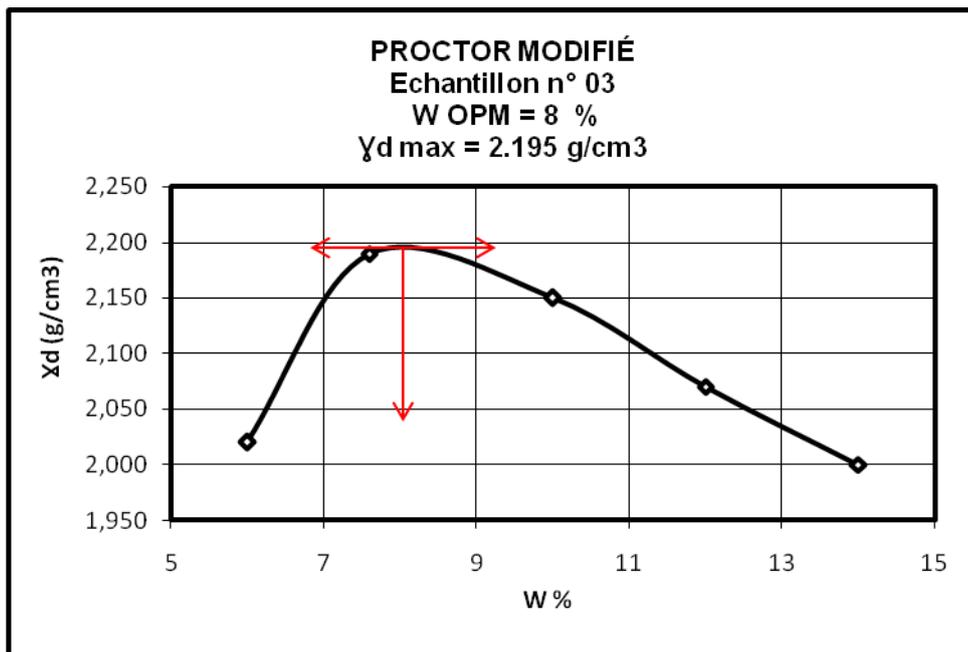


Figure III.25: Courbe Proctor modifié du sable concassée **Adrar**.

Le tableau III.33 donne les valeurs de la densité sèche maximale $\gamma_d \text{ max}$ et la teneur en eau optimale obtenue à l'essai Proctor modifié pour les sables concassés.

Tableau III.33:Caractéristique de compactage des sables concassée.

Échantillon	$\gamma_d \text{ max}$	W_{opt}
TE	2.16	8.20
AR	2.19	8

III.3.1.3.8 Essai C.B.R

-Présentation des résultats de l'essai C.B.R.

Les résultats des efforts déformation pour les deux matériaux des régions d'Adrar et Timimoune sont présentés sur les figures III.26, 27, 28 et 29.

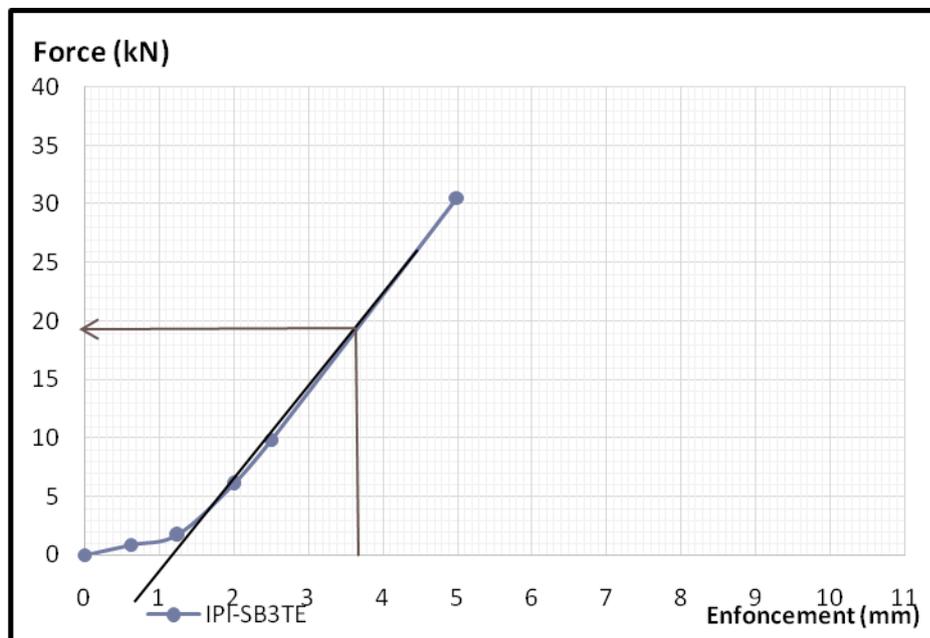


Figure III.26: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.P.I.

(Sable concassé **Timimoune**).

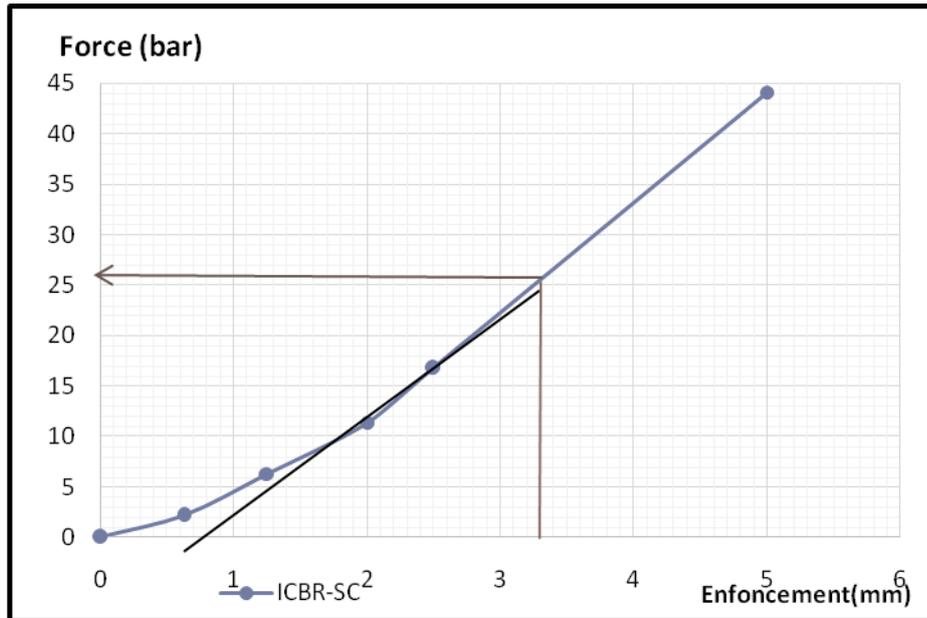


Figure III.27: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.C.B.R.
(Sable concassé Timimoune).

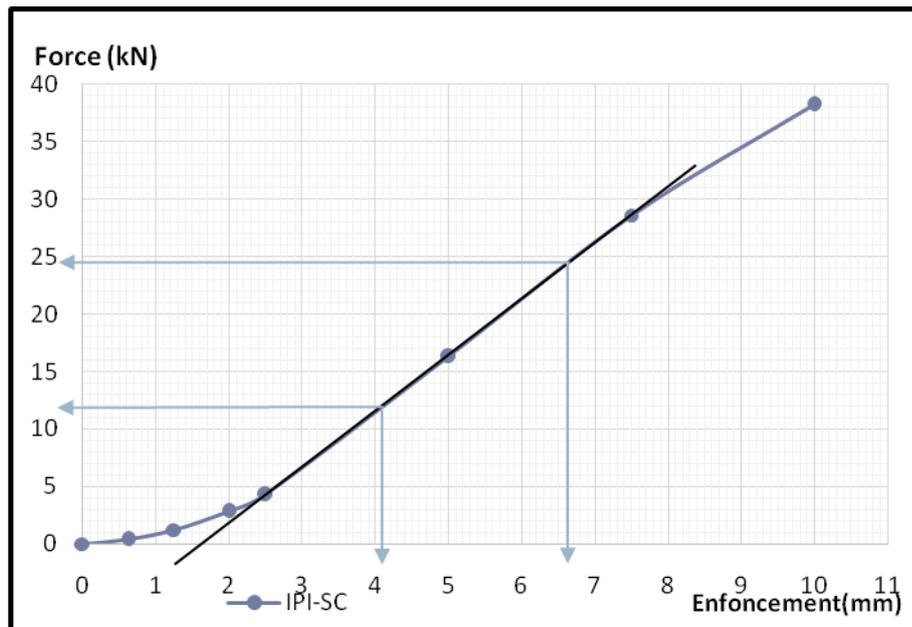


Figure III.28: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.P.I. (sable concassé Adrar).

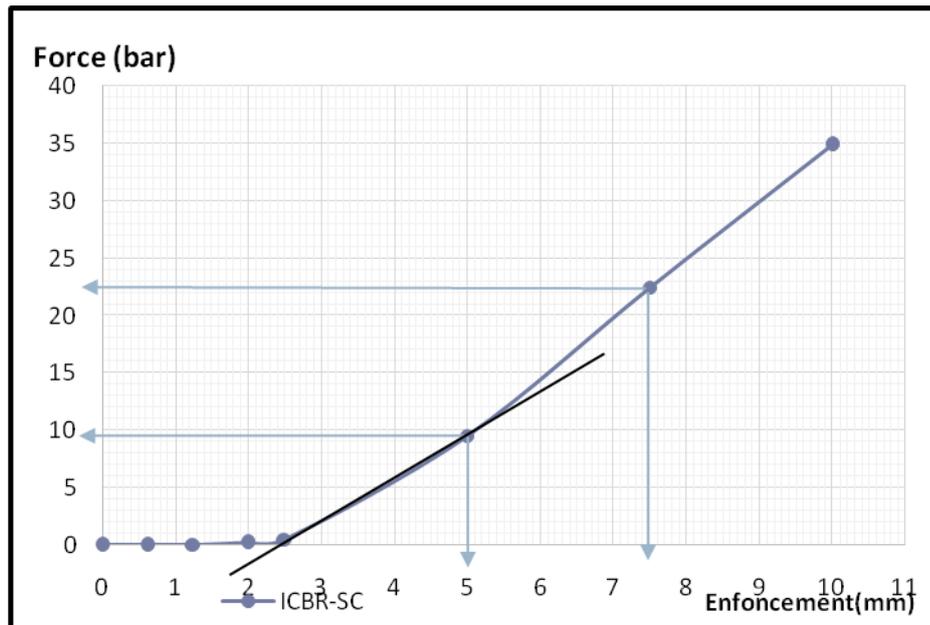


Figure III.29: Courbe effort-déformation du poinçonnement I.C.B.R. (Sable concassé Adrar).

D'après ces résultats des essais C.B.R. et IPI sur les deux échantillons testés, on peut conclure les caractéristiques de portance des échantillons testés (tableau III.34).

Tableau III.34: Caractéristique de portance des sables concassés.

Paramètres	IPI(%)	I.C.B.R.(%)
Matériaux		
TE	142.32	194.75
AR	122.50	112.5

- Discussion

A partir de tableau III.34, les valeurs des paramètres de portance de sable concassé de Timimoune supérieure à celui de sable concassé d' Adrar.

III.4 CARACTERISATION MECANIQUE

Après avoir effectué les essais d'identifications qui représentent les paramètres et les indices de classification, les trois argiles considérés dans cette étude sont classés comme suit :

III.4.1 Mesure du potentiel de gonflement

Les différentes méthodes employées pour l'estimation et la mesure du potentiel de gonflement sont :

- Les méthodes indirectes basées sur l'évaluation des caractéristiques physiques (teneur en eau, densité sèche, limites d'Atterberg, valeur de bleu, ...) permettent d'estimer la sensibilité du matériau vis-à-vis du gonflement.
- La méthode directe:

III.4.1.1 Mesure indirecte du potentiel de gonflement

III.4.1.1.1 Généralités

Un nombre considérable d'approches empiriques introduites par différents auteurs, Skempton (1953,[8]) ; Holtz et Gibbs (1956, [15]) ; Ranganathan et Satyanaryana (1965 ,[8]) Vijayverjya et Ghazzaly (1973,[8]) ; Mouroux et al (1988,[8]) ; basées sur des caractéristiques du sol, qui sont faciles à déterminer au laboratoire, sont utilisées pour l'évaluation du potentiel de gonflement.

Certaines approches sont basées sur un seul paramètre, et d'autres sur la combinaison de deux ou trois paramètres, plus le nombre combiné est grand, plus l'évaluation du potentiel de gonflement est meilleure.

III.4.1.1.2 Classifications

a) Classifications selon un seul paramètre

Tableau III.35: Evaluation du potentiel de gonflement à partir de l'indice de plasticité (D'après Mouroux et al ,1988[8]).

Potentiel de gonflement	Indice de plasticité (%)
Bas	0-15
Moyen	15-35
Haut	35-55
Très haut	>55

b) Combinaison de deux paramètres

Tableau III.36 : Degré d'expansion en fonction de la limite de liquidité et l'indice de plasticité (D'après Snethen et al ,1977[8]).

Ip	WL(%)	Classification
<25	<50	Faible
25-35	50-60	Moyen
> 35	> 60	Très élevé

III.4.1.1.2.a Classifications selon un seul paramètre

Tableau III.37: Classification du potentiel de gonflement selon un seul paramètre.

Sols	TE	RN	AR
Paramètres			
WL(%)	Faible	Élevé	Très élevé
IP(%)	Moyen	Moyen	Très haut

III.4.1.1.2.b Classifications selon deux paramètres

Tableau III.38: Classification du potentiel de gonflement selon deux paramètres.

Sols	TE	RN	AR
Paramètres			
WL(%);IP(%)	Faible	Moyen à élevé	Très élevé

- **Discussion**

D'après ces classifications, nous pourrions donner les interprétations suivantes :

- Les argiles d'Adrar et de Reggan ont un potentiel de gonflement supérieur à celui de l'argile de Timimoune.
- Les sols d'Adrar (AR), présentent un potentiel de gonflement très élevé.

III.4.2 Essais de résistance au cisaillement (NF P94-071-1)

- La résistance d'un matériau est définie comme étant sa capacité de supporter des charges sans céder à la rupture (Funk et Wagnalls, 1982 ; Gillot, 1987). Sous l'action des charges extérieures, le matériau développe une réaction interne, qui dépend de la nature de la charge appliquée.

Cependant pour le cas très particulier du sol, la résistance est généralement considérée en terme de résistance au cisaillement (Gillot, 1987), ceci parce que le phénomène de déformation et de rupture d'un sol dans le domaine plastique s'accompagne d'un réarrangement de sa texture (Vyalov, 1979). Les particules commencent à glisser l'une par rapport à l'autre, en formant ainsi des défauts de texture, qu'on peut assimiler à des fissures, ce qui conduit enfin à une rupture totale du sol suivant un plan de cisaillement bien apparent[8].

La résistance au cisaillement des sols constitue l'aspect le plus important, elle peut être déterminée de plusieurs façons (au laboratoire ou in situ).

Les essais les plus fréquemment utilisés au laboratoire, sont l'essai de cisaillement direct et l'essai triaxial.

L'objectif de cette partie est la détermination des caractéristiques mécaniques c et φ pour les différents sols aux caractéristiques de l'optimum Proctor modifié (argile et le tuf). Ces paramètres peuvent être mesurés directement à partir des essais de laboratoire sur des échantillons intacts afin de refléter la résistance réelle du terrain.

L'essai utilisé pour la détermination de ces paramètres est l'essai de cisaillement direct, cas d'essai non consolidé non drainé noté par U.U (non consolidé non drainé).

III.4.2.1. Essai de cisaillement directe

Cet essai est probablement le plus ancien puisque Coulomb a utilisé une boîte de cisaillement. L'essai est relativement simple, on confine l'échantillon dans une boîte formée de deux parties divisées par un plan horizontal. Une partie est fixe tandis que l'autre peut se mouvoir horizontalement. On applique une charge normale constante sur l'échantillon à l'aide d'un capuchon de chargement (σ) et on mesure en cours d'essai, la force de cisaillement (τ) de même que les déformations horizontales et verticales (Δl et Δh).

En regroupant les points (σ et τ) avec au moins trois essais, on peut tracer la droite décrivant le critère de rupture et on déduit les caractéristiques mécaniques: l'angle de frottement φ et la cohésion C .



Photo III.21: L'essai de cisaillement à la boîte.

III.4.2.2 Mesure des paramètres de cisaillement

III.4.2.2.1 Tuf

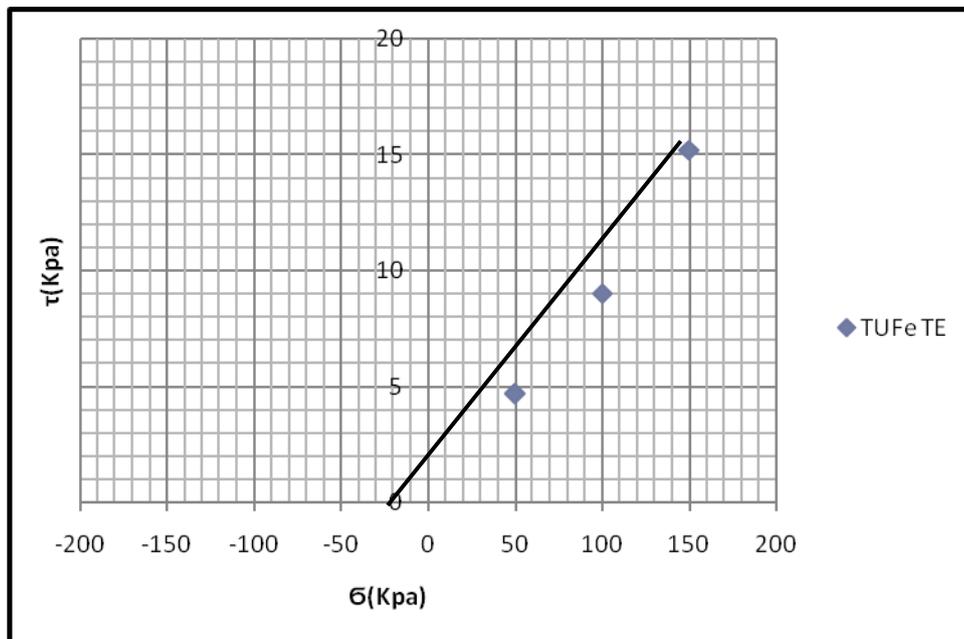


Figure III.30 : Courbe intrinsèque pour le tuf Timimoune.

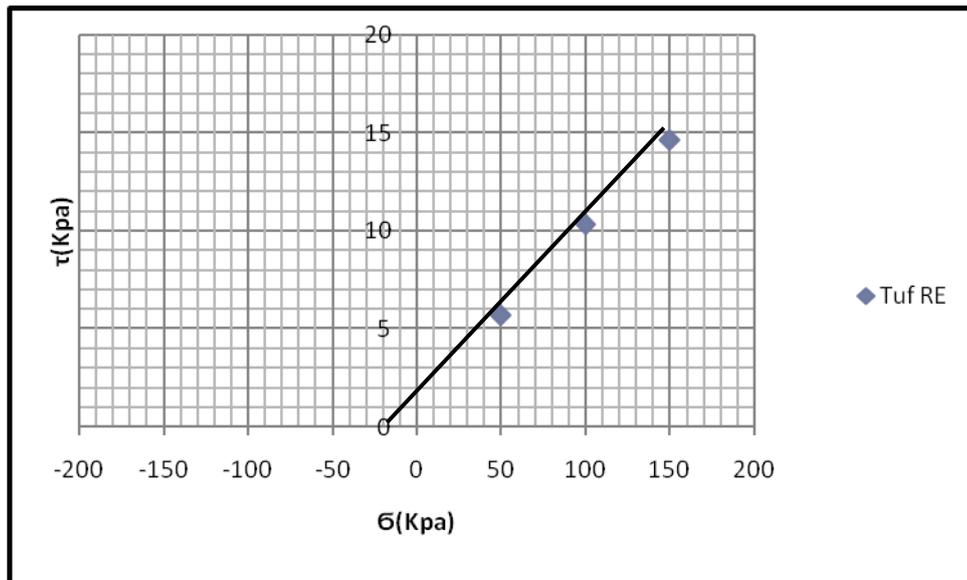


Figure III.31 : Courbe intrinsèque pour tuf **Reggan**.

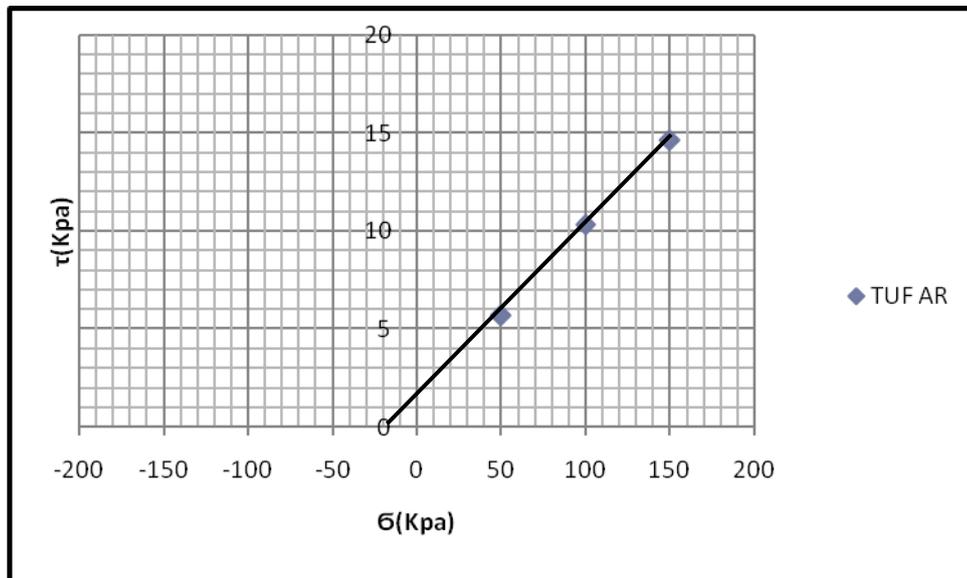


Figure III.32: Courbe intrinsèques pour tuf **Adrar**.

D'après les courbes des figures III.30,31 et 32, les valeurs des paramètres de résistance au cisaillement (angle de frottement φ et cohésion C) pour les trois tufs des trois différentes régions sont résumées dans le tableau III.40.

Tableau III.39: Paramètres de résistance aux cisaillements destufs.

Paramètres Sols	τ_1 (Kpa)	τ_2 (Kpa)	τ_3 (Kpa)	σ_1 (Kpa)	σ_2 (Kpa)	σ_3 (Kpa)
TE	4.7	9.03	15.22	50	100	150
RN	4.87	9.07	14.29	50	100	150
AR	5.69	10.32	14.63	50	100	150

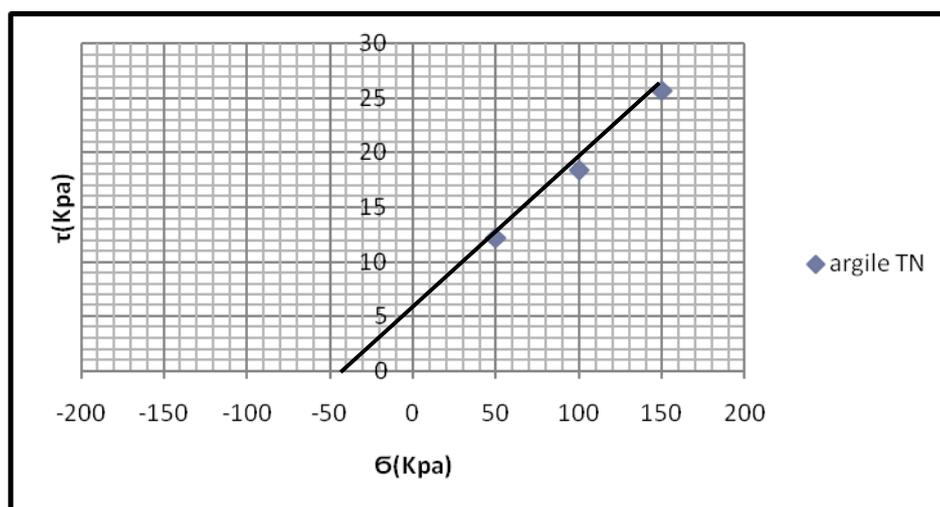
Tableau III.40: Paramètres de résistance C et φ des tufs.

Paramètres Sols	C (Kpa)	φ (°c)
TE	0.37	4.94
RN	0.6	4.57
AR	1.06	5.29

- Discussion

D'après les résultats obtenus, on peut constater que le tuf d' Adrar est plus résistant que les autres tuf.

III.4.2.2.2 Les argiles (figures III.33, 34 et 35)

**Figure III.33:** Courbe intrinsèque pour l'argile *Timimoune*.

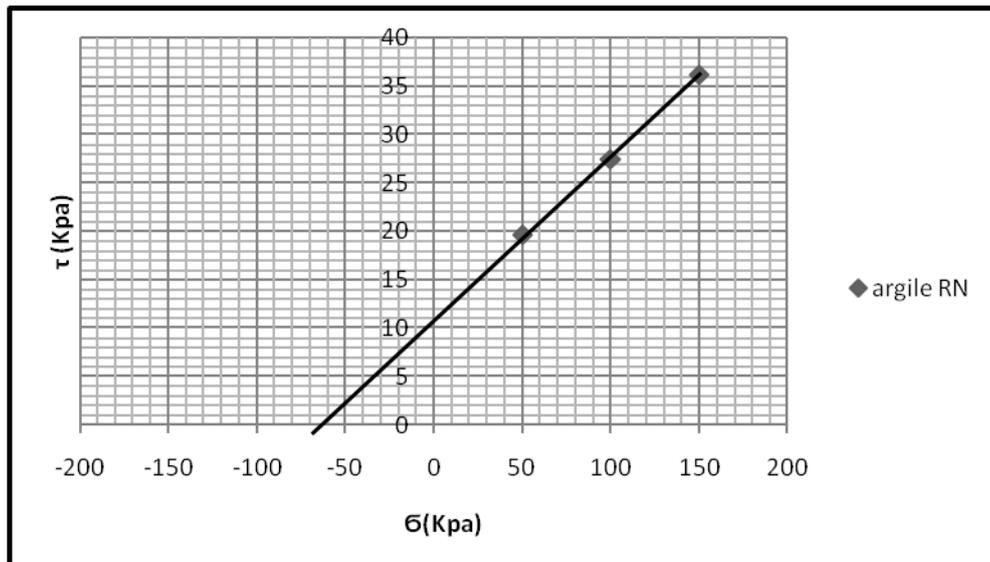


Figure III.34: Courbe intrinsèque pour l'argile **Reggan**.

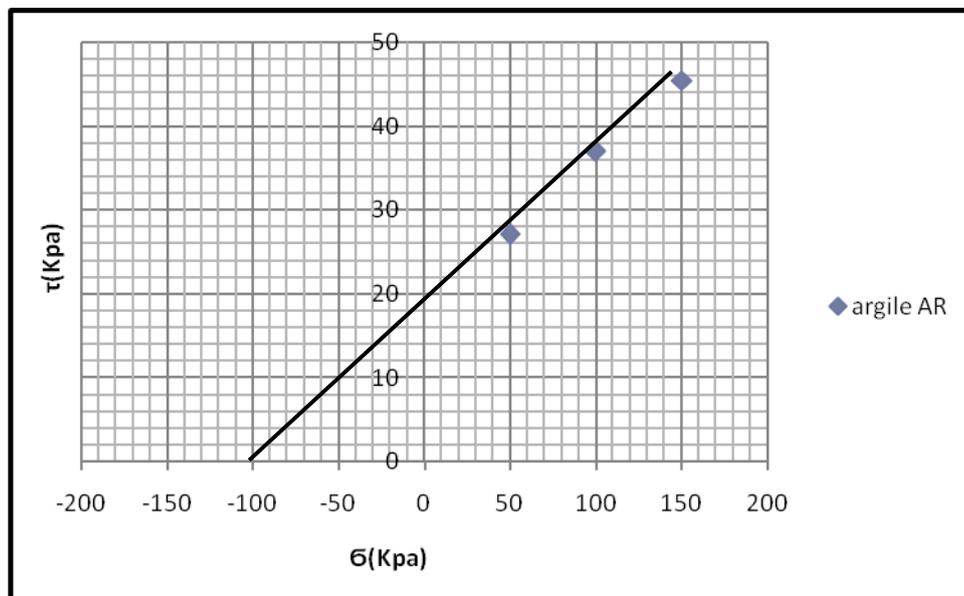


Figure III.35: Courbe intrinsèques pour l'argile **Adrar**.

A partir des courbes des différentes figures ci-dessus, les valeurs des paramètres de résistance au cisaillement (angle de frottement φ et la cohésion C) pour les trois argiles sont résumés dans les tableaux III.41 et III.42.

Tableau II.41: Paramètres de résistance au cisaillement des argiles.

Paramètres Sols	τ_1 (Kpa)	τ_2 (Kpa)	τ_3 (Kpa)	σ_1 (Kpa)	σ_2 (Kpa)	σ_3 (Kpa)
TE	12.19	18.45	27.7	50	100	150
RN	19.68	27.49	36.21	50	100	150
AR	27.14	37.01	45.52	50	100	150

Tableau III.42: Paramètres de résistance C et ϕ des argiles.

Paramètres Sols	C (Kpa)	ϕ (°c)
TE	5.68	7.14
RN	12.15	9.01
AR	17.23	11.14

- Discussion

D'après les résultats obtenus (tableau III.41), on peut constater que l'argile d'Adrart est plus résistante que les autres argiles.

III.4.3 Essai de résistance à la compression simple:

Cet essai a été introduit d'une manière empirique par Fenzy, en 1957, pour apprécier la cohésion des matériaux locaux soumis à un état de sécheresse (Fumet 1959 [8] ; Peltier 1959 ; Fenzy, 1966 ; Alloul, 1981 ; Ben Dhia, 1983 ; Morsli, 2007). L'essai consiste à suivre le phénomène de durcissement dans le temps, appelé aussi auto-stabilisation (Netterberg, 1975[8]).

L'essai est réalisé sur des échantillons confectionnés avec des éléments dont le diamètre est inférieur à 5mm et compactés à la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale de l'essai Proctor modifié.

III.4.3.1 Les tufs



Photo III.22: Compactage des éprouvettes dans la presse CBR.

-Présentation des résultats de l'essai : voir tableau III.43.

Tableau III.43: Résultats de la résistance à la compression simple des tufs.

Région	La résistance à la compression (Rc) Tuf100%-28j
TE	26.90
RN	28.99
AR	108.02

III.4.3.1 Les sables concassés



Photo III.23: Démoulages et écrasements des éprouvettes.

-Présentation les résultats : voir tableau III.44.

Tableau III.44: Résultats de la résistance à la compression simple des sables concassés.

Région	La résistance à la compression(Rc)Sable concassé100%-28j
TE	7.62
AR	58.91

III.5. CONCLUSIONS

III.5.1 Classification des sols

Un système de classification a pour objectif de regrouper les sols en des catégories ayant des caractéristiques identiques. La classification Française proposée par le LCPC s'inspire de la classification USCS et ne diffère d'elle que dans certains détails.

La classification du LCPC est basée sur la courbe granulométrique, les limites d'Atterberg, la teneur en matières organiques et sur des observations sur les échantillons(couleur, odeur,...). Cette classification comporte 8 classes pour les sols grenus, 8 classes pour les sols fins.

- **Discussions :**

A partir de la **classification LCPC**, on peut en déduire les classes des échantillons(tuf)des trois régions.

-Sol TE: $R_c(80\mu m) = 99.11$, il s'agit d'un sol grenu; $R_c(2mm) = 54 \rightarrow$ grave et puisque: $5\% < T(80\mu m) = 2.03 < 12\%$, on lui attribue un double symbole, $C_u = 17.24$; $C_c = 0.55$, ce qui correspond au symbole grave mal graduée(Gm).

-Sol RN : grave qui correspond au symbole mal graduée(Gm).

-Sol AR: grave mal graduée(Gm).

Ainsi que le sable concassé de la région de Timimoune et Adrar.

Sable concassé TE: sable propre bien gradué ; Sable concassé AR: sable mal graduée(Sm).

Classification G.T.R :

Dans les travaux de construction routière, le rôle du sol support est considérable et il conditionne largement la durée de vie de l'ouvrage.

Le mouvement des terres qui s'effectue lors des travaux de terrassements doit conduire dans l'idéal, à un équilibre volumétrique des déblais et des remblais. Ceci implique que les matériaux utilisés soient parfaitement connus, afin que les conditions de mise en œuvre soient correctement adaptées.

La norme NF P11-300 définit la classification des matériaux naturels utilisables dans la construction des remblais et des **couches de forme** d'infrastructures routières.

Les paramètres physiques dans la classification des sols sont groupés en deux familles principales :

1 Les paramètres de nature définissant les caractéristiques intrinsèques du sol:

- La dimension maximale des plus gros éléments D maxi.
- Le pourcentage d'éléments inférieurs à $80\mu\text{m}$, ce qui conditionne la sensibilité à l'eau.
- Le pourcentage d'éléments inférieurs à 2 mm caractérisant le caractère sableux ou graveleux du matériau.
- L'argilosité du sol qui quantifie l'influence de la fraction argileuse du sol
- L'équivalent du sable qui caractérise les sols sableux à faible teneur en particules fines.

2-Les paramètres d'état liés à l'environnement du sol.

➤ **Tuf Timimoune :**

1-Classement selon les paramètres de nature du sol :

- $D_{\text{max}} \leq 50 \text{ mm} \rightarrow 20\text{mm} < 50$
- Passant à 0.08mm 0.89% < 35%

Donc classe B : Sols sableux et graveleux avec fines

Paramètre de nature deuxième niveau de classification pour caractérisant le caractère sableux ou graveleux du sol :

Tamisât à 0.08mm $\rightarrow 0.89\% < 12\%$

Tamisât à 2mm $\rightarrow 45,66\% < 70\%$

VBS $\rightarrow 0,24 > 0,2$

Sous classe fonction de la nature :

Classe B4 graves argileuses (peu argileuse).

2- Classement selon l'état lié à l'environnement du sol :

Sous classe de fonction l'état:

IP < 7 $\rightarrow 3.75 < 7$

Donc : sous classe B4th

D'après la classification GTR, nous avons trouvé que notre tuf dans la classe **B4th**,

tuf Reggan dans la classe B4h et tuf d'Adrar classe B4ts.

➤ **Sable concassé Timimoune:**

1-Classement selon les paramètres de nature du sable concassée :

Paramètre de nature premier niveau de classification :

- $D_{max} \leq 50 \text{ mm} \rightarrow 4 \text{ mm} \leq 50 \text{ mm}$
- Passant à 0.08mm $1.64\% \leq 35\%$

Donc: Classe B sols sableux et graveleux avec fines.

Paramètre de nature deuxième niveau de classification :

Tamisât à 0.08mm $\rightarrow 1.64\% \leq 12\%$

Tamisât à 2mm $\rightarrow 76.54\% > 70\%$

VBS $\rightarrow 0.2 \leq 0,2$

Sous classe fonction de la nature :

Donc: Classe B1 sable silteux .

2-Classement selon l'état lié à l'environnement du sable concassée :

Sous classe de fonction l'état est: matériaux généralement.

-D'après la classification GTR, nous avons trouvé que notre sable concassé une classe B1et sable concassée d'Adrar classe **B2th**.

Chapitre IV

IV.1 INTRODUCTION :

Dans le domaine du génie civil, il existe plusieurs programmes utilisant des analyses informatisées, soit pour des conceptions ou pour effectuer des volumes énormes de calculs, aussi il y a certains programmes analysent des applications et le traitement des données de cartographie basé sur le système d'information géographique(Sig).

Le SIG est un terme général qui se réfère à un certain nombre de technologies, de processus et de méthodes. Celles-ci sont étroitement liées à l'aménagement du territoire, la gestion des infrastructures et réseaux, le transport et la logistique, l'assurance, les télécommunications, l'ingénierie, la planification, l'éducation et la recherche, etc. C'est pour cette raison que les SIG sont à l'origine de nombreux services de géolocalisation basés sur l'analyse des données et leur visualisation. Il existe plusieurs programmes dans le système d'information géographique, y compris un programme de MapInfo.

IV.2 DEFINITION MAPINFO (système information géographique) :

Map Info Professional est un outil informatique complet de cartographie. Il vous permet d'effectuer des analyses géographiques complexes comme la sectorisation, l'accès aux données distantes, la duplication et l'insertion d'objets cartographiques dans vos applications, la création de cartes thématiques pour mettre en valeur les schémas dans vos données et bien d'autres fonctions encore. Ce Guide de l'utilisateur contient toutes les informations nécessaires pour maîtriser MapInfo Professional et être productif. [16]

IV.2.1 Les données du logiciel MapInfo :

Les données géographiques possèdent quatre composantes :

- les données géométriques renvoient à la forme et à la localisation des objets ou les phénomènes.
- les données descriptives (qui font partie des données attributaires) renvoient à l'ensemble des attributs descriptifs des objets et phénomènes à l'exception de la forme et de la localisation.
- les données graphiques renvoient aux paramètres d'affichage des objets (type de trait, couleur...).
- les métadonnées associées, c'est-à-dire les données sur les données (date d'acquisition, nom du propriétaire, méthodes d'acquisition...). [16]

IV.2.2 Modèle en couche MapInfo :

Les systèmes d'informations géographiques sont utilisés pour représenter le monde réel à l'aide d'un système de couches de données.

Ces couches peuvent être de différents types : [17]

1 - Les rasters : les données raster dans les SIG sont des matrices de cellules discrètes qui représentent des objets, au-dessus ou en dessous de la surface de la Terre. Les cellules de la grille raster sont de la même taille et généralement rectangulaires. Les jeux de données raster les plus classiques sont des données de télédétection telles que des photographies aériennes ou des images satellitaires et des données issues de modèles telles que les matrices d'élévation. Contrairement aux données vectorielles, les données raster n'ont pas de base de données associées. Elles sont géoréférencées grâce à la résolution des pixels et les coordonnées x/y du pixel d'un des coins de la couche raster. [17] (voir figure IV.1).

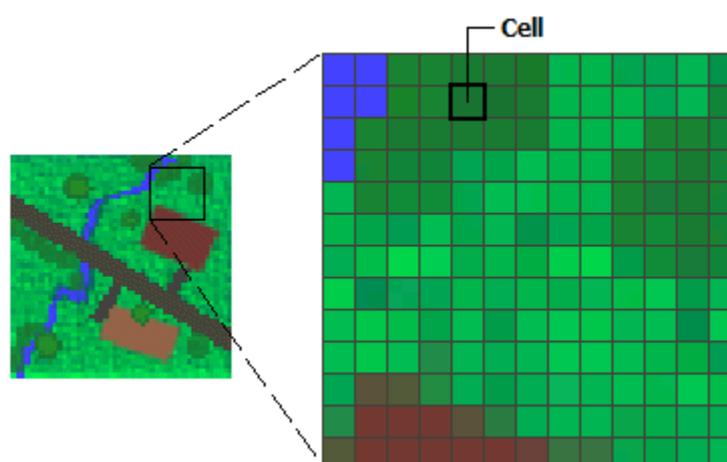


Figure IV.1 : Modèle de couche rasters.

2 - Les vecteurs : Dans le modèle vecteur, les informations sont regroupées sous la forme de coordonnées (x, y). Les objets de type ponctuel sont dans ce cas représentés par un simple point. Les objets linéaires (routes, fleuves...) sont eux représentés par une succession de coordonnées (x, y). Les objets polygonaux (territoire géographique, parcelle...) sont, quant à eux, représentés par une succession de coordonnées délimitant une surface fermée. Le modèle vectoriel est particulièrement utilisé pour représenter des données discrètes. [18] (voir figure IV.2).

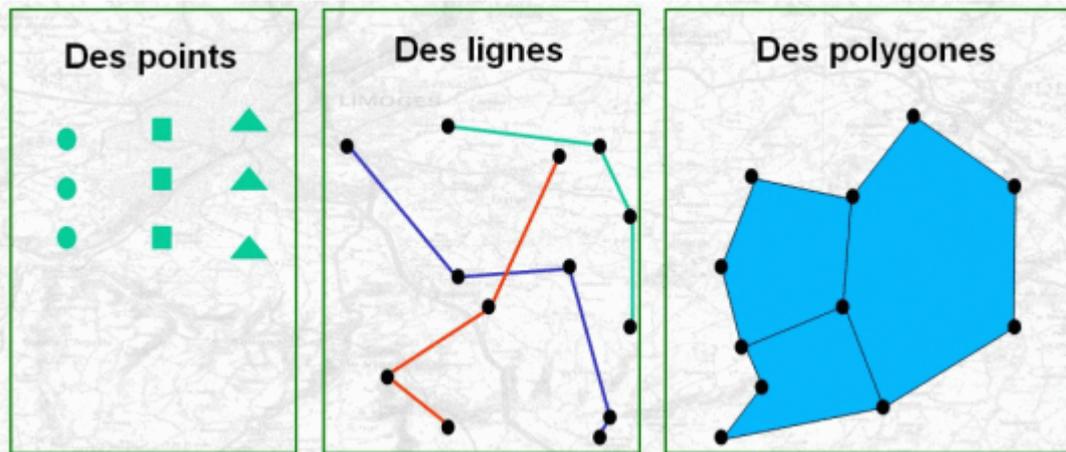


Figure IV.2 : Modèle de couche vecteur (point-ligne-polygone).

3 -Les couches de données 3D permettant de représenter par exemple des immeubles. [18]

IV.3 LES ÉTAPES LOGICIELES MAP INFO:

IV.3.1 Google Earth :

Google Earth est un logiciel, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires, ce logiciel permet à tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix. Selon les régions géographiques, les informations disponibles sont plus ou moins précises. Ainsi un habitant d'une métropole peut localiser son restaurant préféré, obtenir une vue en 3D des immeubles de la métropole, alors que la résolution des photos d'une bonne partie de la Terre est très faible. La couverture, d'après Google, devrait s'améliorer rapidement. La modélisation en 3 dimensions des constructions, initialement réalisée à l'aide du logiciel SketchUp, est maintenant créée automatiquement à l'aide d'algorithmes utilisant pour une Street View e part les prises de vues t des données d'altitude. [19] (voir figure IV.3).

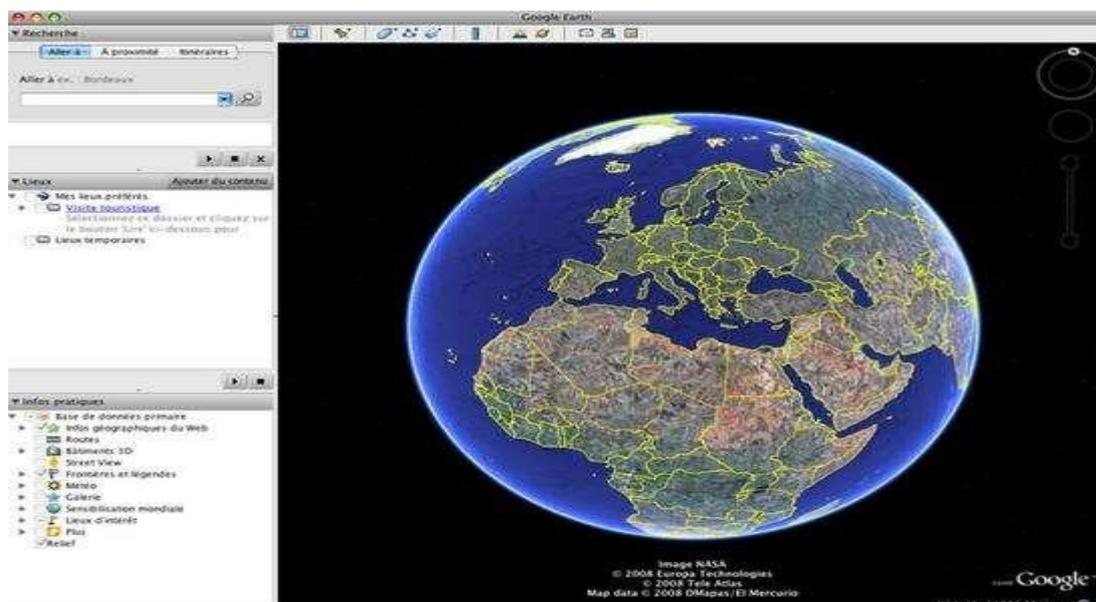


Figure IV.3: Image google earth.

IV.3.2 Global Mapper :

Global Mapper est plus qu'un simple outil de visualisation capable d'afficher les images raster, les données d'altitude et les données vectorielles les plus répandues. Il convertit, édite, imprime, acquière des données GPS, et vous permet d'utiliser des fonctionnalités SIG sur vos jeux de données de manière peu onéreuse et simple. Global Mapper permet aussi, en son sein, un accès direct à la totalité de la base de données TerraServer d'imagerie satellitaire et de cartes topographiques de l'USGS ainsi que la visualisation des données d'altitudes en vrai 3D avec un drapage de n'importe quelles images raster ou données vectorielles. [20] (voir figure IV.4).

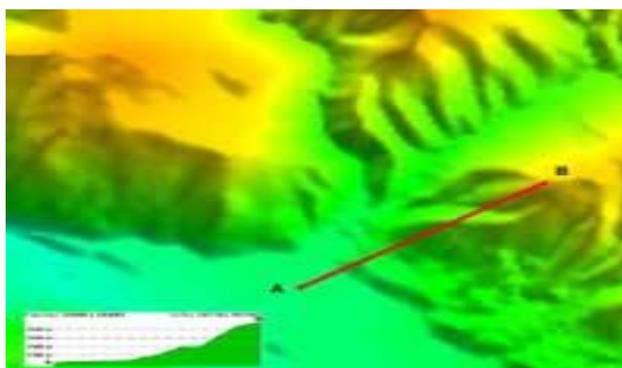


Figure IV.4 : Images les données vectorielles.

Vos fichiers de données peuvent être chargés comme des couches, ainsi un modèle numérique de terrain (MNT) peut être chargé avec une carte topographique pour créer une vue 3D de la carte. Une photographie aérienne numérique peut être drapée en même temps

que des données vectorielles pour créer une carte riche en informations. Le résultat peut être imprimé, ou bien encore l'espace de travail peut être exporté sous la forme d'une image raster en haute résolution destinée à être utilisée dans une présentation ou un rapport. [20] (voir figure IV.5).

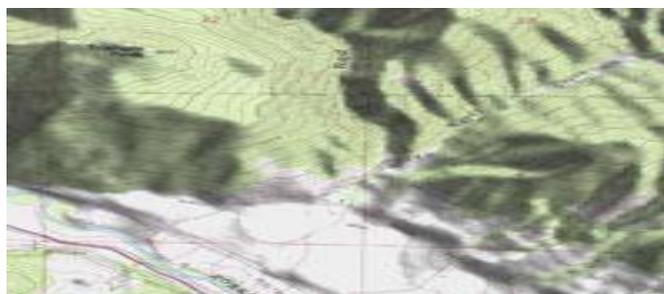


Figure IV.5 : Image créer une vue 3D de la carte.

Chargez simplement le jeu de données dans Global Mapper, changez la projection, et enregistrez votre fichier pour l'adapter à votre système de coordonnées. Si le jeu de données est plus grand que la zone qui vous intéresse, exportez en utilisant la fonction d'extraction et changez la projection et le format des données dans le même temps. [20] (voir figure IV.6).



Figure IV .6 : Les données dans Global Mapper.

Global Mapper est plus qu'un simple utilitaire ; il possède des fonctionnalités internes pour le calcul de distances et de superficies, l'ajustement de la luminosité et du contraste des images raster, des requêtes sur les altitudes, des calculs de points de vue aussi bien que des capacités avancées à la rectification d'images, la création de contours, l'analyse de bassin versant à partir de MNT, ainsi que la triangulation et le quadrillage de données ponctuelles 3D. Les tâches répétitives peuvent être accomplies en utilisant le langage de script intégré ou une fonctionnalité de traitement par lot. [20]

IV.4 L'APPLICATION DU LOGICIEL MAPINFO : Il y a une base à étapes importantes et liées entre elles qui fonctionne entré des données de manière séquentielle et de l'organisation et qui permet la visualisation des résultats dans logiciel MapInfo :

IV.4.1 Première étape Google Earth :

1 - Ouvrez Google Earth et dessinez un polygone pour la zone que vous souhaitez exporter comme celle-ci (voir figure IV.7).

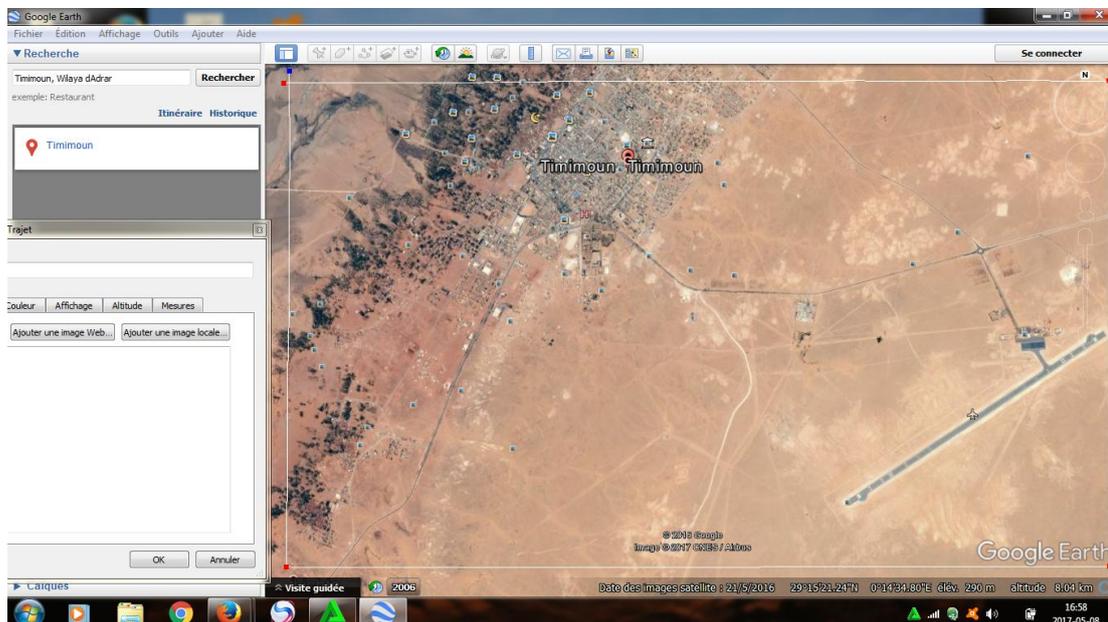


Figure IV.7 : Sélectionné la carrière des gisements (Timimoune) sur la carte géographique

2 - Sur la fenêtre google gauche, cliquez droit sur le polygone et enregistrez-le.

3 - Enregistrez le fichier et enregistrez en tant que type choisissez kml puis cliquez sur Enregistrer (voir figure IV.8).

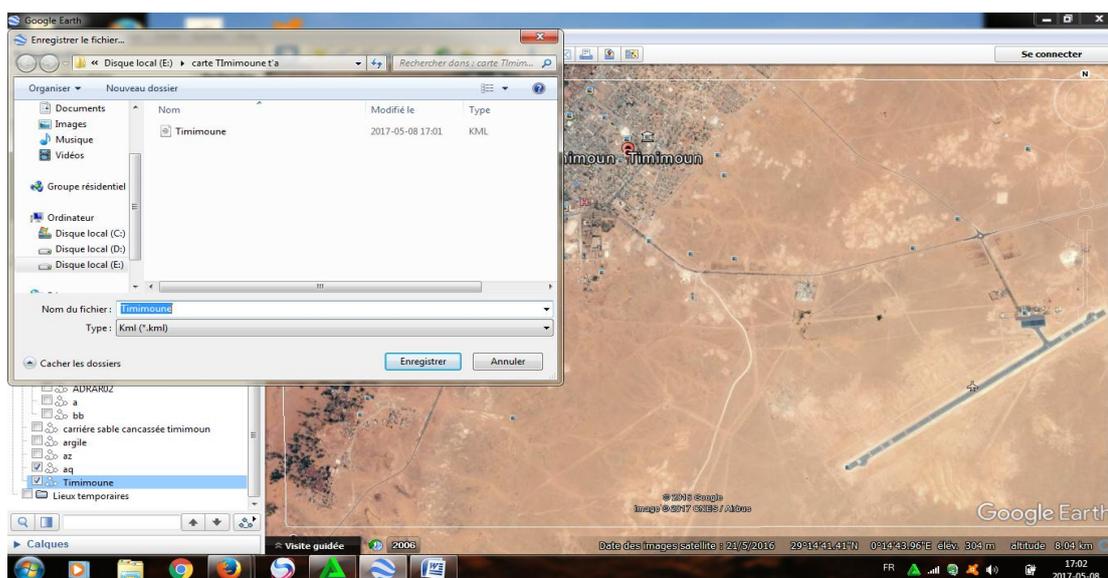


Figure IV.8 : Enregistrement de l'image dans le fichier de type kml.

4 - Puis cliquez sur le fichier - Save - enregistrer l'image puis choisissez la résolution supérieure.

5 - Nommez votre image et en format jpg puis cliquez sur Enregistrer (voir figure IV.9).

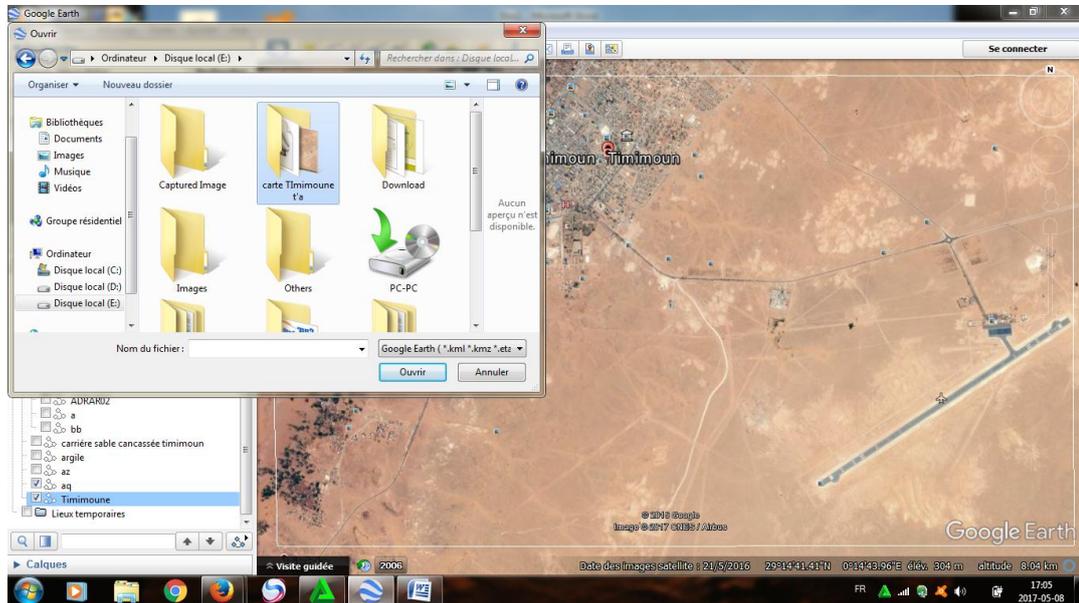


Figure IV.9 : Enregistrement de l'image en format jpg.

IV.4.2 Deuxième étape Global mapper :

1 - Maintenant, vous n'avez pas besoin de Google Earth, fermez-le et ouvrez le logiciel mapper global, clik file - ouvrez le fichier de données et ouvrez le fichier kml d'abord (voir figure IV.10).



Figure IV. 10: Ouverture du logiciel global mapper.

2 - Puis cliquez sur l'outil de configuration pour choisir votre projection (voir figure IV.11).

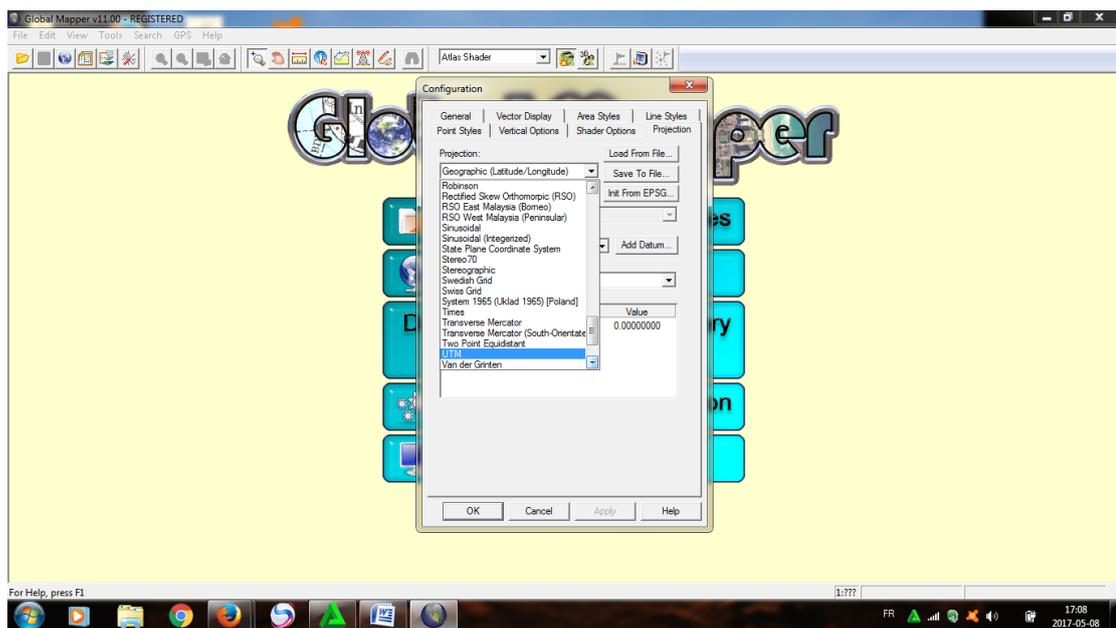


Figure IV.11 : Les choix de la fenêtre de l'outil configuration.

Après avoir choisi votre protection, vous pouvez l'enregistrer dans un fichier pour être facilement rechargé (voir figure IV.12).

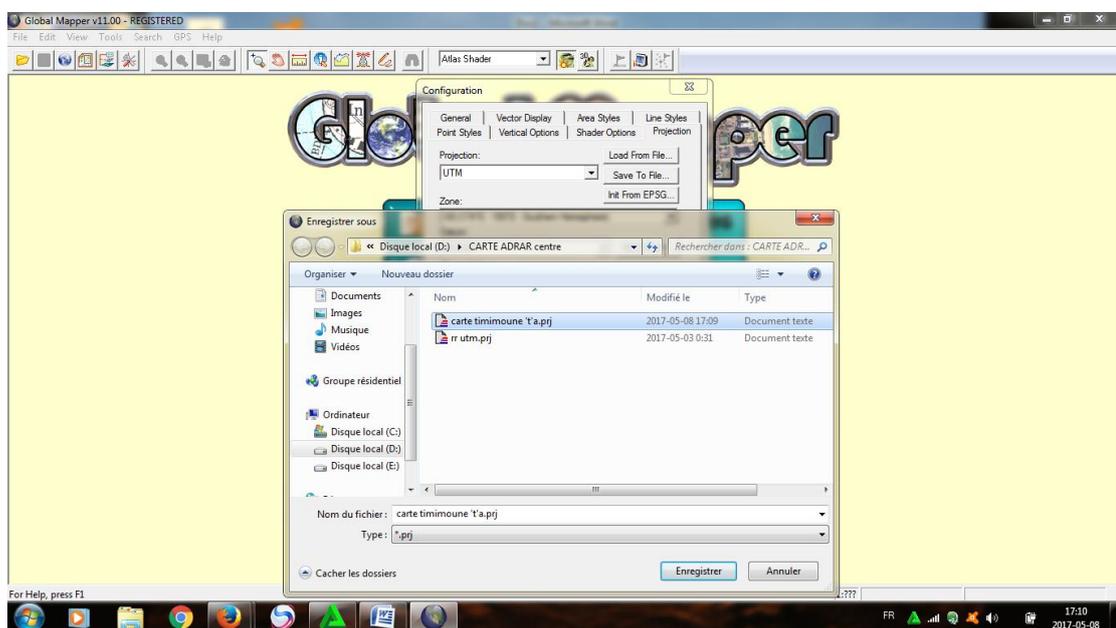


Figure IV.12: Enregistrement sur le type de fichier Utm.

3 - Puis cliquez sur OK après avoir choisi la projection, vous trouverez les coordonnées du lecteur de programme modifiées à la projection que vous avez sélectionnée (voir figure IV.13).

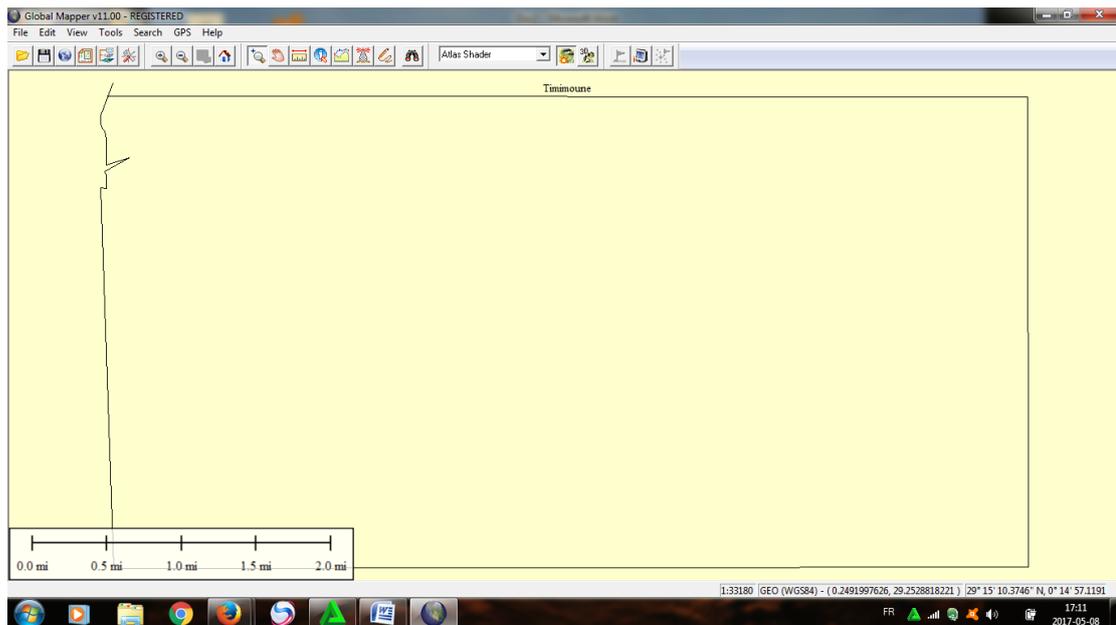


Figure IV. 13: La projection de l'image choisie.

4 - Maintenant, vous cliquez sur ouvrir l'image que vous avez exportée de Google Earth, sélectionnez votre image puis cliquez sur Ouvrir (voir figure IV.14).

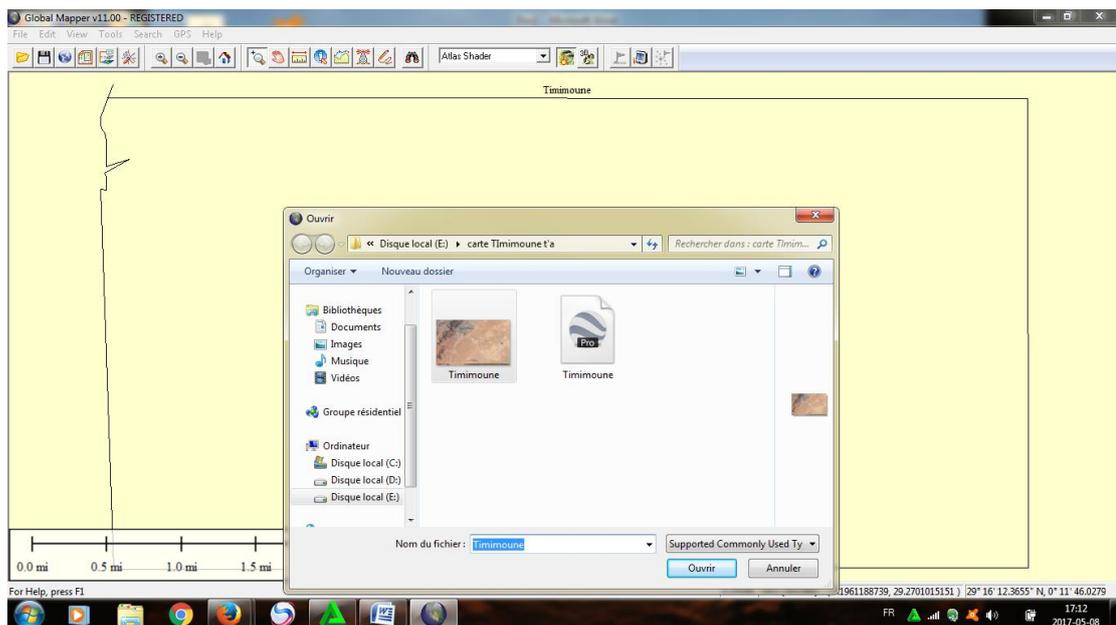


Figure IV.14 : ouvrir le fichier "Kml".

5 - Une fois que vous avez ouvert le programme, vous obtiendrez un message que votre image n'a pas de coordonnées et vous demandera si vous souhaitez le rectifier, alors cliquez sur oui pour vous connecter à la fenêtre de rectification (voir figure IV.15).

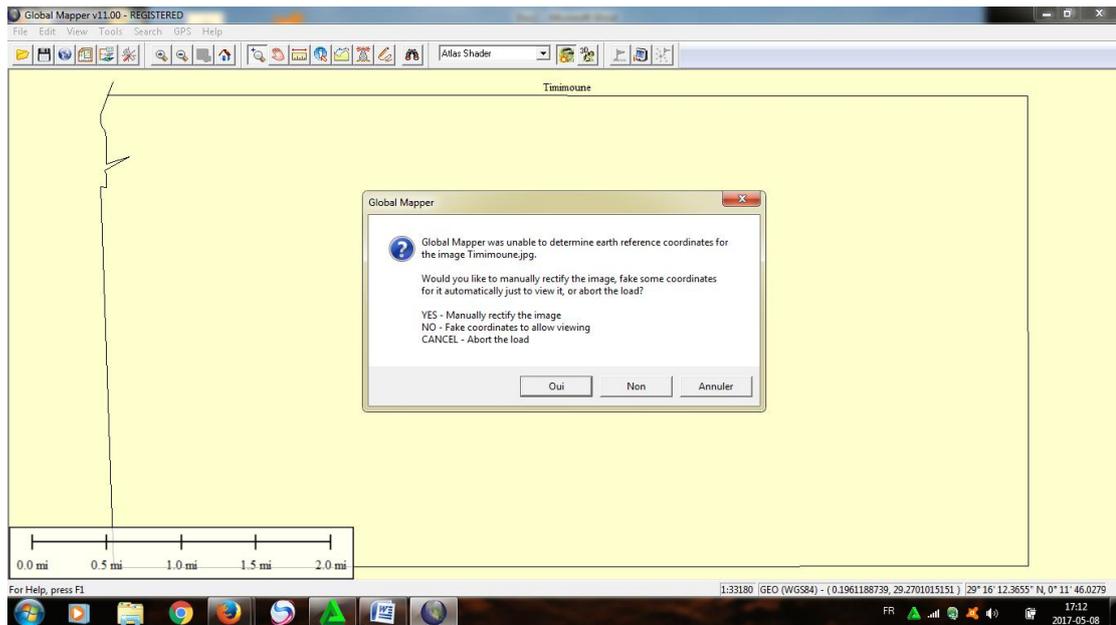


Figure IV. 15: Déterminer les coordonnées de l'image Timimoune.

6 - La première étape de la correction est de choisir votre projection (voir figure IV.16).

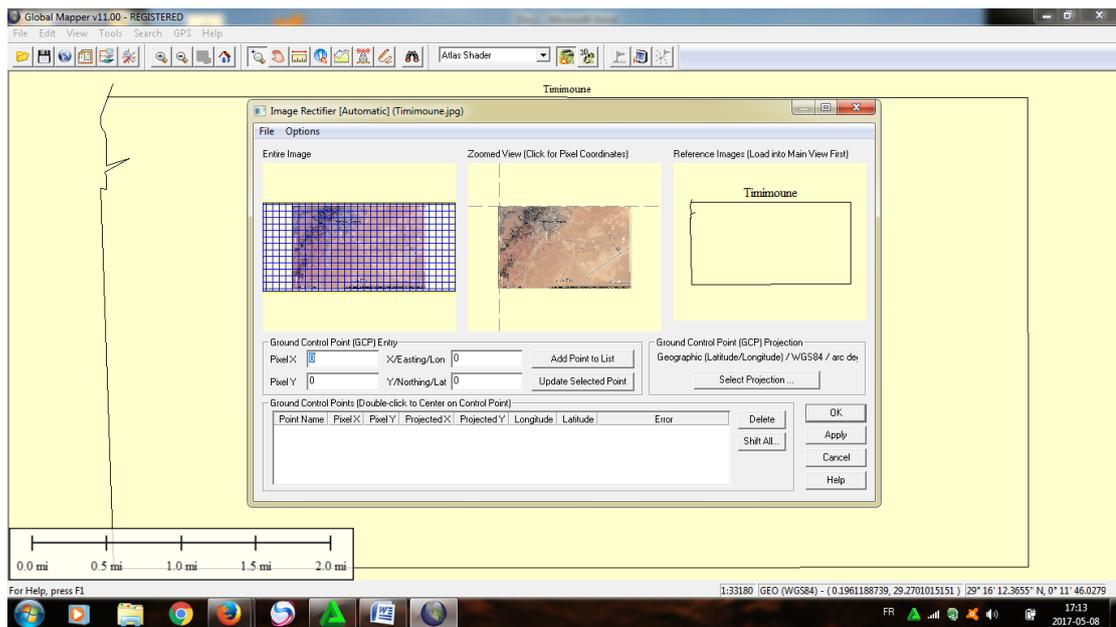


Figure IV. 16: La correction de projection de l'image Timimoune.

7 - Choisissez la projection, puis cliquez sur Ouvrir, puis cliquez sur OK (voir figure IV.17).

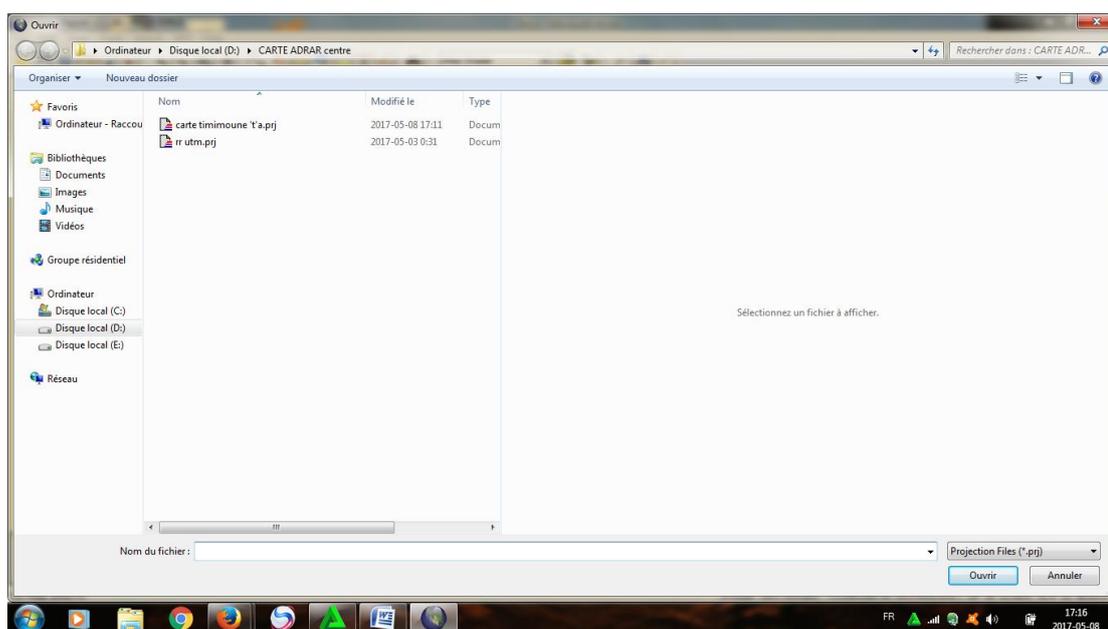


Figure IV. 17: Sélectionner la carte de Timimoune de type Kml.

8 - Commencez votre rectification à l'aide du polygone sur le côté droit et ajoutez les 4 points de contrôle dans les coins du polygone avec le dessin du polygone dans l'image comme ceci, faites ceci 4 fois pour les 4 coins du polygone (voir figure IV.18).

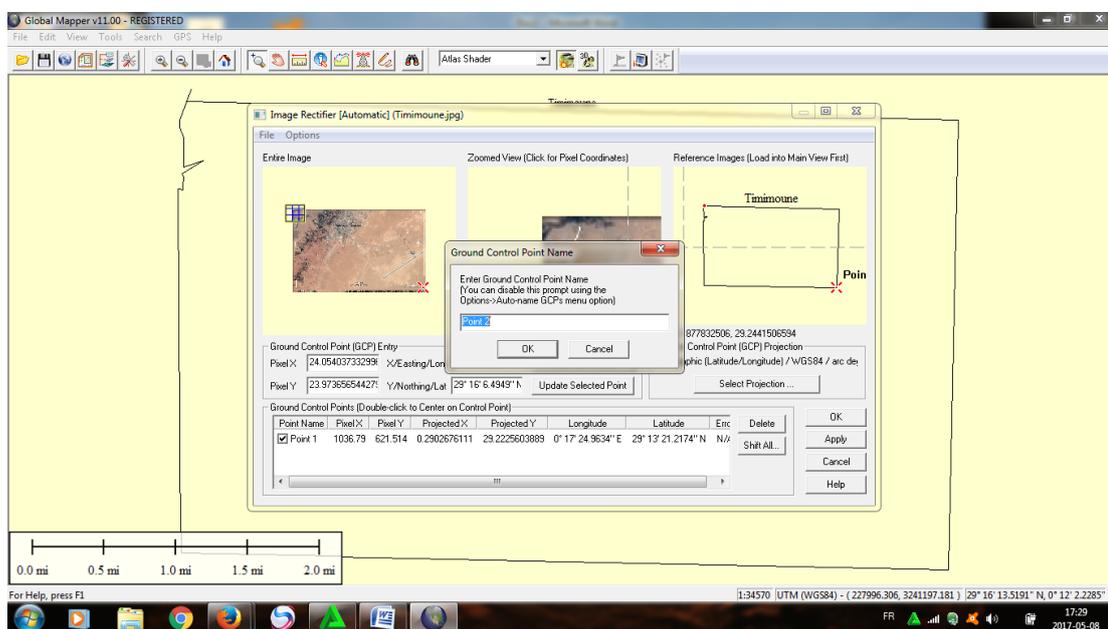


Figure IV. 18: Sélectionner les coins de l'image.

9 - Ceux sont les 4 points de contrôle qui dessinent un bove ont (x, y) pixels, projection UTM Coordonnées et lat, longues coordonnées (voir figure IV.19).

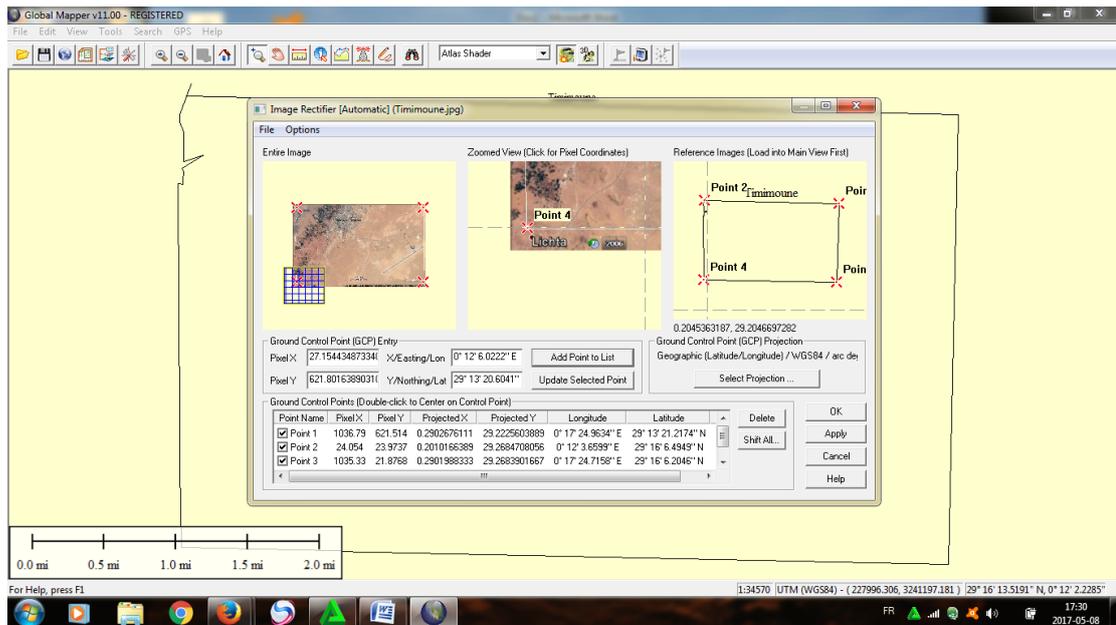


Figure IV. 19: Calage image à laide des coordonnées.

10 - Nous allons faire ce que l'image dispose maintenant de coordonnées et la dernière étape d'exportation de cette image en tant que géotiff (voir figure IV.20).

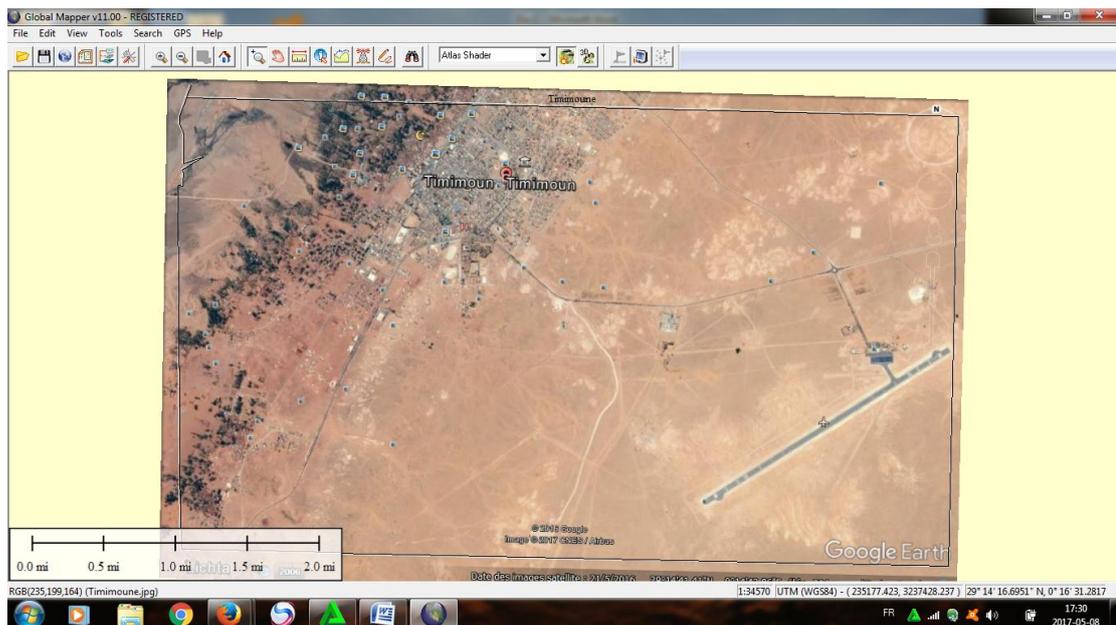


Figure IV.20 : Affichage de l'image sur global mapper.

11- Exporter l'image: file / export raster et élévation data / export geotiffe (voir figures IV.21, IV.22 et IV.23).

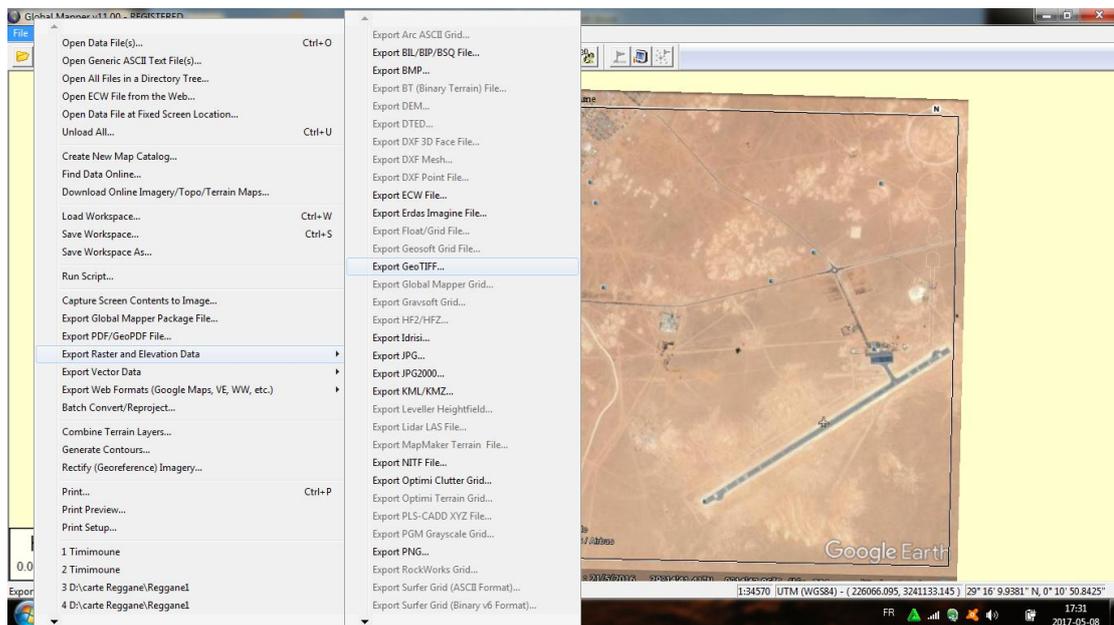


Figure IV.21 : Options d'affichage lorsque vous cliquez sur la sélection et de remplissage raster d'exportation et cliquez sur le géotiffe d'exportation

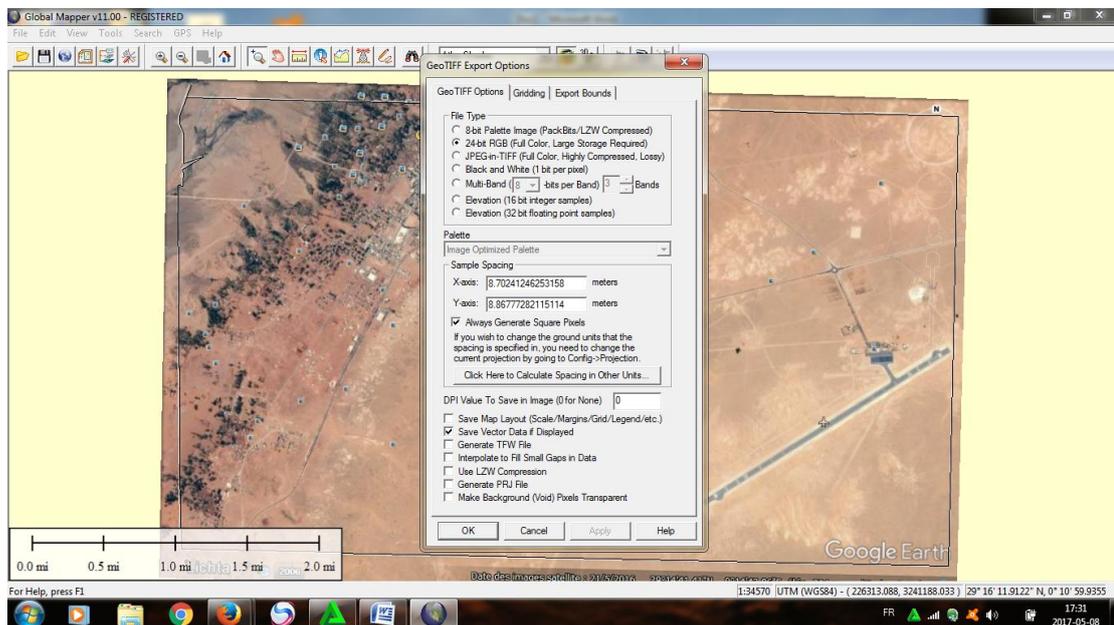


Figure IV.22 : Affichage des choix option d'exportation du géotiffe.

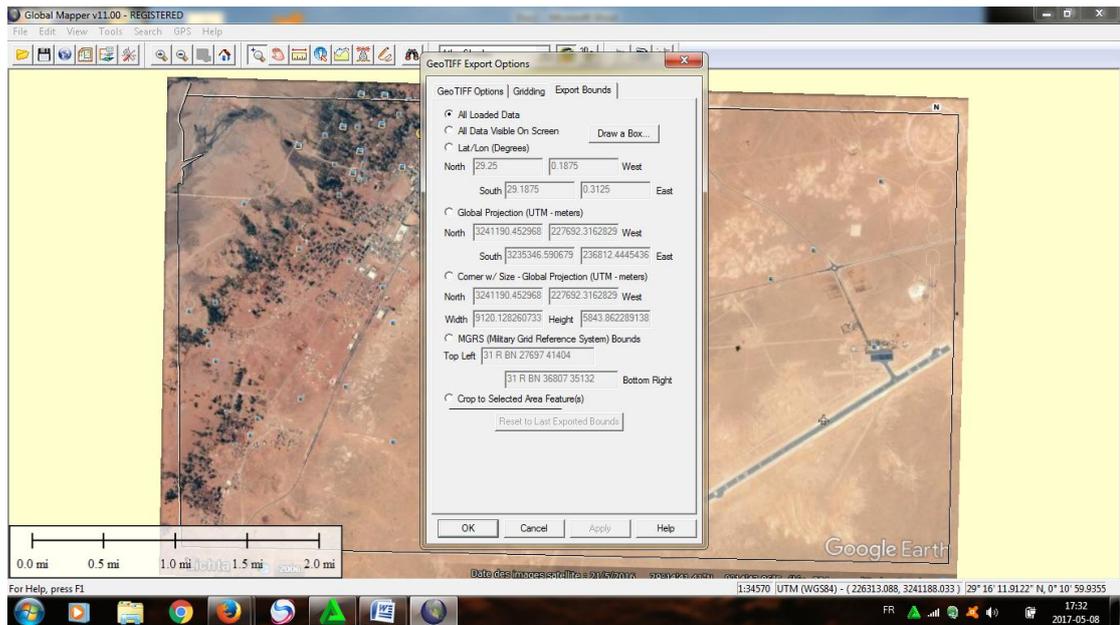


Figure IV.23 : En cliquant sur Dessiner une boîte.

12 - Dessinez une boîte à l'intérieur du polygone, soit la zone exportée et pour éviter l'apparition du polygone blanc sur l'image et Puis cliquez sur OK.

13 - Puis cliquez sur OK dans la fenêtre d'option d'exportation de géotopes, puis donnez-lui le nom et cliquez sur Enregistrer (voir figure IV.24).

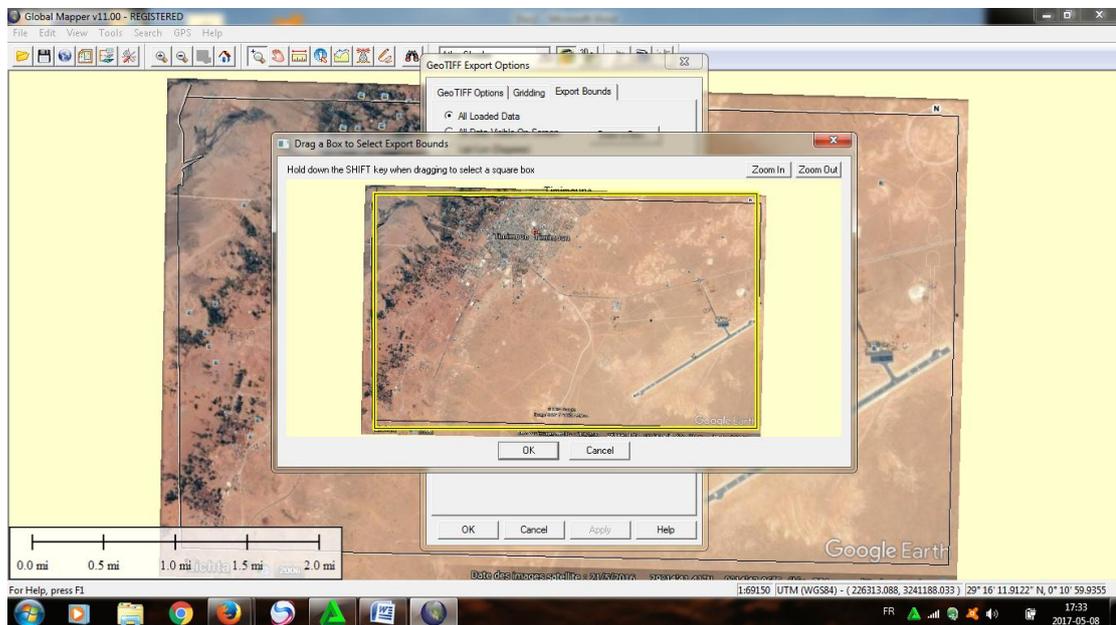


Figure IV.24 : Voir la boîte cette taxe.

14 - Puis cliquez sur OK dans la fenêtre d'option d'exportation de géotopes, puis donnez-lui le nom et cliquez sur Enregistrer et maintenant cliquez sur fichier / télécharger tout, puis cliquez sur Ouvrir l'outil et sélectionnez l'image géographique et cliquez sur Ouvrir, vous trouverez qu'il a la projection UTM.

IV.4.3 Troisième étape application MapInfo :

1- Insérer les couches pour MapInfo (voir figure IV.25).

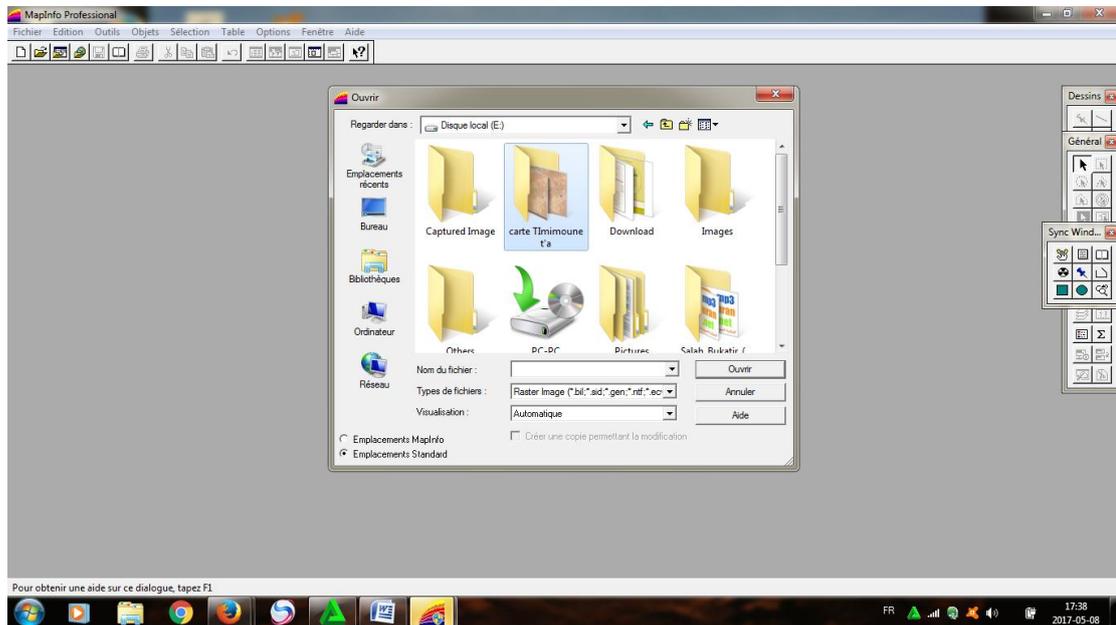


Figure IV. 25 : ouvrir l'logiciel MapInfo et extraction le fiché de la carte Timimoune.

2 - Insérer les données caractéristiques physiques et mécaniques pour MapInfo (voir figure IV.26).

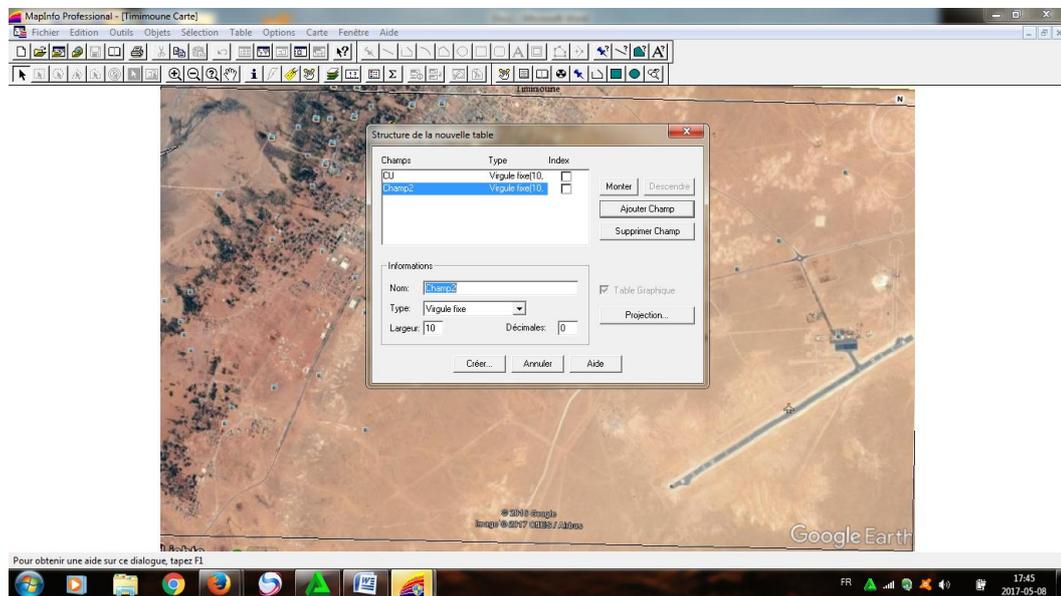


Figure IV.26 : Créé les données.

3 - affiche les caractéristiques physiques et mécaniques (voir figure IV.27 et IV.28) .

- Ajouter une nouvelle couche : caractéristique physique :

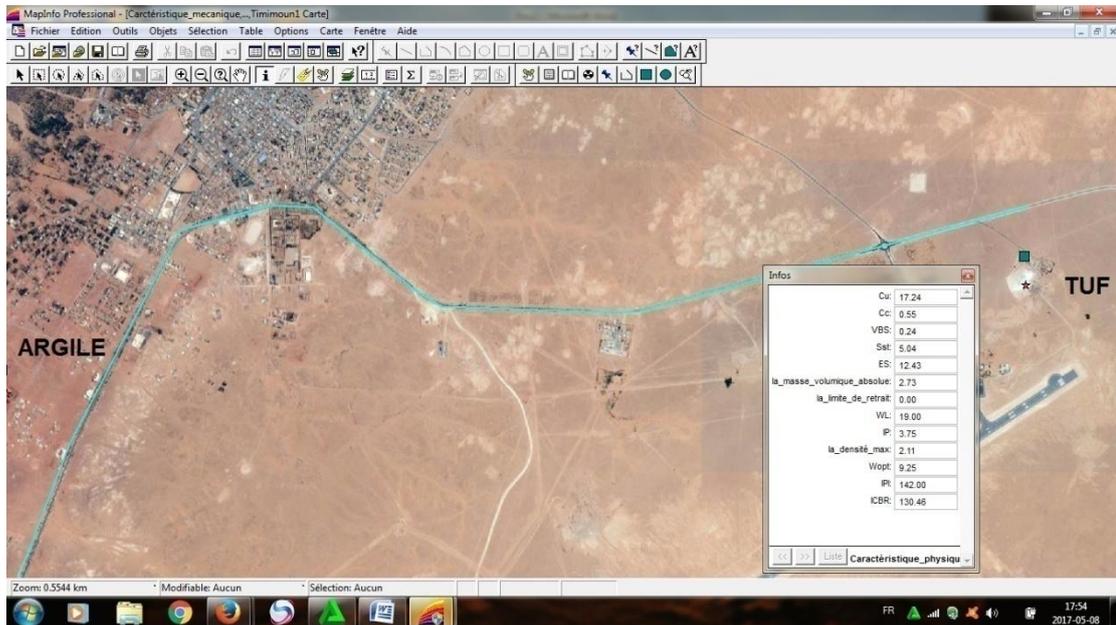


Figure IV.27 : Affiché les résultats de couche physique.

- Ajouter une nouvelle couche : caractéristiques mécaniques (voir figure IV.28).

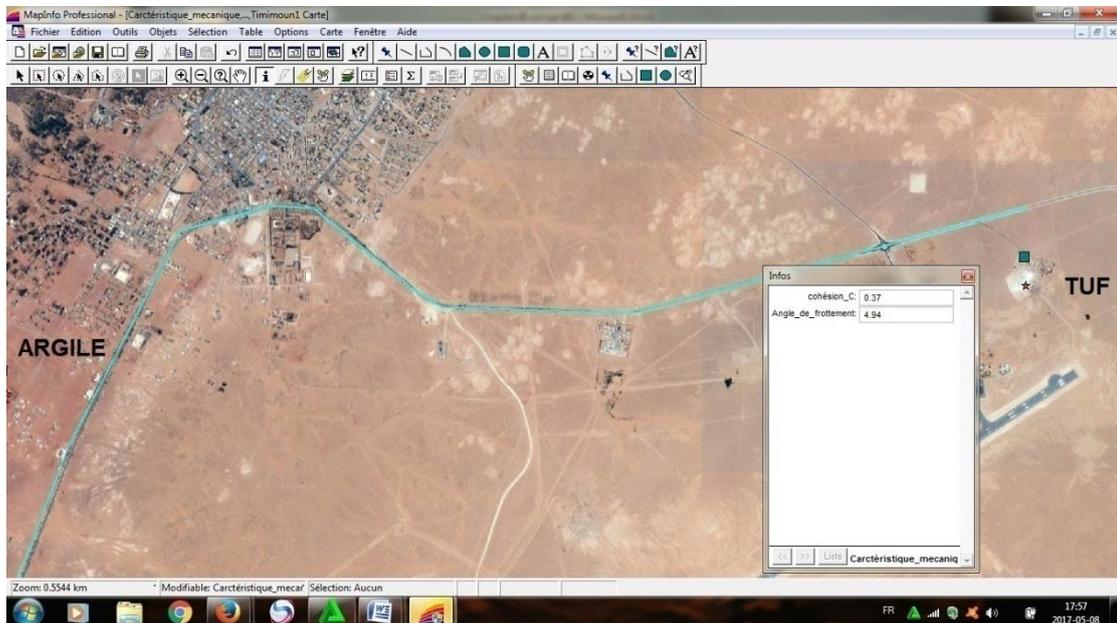


Figure IV.28 : Afficher les résultats des couches des caractéristiques mécaniques.

4 - collecter et afficher les résultantes finales des différentes couches (caractéristiques physique-mécanique) des trois carrières à chaque gisement (Timimoune-Reggan-Adrar) sur la carte géographique (voir figures IV.29, IV.30 et IV.31) :

- La région de Timimoune :

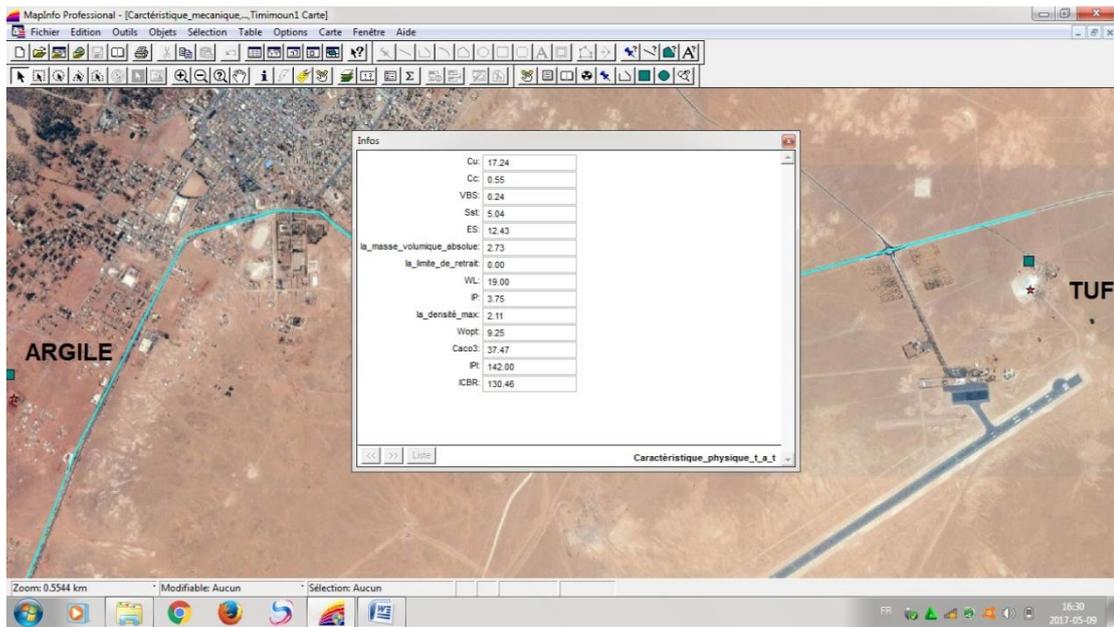


Figure IV.29 : Afficher le résultat final du gisement Timimoune.

- La région de Reggan :

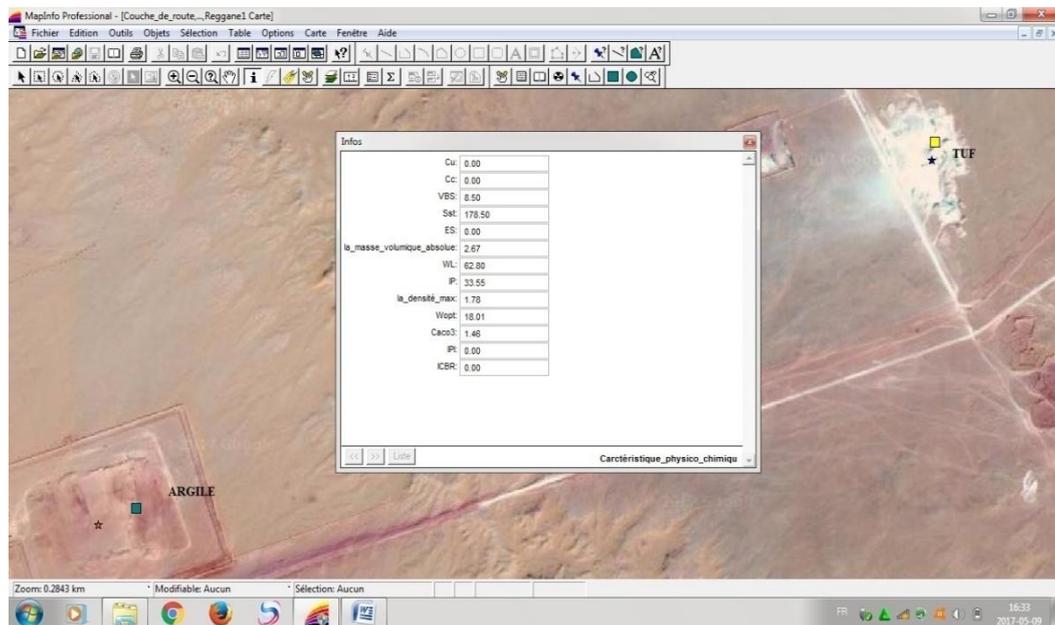


Figure IV.30: Afficher le résultat final du gisement Reggan.

-La région d'Adrar :

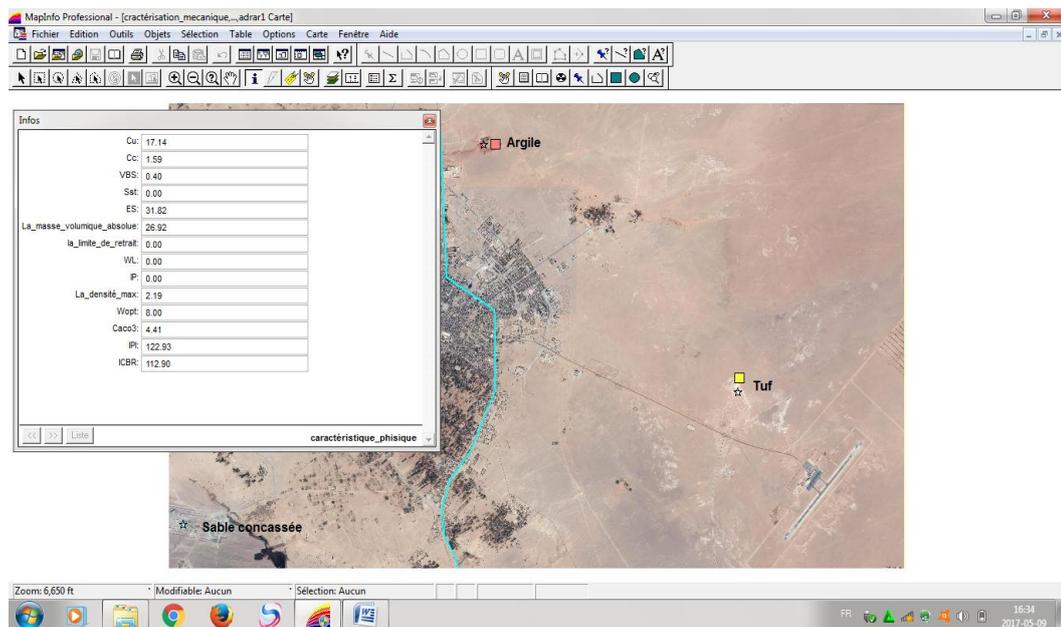


Figure IV.31 : Afficher le résultat final du gisement Adrar.

IV.5 CONCLUSION :

L'objectif de ce chapitre est une initiation à l'utilisation du logiciel MapInfo pour la localisation des trois gisements étudiés

Les cartes présentées dans ce chapitre vont permettre de situer les trois gisements étudiés d'Adrar, de Timimoune et Reggan. Le programme MapInfo permet d'identifier les gisements et la connaissance des caractéristiques physiques et mécaniques de chaque zone du gisement. Ainsi, ces différentes données permettent de cibler les zones à exploiter dans la construction et le tracé des routes par exemple.

Ce programme facilite les connaissances technologiques des trois zones que nous avons étudiés, Timimoune, Reggan et Adrar d'une manière sophistiquée et facile sans se référer aux archives.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Ces travaux de recherche sont complémentaires aux différentes activités menées au niveau du laboratoire de génie civil de l'université Ahmed Draya d'Adrar dans le cadre de nombreux projets de recherche.

L'objectif principal est de situer l'ensemble des gisements dans la wilaya d'Adrar, de recueillir les informations disponibles sur les matériaux locaux, les caractéristiques physiques et mécaniques et d'élaborer une banque de données qui servira aux utilisateurs pour une utilisation efficace dans le domaine des BTP (Bâtiments et Travaux Publics).

Cette étude permet d'optimiser l'utilisation des matériaux au niveau des filières de valorisation, d'identifier les ressources en matériaux alternatives disponibles au niveau des différentes régions, de les caractériser et de définir leurs limites d'emploi.

On pourrait aussi réaliser une carte des qualités physico-mécaniques des différents gisements liés aux possibilités techniques d'exploitation.

Les perspectives de cette étude sont :

- Continuer le recueil des chiffres d'une part à l'exploitation de ces gisements et d'autre part à l'élaboration d'une banque de données de la wilaya d'Adrar.
- Trouver des relations empiriques entre les différentes caractéristiques physiques et mécaniques concernant tous les matériaux locaux recueillis au niveau de notre banque de données.

En fonction des données recueillies, il est important d'approfondir et de cartographier les propriétés des divers matériaux étudiés de la wilaya d'Adrar en vue d'aider les maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvres dans le choix et la sélection des matériaux en fonction de leurs emplois respectifs.

Références bibliographiques

- [1] : [www-mémoire online.com](http://www-memoire-online.com)
- [2] : Gouale Idriss « contribution a l'étude de la stabilisation aux liants des tufs de la région de Laghouat », Thèse de magister, USTO. Oran. (2002).
- [3] : Gouale Idriss « comportement mécanique et hydrique d'un mélange de tuf et sable calcaire de la région Laghouat : application on construction routière », thèse de doctorat génie civil .Uni .Tlemcen. (2012).
- [4] : Cours Mécanique des sols' Ali Bouafia et Mounia Mir ' ,Algérie. Page bleues , 230p.2010.
- [5] : EURL Briqueterie Timadine « Adduit Environnement». (2011).
- [6] : « Les argiles du bassin de Mila construction : composition minéral, chimique caractéristique géotechnique et répartition des gisements » ,juin (2007).
- [7] : Alioua Djamila -Rabhi Hafsa- Lahcine Fatima, « Histoire des argiles de la région « Touat » du gisement fabrication des brique rouge». Thèse licence. Univ. Adrar. (2013).
- [8] : Harrat Mohammed, « Contribution du procédé de fabrication de la céramique .unité Maghreb Céramique de Touggourt ».Thèse magister Univ. Ouargla.(2007).
- [9] : [granulats.fr/les sable-concassé/](http://granulats.fr/les-sable-concassé/).
- [10] et [11] : cours granulat. Enseignement Univ.D'Adrar Abdeljalil.
- [12] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/adrar>.
- [13] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/reggan>.
- [14] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/timimoune>.
- [15] : Holtz, W. G et Gibbs, H. J. (1956). «Engineering properties of expansive soils ". Trans of ASCE, Vol. 121, pp 641-679.
- [16]:[www.Mapinfo professional.com.pdf](http://www.Mapinfo-professional.com.pdf)
- [17]: [https://fr.wikipedia.org/wiki map info](https://fr.wikipedia.org/wiki/map_info)
- [18] :[www.info sig.net/Map info-professionnel](http://www.info-sig.net/Map-info-professionnel).
- [19] : <https://www.google.com/intl/fr/earth/>
- [20] : www-globalmapper.com
- [21] : caractérisation mécanique d'un mélange (tuf + sable de dunes).

Annexe III.01: Les Résultats d'analyse granulométrique de tuf Adrar.

Tamis D (mm)	Poids du refus (g)	Refus cumulée(g)	% Du Refus cumulés	% Tamisât cumulés
20	186.4	186.4	3.10	96.90
10	1164.2	1350.6	22.51	77.49
5	1108.6	2459.2	40.98	59.02
2	949.9	3409.1	56.81	43.19
1	540.9	3950	65.83	34.17
0.4	935.4	4885.4	81.42	18.58
0.2	648.6	5534	92.23	7.77
0.1	336.6	5870.6	97.84	2.16
0.08	100.8	5971.4	99.52	0.48
Fond	25	5996.4	99.94	0.06

Annexe III.02: Les résultats d'analyse granulométrique sable concassée "Adrar"

Tamis D (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulés (g)	(%) Refus cumulés	(%) Tamisât cumulés
4	7.2	7.2	0.72	99.28
2.5	174.8	182	18.2	81.8
2	80	262	26.2	73.8
1.6	67.9	329.9	32.99	67.01
1.25	103	432.9	43.29	56.71
0.630	177.9	610.8	61.08	38.92
0.315	157.6	768.4	76.84	23.16
0.160	111.3	879.7	87.97	12.03
0.08	91.6	971.3	97.13	2.87
Fond	28.6	999.9	99.99	0.01

LES ANNEXES

Annexe III.03: Les résultats d'équivalent de sable du tuf et sable concassé d'Adrar.

Echantillon	Sable concassé(Adrar)			Tuf(Adrar)		
N° de l'essai	1	2	3	1	2	3
La hauteur h1(cm)	25,5	28,3	29,2	31,9	31,4	31,3
La hauteur h2(cm)	9	8,2	8,5	3,6	4	3,6
La hauteur h'2(cm)	9,9	8,8	9,3	4	4,4	4
ESv %	35,29	28,97	29,12	11,28	12,73	11,50
ESvmoy %	31,13			11,84		
ESp %	38,82	31,09	31,85	12,54	14,01	12,78
ESpmoy %	33,92			13,11		
ES %	32,52%			12,48%		

Annexe III.04: Les résultats des essai du poids volumique absolue de tuf et sable concassé d'Adrar.

Essais	Tuf		Sable concassé	
N° du pycnomètre	Prise1	Prise2	Prise1	Prise2
W1(g)	68.1	68.1	68.1	68.1
W2(g)	170	170.3	170.3	170.3
W3(g)	93.1	93.8	93.1	93.0
$\gamma_w(20^\circ)$	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982
W4(g)	185.5	186.1	186.0	186.0
γ_s (g/cm ³)	2.63	2.591	2.683	2.701
γ_s (kN/m ³)	26.3	25.91	26.83	27.01
Moyenne γ_s	26.105		26.92	

LES ANNEXES

Annexe III.05: Résultats de la limite de liquidité (tuf Adrar).

Limite de liquidité						
N° de tare		B2	F	C5	D9	D10
Poids T humide (sol+tare)(g)	P_{th}	33.3	35.2	34.2	26.7	30.3
Poids T sèche (sol+tare)(g)	P_{ts}	28.8	30.2	29.1	21.5	24.4
Poids de la tare(g)	P_t	14.2	14.1	13.3	5.2	5.4
Poids d'eau(g)	$P_w = P_{th} - P_{ts}$	4.5	5	5.1	5.2	5.9
Poids sec(g)	$P_s = P_{ts} - P_t$	14.6	16.1	15.8	16.3	19
Teneur en eau%	$W = P_w / P_s$	30.82	31.05	32.27	31.90	31.05
Nombre de coups		34	31	29	17	24

Annexe III.06: Résultats de la limite de plasticité (tuf Adrar).

Limite de plasticité				
N° de tare		N6	F	5
Poids T humide (sol+tare)(g)	P_{th}	36.1	32.2	19.4
Poids T sèche (sol+tare) (g)	P_{ts}	35.6	31.2	18.7
Poids de la tare (g)	P_t	33.2	27	15.6
Poids d'eau (g)	$P_w = P_{th} - P_{ts}$	0.5	1	0.7
Poids sec (g)	$P_s = P_{ts} - P_t$	2.4	4.2	3.1
Teneur en eau %	$W_P = P_w / P_s$	20.83	23.81	22.58
Teneur en eau moyenne %	W_P	22.41%		

LES ANNEXES

Annexe III.07: Les résultats d'essai Proctor Modifié de tuf et sable concassé d'Adrar.

Echantillon	Tuf				
Pourcentage d'eau	6%	7%	8%	10%	11%
γ_d (g/cm ³)	1,99	2,03	2,06	2,02	1,98
W%	6,17	7,12	8,64	10,83	11,93
Echantillon	Sable concassé				
Pourcentage d'eau	6%	8%	10%	12%	14%
γ_d (g/cm ³)	2,08	2,19	2,15	2,07	2
W%	6	7,6	10	12	14

Annexe III.08: Les résultats d'essai de la limite de retrait d'argile Reggan.

limite de retrait (argile Reggan)		
	prise 1	prise 2
p0	9,6	10
p1	233,1	232
p2	34,4	34,8
p3	106,9	102,6
pa=p2-p0	24,8	24,8
pc	14,5	14,2
va	16,43	16,32
vc=p3/13,6	7,86	7,54
W _R	11,93	12,85

Annexe III.09: Les résultats d'essai du poids volumique absolue de argile Reggan.

Argile Reggan	
La quantité	10g
Température	20°c
w1	68,1
w2	169,5
w3	78,5
w4	176
γ_{abs}	2,667

Annexe III.10 : Résultats de l'essai Proctor modifie d'argile Adrar.

Echantillon	Argile				
	16%	17%	19%	22%	23%
Pourcentage d'eau	16%	17%	19%	22%	23%
γ_d (g/cm ³)	1,760	1,770	1,78	1,710	1,70
W%	15,90	16,74	18,83	22,15	23,15

LES ANNEXES

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DEVELOPPEMENT RURAL

Institut National des Sols
de l'Irrigation et du Drainage



وزارة الفلاحة والتنمية الريفية

المعهد الوطني للأراضي والسقي
وصرف المياه

Laboratoire d'Analyses Sol et Eau
Région Sud Ouest Adrar

رقم :

Résultats d'analyses

Date: 015/05/2017

Client: SAOUS Malika, DJERIFILI Tahra

Type d'échantillon: tuf

Localisation: REGGAN

Echantillon	1				
Code	J143				
Granulométrie	A (%)				
	L f(%)				
	Lg(%)				
	Sf(%)				
	Sg (%)				
Elements grossiers (%)					
pF 2,5					
pF 4,2					
Densité apparente					
Densité réelle					
pHeau 1/2.5					
pHkcl					
Conductivité électrique 1/5					
Calcaire total (%)	24.00				
Calcaire actif (%)					
Gypse (%)					
Capacité d'échange cationique (meq/100g)					
Bases échangeables (meq/100g)	Calcium				
	Magnésium				
	Potassium				
	Sodium				
Sulfate (%)					
Chlorure (%)					
Carbonate (%)					
Bicarbonate (%)					
Phosphore assimilable (P ₂ O ₅ ppm) Joret-Hebert					
Potassium assimilable (még/100g)					
Matiere organique (%)					
cobalt (ppm)					
Zinc (ppm)					
Cuivre (ppm)					

N.B: le prélèvement a été fait par le demandeur

Le responsable

مستفسر عبد الرحمان
محل بالبياسة مع المختبر
الرسمة والسقي

