



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



Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi -Tébessa
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

Mémoire De Fin D'étude
Présenté En Vue De L'obtention Du Diplôme
De Master Académique
Option : Géologie De l'Ingénieur Et Géotechnique

THEME :

*Caractérisation minéralogique et
géotechnique des sols gonflants du bassin de
Tébessa*

Présenté par :
BOUTARFA Tayeb

Devant le jury:

Président :	DJABRI Mohamed	Professeur	Université Chikh Larbi Tébessi
Encadreur :	Djamel Atmania	Professeur	Université Chikh Larbi Tébessi
Examineur :	AOUN Mounira	MCB	Université Chikh Larbi Tébessi

Année Universitaire 2023/2024



Liste de référence :

1-livre : *"ARGILES"* de "Alain Meunier"

2-livre : *"LES MINERAUX"* des "P.Bariand"

"F.Cesborn"

"J.Geffroy"

3-livre : *"PROBLEMES RESOLUS DE SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS"* du directeur " Jean-Yves DANIEL"

4-livre : *"PROPAGATION DES ONDES EN GEOPHISIQUE ET EN GEOTECHNIQUE"*

Publications de l'institut français du pétrole

5- [Http://Fr.wikipedia.org](http://Fr.wikipedia.org)

6- Cartographie de l'aléa retrait-Gonflement des argiles dans le département du Tarn

Rapport final

BRGM/RP-53531-FR

Octobre 2005

7-Mémoire de fin d'étude; Spécialité : Hydrogéologie

Nouvelles ressources en eaux souterraines des zones périphériques de quelques bassins hydrographiques de la wilaya de Tébessa et perspectives d'exploitation.

Thème de : GUEFAIFIA Islem. HAMDI Abd El-Kayoum. HEDHOUD Adlene.

Dr. Guefaifia Omar

8-[https://www.geotechnique](https://www.geotechniquejournal.org/articles/geotech/full_html/2017/02/geotech160016/geotech160016.htm)

[journal.org/articles/geotech/full_html/2017/02/geotech160016/geotech160016.htm](https://www.geotechniquejournal.org/articles/geotech/full_html/2017/02/geotech160016/geotech160016.htm)

9-Université de Picardie Jules Verne/Jacques Beauchamp

Pédologie "LES ARGILES"

10- laboratoire de travaux publique de l'Est TEBESSA

Sommaire: Patrie Théorique

<i>TITRE</i>	Numéro de page
Introduction :	11
<i>CHAPITRE 01 : Cadre générale.</i>	12
<i>1-1 : Région de Tébessa :</i>	12
<i>A.SITUATION GEOGRAPHIQUE :</i>	12
<i>1-2 : La lithologie de la région :</i>	13
<i>Introduction :</i>	13
<i>1:Été (juin à août) :</i>	13
<i>2:Automne (septembre à novembre) :</i>	13
<i>3:Hiver (décembre à février) :</i>	13
<i>4:Printemps (mars à mai) :</i>	14
<i>Conclusion:</i>	14
<i>1-3 : Hydrologie</i>	15
<i>1-Précipitations :</i>	15
<i>2-Réseau hydrographique :</i>	16
<i>3-Aquifères :</i>	16
<i>4-Changement climatique :</i>	16
<i>1-4 : Géologie de la région</i>	17
<i>Introduction :</i>	17
<i>1:Formation rocheuse ancienne</i>	17
<i>2:Roches sédimentaires :</i>	17
<i>3:Minéraux et ressources :</i>	17
<i>4:Analyse de la carte:</i>	18
<i>CHAPITRE02: Principaux minéraux argileux</i>	20

Introduction :	20
1. Montmorillonite $(Na, Ca)_0.3(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot n H_2O$:	20
2. Illite $(K, H_3O)(Al, Mg, Fe)_2(Si, Al)_4O_{10}[(OH)_2, (H_2O)]$	20
3. Kaolinite $Al_2Si_2O_5(OH)_4$:	21
4. Chlorite $(Fe, Mg, Al)_6(Si, Al)_4O_{10}(OH)_8$:	21
5. Smectite:	22
Conclusion	22
2-1 : Les argiles gonflantes:	23
2-2 : La caractérisation minéralogique de la région	26
Introduction :	26
1. Quartz :	26
2. Calcite :	26
3. Gypse et anhydrite :	27
4. Argile :	27
2-3: caractérisation minéralogique des sols gonflants du bassin de Tébessa	29
*Rappel sur l'utilisation du rayon X :	29
Introduction :	29
1. Principe de base :	29
2. Préparation de l'échantillon :	29
3. Incident de rayons X :	29
4. Analyse des données :	29
REMARQUE:	30

Sommaire: Partie Pratique

<i>-L'essai de "FRX"</i>	32
<i>1-Préparation des échantillons :</i>	32
<i>2-Les essais de rayon X dans l'usine de cimenterie de L'Ma Labiod GICA :</i>	36
<i>-Visitez Laboratoire des Travaux Publics de l'Est pour obtenir un rapport</i>	44
Introduction :	44
a)Sondages :	44
b) Sondages pressiométriques :	44
Au Laboratoire :	45
a) Essais physiques	45
b) Essai mécanique:	45
c) Essais chimiques:	45
- INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS :	46
<i>SONDAGE : 01</i>	47
<i>SONDAGE : 02</i>	48
<i>SONDAGE : 03</i>	49
<i>SONDAGE : 04</i>	50
<i>SONDAGE : 05</i>	51
<i>SONDAGE : 06</i>	52
<i>SONDAGE : 07</i>	53
<i>SONDAGE : 08</i>	54
<i>SONDAGE : 09</i>	55
<i>SONDAGE : 10</i>	56
2- Interprétation des essais au laboratoire :	57

CONCLUSION:	62
<i>-La Caractérisation géotechnique du bassin a partir le rapport du L.T.P.E. :</i>	63
1-1: commentaire de l'indice de plasticité:	64
1-2: commentaire de valeur de bleu méthylène:	65
1-3: commentaire de coefficient de gonflement :	66
-Classification des sols a partir les caractérisations chimique et géotechniques:	68
<i>-la codification des argiles gonflantes</i>	72
CRITERE LITHOLOGIQUE	72
1.1. Définition du critère lithologique et barème	72
Conclusion:	74

Liste des figures :

Les figures	Numéro de page
<i>Figure 01: localisation de wilaya de Tébessa</i>	12
<i>Figure 02: Image satellitaire du bassin versant de Tébessa et réseaux hydrographiques (ARCMAP 10.8).</i>	15
<i>Figure 03: Carte des relations entre les écoulements superficiels et la nappe de Tébessa</i>	16
<i>Figure 04: carte géologie de la zone de Tébessa</i>	18
<i>Figure 05: *Périmètre du bassin de : 60.14 km *La surface du bassin de: 174.52 km²</i>	19
<i>Figure 06: Un dessin montrant le rôle de l'eau à l'intérieur du feuillets d'argile</i>	23
<i>Figure 07: quartz</i>	26
<i>Figure 08 Calcite</i>	26
<i>Figure 09: Gypse</i>	27
<i>Figure 10: argile</i>	27
Figure 11: appareille de rayon X	31
<i>Figure 12: Tarière edelman pour prendrai un échantillon</i>	32
<i>Figure 13: Tarière Edelman</i>	32
<i>Figure 14: localisation des zones d'échantillonnages</i>	33
<i>Figure 15et 16: photos des argiles dans la zone d'étude</i>	33
<i>Figure 17 et 18: photos de l'argile de la zone de DOKKANE</i>	34

Figure 19 et 20: photos des échantillons après prélèvement	35
Figure 21: les échantillons dans laboratoire de cimentaire	36
Figure 22 et 23: Processus de pesée des échantillons	36
Figure 24: Insérer les échantillons dans le four	37
Figure 25: échantillon dans le moule de broyeur	38
Figure 26: Broyeur	39
Figure 27: échantillon après l'opération de broyée (forme de poudre très fin)	39
Figure 28: Déposer l'échantillon dans un anneau	40
Figure 29: appareil de pression	40
Figure 30: les anneaux des échantillons	40
Figure 31: Insertion d'échantillons dans l'appareil à FRX	41
Figure 32: digramme de l'indice de plasticité (linge en bleu représenté IP% des échantillons du bassin)	64
Figure 33: abaque de VBS représenté le type de sols a partir essai de bleu méthylène	65
Figure 34: diagramme de coefficient de gonflement en fonction de la teneur en eau	66
Figure 35 – 47 : histogramme des oxydes dans les échantillons	69

Liste des Tableaux :

Les Tableaux	Numéro de page
<i>Tableau 01: représente l'humidité finale des échantillons</i>	37
<i>Tableau 02: les résultats final de FRX</i>	42
<i>Tableau 03: pourcentage des oxydes dans un échantillon d'argile ordinaire</i>	42
Tableau 04: description lithologique de sondage caroté numéro 01	47
Tableau 05: description lithologique de sondage caroté numéro 02	48
Tableau 06: description lithologique de sondage caroté numéro 03	49
Tableau 07: description lithologique de sondage caroté numéro 04	50
Tableau 08: description lithologique de sondage caroté numéro 05	51
Tableau 09: description lithologique de sondage caroté numéro 06	52
Tableau 10: description lithologique de sondage caroté numéro 07	53
Tableau 11: description lithologique de sondage caroté numéro 08	54
Tableau 12: description lithologique de sondage caroté numéro 09	55
Tableau 13: description lithologique de sondage caroté numéro 10	56
Tableau 14: résultat des essais au laboratoire	59
Tableau 15: résultat des essais au laboratoire	60
Tableau 16: résultat des essais au laboratoire	61
Tableau 17: résultat des essais au laboratoire	62
Tableau 18: résultats des essais	63
Tableau 19: Barème des différentes classes lithologiques	73

Introduction :

Les sols gonflants représentent un défi majeur pour les ingénieurs géotechniciens en raison de leur comportement complexe et souvent imprévisible. Le bassin de Tébessa, situé dans la région est de l'Algérie, est caractérisé par la présence de ces sols gonflants, qui posent des problèmes significatifs pour les infrastructures et les projets de construction dans la région. Comprendre les mécanismes de gonflement et les caractéristiques géotechniques de ces sols est donc essentiel pour assurer la durabilité et la stabilité des ouvrages construits dans cette zone.

Cette étude vise à examiner en détail la caractérisation minéralogique et géotechnique des sols gonflants du bassin de Tébessa. En particulier, elle se concentrera sur l'identification des minéraux responsables du gonflement, l'analyse des propriétés géotechniques telles que la plasticité, la compressibilité et la résistance, ainsi que l'évaluation des méthodes potentielles de stabilisation et de traitement des sols gonflants.

En tant que région stratégique pour le développement économique de l'Algérie, il est impératif de comprendre et de résoudre les problèmes géotechniques associés aux sols gonflants du bassin de Tébessa. Cette étude contribuera à combler les lacunes actuelles dans la compréhension de ces sols spécifiques et à fournir des recommandations pratiques pour la conception et la construction d'infrastructures durables dans la région.

La première partie de ce mémoire examinera la littérature existante sur les sols gonflants, en mettant l'accent sur les études antérieures menées dans des régions similaires et les approches utilisées pour caractériser ces sols. Ensuite, la méthodologie de recherche sera présentée, décrivant les techniques d'échantillonnage, d'analyse minéralogique et géotechnique utilisées dans cette étude. Les résultats obtenus seront ensuite analysés et discutés afin de tirer des conclusions significatives sur la nature des sols gonflants du bassin de Tébessa et les implications pour l'ingénierie géotechnique dans la région.

En fin de compte, ce mémoire vise à fournir une contribution précieuse à la compréhension des sols gonflants et à la formulation de recommandations pratiques pour leur gestion et leur traitement dans le contexte spécifique du bassin de Tébessa, en Algérie.

CHAPITRE 01 : Cadre générale.

1-1:Région de Tébessa :

A.SITUATION GEOGRAPHIQUE :

*La wilaya de Tébessa est située dans le nord-est de l'Algérie. Elle fait partie de la région administrative **des Hauts Plateaux** et est frontalière de la Tunisie à l'est. Tébessa est entourée par les wilayas de Souk Ahras au nord, Khenchela à l'ouest et El Oued au sud-ouest. La région est caractérisée par ses paysages semi-arides et ses terres fertiles propices à l'agriculture.*



Figure 01: localisation de wilaya de Tébessa

1-2: La lithologie de la région :

Introduction :

La région de Tébessa en Algérie connaît un climat semi-aride à aride, avec des étés chauds et secs et des hivers doux à froids. Voici un aperçu général des conditions météorologiques typiques dans la région :

1:Été (juin à août) :

Les étés à Tébessa sont chauds et secs, avec des températures moyennes diurnes pouvant dépasser les 35°C, voire dépasser les 40°C ou plus pendant les périodes de chaleur extrême. Les nuits sont généralement plus fraîches, mais restent souvent chaudes. Les précipitations sont rares pendant cette période.

2:Automne (septembre à novembre) :

L'automne à Tébessa est généralement agréable, avec des températures qui commencent à baisser progressivement. Les journées sont encore chaudes, mais les nuits deviennent plus fraîches. Les précipitations peuvent être rares mais peuvent parfois survenir sous forme d'averses sporadiques.

3:Hiver (décembre à février) :

Les hivers à Tébessa sont doux à froids, avec des températures diurnes qui varient généralement entre 10°C et 15°C. Les nuits peuvent être assez fraîches, avec des températures descendant parfois en dessous de zéro, surtout en janvier. Les précipitations sont plus fréquentes pendant cette période, bien que la pluie reste généralement faible.

4:Printemps (mars à mai) :

Le printemps à Tébessa est une saison agréable, avec des températures qui commencent à se réchauffer progressivement. Les journées deviennent plus longues et plus ensoleillées, avec des températures diurnes agréables allant de 20°C à 25°C en moyenne. Les précipitations diminuent généralement au fur et à mesure que la saison avance.

Conclusion:

Il est important de noter que ces conditions météorologiques peuvent varier d'une année à l'autre en fonction des fluctuations naturelles du climat et des phénomènes météorologiques tels que les vagues de chaleur ou les périodes de pluie intense.

La relation entre la météo et le gonflement de sol c'est une Relation intégrée par ce que dans la précipitation pendant les périodes fluvial le sol a suffisamment d'eau pour gonfler, contrairement à celle en période sèche.

*Le sol devient sec jusqu'à ce que ce dernier se fissure par rétrécissement, et cela a beaucoup à voir avec le climat de la région. **(Climat semi-aride)***

1-3 : Hydrologie

L'hydrologie de la région de Tébessa est caractérisée par un réseau hydrographique qui dépend de plusieurs facteurs, notamment la topographie, le climat et l'utilisation des terres.

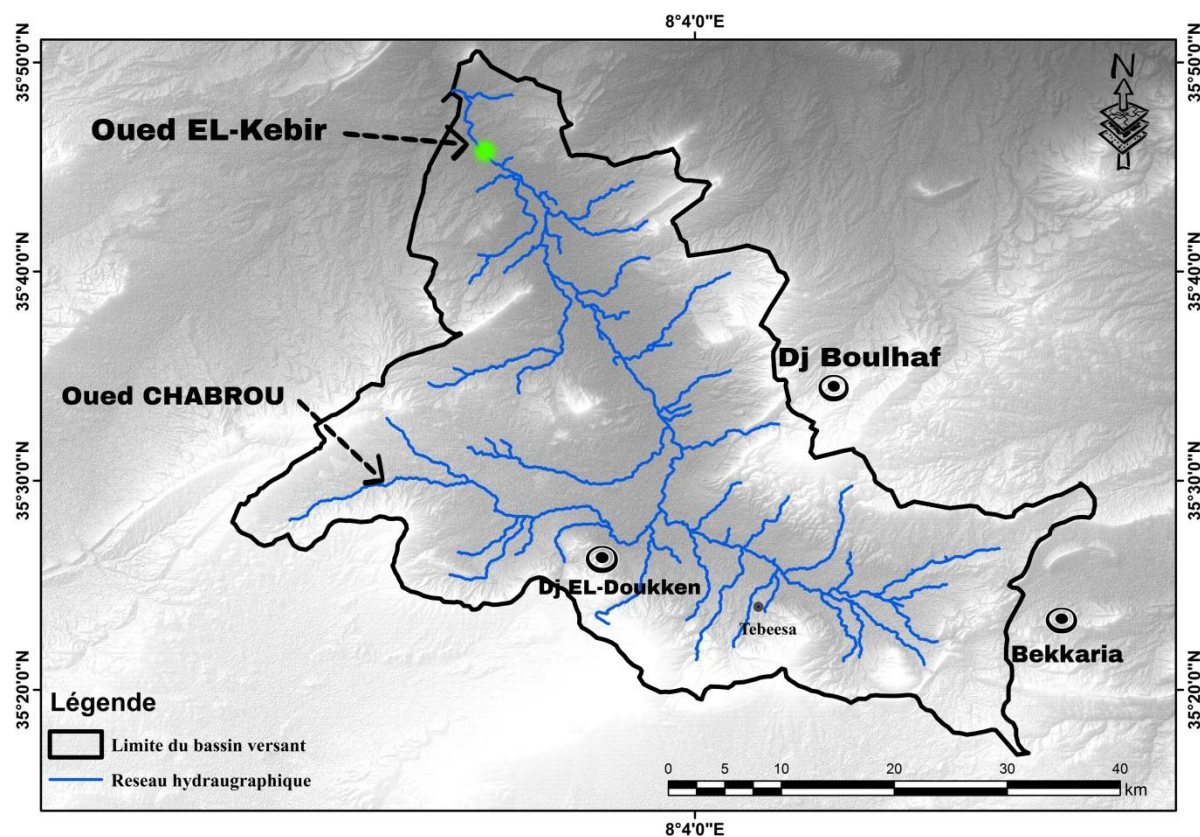


Figure 02: Image satellitaire du bassin versant de Tébessa et réseaux hydrographiques (ARCMAP 10.8).

1-Précipitations :

La région de Tébessa connaît généralement des précipitations relativement faibles, typiques d'un climat semi-aride à aride. Les précipitations sont souvent concentrées pendant les mois d'hiver, avec des averses sporadiques.

2-Réseau hydrographique :

Les cours d'eau dans la région de Tébessa sont généralement peu nombreux et de faible débit. Le principal cours d'eau qui traverse la ville est l'Oued el-Kébir

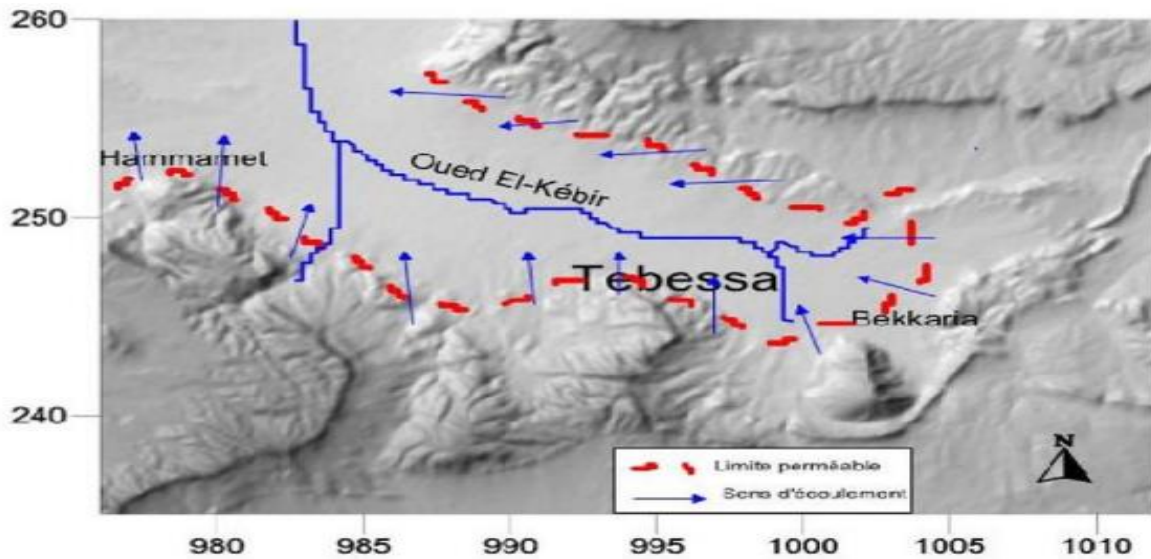


Figure 03: Carte des relations entre les écoulements superficiels et la nappe de Tébessa

3-Aquifères :

La région de Tébessa peut avoir des aquifères souterrains, mais ceux-ci peuvent être limités en raison de la nature géologique et des précipitations limitées. L'eau souterraine est souvent utilisée pour l'irrigation et l'approvisionnement en eau potable, mais sa disponibilité peut être variable selon les saisons et les conditions météorologiques.

4-Changement climatique :

Le changement climatique peut avoir des répercussions sur l'hydrologie de la région de Tébessa, y compris des variations dans les précipitations, la fonte des glaciers dans les zones montagneuses environnantes, et des modifications des schémas de sécheresse et d'inondation.

1-4: Géologie de la région

Introduction :

La région de Tébessa en Algérie présente une géologie intéressante caractérisée par une variété de formations rocheuses.

Aperçu général de la géologie de la région :

1:Formation rocheuse ancienne :

Une grande partie de la région de Tébessa est composée de formations rocheuses anciennes, dont certaines remontent à l'époque préhistorique et à l'ère paléozoïque. Ces formations peuvent inclure des schistes, des grès et des calcaires formés il y a des millions d'années.

2:Roches sédimentaires :

Les roches sédimentaires sont courantes dans la région et comprennent des dépôts de calcaire, de grès et de schiste. Ces roches se sont formées au fil du temps par la sédimentation et la consolidation de particules minérales.

3:Minéraux et ressources :

En raison de sa géologie diversifiée, la région de Tébessa peut contenir divers minéraux et ressources naturelles, tels que des gisements de phosphate, de fer, de plomb, de zinc et d'autres minéraux.

Ces éléments contribuent à la diversité géologique de la région de Tébessa et ont des implications importantes pour divers domaines tels que la géologie économique, la conservation et l'aménagement du territoire.

La carte ci-dessous représente la géologie de Tébessa:

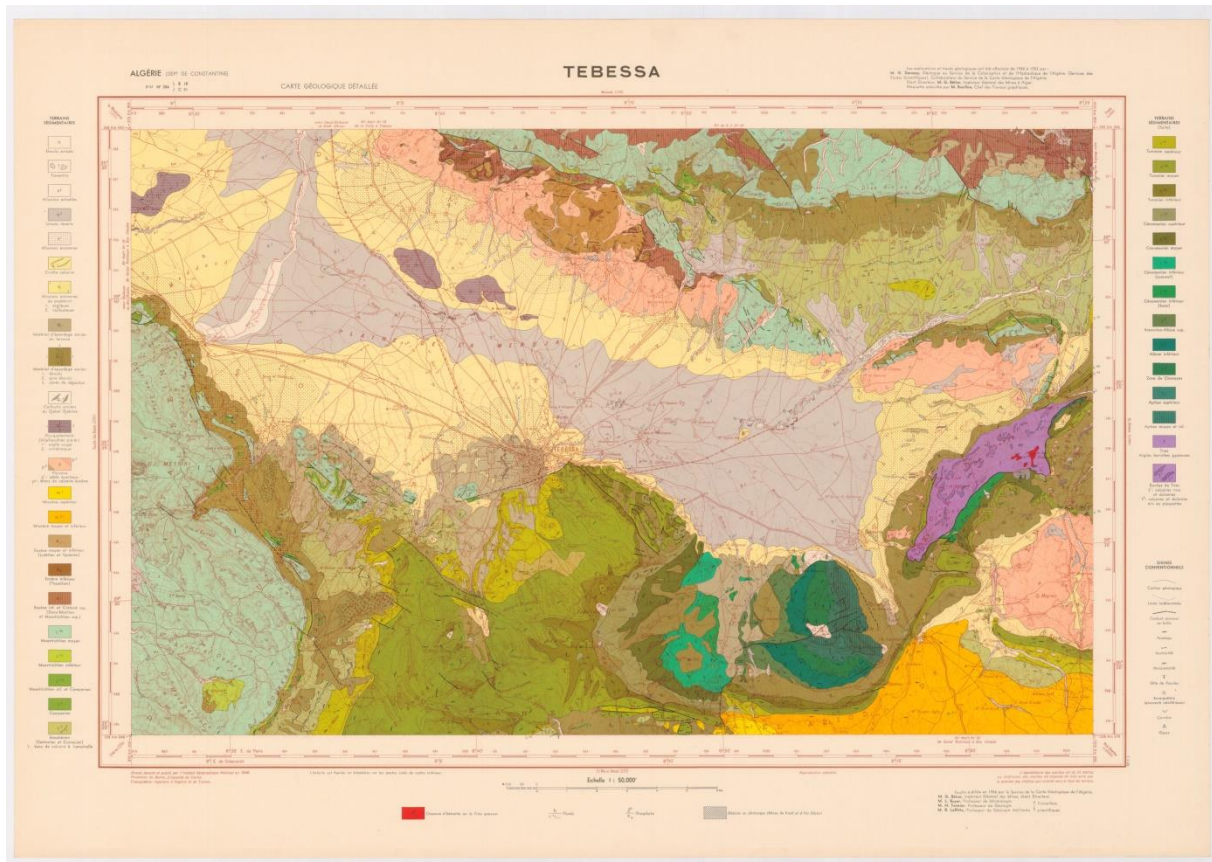


Figure 04: *carte géologie de la zone de Tébessa*

4:Analyse de la carte:

Après analyse de la carte géologique de la zone d'étude on peut localiser les formations suivantes:

- Au nord de la carte (la limite nord du bassin versant) il Ya des alluvions anciennes de piedmont qui sont formées des argiles et de pliocène des sables quartzeux avec des blocs de calcaire éocène dans*
- A L'ouest, le maestrichtien moyen et des matériels d'épandage ancien des gros éboulis et des cônes de déjection.*
- Au sud il Ya des chaines des montagnes de DOUKKANE- TENOUKLA-BOUREMANE ce forme de turonien supérieur et moyen avec des cénomaniens moyen,*

finalement l'Est-il Ya le trias des argiles bariolées gypseuses et cénomanien inférieur et miocène moyen et inférieur .

La zone d'étude est caractérisée par des formations géologiques d'âge :

- 1- Maestrichtien inférieur et campanien argile rouge
- 2- Turonien supérieur calcaires et dolomies
- 3- Turonien moyen banc de calcaire à lumachelle
- 4- Cénomanien moyen marne argileux
- 5- Quaternaire caractérisée par les formations d'alluvions anciennes-argileux-caillouteuse Matériel d'épandage ancien en terrasse -Argile rouge



Figure 05: *Périmètre du bassin de : 60.14 km

*La surface du bassin de: 174.52 km²

CHAPITRE 02: Principaux minéraux argileux

Introduction :

La caractérisation minéralogique des argiles peut varier en fonction de divers facteurs géologiques et environnementaux. Cependant, voici une liste des minéraux d'argile couramment présents dans les sols et les dépôts d'argile:

1. Montmorillonite $(Na, Ca)_{0,3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot n H_2O$:

La montmorillonite est un minéral composé de silicate d'aluminium et de magnésium hydraté, de formule $(Na, Ca)_{0,3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot n H_2O$, et appartenant au groupe des smectites, de la famille des phyllosilicates. Elle est aussi appelée terre de Sommières.

La montmorillonite est l'un des principaux minéraux d'argile trouvés dans de nombreux dépôts d'argile à travers le monde, y compris dans certaines régions d'Algérie. C'est un minéral à phyllosilicate du groupe des smectites, caractérisé par sa capacité d'expansion et sa forte rétention d'eau.

2. Illite $(K, H_3O)(Al, Mg, Fe)_2(Si, Al)_4O_{10}[(OH)_2, (H_2O)]$:

L'illite est le nom d'un groupe de minéraux argileux non gonflants.

Les illites sont composées de trois couches de phyllosilicates, une couche d'aluminium (Al) entourée de deux couches de silicate (Si). Elles sont structurellement très proches des micas (muscovite, biotite) et d'autres silicates (feldspath, feldspathoïdes, orthose et autres) dont elles sont issues par bisiallisation, réaction ayant lieu lors de l'attaque de l'eau dans certaines conditions de température et de pression :

*orthose + H_2O → illite + silice + ion potassium ou, plus précisément : $5 KAlSi_3O_8 + 20 H_2O$
→ $4 K^+ + 8 Si(OH)_4 + illite + 4 (OH^-)$*

Sa formule chimique est $(K,H3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,(H_2O)]$

L'illite est un autre minéral d'argile commun dans les bassins sédimentaires, C'est un phyllosilicate du groupe des micas, qui peut souvent être associé à des dépôts de schiste et de mudstone.

3. Kaolinite $Al_2Si_2O_5(OH)_4$:

La kaolinite est une espèce minérale composée de silicate d'aluminium hydraté, de formule $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ du groupe des silicates, sous-groupe des phyllosilicates.

La kaolinite est un minéral d'argile présent dans de nombreux sols et dépôts d'argile à travers le monde. Bien qu'elle puisse être moins abondante que la montmorillonite et l'illite dans certains bassins.

4. Chlorite $(Fe,Mg,Al)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$:

Une chlorite est un minéral alumino-silicaté de fer ou de magnésium, généralement de couleur verdâtre, et voisin du mica par sa structure et ses propriétés physico-chimiques.

Aujourd'hui, le terme chlorite ne désigne plus un minéral précis mais une quinzaine de minéraux qui forment le groupe des chlorites, des phyllosilicates. Leur formule générale est $(Fe,Mg,Al)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$.

La chlorite est un phyllosilicate d'argile qui peut être trouvé dans certains dépôts d'argile, en particulier dans les environnements métamorphiques. Sa présence peut varier en fonction des conditions géologiques locales.

5. Smectite:

Les smectites sont un groupe de minéraux argileux, et donc des silicates, plus précisément des phyllosilicates.

Leur composition type est $A_{0,3}D_2-3T_4O_{10}Z_2 \cdot n H_2O$, où A représenté un cation interfoliaire (élément alcalin ou alcalino-terreux), D un cation octaédrique, T un cation tétraédrique, O l'oxygène et Z un anion monovalent (généralement OH^-).

Elles cristallisent dans le système monoclinique.

Ce sont des phyllosilicates de structure TOT (ou 2:1), c'est-à-dire constitués de feuillets comportant deux couches tétraédriquesb tête-bêche, liées entre elles par les cations octaédriques1. Les feuillets sont liés entre eux par les cations interfoliaires.

On distingue les smectites dioctaédriquesd (beidellite, montmorillonitee, nontronite, etc.) et trioctaédriquesd (hectorite, saponite, etc.).

En plus de la montmorillonite,. Ces minéraux ont des propriétés d'expansion similaires et sont souvent associés à des environnements de dépôt spécifiques.

Conclusion :

Il est important de noter que la composition minéralogique des argiles peut varier considérablement d'un site à l'autre en fonction de facteurs tels que la lithologie parentale, l'altération chimique, les conditions de dépôt et l'histoire géologique. Une caractérisation précise des minéraux d'argile dans le bassin de Tébessa nécessiterait des analyses détaillées telles que la diffraction des rayons X (DRX) et la microscopie électronique à balayage (MEB), ainsi que des études géologiques de terrain approfondies.

2-1 : Les argiles gonflantes:

Également connues sous le nom d'argiles expansives, sont des types spécifiques d'argiles qui ont la capacité de gonfler lorsqu'elles absorbent de l'eau et de se contracter lorsqu'elles perdent de l'eau. Cette caractéristique peut entraîner des problèmes géotechniques et de stabilité des sols, en particulier lors de la construction d'infrastructures

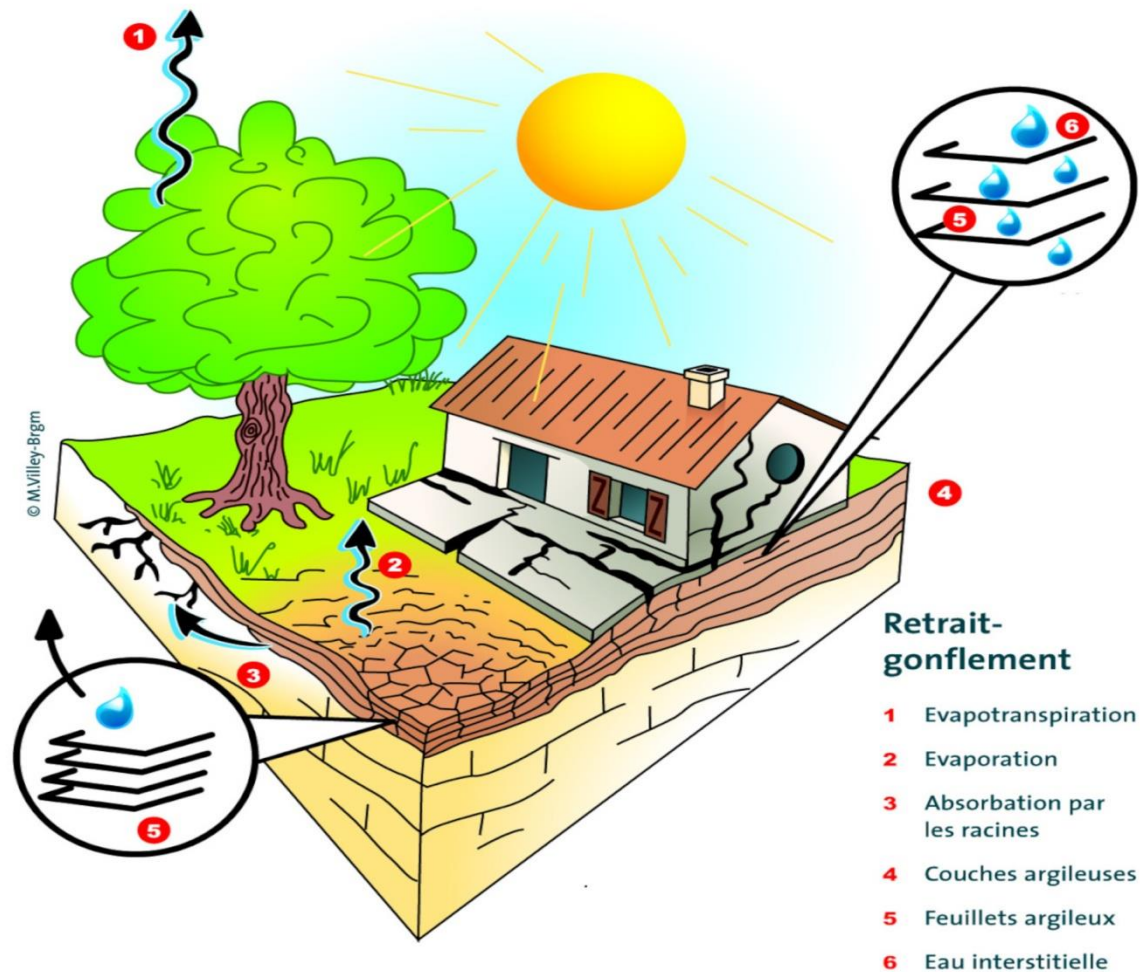


Figure 06: Un dessin montrant le rôle de l'eau à l'intérieur des feuillets d'argile

Dans le bassin de Tébessa en Algérie, certaines argiles peuvent présenter des propriétés gonflantes en raison de leur composition minéralogique et de leur structure cristalline. Les argiles gonflantes typiques trouvées dans cette région sont généralement des argiles smectiques, telles que la montmorillonite, qui est largement répandue dans les sols et les dépôts d'argile à travers le monde.

Lorsque ces argiles absorbent de l'eau, leurs feuillets cristallins se séparent, provoquant une expansion du matériau. Cette expansion peut exercer une pression sur les structures environnantes, ce qui peut entraîner des problèmes tels que des affaissements différentiels, des fissures dans les fondations et des dommages aux infrastructures.

Les argiles gonflantes peuvent être une considération importante lors de la planification et de la construction dans le bassin de Tébessa, en particulier dans les zones où ces argiles sont abondantes. Des mesures d'ingénierie appropriées, telles que le traitement du sol, la conception de fondations spéciales et la gestion des eaux souterraines, peuvent être nécessaires pour atténuer les risques associés aux argiles gonflantes et assurer la stabilité des infrastructures.

*Les argiles gonflantes, telles que **la montmorillonite**, sont généralement composées de minéraux **d'argile smectiques**, qui sont des **phyllosilicates** caractérisés par leur capacité d'expansion lorsqu'ils absorbent de l'eau. La composition chimique des argiles gonflantes peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment l'altération des roches parentales, les conditions géologiques locales et les processus de formation.*

-Composition chimique générale des argiles gonflantes, en se basant sur la composition typique des phyllosilicates smectiques comme la montmorillonite :

1. Silice (SiO₂) :

La silice est l'élément principal des phyllosilicates, y compris la montmorillonite. Elle constitue la structure cristalline des feuillets d'argile et est essentielle à leur stabilité.

2. Alumine (Al₂O₃) :

L'alumine est un autre composant majeur des argiles gonflantes. Elle se trouve dans les feuillets d'argile et contribue à leur structure cristalline.

3. Eau (H₂O) :

L'eau est également un constituant important des argiles gonflantes. Lorsque les argiles absorbent de l'eau, les molécules d'eau intercalent entre les feuillets d'argile, provoquant leur expansion.

4. Autres éléments :

Les argiles peuvent également contenir d'autres éléments en traces, tels que le fer, le magnésium, le calcium, le sodium et le potassium. Ces éléments peuvent provenir de l'altération des minéraux de la roche mère ou des processus de formation des argiles.

Il est important de noter que la composition chimique exacte des argiles gonflantes peut varier d'un site à l'autre en fonction des conditions géologiques locales et des processus de formation spécifiques. Des analyses minéralogiques et chimiques détaillées, telles que la diffraction des rayons X (DRX) et la spectrométrie de fluorescence des rayons X (XRF), peuvent être utilisées pour déterminer la composition chimique précise des argiles dans un bassin donné.

2-2 : La caractérisation minéralogique de la région

Introduction :

La caractérisation minéralogique de la région de Tébessa révèle une diversité de minéraux. Les principaux minéraux présents dans la région d'étude :

1. Quartz :



Figure 07: quartz

Le quartz est l'un des minéraux les plus courants dans la région de Tébessa. Il est souvent présent dans les roches sédimentaires telles que les grès et les quartzites, ainsi que dans les formations volcaniques.

2. Calcite :



Figure 08 Calcite

La calcite est un minéral de carbonate de calcium qui se trouve fréquemment dans les roches calcaires de la région. Elle peut former des cristaux variés et est souvent associée à d'autres minéraux dans les dépôts sédimentaires.

3. Gypse et anhydrite :



Figure 09: Gypse

Ces minéraux de sulfate de calcium peuvent être présents dans les formations évaporitiques de la région, résultant de la précipitation des sels lors de l'évaporation de l'eau dans des environnements lacustres ou marins.

4. Argile :



Figure 10: argile

L'argile est une matière rocheuse naturelle à base de silicates ou d'aluminosilicates hydratés de structure lamellaire, provenant en général de l'altération de silicates à charpente tridimensionnelle, tels que les feldspaths. Elle peut être une matière localement abondante, très diverse, traitée ou raffinée avant emploi, à la fois meuble ou plastique (souvent après addition d'eau) ou à pouvoir desséchant, absorbant ou dégraissant, voire à propriétés collantes ou encore réfractaires, pour servir par exemple autrefois selon des usages spécifiques, souvent anciens, au potier et au briquetier, au maçon et au peintre, au teinturier et au drapier, au verrier et à l'ouvrier céramiste.

Il convient de noter que la région de Tébessa peut contenir d'autres minéraux en fonction de sa géologie locale spécifique, et une étude minéralogique détaillée pourrait révéler une plus grande diversité minéralogique. Les caractéristiques minéralogiques de la région ont des implications importantes pour divers domaines tels que l'exploitation minière, la géologie économique et la conservation des ressources naturelles.

2-3 : caractérisation minéralogique des sols gonflants du bassin de Tébessa

***Rappel sur l'utilisation du rayon X :**

Introduction :

La diffraction des rayons X (DRX) est une technique d'analyse largement utilisée en minéralogie et en science des matériaux pour déterminer la structure cristalline des échantillons. Voici comment fonctionne généralement la technique de diffraction des rayons X

1. Principe de base :

La DRX repose sur le fait que les rayons X sont diffractés lorsqu'ils interagissent avec les atomes d'un matériau cristallin. Cette diffraction produit des motifs de diffraction caractéristiques qui peuvent être enregistrés et analysés pour déterminer la structure cristalline de l'échantillon.

2. Préparation de l'échantillon :

Avant l'analyse, l'échantillon doit être préparé sous forme de poudre fine. Cela garantit que les particules individuelles sont suffisamment petites pour produire des diffractions nettes et évite les effets de la texture cristalline.

3. Incident de rayons X :

Les rayons X sont dirigés vers l'échantillon cristallin. Lorsqu'ils interagissent avec les atomes du matériau, ils sont diffractés selon les plans cristallins du matériau.

4. Analyse des données :

Les motifs de diffraction enregistrés sont ensuite analysés à l'aide de méthodes mathématiques pour identifier les pics de diffraction et déterminer les distances interarticulaires entre les plans cristallins. Ces informations sont ensuite utilisées pour déterminer la structure cristalline de l'échantillon, y compris l'identification des minéraux présents et leur arrangement atomique.

La diffraction des rayons X est une technique puissante et polyvalente largement utilisée dans de nombreux domaines de la recherche scientifique et de l'industrie pour caractériser les matériaux cristallins, y compris les minéraux, les céramiques, les métaux et les polymères

REMARQUE:

Il est à noter que mon plan de travail contient une partie qui traite l'aspect minéralogique des argiles par rayons X ce qui rend le mémoire plus riche. Malheureusement malgré plusieurs tentatives avec le laboratoire de l'Université de Sétif et suite à des pannes de la machine nous n'avons pas pu y arriver 1.

Nous recommandons bien de faire des analyses de rayons X de diffractométrie

PARTIE PRATIQUE



Figure 11: appareille de rayon X

-L'essai de "FRX"

1-Préparation des échantillons :

**Préparation d'échantillons pour des expériences aux rayons "X "*



Figure 12: Tarière edelman pour prendre un échantillon

Prendre des moyens pour aider au processus de collecte d'échantillons.



Figure 13: Tarière Edelman

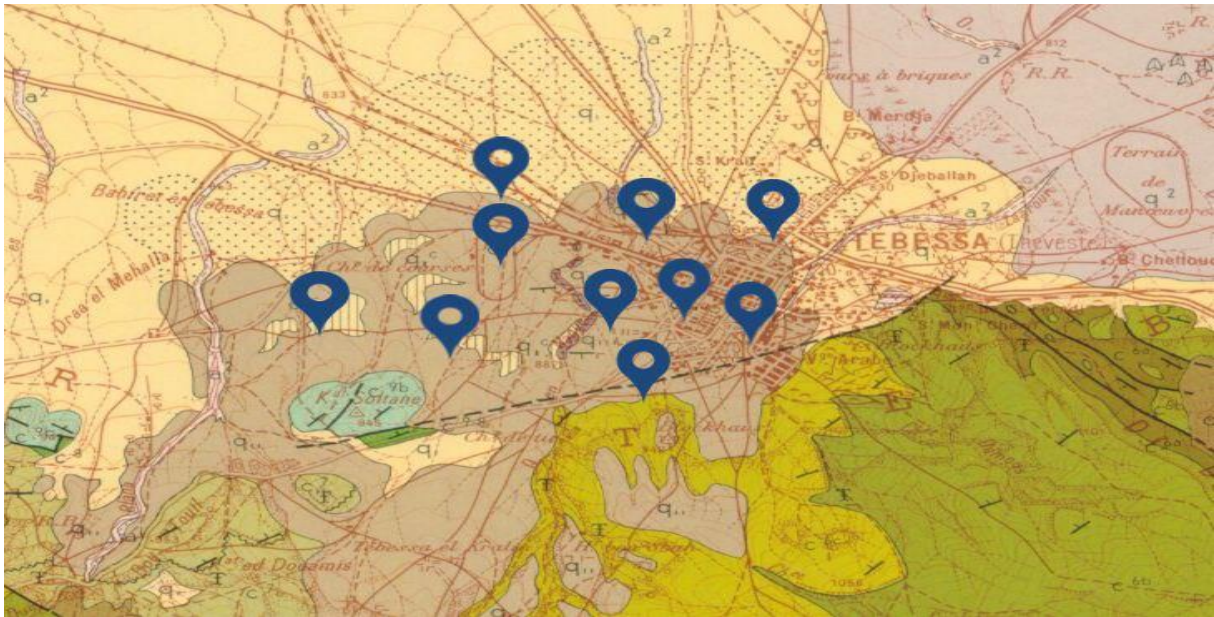


Figure 14: localisation des zones d'échantillonnages

**Après avoir pris l'outil de forage, nous sommes rendus dans plusieurs zones pour prélever des échantillons, de l'est à l'ouest de la ville.*



Figure 15et 16: photos des argiles dans la zone d'étude



Figure 17 et 18: photos de l'argile de la zone de DOKKANE

**Nous avons obtenu 13 échantillons d'argile soigneusement prélevés sur le site d'étude à une profondeur allant de 1 à 3 mètres.*

**Après collection des échantillons dans des sacs et numérotation, le traitement au laboratoire consiste aux étapes suivantes :*



Figure 19et 20: photos des échantillons après prélèvement

**2-Les essais de rayon X dans l'usine de cimenterie de L'Ma Labiod
GICA :**



Figure 21: les échantillons dans laboratoire de cimenterie

Tout d'abord, on mesure l'humidité des échantillons en les pesants avant d'entrer dans le four et après.



Figure 22 et 23: Processus de pesée des échantillons

Pendant une durée estimée de 48 heures à une température allant jusqu'à 200 degrés.

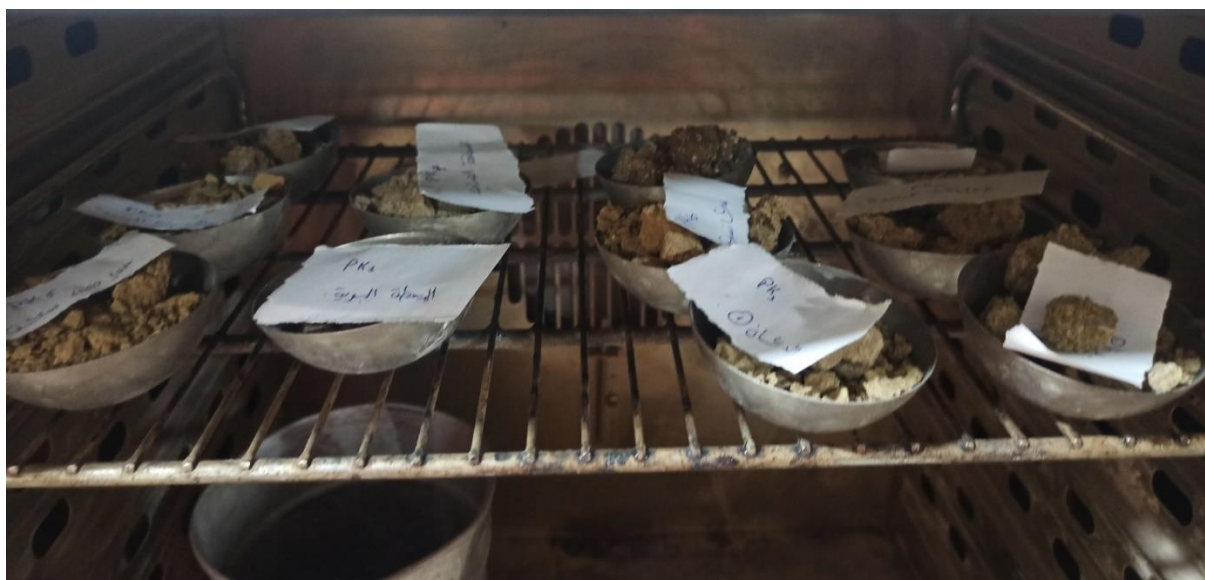


Figure 24: *Insérer les échantillons dans le four*

Vous trouverez le tableau ci-dessous:

Les échantillons	Poids humide	Poids sec	Humidité%
PK0	87,48g	83,94g	4.3%
PK1	73,26g	69,33g	5.3%
PK2	99,84g	77,75g	2.21%
PK3	80,21g	75,06g	6.4%
PK4	88,82g	85,07g	4.2%
PK5	95,00g	87,20g	8.2%
PK6	98,92g	93,03g	5.9%
PK7	96,11g	91,14g	5.1%
PK8	87,74g	79,00g	9.9%
PK9	104,20g	96,74g	21.6%
PK10	85,14g	81,69g	4%
PK11	84,56g	78,53g	7.1%
PK12	88,37g	85,97g	2.7%

Tableau 01: *représente l'humidité finale des échantillons*

**Deuxièmement, l'ingénieur spécialisé et moi-même avons mesuré les échantillons d'argile sur la machine à FRX. Nous avons ensuite broyé les échantillons d'argile dans le broyeur.*



Figure 25: échantillon dans le moule de broyeur

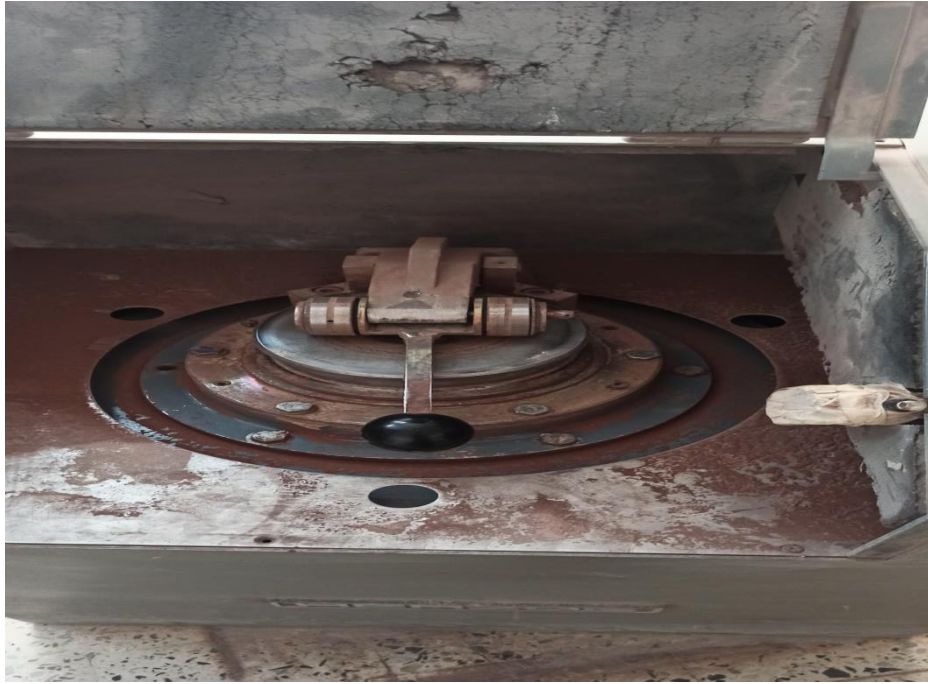


Figure 26: Broyeur



Figure 27: échantillon après l'opération de broyée (forme de poudre très fin)

**Troisièmement, nous avons obtenu une forme très fine*

Nous avons placé une quantité de chaque échantillon à l'intérieur de l'anneau de mesure, estimée à 8 grammes.

Nous avons inséré un appareil à pression avec une force estimée à 200 kilo newtons.



Figure 28: Déposer l'échantillon dans un anneau



Figure 29: appareil de pression



Figure 30: les anneaux des échantillons

**Nous avons maintenant obtenu des échantillons qui ont été préparés correctement pour entrer dans l'appareil à FRX.*

Nous avons introduit les échantillons dans l'appareil et obtenu



Figure 31: Insertion d'échantillons dans l'appareil à FRX

Les résultats listés dans le tableau ci-dessous :

Nom de l'échantillon	Méthode d'étalonnage	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	Cl (%)	SO ₃ (%)
PK12	ARGILE	32,9	9	5,31	30,3	0,39	0,3	0,26	0,044	0,006
PK11	ARGILE	48,6	21,2	8,41	4,65	1,09	1,44	0,32	0,026	0,01
PK10	ARGILE	32,2	8,4	4,25	29,44	0,52	0,54	0,18	0,029	0,009
PK9	ARGILE	41,6	12,7	5,15	18,41	1	1,16	0,24	0,041	0,011
PK8	ARGILE	40,9	12,6	5,04	19,2	0,93	1,07	0,22	0,046	0,01
PK7	ARGILE	37,9	11,4	4,64	23,01	0,82	1,45	0,2	0,028	0,006
PK6	ARGILE	35,4	10,4	4,37	26,18	0,66	0,86	0,23	0,04	0,006
PK5	ARGILE	35,4	10,5	4,42	25,62	0,65	0,85	0,21	0,028	0,006
PK4	ARGILE	41	14,2	5,72	14,76	1,01	0,38	0,21	0,023	0,018
PK3	ARGILE	33,6	9,3	4,25	28,06	0,66	0,58	0,27	0,055	0,006
PK2	ARGILE	28,1	4,7	3,41	35,65	0,45	0,57	0,15	0,055	0,006
PK1	ARGILE	33,4	8,1	4	28,57	0,56	0,78	0,17	0,017	0,006
PK0	ARGILE	32,3	7,8	3,91	30,21	0,51	0,73	0,18	0,023	0,006

Tableau 02: les résultats final de FRX

On note dans le tableau les résultats des échantillons exposés aux FRX

Désignation	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Matière organique	Perte au feu
Teneur (%)	68,13	12,64	2,11	0,85	1,52	0,21	0,43	8,43	15,11

Tableau 03: pourcentage des oxydes dans un échantillon d'argile ordinaire

**Le pourcentage d'oxyde de silicium varie entre 30 et 50 pour cent du volume de l'échantillon, ce qui signifie que les échantillons d'argile du bassin étudié présentent un pourcentage modéré par rapport à l'argile ordinaire.*

Le pourcentage **d'oxyde d'aluminium varie de 7 à 22 pour cent du volume des échantillons. Cela signifie que l'argile de la zone étudiée est riche en oxyde d'aluminium par rapport à l'argile ordinaire, dont le pourcentage varie de 9 à 13 pour cent.*

De plus, le pourcentage **d'oxyde de fer varie de 3 à 9 maximums, ce qui signifie que l'argile contient des pourcentages assez modérés par rapport à l'argile ordinaire.*

Le pourcentage **d'oxyde de calcium varie de 4 à 36, ce qui signifie que son pourcentage est très élevé par rapport à l'argile ordinaire. Cette raison est due à la nature de l'argile présente dans le bassin étudié, qui est presque exclusivement des **marnes**.*

**Quant au reste des éléments chimiques, leur présence dans les échantillons représente un faible pourcentage, ou comme on dit, des taches.*

**Après ces études, je suis allé au Laboratoire des Travaux Publics de l'Est pour prouver ce processus. Après avoir communiqué avec les ingénieurs du laboratoire, je suis arrivé à un rapport que le laboratoire avait réalisé dans la région de DJabal Al-Dokkane pour le projet de 200/ 1000 logements dans la nouvelle ville. , et un résumé des expériences contenues dans le rapport de laboratoire ci-dessous:*

-Visitez Laboratoire des Travaux Publics de l'Est pour obtenir un rapport

Introduction :

J'ai obtenu un rapport d'étude géotechnique pour la région de DOUKKANE Le rapport contient des essais en laboratoire pour dix échantillons de forage d'une profondeur de 10 mètres, incluant la nature des couches de chaque échantillon.

a) Sondages :

Le L.T.P.EST, a réalisé dix sondages de dix (10.00) mètres de profondeur, à l'aide d'une sondeuse hydraulique SB402, en vue d'établir la nature géologique de l'assiette. et aussi de pouvoir disposer d'une quantité suffisante d'échantillons remaniés et paraffinés pour la réalisation des essais au laboratoire.

L'implantation des essais de sondages a été décidée par le Bureau d'étude.

b) Sondages pressiométriques :

Le L.T.P.EST, a procédé à l'exécution de deux (02) (PS1, PS2) sondages pressiométriques effectués par le pressiomètre Ménard poursuivis jusqu'à (2.00) mètres de profondeur.

L'emplacement de tous ces essais figure sur le plan d'implantation joint en annexe.

Au Laboratoire :

Les échantillons récupérés ont été soumis aux essais physiques, mécaniques et chimiques suivant :

a) Essais physiques

- Analyse granulométriques
- Équivalente de sable
- Limites d'ATTERBERG
- Densité sèche et humide
- Teneur en eau

b) Essai mécanique:

- Essais de gonflement à l'odomètre
- Essais compressibilité à l'odomètre
- Essai de cisaillement rectiligne

c) Essais chimiques:

- Détermination de la teneur en gypse (en %)
- Détermination de la teneur en sulfate (en %)
- Détermination de la teneur en carbonate (en %)
- Détermination des insoluble (en %)

- INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS :

L'objet de ce rapport est de présenter :

- 1-**Les résultats de la reconnaissance géologique.
- 2-**Les valeurs des caractéristiques mécaniques des sols obtenues grâce aux essais géotechniques réalisés en Laboratoire
- 3-**Les calculs et interprétations basées sur l'application des théories généralement admises en mécanique des sols, de manière à faciliter le travail du demandeur.

-1 Sondage :

Les coupes géologiques montrent que la nature géologique du terrain représente une certaine hétérogénéité, cette partie est formée dans l'ensemble par des marnes argileuses verdâtres à brunâtres compactes à feuilletées surmontées par des tufs graveleux à galets (T.V.N) avec des blocs calcaires de 1.00 à 2.00 mètres par endroit (sondages SC1, SC2, SC3, SC4, SC5, SC8, SC9 et SC10) néanmoins les sondages SC6 et SC7 la nature du terrain est représentée par des tufs graveleux à galets (T.V.N) avec des blocs calcaires de 4.20 à 5.10 mètres surmontés sur des marnes argileuses verdâtres à brunâtres (Voir coupes de sondages ci-jointes).

SONDAGE : 01

PROFONDEUR : 0.00-10.00 m


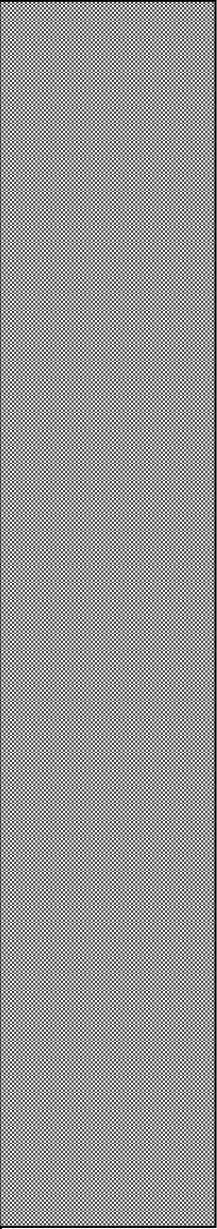
Profondeur (m)		Description lithologique	Ø	OBS
0.00		Terre végétale.		
0.70		Marne argileuse peu compacte à feuilletée très gypseuse brunâtre à verdâtre	Forage non destructif Ø 116	
10.00				

Tableau 04: description lithologique de sondage caroté numéro 01

SONDAGE : 02

PROFONDEUR : 0.00-10.00 m

Profondeur (m)	Description lithologique	Ø	OBS
0.00	Terre végétale.	Ø 116	
0.30			
1.00	Sable jaunâtre		
2.00	Blocs calcaires beigeâtres		
6.00	Argile marneuse brunâtre à verdâtre avec des intercalations des galets et blocs calcaires		
10.00	Marne argileuse peu compacte à feuilletée très gypseuse brunâtre à verdâtre		

Tableau 05: description lithologique de sondage caroté numéro 02

SONDAGE : 03

PROFONDEUR : 0.00-10.00 m

Profondeur (m)	Description lithologique	Ø	OBS
0.00	Terre végétale.		
0.30	T.V.N à galets		
1.50	Marne argileuse compacte très gypseuse brunâtre à verdâtre		
10.00	Marne gypseuse verdâtre compacte à feuilletée avec intercalation marno-calcaire grisâtre	Forage non destructif Ø 116	

Tableau 06: description lithologique de sondage caroté numéro 03

SONDAGE : 04

PROFONDEUR : 0.00-10.00 m

Profondeur (m)	Description lithologique	Ø	OBS
0.00	T.V.N graveleux à galets brunâtre	Forage non destructif Ø 116	
1.50			
5.00	Marne argileuse peu compacte très gypseuse brunâtre à verdâtre		
6.20	Passage d'Argile marneuse très graveleuse		
10.00	Marne argileuse peu compacte à feuilletée très gypseuse brunâtre à verdâtre		

Tableau 07: description lithologique de sondage caroté numéro 04

SONDAGE : 05

PROFONDEUR : 0.00-10.00 m

Profondeur (m)	Description lithologique	Ø	OBS
0.00	Terre végétale.		
1.00			
3.10	Marne argileuse peu compacte très gypseuse brunâtre à verdâtre		
4.00			
	Passage de Bloc calcaire blanchâtre		
10.00	Marne verdâtre peu compacte très gypseuse	Forage non destructif Ø 116	

Tableau 08: description lithologique de sondage caroté numéro 05

SONDAGE : 06

PROFONDEUR : 0.00-10.00 m

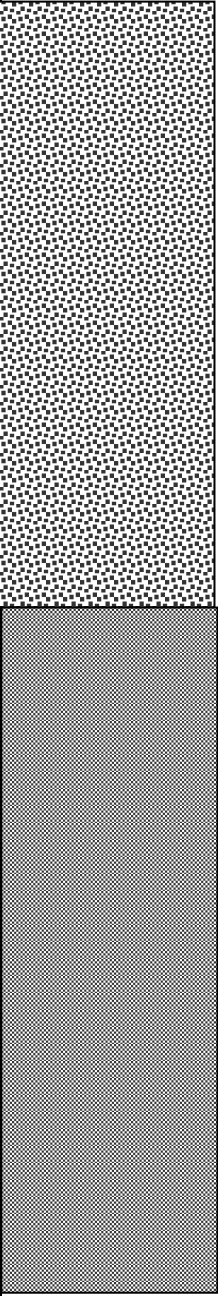
Profondeur (m)	Description lithologique	Ø	OBS
0.00	 <p>T.V.N à bloc de calcaire blanchâtre</p> <p>Marne verdâtre peu compacte très gypseuse</p>	Ø 116	
5.10			
10.00			

Tableau 09: description lithologique de sondage caroté numéro 06

SONDAGE : 07

PROFONDEUR : 0.00-10.00 m

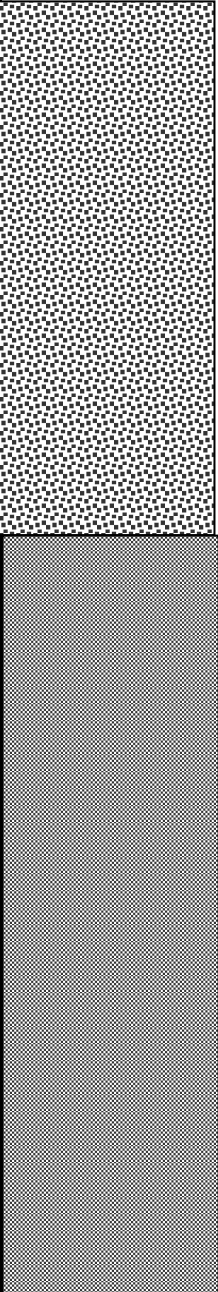
Profondeur (m)	Description lithologique	Ø	OBS
0.00	 <p>T.V.N à bloc de calcaire blanchâtre</p> <p>Marne verdâtre peu compacte très gypseuse</p>	Forage non destructif Ø 116	
4.20			
10.00			

Tableau 10: description lithologique de sondage caroté numéro 07

SONDAGE : 08

PROFONDEUR : 0.00-10.00 m

Profondeur (m)	Description lithologique	Ø	OBS
0.00 0.40	Terre végétale		
10.00	Marne argileuse très gypseuse compacte à feuilletée brunâtre à verdâtre	Forage non destructif Ø 116	

Tableau 11: description lithologique de sondage carroté numéro 08

SONDAGE : 09

PROFONDEUR : 0.00-10.00 m

Profondeur (m)	Description lithologique	Ø	OBS
0.00 0.40	Terre végétale		
5.00	Marne argileuse peu compacte très gypseuse brunâtre à verdâtre		
6.60	Argile marneuse brunâtre avec des intercalations des blocs calcaires		
10.00	Marne compacte verdâtre à brunâtre		
		Forage non destructif Ø 116	

Tableau 12: description lithologique de sondage caroté numéro 09

SONDAGE : 10

PROFONDEUR : 0.00-10.00 m

Profondeur (m)	Description lithologique	Ø	OBS
0.00 0.60	Terre végétale		
10.00	Marne argileuse très gypseuse compacte à feuilletée brunâtre à verdâtre	Forage non destructif Ø 116	

Tableau 13: description lithologique de sondage caroté numéro 10

2 Interprétation des essais au laboratoire :

Toutes les caractéristiques physiques et chimiques sont insérées dans les tableaux récapitulatifs ci-après :

SONDAGE N°		01	02			
Profondeur m		0.70-10.00	0.30-1.00	1.00-2.00	2.00-6.00	6.00-10.00
DENSITE SECHE γ_d t/m ³		1.53	-	-	-	1.70
TENEUR EN EAU w%		26.28	-	-	-	21.65
DENSITÉ HUMIDE γ_h t/m ³		1.93	-	-	-	2.06
DEGRÉ DE SATURATION SR %		93	-	-	-	99
ANALYSE GRANULOMETRIQUE	2mm	93.6	97.78	-	98.6	86
	0.080mm	79.4	63.89	-	92.2	79
EQUIVALENTE DE SABLE	ES%	-	38	-	-	-
LIMITES D'ATTERBERG	WL%	72	-	-	62	71
	IP%	41	-	-	40	41
Valeur au bleu de méthylène	VB	5.54	-	-	-	6.05
ESSAI DE CISAILLEMENT	C bars	1.085	-	-	-	1.805
	θ degré	21	-	-	-	29
ESSAI ŒDOMÉTRIQUE	P_c Kg/Cm ³	0.515	Sol remanié			0.785
	C_t	0.207				0.340
	C_g	0.089				0.076
	P_g Kg/Cm ²	3.50				-
ANALYSES CHIMIQUES	Insolubles	72.52			55.34	-
	Carbonates	24.37	-	-	14.29	-
	Gypse	Traces	-	-	26.94	-
	SULFATE	Traces	-	-	150238.992	-
	Degré d'agressivité	Nulle	-	-	Très forte	-

Tableau 14: résultat des essais au laboratoire

SONDAGE N°		03		04	
Profondeur m		1.50-5.00	5.00-10.00	0.00-1.50	1.50-5.00
DENSITE SECHE ρ_d t/m ³		1.88	-	-	1.82
TENEUR EN EAU w%		13.93	-	-	16.44
DENSITÉ HUMIDE ρ_h t/m ³		2.13	-	-	2.12
DEGRÉ DE SATURATION SR %		86	-	-	92
ANALYSE GRANULOMETRIQUE	2mm	98.2	70.4	89	86.6
	0.080mm	79.6	64.7	83	76.4
LIMITES D'ATTERBERG	WL%	49	-	-	66
	IP%	34	-	-	42
Valeur au bleu de méthylène	VB	3.81	-	-	6.00
ESSAI ŒDOMÉTRIQUE	P_c Kg/Cm ³	1.435	-	-	1.635
	Ct	0.220	-	-	0.229
	Cg	0.069	-	-	0.071
	P_g bars	6.90	-	-	7.10
ESSAI DE CISAILLEMENT	C Kg/Cm ²	1.757	-	-	3.385
	ϕ degré	16	-	-	14
ANALYSES CHIMIQUES	Insolubles	-	-	-	60.89
	Carbonates	-	-	-	9.24
	Gypse	-	-	-	26.90
	SULFATE	-	-	-	150015.92
	Degré d'agressivité	-	-	-	Très forte

Tableau 15: résultat des essais au laboratoire

SONDAGE N°		04		05			06
Profondeur	m	5.00-6.20	6.20-10.00	1.00-3.10	3.10-4.00	4.00-10.00	0.00-5.10
DENSITE SECHE	γ_d t/m ³	-	-	1.81	-	-	-
TENEUR EN EAU	w%	-	-	17.97	-	-	-
DENSITÉ HUMIDE	γ_h t/m ³	-	-	2.13	-	-	-
DEGRÉ DE SATURATION	SR %	-	-	98	-	-	-
ANALYSE GRANULOMETRIQUE	2mm	68.11	86.4	97.8	-	98	26.22
	0.080mm	62.33	76.2	80.4	-	80.2	13.1
EQUIVALENTE DE SABLE	ES%	-	-	-	-	-	24
LIMITES D'ATTERBERG	WL%	-	-	61	-	-	-
	IP%	-	-	36	-	-	-
Valeur au bleu de méthylène	VB	-	-	3.14	-	-	-
ESSAI OEDOMETRIQUE	Pc Kg/Cm ³	-	-	-	Sol remanié		
	Ct	-	-	-			
	Cg	-	-	-			
	Pg Kg/Cm ²	-	-	5.10			
ESSAI DE CISAILLEMENT	C Kg/Cm ²	-	-	2.395	-	-	-
	Ø degré	-	-	27	-	-	-
ANALYSES CHIMIQUES	Insolubles	-	-	68.63	-	-	-
	Carbonates	-	-	5.88	-	-	-
	Gypse	-	-	22.17	-	-	-
	SULFATE	-	-	123637.656	-	-	-
	Degré d'agressivité	-	-	Très forte	-	-	-

Tableau 16: résultat des essais au laboratoire

SONDAGE N°		06	07		08	09	
Profondeur m		5.10-10.00	0.00-4.20	4.20-10.00	0.60-10.00	0.70-5.00	5.00-6.60
DENSITE SECHE γ_d t/m ³		1.71	-	-	1.75	1.74	-
TENEUR EN EAU w%		20.57	-	-	18.40	15.46	-
DENSITÉ HUMIDE γ_h t/m ³		2.05	-	-	2.07	2.01	-
DEGRÉ DE SATURATION SR %		97	-	-	91	76	-
ANALYSE GRANULOMETRIQUE	2mm	98.2	90	95.6	74.5	92.6	93.1
	0.080mm	91.6	83.4	78.8	55.63	77.6	85.1
LIMITES D'ATTERBERG	WL%	61	-	-	62	-	64
	IP%	40	-	-	38	-	40
Valeur au bleu de méthylène	VB	5.39	-	-	-	-	-
ESSAI DE CISAILLEMENT	C Kg/Cm ²	2.136	-	-	2.619	3.054	-
	ϕ degré	16	-	-	14	23	-
ESSAI ŒDOMÉTRIQUE	Pc Kg/Cm ³	-	-	-	0.375	0.375	-
	Ct	-	-	-	0.186	0.299	-
	Cg	-	-	-	0.073	0.089	-
	Pg Kg/Cm ²	6.00	-	-	6.00	6.10	-
ANALYSES CHIMIQUES	Insolubles	28.14	33.85	-	68.91	61.26	-
	Carbonates	67.23	35.29	-	15.97	23.53	-
	Gypse	Traces	26.61	-	11.97	11.27	-
	SULFATE	Traces	148398.64 8	-	62850.536	62850.536	-
	Degré d'agressivité	Nulle	Très forte	-	Très forte	Très forte	-

Tableau 17: résultat des essais au laboratoire

SONDAGE N°		09	10
Profondeur m		6.60-10.00	0.60-10.00
DENSITE SECHE ρ_d t/m ³		-	1.67
TENEUR EN EAU w%		-	20.80
DENSITÉ HUMIDE ρ_h t/m ³		-	2.01
DEGRÉ DE SATURATION SR %		-	91
ANALYSE GRANULOMETRIQUE	2mm	85.8	96.2
	0.080mm	77.2	81
LIMITES D'ATTERBERG	WL%	69	67
	IP%	44	39
Valeur au bleu de méthylène	VE	6.11	4.26
ESSAI ŒDOMÉTRIQUE	Pc Kg/Cm ³	-	-
	Ct	-	-
	Cg	-	-
	Pg Kg/Cm ²	-	2.30
ESSAI DE CISAILLEMENT	C Kg/Cm ²	-	2.04
	Ø degré	-	11
ANALYSES CHIMIQUES	Insolubles	-	-
	Carbonates	-	-
	Gypse	-	-
	SULFATE	-	-
	Degré d'agressivité	-	-

Tableau 18: résultat des essais au laboratoire

CONCLUSION:

Le terrain réservé pour la construction de 200/1000 Logements programme 2000 LPL Tranche 2011 au niveau de DOUKANE ,TEBESSA ; est de nature géologique du terrain représente une certaine hétérogénéité, cette partie est formée dans l'ensemble par des marnes argileuses verdâtres à brunâtres compactes à feuilletées surmontées par des tufs graveleux à galets (T.V.N) avec des blocs calcaires de 1.00 à 2.00 mètres par endroit (sondages SC1, SC2, SC3, SC4, SC5, SC8, SC9 et SC10) néanmoins les sondages SC6 et SC7 la nature du terrain est représentée par des tufs graveleux à galets (T.V.N) avec des blocs calcaires de 4.20 à 5.10 mètres surmontés sur des marnes argileuses verdâtres à brunâtres.

Ces sols possèdent des bonnes caractéristiques pressiométriques.

Sur la partie des alluvions (Tuf T.V.N à galet) sondages SC6 et SC7, il nous semble judicieux de prévoir des fondations superficielle ancrées à partir de 1.50 mètres de profondeur et travaillant à 2.00 bars, toute en tenant compte de la dénivellation du terrain ainsi les niveaux après terrassements.

Et pour la partie des marnes, Vu le caractère compressible de cette partie voir les valeurs des tassements très élevés (de l'ordre de 28 cm) ; Il nous semble judicieux de prévoir des fondations ancrées à partir de 2.00 mètres de profondeur avec un taux de travail de 2.00 bars, Il appartient au bureau d'étude qui connaissant mieux certains paramètres et notamment les descentes des charges, est mieux apte à proposer le mode de fondation qui convient en ce cas. (Ex : semelle filante ou radier général) tout en prévoyant la création d'un vide sanitaire (sol très gonflant);

N.B : les calculs des tassements d'après les résultats des essais pressiométriques sont de l'ordre de 2.00 cm

D'après la mesure directe de la pression de gonflement à l'odomètre effectuer sur les marnes, ces sols ont une tendance au gonflement moyen à très forte, dont la valeur de la pression de gonflement varie de $P_g = 2.30 \text{ bars}$ $1.50 < P_g < 2.50 \text{ bars}$; gonflement moyen et gonflement très fort $P_g = 5.10 \text{ à } 7.10 \text{ bars}$, $P_g > 5.00 \text{ bars}$).

- La Caractérisation géotechnique du bassin a partir le rapport du L.T.P.E. :

1- Nous prenons en considération les points suivants du rapport du Laboratoire des Travaux Publics de l'Est :

- A- L'indice de plasticité à partir limite d'atterberg.
- B- Valeur au bleu de méthylène.
- C- Coefficient de gonflement *Cg*

les sondages	indice de plasticité %	Valeur de bleu méthylène	coefficient de gonflement
sc01	41	5,54	0, 89
sc02	40	6,05	0, 76
sc03	34	3,81	0, 69
sc04	42	6	0, 71
sc05	0	0	0
sc06	0	3,14	0
sc07	36	0	0, 78
sc08	0	0	0, 89
sc09	44	6,11	0
sc10	39	4,26	0

Tableau 18: résultats des essais

1-1: commentaire de l'indice de plasticité:

L'indice de plasticité est une mesure utilisée en géotechnique pour évaluer la plasticité des sols. Il est généralement défini comme le rapport entre la différence entre la limite liquide (LL) et la limite plastique (LP) d'un sol et la valeur de la limite plastique.

Mathématiquement, l'indice de plasticité (IP) est calculé comme suit :

$IP = (LP - LL) / LP$ Plus l'indice de plasticité est élevé, plus le sol est plastique. Les sols argileux ont tendance à avoir des indices de plasticité plus élevés que les sols sableux ou limoneux. L'indice de plasticité est utilisé pour classer les sols et est également important dans la conception de fondations et d'autres structures géotechniques.

On remarque indice de plasticité qu'il dépasse 30 pour atteindre un maximum de 44 pour cent. Ce ci indique que le sol étudiée est plus flexible et plastique que le sol normal, qui oscille entre 15 et 25 pour cent au maximum.

Une plasticité croissante entraîne un gonflement de l'argile.

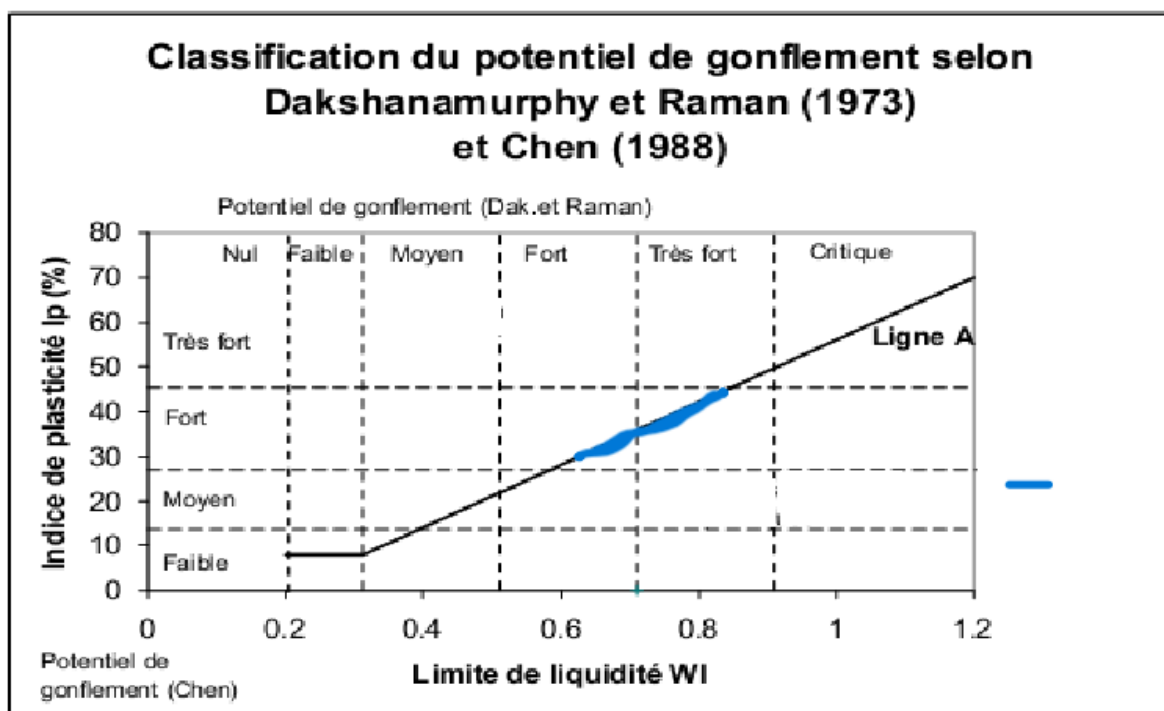


Figure 32: digramme de l'indice de plasticité (linge en bleu représenté IP% des échantillons du bassin)

1-2: commentaire de valeur de bleu méthylène:

L'essai au bleu de méthylène, également appelé « essai au bleu », est un essai utilisé en géotechnique pour déterminer la propreté d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol, et les différents types d'argiles qu'il contient. Le bleu de méthylène est en effet adsorbé préférentiellement par les argiles du type montmorillonites (argiles gonflantes) et les matières organiques. Les autres argiles (Illites et Kaolinites) sont peu sensibles au bleu.

L'essai consiste à mesurer la quantité de colorant (bleu de méthylène) fixée par 100 g de la fraction granulaire analysée

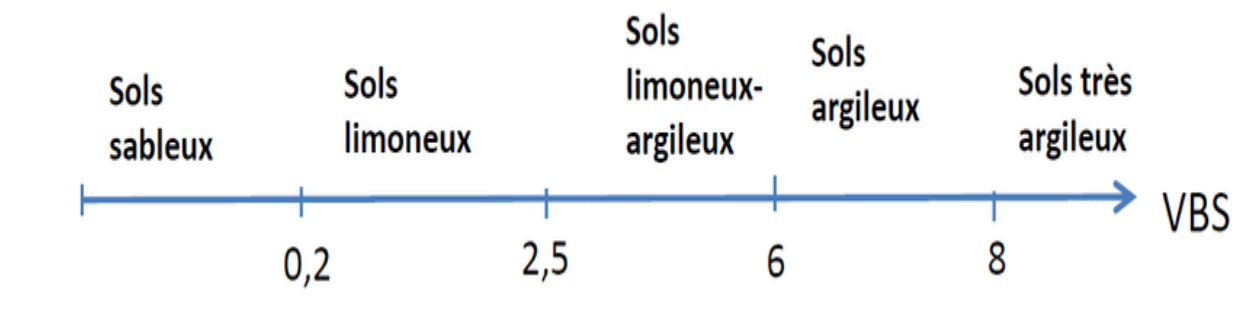


Figure 33: abaque de VBS représenté le type de sols a partir essai de bleu méthylène

A partir l'abaque nous remarques que les sondages numéro 09-02
Ce sont des sols argileux et le reste c'est des limoneux argileux.

1-3: commentaire de coefficient de gonflement :

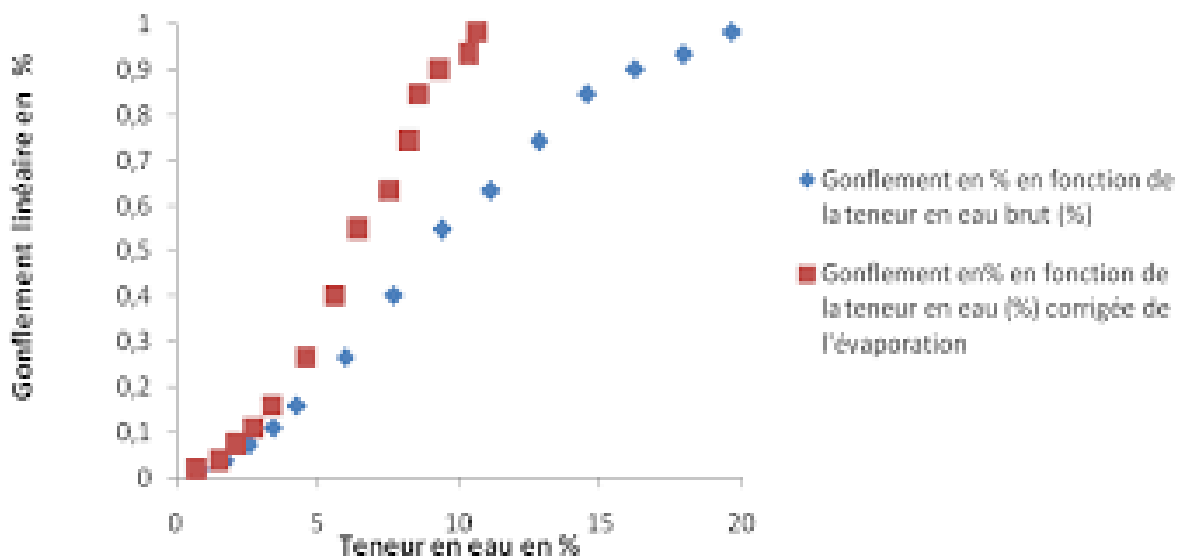


Figure 34: diagramme de coefficient de gonflement en fonction de la teneur en eau

Le coefficient de gonflement des argiles est un paramètre fondamental dans l'évaluation de la stabilité des sols et dans la conception des infrastructures géotechniques. Les argiles, en raison de leur structure cristalline et de leurs propriétés d'hydratation, ont la capacité de subir des changements volumétriques significatifs en réponse aux variations de leur teneur en eau.

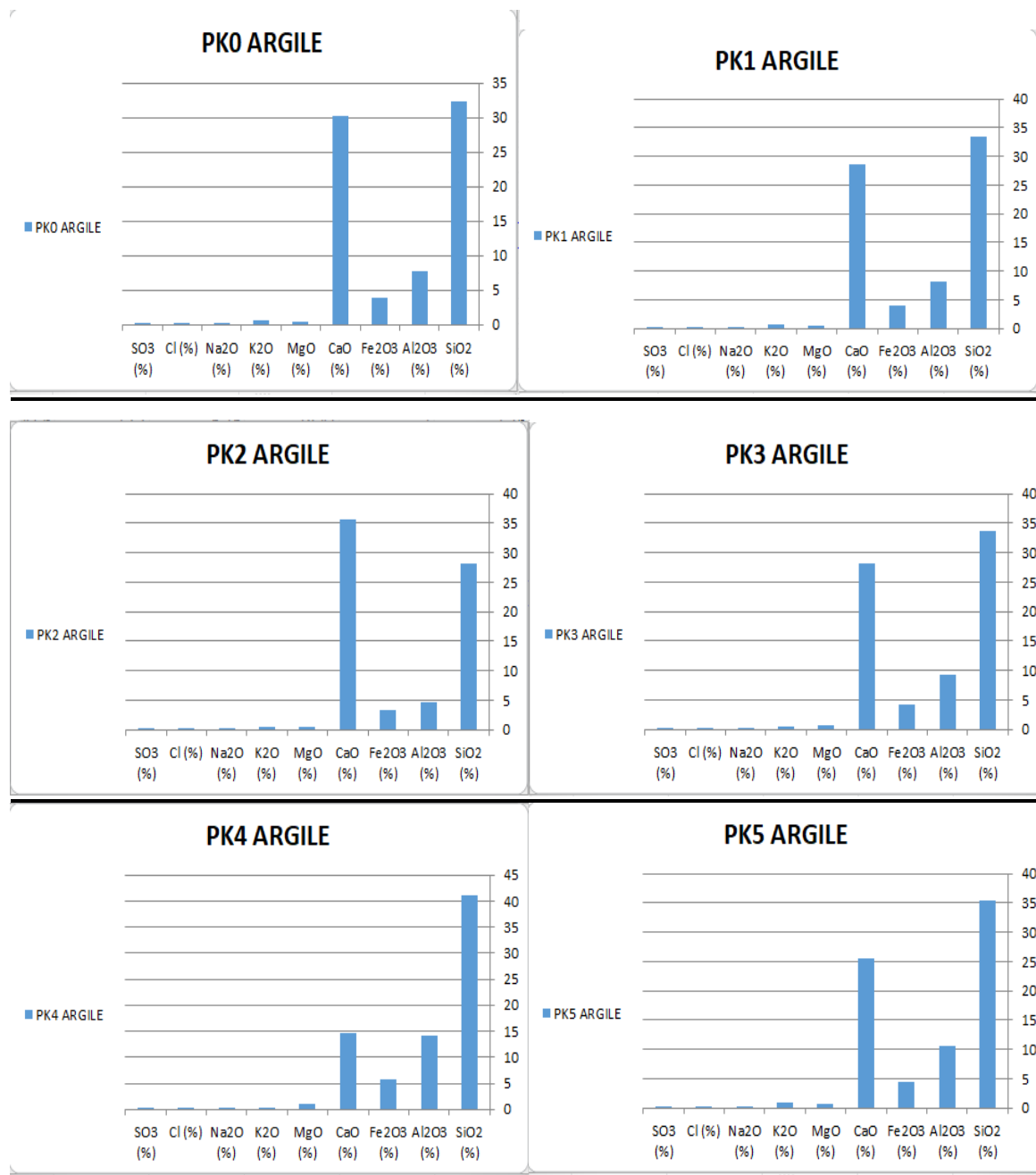
Ce coefficient de gonflement, souvent exprimé sous forme de pourcentage, représente le rapport entre le changement de volume d'une argile lorsqu'elle est saturée en eau et son volume initial à l'état sec. Plus le coefficient de gonflement est élevé, plus l'argile est susceptible de subir des expansions importantes lorsqu'elle est hydratée.

Les variations de volume dues au gonflement des argiles peuvent entraîner des problèmes majeurs dans les projets de construction, tels que des mouvements différentiels, des fissures dans les structures, et des dégradations des infrastructures. Par conséquent, une compréhension précise du coefficient de gonflement est essentielle pour prendre des décisions de conception appropriées et mettre en œuvre des mesures d'ingénierie pour atténuer les risques liés à l'instabilité des sols argileux.

On remarque le coefficient de gonflement entre les valeurs de 0.7 vers 0.9 pour cent avec un teneur d'eau brut a 15 vers 20 pour cent

Alors à partir le diagramme le gonflement très fort donne les sols du la zone du sondage.

-Classification des sols a partir les caractérisations chimique et géotechniques:



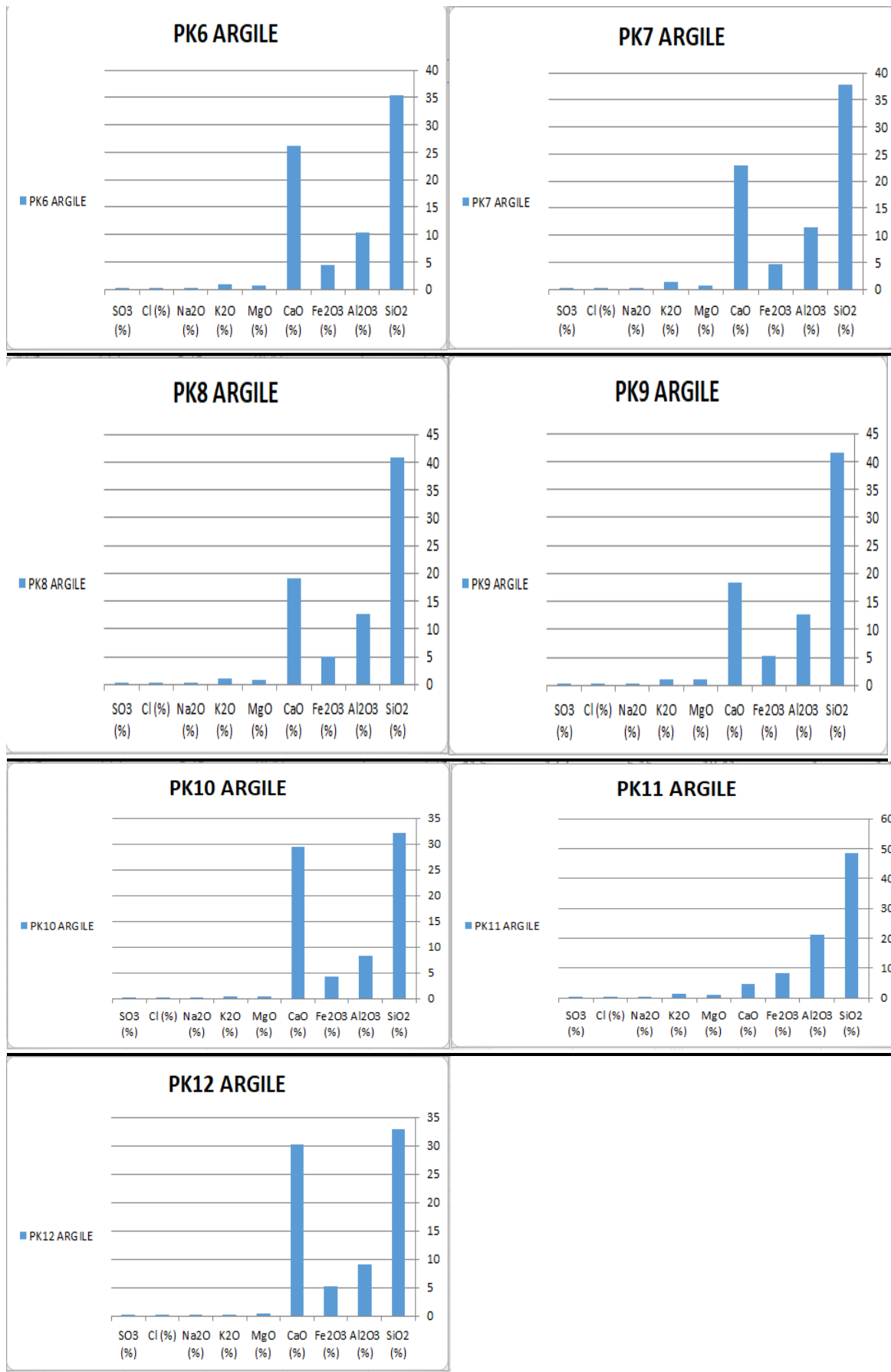


Figure 35 – 47 : histogramme des oxydes dans les échantillons

Nous notons que la majorité des graphiques ont la même forme
Lorsque nous vérifions la teneur en similitudes, nous ne constatons que la majorité de l'échantillon convergent dans l'oxyde de calcium et l'oxyde de Silicium.

Après avoir cherché la nature des échantillons étudiés, nous avons trouvé ce qui suit:

Les marnes sont des roches sédimentaires composées principalement de particules argileuses et de calcite (carbonate de calcium). La composition chimique des marnes peut varier en fonction de leur origine géologique et de leur formation. Cependant, on peut généralement s'attendre à des pourcentages approximatifs d'oxydes courants dans les marnes :

Dioxyde de silicium (SiO_2) : Environ 40-70%

Oxyde de calcium (CaO) : Environ 10-30%

Oxyde d'aluminium (Al_2O_3) : Environ 5-15%

Oxyde de fer (Fe_2O_3) : Environ 1-10%

Oxyde de magnésium (MgO) : Environ 1-5%

Oxyde de sodium (Na_2O) et oxyde de potassium (K_2O) : Environ 1-5%

Par conséquent, lorsque nous comparons les résultats avec les pourcentages des oxydes dans les marnes.

Nous trouvons que: les échantillons-PK0-PK1-PK2-PK3-PK4-PK5-PK6-PK7-PK8-PK9-PK10-PK12 ce sont **des marnes**.

Un seul échantillon reste-PK11- le pourcentage d'oxyde de calcium moins de 5%.

Et après la recherche, j'ai trouvée :

Les marnes argileuses sont des roches sédimentaires composées principalement d'argile et de calcite (carbonate de calcium). Leur composition chimique peut varier en fonction de leur origine géographique et des conditions de formation, mais voici une estimation générale des pourcentages d'oxydes dans les marnes argileuses :

Dioxyde de silicium (SiO_2) : Environ 40-70%

Oxyde de calcium (CaO) : Environ 5-30%

Oxyde d'aluminium (Al_2O_3) : Environ 10-20%

Oxyde de fer (Fe_2O_3) : Environ 1-10%

Oxyde de magnésium (MgO) : Environ 1-5%

Oxyde de sodium (Na_2O) : Environ 1-5%

Oxyde de potassium (K_2O) : Environ 0,1-1%

Et après la comparaison avec l'échantillon PK11 nous trouves que cette échantillon c'est des marnes argileux.

-la codification des argiles gonflantes

CRITERE LITHOLOGIQUE

1.1. Définition du critère lithologique et barème

Ce premier critère, de nature essentiellement qualitative, est utilisé pour caractériser la Lithologie des matériaux dominants dans la formation. Il permet de distinguer les terrains essentiellement argileux, de ceux où l'argile est minoritaire. Ce critère intègre

donc l'hétérogénéité des formations, qui est très forte pour bon nombre de formations

du Tarn, tout particulièrement pour les molasses qui sont constituées de plusieurs séquences de matériaux lithologiquement très différents (sables et grès, argiles et calcaires), sans que les documents cartographiques actuellement disponibles ne permettent de distinguer ces différents termes. L'épaisseur de la formation entre également en ligne de compte, puisque les formations argileuses peu épaisses présentent un potentiel de retrait ou de gonflement moindre que les formations puissantes.

Par convention, la note maximale est attribuée à une argile ou une marne épaisse et continue et la note minimale à une formation hétérogène, présentant des termes argileux non prédominants et discontinus, par exemple sous forme de poches ou de lentilles. Cette caractérisation lithologique des formations est établie à dire d'expert par le géologue régional.

Le barème utilisé pour distinguer les différentes classes lithologiques est le suivant :

Type de formation	Susceptibilité	Note lithologique
Formation non argileuse mais contenant localement des passées ou des poches argileuses (ex : alluvions avec lentilles argileuses, calcaire avec poches karstiques, ...)	faible	1
Formation présentant un terme argileux non prédominant de type calcaire argileux ou sable argileux	moyenne	2
Formation à dominante argileuse , présentant un terme ou une passée non argileuse (ex : alternance marno-calcaire ou sablo-argileuse) ou très mince (moins de 3 m)	forte	3
Formation essentiellement argileuse ou marneuse , d'épaisseur supérieure à 3 m et continue	très forte	4

Tableau 19: Barème des différentes classes lithologiques

A partir ce tableau le type de formation de sol du bassin de Tébessa c'est "formation essentiellement argileuse ou marneuse"

La susceptibilité c'est "Très forte"

La note lithologique de sol du bassin de Tébessa c'est "4"

Conclusion:

En conclusion, cette étude a permis d'approfondir notre compréhension des sols gonflants présents dans le bassin de Tébessa, en Algérie. Malgré l'absence de l'analyse minéralogique approfondie, nous avons pu identifier indirectement les principaux minéraux responsables du gonflement, notamment les argiles gonflantes par des statistiques de teneur en oxydes.

Ces résultats confirment l'importance de prendre en compte la composition minéralogique des sols dans l'évaluation de leur comportement géotechnique.

En examinant les propriétés géotechniques des sols gonflants, nous avons observé une plasticité élevée, une compressibilité significative et une faible résistance à la compression non confinée. Ces caractéristiques soulignent les défis rencontrés lors de la conception et de la construction d'infrastructures dans la région du bassin de Tébessa, tout en mettant en évidence l'importance d'adopter des techniques de stabilisation appropriées.

Les recommandations pratiques découlant de cette étude suggèrent l'utilisation de méthodes de traitement telles que le mélange de sols, la précontrainte, ou l'ajout d'agents stabilisants pour améliorer la performance géotechnique des sols gonflants. De plus, une surveillance continue des ouvrages construits dans la région est essentielle pour détecter et corriger les éventuels problèmes géotechniques.

Enfin, cette recherche souligne l'importance de mener des études géotechniques approfondies dans les régions affectées par des sols gonflants, en particulier dans des contextes géologiques complexes comme celui du bassin de Tébessa. En combinant une analyse minéralogique détaillée avec des essais géotechniques approfondis, il est possible de mieux comprendre et de mieux gérer les défis posés par ces sols spécifiques, contribuant ainsi à la durabilité et à la stabilité des infrastructures dans la région.

En conclusion, cette étude apporte une contribution significative à la connaissance des sols gonflants du bassin de Tébessa et fournit des recommandations pratiques pour leur gestion dans le cadre de projets d'ingénierie géotechnique. Il reste encore beaucoup à apprendre sur ces sols complexes, mais cette étude constitue une première étape importante vers une meilleure compréhension et une meilleure gestion des risques géotechniques dans la région.