

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES
RENOUVEALABLES ET DES SCIENCES DE LA TERRE
ET DE L'UNIVERS
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



MEMOIRE DE MASTER Académique
DOMANIE : Sciences De La Terre Et De L'univers
FILIERE : Géologie
SPECIALITE : Géologie des bassins sédimentaires

THEME

***Sédimentologique et géochimique de carrière de gypse
de Touggourt***

Présenté par : MEZZAR AIMEN

Devant le jury :

Président : NABILA HAMMAD	Univ. Ouargla
Promoteur : GUERRA DIHOCINE	Univ. Ouargla
Examineur : BENKHEDDA ABDELHAKIM Univ.Ouargla	

Année Universitaire : 2023/2024

الملخص

يقع منجم الجبس بولاية تقرت طريق مسعد 5k يمتاز برواسب مهمة للغاية من الجبس يرتبط حجم هذه الرواسل بسمكها الممكن والذي يمتاز بمناخ حار الذي ساهمة في تشكيل الرسوبيات التبخرية وتشكلت هذه الرواسب في العصر الحالي بينت النتائج التي قومنا بها علي نوعين من الجبس علي وجود معدن الجبس ومعادن كربونات (الدولوميت، الكالسيت) والكوارتز. وقد اثبتت الدراسات التي قومنا بها بتواجد مادة الجبس بنوعية جيدة وسهلة الاستخراج. ترتبط مختلف الشحنات المشكلة لهذه المنجم بتغير مستويات المياه التي تتحكم في ترسب هذه المنطقة في العصر الحالي. الكلمات المفتاحية: تقرت، رسوبيات،الجبس،الكوارتز،العصر الحالي.

Résumé :

La mine de gypse située dans la wilaya de Touggourt sur la route de Messaad à 5 km est caractérisée par des dépôts très importants de gypse. L'épaisseur de ces dépôts, influencée par les conditions d'un climat chaud, a favorisé la formation de sédiments évaporitiques. Ces dépôts se sont formés à l'époque actuelle.

Les résultats de nos études ont révélé deux types de gypse, ainsi que la présence de minéraux de gypse, de carbonates (dolomite, calcite) et de quartz. Nos études ont également confirmé la présence de gypse de bonne qualité, facilement extractible.

Les différentes couches de cette mine sont influencées par les variations des niveaux d'eau, qui contrôlent les dépôts de cette région à l'époque actuelle.

Mots-clés : Touggourt, sédiments, gypse, quartz, époque actuelle.

Summary:

The gypsum mine located in the Touggourt province on the Messaad 5km away , is characterized by very significant gypsum deposits. The thicknees of these deposite , influenced by hot climate conditions ,has favored the formation of evaporitic sediments .these deposits formed in the current era.

The results of our studies revealed two types of gypsum, as well as the presence of gypsum minerals, carbonates (dolomite, calcite) and quartz.our studies also confirmed the presence of good quality,easily extractable gypsum.

The fifferent layers of this mine are influenced by variations in water levels, which control the deposits in this region in the current era.

Keywords: Touggourt,sediments,gypsum,quartz,current era.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, il est de mon devoir d'exprimer ici ma sincère appréciation et ma gratitude à tous ceux qui m'ont aidé et ont accepté d'arbitrer ce travail : Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu Tout-Puissant qui m'a accordé ce travail. La force d'accomplir cet humble travail

A la fin des travaux présentés dans le cadre

Mémoire de fin d'études : Master 2. option Géologie Je souhaite exprimer mon avis

Sincères remerciements aux modérateurs de Guerradi

Hussein. Madame Nabila Hammad et M. Benkhada Abdel Hakim

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont participé à sa création

Cet humble travail j'espère être à la hauteur et je souhaite bonne chance aux amis de la même promotion. Et tous mes professeurs, sans exception.... Merci beaucoup.

J'adresse mes sincères remerciements à tous nos camarades du Professeur 2
Géologie du bassin sédimentaire de l'Université Kasdi Merbah 2023-2024.



DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents, qui sont à l'origine de tous mes engagements, pour leur soutien dont j'ai bénéficié et pour tout ce qu'ils ont attendu jusqu'à ce jour. Ils m'ont soutenu dans toutes les circonstances, aussi bien difficiles que faciles, avec leurs conseils pertinents, leur encouragement, et leurs prières jour et nuit.

À mes frères et sœurs, âmes sœurs.

À toute la famille Mezzar.

À ma collègue Bousmahe chaima, qui m'a apporté son aide et ses remerciements.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



INTRODUCTION GENERALE	11
------------------------------------	-----------

CHAPITRE II : CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

I.1 Introduction	13
I.2 Situation géographique	13
I. 3 Géologie régional	14
I.4 Géologie local.....	15
I.5 Description Stratigraphique	17
I.6 Origine des Sédiments dans la Région de Touggourt.....	18
I.7 Milieu de dépôt	21
I.9 Principaux types de roches sédimentaire	22
I.10 Formation des sols gypseaux	23
I.11 Conclusion	24

CHAPITRE II : GENERALITE DE GYPSUM

II.1 Introduction	26
II.2 Le gypse	26
II.2.1 Le gypse naturel	26
II.2.2 Le gypse Synthèse	26
II.2.3 Caractérisation de gypse.....	27
II.2.4 Définition de semi-hydrates	29
II.3 Propriétés chimiques et physiques de plâtre semi hydrate	30
II.3.1 Les semi-hydrates α	31
II.3.2 Les semi-hydrates β	31
II.4 Principales propriétés du plâtre	32
II.4.1 Isolation thermique et régulation de l'hygrométrie	32
II.6.3 Isolement acoustique	33
II.6.4 Résistance au feu	33

CHAPITRE 03: ETUDE Sédimentologie et minéralogie

III.1 Introduction.....	40
III.2 Echantillonnage	40
III.2.1 Préparation des échantillon.....	40
III.2.2-Analyse granulométrique.....	41
III.1.3. Analyse sédimentométrique.....	48
III.3 Analyse minéralogique.....	55
Conclusion Generale	64
BIBLIOGRAPHIQUE ANNEXE.....	66

LISTE DES FIGURES

- Figure.01 : Situation géographique de la région TouggourtANRH (Géologie et morphologie de Touggourt ; Les nappes CI, CT de OuadRigh)200314
- Figure 2 : Carte géologique du Sahara orientaleGHENDIR lahcen, En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie ,Option : Hydrogéologie 2015/201615
- Figure 3 : carte géologique de la région de Touggourt, extrait de la carte géologique del'Algérie.16
- Figure 04: Colonne litho-stratigraphique synthétique de la région de Touggourt (thèse de chaib warda 2016).....17
- Figure I.05: Origine des roches sédimentaires.....18
- Figure I.06: Principaux milieux de dépôt.....22
- Figure I.06 : Image représente des roches sédimentaires. (Gisement de Dzioua Touggourt).....23
- Figure II.1: Différents systèmes de cristallisation de gypse.....27
- Figure II.2: Morphologie du cristal de gypse.....28
- Figure II.3: Structure cristalline du gypse.....29
- Figure II.4 : Photo prise au MEB de forme d'hémi hydrate β (5 μ m).....30
- Figure II.5: schéma de la déshydratation.....31
- Figure III.1: Pierres cristallisé relevé au gisement de la région de Touggourt.....40
- Figure III.2 montrer les différents types de gypse dans le gisement étudié.....41
- FigureIII.3 Les tamis et la tamiseuse utilisés dans l'essai.....42
- Figure III.4 indique le procédures d'essai sur Tamiseuse.....43
- Figure III.5 : Courbe granulométrique représentant la variation des tamisas cumulés (%), en fonction de l'ouverture des tamis (mm), Echantillon 1.....44
- Figure III.6: Courbe granulométrique représentant la variation des tamisas cumulés (%), en fonction de l'ouverture des tamis (mm), Echantillon 2.....45
- Figure III.7 : Représente le chemin de la teneur en eau du passage de l'état solide vers l'état liquide.46
- Figure III.8 classification du sol à l'aide d'un abaque casagrande.....47
- Figure III.9 Appareillage de l'essai de sédimentation.....48
- Figure III.10 Equipements utilisés dans l'essai de bleu de méthylène.....50
- Fig .III11: photo montrant le diffractogramme utilisé (Laboratoire de géologie de Sahara université Ouargla).....55
- Figure III.12 Diffractogramme de rayons x de échantillon 1.....57

- Figure III.13 Diffractogramme de rayons x de échantillon 2.....58
- Figure III.14schéma de le mode opératoire normatif pour analyse de dosage de chlorure.....59
- Figure III.15schéma de le mode opératoire normatif pour analyse de dosage de sulfates....59
- Figure III.16schéma de le mode opératoire normatif pour analyse de dosage de Carbonates.....61

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau II.1: caractéristiques techniques des semi-hydrates α et β32
- Tableau III.1 Résultats des analyses granulométriques de l'échantillon '1', Selon la méthode par tamisage à sec après levage NF P 94-056 Mars 1996.....43
- Tableau III.2 Résultats des analyses granulométriques de l'échantillon '2', Selon la méthode par tamisage à sec après levage NF P 94-056 Mars 1996.....44
- Tableau III.3: récapitulatif des limite d'atterberg.....47
- Tableau III.4 Les résultats des analyses sédimentométrique des échantillons étudiés.....49
- Tableau III.5 Procédure de l'essai et leur résultats pour l'échantillon 01.....51
- Tableau III.6 Procédure de l'essai et leur résultats pour l'échantillon 01.....52
- Tableau III.7 Valeurs de VBS en fonction de la sensibilité à l'eau.....54
- Tableau III.8 : Résultats des essais de la masse volumique apparente de l'échantillon 1.....59
- Tableau III.9: Résultats des essais de la masse volumique absolu de l'échantillon 1.....59
- Tableau III.10 : Résultats des essais de la masse volumique apparente de l'échantillon 2.....60
- Tableau III.11: Résultats des essais de la masse volumique absolu de l'échantillon 2.....60
- TableauIII.12 Présent Récapitules analyses chimique sommaire sur laboratoire des travaux publicsdu sud.61

Introduction Général

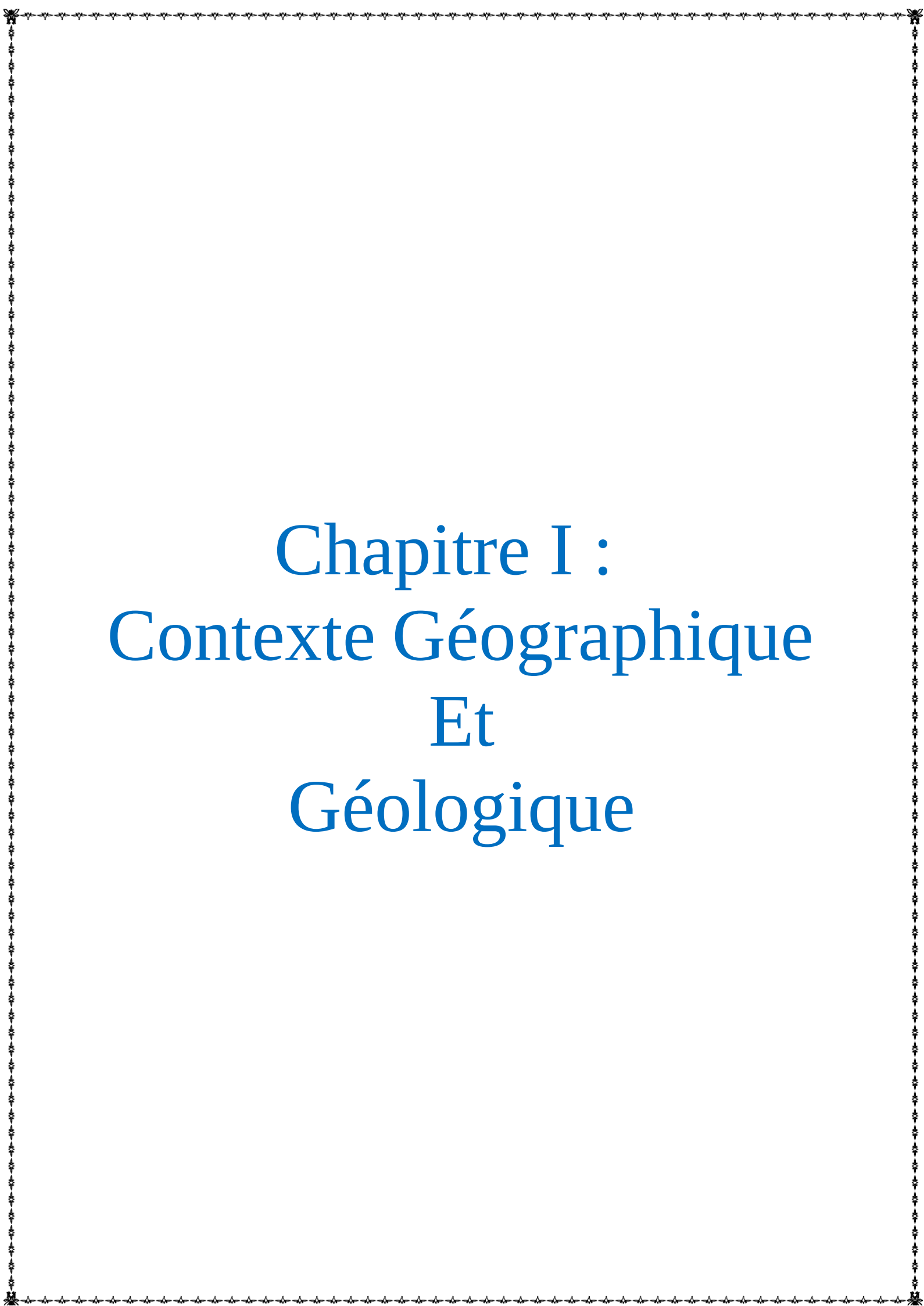
INTRODUCTION

Introduction générale

Les phénomènes d'érosion et de sédimentation, influencés par l'eau, le vent, la glace et les vagues, façonnent les paysages géologiques. Les agents principaux de l'érosion sont la pluie, les écoulements et le vent, tandis que les vagues, le gel et les glaciers ont un effet localisé mais significatif. Les catastrophes naturelles comme les tremblements de terre et les éruptions volcaniques peuvent modifier brutalement le paysage. L'érosion hydrique commence avec l'impact des gouttes de pluie, entraînant des particules minérales qui se déplacent et se déposent au fil du temps, jouant un rôle clé dans l'évolution du paysage. Les fleuves transportent l'eau et les sédiments, contribuant au cycle sédimentologique. En Algérie, les sols gypseux, fréquents dans les régions arides et sahariennes, résultent de l'évapotranspiration et affectent la fertilité des sols. Les archives sédimentaires offrent des informations sur les climats anciens. Cette étude, réalisée en collaboration avec SARL TEDJINI, vise à comprendre la qualité et la formation des sédiments à travers des analyses sédimentologiques et physico-chimiques. Cette étude est basée sur le comportement en point de vue sédimentologie et suivie par un apereçu géochimique pour arriver à notre périmètre sur les moyens et les conditions de formation des sédiments. Pour atteindre cet objectif, le travail est structuré en trois parties principales

:

- La première partie - Contexte général : de région d'étude (situation géographique, étude géologique, Sédimentologie).
- La deuxième partie Etude de cas : est éclairer sur intervient sur collecté Les informations et les analyses physicochimique de gisement de gypse.
- La troisième partie : ETUDE Sédimentologie Et minéralogie.
- A la fin une conclusion générale synthétise les résultats de cette étude.



Chapitre I : Contexte Géographique Et Géologique

Chapitre I : Contexte Géographique et Géologique

I.1 Introduction

La vallée de Touggourt, située sur le plateau de l'Oued Righ dans le sud-est de l'Algérie, est une région d'intérêt sédimentologique en raison de ses caractéristiques géologiques et de ses formations sédimentaires déposés par l'eau, le vent, la glace qui proviennent de l'usure des continents, c'est à dire de la destruction de roches ou d'être vivants. La destruction se fait par des mécanismes physiques produisant la fragmentation des matériaux et des réactions chimiques donnant des solutions de lessivage (altération chimique). Les éléments solides sont déplacés sous l'effet de la gravité, souvent par l'intermédiaire d'un fluide transporteur (eau, glace), et sous l'effet des variations de pression atmosphérique qui produisent les vents. Les éléments en solution sont transportés par l'eau. Voici une revue bibliographique sur la sédimentologie de région TOUGGOURT.

I – 2 – Situation géographique :

La région étudiée, nommée Touggourt, a récemment été élevée au statut de Wilaya suite à une réorganisation administrative. Elle correspond à la commune chef-lieu de cette Wilaya et se trouve à environ 638 km au sud de la capitale Alger, située sur la côte méditerranéenne.

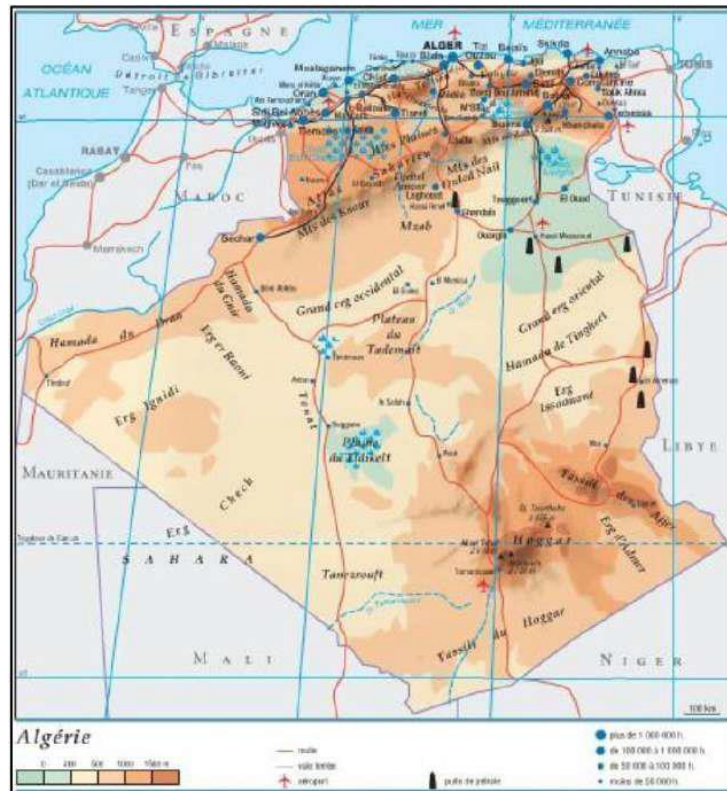


Figure.01 : Situation géographique de la région Touggourt ANRH (Géologie et morphologie de Touggourt ; Les nappes CI, CT de Ouad Righ) 2003.

Chapitre I : Contexte Géographique et Géologique

II.3 Géologie régionale:

La région de Touggourt, située dans le Bas Sahara, se trouve entre plusieurs formations géographiques importantes : au nord, l'accident sud-atlasique et les premiers contreforts des monts des Aurès ; au sud, la falaise méridionale du Tihert ; à l'est, les affleurements crétacés du Dahar ; et à l'ouest, la dorsale du Mزاب. Cette zone se caractérise par une topographie généralement plate, avec des reliefs modérés le long de ses bordures, à l'exception des monts des Ouled Naïl, des Aurès et des Nemamcha au nord, qui délimitent une dépression longitudinale occupée par des chotts. Cette dépression est traversée par les oueds Mya et Righ et couvre une superficie de 720 000 km².

Le Bas Sahara est une cuvette synclinale où les terrains, allant du Cambrien au Tertiaire, sont largement cachés sous le grand erg oriental. Cependant, des affleurements sont visibles le long de ses bordures. On distingue trois ensembles principaux : au sud, les terrains paléozoïques entre les plateaux du Tademaït et du Tihert et le massif du Hoggar ; au centre, les terrains du Mésozoïque et du Cénozoïque qui dominent les affleurements des bordures ; et enfin, les dépôts continentaux de la fin du Tertiaire et du Quaternaire qui occupent le cœur de la cuvette. Les affleurements crétacés sont également importants, notamment dans l'Est de l'Algérie, formant une série continentale composée principalement de couches gréseuses et argileuses.

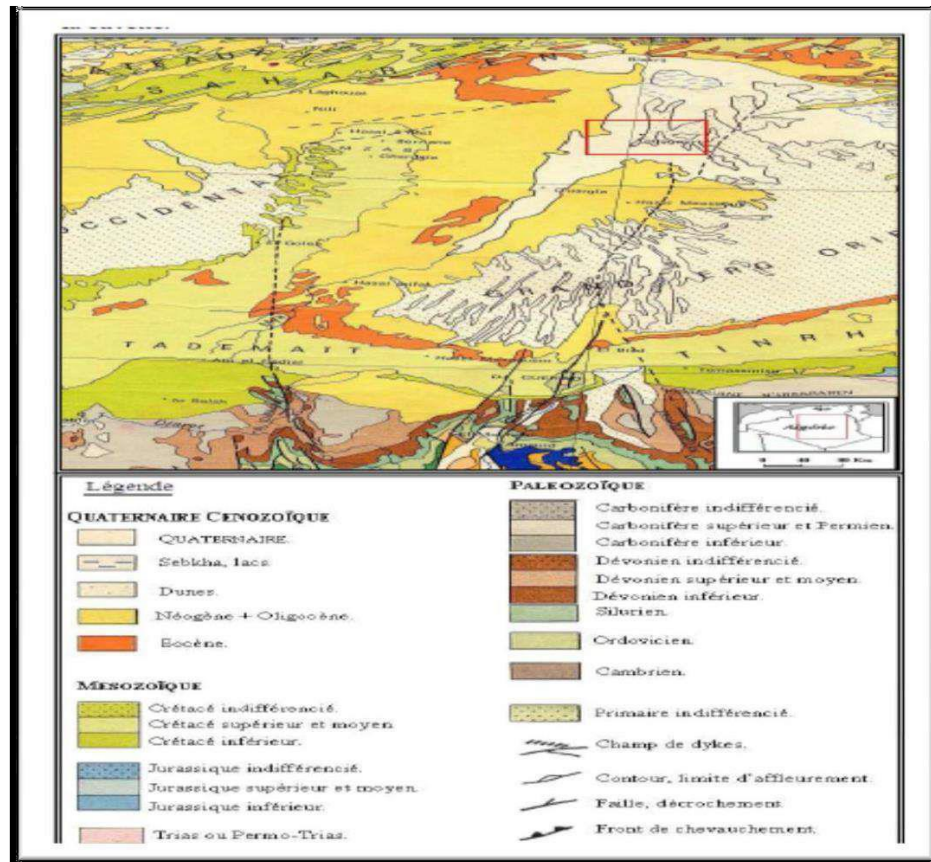


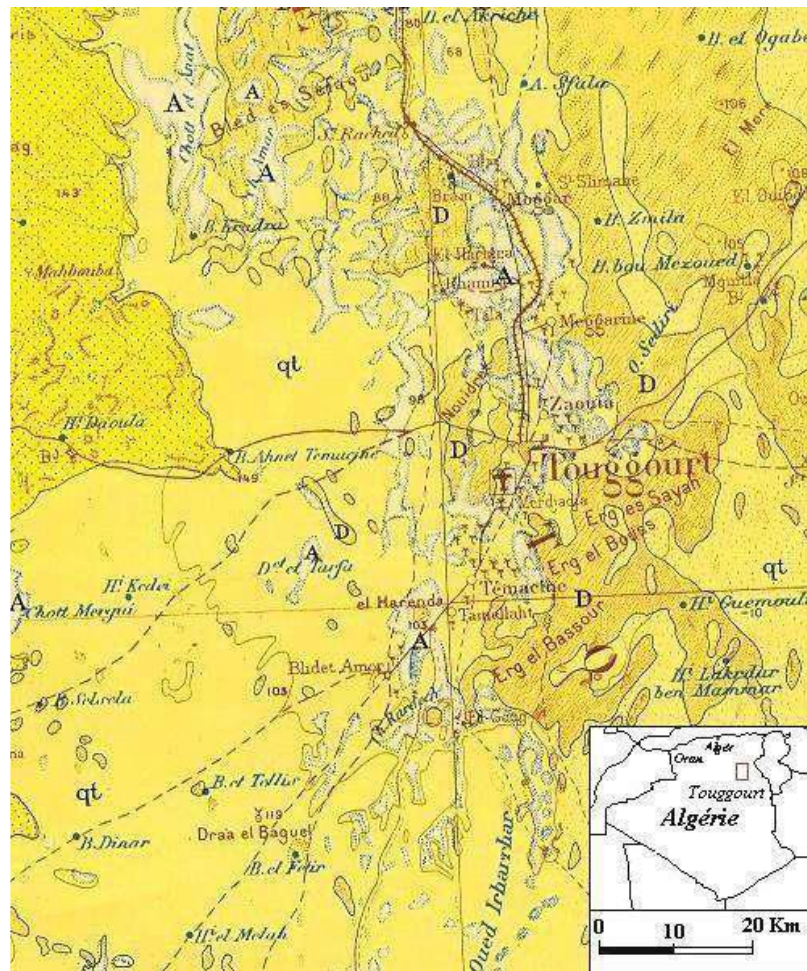
Figure 2 : Carte géologique du Sahara oriental, En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie ,Option : Hydrogéologie 2015/2016 .

II.4.Géologie locale:

La carte géologique de Touggourt met en évidence plusieurs affleurements géologiques importants. On observe notamment les dunes récentes à Meggarine, Sidi Slimane et erg es Sayah, qui représentent les formations quaternaires. On trouve également des dépôts quaternaires continentaux à Merdjadja, ainsi que des alluvions actuelles à Temacine et Zaouïa.

Les recherches menées par divers auteurs tels que J. SAVORIN (1931), R. KARPOFF (1952), A. CORNET (1961) et R. FURON (1968) ont permis de reconstruire une série stratigraphique aussi complète que possible, décrivant les formations géologiques de la région de la plus ancienne à la plus récente.

Chapitre I : Contexte Géographique et Géologique



Légende :

A	Alluvions actuelles, lacs, marécages, Dayas, chotts, sebkhas, limons et croûtes gypso-Salines.	p	Pliocène marin	Conglomérats, marnes bleues, mollasses, grès et formations dunaires subordonnées
D	Dunes récentes.	mp	Pontien (localement équivalent du mc)	
qt	Quaternaire continental : alluvions, regs, terrasses.	ms	Miocène terminal marin et lagunaire : couche à tripoli, marnes à gypse.	
qm	Quaternaire marin : plages anciennes et formations dunaires consolidées qui les accompagnent.	mm	Miocène supérieure marin : calcaire, grès ; argiles	
qC	Calabrien : grès marins formations dunaires associées.	mc	Miocène continental anté Pontien	
qV	Villafranchien : calcaires lacustres, argiles à lignite, couches rouges.	mi	Miocène inférieur marin (burdigalien)	
pV	Pliocène continental et Villafranchien non séparés.			
pc	Pliocène continental poudingues, calcaires lacustres.			

Figure 3 : carte géologique de la région de Touggourt, extrait de la carte géologique del'Algérie.

Chapitre I : Contexte Géographique et Géologique

I.5. Description Stratigraphique :

Les formations géologiques de la zone étudiée, classées du plus ancien au plus récent, sont les suivantes

:

Secondaire :

- **Albien** : Série très épaisse composée d'une alternance de couches gréseuses et d'argiles schisteuses.
- **Vraconien** : Alternance irrégulière de niveaux argileux et dolomitiques, d'argiles sableuses et de rares passées de grès à ciment calcaire.
- **Cénomanién** : Épaisseur considérable diminuant vers le Nord, composé de dépôts lagunaires marneux avec des couches d'anhydrite et parfois de sel.
- **Turonien** : Dépôt marin calcaro-marneux, d'épaisseur constante.
- **Sénonien** : Calcaire blanc avec alternance de calcaire marneux et de gypse, se divisant en Sénonien lagunaire à la base et Sénonien carbonaté au-dessus.

• Tertiaire :

• Éocène :

- **Éocène carbonaté inférieur** : Difficile à distinguer du Sénonien, avec prédominance de calcaires et rareté des évaporites. Formation de 100 à 500 m d'épaisseur.
- **Éocène moyen évaporitique** : Alternance de calcaire, d'anhydrite et de marnes, atteignant une centaine de mètres sous les Chotts.

• Miopliocène :

- **Niveau 01** : Argileux, peu épais, constituant une barrière peu perméable.
- **Niveau 02** : Grés-sableux, principal horizon aquifère, atteignant 400 m d'épaisseur.
- **Niveau 03** : Formation argilo-sableuse, épaisse et constante dans la région des Chotts.
- **Niveau 04** : Deuxième niveau sableux, parfois en continuité avec le niveau 02, atteignant environ 300 m d'épaisseur.
- **Quaternaire** : Essentiellement sableux avec des couches d'argile et d'évaporites semi-perméables à la base. Cette formation alimente la nappe phréatique principalement par infiltration des eaux des oueds et percolation des eaux d'irrigation en excès.

Chapitre I : Contexte Géographique et Géologique

ERE	ETAGES	PROFONDEUR	CHRONO STRATIGRAPHIE	LITHOLOGIE
QUATERNAIRE		10 m	SABLE	
			ARGILE	
			ÉVAPORITE	
CÉNOZOÏQUE	MIO-PLIOCÈNE	317m	SABLE	
			ARGILE	
			GRES	
	ÉOCÈNE	402m	ARGILE	
			CALCAIRE DOLOMITIQUE	
			MARNE	
MÉSOZOÏQUE (CRÉTACÉ)	LE SÉNONIEN		CALCAIRE	
	CARBONATÉ	1054m	MARNE	
			CALCAIRE	
	LE SÉNONIEN LAGUNAIRE		ANHYDRITE	
			SEL MASSIF	
		1467m	MARNE	
			ARGILE	
	TURONIEN	1513m	CALCAIRE	
	CÉNOMANIEN	1749m	GYPSE	
			ANHYDRITE	
			DOLOMIE	
			MARNE	
	VARCONIEN	1839m	CALCAIRE	
			ARGILE	
	ALBIEN	2041m	GRES	
			ARGILE	
			GRES	
			ARGILE	
	APTIEN	2087m	CALCAIRE	
	BARRÉMIEN	2230m	ARGILE	
			SABLE	
			ARGILE	
			SABLE	

Figure 04: Colonne litho-stratigraphique synthétique de la région de Touggourt
(thèse de chaib warda 2016)

Chapitre I : Contexte Géographique et Géologique

I.6 TECTONIQUE :

Après le dépôt des formations marines du Primaire, le Sahara subit des mouvements tectoniques hercyniens verticaux et horizontaux, puis de nouveaux mouvements post triasique. L'orogénèse atlasique est à l'origine de l'apparition des déformations à grand rayon, les calcaires du M'Zab sont transformées en dorsale, ceux de Tadmait en cuvette, au Sud l'axe d'Amguid -el-Biod s'effondré pour faire place à un axe synclinal méridien qui se poursuit jusqu'à l'Aurès (**BEL et DEMARGNE., 1966**). Et enfin la phase Plio-Quaternaire dont les mouvements s'insèrent avec le précédents dans laphase Alpine, d'où l'apparition des cassures de direction Est Ouest accentuant la surrection dumassif des Aurès et l'affaissement de la partie Sud "Sillon sud Aurèsien" .Ces fractures régissent directement l'écoulement des eaux souterraines d'où la formation des Chotts tels queChott Melghir et Chott Merouane ou se déverse l'oued Righ. [6]

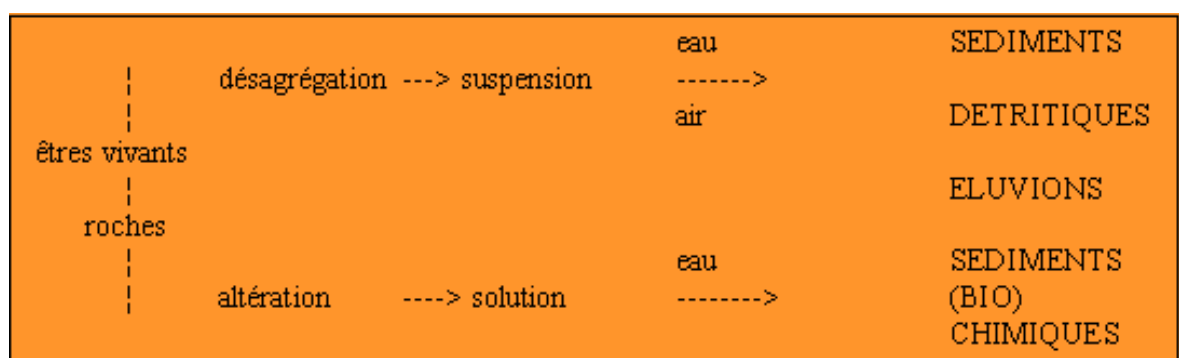
I.6.1 Néotectonique :

Le Quaternaire est, du point de vue tectonique, caractérisé par des oscillations du niveau de base, celui des grands chotts, par rapport aux cours d'eau établis à la fin du Pliocène. Une hypothèse récentedistingue trois phases dans 1'évolution du relief du Bas-Sahara pendant le Quaternaire.

Effondrement brusque du centre de la cuvette (la région actuelle des chotts). Les cours d'eau venant de l'Ouest et surtout du Sud entaillent de profondes et larges vallées dans la couverturemio-pliocène de la périphérie. L'Oued Righ et l'Oued Igharghar formaient probablement alors un seul grand oued avec l'oued Mya comme affluent. Les sondages de l'Oued Righ ont révélé que les zones aquifères sont souvent forméesde graviers provenant de la désagrégation de roches primaires dont les affleurements sont situés fort loin vers le Sud. [7]

I.7 Origine des Sédiments dans la Région de Touggourt

La région de Touggourt, située dans le Sahara algérien, présente une diversité sédimentologique résultant de différents processus de dépôt et d'environnements géologiques au cours des temps géologiques. Voici un aperçu des principales origines des sédiments dans cette région :



Chapitre I : Contexte Géographique et Géologique

Figure 05: Origine des roches sédimentaires.

I.7.1 Origine Fluvile

- Rivières et Cours d'Eau Temporaires :
 - **Description** : Les sédiments d'origine fluviale sont déposés par les rivières et les cours d'eau intermittents qui traversent la région.
 - **Composition** : Principalement des grès, des conglomérats, et des argiles. Les grès fluviaux sont souvent bien classés et montrent des structures sédimentaires telles que des stratifications croisées.
 - **Environnements** : Les dépôts fluviaux se trouvent dans les plaines alluviales, les chenaux de rivières et les deltas fluviaux.

I.7.2 Origine Éolienne

- Dépôts de Dunes :
 - **Description** : Les vents sahariens forts transportent et déposent des sables éoliens, formant des dunes et des couvertures sableuses étendues.
 - **Composition** : Sables fins à moyens, souvent bien triés et arrondis, riches en quartz.
 - **Environnements** : Les formations éoliennes dominent les paysages désertiques, avec des dunes en croissant (barchanes), des dunes longitudinales et des dunes étoilées.

I.7.3 Origine Marine

- **Dépôts Marins** :
 - **Description** : Les périodes passées de transgressions marines ont laissé des dépôts marins dans la région.
 - **Composition** : Calcaires, dolomies, marnes et schistes marins, souvent riches en fossiles marins tels que des mollusques, des brachiopodes et des coraux.
 - **Environnements** : Les sédiments marins se trouvent dans des environnements de plateforme continentale, de lagons et de récifs.

I.7.4. Origine Lacustre

- Dépôts Lacustres :
 - **Description** : Les anciens lacs et les environnements palustres (marécageux) ont contribué à la formation de sédiments lacustres.
 - **Composition** : Argiles, limons et carbonates lacustres, souvent associés à une matière

Chapitre I : Contexte Géographique et Géologique

organique abondante.

- **Environnements** : Les dépôts lacustres se trouvent dans les bassins fermés où l'eau douce s'est accumulée.

I.7.5. Origine Evaporitique

- **Dépôts Evaporitiques** :

- **Description** : Les conditions arides et la forte évaporation ont conduit à la formation de dépôts évaporitiques dans des bassins fermés.
- **Composition** : Gypse, halite (sel gemme) et autres minéraux évaporitiques.
- **Environnements** : Les dépôts évaporitiques se trouvent dans des sebkhas (plaines salées) et des lacs salés asséchés.

I.7.6. Origine Détritique

- **Sédiments Détritiques** :

- **Description** : Les processus d'altération physique et chimique des roches préexistantes ont produit des sédiments détritiques transportés par le vent, l'eau et la gravité.
- **Composition** : Particules de roche variées, allant des argiles fines aux graviers grossiers.
- **Environnements** : Les sédiments détritiques se trouvent dans une variété d'environnements, y compris les plaines d'inondation, les cônes de déjection et les pentes rocheuses.

I.7.7. Origine Biogénique

- **Dépôts Biogéniques** :

- **Description** : Les activités biologiques passées, notamment la sédimentation organique et la formation de récifs coralliens, ont contribué à la sédimentation.
- **Composition** : Roches carbonatées riches en fossiles, charbon et matière organique.
- **Environnements** : Les dépôts biogéniques se trouvent principalement dans les environnements marins peu profonds et les marécages.

I.7.8. Origine Chimique

- **Dépôts Chimiques** :

- **Description** : Les précipitations chimiques directes à partir des solutions aqueuses ont conduit à la formation de certains sédiments chimiques.

- **Composition** : Calcite, aragonite et autres minéraux formés par la précipitation chimique.

Chapitre I : Contexte Géographique et Géologique

- **Environnements** : Les dépôts chimiques se trouvent dans les environnements lacustres, marins et évaporitiques.[8]

I.8 Milieux de dépôt

Les éléments destinés à former un sédiment sont d'abord généralement transportés à l'état solide ou en solution. Ils se déposent ou précipitent ensuite dans un milieu de sédimentation. Un milieu de sédimentation est une unité géomorphologique de taille et de forme déterminée où règne un ensemble de facteurs physiques, chimiques et biologiques suffisamment constants pour former un dépôt caractéristique; exemples: milieu lacustre, milieu deltaïque.. Cette définition reste vague quant à la taille d'un milieu: on parle souvent de milieu continental, mais celui-ci comprend les milieux torrentiels, fluviaux, lacustres... A l'opposé, différents milieux peuvent être regroupés en unités spatialement plus grandes: un bassin sédimentaire regroupe les différents milieux d'une même entité géographique dont les sédiments ont des caractères communs (origine, âge...) Un exemple est fourni par le fossé actuel du Rhin qui regroupe les milieux des pentes des Vosges, de la Forêt Noire et ceux des plaines Bade et d'Alsace. Le point fondamental à retenir, c'est la notion de dépôt caractéristique d'un milieu. Ainsi, le géologue pourra reconstituer les conditions ayant régné dans un milieu ancien à l'aide des caractéristiques de ses dépôts: la reconnaissance et la répartition des milieux anciens de sédimentation constituent une des bases de la paléogéographie. Les dépôts ne sont qu'en transit dans les milieux continentaux du fait de l'action de la gravité. Tôt ou tard, ils sont repris et transportés finalement jusqu'au point le plus bas, la mer. Les milieux sédimentaires continentaux sont locaux et transitoires par rapport aux milieux marins qui fournissent la majeure partie des roches sédimentaires.[9]

Chapitre I : Contexte Géographique et

PRINCIPAUX MILIEUX DE SEDIMENTATION

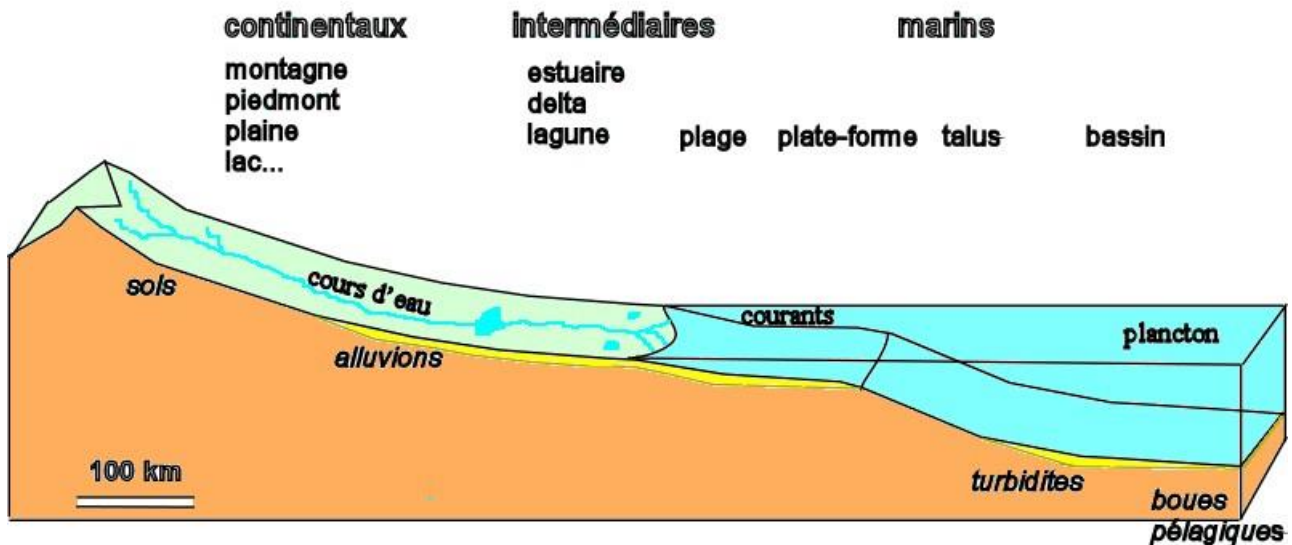


Figure 06: Principaux milieux de dépôt.

I.9 Principaux types de roches sédimentaires

Les roches sédimentaires sont de composition chimique et minéralogique variée; elles sont souvent faites de mélanges. Leur origine est souvent multiple. Il est ainsi difficile de proposer une classification satisfaisante. D'après leur origine, on distingue trois types en premier les roches détritiques provenant de la destruction de roches, ou d'organismes: cailloutis, sables, sables coquilliers et leur correspondants indurés, les conglomérats, grès et grès coquilliers. Le deuxième c'est les roches chimiques issues de la précipitation des corps dissous dans l'eau: sel gemme, potasse, tufs calcaires, silex. A la fin les roches biochimiques provenant de l'activité synthétique des organismes: charbons, travertins.., de nombreuses roches ont des origines mixtes: une accumulation de coquilles peut être considérées d'origine biochimique, puisque ce sont les animaux qui ont sécrété leur coquille, et d'origine détritique si ces coquilles sont brisées. Il est également délicat de faire la part des activités algaires ou bactériennes dans les précipitations chimiques., on distingue:

- * **les roches siliceuses** (silice)
- * **les roches argileuses**(phyllosilicates d'aluminium)
- * **les roches carbonatées**(carbonates de calcium et magnésium)
- * **les roches phosphatées**(phosphates de calcium)
- * **les roches carbonées**(carbone et hydrocarbures)
- * **les roches salines** (chlorures, sulfates de Ca, Na, K)

* **les roches ferrifères** (oxydes, hydroxydes de fer), Dans cette classification, les roches faites d'un mélange de constituants chimiques pourront être rangées dans plusieurs catégories: par exemple, les marnes, les brèches polygéniques (éléments type pétrographique), le loess (dépôt éolien formé de quartz, d'argile et de calcaire)...[10]



Figure 07 : Image représente des roches sédimentaires. (Gisement de gypse au Dziuoua touggourt).

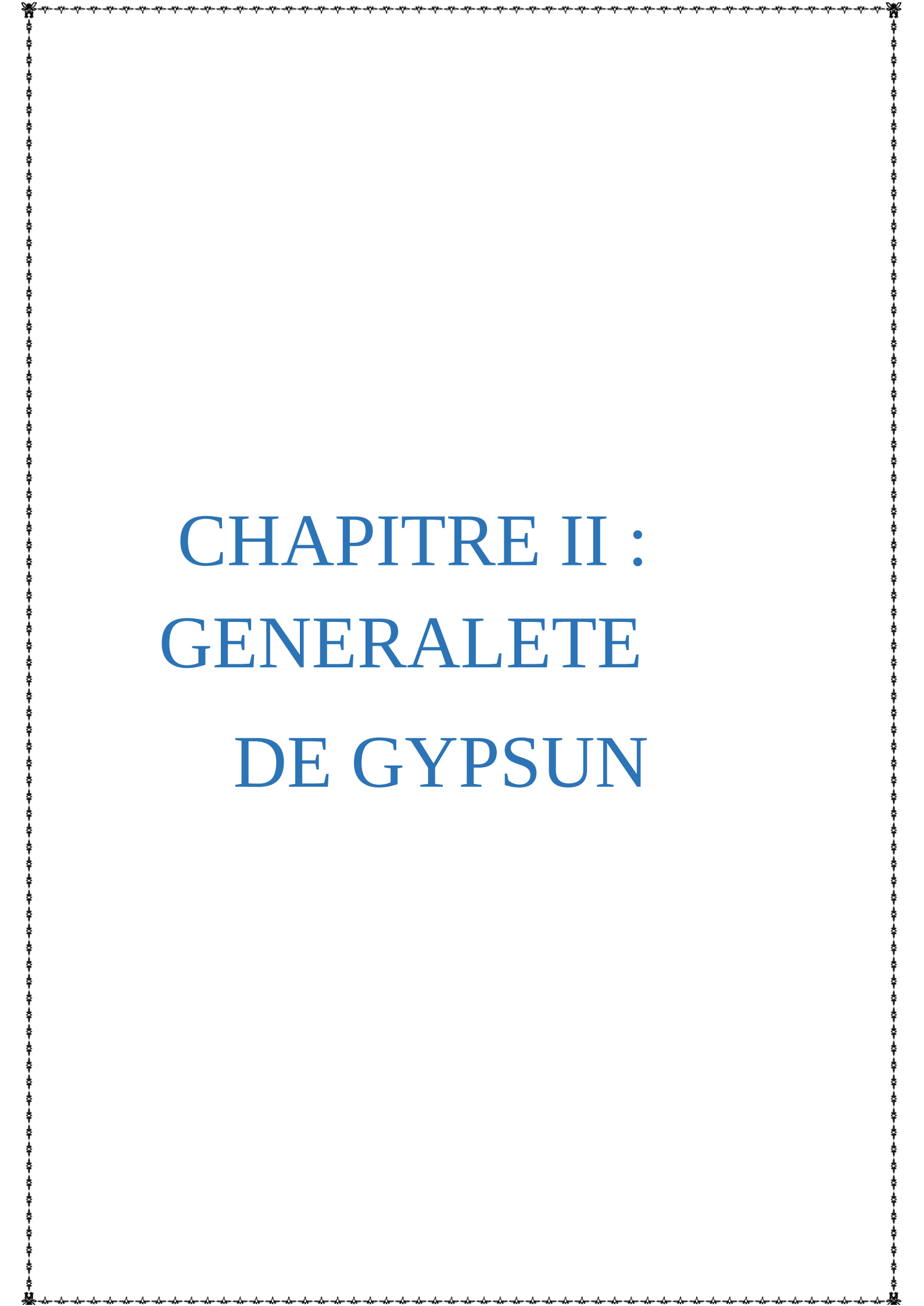
I.10 Formation des sols gypseux

Les sols gypseux et les sédiments dans la région de Touggourt partagent une relation étroite, influencée par les processus géologiques, par évaporation on obtient Le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) est un minéral évaporitique qui se forme par la précipitation chimique lorsque l'eau riche en sulfates s'évapore dans des environnements arides et semi-arides. Dans la région de Touggourt, le gypse peut provenir de l'altération et de la dissolution des formations géologiques évaporitiques, telles que les dépôts marins évaporitiques du Mésozoïque. Le gypse peut s'accumuler à la surface ou en profondeur dans le sol par des processus de lessivage et de précipitation. D'un autre côté par cristallisation en raison des fortes températures et de l'évaporation intense, les solutions riches en sulfate de calcium précipitent le gypse, formant des horizons gypseux dans le sol par la dégradation des Roches Mères peuvent provenir de la dégradation des roches mères contenant du gypse. Les processus d'altération physique et chimique libèrent le gypse dans les sédiments. Ensuite transporté par le vent (processus éolien) ou l'eau (processus fluvial), se dépose dans les bassins sédimentaires, formant des couches de sédiments gypseux. Les environnements de sebkhas (plaines salées) et de playas (lacs éphémères) sont typiques de la région de Touggourt, où l'évaporation intense favorise la formation de dépôts gypseux. Aussi que Les alluvions transportées par les cours d'eau peuvent également contenir du gypse, qui se dépose dans les plaines inondables et les anciens lits de lacs.[11]

Chapitre I : Contexte Géographique et Géologique

Conclusion

La diversité des origines des sédiments dans la région de Touggourt reflète la complexité de son histoire géologique et environnementale. Les sédiments gypseux proviennent principalement de la dégradation des roches mères évaporitiques et sont transportés et déposés par les processus éoliens et fluviaux. Les sols gypseux, résultant de l'accumulation et de la cristallisation du gypse, présentent des défis et des opportunités pour l'agriculture, la gestion des ressources en eau et les projets de construction. La compréhension de cette relation est essentielle pour une gestion durable des terres et des ressources naturelles dans cette région aride. La prochaine partie nous éclairons la lumière sur l'étude sédimentaire et géochimique d'un gisement de gypse au niveau de sol sédimentaire.



CHAPITRE II : GENERALETE DE GYPSUN

CHAPITRE II : GENEALITE DE GYPSUM

I.1 Introduction

Ce chapitre nous fait présentation générale de l'entreprise et décrit toutes les propriétés du plâtre et les différentes phases du (plâtre α et β).

II.2 Le gypse

Le Gypse constitue la matière première du plâtre qu'on le nomme le : « di-hydrate de sulfate de calcium ». Déshydraté par une cuisson au four et se transforme en plâtre ou hémihydrate de sulfate de calcium. Les caractéristiques physiques qui sont (la température, la pression et environnement etc.... [13] et la structure de l'hémihydrate obtenu en (α ou β) vont dépendre des conditions de cuisson.

Le Gypse est constitué essentiellement de Sulfate de Calcium à deux molécules d'eau de formule ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) ce qui correspond à environ 79% de Sulfate de calcium associé à 20.93% d'eau. Le gypse commercial cependant, atteint rarement cette composition théorique car non seulement il contient fréquemment des impuretés de diverses sortes telles que (Calcaire, Argile, Sable, Silice, Magnésie, etc.), mais sa teneur en eau peut également varier.

Il existe deux grandes catégories de Gypses qui sont :

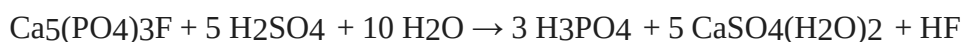
- A) Sous forme macro cristallisée : le Gypse lamellaire, le fer de lance et le gypse lenticulaire.
- B) Sous forme micro cristallisée : l'albâtre, le gypse fibreux, le gypse saccharoïde et le gypse éolien.

Le Gypse exploité dans l'industrie plâtrière est une roche cristallisée à grains généralement fins (gypse saccharoïde). Il est rarement pur à cause des impuretés en nombre et proportion variables d'une carrière à l'autre qui sont argile, calcaire, silice, dolomite, anhydrite, etc...

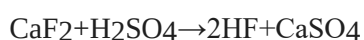
II.4.2 Gypse de synthèse

Le Gypse de synthèse est le produit essentiel d'une réaction chimique industrielle. Sa production est limitée à cause des impuretés ainsi que pour des raisons techniques et économiques. En effet, pour l'élimination de ces derniers produits au cours de ce type nécessite des traitements chimiques coûteux. Les principales sources de Gypse chimique sont :

- 1) La fabrication de l'acide phosphorique (phosphogypse) : par attaque du phosphate naturel.



- 2) La fabrication d'autres acides minéraux : (acide borique, brogypse, acide fluorhydrique, fluor Gypse) ou organique, organo-Gypse (acide citrique, tartrique, etc...)



CHAPITRE II : GENEALITE DE GYPSUM

- 3) La fabrication de l'oxyde de titane (TiO_2) : conduit également à une production de Gypse appelé titan gypse.
- 4) La désulfuration des gaz et fumées : l'oxydation de l'anhydride sulfureux SO_2 (anhydride sulfurique) puis sa réaction avec de la chaux.



Figure II.1: Différents systèmes de cristallisation de gypse

II.4.3 Caractérisation de gypse

Le gypse est amorphe et sa densité varie de 2,31 à 2,33. [11] Il est sous forme cristalline dans les variétés granulaires (saccharoïdes) ou molles (albâtre), dans les grands cristaux prismatiques (pieds à baïonnette ou tique), en cristaux laminaires ou fibreux.

II.4.3.1 Structure cristalline de gypse naturel

Le gypse ou sulfate de calcium di-hydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) cristallise dans le système monoclinique

CHAPITRE II : GENERALETE DE GYPSUM

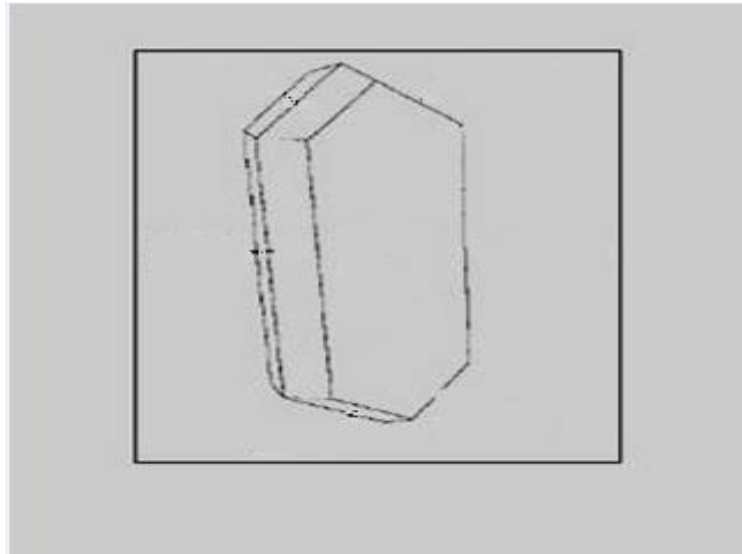


Figure II.2: Morphologie du cristal de gypse.

Les éléments constituant la structure du gypse sont les suivants : des ions SO_4 formant des tétraèdres dont l'atome central est le soufre et les sommets des atomes d'oxygène ; des atomes de calcium, chaque atome est relié à huit atomes d'oxygène dont deux appartiennent à des molécules d'eau, chacune étant liée à deux atomes d'oxygène de deux tétraèdres SO_4 différents et à un atome de calcium.

Le gypse présente une structure feuilletée en couches parallèles dans laquelle alternent une couche d'eau et deux couches de sulfate CaSO_4 . Chaque couche de sulfate est constituée de chaînes $\text{Ca-SO}_4\text{-Ca-SO}_4$. Chaque molécule d'eau présente deux types de liaisons avec les couches de sulfate

D'une part une liaison avec son propre feuillet, d'autre part une liaison faible avec le feuillet adjacent.

CHAPITRE II : GENEALITE DE GYPSUM

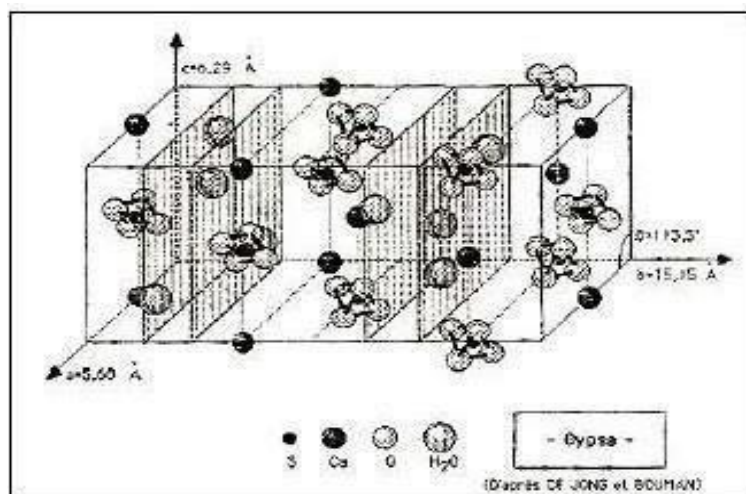


Figure II.3: Structure cristalline du gypse

En effet la structure de gypse présente au-dessus (Figure I.5) montre bien qu'elle avait des molécules d'eau dans sa structure, ce qui conduit par cuisson du gypse à des changements de structure par déshydratation avec l'apparition de plusieurs variétés structurales et on obtient également le plâtre.

II.4.3.2 Les anhydrites

L'anhydrite naturelle de formule chimique CaSO_4 se rencontre dans les formations gypseuses et salifères, ou dans certains gites métallifères. On considère qu'elle s'est formée, comme le gypse, par évaporation de l'eau de mer, mais elle peut également résulter d'une déshydratation lente du gypse sous l'effet d'une pression importante lors de plissements géologiques [14]. L'anhydrite est aussi obtenue à des températures élevées lors de la cuisson du gypse selon la température de cuisson du gypse, on peut obtenir les anhydrites I, II ou III qui présentent des structures cristallographiques différentes.

L'anhydrite III est la première forme allotropique obtenue à 200 °C. Elle est soluble dans l'eau et se réhydrate très rapidement en semi hydrate au contact de l'eau en phase vapeur, au cours d'une réaction appelée réversion



L'anhydrite III de structure hexagonale se transforme en anhydrite II de structure orthorhombique vers 220 °C pour le semi hydrate α et vers 350 °C pour le semi hydrate β . L'anhydrite il est une espèce stable thermodynamiquement qui se réhydrate lentement au contact de l'eau liquide. À 1230 °C, l'anhydrite il se transforme en anhydrite I de structure cubique qui ne se réhydrate que très difficilement. L'anhydrite I est instable à température ambiante et se décompose à 1250 °C.

CHAPITRE II : GENEALITE DE GYPSUM

La réaction d'hydratation du plâtre autrement dit la prise du plâtre la première étude de la prise du plâtre est due à LAVOISIER en 1768. Dès cette époque, LAVOISIER parle d'un processus de cristallisation il explique que si après avoir enlevé au gypse son eau par le feu, on la lui rend, il la reprend avec avidité, il se fait une cristallisation subite et irrégulière, et les petits cristaux qui se forment se confondant les uns avec les autres, il en résulte une masse très dure. [15]

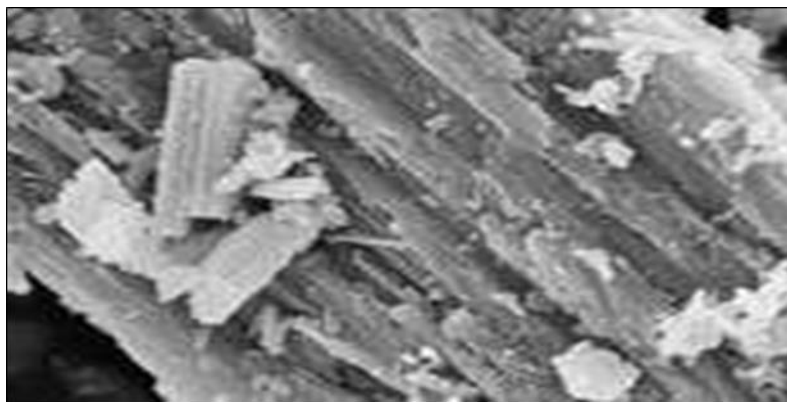
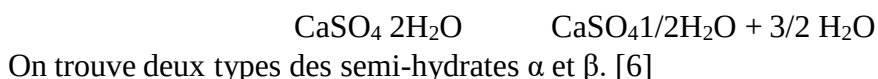


Figure II.4 : Photo prise au MEB de forme d'hémi hydrate α (5 μ m).

II.4.4 Définition de semi-hydrates

Les semi-hydrates (ou les demi-hydrates) sont obtenus au début de l'opération de déshydratation du gypse. La teneur en eau variée de 0,15 à 0,66 %. La température selon la réaction suivante varie entre 50 °C à 160 °C



II.4.4.1 Le semi-hydrate β

Les plâtres β sont obtenus dans des fours à pression atmosphérique et ils ressemblent à des plâtres de construction ou préfabrication. Un bon four de cuisson de plâtre β nous permettra d'obtenir une grande régularité de cuisson du plâtre avec une composition aussi proche que possible qui est de 100 % de semi-hydrate afin d'un temps de prise long qui est de l'ordre de 15 à 17 mn (suivant la qualité de la pierre).

II.4.4.2 Le semi-hydrate α

Les plâtres α sont obtenus dans des autoclaves. La cuisson du gypse sous la pression qui est en générale aux alentours de 6 à 9 bars. On obtient alors des plâtres durs, très liquide est ça est due au gain de gypse cuit sous pression qui n'est pas explosé et sa surface de contact avec l'eau est faible).

Ces types de plâtres sont utilisés en tant que plâtre de modelage pour la décoration et la réalisation d'objets d'arts (statues...).

CHAPITRE II : GENEALITE DE GYPSUM

degâchage (Eau/plâtre) très faible de 0,25 à 0,5 d'eau pour 1 de plâtre.

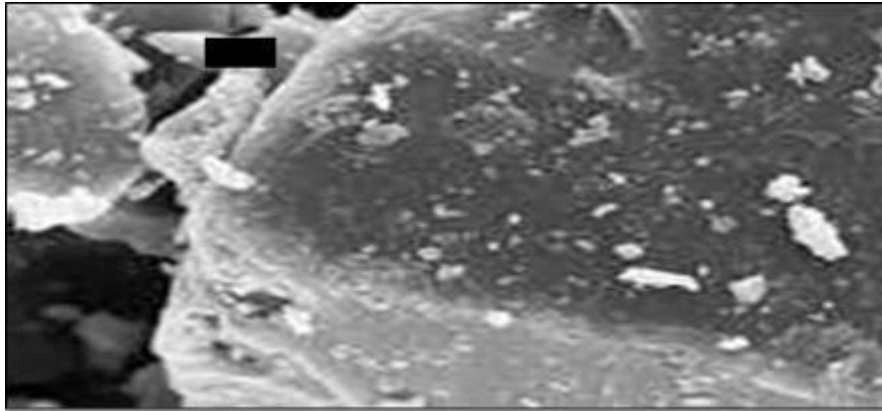


Figure II.5: photo prise au MEB de forme d'hémi hydrate β (5 μ m).

II.3 Propriétés chimiques et physiques de plâtre semi hydrate

II.3.1 Les semi-hydrates

Les semi- hydrates α sont compacts et ils ont une forme cristalline. Leurs solubilités dans l'eau est inférieure à celle du composé β . Leurs contacts avec l'eau donne un mélange fluide. C'est un constituant de très haute qualité, utilisé en particulier, comme plâtre dentaire. Ils possèdent une grande résistance mécanique. Leurs temps de prise est inférieur à celle des semi hydrate β .

II.3.2 Les semi-hydrates β

Ils sont floconneux et ils présentent des fissures écailleuses. Leurs solubilités dans l'eau est supérieur à celle des composés α . La combinaison avec de l'eau donne un mélange plus épais. Ils nécessitent une grande quantité d'eau pour le gâchage. Leurs temps de pris est plus long. Ils possèdent une faible résistance mécanique (10 fois moins que les semi hydrate α). Ils sont considérés comme des constituants essentiel de plâtre préfabriqué [16].

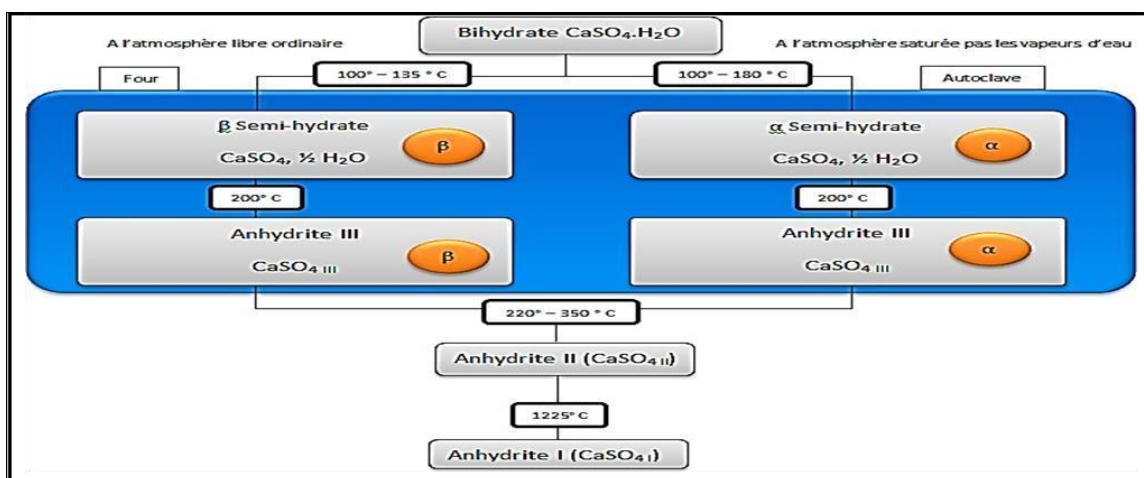


Figure II.6: schéma de la déshydratation.

CHAPITRE II : GENEALITE DE GYPSUM

Tableau II.1: caractéristiques techniques des semi-hydrates α et β

-Les caractéristiques	Semi-hydrate α	Semi-hydrate β
-Masse volumique Cm^3/g	2.76	2.63
-Teneur en eau (%)	6,2	6,2
-Masse moléculaire (g)	145,15	145,15
-Volume moléculaire (Cm^3)	52,4	55,2
-Temps de prise (min)	15 à 20	25 à 35
-Expansion mm/m	2,8	1,8
-Résistance à la traction (sec) Mpa	6,5	1,3
-Système cristallin	Rhomboédrique	Rhomboédrique
- Solubilité dans l'eau à 20 °C(en g de Ca SO4 pour 100 CM)	0,36	0,74
- Chaleur d'hydratation à 258 Cal/mol de gr	Vois humide 4100	Vois humide 4600
-Solubilité dans l'eau à 3°C, 9/ 100 ml	0,825	1, 005
-Cristallisation	Compacte	Spongieuse
-Surface spécifique	Faible	Elevée
-Gâchage saturation	Fort	Faible

II.4 Principales propriétés du plâtre

II.6.1 Isolation thermique et régulation de l'hygrométrie

Du fait de sa faible conductivité thermique, le plâtre peut être employé seul ou associé à d'autres matériaux pour améliorer l'isolation thermique des parois. Un enduit plâtre appliqué sur une paroi de béton ou de terre cuite forme un revêtement continu qui améliore l'isolation thermique. Les plâtres spéciaux qui incorporent des charges d'agréats légers qui ont des conductivités thermiques de l'ordre de $2.6 \text{ W.m}^{-1}.\text{k}^{-1}$

CHAPITRE II : GENEALITE DE GYPSUM

II.6.2 Humidité des locaux

Le plâtre est un matériau poreux bien qu'il soit rarement laissé nu et qu'il soit souvent recouvert de peinture, de papier ou de tissu, il doit très généralement être examiné comme tel du point de vue des échanges hygrométriques avec l'atmosphère ambiante,

car mis à part les peintures laquées des salles d'eau ou certains revêtements plastifiés, les couches minces de peinture ou de papier, comme les tissus, sont perméables. Un certain nombre de données expérimentales et de mesures de laboratoire permettent de situer le rôle que le plâtre qui peut contribuer à amortir les dites variations au cours du temps.

II.6.3 Isolement acoustique

Le plâtre grâce à son aptitude au moulage, à la préfabrication comme à la constitution d'éléments décoratifs à reliefs se prête à la réalisation de panneaux, de structures architecturales

Ou ornementales capables de supprimer ou d'atténuer les réverbérations gênantes des bruits ou des sons émis dans une pièce.

II.6.4 Résistance au feu

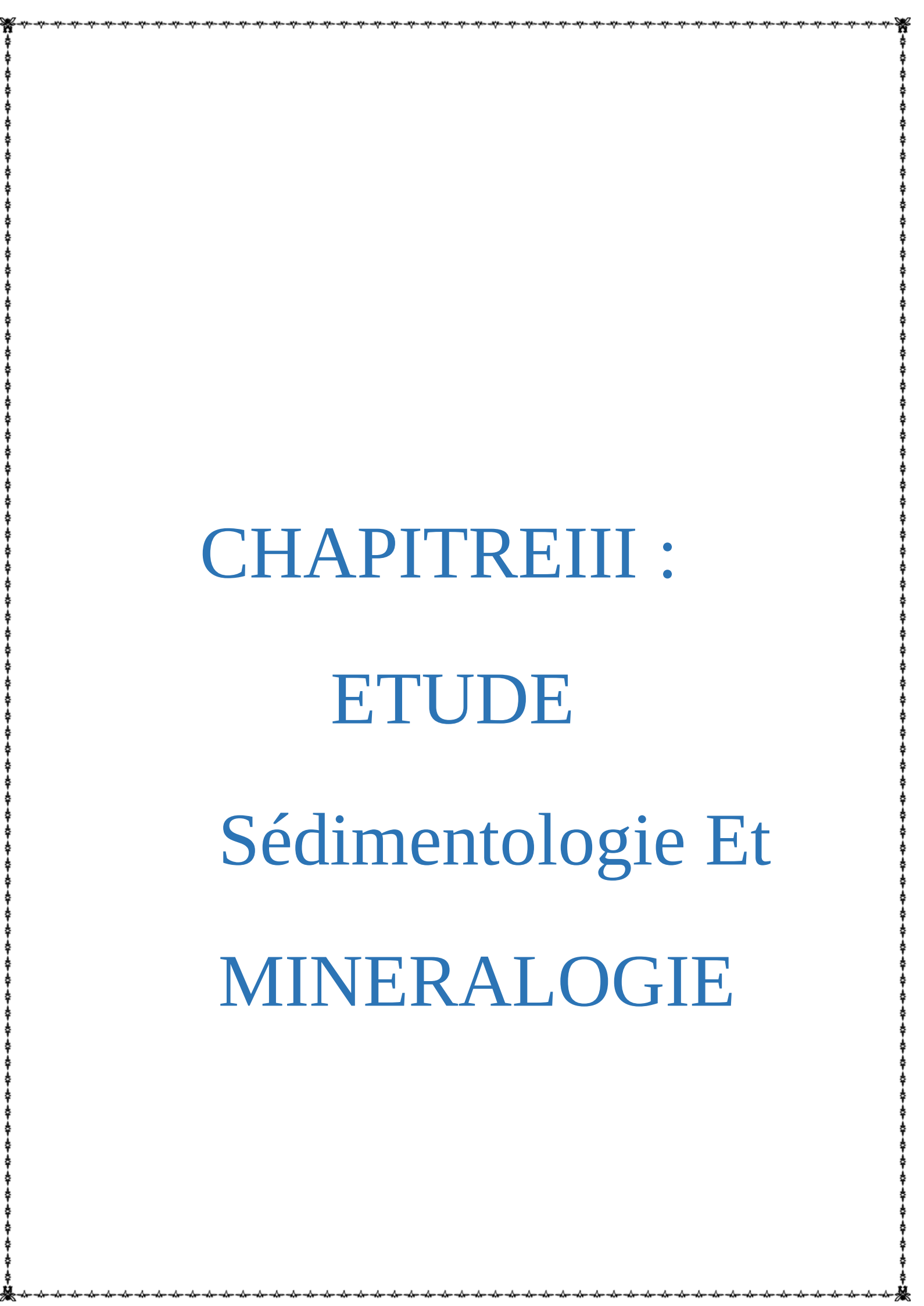
Sous l'action du feu le plâtre ne donne naissance à aucun gaz ou vapeur de caractère toxique, corrosif ou asphyxiant, aucune fumée, ni aucun produit de décomposition combustible ou susceptible d'activer la combustion. Le plâtre est incombustible. Il est classé A, un sans essai par décision de la commission européenne du 4 octobre 1996 établissant la liste des produits appartenant aux classes à « aucune contribution à l'incendie ».

Afin de bien comprendre les caractéristiques de la zone étudiée on se sert de la sédimentologie pour avoir une vision bien définie des faciès observés, en géochimie on cherche les tests des outils qui utilisent des moyens physiques pour extraire des caractères réels consécutifs des formations gypseuses.

Conclusion

Cette partie bibliographique a travaillé sur et décrypté les caractéristiques physico-chimiques par les fiches de contrôle laboratoire certifié, ainsi que le plâtre α et β sont deux phases différentes du système $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ à l'échelle microscopique, ces deux phases vont subir plusieurs étapes pour leur fabrication.

La partie suivante a fait les analyses et le contrôle par mes savoir et savoir faire sur des échantillons prélevés par les nappes de gypse.



CHAPITRE III :

ETUDE

Sédimentologie Et

MINERALOGIE

CHAPITRE III : ETUDE Sédimentologie Et minéralogie

Introduction :

Au cours de la réalisation de notre projet fin d'étude , nous avons cherché à caractérisation sédimentalogique d'un carrière en gypse de la région du wilaya de Touggourt.

Cet partie a pour objet de reprendre la caractérisation approfondie de ce minéral. Avant de présenter les résultats obtenus pour avoir notre plâtre préparé, nous décrirons par la suite les différentes procédures et le matériel utilisées pour la caractérisation physico-chimiques et minéralogique.



Figure III.1 : Pierres cristallisé relevé au gisement de la région de touggourt

II.1 Echantillonnage:

L'échantillonnage est une étape très importante dans le processus de caractérisation du minéral, ce qui nécessite de disposer d'une information la plus fiable possible sur le minéral à étudier. Le but visé est d'obtenir un éventail d'échantillons représentatifs qui reflètent toutes les caractéristiques physiques, chimiques et minéralogiques de l'ensemble du site étudié.

Le but de l'échantillonnage est de permettre l'estimation la plus fiable de la valeur inconnue et inaccessible d'une propriété d'un lot à partir d'un essai effectué sur un échantillon représentatif.

II.1.2-Préparation des échantillons:

L'échantillon a subi la première fois un séchage dans une étuve(80°C°--120°C) pour éviter le colmatage, Après cela un concassage a été effectué, jusqu'à moins de 4 mm, le concassage a été suivi par un broyage qui réduit la taille de l'échantillon jusqu'à moins de 1 mm.



Figure III.2 montrer les différents types de gypse dans la zone étudié

III.I.3 -Analyse granulométrique :

Pour la composition granulométrique du minéral, après les différents stades de fragmentations, on procède à l'analyse de tamisage. L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains appelées fractions granulométriques constituant les échantillons. Ces fractions sont constituées de particules dont la grosseur couvre un intervalle relativement restreint et diminue d'une fraction à l'autre. Il existe plusieurs méthodes d'analyse granulométrique. Parmi ces méthodes, la méthode de tamisage éventuellement utilisée dans notre présente étude, couvrent la presque totalité des gammes de grosseurs de particules visées. De plus, elles permettent la récupération d'échantillons séparés en fonction de la taille des particules.

Analyse Granulométrique par Tamisage à Sec selon la norme NF P 94-056 : 1996)

L'essai consiste à séparer les grains agglomérés d'une masse connue de matériau par brassage sous l'eau. Après séchage dans l'étuve, ce sol est fractionné au moyen d'une série de tamis et à peser successivement le refus cumulé sur chaque tamis [15]. La masse de refus cumulée sur chaque tamis est rapportée à la masse totale sèche de l'échantillon soumis à l'analyse.

CHAPITRE III : ETUDE Sédimentologie Et minéralogie

Remarque

La norme NF P 94-056 : 1996 a été remplacée par la norme NF EN ISO 17892-4 (janvier 2018).

• Mode opératoire :

Peser la masse de l'échantillon au balance électronique de laboratoire dans chaque échantillon.

Former la colonne de tamis sur le vibreur : 5 tamis de 500 μm , 212 μm , 106 μm , 75 μm et 63 μm de diamètre.

Soulever le couvercle et placer l'échantillon dans le tamis supérieur de la colonne.

Remettre en place le couvercle et faire fonctionner le vibreur pendant 5 minutes. Récupérer la matière dans les bacs et nettoyer chaque face des tamis (supérieure et inférieure) à l'aide des brosses et/ou des pinces, et incorporer les résidus dans chaque classe granulométrique correspondante.

Peser ensuite sur la balance les quantités d'échantillons retenues dans chaque tamis et la quantité recueillie dans le fond.



Figure III.3 Les tamis et la tamiseuse utilisés dans l'essai

- **Procédures d'essai**
- **Peser les tamis vides.**
- **Fixer les tamis par ordre décroissant dans la tamiseuse**

CHAPITRE III : ETUDE Sédimentologie Et minéralogie

- (10 mm, 5 mm, 2 mm, 1 mm, 0,4 mm, 0,2 mm, 0,08 mm).

- Verser $M_s = 1$ kg du sol sec (séché à l'étuve à 105°C pendant 24h) dans le haut de la série des tamis.
- Fermer avec le couvercle.

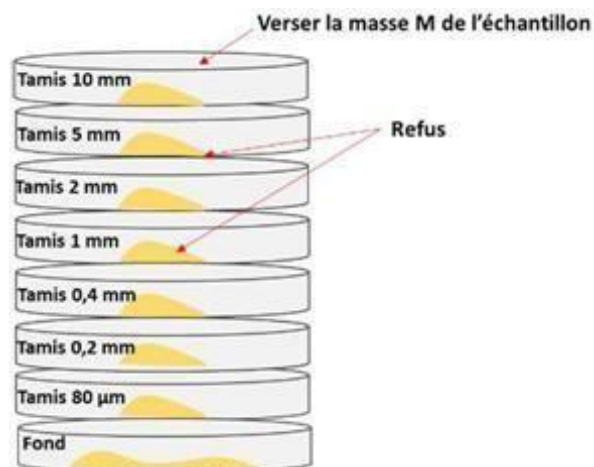


Figure III.4 indique le procédures d'essai sur Tamiseuse

Tableau III.1 Résultats des analyses granulométriques de l'échantillon '1', Selon la méthode par tamisage à sec après levage NF P 94-056 Mars 1996.

Poids de l'échantillon (g)	Tamis (mm)	Poids refus partiel (g)	Poids refus cumulé (g)	Poids refus cumulé (%)	Complément à 100	Tamis as %
500 g	5	14.4	14.4	2.88	97.12	97
	2	19.7	34.1	6.82	93.18	93.18
	1	13	47.1	9.42	90.58	91
	0.4	48.2	95.3	19.06	80.94	81
	0.2	103.6	198.9	39.78	60.22	60
	0.1	119.1	318	63.6	36.4	36
	0.08	0.7	318.7	63.74	36.26	36

CHAPITRE III : ETUDE Sédimentologie Et minéralogie

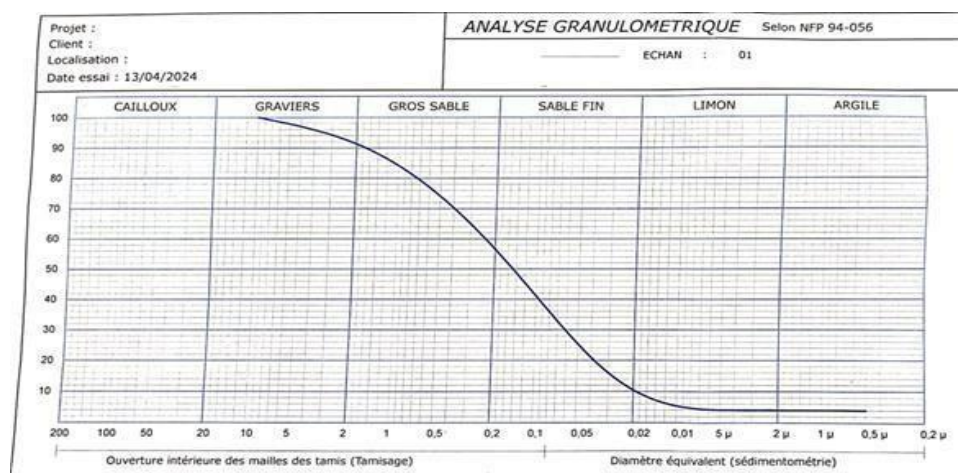


Figure III.5 : Courbe granulométrique représentant la variation des tamisages cumulés(%), en fonction de l'ouverture des tamis (mm), Echantillon 1. **Tableau III.2** Résultats des analyses granulométriques de l'échantillon '2', Selon la méthode par tamisage à sec après levage NF P 94-056 Mars 1996.

Poids de l'échantillon (g)	Tamis (mm)	Poids refus partiel (g)	Poids refus cumulé (g)	Poids refus cumulé (%)	Complément à 100	Tamis as %
	10	16.8	16.8	3.36	96.64	97
500 g	5	44.3	61.1	1.22	98.78	99
	2	93.0	154.1	30.82	69.18	69
	1	67.1	221.2	44.24	55.76	56
	0.4	101.9	323.1	64.22	35.38	35
	0.2	64.3	387.4	77.48	22.52	23
	0.1	42.3	429.7	85.94	14.06	14
	0.08	0.3	430	86.0	14	14

CHAPITRE III : ETUDE Sédimentologie Et

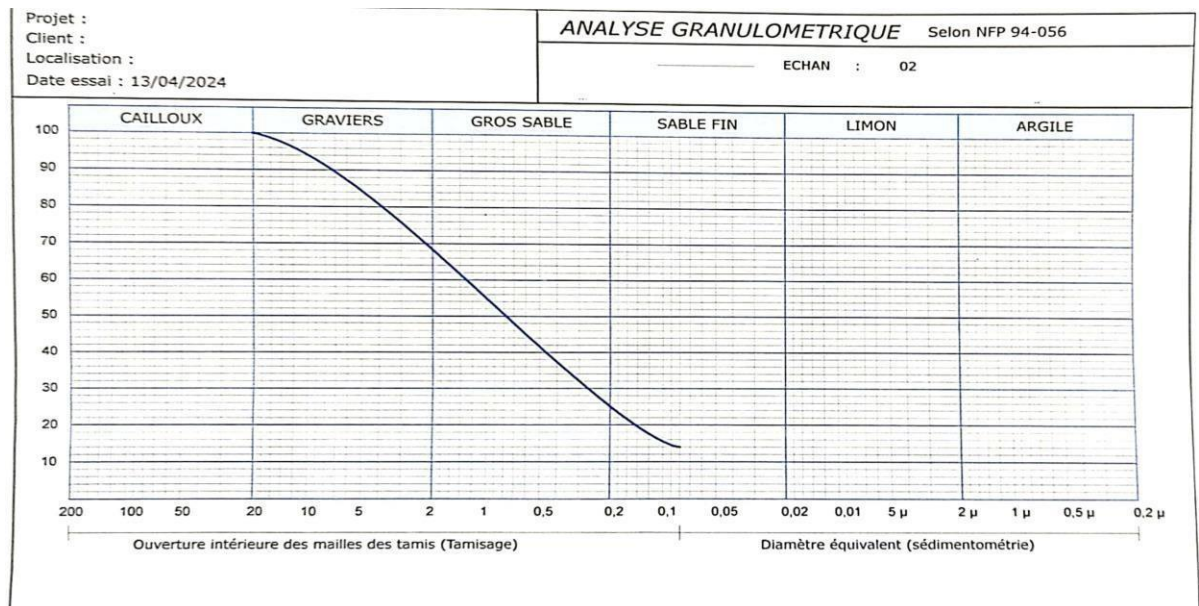


Figure III.6: Courbe granulométrique représentant la variation des tamis cumulés(%), en fonction de l'ouverture des tamis (mm), Echantillon 2.

- Interprétation des courbes:

On définit alors les caractéristiques de la courbe granulométrique obtenue pour les deux échantillon

° Le coefficient de uniformité (le coefficient de HAZEN), pour savoir le granulométrie serré ou étalé.

-Cu : le coefficient d'uniformité

- d_{60} : le tamis correspondant à 60% du passant cumulé sur la courbe granulométrique
- d_{10} : le tamis correspondant à 10% du passant cumulé sur la courbe granulométrique

$$u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

$$Cu = 0,25 = 12,5 \text{ Donc } 20 \text{ (Granulométrie semi-étalé)}$$

D'après les résultats de coefficient de uniformité on peut classé les matériaux granulaires en cinq catégorie (Robitaille, Tremblay 1997)

$Cu \leq 2$ Granulométrie très serrée

$$2 < Cu \leq 5$$

Granulométrie serrée $5 < Cu \leq 20$

Granulométrie semi-étalé

$$20 < Cu \leq 200$$

Granulométrie étalé $Cu > 200$ Granulométrie très étalé

Le coefficient de courbure Cc : ce coefficient et complément de Cu dans la classification des sol LCPC afin de déterminer la gradation granulométrique par la relation suivant :

Donc notre cas d'étude on prélève que le sol continuité mal répartie.

- La limite de liquidité :

La consistance d'un sol peut varier dans de larges limites avec :

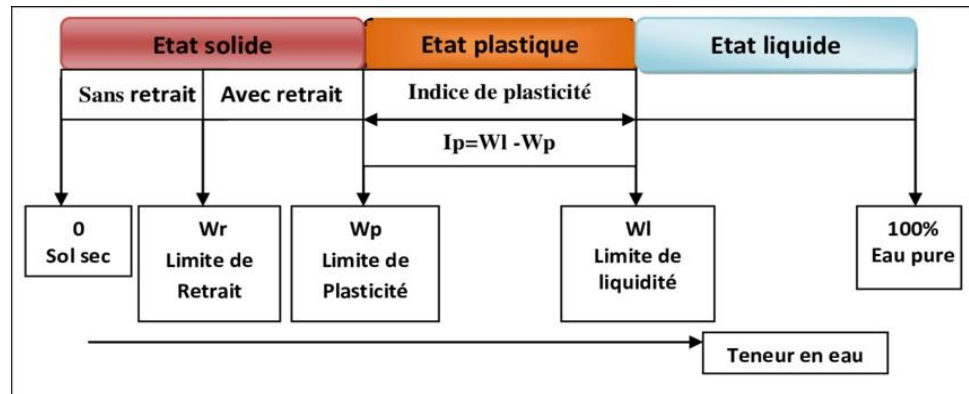
- la quantité d'eau interstitielle que contiennent ses pores,
- l'épaisseur des couches d'eau absorbée qui enrobent ses grains.

Les limites de liquidité et de plasticité sont des constantes physiques conventionnelles qui marquent les seuils entre :

- le passage d'un sol de l'état liquide à l'état plastique (limite de liquidité : w_L),
- le passage d'un sol de l'état plastique à l'état solide (limite de plasticité : w_P). Ces

limites ont pour valeur la teneur en eau du sol à l'état de transition considéré, exprimée en pourcentage du poids du matériau sec.

La différence $I_p = W_L - W_P$ définit l'étendue du domaine plastique, est particulièrement importante, c'est l'indice de plasticité.



- **Figure III.7 Représente le chemin de la teneur en eau du passage de l'état solide vers l'état liquide. Principe de la méthode**

L'essai s'effectue en deux phases :

- Recherche de la limite de liquidité à l'aide de l'appareil de Casagrande.
- Recherche de la limite de plasticité par formation de rouleaux de 3 mm de diamètre.

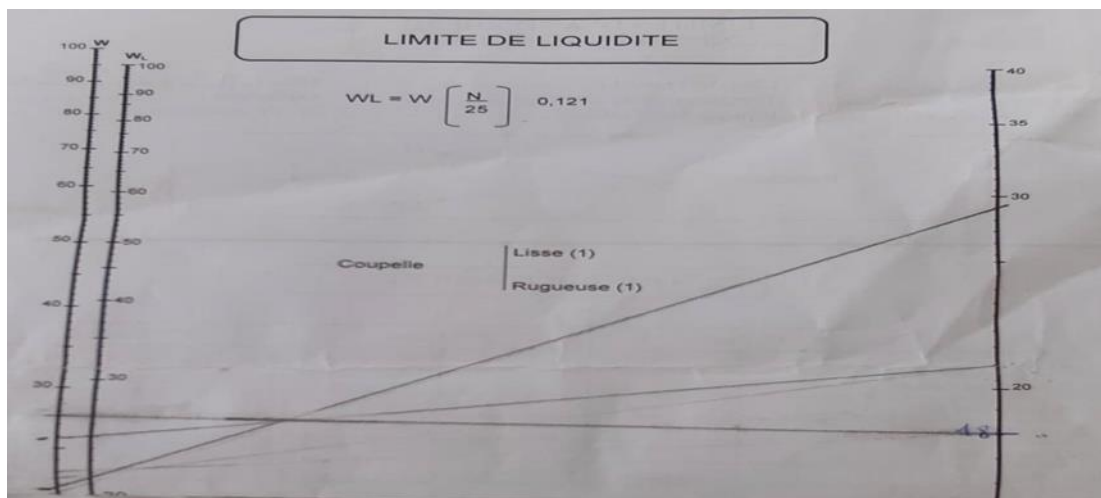


Figure III.8 classification du sol a l'aide d'un abaque casagrande.

Tableau III.3: récapitulatif des limite d'atterberg.

	Les Limites Des Liquidités					
$WL = \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$						
Les Essais	1 ^{er} Essai		2 ^{ème} Essai		3 ^{ème} Essai	
Nombre de coup	18		21		29	
N° De la terre	0.23	2.91	152	250	259	249
Poids total humide	26.9	24.5	22.76	23.84	26.4	29.9
Poids total sec	24.5	22.5	21.1	22	24.3	26
Poids de la tare	14.1	13.6	13.6	13.7	14.1	14
Poids de l'eau	2.4	2	1.66	1.84	2.4	2.8
Poids de sol sec	10.4	8.9	7.5	8.3	10.2	12.9
Teneur en eau %	23.07	22.47	22.13	22.16	21.56	21.70
Moyenne Wp	22.77		22.14		21.63	
WL	21.88		21.67		22.06	
Indice de plasticité $Ip = 0.73 * (WL - 20)$	1.37		1.22		1.50	
Indice de consistance $Ic = \left(\frac{WL - Wp}{IP} \right)$	0.65		0.39		0.43	

- Commentaire :

D'après les résultats trouver on résume que la moyenne de teneur en eau naturelle des échantillons est entre (21--23)%, Ces résultats montrent que les échantillons étudiés caractérisant la carrière de gypse c'est un sol légèrement humide, en effet l'indice de plasticité varie entre (0.65_0.***), D'après l'abaque de l'indice de plasticité selon NF 91-051, on peut également connaître le type de sol non plastique et faiblement sensible à l'eau. Ensuite vers l'indice de consistance > 1 caractérisant un sol solide.

III.1.1 Analyse sédimentométrique

La sédimentométrie est un essai qui complète l'analyse granulométrique par tamisage des sols. Elle s'applique aux éléments de diamètre inférieur à 80 microns. Les grains de diamètre différent se déposent dans un milieu liquide au repos à vitesses différentes. La relation entre le diamètre des grains et la vitesse de sédimentation est donnée par la loi de Stokes

➤ Principe de l'essai

L'échantillon est tamisé par voie humide au tamis de 80 μm . L'eau de lavage est recueillie dans un bac puis mise à décanter. L'eau claire est ensuite siphonnée. Le résidu d'eau est éliminé par étuvage. Le matériau sec est désagrégé dans un mortier au moyen d'un pilon puis mis en solution avec de l'hexamétaphosphate de sodium pour provoquer la défloculation des agrégats formés par l'étuvage. Le mélange est ensuite agité puis déversé dans une éprouvette de 2 litres. On lit périodiquement les masses volumiques au moyen du densimètre.

1. 1 Bac en matériau non altérable.

1. Balances.
2. Etuve.
3. Agitateur mécanique.
4. Agitateur manuel.
5. Eprouvettes d'essai.
6. Eau distillée.
7. Défloculant.
8. Densimètre.
9. Chronomètre.
10. Thermomètre

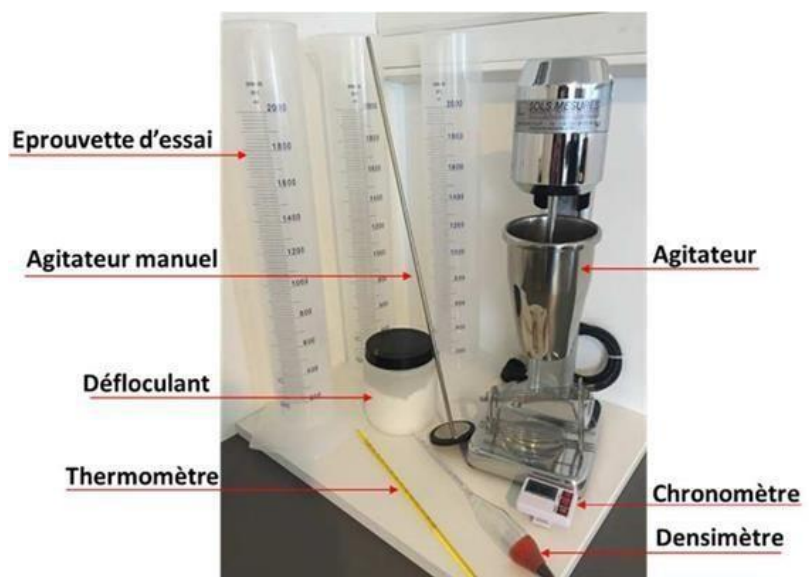


Figure III.9 Appareillage de l'essai de sédimentation

Résultats Et interprétation

Le résultats obtenus sont par le laboratoire des travaux publics du sud la norme NFP 94
– 057 Mai 1992

On résume le résultats sur le tableau sur la page suivante :

Tableau III.4 Les résultats des analyses sédimentométrique des échantillons étudiés.

Température °C	Temps	Durée de chute	$R'=R-1000$	Correctio nC	R $1=R'+C$	Diamètre D	Des éléments (D) sur l'ensemble de l'échantillon
29.4	07:40	30'	16	2,152	18,152	0,075	36%
29.4	07:41	01'	12	2,152	14,152	0,055	28%
29.4	07:42	02'	06	2,152	8,152	0,038	16%
29.4	07:45	05'	00	2,152	2,152	0,025	4%
29.4	07:50	10'	00	2,152	2,152	0,017	4%
29.4	08:00	20'	00	2,152	2,152	0,012	4%
29.4	08:20	40'	00	2,152	2,152	0,08	4%
29.4	09:00	80'	00	2,152	2,152	0,006	4%
29.4	10:20	160'	00	2,152	2,152	0,04	4%
29.4	13:00	320'	00	2,152	2,152	0,03	4%
29.4	24h	14 40'	00	2,152	2,152	0,02	4%
29.4	48h	*****	00	2,152	2,152	0,01	4%
	72h	*****	00	2,152	2,152	0,0005	4%

A travers cette analyse granulométrique réalisée, on peut admettre que le sédiment de cette carrière étudiée est majoritairement sableux-limoneux. La fraction argileuse représentative de la

fraction argileuse représentative de la
fraction fine du matériau est moyennement ponctuelle.

1. Mesure de la sensibilité à l'eau ; essai au bleu de méthylène

1.1 Introduction

L'essai au bleu de méthylène permet la détermination de la sensibilité à l'eau et la nature minéralogique de la fraction argileuse d'un sol. L'essai est dit « à la tâche » et mesure ainsi la surface spécifique totale (interne + externe) des particules argileuses du sol.

Principe de l'essai

L'essai consiste à mesurer, par dosage, la quantité de bleu de méthylène pouvant être adsorbée par le matériau mis en suspension dans l'eau et cela selon la norme NF P 94-068 : 1998 [10]. Cette quantité est rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol. Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités de bleu de méthylène et en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tache. L'adsorption maximale est atteinte lorsqu'une auréole bleu clair persistante apparaît à la périphérie de la tache.

Equipements et matériaux

Le matériel ainsi que le matériau utilisés (fig.2.14) dans cette manipulation sont cités ci- dessous :

- Un échantillon du sol tamisé au tamis 5 mm de diamètre.
- Un dispositif de dosage permettant d'injecter par pas de 10 cm^3 , 5 cm^3 et 2 cm^3 des volumes de solution de bleu et de connaître la quantité totale injectée à $\pm 1\text{ cm}^3$.
- Un agitateur magnétique.
- Un récipient cylindrique (en verre, plastique)
- Une baguette de verre.
- Papier filtre blanc.

Une solution de bleu de méthylène
dosée à $10 \pm 0,1\text{ g/ml}$

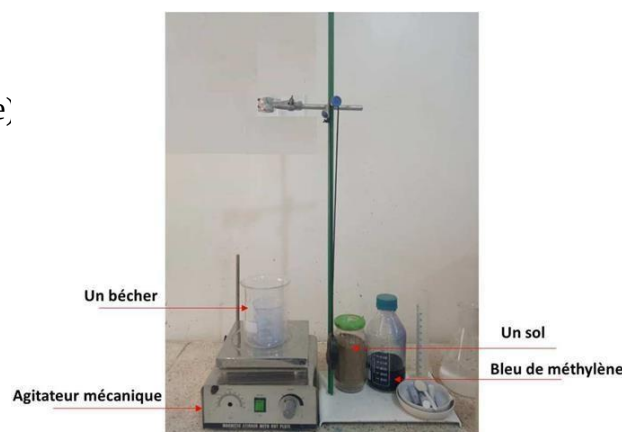


Figure III.10 Equipements utilisés dans l'essai de bleu de méthylène.

CHAPITRE III : ETUDE Sédimentologie Et minéralogie

Tableau III.5 Procédure de l'essai et leur résultats pour l'échantillon 01.

Les étapes suivi	Les exigences
Préparation de la prise d'essai selon Dmax	Si $D_{max} > 50\text{mm}$; $M=10\text{KG}$ Si $5\text{mm} < D_{max} < 50\text{mm}$ $M > 200 D_{max}$ Si $D_{max} \leq 5\text{ mm}$; $M > 2D_{max}$
Si $D_{max} > 5\text{ mm}$, tamiser l'échantillon au tamis 5mm {tamisat 0/5, tamisat 0/50}	Effectuer un broyage à secrefus
	Si un lavage est nécessaire tremper le refus à 5mm
	Laver sur un tamis de 5mm utilisant le moins d'eau possible
	Sécher à une température dépassant pas 50°C.
	Mélanger les 2 fractions 0/5 obtenus par le tamisage initial l'opération de lavage.
	Homogénéiser l'échantillon d'essai par quartage
	Déterminer le rapport massique C

CHAPITRE III : ETUDE Sédimentologie Et minéralogie

- Homogénéiser la fraction 0/5 mm pour préparer 3 prises d'essai ayant approximativement les mêmes masses	g à 60 g pour les s moyennement à t argileux.
	- >60g pour les autres s
	M0 : utiliser pour l'essai la tâche.
	Mh : déterminer teneur en eau.
	M2 : conservé au cas l'essai nécessiterait d'être répété.
- déterminer la teneur en eau de la prise d'essai (Mh), noter (Ms).	La durée entre deux pesées successives (Mi et Mi+1). $R = \frac{(M_i - M_{i+1})}{(M_i)} * 100 < \underline{0,1 \%}$ $\omega = \frac{(M_h - M_s)}{(M_s)} * 100$
- Verser (500±5) ml d'eau distillé dans le bécher et ajoute la prise d'essai (M0)	En remuant bien avec la spatule
giter la solution colorée et remplir la burette de solution colorée	

Tableau III.6 Procédure de l'essai et leur résultats pour l'échantillon 01.

Les étapes suivies	Les exigences	Les valeurs
Préparation de la prise d'essai selon Dmax	Si Dmax > 50 mm; M = 10 KG	
	Si 5 mm < Dmax < 50 mm; M > 200 Dmax	
	Si Dmax ≤ 5 mm; M > 200 Dmax	

CHAPITRE III : ETUDE Sédimentologie Et minéralogie

Si $D_{max} > 5$ mm, tamiser l'échantillon au tamis 5mm {tamisat 0/5, tamisat 0/50}	- Effectuer un broyage à sec de refus - Si un lavage est nécessaire, tremper le refus à 5mm - Laver sur un tamis de 5mm en utilisant le moins d'eau possible - Sécher à une température ne dépassant pas 50°C. - Mélanger les 2 fractions 0/5 mm obtenus par le tamisage initial et l'opération de lavage. - Homogénéiser l'échantillon d'essai par quartage - Déterminer la proportion massique C	$C = \frac{\text{Tamisat 0/5}}{\text{Tamisat 0/50}}$ (tamisat 0/50) $C = 0,99$.															
- Homogénéiser la fraction 0/5 mm pour préparer 3 prises d'essai ayant approximativement les mêmes masses	30 g à 60 g pour les sols moyennement à très argileux. - >60g pour les autres sols. - M0 : utiliser pour l'essai à la tâche. - Mh : déterminer la teneur en eau. - M2 : conservé au cas où l'essai nécessiterait d'être répété.	M0 = 65g Mh = 65g M2 = 65g															
- déterminer la teneur en eau de la prise d'essai (Mh), noter (Ms).	La durée entre deux pesées successives (M_i et M_{i+1}). $R = \frac{(M_i - M_{i+1})}{(M_i)} * 100 < 0,1 \%$ $\omega = \frac{(M_h - M_s)}{(M_s)} * 100$	<table> <tr> <td>h</td><td>H</td><td>h</td></tr> <tr> <td>6</td><td>58,7</td><td>58,7</td></tr> <tr> <td>5 g</td><td>g</td><td>6g</td></tr> <tr> <td>R</td><td>Ms</td><td>ω</td></tr> <tr> <td>=0,08 %</td><td>=59,8 g</td><td>= 5,2 %</td></tr> </table>	h	H	h	6	58,7	58,7	5 g	g	6g	R	Ms	ω	=0,08 %	=59,8 g	= 5,2 %
h	H	h															
6	58,7	58,7															
5 g	g	6g															
R	Ms	ω															
=0,08 %	=59,8 g	= 5,2 %															

CHAPITRE III : ETUDE Sédimentologie Et minéralogie

- Verser (500±5) ml d'eau distillé dans le bécher et ajoute la prise d'essai (M0)	En remuant bien avec la spatule	M0 = 65 g
Agiter la solution colorée et remplir la burette de solution colorée		
- Test à la tache	- Par dose de 5ml avec 1min d'agitation. - Auréole persiste pendant 5min (6 taches). - Si l'auréole disparaît dans 4min: ajouter une autre dose de 5ml $M1 = \left(\frac{M0}{1 + \frac{\omega}{100}} \right); V0/5 = \frac{V}{M1}; \text{---}$ $VBS = \frac{V}{M1} * C$	$\omega = 5,2 \%$ $V = 25 \text{ ml.}$ $M1 = 61,787 \text{ g.}$ $C = 0,99$ $V0/5 = 0,404 \text{ g/100g}$ $VBS = 0,400 \text{ g/100g}$

Cet essai permet aussi à déterminer la sensibilité des sols à l'eau (tableau III.17)

Tableau III.7 Valeurs de VBS en fonction de la sensibilité à l'eau [19].

VBS	Sensibilité à l'eau
< 0,1 (ou 0,2)	sol insensible à l'eau
0,2 – 1,5	sol sablo-limoneux
1,5 – 2,5	sol sablo-argileux
2,5 - 6	sol limoneux plasticité moy.
6 – 8	sol argileux
> 8	sol très argileux

Cet essai permet aussi à déterminer la surface spécifique totale (SST en m²/g) des sols

II-L 'analyse par diffraction ou rayon x

II.1.1- Définition :

La diffractométrie par rayons X est une méthode d'analyse utilisée pour les éléments dont le numéro atomique varie de $Z = 11$ à $Z = 92$. Elle ne peut pas analyser les éléments légers tels que le bore, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène, car leurs longueurs d'onde λ sont trop grandes (selon Eberhart, 1989). Cette méthode est applicable pour des concentrations allant de 3 ppm à 100 % (soit 10^6 ppm). Elle examine les processus de diffusion, d'absorption et d'émission des rayons X. Lorsque des rayons X bombardent un échantillon, ils provoquent l'émission de son spectre, appelé diffraction par rayons X (DRX), car l'excitation est due aux photons. Le spectre obtenu présente des raies caractéristiques des différents éléments présents dans l'échantillon (kennouchi. A).

-l'analyse par diffraction au rayon X :

Les échantillons de la région el meniaa kser est prélevée ont été broyés jusqu'à l'obtention d'une poudre et cela au niveau du laboratoire de l'université de OUARGLA. Ces derniers ont fait l'objet d'analyses par diffractométrie au niveau Du laboratoire du Sahara de l'université de KASDI MERBEH, OUARGLA.

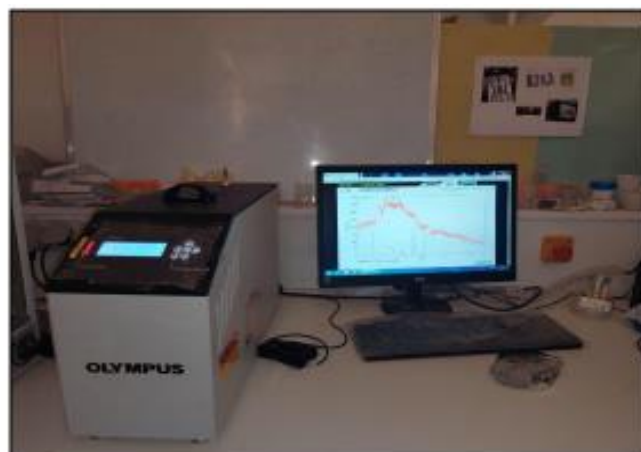


Fig .III11: photo montrant le diffractogramme utilisé

(Laboratoire de géologie de Sahara université Ouargla)

II.1.2 -Principe d'analyse :

✓ A-Diffraction :

Les échantillons de sédiments sont analysés par diffraction des rayons X pour identifier les phases cristallines présentes. La loi de Bragg est utilisée pour déterminer la distance entre les plans atomiques. Les diffractogrammes sont obtenus à l'aide d'un diffractomètre à rayons X Olympus. L'identification des phases minéralogiques est réalisée en utilisant le logiciel High Score du fichier PDF-ICDD pour une estimation semi-quantitative des phases correspondantes.

✓ B-Condition d'analyse :

Le système de diffractomètre est de la marque Olympus.

-Le logiciel utilisé pour le traitement des données est High Score plus.

- Le tube radiogène a une anode en cuivre avec une longueur d'onde de $1.54060 \text{ \AA}$.

- Les angles de départ et final sont respectivement de 2,0000 et 70,0000 degrés 2Theta.
- La taille du pas est de 0,0170 degrés 2Theta et le temps du pas est de 35,5363 secondes.
- La tension du générateur à rayons X est de 40 mA et 45 kV.

✓ **C-Résulta et discussions de la diffraction :**

L'étude diffractométrique a pour objectif de déterminer de manière semi-quantitative les pourcentages des minéraux constituant les alluvions de l'oued Tamanart ainsi que les produits d'altération météorique des roches en place dans la zone étudiée.

II11.3.La description des résulta du diffractogramme des rayon X de la coupe :

La courbe fournie représente des spectres de diffraction des rayons X (XRD) avec identification de phase et analyse quantitative de la composition minérale. Chaque spectre présente des pics correspondant à différentes phases minérales identifiées par les angles de diffraction caractéristiques (2θ) dans la région Touggourt sur la route de Messaad, par : Échantillon 2figure (Fig :), Minéraux identifiés : (Gypsum , calcite, Quartz, dolomite)

Pourcentages des minéraux fins qui ont résisté à Gypsum (57%), des dolomite (29%), des Quartz (10%) et des, calcite (4%).

✓ **A-Analyse :**

- ✓ Cette échantillon (1) compose à minéraux souvent :
- ✓ (Le Gypsum et la dolomite) ont la plus haute densité, ce qui indique qu'ils sont les minéraux les plus abondants.
- ✓ (La quartz et le calcite) contribuent également de manière significative.
- ✓ La diffraction de rayon X nous montre des minéraux Argile tell que Kaolinite et Illite
- ✓ Le diffraction de rayon X nous montre des minéraux carbonate tell que dolomite et calcite et gypse et quartz
- ✓ Le minéraux évaporitique gypse
- ✓ Le minéraux non évaporitique dolomite et calcite et quartz

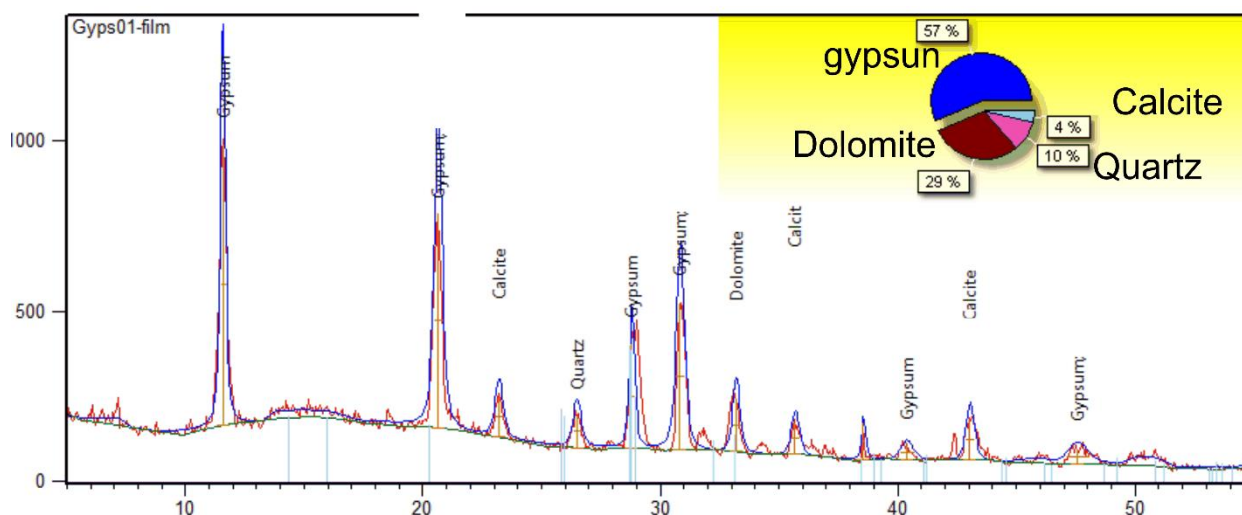


Fig.III12 : Diffraction des rayons X de l'échantillon 01

II.1.4. La description des résultats du diffractogramme des rayons X de la coupe :

La courbe fournie représente des spectres de diffraction des rayons X (XRD) avec identification de phase et analyse quantitative de la composition minérale. Chaque spectre présente des pics correspondant à différentes phases minérales identifiées par les angles de diffraction caractéristiques (2θ) dans la région Touggourt sur la route de Messaad, par : Échantillon 1 figure (Fig :), Minéraux identifiés : (Gypsum, calcite, Quartz, dolomite)

Pourcentages des minéraux fins qui ont résisté à Gypsum (52%), des dolomite (16%), des Quartz (17%) et des, calcite (13%).

✓ A-Analyse :

- ✓ Cette échantillon (2) compose à minéraux souvent :
- ✓ (Le Gypsum et la dolomite et la calcite) ont la plus haute densité, ce qui indique qu'ils sont les minéraux les plus abondants.
- ✓ (La quartz) contribuent également de manière significative.
- ✓ La diffraction de rayon X nous montre des minéraux Argile tell que Kaolinite et Illite
- ✓ Le diffraction de rayon X nous montre des minéraux carbonate tell que dolomite et calcite et gypse et quartz
- ✓ Le minéraux évaporitique gypse
- ✓ Le minéraux non évaporitique dolomite et calcite et quartz

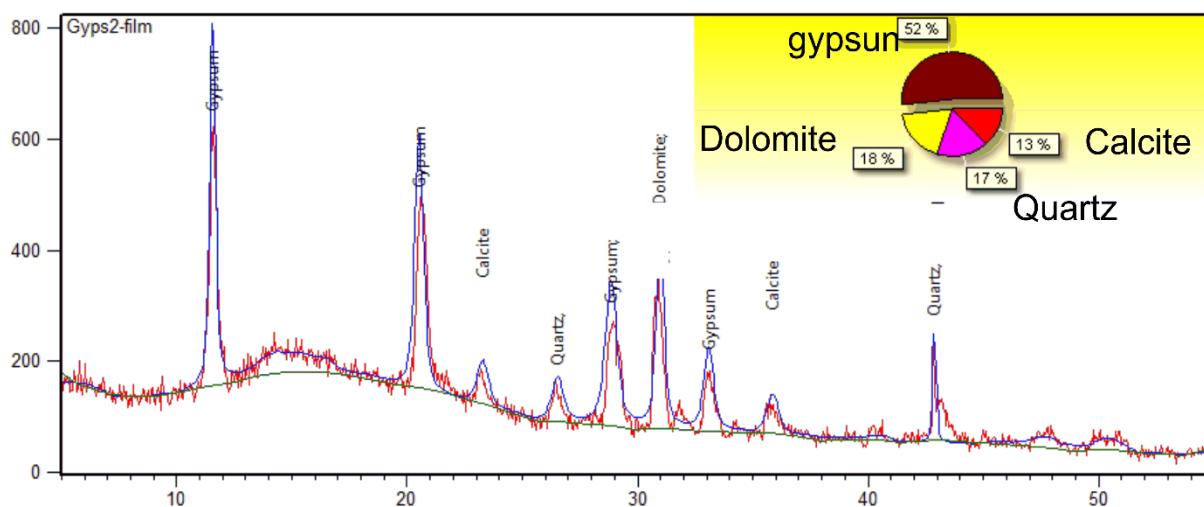


Fig.III13 : Diffraction des rayons X de l'échantillon 02

➤ III-Interprétation :

Le diffraction de rayon X nous montre des minéraux carbonate tel que dolomite et quartz et calcite et gypse. Le minéraux évaporitique gypse. Le minéraux non évaporitique dolomite et calcite et quartz. La relation entre Diffraction des Rayons X et étude pétrographie : toute les minéraux que apparaissent au DRX sont montrés par l'étude pétrographie lame mince. Il y a des acceptations on ne peut pas les déterminer quelque minéraux parce qu'ils sont amorphes donc le DRX ne les détecte pas.

III.1.4 Analyse dosage des chlorures

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3) en présence de chromate de potassium (K_2CrO_4). Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble et précipitant. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (Rodier et al, 2005). On prélève 10ml de l'eau à analyser, dans un bécher. Ajoute 1ml de l'indicateur chromate de potassium donne une coloration jaune.

puis fait le titrage avec la solution Nitrate d'argent (0.02N) jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre (Rodier et al, 2005). Le taux de chlorures, en mg/l, est donné par la méthode de MOHR (BS), révisée par M.J BOWLY 1979.

➤ Le mode opératoire

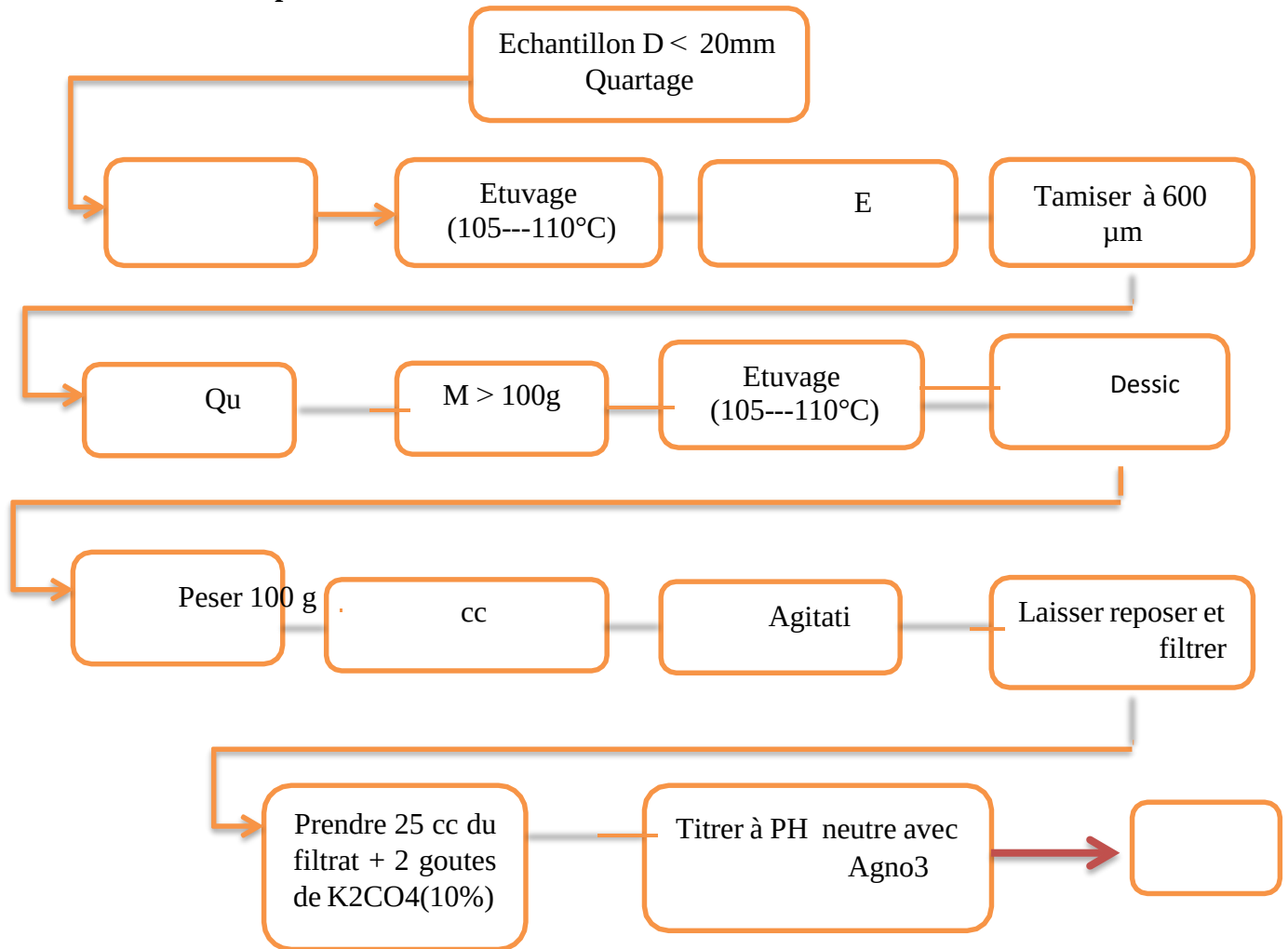


Figure III.14 schéma de le mode opératoire normatif pour analyse de dosage de chlorure.

$$\% \text{Cl}^- = 56.72 * 10^{-4} *$$

Si : V= 25 cc

AgNO₃: 0.02



T AgNO₃/Cl⁻ = 7.09*10⁻⁴

Masse volumique

La masse volumique d'un corps est la masse de l'unité de volume de ce corps, on distingue : La masse volumique absolue et la masse apparente. Elle est exprimée en g/cm^3 ou kg/m^3 .

Masse volumique apparente :

La masse volumique apparente est un rapport entre la masse d'un matériau et le volume apparent des grains de matière. Le rapport tient compte des vides interstitiels et des vides liés aux pores du matériau.

Tableau III.8: Résultats des essais de la masse volumique apparente de l'échantillon 1.

Volume de récipient V	161.24	
Poids P	52.5	
P1 + T	209.1	P1 = 156.6
P2 + T	211.2	P2 = 158.7
P3 + T	223.2	P3 = 170.7
P4 + T	228.3	P4 = 228.3
Poids moyen Pm (P1+P2+P3+P4)/4	165.4	
Masse volumique Apparente P/V	1.026	

- La masse volumique apparente moyenne est 1.026 g/cm^3 .

4.1.1.1 Masse volumique absolue :

La masse volumique absolue : c'est la masse de l'unité de volume absolu du corps, sans tenir compte du volume du vide.

$$\rho = M/V$$

M : masse de l'échantillon.

V : volume de récipient occupé par l'échantillon.

Tableau III.9: Résultats des essais de la masse volumique absolu de l'échantillon 1

Poids des agrégats sec P1	P1 = 200 g
Poids de récipient pleine d'eau P2	P2 = 564.2

	g
$P3 = P1+P2$	$P3 = 764.2$
	g
Poids de récipient+agrégat+ l'eau $P4 =$	$P4 = 670.6$
	g
Volume des agrégat $V = P3 - P4$	$V = 93.65$
	cm³
Masse volumique Absolue	2.13
	g/cm³

- La masse volumique absolue moyenne est **2.136 g/cm³**.

Tableau III.10 : Résultats des essais de la masse volumique apparente de l'échantillon 2

Volume de récipient V	1.24	
Poids P	2.5	
$P1 + T$	3.2	$P1 = 170.7$
$P2 + T$	8.8	$P2 = 158.7$
$P3 + T$	9.6	$P3 = 187.1$
$P4 + T$	35	$P4 = 182.5$
Poids moyen Pm $(P1+P2+P3+P4)/4$	1.5	
Masse volumique Apparente P/V	26	

- La masse volumique apparente moyenne est **1.126 g/ cm³**.

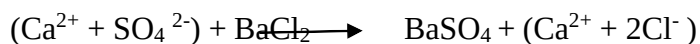
Tableau III.11: Résultats des essais de la masse volumique absolu de l'échantillon 2.

Poids des agrégats sec P1	P1 = 200 g
Poids de récipient pleine d'eau P2	P2= 564.2 g
P3 = P1+P2	P3= 764.2 g
Poids de récipient+agrégat+ l'eau P4 =	P4 = 613.1 g
Volume des agrégat V= P3 – P4	V=151.1 m³
Masse volumique Absolue	1.323 g/m³

- La masse volumique absolue moyenne est 1.323 g/cm³.

III.4.3 Dosage des sulfates SO₃ :

Le dosage du taux de sulfate dans le plâtre se fait par la méthode gravimétrique, on fait précipiter les ions SO²⁻ de plâtre avec les ions Ba²⁺ du chlorure de baryum puis on pèse le précipité de sulfate de baryum BaSO₄ formé. [9]



CHAPITRE III : ETUDE Sédimentologie Et minéralogie

- Mode opératoire

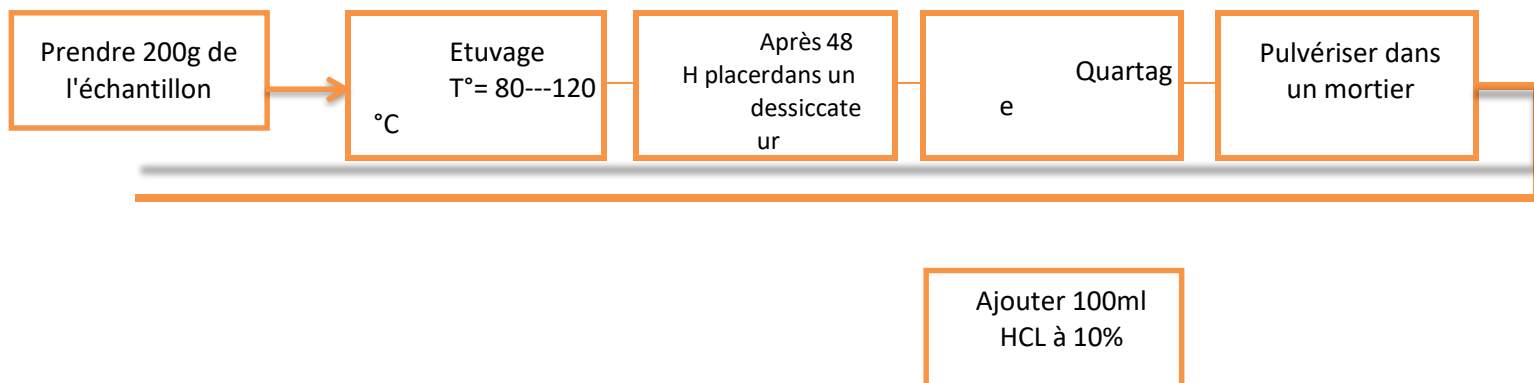


Figure III.15 schéma de le mode opératoire normatif pour analyse de dosage de sulfates. Les formules de calculs :

$$SO_3^{-2} = 34.3 \times (P2 - P1) / P^{\circ}$$

$$SO_4^{-2} = 41.2 \times (P2 - P1) / P^{\circ}$$

$$CaSO_4 = 2.15 \times (P2 - P1) / P^{\circ}$$

$$SO_3^{-2} \text{ INS} = 100 \times (P2 - P1) / P^{\circ}$$

Détermination la teneur en carbonates

- Mode opératoire

	Echantillon 1	Echantillon 2
% CaCO ₃	4	14

Figure III.16 schéma de le mode opératoire normatif pour analyse de dosage de Carbonates.

Tableau III.12 Présent Récapitules analyses chimique sommaire sur laboratoire des travaux publics du sud.

CHAPITRE III : ETUDE Sédimentologie Et minéralogie

Echantillon	Equipement/	Echantillon 1		Echantillon n 2	
Insolubles NFP 15-461	Creuset+ précipité	31.950		34.602	
	Creuset vide	31.940		34.492	
	Poids de résidu	0.016		0.11	
	% Insolubles	1.6		11	
SULFATES BS 1377	Creuset+ précipité	65.856		50.250	
	Creuset vide	65.315		49.740	
	Poids de résidu	0.541		0.515	
	% SO ⁻² 3	18.5563		17.6643	
	% SO ⁻² 4	22.2892		21.218	
	% CaSO 3	39.896		37.978	
CARBONATES NFP 15-461	V (NaOH)	9.6		8.6	
	% CaCO3	4		14	
CHLOREURES Méthode de MOHR	PHi	7.54		7.59	
	PHt	****		****	
	V (AgNO3)	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2
		1.1	*** *	5. 1	* ***
	Vm	1.1		5.1	
	% Cl ⁻	0.005		0.0277	
	% NaCl	0.008		0.045	

Conclusion

CONCLUSION GENERAL

Conclusion général

L'objectif de cette étude est de procéder à une caractérisation sédimentologique et géochimiques ainsi qu'une identification minéralogique des différents minéraux rentrant dans la constitution des sablo-calcaires sous Sahara de la région Touggourt.

De point de vue sédimentologie: la région de Touggourt se présente comme une cuvette de bassin oued righ, elle occupe le bas fond de la vallée. Cette dernière occupe la plus grande partie du bas-Sahara. La ville de Touggourt, installée avec ces palmeraies en zone ouasis, constitue un lieu idéal à l'agglomération et à la stagnation des eaux, sous l'influence des conditions climatiques, caractérisées par une aridité extrême et une sécheresse permanente. Le domaine continental se caractérise par des dépôts souvent très localisés.

Les carbonates sont le résultat de précipitations inorganiques, quand ils peuvent être liés à un mécanisme d'évaporation ou encore au mélange d'eaux à pH différents >7 qui est indiquée la présence de minéraux basiques tel que : feldspath, et les minéraux argileux.

De point de vue géochimie en fait sur la base d'une série d'essai au laboratoire certifié avec respect toutes les exigences et perspectives des expériences qui est permis de d'obtenir les caractéristiques suivantes :

- Une granulométrie semi étalée - mal graduée, avec une dénomination des matériaux: sable, matière organique, sable limoneux
- Une masse volumique comprise entre $(1,15)$ t/m³.
- Une fraction sable limoneux peu plastique, indice de plasticité moyennement 1,6%, qui est un indice que le sol de carrières étudié a une faible teneur en argile.
- Indice de consistance $I_c < 1$, peu solide.
Indice de bleu méthylène < 1 , sol insensible à l'eau.
- Les analyses DRX et XRF ont montré que les échantillons enrichies de gypse et calcite et une faible pourcentage des minéraux secondaires argileux.

Au stade de recherche sédimentologique couplée à l'étude géochimique, on peut conclure que le sol est composé de plusieurs faciès qui sont sable, et calcaires, limon mais à dominance argileuse. Le contenu organique de zone étudiée est de volume moyenne à bonne avec un potentiel pétrolier transformant de pauvre à moyen. La matière organique est préférentiellement de source continentale et marine par endroits. Elle atteint le début de maturité à partir de l'étage turonien. Elles sont constituées de formations argileuses et calcaires avec un potentiel pétrolier à gaz relativement bon.

Bibliographique

Référence :

1. Bouché-Pillon, C., et al. (2000). "Sedimentary Evolution of the Oued Righ Basin in the Algerian Sahara." *Journal of African Earth Sciences* .
2. Busson, G. (1970) (Le Mésozoïque saharien. 2ème partie : Essai de synthèse des données dessondages algéro-tunisiens. Edit., Paris, « Centre Rech. Zones Arides », Géol., 11,811p. Ed.C.N.R. S).
3. Belkebir, A., et al. (2015). "Hydrogeological and Sedimentological Study of the Touggourt Region." *Hydrogeology Journal*.
4. FABRE J. (2005) - Géologie du Sahara occidental et central. Musée royal de l'Afrique centrale-Belgique. Géosci., p. 1-572.
5. .LCPC & SETRA., guide technique : Réalisation des remblais et des couches de forme, Fascicule I, Principes généraux. Deuxième Edition 2000.
6. MEDJANI .F.(2016).Thèse de Doctorat en Hydrogéologie sur le thème (Variation des paramètres physicochimiques des eaux des sebkhas de la région Ouargla-Touggourt
7. Octobre 2011.Thèse doctorat, université Extha & Université du Sud Toulon Var sur le thème Synthèse et caractérisation de matériaux composites à base de sulfate de calcium destinés à la protection incendieCéline Martias .
8. Kadri,A Et Legougu,M,2023(Theme Suivi D'un Forage D'aep Dans La Region De Touggourtuniversite KASDI MERBAH OUARGLA).
9. Rev. Sci. Technol., Synthèse 32: 42 -57 (2016), Qualité hydro chimique des eaux de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et évaluation de sa vulnérabilité à la pollution MohamedSalah Belksier * , Salah Chaab & Fella Abour Laboratoire de Géologie, Université Badji Mokhtar, BP 12, 23000, Annaba, Algérie.
10. Saggai., E ; Gost ,.Y (2019) Etude Sédimentologie Minéralogique de Ghours Eddebs Metlili, Mémoire De Master, Universite Kasdi Merbah – Ouargla.
11. SAADANI., M ; GHALI., B. (2022) Apport de la pétrographie et de la minéralogie
12. Sahli, A.. (2022)."Stratigraphy and Sedimentology of the Oued Righ Depression." *Geological Journal*.