

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 FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie

Option :

Géologie des Bassins Sédimentaires

THEME

**Initiation à une étude géotechnique et
analyse minéralogique des argiles
oxfordiennes de la région Tiaret.**

Soutenu publiquement par :

BENKHEDAA ABDEL HAKIM

Le --/--/2016

Devant le jury :

Président :	KECHICHED Rabah	M. A. A Univ. Ouargla
Promoteur :	CHERIF Amine	M. A. A Univ. Ouargla
Examineur :	HADDANE Abdennour	M. A. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2015/2016



Dédicace

Je dédie humblement ce mémoire :

À mes très chers parents pour leur amour, soutien et encouragement.

À toutes mes sœurs qui n'ont pas cessé de m'apporter le soutien durant mon cycle de formation.

À tous mes frères, pour leur présence et encouragement.

À mes supers amis qui m'ont appris de vivre la vie pleinement et d'aller jusqu'au bout des choses, qu'il trouve à travers ces lignes ma profonde et éternelle reconnaissance

À tous les anges de la famille, ceux qui m'ont fait rire quand j'en avais vraiment besoin.

À mes enseignants pour les plus belles années de ma vie.

Aux étudiants de mon Groupe de géologie des bassins sédimentaire première promo 2015/2016.

Remerciements

Toute la gratitude et le merci à Dieu le tout puissant, qui a fait que ce travail soit mené à terme.

Je tiens à remercier mon encadreur Mr CHERIF Amine pour la confiance qu'il m'a témoignée en me confiant ce travail, pour son aide, ses conseils et pour sa disponibilité durant toute la période de mon stage.

Nos plus vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont facilité la tâche pour la réalisation de ce travail de près ou de loin (Laboratoire des Travaux Publics du Sud (LTPS),.....

À Mr. KECHICHED Rabah d'avoir accepté de présider les jurys et aussi à Mr. HADDANE Abdennour qui a accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions également tous les enseignants du Département des Sciences de la Terre et de l'Univers pour leur contribution à cette formation.

Sommaire

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Minéralogies des argiles

Introduction	2
1-définition des argiles.....	2
2- la structure des minéraux argileux.....	2
3-les espèces des minéraux argileux.....	4
4- origine des argiles.....	6
4.1- héritage et altération.....	6
4.2- néoformations en milieux confinés.....	7
5- nature des minéraux argileux.....	7

Chapitre II : Cadre Général d étude

1- Cadre géographique.....	9
2- Cadre géologique.....	10
3-Stratigraphie et lithologie.....	11
4- Historique Sur l'étude des séries détritiques du Callovien - Oxfordien – Kimmeridgiens.....	14

Chapitre III : Matériels Et Méthodes Utilisées

1-Echantillonnage.....	16
2-L'analyse minéralogique par diffraction aux Rayons X.....	17
2.1-But de l'analyse.....	17
2.2- Considérations générales.....	17
2.3 .Application de la DRX A l'étude des minéraux argileux.....	19
2.4- La détermination des minéraux argileux par DRX.....	19

3-Analyses Physico-Chimiques.....	20
3.1-Analyses Physique.....	20
3.1.1-La teneur en eau.....	20
3.1.2-L'analyse Granulométrique- Sédimentométrique par tamisage	20
3.1.3-Limites d'atterberg : (Limites de liquidité et de plasticité et Indice de plasticité)	24
Limite de liquidité Wl.....	25
Limite de plasticité Wp.....	25
Indice de plasticité Ip.....	25
3.1.4-La densité.....	25
3.2-Analyses Chimiques.....	26
3.2.1-Détermination de la teneur en carbonate CaCO ₃	26
3.2.2-Détermination de la teneur en Chlorure:.....	27
3.2.3-Détermination de la teneur en Sulfates.....	28
3.2.4-Détermination des Insolubles.....	29
3.2.5-L'essai du bleu de Méthylène.....	29
3.2.6-Teneur de la matière organique.....	30

Chapitre Vi : Résultats Expérimentaux

1-Résultats des analyses minéralogiques par diffraction aux Rayons X.....	33
2-Résultats des essais physico-chimiques (étude géotechnique).....	36
- Introduction.....	36
- Réalisation des essais.....	36
- Programme des essais.....	36
Essais Physico-Chimiques.....	38
2.1-Essai Physique.....	38
2.1.1.1-La teneur en eau.....	38
2.1.1.2-L'analyse Granulométrique- Sédimentométrique Par Tamisage.....	39
2.1.1.3-Limites d'atterberg : (Limites De liquidité et de plasticité et indice de plasticité).....	43
2.1.1.3.1-Limite de liquidité Wl.....	43
2.1.1.3.2-Limite de plasticité Wp.....	44

2.1.1.3.3 -La densité.....	49
2.1.2-Analyses Chimique.....	50
2.1.2.2-Détermination de la teneur en carbonate CaCO ₃	50
2.1.2.3-Détermination de la teneur en chlorure.et sulfates.....	51
2.1.2.4- Teneur de la matière organique.....	53
3-Classification du sol d'après les résultats obtenus.....	53
Conclusion Générale.....	55

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La région étudiée est située dans la partie nord-ouest du pays. Elle s'inscrit dans les Monts de Saïda (pour le secteur de Takhemret) et les Monts de Frenda (secteur de Frenda). Ces secteurs présentent une diversité d'unités naturelles qui caractérisent les deux grands ensembles morphologiques : l'Atlas tellien et les Hautes plaines. Le climat est caractérisé par deux périodes principales: un hiver froid et relativement humide et un été chaud.

Notre étude a porté surtout sur la partie argileuse de la Formation des Argiles de Saïda. L'argile est une matière première utilisée depuis l'antiquité. Elle est nécessaire pour la fabrication des objets utilisés dans la vie quotidienne. Elles apportent aux géologues des informations sur les conditions environnementales (source nourricière, conditions de formation, diagenèse...). Pour ceci, nous avons tenté de réaliser des essais physico-chimiques ainsi que des analyses de diffractométrie de rayon x , afin de détecter des compositions minéralogique des argiles oxfordienne (DRX) sur des échantillons prélevée.

Objectif :

L'étude géotechnique a été réalisée dans le laboratoire L.T.P.S. Elle a pour objet déterminer les caractéristiques physico-chimiques d'un sol pour réaliser un ouvrage. Mais cette initiation reste insuffisante pour mettre en évidence toutes les caractéristiques physico-chimiques de ces argiles.

Les analyses minéralogiques (DRX) de la Formation des Argiles de Saïda ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'Université de Laghouat Amar Thelidji pour détecter des compositions minéralogique des argiles oxfordiennes.

Chapitre I

Minéralogies des argiles

Introduction

Le but de ce chapitre est de présenter des notions de base sur la structure des minéraux argileux, les propriétés physico-chimiques et les particularités qui permettent de définir la composition minéralogique d'argile étudié.

1-Définition des argiles

Les argiles sont des aluminosilicates plus ou moins hydratés et la majorité des minéraux argileux appartiennent au groupe des silico-aluminates phylliteux. Ils sont organisés en couches planes, constituées d'unités structurales tétraédriques et octaédriques reliées par leurs sommets. Ce type de structure a très grande surface spécifique associée à des caractéristiques physico-chimiques très particulières, ce qui explique la capacité des argiles à admettre de nombreux échanges de cations et d'anions dans le réseau ou adsorbés en surface.

2- La structure des minéraux argileux

Les minéraux argileux constituent un groupe minéralogique complexe, ce sont des phyllosilicates ou des silicates en feuillets de taille inférieure à $2\mu\text{m}$. Cela signifie qu'ils sont formés par l'empilement de feuillets qui constituent un empilement de couches ; une ou deux couches tétraédriques, une couche octaédrique et un espace inter foliaire qui contient souvent des cations.

On se basant sur leur structure, il est possible de distinguer les différents types de minéraux argileux par:

Le nombre de couches d'octaèdres et de tétraèdres dans le feuillet élémentaire;

L'équidistance dans les conditions naturelles;

Les variabilités de cette équidistance sous l'action des traitements divers.

Les minéraux argileux sont formés par l'empilement des feuillets élémentaires constitués à partir de deux motifs de couches de base :

Une couche tétraédrique siliceuse et une couche octaédrique alumineuse. L'équidistance basale d ou la réflexion de base est la somme des épaisseurs du feuillet et de l'inter feuillet.

L'association de ces deux motifs de couches conduit à trois principaux types de minéraux (tab. 1):

Minéraux de type 1/1 ou T-O avec une couche tétraédrique et une couche octaédrique.

L'équidistance caractéristique est voisine de 7 Å. A ce type correspond le groupe de la kaolinite;

Minéraux de type 2/1 ou T-O-T à une couche octaédrique encadrée par deux couches tétraédriques. L'équidistance caractéristique varie de 9.4 à 15 Å selon le contenu de l'inter-feuillet (tableau 1) ;

Minéraux de type 2/1/1 ou T-O-T-O à une couche d'octaèdres encadrée par deux couches tétraédriques, et un inter feuillet constitué par un feuillet brucitique. L'équidistance caractéristique est alors d'environ 14 Å, ce type correspond au groupe des chlorites.

Type de minéraux	Caractère		Familles	Formule chimique	
T-O	dioctaédrique		7°A stable	kaolinites	$Si_2 O_5 Al_2 (OH)_4$
			10 °A variable	halloysites	$Si_2 O_5 Al_2 (OH)_4 nH_2O \quad n = 2$
T-O-T	dioctaédrique	Equidistance	10 °A stable	pyrophyllite illites	$Si^4_4 O_{10} Al_2 (OH)_2$ $(Si_{(4-x)} Al_x) O_{10} (Al)_2 (OH)_2 (K)_x \quad x = 0.5$
			10 °A variable	monmorillonites beidellites	$Si_4 O_{10} (Al_{(2-x/2)} (R^{2+})_{x/2}) (OH)_2 \quad x/2 \text{ CE}$ nH_2O $(Si_{(4-x)} Al_x) O_{10} (Al)_2 (OH)_2 \quad xCE$
				vermiculite dioctaédrique	$(Si_{(4-x)} Al_x) O_{10} Al_{(2+y/3)} (OH)_2 \quad CE_{(x-y)}$
	trioctaédrique		10°A stable	talcs	$Si_4 O_{10} Mg_3 (OH)_2$
			10°A variable	stévensite saponites vermiculites	$Si_4 O_{10} (Mg_{(3-x)} xR^+) (OH)_2 \quad xCE, nH_2O$ $(Si_{(4-x)} xAl) O_{10} (R^{2+})_3 (OH)_2 \quad xCE, nH_2O$ $(Si_{(4-x)} Al_x) O_{10} ((3-y)R^{2+} yR^{3+}) (OH)_2$ $(x-y)CE, nH_2O$
				chlorites vraies	$((4-x)Si \quad xAl) O_{10} (R^{2+})_3 (OH)_2$ <i>mica</i> $(xR^{3+} \quad (3-x)R^{2+}) (OH)_6$
T-O-T-O			14°A variable	pseudo-chlorites	<i>feuillet brucitique</i> $(4-x)Si \quad xAl \quad O_{10} (Al)_2 (OH)_2 \quad xCE$ <i>Beidellite</i> $(Mg_3 (OH)_6)$ <i>feuillet brucitique</i>

Tab. 1 : Les grandes familles des minéraux argileux (Callière *et al.*, 1982)

3-Les espèces des minéraux argileux

Les minéraux argileux sont des silicates d'alumine hydratés et cristallisés, subdivisés en trois variétés (Brindley & Brown, 1980).

Si ces minéraux sont à couche octaédrique discontinue, on parle de minéraux type fibreux. Ils appartiennent à la famille de la sépiolite ou de la palygorskyte. Leurs structures ont des caractères communs avec celles des phyllosilicates, car leur faciès fibreux résulte d'une discontinuité du feuillet dans le sens de la largeur. Les couches T sont continues et constituées de tétraèdres qui n'ont pas tous la même disposition. Les couches octaédriques sont discontinues.

Si ces minéraux sont à couche octaédrique continue et constitués par l'empilement du même feuillet (exemples : O-T/ O-T/ O-T... ou T-O-T/ T-O-T/ T-O-T...), on parle des minéraux types 1/1, 2/1, 2/1/1 (tableau 1).

Si ces minéraux sont à couche octaédrique continue et constitués par l'empilement des feuillets différents, cet empilement peut être régulier (T-O-T/ O-T/ T-O-T/ O-T...) : cas des inter stratifiés ou polyphyllites réguliers, ou irrégulier (O-T/ T-O-T/ T-O-T/ O-T...): cas des inter stratifiés ou polyphyllites irréguliers. Le tableau 2 présente les minéraux inter-stratifiés naturels les plus courants.

La plupart des groupes des minéraux argileux se divisent en deux groupes principaux ; les minéraux di-octaédriques et tri-octaédriques. La distinction entre les deux groupes se fait à partir de la composition des octaèdres; si les six équivalences négatives du cet octaédrique sont compensées par trois cations divalents (Fe_2^+ , Mg_2^+ ...) (les trois cavités sont remplies par des cations divalents) on parle des minéraux tri-octaédriques.

Si la compensation est assurée par deux cations trivalents (Fe_3^+ , Al_3^+ ...) (deux cavités sur trois sont remplies par des cations trivalents), il s'agit des minéraux di-octaédriques (Alliprandi, 1979).

a. La kaolinite

C'est le minéral argileux le plus commun des roches sédimentaires. Il est dominant dans les dépôts continentaux. Il provient de l'altération, en milieu acide (climat chaud et

humide) ou hydrothermal, à partir des feldspaths, des feldspathoïdes et d'autres silicates. Les argiles kaoliniques sont de couleur gris-blanchâtre légèrement, jaunâtre (Milot, 1964,1972).

b. La montmorillonite.

C'est le résultat d'une altération des roches éruptives ignée essentiellement basiques et particulièrement riches en cations bivalents (Ca_2^+ et Mg_2^+). Le milieu ne doit pas être riche en potassium. Les argiles montmorillonitiques sont blanches (Milot, 1964,1972). La structure élémentaire d'un feuillet de montmorillonite est constituée de deux plans tétraédriques et d'un plan octaédrique. Il en résulte, ainsi, une faible liaison entre deux feuillets consécutifs (Cailler *et al*, 1982)

c. L'illite

C'est un minéral dominant dans les dépôts marins anciens. Il peut être produit par altération, en milieu basique, des micas et des feldspaths alcalins. Les argiles illitiques sont vertes et peu plastiques. Elles fondent à basse température. Seulement, elles possèdent de remarquables propriétés adsorbants. Sa structure élémentaire est identique à celle de la montmorillonite. Seulement, la présence d'ions de potassium (K^+), entre les feuillets, rééquilibre et renforce les liaisons. Ce qui rend, ainsi ce type d'argile moins sensible au phénomène de gonflement (Cailler *et al.*, 1982 et Bertois, 1974).

d. la Glauconie

C'est un minéral vert ferrifère proche de l'illite exclusivement formé en milieu marin peu profond.

e. La chlorite

Les chlorites sont des minéraux typiques du métamorphisme. On les trouve, fréquemment, dans les fissures des roches et dans les sédiments récents Dans les roches sédimentaires, la chlorite riche en fer est issue de l'altération des minéraux ferromagnétiques (pyroxène, biotite...) (Milot, 1964) Elle a un feuillet d'une épaisseur double de celui de la kaolinite, comprenant une couche octaédrique dite brucitique (la brucite : $\text{Mg}(\text{OH})_2$),

Le feuillet brucitique est, parfois, incomplet. Sa liaison est donc assez faible et permet l'introduction de l'eau (S.Cailler, S.Hénin et M.Rautureau, 1982; Bertois, 1975) La chlorite répandue dans les milieux potassiques

f) la Vermiculite

Fréquente dans les sols de la zone tempérée. La couche octaédrique contient du Fe et du Mg. La vermiculite est proche des illites et chlorite mais montre des propriétés gonflantes.

g) Les argiles fibreuses

Les feuillets sont discontinus et forment des rubans. Les principaux types sont la sépiolite et l'attapulгите ou paligorskite. On les trouve dans les milieux confinés.

h. Les interstratifiés .

Certains minéraux argileux peuvent s'associer pour former, essentiellement, des minéraux argileux mixtes, appelés communément les inter- stratifiés « Mixed layer Clay minéral ». Il faut savoir que les feuillets élémentaires sont de nature différente et en proportions variables. Ils peuvent se présenter sous deux formes: régulières et irrégulières.

Les inter-stratifiés les plus fréquents sont ceux qui alternent en deux types de feuillets (illite-montmorillonite, illite-chlorite et kaolinite-chlorite)

Certains de ces inter-stratifiés, surtout de type régulier, ont été bien identifiés et définis. On cite à titre d'exemple, la bravai site (illite-montmorillonite) et la corrensite.(chlorite-montmorillonite) (Milot, 1964)

Cependant, l'interstratification se produit, le plus souvent au hasard, avec une alternance irrégulière des feuillets. Par conséquent, la classification devient impossible (Milot, 1964 et Bertois, 1975)

4- ORIGINE DES ARGILES

4.1- Héritage et altération

Les minéraux argileux résultant de la destruction des roches, peuvent soit rester sur place (argiles résiduelles, ex: argiles à silex, argiles de décalcification) soit être transportées sur de longues distances (ex: argiles des fonds océaniques). En fonction des roches mères et du climat, les minéraux argileux résultant sont différents. En climat froid: l'altération est faible, les minéraux argileux sont identiques ou peu différents des minéraux de la roche (illite et chlorite), ils sont hérités de la roche d'origine. En climat chaud et humide,

l'hydrolyse est poussée, la kaolinite se forme en milieu drainé, le smectite en milieu confiné. En climat tempéré, humide, l'altération est modérée, il apparaît des interstratifiés, des illites et chlorites dégradées, de la vermiculite.

4.2- Néoforrnations en milieux confinés

Les argiles fibreuses se forment dans des croûtes calcaires, dans des zones à climat à saison sèche marquée, dans des milieux évaporitiques sur salés:

* néoformation de sépiolite par concentration des ions par évaporation.

Certains minéraux argileux se forment en dehors des sols à partir des ions en solution.

*néoformation de glauconie (illite ferrifère) dans les vases littorales.

* néoformation des "argiles rouges des grands fonds" (smectites ferrifères provenant des vases calcaires et siliceuses et des cendres volcaniques).

5- Nature des minéraux argileux.

Selon le climat, l'origine des minéraux est variable:

* héritage: à partir de la roche-mère

* transformation: à partir d'autres minéraux argileux

* néoformation: formés à partir des ions transportés par l'eau du sol.

La nature de la roche mère joue un rôle :

* l'altération d'une roche acide, comme le granite, donne plutôt de la kaolinite

* l'altération d'une roche basique, comme le basalte, donne plutôt des smectites.

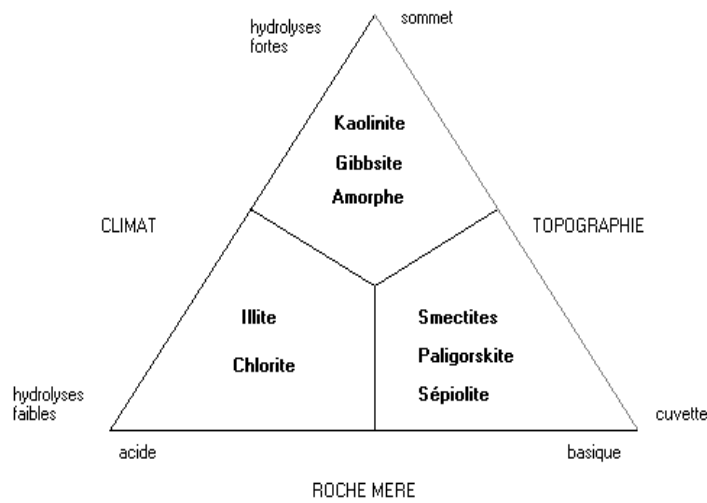


Fig. 1 :Types de phyllosilicates formés au cours de l'altération.

La topographie, qui commande le drainage, intervient également :

- * sur une pente, où le drainage et le lessivage sont bons, la formation de kaolinite est favorisée.
- * dans une cuvette, milieu confiné où se concentrent les solutions, se forment plutôt des smectites.

CLIMAT	VEGETATION et SOL	ORIGINE des ARGILES	MINERAUX FREQUENTS
Glaciaire	Toundra	Héritage	illite chlorite
Boréal Tempéré	Taiga et Forêt Podzol, Sols Bruns	Transformation Héritage	vermiculite, interstratifiés, illite, chlorite, smectites
Méditerranéen Subtropical	Steppes, savane FerSiAlitique	transformation néoformation héritage	Smectites
Désertique	Néant	Héritage	illite, chlorite
Equatorial	Forêt Ferralitique	Néoformation	gibbsite, kaolinite

Tab. 2 :Occurrence des minéraux argileux dans le sol en fonction du climat.

Chapitre II :

Cadre General De L'etude

1- Cadre Geographique

Le secteur étudié fait partie du domaine tlemcenien oriental (Fig. 1). (Elmi, 1978 ; Wildi, 1981) . Ce domaine est situé entre l' Atlas tellien au Nord et les Hauts-Plateaux oranais au Sud.

Il correspond à une large bande, approximativement orientée Ouest-Est, fait de terrains s'étendant des frontières algéro-marocaines jusqu'au Sud de la ville de Tiaret

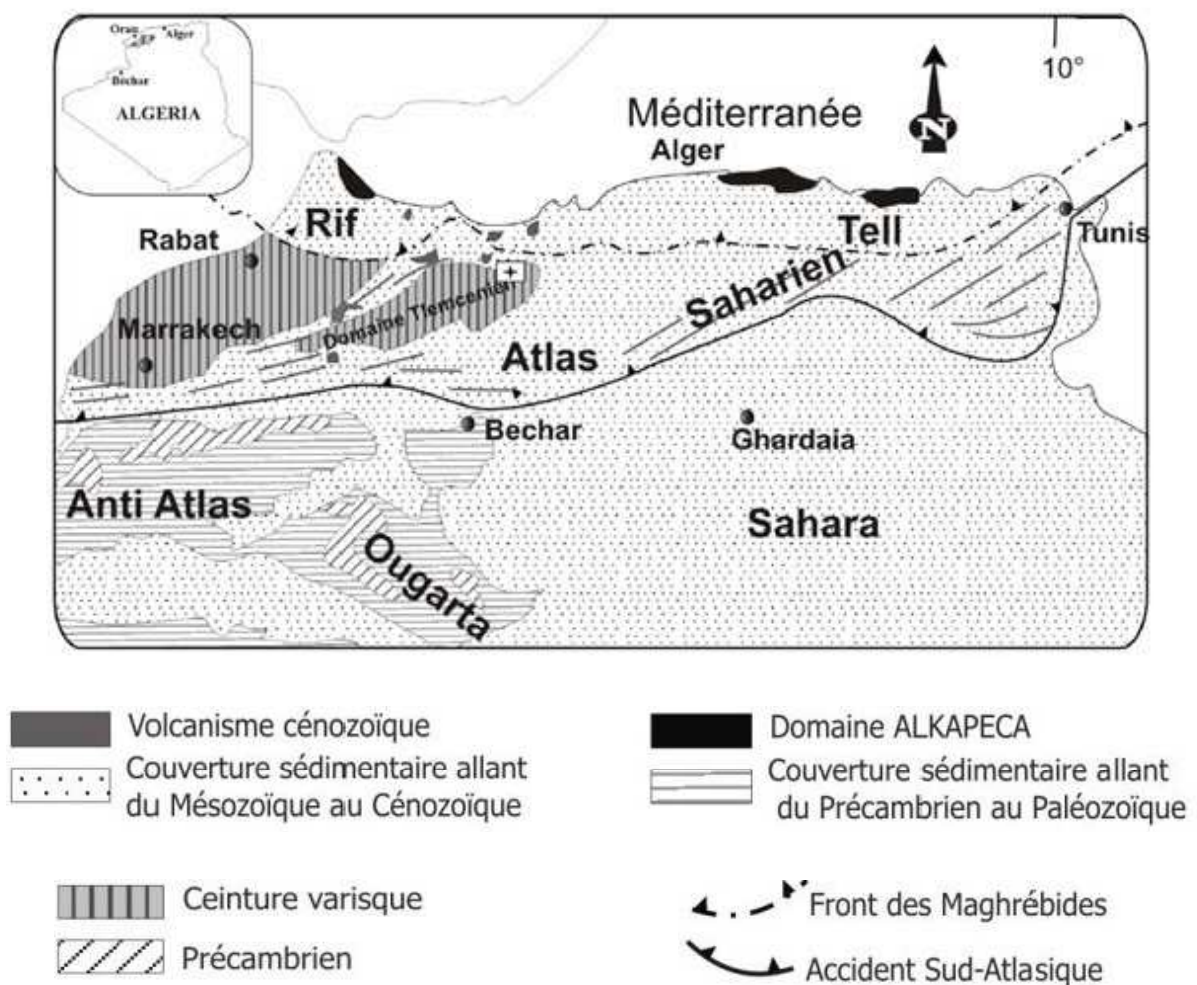


Fig. 2: Localisation du domaine Tlemcénien dans le cadre général Elmi (1973).

2- Cadre géologique

Le domaine Tlemcenien a été défini par Elmi (1973) comme étant "un sillon intracratonique subsidier et relativement profond", de forme polygonale, il est limité au Nord par la dépression miocène, au Sud par le môle résistant des Hautes Plaines oranaises, à l'Est par la transversale NNE-SSW d'El Bayadh-Tiaret (Lucas, 1952; Elmi, 1978) qui le sépare du domaine pré-atlasique et à l'Ouest, par le domaine rifain et la bordure septentrionale du Moyen Atlas marocain.

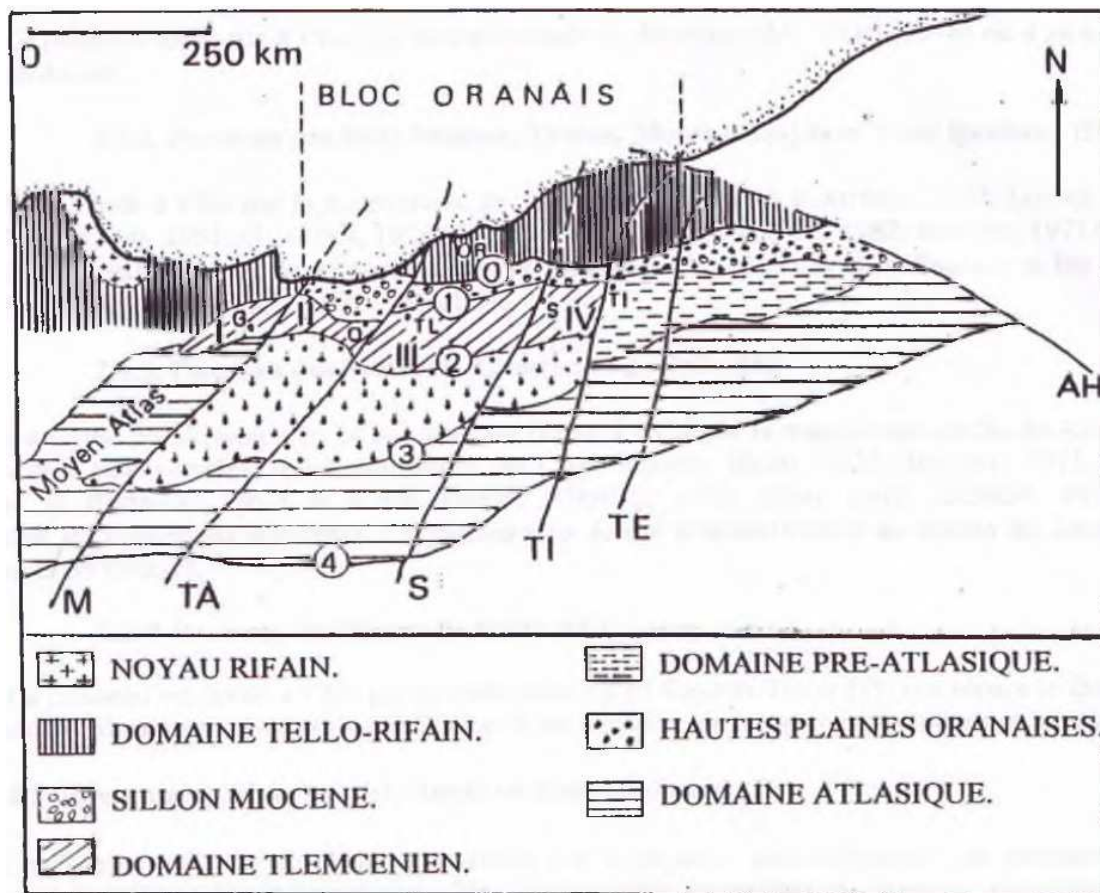


Fig. 3: Les grandes traits structuraux de la mosaïque de l'afrique du nord-ouest (d'après Elmi, 1978; in Ameur, 1988).

Légende :

O: front des nappes telliennes; 1: flexure nord-tellienne; 2: flexure sud-tellienne; 3: accident nord-atlasique; 4: accident sud-atlasique; I: Panneau de Guercif; II: Panneau des Beni Snassen, Traras, Monts d'Oujda et Rhar Roubane; III: Panneau des Monts de Tlemcen et Daïa; IV: Panneau des Monts de Saïda; M: Transversale de la Moulouya; TA: Transversale de la Tafna; S: Transversale de Saïda; TI: Transversale de Tiaret; TE: Transversale de Teniet el Had; AH: Transversale Aurès-Hodna; G: Guercif; O: Oujda; TL: Tlemcen; OR: Oran; TI: Tiaret.

Les principales structures du domaine Tlemcenien sont orientées N-70° et déviées par des décrochements N-10° et N-20°, parallèles aux transversales définies par LUCAS (1942, 1952), Glangeaud (1951), Guardia (1970, 1975) et Elmi (1970, 1973, 1978, 1982). Ces transversales découpent ce domaine en plusieurs panneaux qui sont, de l'Ouest vers l'Est (Elmi, 1978): le panneau de Guercif, le panneau des Béni Snassen, Traras, Monts d'Oujda et de Rhar Roubane, le panneau des Monts de Tlemcen et de Daïa et le panneau des Monts de Saïda fig.(2)

- 1- Panneau de Guercif (I) Ce panneau est limité à l'Est par la transversale de Moulaya (M) (Elmi, 1978) où il se termine par un cul de sac.
- 2- Panneau des Béni Snassen, Traras, Monts d'Oujda et Rhar Roubane (II), Il est bordé à l'Est par la transversale de Tafna-Magoura (TA) (Gautier, 1922; Lucas, 1942, 1952; Glangeaud, 1951; Guardia, 1970,1975; Elmi, 1970, 1973, 1978,1982; Benest, 1971). Il est coupé longitudinalement par la dépression Angad-Maghnia qui sépare les Béni Snassen et les Traras au Nord, des Monts d'Oujda et de Rhar Roubane, au Sud.
- 3- Panneau des Monts de Tlemcen et de Daïa (III), de forme parallélépipède, ce panneau est limité à l'Est par la transversale de Saïda-Aïn Sefra (S). D'autres transversales, telles que celles d'Oued Chouly (Elmi, 1970; Benest, 1971, 1973; Auclair et Biehler, 1967) et d'Aïn Tellout (Gentil, 1903; Elmi, 1970; Benest, 1971) en constituent les principaux accidents. Ce panneau est formé essentiellement de dépôts du Jurassique supérieur et du Crétacé.
- 4- Panneau des Monts de Saïda (IV) qui est limité à l'Est par la transversale d'El Bayadh-Tiaret (TI) qui sépare le domaine Tlemcénien du domaine pré-atlasique du Nador. Il est
- 5- constitué de terrains paléozoïques et jurassiques.

3-Stratigraphie Et Lithologie :

La série stratigraphique s'étend du Jurassique au Tertiaire.

1- Le Jurassique :

Il est présenté essentiellement par la partie supérieure allant du Callovo-Oxfordien au Tithonique.

1-1- Le Kimméridgien :

Avec une centaine de mètres de dolomies, il affleure aux environs de Frenda faisant saillie dans le relief. Il est notamment visible vers le sud à l'extérieur du bassin versant de la Haute-Mina.

1-2- Le Tithonique :

Il est attribué à la « Formation de Frenda », il est présenté par des argiles vertes à passées de grès ferrugineux, d'une puissance dépassant parfois les 200 m, le tout est couronné par des dolomies et de grès n'excédant guère 60 m.

2- Le Crétacé:

Au centre de la zone méridionale le Sénonien (Crétacé supérieur) « ouvre » un passage au milieu de la série jurassique. On y reconnaît notamment des calcaires et des marnes crayeuses, les premiers sont représentés en formations subtabulaires de faibles épaisseurs marqués du temps en temps par un banc repère de calcaires cristallins.

Les marnes sont de même importance que les calcaires et souvent traversées par de petits bancs gréseux de couleur jaunâtre.

2-1- Le Cénomanién :

A travers une épaisseur assez impressionnante on reconnaît en partant de la base :

- des argiles sableuses jaunâtres sur 10 m.
- des lumachelles sous formes de petites intercalations.
- des calcaires argileux (5 à 10 m).
- des calcaires marneux très épais dépassant les 100 m, très fissurés, parfois karstiques et qui pourraient représenter le principale réservoir aquifère du plateau ; les marnes occupant les poches de décalcification.
- des argiles marneuses viennent terminer cette série par un banc de 10 m environ.

2-2- Le Turonien :

Le passage du Crétacé inférieur au Crétacé supérieur est reconnu, dans la nature par des surfaces subtabulaires faisant saillie dans la topographie de faciès dolomitique, gréseux ou de grès et calcaires dolomités de quelques mètres seulement.

2-3- Le Sénonien :

Constitue avec le Cénomaniens les formations dont les épaisseurs sont les plus importantes. Il débute à la base par des calcaires graveleux beiges en petits bancs sur 20 m.

Les calcaires sont interrompus par des marno-calcaires pour reprendre ensuite sur 20 m également. Vers le sommet on remarque une puissante couche de dolomie ferrugineuses microcristallines de plus de 40 m couronnés par des marno-calcaires marqués çà et là par des niveaux repères à gypse.

3-a Le Miocène inférieur :

Il repose en discordance sur la série de Jurassique et du crétacé. Cette transgression de la mer miocène sur les Hauts plateaux s'observe, d'après J. POLVECHE, depuis Tiaret jusqu'à Bouhnifia vers l'Ouest.

Le Miocène débute soit par un conglomérat à gros galet arraché des formations jurassiques (jusqu'à 1 m³), soit par des grès friables, le tout parsemé de poches à remplissage d'argiles.

Cette série varie de 3-4 m jusqu'à 100 m du côté de Mechraa-Sfa. Viennent ensuite 200 à 300 m de marnes grises (formant probablement l'assise imperméable de l'aquifère du Miocène supérieur) d'aspect bleuté avec de rares intercalations de grès fins habituellement lenticulaires se débitant en dalles et plaquettes.

3-b Le Miocène Supérieur :

Il est représenté par les « Grès de Tiaret ». En effet une corniche d'environ 200 marque la limite septentrionale du bassin versant de la Haut-Mina. Ce sont des grès en gros bancs parcourus d'Est en ouest par de larges fissures. Ces grès de granulométrie moyenne, représentent le seul niveau aquifère à milieu poreux identifié dans la région.

4- Historique sur l'étude des séries détritiques du Callovien - Oxfordien – Kimméridgiens :

Dans cette étude, nous citerons les principaux travaux effectués sur les dépôts détritiques du Callovien - Kimméridgiens, aussi bien en Algérie occidentale, qu'au Maroc oriental, c'est-à-dire, dans les domaines paléogéographiques Tlemcénien.

En 1965, Atger et VERDIER utilisent pour la première fois le terme "Argiles de Saida", pour désigner des niveaux argilo-gréseux du Jurassique supérieur, affleurant entre la ville de Mascara et de Saida.

En 1967, Auclair et Biehler publient une synthèse des travaux effectués depuis 1955 par la Société Nationale de la Recherche et d'exploitation des pétroles en Algérie (S. N. Repal). Cette synthèse englobe une étude lithostratigraphique et structurale sur les "Hautes Plaines oranaises", entre Tlemcen à l'Ouest, Saida à l'Est, Sidi Bel-Abbes au Nord et El Aricha au Sud.

A la fin des années soixante, une équipe de chercheurs de l'Université Claude Bernard (Lyon I - France) commence à s'intéresser à la géologie des terrains secondaires, voire crétacés, de l'Algérie occidentale et du Maroc oriental. A la tête de cette équipe, Benest et Elmi. Ces auteurs apportent dès 1969, des précisions sur la stratigraphie du Jurassique inférieur et moyen de la partie méridionale des Monts de Tlemcen. Ils donnent une description de la formation des "Argiles de Saida" dans la région de Sebdou (Sidi Yahia Ben Sefia) où ils ont pu reconnaître le Callovien inférieur, à partir de la faune d'ammonites récoltées dans la formation.

Au cours de la même année, Elmi signale l'hétérochronie de la base de "Argiles de Saida". Il note que celle-ci est plus tardive dans la région de Saida-Frenda que sur les horsts frontaliers algeromarocains.

Delfaud, en 1973, dans son étude sur les environnements sédimentaires, attribue à la formation des "Argiles de Saida" son "faciès alternant atlasique", considéré comme des assises deltaïques, avec de larges influences intertidales. Il les fait correspondre à la partie distale du "Continental Intercalaire". Cette hypothèse sera rejetée une année plus tard par Mongold *et al.* (1974) qui évoquent l'absence d'indices d'émersion liés aux marées.

Au cours de l'année 1978, est publiée, dans le jubilaire de Flandrin, la synthèse la plus complète qui soit faite jusqu'à cette date sur la formation des "Argiles de Saida". En effet, Elmi et Benest définissent, à partir de l'outil séquentiel et biostratigraphique, le cadre

historique et paléogéographique de cette formation. Leur travail s'étend depuis la région de Tiaret à l'Est, jusqu'aux confins algero-marocains à l'Ouest (le long du "sillon tlemcenien").

Sur le plan sédimentologique, ces auteurs considèrent les "Argiles de Saida" comme étant une formation flyschoides dont le dépôt a été influencé, jusqu'à l'Oxfordien inférieur, par des régimes turbides.

En 1988, Mekahli présente un mémoire sur les terrains du Jurassique inférieur et moyen de la partie occidentale des Monts de Rhar Roubane. La formation des "Argiles de Saida" ne sera citée qu'occasionnellement.

Chapitre III :

Martiales et méthodes

La méthodologie adoptée dans ce travail est la suivante :

- une recherche bibliographique.
- un travail de terrain accompagné d'un échantillonnage des argiles.
- une analyse, minéralogique des échantillons prélevés.
- une analyse physico-chimique, des échantillons prélevés.

Enfin, l'établissement des relations entre les différentes caractéristiques des argiles pour une éventuelle

1-Echantillonnage

Les exploitées appartiennent au domaine tlemcenien, où notre travail de terrain a été consacré à prélever des échantillons des argiles.

L'échantillonnage a consisté à une collecte systématique des échantillons d'argiles d'âge oxfordien dans les régions de Frenda et Takhemaret (Tell occidental).

On a sélectionné quater (4) échantillons pour effectuer cette méthode répartis comme suit:

- * Ech. (Kef1; Kef2) dans le secteur de Kef Lazreg (Frenda)
- * Ech. (Oued 1; Oued 2) dans le secteur de Oued el Abd (Takhemaret)

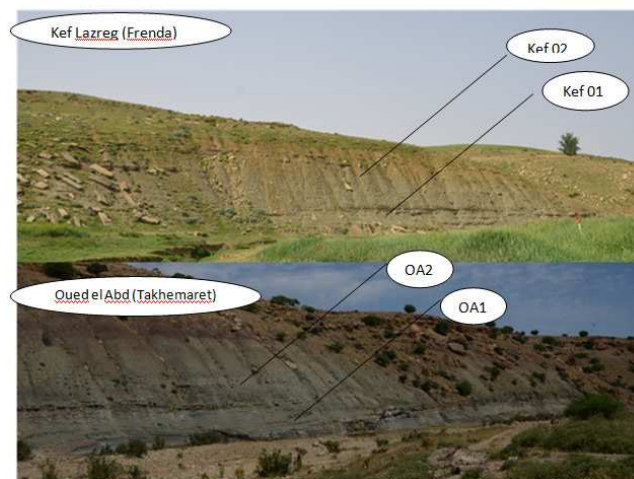


Fig. 4 : Illustration photographique des sites de prélèvements des échantillons d'argiles pour l'analyse de DRX.

2-Méthode et technique sur les analyses minéralogiques par diffraction aux Rayons X

2.1- But de l'analyse:

La diffraction des rayons X (DRX) permet de contrôler de manière qualitative la composition élémentaire et la structure cristalline du matériau. Elle est souvent utilisée pour le contrôle de la qualité de la composition des ciments, des céramiques, des poudres cristallines (Verre, pigment, argile, métaux, carbonates, sels, substance organique cristallisée...etc.). La diffraction des rayons X ne peut être mise en œuvre que sur les matières cristallisées.

2-2- Considérations générales

Les analyses de diffraction aux rayons X, auxquelles nous ferons référence, ont été réalisées par la méthode des « pâtes orientées » pour les éléments inférieurs à 2 µm recueillis par sédimentation.

Le dosage des espèces cristallines a été effectué à partir des raies 001 du diagramme glycol en admettant, pour le calcul des concentrations, que l'intensité relative de la raie 001 d'un minéral est proportionnelle à l'abondance de ce minéral. Cette intensité, qui correspond à la surface de la raie située au-dessus du « bruit de fond », a été planimétrée, et non approximée par le produit de la hauteur du pic par sa largeur à mi-hauteur. Pour les fractions polyminérales, les pourcentages respectifs des minéraux présents ont été calculés par la méthode des rapports de Kubler.

La méthode DRX constitue une des techniques les plus utiles et les plus répandues pour l'identification des minéraux argileux. La diffraction des rayons X sur poudre est une analyse non destructive qui nécessite une faible masse d'échantillon (30 à 50 mg). Tout corps cristallisé peut être analysé par DRX; un faisceau de rayons X est diffracté sur un réseau de plans cristallins selon la loi de Bragg:

$$N\lambda = 2d \sin\theta$$

λ : est la longueur d'onde de la source

d : est l'espacement entre deux plans parallèles successifs du réseau cristallin

θ : est l'angle entre le faisceau incident et le réseau de plans

n : est l'ordre de la diffraction (nombre entier).

En somme, pour une source émettrice de rayons X, le balayage selon un angle d'incidence λ d'une préparation représentative d'un échantillon (E), permet d'accéder à tous les espacements réticulaires (d) de l'échantillon. La (Fig. 4) illustre la loi de Bragg et les conditions nécessaires à sa validité.

Les points S (Source) et F (récepteur) appartiennent au cercle goniométrique. Ils doivent être strictement alignés avec le point E (échantillon) pour $\lambda = 0$, et appartenir au cercle de focalisation, quand λ non nul c'est l'angle entre le faisceau incident et le réseau de plans.

2λ est l'angle entre le faisceau diffracté FD. et le faisceau incident FI. La réflexion basale des minéraux argileux correspond à l'équidistance d, somme des épaisseurs du feuillet et de l'inter feuillet.

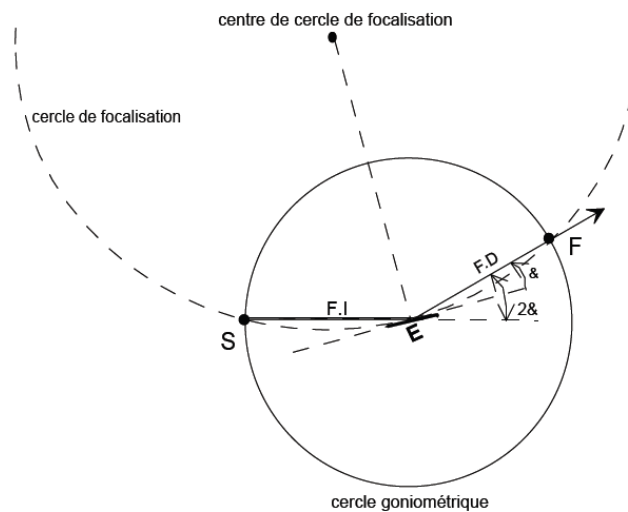


Fig. 5: Illustration de la loi de Bragg d'après Holtzapffel (1985)

2.3-Application de la DRX à l'étude des minéraux argileux**2.3.1-Préparations orientées****2.3.1.1-La suspension des argiles**

Les préparations orientées sont réalisées en 4 opérations:

2.3.1.1.1-Broyage : il doit aboutir à une poudre qui n'est pas trop fine pour conserver les minéraux argileux dont le diamètre est inférieur à 2 μm (Stoll et al., 1964).

2.3.1.1.2-Extraction des particules inférieures à 2 μm

*Récupération du résidu

*Séparation par décantation

2.3.1.1.3-Dépôt sur lame de verre

2.3.1.1.4-L'Analyse: Les poudres orientées sont soumises à un faisceau de rayons X monochromatique

2.4-La détermination des minéraux argileux par DRX :

L'analyse diffractométrique des préparations orientées dans les conditions naturelles est insuffisante pour distinguer certaines espèces argileuses dont les distances interfoliaires sont voisines ou variables.

2.4.1-Méthode naturelle : la lame préparée ne subit pas de traitement.

2.5-Les résultats : Les résultats de mesure obtenus sont présentés sous forme de diffractogrammes pour chaque échantillon traité.

3-Méthodes et techniques utilisées dans l'étude géotechnique**3.1-Essais physiques:**

C'est l'étude de comportement d'un liquide (l'eau en général) avec un solide. Plusieurs paramètres influencent sur la rhéologie des pâtes d'argiles plastiques par conséquent sur les procédés de façonnage.

3.1.1- La teneur en eau est le quotient de la masse de l'eau contenue dans un échantillon par la masse des particules de sol sec.

On opte ici la NORME NFP 94-050 (septembre 95)

Objet: la détermination de la teneur en eau pondérale des matériaux.

Procédure :

1- Préparer un échantillon représentatif de telle façon que l'essai sera réaliser sur des échantillons, dont les poids varient en fonction de la granulométrie (voir tableau en annexe) ;

2- Peser l'échantillon, noter mh;

3- Sécher l'échantillon dans une étuve, jusqu'au poids constant,

-à105°C pour les matériaux insensible à la chaleur,

-à50°C pour les matériaux sensibles à la chaleur (débris organiques ou gypse)

4- Peser l'échantillon à nouveau, noter ms;

La teneur en eau est déterminée par la formule suivante :

$$W(\%) = (\text{poids de l'eau} / \text{poids du sol sec}) \times 100$$

3.1.2-L'analyse granulométrique par tamisage

L'analyse granulométrique permet de déterminer la répartition dimensionnelle en poids des éléments d'une roche meuble, autrement-dit, elle permet la séparation des différentes classes d'éléments à l'aide d'une série de tamis à taille de mailles décroissantes de haut en bas. Le tamisage est effectué sous l'eau, les refus dans chaque tamis sont séchés et pesés, les pourcentages cumulés des refus sont calculés, les résultats sont reportés sur des graphes.

3.1.2.2-Expression des résultats de la courbe granulométrique

Les pourcentages des refus cumulés, ou ceux des tamisas cumulés, sont représentés sous la forme d'une courbe granulométrique en portant les ouvertures des tamis en abscisse, sur une échelle logarithmique, et les pourcentages en ordonnée, sur une échelle arithmétique. La courbe est tracée de manière continue et ne peut pas passer rigoureusement par tous les points.

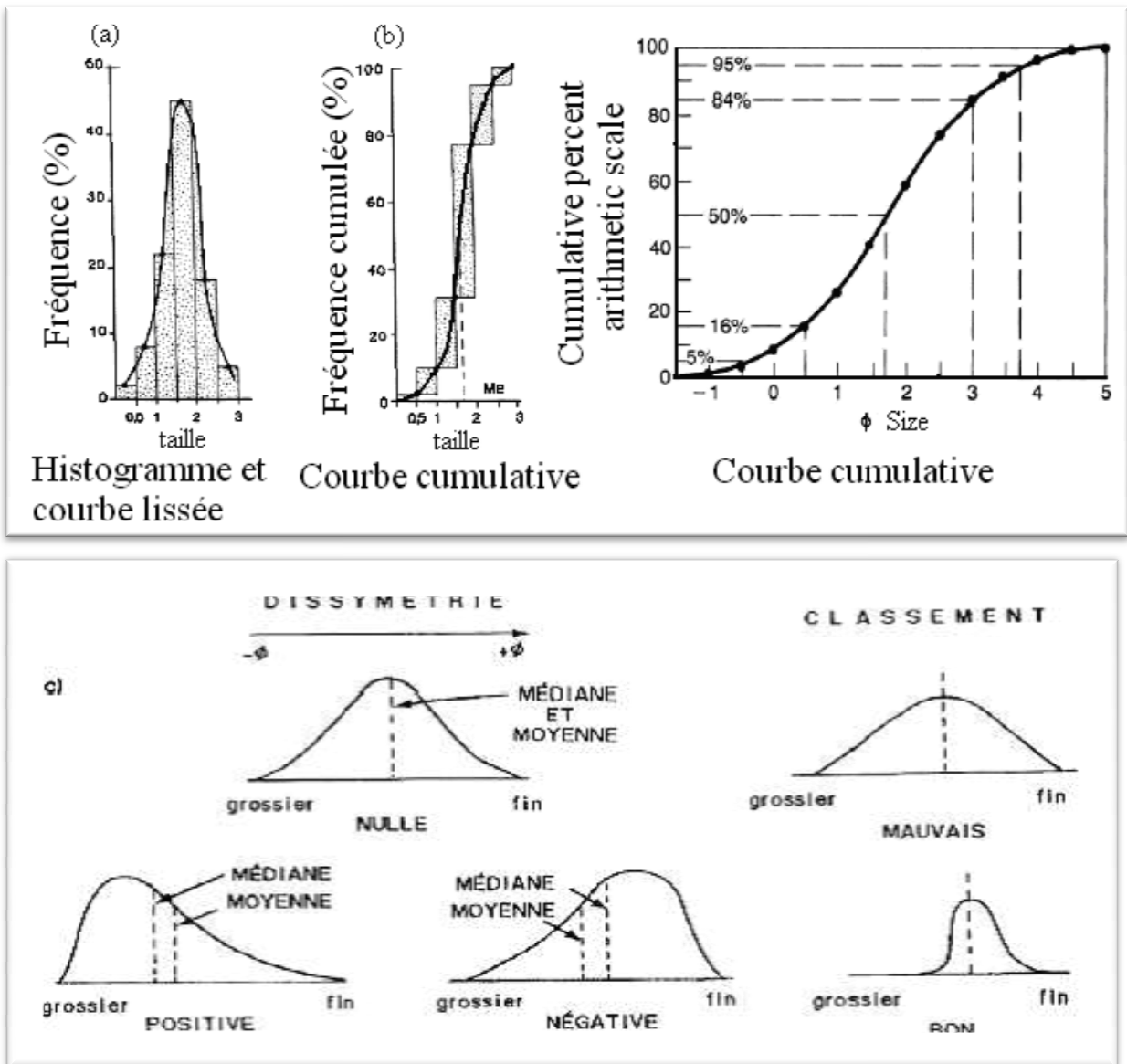


Fig. 7 : Différentes représentations d'une granulométrie et leurs modes de distributions (Miaskovsky, 2002)

3.1.2.3- Les paramètres granulométriques

Il existe un grand nombre de paramètres permettant l'évaluation du degré de classement d'un sédiment.

3.1.2.3.1- La moyenne

$$M = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} - 2\varphi_{84}}{3}$$

On appelle moyenne d'une distribution la moyenne logarithmique ou arithmétique (suivant la nature de l'échelle des abscisses) des valeurs de la variable indépendante. Ce paramètre nous renseigne sur la dimension moyenne de l'échantillon et par conséquent sur l'énergie du milieu et la distance du transport.

3.1.2.3.2- L'indice de classement (Trask) So

$$So = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16}}{4} + \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{6.6}$$

D'après Trask, plus l'indice So est élevé, plus le classement est mauvais

Indic de classement	Classement	Environnement de dépôt principal
So < à 2,5	Sédiment très bien classé	plage, rivière
2,5 <So< 3,5	Sédiment normalement classé	rivière, turbidite
3,5 <So< 4,5	Sédiment assez bien classé	rivière, turbidite, cône alluvial
So > 4,5	sédiment mal classé	moraine glaciale, glissement de terrain

Tab. 3: Classification des faciès sédimentaires en fonction de l'indice de classement

3.1.2.3.3-Le coefficient d'asymétrie (Skewness)

$$SK = \frac{\varphi_{84} + \varphi_{16} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_{95} + \varphi_5 - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{95} - \varphi_5)}$$

Ce coefficient d'asymétrie caractérise le degré de distorsion de la symétrie de la distribution. Quand le Skewness est égal à zéro, cela signifie que l'asymétrie est parfaite (la médiane, le mode et la moyenne coïncident). Quand il présente des valeurs négatives, ce sont les grains fins qui sont bien classés; les valeurs positives correspondent à un bon classement

des grains grossiers. Ce paramètre reflète davantage le milieu de dépôt que les conditions de transport.

Skewness	Asymétrie	Interprétation
Sk <1	Positive	Courant faible
Sk >1	Négative	Courant fort

Tab. 4 : Répartition des faciès sédimentaires en fonction de l’indice d’asymétrie (Folk, 1966).

3.1.2.3.4-Le Kurtosis :

$$K = \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{2.44(\varphi_{75} - \varphi_{25})}$$

Le Kurtosis est représentatif de la finesse du pic (sa largeur), quand il est égal à zéro, la courbe est dite mésokurtique, ou moyennement classée, quand il est supérieur à 0, la courbe est dite leptokurtique, cela signifie que la distribution est bien classée, ce qui est un marqueur du mode de transport à puissance constante. Si le Kurtosis est négatif, cela signifie que la distribution est mal classée (platykurtique).

Kurtosis	Classement
K < 0.67	Très platykurtique
0.67 < K < 0.90	Platykurtique
0.90 < K < 1.11	Mésokurtique
1.11 < K < 1.50	Leptokurtique
K > 1.50	très leptokurtique

Tab. 5 : Répartition des faciès sédimentaires en fonction de l’indice Kurtosis (Folk,1966)

3.1.2.4-L’analyse sédimentométrique

Objet: c’est la détermination de la distribution pondérale de la taille des particules de sols de dimension inférieure à 0.08 mm.

Définition: c’est un essai qui complète l’analyse granulométrique par tamisage d’un sol (Norme NFP94-056) et qui peut être nécessaire à sa description et à sa classification.

Procédure :

- Tamiser l'échantillon d'argile par lavage (passant au tamis 0.08 mm) et récupérer le tamisât;
- Sécher l'échantillon dans une étuve jusqu'au poids constant;
- Préparer la prise d'essai de 80g+10g de tamisât sec;
- Pilonner l'échantillon, et le tamiser au 0.08 mm, puis prendre 80g;
- Imbiber la prise d'essai dans une éprouvette cylindrique en verre de 2 litre contenant un mélange d'eau distillée ou déminéralisée et une solution à 5 % d'hexamétaphosphate de sodium;

3.1.2.4.1-Coefficient d'uniformité du HAZEN Cu

Un paramètre de forme de la courbe (l'étalement de la granulométrie), on le définit de la façon suivant:

$$Cu = D_{60} \div D_{10}$$

Il sert à la description de la granulométrie du point de vue uniforme

$Cu > 2$: granulométrie uniforme ;

$Cu < 2$: granulométrie étalée

3.1.2.4.2-Coefficient de courbure Cc : Il défini par

$$Cc = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

Si $Cc > 1$ donne granulometrie bien gardée

3.1.3-Limites d'Atterberg: (Limites de liquidité et de plasticité et indice de plasticité)

Ces paramètres permettent de déterminer les états de consistance des argiles et ainsi de les classer. En effet, la consistance d'un sol varie de façon continue selon la teneur en eau, Lorsque celle-ci augmente, le sol passe successivement de l'état solide à l'état plastique puis à l'état liquide. L'essai définit conventionnellement les limites entre ces états.

3.1.3.1-Limite de liquidité WL: L'échantillon argileux est mis en place dans une coupelle et on trace un sillon avec l'outil à rainurer. Par convention, la limite de liquidité est la teneur en eau du matériau qui correspond à une fermeture de 1 cm des lèvres de la rainure

après 25 chocs. On mesure la teneur en eau W au moment de la fermeture conventionnelle. La limite de liquidité est donnée, en fonction du nombre de coups N pour obtenir cette fermeture, par la formule :

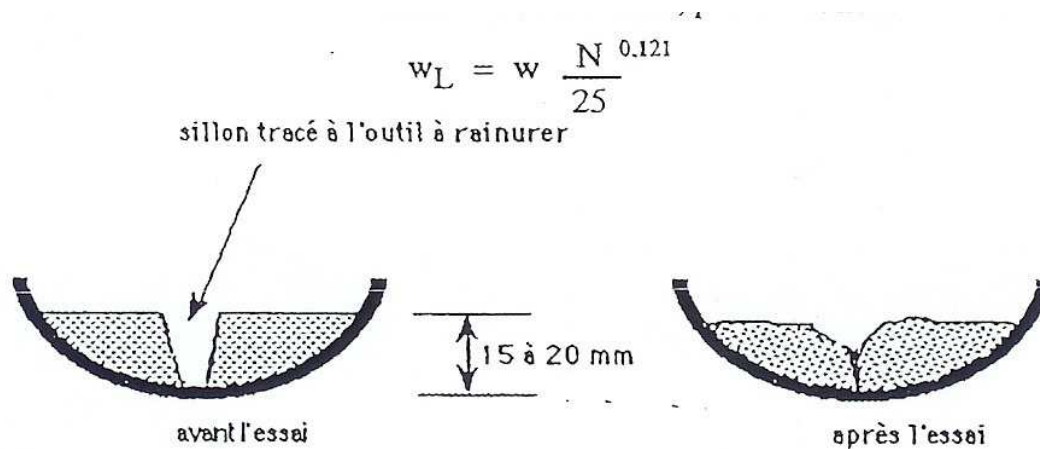


Fig. 8 : Dispositif utilisé pour déterminer la limite de liquidité (d'après Norme AFNOR NF P 94-500)

3.1.3.2- Limite de plasticité WP: A partir d'une bouteille d'échantillon qu'on roule sur un marbre à la main, ou avec une plaque, on forme un rouleau aminci progressivement jusqu'à 3 mm de diamètre et d'une longueur plaque, on forme un rouleau aminci progressivement jusqu'à 3 mm de diamètre et d'une longueur milieu de 1 à 2 cm, se fissure. On mesure alors la teneur en eau qui est la limite de plasticité.

3.1.3.3- Indice de plasticité IP: Il se déduit des limites de liquidité et de plasticité par la relation suivante :

$$IP = WL - WP$$

Ces essais ne s'appliquent qu'aux sols cohérents à grains fins tels que les argiles. Ils sont empiriques et dépendent de la dextérité de l'opérateur, de l'outil à rainurer et du matériel utilisé.

3.1.4- La densité:

Object :

L'essai consiste à mesurer la masse et le volume d'un échantillon de roche.

Procédure :

- 1- Brosser l'échantillon avant de le soumettre à l'essai pour éliminer les particules facilement détachables ;
- 2- Sécher l'échantillon à l'étuve à 105 C jusqu'à masse constante ;

- 3- Peser l'échantillon de roche, noter ms ;
- 4- Paraffiner l'échantillon sur la totalité de sa surface extérieure ;

La densité de la paraffine est égale à 0.9g/cc

- 5- Pesse l'échantillon paraffiné à l'aire liber, noter mp;

- 6- Procéder à la pesée hydrostatique ;

La masse volumique sèche est donnée par formule suivant :

$$Pd = ms/v \text{ (t/m}^3\text{)}$$

Le volume brut = mp - poids du matériau dans eau

Le volume net = volume brut - volume de la paraffine.

On utilise une technique simple qui se fonde sur le fait que la masse volumique d'une roche est égale à sa densité par rapport à l'eau. On pèse donc précisément une roche (M) puis on estime son volume en la plongeant dans l'eau dans une éprouvette graduée (V).

La densité s'exprime sans unité.

On pèse donc précisément une roche (M) puis plongeant dans paraffine puis pèse en suit plongeant dans

3.2- L'analyse chimique:

3.2.1-Détermination de la teneur en carbonate CaCO_3

-Définition et but d'essai:

On détermine le taux de carbonates d'une roche pour estimer le taux calcaire contenu. Une teneur en carbonate élevée signifie une faible teneur en minéraux argileux et généralement indique une résistance au cisaillement relativement élevée.

Procédure :

- prendre 0.5 g d'argile dans un bécher;
- nous ajoutons 10 ml de HCl informalité;
- nous ajoutons 3 gouttes de ph.ph (révélateur phénol phthalin);
- Chauffage pour stimuler;
- Etalonnage par NAOH informalité;

La teneur en carbonate CaCO_3 a été calculée selon la formule suivante:

$$\%CaCO_3 = \frac{V(hcl) - V(NaOH)}{m_0} * 5$$

La norme adoptée dans cette méthode: norme BS1377-3 1990 .

3.2.2-Détermination de la teneur en chlorure:

Photo montrant l'ajout de chlorure de baryum sur mélange filtré.

Principe:

On fait agir en milieu neutre, PH sensiblement égal à 6.5 ou 7, une solution à titrer du nitrate d'argent sur une prise d'essai en présence de K_2CrO_4 . la solution est de couleur jaune, quand on verse la solution de $AgNO_3$, la chlore précipite à l'état de $AgCl$ (blanc). Lorsque tout le chlore sera transformé en $AgCl$, la couleur rouge brique persistante due à la formation de CrO_4Ag_2 .

Procédure :

- Prendre 50g de d'échantillon
- Ajouté 100 ml de l'eau distillé
- Agitation 24 H avec l'agitateur
- Mesurer PH initial
- Prendre 25 ml de filtrat et mesurer le PH enter (7-6.5)
- Jouter 2-3 goutts de bichromate de potacium K_2CrO_4 (10%) V_m
- Etalonnage avec $AgNO_3$ nitrate d'argent jusqu' à apparaitre le couleur rouge $V = (V_m V_0)$;
 $V=0.2$:pourcentage des sels dans l'eau distillé
- Pourcentage des chlorures exprimé en CL-
- Si la normalité de $AgNO_3=0.02$

Pour calculer le Chlorure Cl on utilise l'équation suivante :

$$Cl^- (mg /L) = V(AgNO_3) \times 5.672 \times 10^{-3}$$

$$NaCl = Cl^- (\%) \times 1.64$$

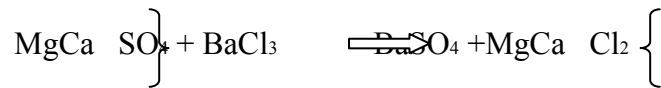
3.2.3-Détermination de la teneur en sulfates:

Les sulfates solubles dans l'eau, généralement trouvés dans les sols, sont le sulfate de sodium Na₂SO₄ et le sulfate de magnésium MgSO₄. Le sulfate de calcium CaSO₄, communément trouvé sous forme de gypse, est faiblement soluble dans l'eau mais il est promptement soluble dans l'acide chlorhydrique dilué. Le traitement à l'acide chlorhydrique est ainsi nécessaire si la quantité total des sulfates est exigée.

Les solubilités maximales approximatives dans l'eau des 3 sel mentionnés. exprimées en terme SO₃ par litre à environ 20C, sont les suivantes:

Sulfate de sodium :	240 g/l
Sulfate de magnésium :	180g/l
Sulfate de calcium :	1.2/l

Dans les méthodes gravimétriques décrites au 1.6.5, les sulfates dissous sont précipité sous forme de sulfate de baryum insoluble comme résultat d'une réaction avec le chlorure de baryum dans des conditions légèrement acides. La réaction chimique avec le sulfate de magnésium et le sulfate de calcium peut être représentée par l'équation:



La réaction est similaire avec le sulfate de sodium, mais l'équation est :



Le précipité de sulfate de baryum est filtré, séché et pesé. A partir des masses atomiques.

le pourcentage équivalent de SO₄ dans l'échantillon original est calculé:

3.2.4-Détermination des insolubles:

Objet: La présente norme a pour objet de définir les conditions d'exécution de l'essai chimique pour la détermination du taux d'insolubles.

Procédure :

- Opérer sur 2 g d'échantillon; les mettre dans un bécher;
- Ajouter 100 cm³ d'acide chlorhydrique à 10%;

- Chouffer rapidement pendant quelque instants jusqu'à ce que le liquide soit juste jaune clair;
- Filtrer immédiatement la liqueur chaude sur filtre sans cendres;
- Laver à l'eau bouillante jusqu'à la disparition des ions Cl^-
- Réserver la filtrat qui servira à la détermination de la teneur des ions SO_4^{2-}
- Mettre la filtre et son contenu dans une capsule de 250 ml et recouvrir avec 100 ml de solution Na_2CO_3 à 5%;
- Faire bouillir pendant un quart d'heure puis filtrer;
- Laver à l'eau bouillant puis avec HCl à $\frac{1}{2}$, enfin avec de l'eau distillée;
- Calciner et peser

3.2.5-L'essai du bleu de Méthylène

Procédure :

- Prendre 25 g d'échantillon sec et le passer au tamis 5 mm.
- Mettre la prise d'essai à tremper dans un bécher avec 250 cm^3 d'eau.
- A l'aide de l'agitateur (700 tr/min), disperser la suspension pendant 5 min.
- A l'aide du dispositif de dosage, introduire 5 cm^3 de bleu et agiter (400tr/min) pendant 1min.
- Le test de la tache: à l'aide d'une baguette, déposer une goutte de la suspension sur le papier filtre.
- Test négatif: On dira que le test de la tache est négatif si la tache déposée sur le papier filtre est sans auréole. Dans ce cas, ajouter 5 cm^3 de bleu, agiter pendant 1 minute et refaire l'essai de la tache. Cette opération sera répétée autant de fois qu'il sera nécessaire (tant que le test de la tache restera négatif).
- A).** Test positif: On dira que le test est positif si la tache déposée sur le papier filtre forme une auréole. Dans ce cas, on doit procéder à 5 tests successifs de la tache (à raison d'un test par minute) sans ajouter de bleu. Si les 5 tests s'avèrent positifs, l'essai est terminé.
- B).** Si le 2ème, 3ème ou 4ème test de la tache devient négatif (la tache devient sans auréole), ajouter uniquement 2.5 cm^3 et reprendre les tests de la tache de départ jusqu'à ce que les 5 tests de la tache soient positifs.

Remarque:

Pendant tout le déroulement de l'essai, **l'agitation n'est jamais interrompue.**

2. Calcul

La valeur du bleu sol est (sans unité): **$VBS=V/m$**

Avec

V: Volume du bleu ajouté en cm^3

m: La risse d'essai

La surface spécifique totale de la prise d'essai est donnée par:

$$SST (m^2/g)=20.93Xvbs$$

On distingue les valeurs suivantes :

$VBS \leq 0.2$: sols sableux (sol insensible à l'eau)

$0.2 < VBS \leq 2.5$: sols limoneux (sol peu plastique et sensible à l'eau)

3.2.6-teneur de la matière organique

Objet: La présence de la matière organique est généralement associée avec une acidité (PH faible), donc des effets nuisibles sur les fondations peuvent en résulter si les précautions relatives ne sont pas prises.

Résumé:

Dosage de la matière organique (PAF): Le dosage de la matière organique a été établi suivant la méthode de perte au feu (P.A.F) par incinération. L'échantillon doit être broyé et tamisé à 2 mm

Appareillage: Four à moufle allant jusqu'à 500 °c Creusets en porcelaine

Procédure:

On utilise la manière physique (par la calcination) ;

-Prendre 10g de l'échantillon sèche et ajouter dans le creuset vide(P_0) ;

-Peser le poids total (P_1) ;

-Calciner le sol au four à moufle à 500°C pendant 4 heures ;

Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant les Cendres (P₂) ;

La formule de calcul :

$$\% M.O. = \frac{((P_1 - P_0) - (P_2 - P_0))}{(P_1 - P_0)} \times 100$$

- % **M. O.**: matière organique

P₀ : poids du creuset vide

P₁ : poids final à 150 °c

P₂ : poids du creuset contenant les cendres à 475 °c

Régression pour faire une équivalence entre les résultats par la méthode de perte au feu (PAF) et la méthode (Walkley B.2003) pour une étendue de 0 à 8 % de matière organique .

REF LTPS	TITRE OU DESCRIPTION	REFERENCE NOREM OU MO
EC-S-01	Détermination des insolubles	NF P 15-461 MAI 1964
EC-S-02	Détermination du taux sulfate	BS 1377-3 :1990
EC-S-03	Détermination du taux de carbonate	BS 1377-3 :1990 :6.3
EC-S-04	Détermination de la matière organique	BS 1377 Dec 1995
EC-S-05	Détermination des du taux de chlorurer	Bs M.J BOWLY 1979
EL-1	Analyse Grain tamisage à sec après lavage	NF P 94-056 MARES 1996
EL-3	Analyse Grain Par sédimentation	NF P 94-047 MAI 1992
EL-4	Détermination des limites A'tterberg	NF P 94-051 MARES 1993
EL-5	Teneur en eau pondérale par étuvage	NF P 94-050 SEP 1995
EL-7	La densité	NF P 94-064 NOV 1993
EL-8	Valeur au bleu méthylène VBS	NF P 94-68 AFNOR 1998

Tab. 6 : Les normes des essais géotechniques

Chapitre VI :

Résultats expérimentaux

1-Résultats des analyses minéralogiques par diffraction aux Rayons

Les échantillons prélevés au niveau du site de Oued el Abd et Kef lazrag ont été soumis à des des analyses minéralogiques par diffraction aux Rayons au laboratoire de physique de Université tmar Thelji-Laghouat. Le traitement des spectres a été fait par le logiciel (X'Pert High Score Plus).

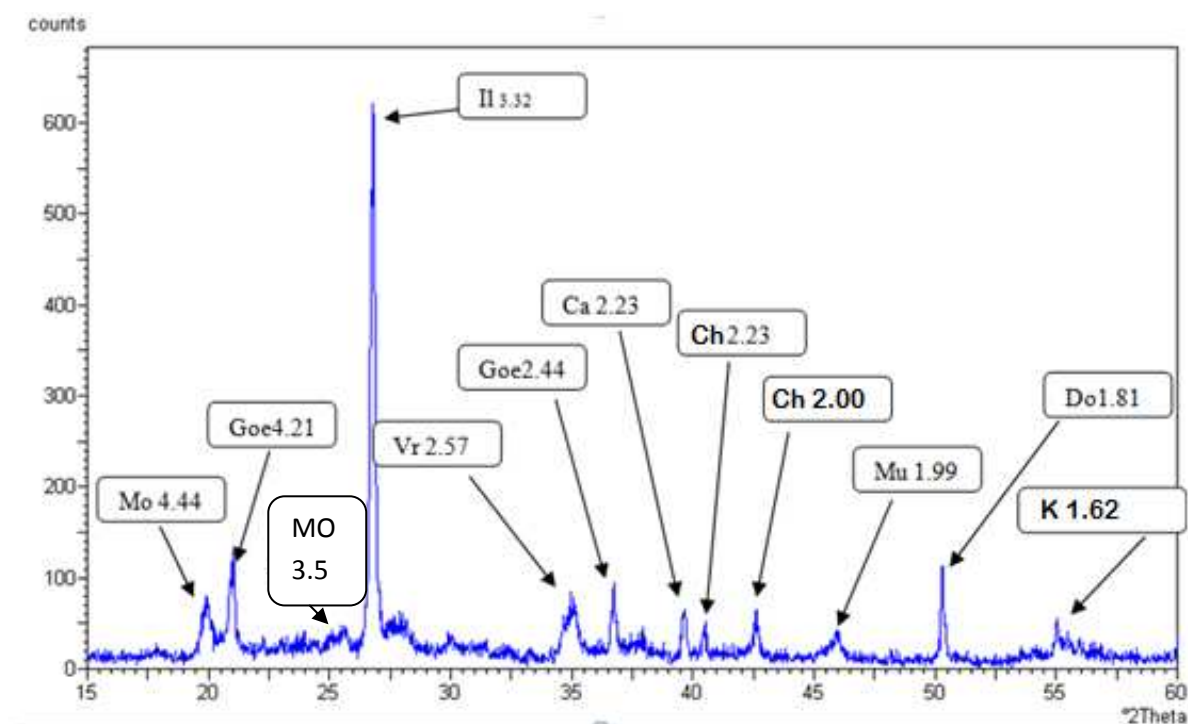


Fig. 6: Diffractogramme des rayons X sur l'échantillon (K1) du Kef Lazreg

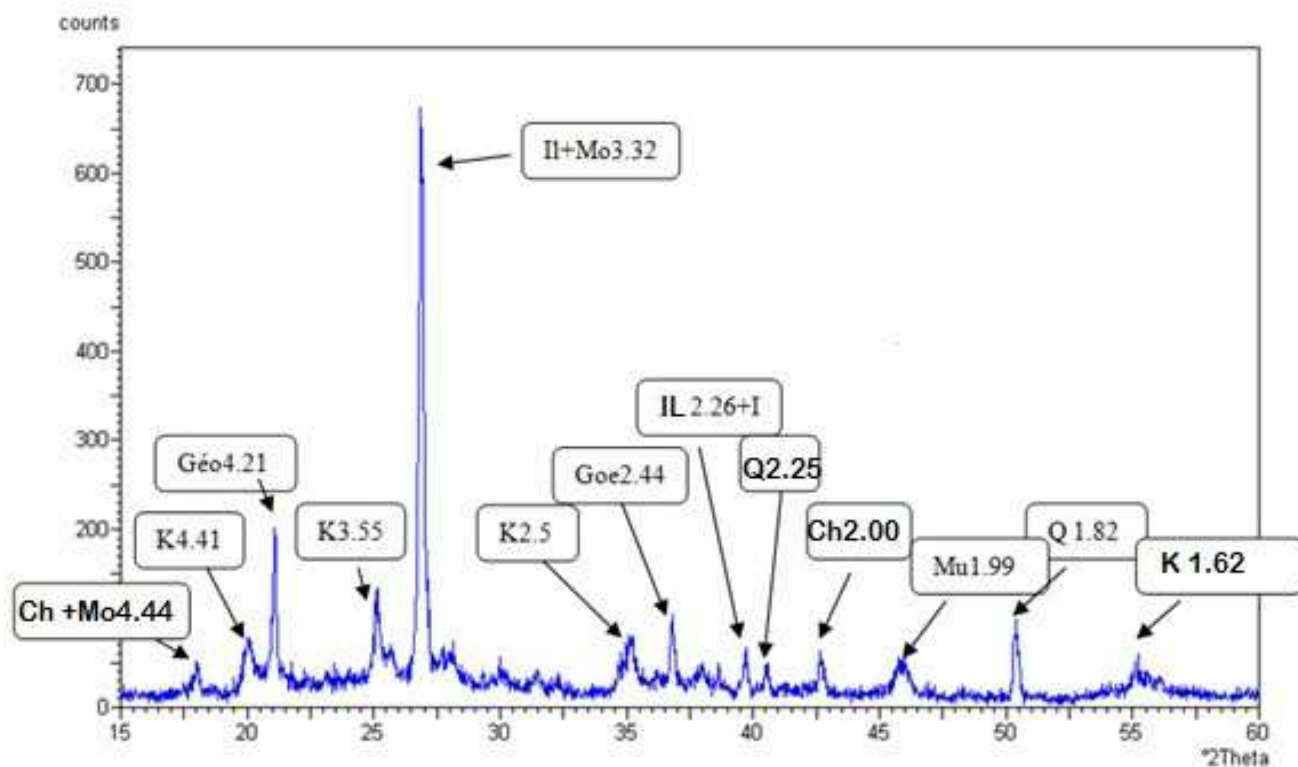


Fig. 7: Diffractogramme des rayons X sur l'échantillon (K2) du Kef Lazreg.

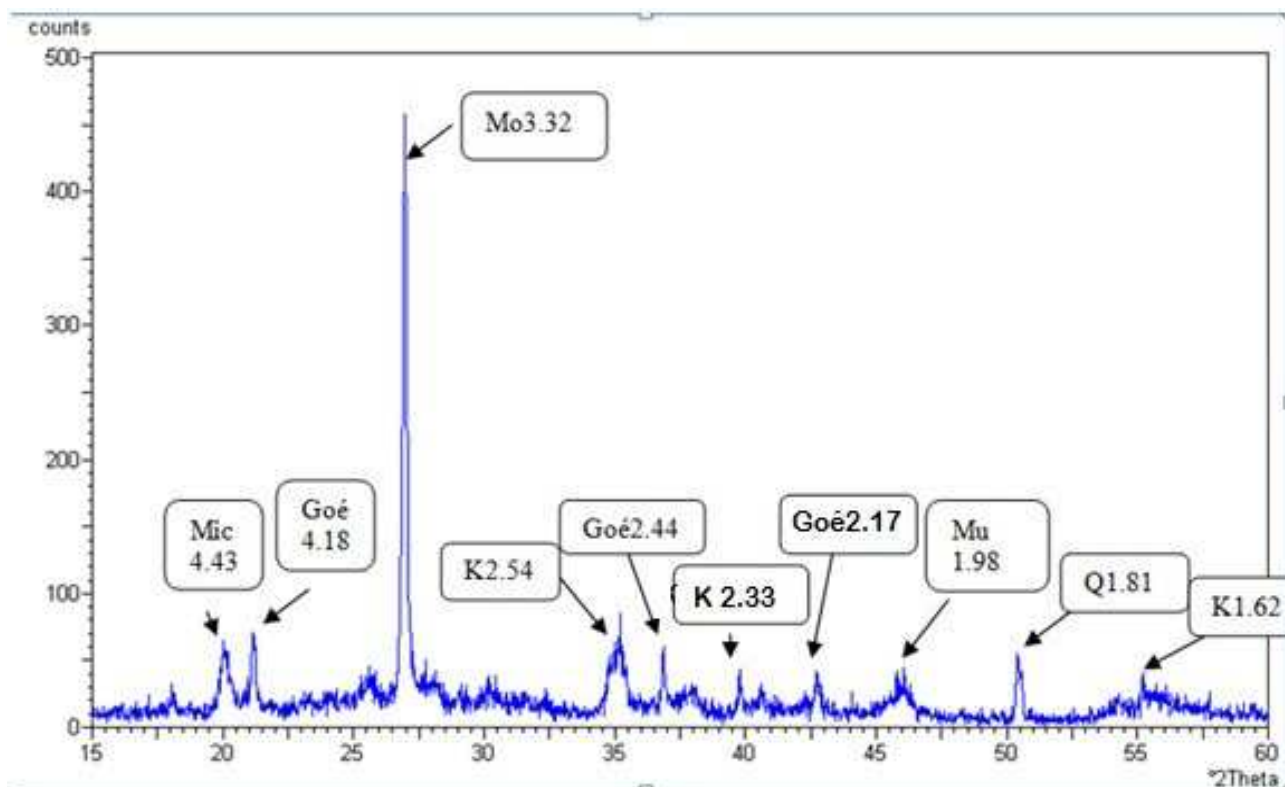


Fig. 8: Diffractogramme des rayons X sur l'échantillon(OA1) du Oued el Abd .

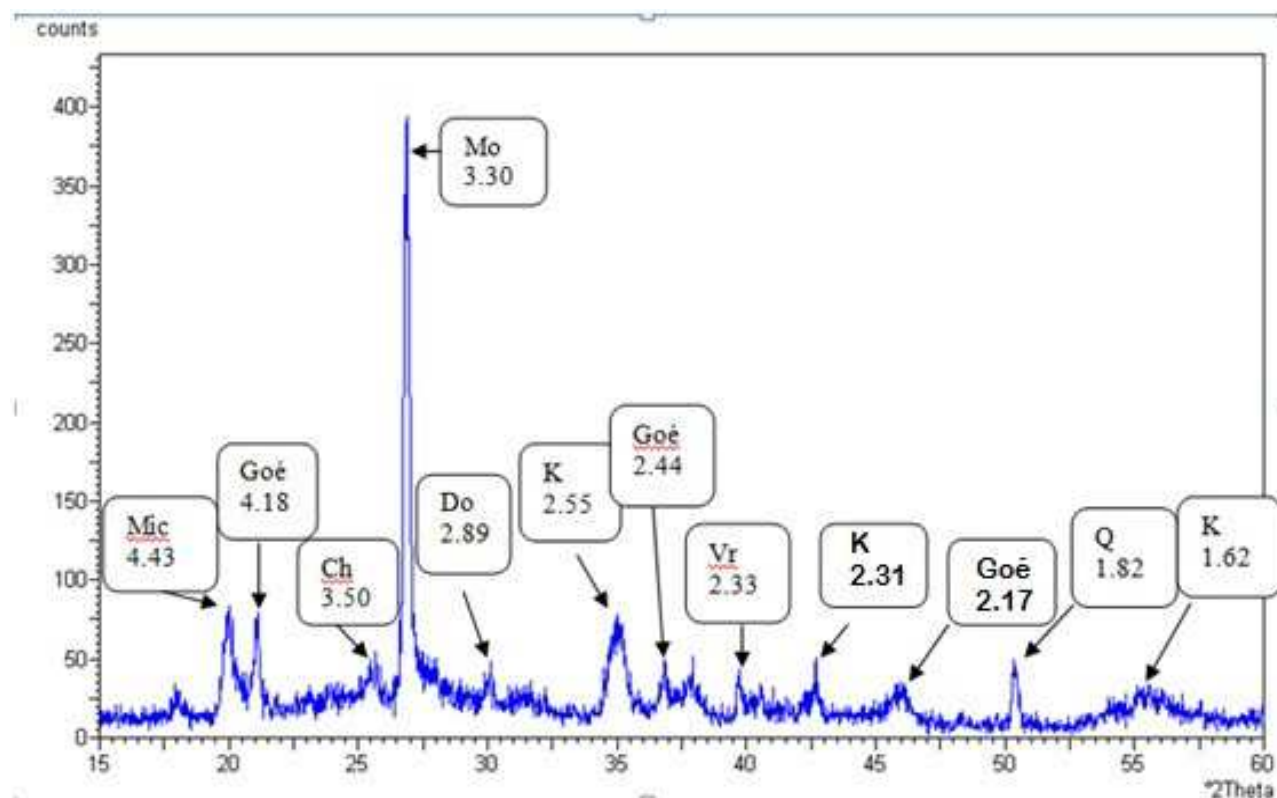


Fig. 9: Diffractogramme des rayons X sur l'échantillon(OA2) du Oued el Abd .

Symbole	Il	Mo	Mi	Mu	Ca	Géo
Minéral	Illite	Montmorillonite	Mica	Muscovite	Calcite	Goéthite
Symbole	Ch	Ver	K	Q	Do	
Minéral	Chlorite	Vermiculite	Kaolinite	Quartz	Dolomite	

Tab. 7: Les minéraux détectés par les analyses de DRX

Les résultats d'analyse par DRX sur les argiles prélevés sont représentés sous formes des graphes sur les figures 6,7,8 et 9. D'après ces résultats on peut ressortir le suivant:

la présence des minéraux argileux plus au moins divers: kaolinite ; illites; chlorite ; montmorillonite ; vermiculite , et aussi la présence minéraux non argileux: quartz ; mica ; muscovite ; calcite ; goéthite ; dolomite.

2-Résultats des essais physico-chimiques**Introduction**

Pour une bonne étude, il est nécessaire de disposer de certaines données relatives aux propriétés géotechniques du sol, telles que la limite d'Atterberg, la teneur en eau, la teneur en carbonate, dont le but d'évaluer les possibilités d'amélioration.

Donc quelles que soient les objectifs recherchés dans une étude géotechnique, il est de règle d'effectuer initialement l'identification des sols concernés. Cette procédure permet d'orienter les analyses géotechniques ultérieures et surtout d'effectuer une classification des matériaux rencontrés, les paramètres nécessaires pour cette classification sont aussi bien de nature physico-chimique.

Realisation Des Essais

Dans ce chapitre, nous allons développer le travail expérimental lié à l'exécution des essais décrits précédemment. Pour chacun d'entre eux, nous représentons et interprétons nos résultats.

Après la présentation de l'endroit de prélèvement des échantillons au niveau du site de Oued el Abd, on représente les paramètres de mise en œuvre des essais et faire quelques remarques concernant leur confection.

- Programme Des Essais

Les échantillons prélevés au niveau du site de Oued el Abd, ont été soumis à des essais physico-chimiques au laboratoire LTPS-OUARGLA (Fig.12).

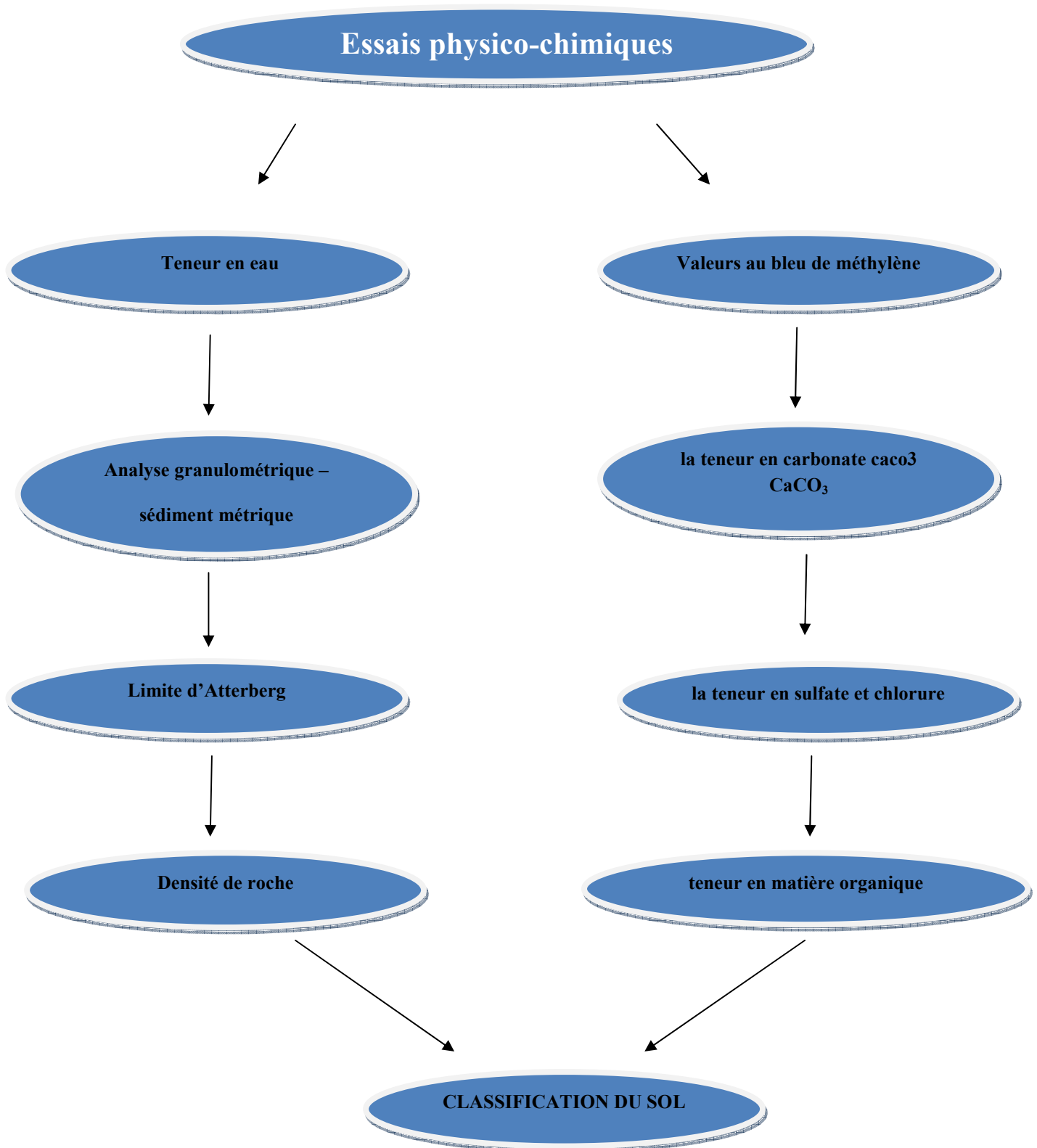


Fig. 12 :Diagramme des essais physico-chimiques.

2.1- ESSAIS PHYSICO-CHIMIQUES

2.1.1--Essai physique

2.1.1.1-Teneur en eau naturelle

La teneur en eau est la quantité d'eau contenue dans un échantillon. Cette propriété intervient dans un large éventail de disciplines scientifiques et techniques, et s'exprime comme un rapport de $W\%(OA_1)$ sur $W\%(OA_2)$. La définition de la teneur en eau initiale des deux échantillons OA_1 - OA_2 est donnée dans le tableau ci-dessous.

ARGILE	W(%)	W(%)
ECHANTILLON OA_1	1.39%	1.50
ECHANTILLON OA_2	1.66%	

Tab. 8 : la teneur en eau naturelle de l'argile de Oued el Abd.

a- Résultats et interprétation

La teneur en eau en moyenne est 1.5% présentent une argile sèche et moyennement humide.

selon la norme GTR2000 et NF 11-300. La présence des matières organiques influence sur les caractéristiques physiques et mécaniques du matériau. Une quantité de 0.44 à 0.30 % de matière organique peut modifier les caractéristiques du matériau (Bennert *et al.*, 2000).

2.1.1.2-Analyse granulométrique sédimentométrique



Fig. 13 : Photo montrant le mode opératoire de l’essai de tamisage.

Poids de l'échantillon	Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)		Poids refus cumulés (g)		Poids refus cumulés (%)		Complément a 100		Tamisâtes %	
		OA1	OA2	OA1	OA2	OA1	OA2	OA1	OA2	OA1	OA2
200 g	5	8.11	2.01	8.11	2.01	4.05	1.00	95.95	99	96	99
	2	15.23	7.02	23.33	9.03	11.66	4.52	88.34	95.48	88	95
	1	2.40	1.34	25.73	10.37	12.68	5.19	87.32	94.81	87	95
	0.4	1.28	1.11	27.01	11.48	13.32	5.74	86.68	94.26	87	94
	0.2	0.15	0.60	27.16	12.08	13.39	6.04	86.61	93.96	87	94
	0.1	0.17	0.06	27.33	12.14	13.48	6.07	86.52	93.93	87	94
	0.08	0.03	0.03	27.36	12.16	13.49	6.09	86.51	93.91	87	94

Tab. 9 : les résultats des analyse de granulométrique des échantillons (OA1; OA2).

Après avoir fait passer le matériau dans une série de tamis de différents diamètres, et le tamisât qui passe par le dernier tamis 0,08, il s’incorpore par la sédimentométrie comme le montrent les schémas suivants (Fig 14 et Fig 15):

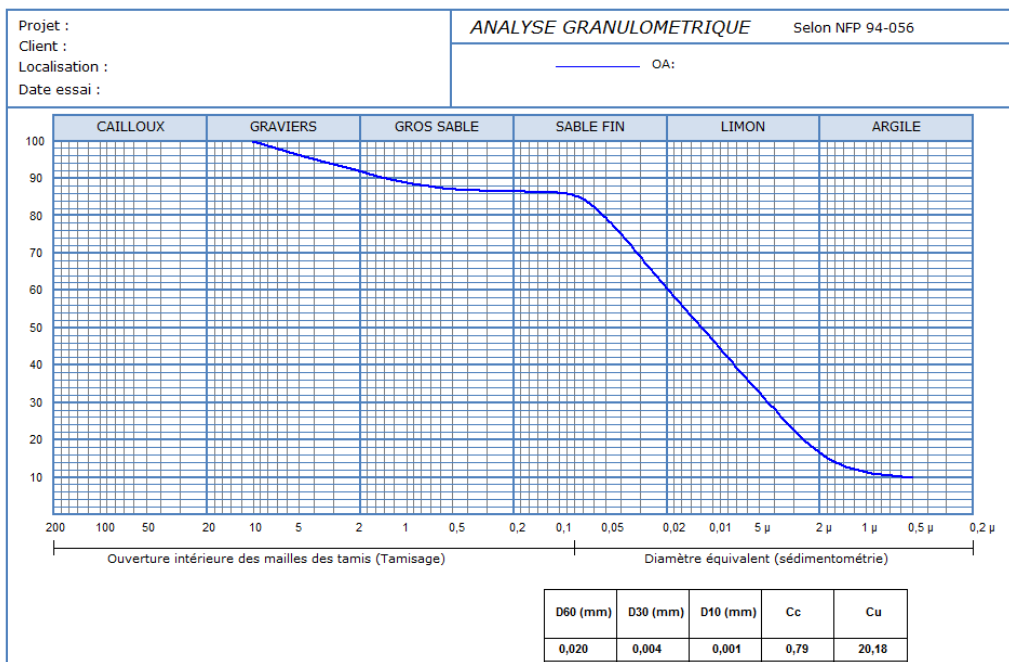


Fig. 14 : Courbe d'analyse granulométrique de l'échantillon OA₁

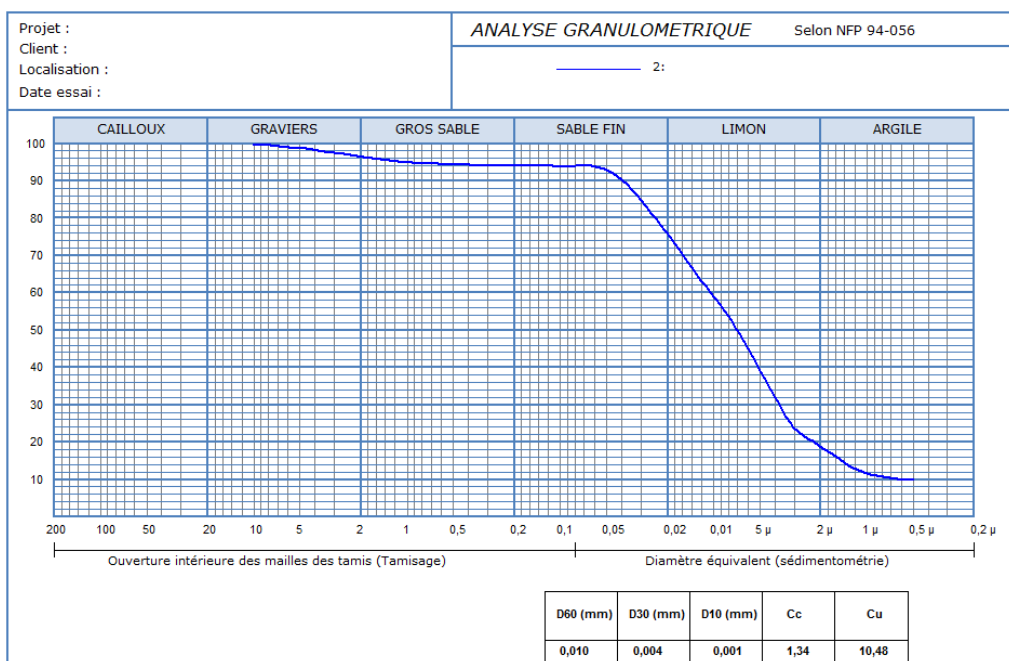


Fig. 15 : Courbe d'analyse granulométrique de l'échantillon OA₂

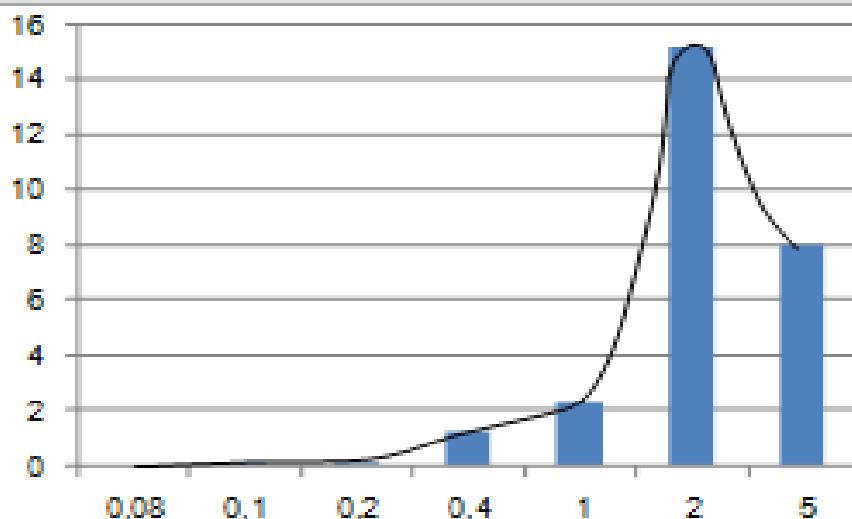


Fig. 16 :Histogramme courbe de fréquence de l'échantillon (OA1)

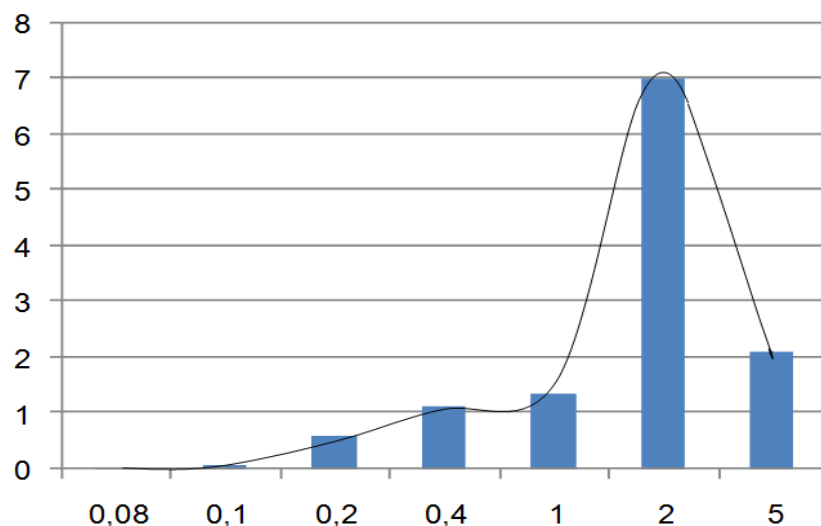


Fig. 17 :Histogramme et courbe de fréquence de l'échantillon (OA2)

Ech.	Paramères calculés					
	M	So	SK	K	C _U	C _C
OA ₁	0.031	0.75	1.37	3.950	20.18	0.79
OA ₂	0.022	0.28	1.30	4.339	10.48	1.34

Tab. 10 : Les différents paramètres granulométriques des argiles étudiées

Ech	Gravies%	Gros Sable %	Sable fin%	Argile %
OA ₁	8	6	24	52
OA ₂	3	3	18	66

Tab. 11 : Les différentes classes des argiles étudiées.

a- Interprétation des résultats

Dans cet essai, nous avons remarqué que la courbe granulométrique des argiles de Oued el Abd (OA1) contient 38% des particules diverses et de 52 % particules fines (argiles), l'échantillon OA2 contient 24 % des particules diverses et de 66% particules fines (argiles).

Les valeurs de coefficient d'uniformité de hazen C_U est de et le coefficient de courbure C_C au niveau des échantillons OA1, OA2 montrent que la courbe est étalée et mal graduée.

-Les valeurs de la moyenne sont variées du sommet vers la base de la série. On a deux niveaux; l'un ayant des valeurs très faibles.

Il semblerait que cela soit dû à l'abondance de la fraction fine (limon et argile).

-La valeur de l'indice de classement dans toutes les unités est comprise entre 0,13 à 0.54 (Tab. 3). Ces valeurs montrent que le sédiment est très bien classé.

- Le paramètre Sk est >1 (Tab. 4), où les sédiments ont une tendance à côté de la fraction fine,

-Les valeurs du Kurtosis tout le long de la série s'étalent ($K >1.50$) (voir le tab.5); les histogrammes de fréquences sont de type leptokurtique et très leptokurtique. Cette évolution montre la présence des niveaux de sédiments où le classement est très bon.

2.1.1.3-Limite d'Atterberg

2.1.1.3.1-Limite de liquidité



Fig. 18 : Photo montrant l'appareil de casa grande pour déterminer la limite de liquidité.

Limite de liquidité WL ₂						
	1 ^{er} essai		2 ^e essai		3 ^e essai	
N ^o de coups	18		22		29	
N ^o de la tare	326	165	148	214	121	250
Poids total humide	27.56	28.47	21.08	26.65	26.32	28.02
Poids total sec	25.13	25.36	18.07	24.24	23.86	23.68
Poids de la tare	13.84	14.08	7.07	14.21	13.75	13.80
Poids de l'eau	2.43	3.11	3.01	2.11	2.50	2.52
Poids sol sec	11.29	11.30	11.00	10.33	10.11	11.88
Teneur en eau	27.52	21.52	27.33	20.04	22.72	21.21
W% MOY	24.52		23.89		22.96	

Tab. 12 : Présentation des résultats obtenu de limite de liquidité d'argile OA₁.

Limite de liquidité WL ₂						
	1 ^{er} essai		2 ^e essai		3 ^e essai	
N° de coups	17		21		30	
N° de la tare	148	214	326	165	121	250
Poids total humide	17.22	24.37	23.85	24.16	23.22	23.49
Poids total sec	14.19	21.36	20.87	21.28	20.84	20.81
Poids de la tare	7.07	14.21	13.84	14.06	13.75	13.80
Poids de l'eau	3.03	3.01	2.98	2.88	2.78	2.68
Poids sol sec	7.52	7.15	7.03	7.22	7.09	7.01
Teneur en eau	42.55	42.09	42.36	39.88	39.33	39.67
W% MOY	42.32		41.12		39.00	

Tab. 13 : présentation des résultats obtenus de limite de liquidité d'argile OA2.

Interprétation des résultats : Les deux figures montrent que les valeur des limites de liquidité sont élevées et comprise entre 39% et 43%

2.1.1.3.2-La limite de plasticité W_p



Fig. 19 : La mesure des limites de plasticité des différents échantillons.

Limite de plasticité			
	1 ^{er} essai	2 ^e essai	3 ^e essai
N° de tare	148	214	326
poids total humide(g)	7.69	14.88	14.10
Poids total sec(g)	7.62	14.81	14.04
Poids de la tare	0.09	14.21	13.84
Poids de l'eau (g)	0.55	0.07	0.06
Poids du sol sec(g)	16.36	0.60	0.58
Teneur en eau (W%)	16.36	11.66	10.71
WP=12.91			

Tab. 14 : Les résultats des poids de l'essai de limite de plasticité OA1

Limite de plasticité			
	1 ^{er} essai	2 ^e essai	3 ^e essai
N° de tare	165	121	250
poids total humide(g)	25.99	25.12	28.12
Poids total sec(g)	24.06	25.05	25.92
Poids de la tare	14.06	13.75	13.80
Poids de l'eau (g)	1.93	2.07	2.20
Poids du sol sec(g)	10	11.30	12.12
Teneur en eau (W%)	19.30	18.31	18.15
WP=18.58			

Tab. 15 : Les résultats des poids de l'essai de limite de plasticité OA2.

Après le calcul W_L et W_P on déterminera I_p et I_C des deux échantillons comme il est présenté dans tableaux suivants:

Conclusion			
Teneur en eau de plasticité	16.66	11.36	10.61
Limite de liquidité WL1=23.51		Indice de plasticité Ip=10.60	
Limite de plasticité WP1 =12.91		12<Ip<25 limons peu plastique	

Tab. 16 : Conclusion sue prélèvement OA1.

Conclusion			
Teneur en eau de plasticité	19.30	18.30	18.15
Limite de liquidité WL1=40.23		Indice de plasticité Ip=21.65	
Limite de plasticité WP1 =18.58		12<Ip<25 sol peu plastique	

Tab. 17 : Conclusion sue prélèvement OA2.

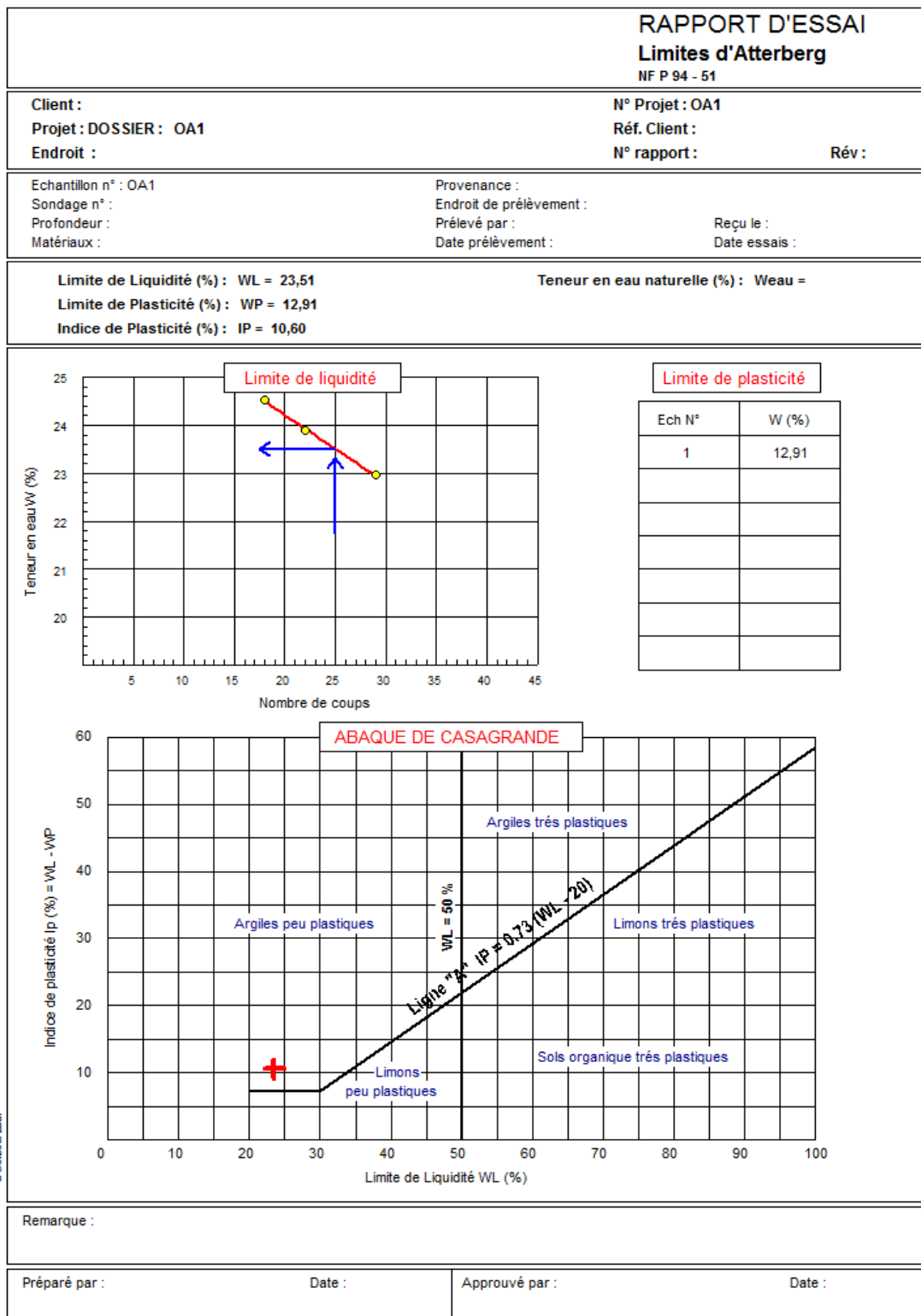


Fig. 20 : Emplacement de prélèvement OA1d'après le diagramme de plasticité.

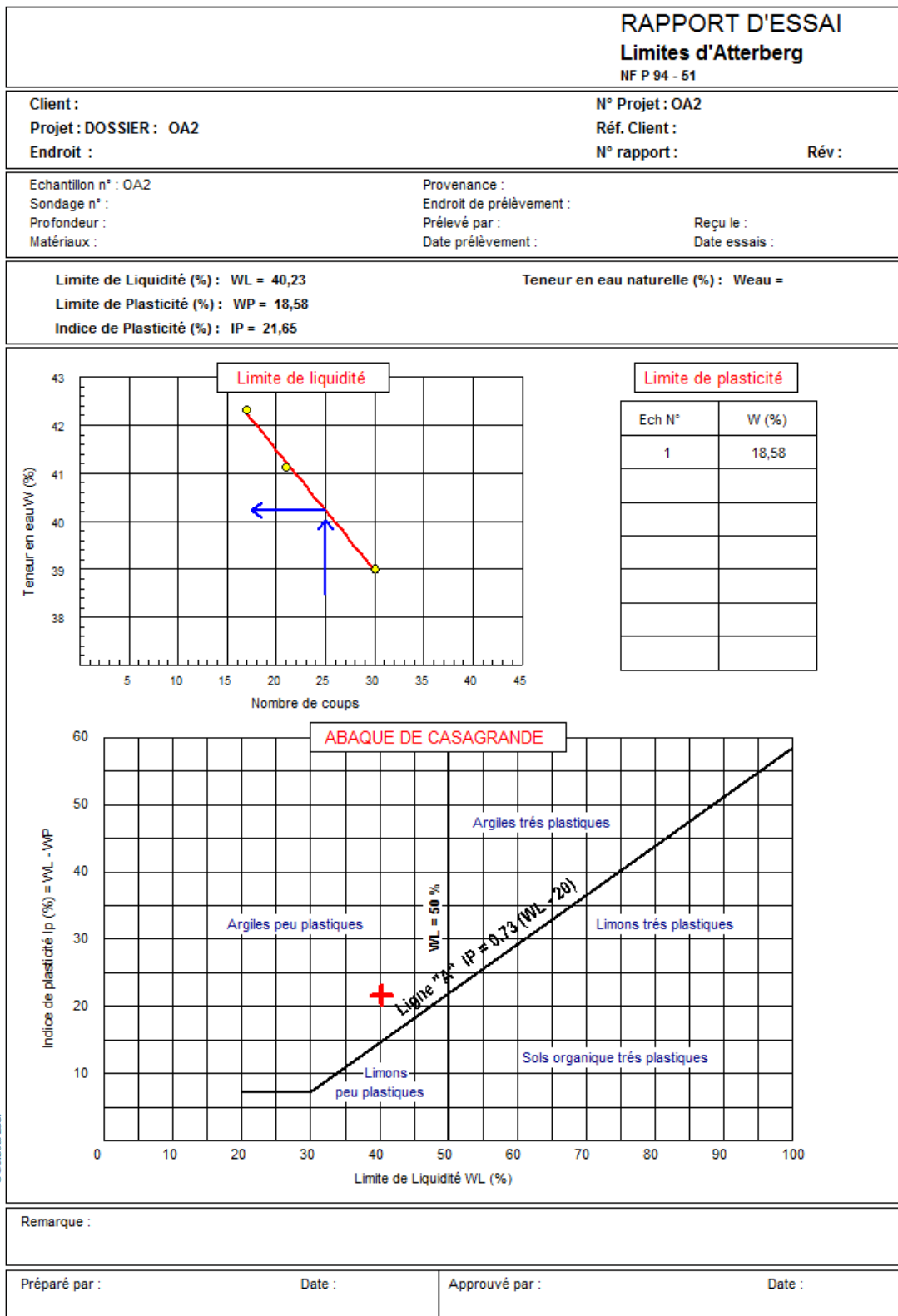


Fig. 21 : Emplacement de prélèvement OA₂ d'après le diagramme de plasticité.

Interprétation des résultats

Les valeurs de limite de liquidité des argiles sont élevées et comprise entre 39% et 43% et l'indice de la plasticité est compris entre 12% et 19%

D'après le positionnement du couple W_L et I_p des deux échantillons sur le diagramme de plasticité, on constate que les argiles d'Oued eL Abd se situent à la classe A1: argile peu plastique.

2.1.1.4-la densité:

ECHANTILLON	OA1	OA2
POIDS SEC+PARAFFINE	105.47	122.65
POIDS SEC	102.67	119.43
POIDS PARAFFINE	2.8	3.22
DENSITE PARAFFINE	0.9	0.9
P.MAT.DANS L'EAU	62.00	71.57
VOLUME BRUT	43.47	51.08
VOLUME PARAFIINE	3.11	3.57
VOLUME NET	40.36	47.51
DENSITE SECHE	2.54	2.51

Tab. 18 : les résultats de la densité des (OA1 ; OA2).

Interprétation des résultats

Après avoir vérifié la densité de la roche vis-à-vis des normes demandées par les utilisateurs qui est égale a 2.7 g/cm^3 on remarque que les analyses réalisées sur l'argile prélevée de Oued el Abd confirme que la densité de cette argile ne dépasse pas les limites recommandées par les normes.

2.1.2-Essai chimique**2.1.2.1-Valeurs au bleu de méthylène**

Cet essai a pour but de caractériser globalement la fraction argileuse contenue dans le matériau. IL consiste à mesurer la quantité au bleu de méthylène nécessaire.



Fig. 22 : Application des taches sur papier filtre.

a- Calculs et expression des résultats :

L'auréole bleu clair $t=2\text{min}$ détermination du volume total du bleu induit dans la suspension
 $V=35\text{ml}$

$$\text{VBS (OA1)} = \frac{V}{m_0} \cdot C = 1.4$$

Volume totale du bleu induit dans la suspension $V=40\text{ml}$

$$\text{VBS (OA2)} = \frac{V}{m_0} \cdot C = 1.6$$

Interprétation des résultats

Nous avons remarqué que les valeurs au bleu de méthylène obtenues sur les deux prélèvements qu'on a effectués, le VBS est de 2.00 gr/100 gr donc d'après les seuils de classification en techniques routières, le sol possède une peu plasticité selon l'histogramme (Fig. 21 et Fig. 22).

2.1.2.2-Détermination de la teneur en carbonate CaCO_3

a- Principe de l'essai

L'essai consiste à déterminer le volume de dioxyde de carbone (CO_2) dégagé sous l'action d'acide chlorhydrique en excès (dans des conditions de température et de pression atmosphérique connues) par un échantillon préparé pour l'essai.

b- Expression des résultats

Introduire un tube contenant V d'acide chlorhydrique $V=10\text{ml}$

Prélever le volume $V=5\text{cm}^3$

Procéder avec les deux prises d'essai de carbonate de calcium indique au tableau suivant :

Ech	V NaOH (ml)	% CaCO_3
OA1	9.8	2
OA2	9.9	1

Tab. 19 : Procédure des prises d'essai de carbonate.

a- Interprétation des résultats

D'après (OA1) et (OA2) la teneur en carbonate =2.5% et selon la désignation de la classification géotechnique le sol est une argile car la valeur est inclus entre (0-10).

2.1.2.3-Détermination de la teneur en sulfate et chlorure :



Fig. 23 : Photo montrant l'ajout de chlorure de baryum sur mélange filtré.

Afin déterminer la valeur de la teneur en SO₄ et SO₃ et calculer le Chlorure Cl dans le tableau suivant :

$$\%INS = \frac{P_2 - P_1}{P_0} * 100$$

P0 = pois de l'échantillon

$$\%CaSO_4 \cdot 2H_2O = \frac{P_2 - P_1}{P_0} * 184.23$$

P1 = pois de cruset

$$\%SO_4 = \frac{P_2 - P_1}{P_0} * 41.2$$

P2 = pois l'échantillon avec le cousions après

cuisson

$$\%SO_3 = \frac{P_2 - P_1}{P_0} * 34.3$$

$$\%CL = V(AgNO_3) * 0.005672$$

$$\%NaCl = \%CL * 1.64$$

Ech		OA1	OA2
INS	%	82.58	84.21
	P ₂ (g)	31.0312	40.5521
	P ₁ (g)	30.2054	39.7100
CaSO ₄ · 2H ₂ O	%	2.2660	1.62
	P ₂ (g)	27.8845	29.1229
	P ₁ (g)	27.8845	29.1141
SO ₃ (%)		0.42189	0.30184
SO ₄ (%)		0.50676	0.3625
PH		8.38	8.18
AgNO ₃ (%)		1.30	2.00
Cl (%)		0.0072	0.0113
NaCl (%)		0.012	0.019

Tab. 20 : Les valeurs de la teneur en sulfate et chlorure des échantillons OA1 et OA2.

Interprétations des résultats :

Après l'ajout de chlorure on remarque qu'il n'y a aucun changement de couleur, donc il ne contient pas de sulfate, et par conséquent il est donc faiblement agressif.

2.2.4-Détermination de la teneur en matière organique totale**a- Principe de l'essai**

La présence des matières organiques influe sur les caractéristiques physiques et mécaniques du matériau. Il est donc nécessaire de pouvoir évaluer la proportion en matières organiques, la mesure consiste à déterminer par deux procédés (Tab. 8).

Argile	MO(%)	MO(%)
Echantillon OA₁	0.44%	0.37 %
Echantillon OA₂	0.30 %	

Tab. 21 : la teneur en matière organique de l'argile étudiée.

b- Résultats et interprétation

Nos échantillons ont une teneur en matière organique moyenne inférieure à 3%, ils sont classés comme des matériaux faiblement organiques avec les sous-produits industriels

3-CLASSIFICATION DU SOL D'APRES LES RESULTATS OBTENUS

Les différents essais de caractérisations physico-chimiques et minéralogiques permettent de classer les échantillons OA₁, OA₂ selon le GTR 2000 et NF P11-300, matériaux pour les quels la mesure de l'IP est à retenir comme base de classement. Pour les autres matériaux on utilisera la VBS.

Du point de vue granulométrique, les échantillons se classent en rubrique de sols fins, noté classe A avec une proportion en matière organique inférieure à 10 %, la sous-classe peut être déterminée en fonction de l'activité argileuse (VBS) et du caractère peu plastique, toutefois les paramètres obtenus entrant en jeu sont contradictoires.

Effectivement, la valeur au bleu montre un sol de la classe A1, les limites d'Atterberg nous permettent d'identifier un sol de la sous classe A1 correspondant à une argile peu plastique.

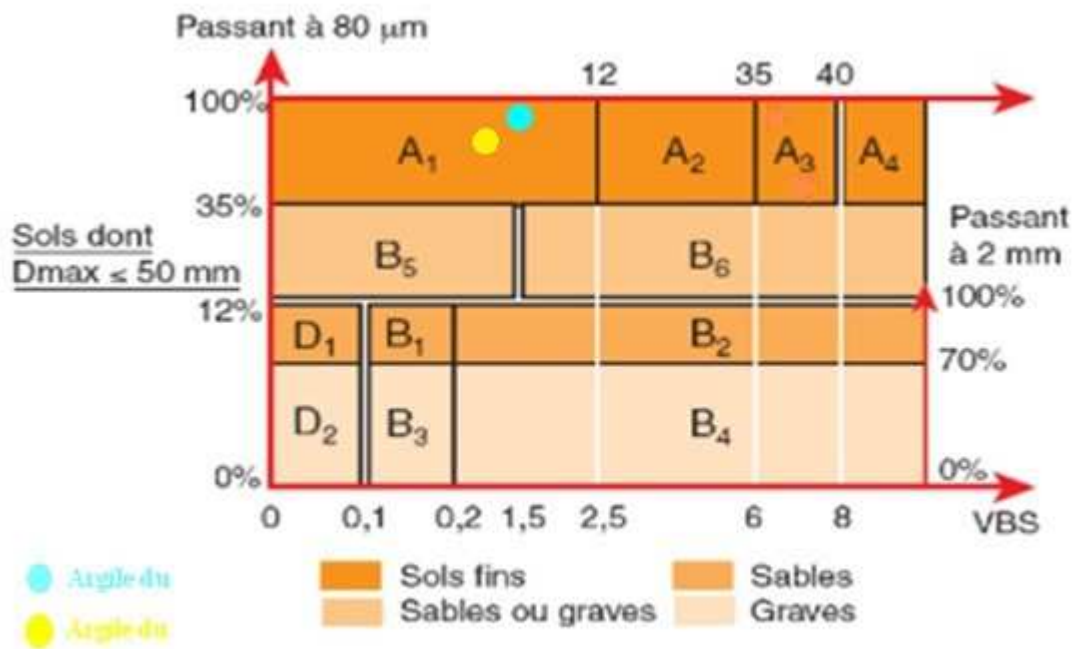


Fig. 24 : La classification des sols fins d'après le GTR

CONCLUSION GENERALE

Cette étude a été menée sur la Formation des Argiles de Saïda d'âge Oxfordien qui affleure au niveau domaine tlemcenien . Ce dernier correspond à une bande étendue des frontières algéro-marocaines jusqu'au sud de la ville deTiaret. Ce travail a consisté à des analyses minéralogiques et des essais physico-chimiques : teneur en eau; analyse granulométrique par tamisage; limites d'Atterberg (limites de liquidité et de plasticité et indice de plasticité); teneur en carbonate...etc.

A l'issus de ces travaux, on peut ressortir les conclusions suivantes:

Pour les analyses minéralogiques basées sur la diffractométrie de rayon x (DRX), les argiles oxfordiennes des régions exploitées sont composées des minéraux argileux plus au moins variable, il s'agit du cortège minéral suivant: kaolinite; illites; chlorite; montmorillonite; vermiculite et minéraux non argileux divers:quartz; mica; muscovite; magnétite ; hématite; calcite ; goethite; rutile; dolomite.

Concernant les essais physico-chimiques exercés sur les échantillons argileux, ils ont permis la caractérisation des argiles classées dans un sol fin et montrant ainsi qu'il s'agi d'un sédiment très bien classé. Les Limites d'Atterberg suggèrent d'une argile de moyenne liquidité avec peu de plasticité de la classe A.

La Les analyses chimiques ont montré une faible teneur en carbonates CaCO_3 qui est entre 1 et 4, correspondant à une argile faiblement carbonatée, ainsi une argile à faible taux en matière organique Egalement, pour la teneur en sulfate, cette essai a montré qu'il s'agit sol faiblement agressif.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLIPRANDI. G (1979)** Matériaux Réfractaires et Céramiques Techniques-I Eléments de Céramurgie et de Technologie, Editions Septima Paris. pp. 237-250.
- ATGER M., VERDIER J. (1965)**- Etude géologique du Plateau jurassique de Cacherou (Permis Mascara- Bedeau), bordure nord des Monts de Saïda. Géoscience, S. N. Répal.
- ATTERBERG. A (1913)** Intern. Mitteil. F. Bodenkunde, III. pp. 356-362.
- ATTOU A., HAMOUMI N & BENBOUIDA M. (2004)**- Faciès sédimentaires et évolution paléogéographique de la Meseta marocaine au silurien. Boletín Geológico y Minero, 115 (1): 73-84.
- AUCLAIR D. & BIEHLER J. (1967)**- Etude géologique des hautes plaines oranaises entre Tlemcen et Saïda. – Publ. Serv. Géol. Algérie, Alger. (Nouvelle.Série)., **34**, 3-45.
- BENDELLA M., BENYOUCEF M.,CHERIF A & BENHAMOU M. (2011)**- Ichnology and sedimentology of the “Argiles de Saïda” formation (Callovo-Oxfordian) of the Djebel Brame (Tiaret, Algeria). Bull. Soc. géol. France, 2011, t. 182, N° 5, pp. 417-425
- BENEST M, BENSALAH M, BOUABDELLAH H & OUARDAS T. (1999)**- La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Tlemcénien (Avant-Pays Tellien d'Algérie Occidentale) : stratigraphie, paléo environnements, dynamique sédimentaire et tectogenèse alpine. Bulletin du Service Géologique de l'Algérie. Vol. 10, N° 2, pp.127 -157,7 fig., 1999
- BENEST M., ELMI S. (1969)**- Précisions stratigraphiques sur le Jurassique inférieur et moyen de la partie méridionale des Monts de Tlemcen (Algérie). C. R.. somm. Soc. Géol. France, 8, p. 295-296.
- BENEST M., ELMI S., OUARDAS T., PERRIAUX J., GHALI M., BENHAMOU M. (1995)**- Dynamique de mise en place d'un cône détritique d'âge callovo-oxfordien dans le sillon intra-cratonique du Nador de Tiaret sur la marge téthysienne de l'Ouest algérien. C. R.. Acad. Sc., Paris, t. 321, sér. lia, p. 103-110.
- BOUYAHYAOUI. F (1996)** Etudes géologiques, minéralogiques et technologiques des marnes miocènes supérieur à Pliocène inférieur de la région de Fès-Meknès et de Rabat-Salé.Doctorat 3ème cycle, Faculté des Sciences, Rabat. 235 p.
- BRINDLEY. G. W & BROWN. G (1980)** Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray identification, Mineralogical Society. 5. pp. 411-436.

- CALLIERE. S, HENIN. S & RATUREAU. M (1982)** Minéralogie des Argiles, Tomes I et II, 2^{ème} édition Masson et Cie.
- CARATINI C. (1970)**- Etude géologique de la région de Chellala-Reibell. Publ. serv. géol., Algérie, (Nile sér.), n° 40, 2 1., 311 p.
- CISZAK R. (1993)**- Evolution géodynamique de la chaîne tellienne en Oranie (Algérie occidentale) pendant le Paléozoïque et le Mésozoïque. Thèse Doc. Etat, Actes Lab. géol. Sédim. Paléont., sér. 2, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, v. 20, 506 p.
- DOUMERGUE F., Rey M.A. (1948)**- Carte géologique détaillée Algérie à 1/50 000, feuille Lamoricière, n° 271..
- ELMI S. (1972)**- L'instabilité des Monts de Tlemcen et de Rhar-Roubane (Ouest algérien) pendant le Jurassique. Interprétation paléogéographique. C. R. somm. Soc. géol. France, Paris, n° 5, p. 220-222.
- ELMI S. (1976)**- A propos de la différenciation alpine (tellienne) en Oranie. 4^{ème} Réun. ann. Sc. Terre, Paris (Soc. géol. France), p. 160.
- ELMI S & AMEUR M. (1984)**- Quelques environnements des faciès noduleux mésogéens. GEOLOGICA ROM., 23 (1984) : 13-22, 11 fig., Roma.
- ELMI S., BENEST M. (1978)**- Les "Argiles de Saïda", faciès flyschoides du Callovo-Oxfordien du sillon tlemcenien (Ouest algérien); stratonomie, environnement, interprétation et évolution paléogéographique. In: Livre jubilaire Jaques Flandrin. Doc. Lab. géol. Fac. Sc. Lyon, h. s., 4, p. 203-262.
- ESLINGER & PEAVER, (1988)** ; Principe de la diffraction et illustration la Loi de Bragg.
- FOLK, 1966**;Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters-Journ. Sed.Petrol-Vol.27-pp529
- GENTIL L., L EMOINE P. (1904)**- Sur les gisements calloviens de la frontière marocaine. C. R.. Acad. Sc., Paris, 139, p. 376.
- HOLTZAPFFEL. T (1985)** Les Minéraux argileux: Préparation, analyse diffractiométrique et détermination, Société Géologique du Nord.
- LUCAS G. (1942)**- Description géologique et pétrographique des Monts de Ghar Rouban et du Sidi el Abed. Bull Ser. géol Algérie, Alger, sér. 2, n° 16, 2 vol., 538 p.
- LUCAS G. (1952)**- Bordure nord des Hautes Plaines dans l'Algérie occidentale. XIX^{ème} Cong. géol. Intern. Alger, Monog. rég., sér. 1, n° 21,139 p.
- MEUNIER. A (2003)** Argiles. Editions Scientifiques GB

NJOPWOUO. D (1988) Minéralogie de la fraction fine des matériaux argileux de Misséllélé et de Mussaka (Cameroun) utilisables dans le renforcement du caoutchouc naturel, Ann. Fac.Sci. Chim.1(2).

POUYANNE. J . (1877) - Notice géologique sur la subdivision de Tlemcen. Carte au 1/400.000 de la région de Tlemcen.

STOLL J. M, LUCAS. J, MILLOT. G & Wey. R (1964) Contribution à l'étude des méthodes de pratiques d'examen aux rayons X des minéraux phylliteux. Influence du mode de séchage et de la saturation par les ions potassium. Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr., vol. 17, 4. pp. 235-246.

YVON. J, GARIN. P, DSLON.J. F, CASES. J. M (1982) Valorisation des argiles kaolinitiques de Charente dans le caoutchouc naturel, Bull. Minéral. 105.

WILDI W. (1981)- Le Ferrysch: cône de sédimentation détritique en eau profonde à la bordure nordouest de l'Afrique au Jurassique moyen à supérieur (Rif externe, Maroc). Eclogae geol. Helv., Bâle, v. 74/2, p. 481-527.

Liste de Figures

Fig. 1	Types de phyllosilicates formés au cours de l'altération	3
Fig. 2	Localisation du domaine Tlemcénien dans le cadre général.	9
Fig. 3	Les grandes traits structuraux de la mosaïque de l'Afrique du Nord-Ouest (d'après Elmi, 1978; in Ameer, 1988).	10
Fig. 4	Illustration photographique des sites de prélèvements des échantillons d'argiles pour l'analyse de DRX.	16
Fig. 5	Illustration de la loi de Bragg d'après Holtzapffel (1985)	18
Fig. 6	Différentes représentations d'une granulométrie et leurs modes de distributions (Miaskovsky, 2002)	21
Fig. 7	Dispositif utilisé pour déterminer la limite de liquidité (d'après Norme AFNOR NF P 94-500)	25
Fig. 8	Diffractogramme des rayons X sur l'échantillon (K1) du Kef Lazrg	33
Fig. 9	Diffractogramme des rayons X sur l'échantillon (K2) du Kef Lazrg	34
Fig. 10	Diffractogramme des rayons X sur l'échantillon (OA1) du Oued el Abd	34
Fig. 11	Diffractogramme des rayons X sur l'échantillon (OA2) du Oued el Abd	35
Fig. 12	Diagramme des essais physico-chimiques.	38
Fig. 13	Photo montrant le mode opératoire de l'essai de tamisage	40
Fig. 14	Courbe d'analyse granulométrique de l'échantillon OA1	41
Fig. 15	Courbe d'analyse granulométrique de l'échantillon OA1	41
Fig. 16	Histogramme courbe de fréquence de l'échantillon (OA2)	42
Fig. 17	Histogramme courbe de fréquence de l'échantillon (OA2)	42
Fig. 18	Photo montrant l'appareil de Casagrande pour déterminer la limite de liquidité	44
Fig. 19	La mesure des limites de plasticité des différents échantillons.	45
Fig. 20	Emplacement de prélèvement OA1 d'après le diagramme de plasticité	48
Fig. 21	Emplacement de prélèvement OA2 d'après le diagramme de plasticité	49
Fig. 22	Application des taches sur papier filtre.	51
Fig. 23	Photo montrant l'ajout de chlorure de baryum sur mélange filtré	52
Fig. 24	La classification des sols fins d'après le GTR	55

Liste de Tableau

Liste de Tableau		
Tab. 1	Les grandes familles des minéraux argileux (Callière <i>et al.</i> , 1982)	3
Tab. 2	Occurrence des minéraux argileux dans le sol en fonction du climat.	7
Tab. 3	Classification des faciès sédimentaires en fonction de l'indice de classement	22
Tab. 4	Répartition des faciès sédimentaires en fonction de l'indice d'asymétrie (Folk, 1966).	23
Tab. 5	Répartition des faciès sédimentaires en fonction de l'indice Kurtosis (Folk, 1966)	23
Tab. 6	Les normes des essais géotechnique	32
Tab. 7	Les minéraux détectés par les analyses de DRX	35
Tab. 8	La teneur en eau naturelle de l'argile de Oued el Abd.	38
Tab. 9	Les résultats des analyse de granulométrie des échantillons (OA1; OA2).	49
Tab. 10	Les différents paramètres granulométriques des argiles étudiées	41
Tab. 11	Les différentes classes des argiles étudiées	42
Tab. 12	Présentation des résultats obtenu de limite de liquidité d'argile OA1	43
Tab. 13	Présentation des résultats obtenu de limite de liquidité d'argile OA2	44
Tab. 14	Les résultats des poids de l'essai de limite de plasticité OA1	45
Tab. 15	Les résultats des poids de l'essai de limite de plasticité OA2	45
Tab. 16	Conclusion sue prélèvement OA1	46
Tab. 17	Conclusion sue prélèvement OA2	46
Tab. 18	Les résultats de la densité des (OA1 ; OA2).	49
Tab. 19	Procéder des prises d'essai de carbonate.	51
Tab. 20	Les valeurs de la teneur en sulfate et chlorure des échantillons OA1 et OA2.	52
Tab. 21	La teneur en matière organique de l'argile étudiée	53

الملخص:

يهدف عملنا إلى القيام بدراسة جيوتقنية و تحاليل معدنية للطين الاكسفوردي في منطقة فرندة و تاخرت (تيارت). التي تقع في الجزء الشمالي الغربي من الجزائر. هذه الطين ذات أهمية اقتصادية، وهو ما يفسر استخدامها كمادة خام للأجر.

المنطقة المستغلة هي: كاف لزرق (فرندة) و واد العب د(تاخرت)، هذه الدراسة تركز في العمل الميداني على أخذ عينات من اجل تحضير الدراسة المعدنية المتركزة على حياض الأشعة السينية و تجارب كيميائية-فيزيائية.

هذه الدراسة تسمح فيما بعد بتحديد الخصائص و التراكيب المعدنية و كذلك الخصائص الجيوتقنية الأولية بشأن تشكيلة طين سعيدة.

الكلمات المفتاحية: الطين ;كاف لزرق ; واد العب د ; الجيوتقنية ; حياض الاشعة

RESUMÉ

Notre travail a pour objectif une étude géotechnique et minéralogique des argiles oxfordienne de la région de Frenda et de Takhemaret (Tiaret); faisant partie du nord-ouest de l'Algérie. Ces argiles peuvent avoir une importance économique, ce qui explique leur exploitation comme une matière première pour les briqueteries (briqueterie de Frenda).

Les secteurs exploités sont ceux de Kef Lazreg (Frenda) et Oued el Abd (Takhemaret). Cette étude se porte sur le travail de terrain qui consiste à des prélèvements des échantillons qui seront soumis à des analyses de diffractométrie de rayon x (DRX) et des essais physico-chimiques.

Cette présente étude permet ultérieurement, de caractériser la composition minéralogique et présente les premières mesures géotechniques réalisées sur la formation des Argiles de Saïda.

Mots Clés: Argile ; Kef Lazreg, Oued el Abd; Géotechnique; Diffractométrie.

ABSTRACT

The present work aims to do a geotechnical and mineralogical study of Oxfordian clays in the Frenda and Takhemaret region (Tiaret); being part of the north-west of Algeria. These clays have economic importance, which explains their use as raw material for brick (Frenda brick).

The exploited sectors are Kef Lazreg (Frenda) and Oued el Abd (Takhemaret). This study is for the taking field work samples to be subjected to X ray diffraction analyzes (XRD) and physic-chemical tests.

This study subsequently allows to characterizing the mineralogical composition and presents initial geotechnical measurements on the "Argiles de Saïda" formation.

Key-words : Clays, Kef Lazreg, Oued el Abd; Geotechnical, Diffraction.