



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Sciences du Sol

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques

Thème :

**APPROCHE GRANULOMETRIQUE DES SOLS DE
FILFILA**

Présenté par :

- Boumoud Mohamed Raouf
- Redaouna abdraouf

Membres de Jury :

Melle : Bounouara Zohra	(MCB)	Présidente	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : Hannachi Hakim	(MCB)	Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Melle : Bala Sahima	(MCB)	Promotrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2021-2022

Remerciement

Avent tout nous remercions dieu tout-puissant de nous avoir donné le courage, la patience et la santé pour faire ce travail dans les meilleures circonstances. Car sans aide et son gentillesse, rien de tout cela n'aurait été possible .nous souhaitons remercier en premier lieu notre encadreur bala sihem, pour sa disponibilité, ses remarques constructives, ses critique pertinentes qui nous a permis d'améliorer la qualité de ce travail et pour sa pédagogie

Nos remerciements vont aussi à tous nos enseignants du département d'agronomie qui ont contribué à notre formation, remerciements spéciaux a tous la famille de laboratoire pour leur patience ainsi Ms, bounouara zohra, djilani zineddine sans oublier les membres de direction de les forêts pour les encouragements qu'il nous a apporté à réussir de ce travail

Enfin nous tenons à remercier chaleureusement notre chère famille et collègues et toute personne qui à contribuer de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

SOMMAIR

titre	page
Remerciement	
Sommair	
La Liste De Figure	
Liste Des Tableaux	
Liste D'abréviations	
Introduction	a
Chapitre 01 Synthèse Bibliographique	
1.Caractéristiques Et Constituants Du Sol	1
1.1.La Texture	1
1.2.La Structure	4
1.3.Porosité	6
2.L'eau Dans Le Sol	7
2.1. Humidité	7
2.2. Rétenion De L'eau Dans Le Sol	8
2.3.Notion Du Potentiel Matriciel Et De Pf	10
2.4. L'eauutile	12
2.5.Relationentrelateneureneauetpotentiel matriciel	12
3.Perméabilité	14
3.1. Définition	14
3.2. Loidedarcy	14
3.3. Lavariationdelaperméabilité	16
4.La Granulométrie	17
4.1. Le But De La Granulométrie	17
4.2. Types De Granulométrie	17
Chapitre 02 : Matériels et méthodologie de travail	
1.Etude De Milieu Physique	20

1.1.Présentation De La Zone D'étude	20
1.2.Situation Géographique	20
1.3.Les Caractéristiques Du Milieu	20
1.4.Le Végétation Et Le Relief	26
1.5.Diagramme De Gaussen De Skikda	27
1.6 Géologie Régionale	28
2.Le Domaine Interne	29
2.1.Le Socle Kabyle	29
2.2.La Dorsale Kabyle	30
3.Le Domaine Des Flyschs	31
3.1.Le Flysch Maurétanien	31
3.2.Le Flysch Massylien (Ou Albo-Aptien D'après Glangeaud L. 1933)	32
3.3.Le Flysch Numidien	32
4.Le Domaine Externe (Ou Domaine Tellien)	32
4.1.La Série Tellienne	33
4.2.La Série De L'avant Pays Allochtone	33
5.Le Granite De Beni Touffout	34
6.Le Granite De Cap Bougaroun	34
7.Le Granite De Filfila	34
7.1.H.Géologie Locale	35
7.2.Les Ensembles Sédimentaires	35
7.3.Ensemble Autochtone	36
7.4.Ensemble Allochtone Kabyle	36
8.Ensemble Parautochtone	37
8.1.Lias	37
8.2.Dogger Néocomien	37
8.3.Aptien Albien	38
9.Ensemble Post-Nappe	39
9.1.Nappe Numidienne (Paléogène- Eocène- Lutétien)	39

9.2.Le Quatenaire	39
Chapitre 03 Résultats Et Discussion	
1.Description Morphologique Et Analytique Des Profils	42
1.1.Description Morphologique Et Analytique Du Profil 01	42
1.2.Description Morphologique Du Profil 02	45
1.3.Description Morphologique Du Profil 03	47
1.4.Description Morphologique Du Profil 04	50
2.Caractérisation Des Sols	52
2.1. Granulométrie	52
2.2.Densité Apparente (Da)	54
3.Etude Des Propriétés Hydriques	55
3.1.Pf	55
3.2.Réserve Utile	57
3.3.Perméabilité	58
Conclusion Générale	61
Références Bibliographiques	63
Annexe	66
Remerciement	
Sommair	
La Liste De Figure	
Liste Des Tableaux	
Liste D'abréviations	

La Liste de Figure

Figure	page
Figure1 : échelle granulométrique	2
Figure2 : triangulaire textural de classification des sols (HENIN, S. R. GASS ET C. MONNIER. 1972)	4
Figure3 : : types de structures (Gobat et al., 1998)	5
Figure4 : les états de l'eau dans le sol	9
Figure5 : Tamis d'analyse granulométrique	18
Figure6 : : Situation du gisement de marbre de Filfila, (Google Earth)	20
Figure7 : La météo du Djebel Filfila, de 22 à 27-07- 2014	21
Figure8 : : La Pluviométrie De la wilaya de Skikda	22
Figure9 : : Graphe de la Température Moyenne De Skikda	23
Figure10 : Valeurs mensuelles des humidités (2005-2015) (DSM, 2016)	23
Figure11 : L'évaporation Moyenne Mensuelle (2005-2015)	24
Figure12 : : La Vitesse du Vent(2005-2015)	25
Figure 13 : : L'évapotranspiration moyenne durant la période (2005-2015)	25
Figure14: : Insolation moyenne mensuelle en heure pendant la période (2005-2015)	26
Figure15 : : Diagramme De Gaussen pour (2005 à 2015)	27
Figure16 : : Position des différentes unités géologique des Maghrébides avec unecoupe transversale de la grande Kabylie. (Durand Delga et Frontboté, 1980)	28
Figure17: : Carte géologique et une coupe géologique dans le massif de Filfila. Extrait de la carte géologique de la feuille de Filfila à 1/50 000. (Tchekhovitch V. D.1971)	35
Figure18 : Localisation De Profils Etudiés	40
Figure 19 : Toposéquence Des Sols De La Zone D'étude	43
Figure 20 : Photo Représentative Du Profil 01	46
Figure 21 : Photo Représentative Du Profil 02	48
Figure 22 : Photo Représentative Du Profil 03	50
Figure 23 : Photo Représentative Du Profil 04	52
Figure 24 : Histogramme Représentatif Des Pourcentages D'éléments De Granulométrie Pour Le Profil01	52

Figure 25 : Histogramme Représentatif Des Pourcentages D'éléments De Granulométrie Pour Le Profil02	53
Figure 26 : Histogramme Représentatif Des Pourcentages D'éléments De Granulométrie Pour Le Profil 03	53
Figure 27 : Histogramme Représentatif Des Pourcentages D'éléments De Granulométrie Pour Le Profil 04	54
Figure 28: Histogramme Représentatif Des Valeurs De La Da Pour Tous Les Profils.	55
Figure 29 : Le Taux D'humidité A Pf (2.5 ; 4.2) Pour Profil 01.	55
Figure 30 : Le Taux D'humidité A Pf (2.5 ; 4.2) Pour Profil 02.	56
Figure 31 : Le Taux D'humidité A Pf (2.5 ; 4.2) Pour Profil 03	56
Figure 32: Le Taux D'humidité A Pf (2.5 ; 4.2) Pour Profil 04.	57
Figure 33 : Histogramme Représentatif De La Perméabilité Des Profils D'étude	58

Liste des tableaux

Tableaux	Page
Tableaux 01: : Correspondance des expressions statiques. (MATHIEU ET PIELTAIN, 1998)	11
Tableaux 02: : classe de perméabilité en fonction de la valeur de K (CTGREF, 1979)	16
Tableaux 03: résultats analytiques physico-chimiques du profil 01	44
Tableaux 04: : résultats analytiques physico-chimiques du profil 02	46
Tableaux 05: : Résultats analytiques physico-chimiques du profil 03	49
Tableaux 06: Résultats analytiques physico-chimiques du profil 04	51
Tableaux 07: : résultats de Da pour tous les profils	54
Tableaux 08: RU	57
Tableaux 09: : perméabilité	58

Liste d'abréviations

CE : Conductivité électrique du sol.

Da : Densité apparente.

Dr : Densité réelle.

H : Horizon.

H% : Humidité pondérale.

H_m% : Humidité massique.

H_v % : Humidité volumique.

MO% : Matière organique du sol.

P% : Porosité.

pF : Potentiel capillaire.

pH : potentiel hydrique.

T °C : Température.

Ms(g) : Masse solide.

V (m³) : Volume total.

K : Coefficient de perméabilité.

RU : Réserve utile.

RFU : Réserve facilement utilisable.

Introduction

Introduction

Le sol est un milieu fragile et très complexe, trop longtemps considéré comme un simple support de l'agriculture. C'est un milieu vivant, interface entre la biomasse, l'atmosphère et l'hydrosphère. Le sol joue un rôle prépondérant dans la détermination de la qualité des eaux, de l'air et de la chaîne alimentaire.

L'étude des sols d'Algérie constitue une préoccupation majeure des pédologues algériens. En effet, les grandes potentialités en terres agricoles qu'on dispose exigent une bonne connaissance de ce patrimoine en vue de préserver et le mieux gérer.

L'analyse granulométrique d'un sol consiste à déterminer la proportion des diverses classes de grosseur des particules. Il n'existe pas de méthode parfaite pour déterminer la granulométrie ; l'exactitude de la méthode dépend de la nature du sol et, plus précisément, de la forme géométrique des particules et du pourcentage des matières organiques qu'elles renferment.

Dans notre mémoire nous avons essayé de bien connaître les caractéristiques physiques des sols de la région de Skikda. La région de Skikda est caractérisée par différents types de sols : sols minéraux bruts, sols brunifiés, sols peu évolués, sols hydromorphes, sols à sesquioxydes de fer (sols rouges + méditerranéen), brunifiés, vertisols (CPCS, 1967).

Lorsque la texture joue un rôle essentiel dans la classification des sols, la répartition des cultures et la fertilité des sols, on se propose d'étudier la diversité granulométrique (texturale) au niveau de la région de Filfila qui fait partie de la wilaya de Skikda.

Dans notre mémoire nous avons essayé de bien connaître les caractéristiques physiques des sols de la région de Filfila, en particulier la texture et nous avons étudié leur impact sur la perméabilité et la réserve utile du sol. Les résultats d'analyse de ces sols fournissent de nombreuses informations. Ces dernières sont obtenues suites aux différentes parties :

Première partie : sera réservée à la synthèse bibliographique ;

Deuxième partie : sera réservée à la présentation de la zone d'étude, en analysant plus en détail les facteurs agissant sur la formation et la répartition des sols de la zone d'étude, notamment : le climat, la géologie, la géomorphologie, le réseau hydrographique et la végétation.

Troisième partie : résultats et discussion.

Chapitre 01

Synthèse bibliographique

1. Caractéristiques et constituants du sol

Le sol est un système triphasique qui se compose d'une phase solide (qui est minérale et organique), une phase liquide ou solution du sol (qui correspond à l'eau et aux éléments dissous), et une phase gazeuse (composée principalement d'oxygène, de méthane, de dioxyde de carbone).

Les propriétés physiques sont celles qui résultent des rapports entre les éléments solides, liquide et gazeuse, capable de diffuser parmi eux : le volume de phase minérale solide est 49% et phase organique solide 3%, le volume de phase liquide 62 % tandis que le volume occupé par la phase gazeuse 22% (CHAMAYOU, 1989).

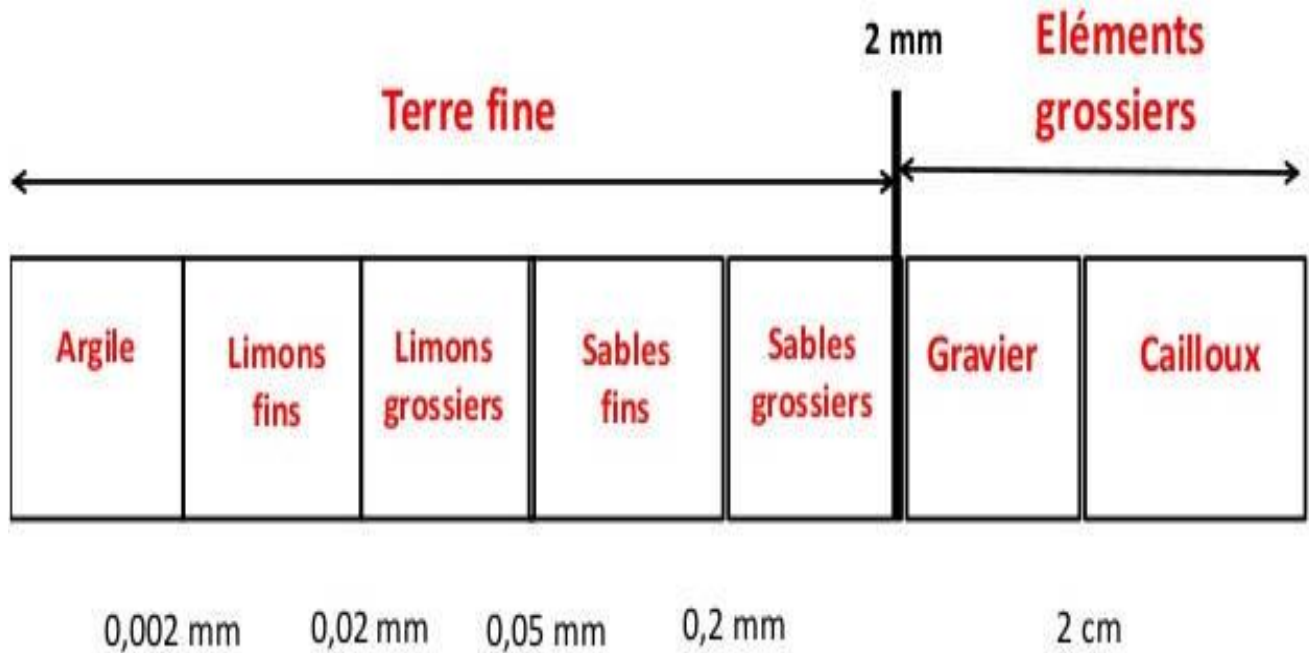
1.1 La texture

1.1.1 La notion de texture

Elle est d'abord directement liée à la notion de composition granulométrique, la texture d'un Sol est la représentation de la taille des particules qui compose le sol. Elle est généralement décrite par les classes texturales basée sur les pourcentages de sable, limon et argile qui contient le sol ou sur la distribution de la grosseur des particules de sol (CALVET, 2003).

La phase solide inorganique, du sol est constituée par des particules de divers minéraux de forme de tailles variées (CALVET, 2003).

Selon leurs besoins pédologiques subdivisent la terre fine ($\leq 2\mu\text{m}$) en 5 fractions Selon le système canadien de classification des sols (CANSYS) et (l'USDA) soil classification system.



Echelle granulométrique

L'analyse de sol ne prend en compte que les éléments inférieurs à 2 mm.

figure 01 : échelle granulométrique.https://www.pdfprof.com/PDF_Image.php?id=22686&t=27

Référence

1. 1.2 Classification de texture

Cette classification offre une grande importance dans la mesure où elle permet de définir en combinaison avec la structure ressentie des propriétés physiques du sol (DUCHAUFOR, 1988)

1.1.2.1. Texture sableuse

Sol bien aéré facile à raveler, pauvre en réserves d'eau, pauvre en éléments nutritifs faible capacité de échange anionique et cationique. (DUCHAUFOR, 1988)

1.1.2.2 .Texture limoneuse

L'excès de limon et insuffisance d'argile peuvent provoquer la formation d'une structure massive accompagnée de mauvaises propriétés physiques cette tendance est corrigée par un teneur suffisante en humus et en Galium (DUCHAUFOR, 1988).

3.Texture argileuse : sol chimiquement riche mais à mauvaises propriétés physique milieu imperméable et mal aéré formant obstacle à la pénétration des racines, travail du sol difficile en raison de la forte plasticité (état humide) ou de la compacité (état sec) une bonne structure favorisée par propriétés défavorable. (DUCHAUFOR, 1988)

4.Texture équilibrée : celle correspond à l'optimum, dans la mesure où elle présente la plupart des qualités des trois types précédents sans en avoir les défauts. (DUCHAUFOR, 1988)

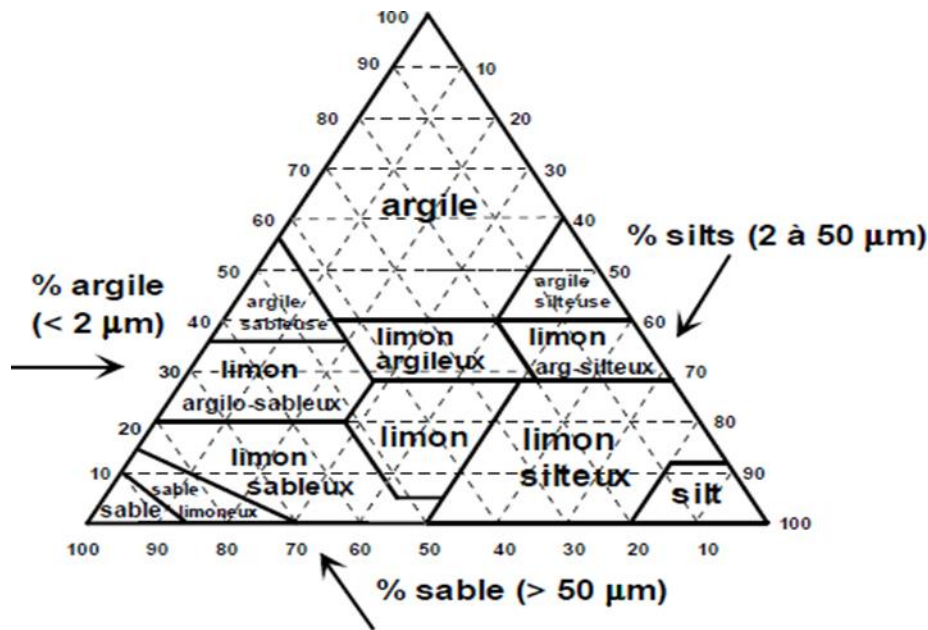


Figure 02: triangulaire textural de classification des sols (HENIN, S. R. GASS ET C. MONNIER. 1972).

1.2 La structure

La structure représente l'arrangement des particules de sol entre elles. La structure d'un sol influence considérablement la circulation de l'eau et des gaz à l'intérieur de celui-ci (HENIN, GASS et MONNIER, 1972).

Les types de structure sont regroupés sous les structures simples et les structures d'agrégation. La structure simple est sans plan de clivage définis (HENIN, GASS et MONNIER, 1972) :

- A graine unique (sable lâches et limons avec un faible pourcentage de matière organique),
- Massive (le sol semble une masse qui se brise en grosses mottes sans formes définies).

La structure de d'agrégation présente des plans de clivages identifiables et définis dans axes vertical et horizontal :

- Plates (plane de clivage horizontal principalement)
- Prismatique
- Blocs
- Granulaires.

Les plans de clivage présentent des espaces où l'eau peut circuler facilement. Les structures granulaires sont les plus intéressantes pour la circulation de l'eau car elles offrent un plus grand volume de macropores par unité de volume. (HENIN, GASS et MONNIER, 1972).

La stabilité structurale représente la capacité de la structure d'un sol à résister à la battance et à l'érosion du sol. Elle est influencée par la granulométrie, la matière organique et la présence de calcium (Gobat et al., 1998).

La figure suivante présente les principaux types de structure

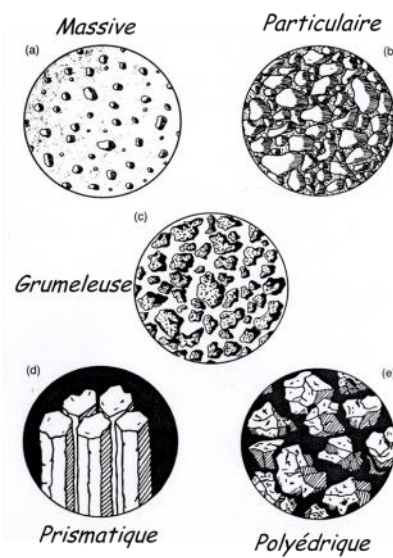


Figure 03 : types de structures (Gobat et al., 1998).

1.3 .Porosité

La porosité est l'indice du volume relatif des pores dans le sol .sa valeur généralement entre 30% et 60% (HILLELE, 1984).

Elle est calculée à l'aide de la mesure de la densité apparente (d_a) et de la densité réelle(D_r) du même échantillon et par la relation (SOLTNER, 2000) :

$$Pt (\%)=D_r- D_a/D_r*100$$

1.3.1. Densité apparente(D_a)

La masse volumique apparente sèche d'un sol est toujours inférieure à sa masse volumique réelle, puisque la masse solide est toujours rapportée au volume total apparent et non seulement au volume de solides (HENIN, GASS et MONNIER, 1972) :

$$D_a=M_s/V \text{ g/cm}^3$$

Les ordres de grandeur des masses volumiques apparentes sèches sont pour différents (HENIN, GASS et MONNIER, 1972) :

-sols sableux 1,40 -- 1,70 g/cm^3

-sols argileux 1,00 -- 1,50 g/cm^3

-sols tourbeux 0,30 -- 1,00 g/cm^3

1.3.2 . Densité réelle (D_r)

Qui est le rapport de la masse des constituants solides M_s sur leur volume V_s . (HENIN, S. R. GASS ET C. MONNIER. 1972)

$$D_r=M_s/V_s \text{ g/cm}^3$$

La masse volumique réelle des éléments constituant les particules de sol est fonction du type de matériaux :

- minéraux argileux 2,00 -- 2,65 g/cm³
- quartz et feldspath (limon et sable) 2,50 -- 2,60 g/cm³
- minéraux contenant des éléments métalliques 4,90 -- 5,30 g/cm³
- Fraction organique 1,30 -- 1,40 g/cm³.

(HENIN, S. R. GASS ET C. MONNIER. 1972)

1.3.3. Porosité capillaire et non capillaire

Selon (Lozet et Clement, 2002), la porosité totale peut être subdivisée de deux façons différentes. L'espace poreux peut encore être divisé en deux parties d'une manière différente. Au lieu de se référer à un critère dimensionnel ou à un critère d'origine, on se réfère à la rétention de l'eau due à l'action des forces capillaires, cette manière de procéder est voisine de celle qui est décrite et n'en diffère que par la définition de deux fractions de porosité. (CALVET, 2003)

2. L'eau dans le sol

L'eau dans le sol ne représente qu'une infime part de l'eau douce (0.1%), mais à l'instar de la vapeur d'eau, elle-même fraction infime dans l'atmosphère et néanmoins fondamentale pour le cycle de l'eau, qui est indispensable dans le sol pour la continuité du cycle ; à la fois par l'intermédiaire de l'évapotranspiration (plantes et surface des sols) et en entretenant l'approvisionnement des nappes phréatiques et des aquifères (GALLALI T, 2004).

Toute l'eau dans le sol n'est pas pareillement ou totalement disponible pour les plantes ou pour les aquifères. En effet, l'eau entretient avec les différents matériaux composant les sols, des relations particulières qui la rendent plus ou moins durablement indisponible (GALLALI T, 2004).

2.1. Humidité

L'humidité représente le rapport entre le poids d'eau contenu dans un certain volume de sol et le poids des grains solides contenus dans le même volume, elle s'exprime en pourcentage (%) donc c'est la qualité d'eau contenu dans certaine qualité du sol, les qualités sont exprimées par (Chamayou, 1989) :

*Humidité massique, c'est-à-dire le pourcentage d'eau par rapport à la terre sèche,

$$H_m = (m/M) * 100 \quad (\%)$$

- m étant la masse d'eau et M la masse de terre sèche

* Humidité volumique, c'est-à-dire le pourcentage d'eau exprimé en volume d'eau par rapport au volume de terre sèche

$$H_v = (v/V) * 100 \quad (\%)$$

- v étant le volume d'eau et V le volume de terre sèche.

2.2. Rétention de l'eau dans le sol

2.2.1. Définition

C'est une retenue dans le sol dans les pores et par interaction avec les minéraux argileux. La quantité d'eau retenue à un endroit et un moment donné dépend principalement de plusieurs facteurs : la nature des constituants, la structure du sol, et les agents climatiques, précipitations et la température. Il y a deux grands caractères de la rétention de l'eau dans le sol : la teneur en eau et l'énergie potentielle de l'eau (CALVET, 2003).

L'eau du sol a une importance considérable ; d'une part elle intervient dans la nutrition des plantes ; à la fois directement et indirectement, en tant que véhicule des éléments nutritifs dissous, d'autre part, c'est un des principaux facteurs de la pédogénèse qui conditionne la plupart des processus de la formation des sols. (CALVET, 2003)

2.2.2. Capacité au champ

La capacité au champ est la capacité de rétention maximale en eau du sol.

Elle correspond plus précisément à la quantité d'eau retenue, après 48 heures d'égouttement de l'eau libre vers la nappe phréatique, par un sol préalablement gorgé d'eau par des pluies ou un arrosage intensif

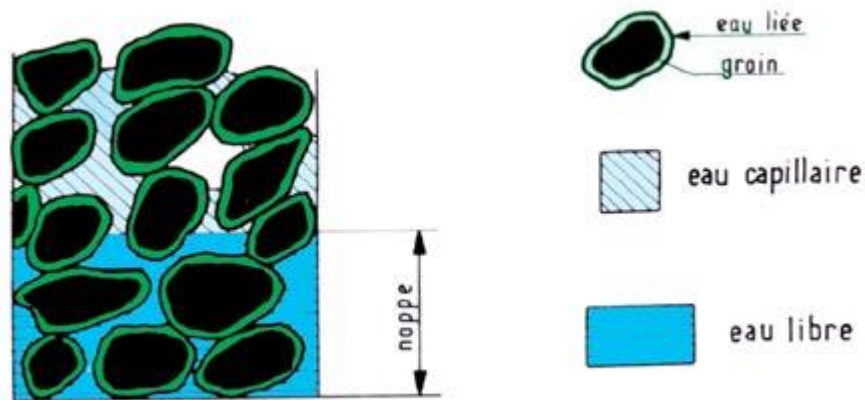
2.2.3. L'état de l'eau dans le sol

L'eau contenue dans le sol se trouve sous différentes formes :

1. L'eau de constitution, qui entre dans la composition chimique des grains ;

2. L'eau liée ou adsorbée est la fine pellicule d'eau qui est « collée » aux grains par des phénomènes électriques.
3. L'eau interstitielle : eau capillaire et eau libre.

L'eau interstitielle se présente sous forme d'eau libre lorsque le sol est saturé et baigne dans une nappe phréatique.



États de l'eau dans les sols

Figure 04 : les états de l'eau dans le sol <http://www.planete-tp.com/proprietes-hydrauliques-des-sols-a919.html>

Une fraction de l'eau est fortement adsorbée à la surface des colloïdes minéraux et organiques (argiles, humus) mais aussi sur divers autres minéraux. Les forces qui lient cette fraction de l'eau avec les particules du sol sont supérieures à la force de succion des racines des plantes. Cette eau ne peut donc pas être utilisée par les plantes. Mais peut être sollicitée par les phénomènes d'évaporation directe. (GALLALI T, 2004)

Une deuxième fraction de l'eau constitue ce que l'on appelle l'eau de rétention capillaire. Cette eau constitue des films dans les microporosités du sol. (GALLALI T, 2004)

Les forces qui lient cette eau sont Inférieures à 12 atmosphères, ce qui veut dire que les plantes peuvent mobiliser cette eau au niveau de leurs racines. Naturellement, cette eau peut être évaporée. Mais les forces exercées par la pesanteur sont trop faibles pour la percoler. Cette eau peut être évaporée. Mais les forces exercées par la pesanteur sont trop faibles pour la percoler. Cette eau ne participe donc pas à l'approvisionnement des nappes. En outre, pour que cette eau soit mobilisable par évaporation ou par les plantes, il faut que la continuité des films capillaires soit conservée. Diverses pratiques culturales comme le sarclage (diminution du nombre des racines des Adventicesévapotranspirations) ou le binage, sont des moyens connus, probablement depuis les débuts de l'agriculture, qui, en introduisant des discontinuités dans les films capillaires du sol, diminuent considérablement les phénomènes d'évapotranspiration et maintiennent au plus haut niveau possible cette fraction capillaire que l'on appelle aussi réserve hydrique du sol. (GALLALI T, 2004)

La troisième fraction est constituée par l'eau gravitaire. Cette eau remplit les macroporosités du sol. Les forces qui lient cette eau aux minéraux du sol sont trop faibles pour s'opposer à l'action de la pesanteur. Cette eau va donc s'infiltrer et percoler jusqu'à ce qu'elle rencontre un niveau de roches plus imperméables. L'eau va s'accumuler en saturant le niveau de roches sus-jacent en constituant un aquifère (nappe phréatique quand l'aquifère est suffisamment proche de la surface pour être accessible par le creusement d'un puits). Cette fraction de l'eau est appelée réserve hydrologique du sol. (GALLALI T, 2004)

2.3. Notion du potentiel matriciel et de pF

2.3.1. Potentiel matriciel

L'eau retenue dans le sol, dans la matrice poreuse, dans les capillaires, aux points de contact entre grains et autres particules échappe à l'action de la gravité, cela signifie que son énergie libre a diminué par rapport à celle de l'eau libre. Cette diminution d'énergie est appelée " potentiel matriciel", du ainsi à l'ensemble des forces de capillarité et d'absorption de la matière solide encore appelés "Forces de sussions", (MATHIEU ET PIELTAIN, 1998)

Le potentiel matriciel varie avec l'état de dessèchement du sol. Pour extraire l'eau du sol dans les divers états de ressuyage et de dessèchement, il faudra donc exercer une pression déterminée pour chaque état. (MATHIEU ET PIELTAIN, 1998)

2.3.2. Le pF :

La tension de section du sol peut être exprimée en unités de pression ou en hauteur d'eau. Les pédologues emploient volontiers une unité particulière, le pF, qui est le logarithme de la pression négative P exprimée en cm d'eau :

$$1.1 \quad pF = \log P$$

Les pF sont compris entre 0 pour l'eau très faiblement retenue par le sol et 7 pour l'eau fortement absorbée sur la surface des particules, (MATHIEU ET PIELTAIN, 1998).

Tableau 01 : Correspondance des expressions statiques. (MATHIEU ET PIELTAIN, 1998)

Bars	Kilo pascals	Atmosphères	Mm de mercure Appelé parfois Torr	Hauteur équivalente en cm d'eau	pF
0.001	0.1	0.000987	0.75	1.017	0
0.01	1	0.00987	7.50	10.17	1
0.1	10	0.0987	75	103	2
0.33	33	0.328	250	344	2.5
0.5	50	0.493	375	511	2.7
1	100	0.9869	750.1	1017.1	3
10	1000	9.869	7501	10171	4
15	1500	15.2	11251	15499	4.2
100	10000	98069	75010	101710	5
1000	100000	986.9	750100	1017100	6
10000	1000000	9869	7501000	10171000	7

2.2.3. Capacité au champ

La capacité au champ est la capacité de rétention maximale en eau du sol.

Elle correspond plus précisément à la quantité d'eau retenue, après 48 heures d'égouttement de l'eau libre vers la nappe phréatique, par un sol préalablement gorgé d'eau par des pluies ou un arrosage intensif (Veihmeyer et Hendrickson, année)

Point de flétrissement

Quand une plante se développe sur un sol qui n'a pas reçu des précipitations depuis un certain temps. Elle commence à flétrir d'abord pendant les heures chaudes de la journée, mais recouvre sa turgescence pendant la nuit ; au bout d'un certain temps, le reste toujours flétrit car sa force de succion n'est plus suffisante pour extraire l'eau du sol, Il semble que cette succion limite soit à peu près la même pour toutes les plantes cultivées. On peut l'appeler le point de flétrissement permanent. Il correspond à une pression de 15bars soit à un pF de 4.2, (BAIZE, 2000).

2.4.L'eau utile

C'est la quantité d'eau stockée par le sol après une période de pluies, on peut l'exprimer en % (du poids ou du volume). On mesure, en hauteur d'eau (exprimée en millimètres), ce qui a l'avantage de permettre des comparaisons avec la pluviométrie et l'évapotranspiration, également exprimées en millimètres, (DUCHAUFOR, 1988).

La teneur en eau utile pour plante représente alors la différence entre la teneur en eau à pF 4.2 (point de flétrissement de la plante). Donc c'est l'eau réellement utilisable par les plantes, (MATHIEU ET PIELTAIN 1998)

2.5.Relation entre la teneur en eau et potentiel matriciel

Le pF n'est pas identique pour tous les sols ; elle dépend énormément de sa constitution :

Structure, texture, matière organique. (MATHIEU ET PIELTAIN, 1998)

Pour les valeurs faibles du pF c'est-à-dire inférieures à 2.5 la quantité d'eau retenue dépend beaucoup de la distribution des pores et par conséquent elle est fortement influencée par la structure du sol. (MATHIEU ET PIELTAIN, 1998)

Pour les valeurs plus élevées du pF, la rétention de l'eau est due de plus en plus à l'adsorption par les particules et elle se trouve ainsi plus influencée par la texture et par la surface spécifique du matériau du sol. On sait aussi que le comportement de l'eau dans le sol et ses rapports immédiats avec les plantes dépend essentiellement de ses différents états. On ne peut donc interpréter la teneur en eau d'un sol à un moment donné qu'en fonction du pF qui correspond à cette humidité, (MATHIEU ET PIELTAIN, 1998)

2.5.1.Teneur en eau et état structural du sol

La teneur en eau augmente aussi lorsque le sol a une structure construite bien développée favorisant donc un volume poral important par conséquent une aptitude à retenir plus d'eau que le même sol ayant une structure détruite (cas des sol limoneux avec une croûte, une battance en surface),(GALLALI, 2004).

2.5.2.Teneur en eau- texture du sol

Plus un sol est riche en argile surtout argile gonflante type montmorillonite plus il retient d'eau, la réserve en eau utile R_u dépend de la texture, elle est faible pour les sables, maximale pour la texture Argilo-Limoneuse. La capacité de rétention d'un sol augmente avec la proportion d'élément fin.

De même, le point de flétrissement permanent a une valeur plus forte dans les sols argileux que dans les sols sableux. Cependant, la différence entre ces deux grandeurs, qui correspond à l'eau utile, est plus importante pour les sols très argileux. L'humidité utile est en moyenne de l'ordre de 5% dans les sols sableux et de l'ordre de 15% dans les sols moyennement argileux (BUCKMAN ET BRADY, 1965), (CHAMAYOU, 1989).

2.5.3. Teneur en eau- teneur en matière organique

La teneur en eau augmente également avec la teneur en matière organique et favorise le maintien de l'humidité dans les terrains filtrants, cette variation est surtout sensible pour la teneur en eau qui varie aussi avec l'état de la matière organique. Sur le même sol, plus la matière organique est décomposée, plus elle aura tendance à retenir l'eau. (CHAMAYOU, 1989)

Sur le terrain la présence de matière organique dans les agrégats bouche une partie des pores et, de ce fait, la rétention de l'eau par le sol est en partie diminuée. (CHAMAYOU, 1989)

En revanche, la matière organique stabilise les agrégats vis-à-vis de l'action dégradante de l'eau et

maintient ainsi une bonne macroporosité d'où une perméabilité et une aération convenable du sol, (CHAMAYOU, 1989)

3. Perméabilité

3.1 Définition

La perméabilité (k), correspond à la conductivité hydraulique, ce paramètre hydraulique est le volume d'eau qui percole pendant l'unité de temps à travers l'unité de surface d'une section. La perméabilité exprime la quantité d'eau qui traverse un sol à l'état saturé en unité de temps, C'est-à-dire la vitesse d'infiltration de l'eau de gravité en cm par second ou par heure, si la vitesse est lente, (CHAMAYOU, 1989).

La perméabilité du sol est la facilité plus au moins grande avec laquelle le sol se laisse pénétrer et traverser par l'eau et l'air. Elle est fonction de la porosité du sol mais il n'y a aucune relation proportionnalité, un sol peut être très poreux et peu perméable à l'eau (argile) on peut ou moyennement poreux mais très perméable c'est le cas du sable (LOZET ET CLEMENT, 2002).

La perméabilité dépend donc plus de la taille des pores que de volume global de la porosité, (DERDOUR, 1998).

3.2 Loi de darcy

La loi de darcy est la loi fondamentale de l'hydraulique des sols. Elle relie le débit qui circule dans un sol saturé à la charge hydraulique qui lui est appliquée, elle a été établie expérimentalement pour un écoulement unidimensionnel dans un milieu homogène et isotrope. (Mathieu et Pieltain ,1998)

Elle relie les différentes variables de la vitesse de filtration par la relation :

$$Q = K \cdot H/L \cdot S \text{ ou } Q = K \cdot I \cdot S$$

-I : gradient hydraulique.

-S : section.

-K : coefficient de perméabilité.

-H : charge d'eau.

-L : longueur de colonne de terre.

Cette loi exprime que dans un milieu poreux, au travers duquel circule de l'eau sous une faible charge hydraulique, le débit Q de l'écoulement est proportionnel à la perte de charge hydraulique, et inversement proportionnel à la longueur du déplacement effectué dans ce milieu, mais il faut aussi ajouter qu'il dépend aussi de la nature du fluide (μ poids spécifique et viscosité du fluide). En laboratoire la méthode utilisée couramment en France (Méthode Henin) mesure le coefficient de perméabilité K . De la formule de "Darcy" déterminer par percolation à travers un poids de terre constante placé dans des tubes de même forme. Bien que physiquement identique à une mesure de perméabilité, la loi de "Darcy" est la loi fondamentale du débit qui circule dans un sol saturé à la charge hydraulique qui lui est appliquée. Elle a été établie expérimentalement pour un écoulement unidimensionnel dans un milieu homogène et isotrope. Pour l'application au sol dans les conditions in situ de l'expérience de Darcy, la précision de la mesure de K est difficile à établir du fait des propriétés et des caractères d'hétérogénéité du sol donné, tout fois une variation de 10 à 20 % de la vitesse de filtration reste insignifiante du point de vue applicatif. Elle ne devient notable que lorsqu'elle atteint 100 à 200%, voir 300% (Mathieu et Pieltain, 1998).

3.3 La variation de la perméabilité

On peut définir différentes classes de perméabilité en fonction de la valeur de (K) exprimée suivant diverses unités, (MATHIEU ET PIELTAIN, 1998)

Les chiffres des tableaux correspondent aux limites de diverses classes de perméabilité.

Tableau 02: classe de perméabilité en fonction de la valeur de K (CTGREF, 1979)

	Cm. S ⁻¹	mm. h ⁻¹	m. s ⁻¹	m. j ⁻¹
Sols imperméable	10 ⁻⁵	0.36	10 ⁻⁷	0.0087
Sols peu perméables	10 ⁻⁴	3.6	10 ⁻⁶	0.0864
Sols moyennement perméables	10 ⁻³	36	10 ⁻⁵	8.64
Sols perméables	10 ⁻²	360	10 ⁻⁴	8.64
Sols très perméables	/	/	/	/

4. La granulométrie

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer quantitativement la distribution des particules de sol par classes de diamètres. Le nombre et la grandeur des classes de diamètres dépendront de l'objectif pour suivi et, éventuellement, de l'importance de l'échantillon dont on dispose. Il y a lieu de faire remarquer dès à présent qu'il existe des différences quant aux limites des classes et quant aux appellations des sols en fonction du corps professionnel impliqué http://www.grr.ulaval.ca/gae_3001/Labos/Docs/Analyse_granulo.pdf

Selon **Prone, (2003)**, l'échelle de la dimension des particules est le suivant :

- ✓ **Elément grossières** cailloux, pierres, blocs d < 20 mm
- ✓ **Graviers** 2mm < d < 20 mm
- ✓ **Terre fine** < 2mm
- ✓ **Sables grossiers** 200 µm < d < 2mm
- ✓ **Sable fins** 50 µm < d < 200 µm
- ✓ **Limons grossier** 20 µm < d < 50 µm
- ✓ **Limons fine** 2 µm < d < 20 µm
- ✓ **Argiles** d < 2 µm

4.1. le but de la granulométrie

Par conséquent, le but de la granulométrie est de différencier les éléments minéraux du sol par leur taille et de quantifier leur répartition pondérale dans des classes de diamètre prédéfinies. Ces analyses sont réalisées sur des échantillons de sol en laboratoire. (MUSY ANDER SOUTTER MAREC 1991).

4.2. types de granulométrie

Pour bien décrire le sol, il est donc nécessaire de connaître sa granulométrie, c'est-à-dire la répartition des particules selon leur diamètre équivalent. Deux tests de laboratoire peuvent déterminer la taille des particules de sol (Guettouche ,2016)

- **L'analyse granulométrique par tamisage**

Le test consiste à faire passer un échantillon de sol représentatif à travers des tamis empilés avec des ouvertures progressivement plus petites de haut en bas. Ainsi, les particules les plus grosses restent piégées sur le tamis le plus haut (rejeter ou retenir), tandis que les particules les plus fines se dirigent vers le tamis inférieur (tamis ou passe).

- **analyse granulométrique par sédimentation**

Cette méthode est basée sur le fait que des particules de diamètres différents se déposent à des vitesses différentes dans un milieu liquide stationnaire. La relation entre le diamètre des grains et la vitesse de sédimentation est donnée par la loi de Stokes.



Figure 05 : Tamis d'analyse granulométrique

<https://fr.eijkelkamp.com/produit/appareils-de-laboratoire/set-pour-test-de-composition-granulometrique.html>

Chapitre 02
Matériels et méthodologie
de travail

1. Etude de milieu physique

1.1 Présentation de la zone d'étude

Le massif de Filfila célèbre d'un gisement de marbre, qui se localise à 25 Km à l'Est de Skikda et à 530Km du Nord-est d'Alger(figure 2).

Ce gisement de marbre est limité à l'ouest par la plaine de Skikda-Larbi Ben Mhidi- Qui vient se terminer au village des Platanes, donnant suite au massif du Filfila au Sens strict, à l'Est par la vaste plaine de Sanhadja et au Nord par la mer méditerranée, et enfin au Sud par le massif d'El-Alia connu pour son ancienne mine de pyrite.

Les coordonnées géographiques du Djebel Filfila sont : 36°53'53" N et 7°5'52" E (en DMS).

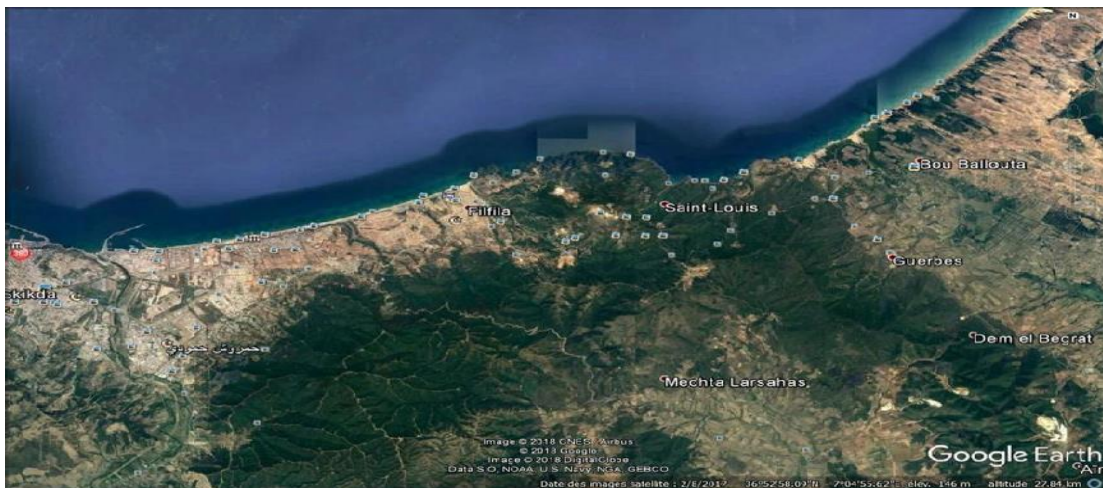


Figure06: Situation du gisement de marbre de Filfila, (Google Earth)

1.2. Situation géographique

La région de Filfila se localise dans le Nord-est algérien, se trouve à 25 km à l'Est de Skikda et à 530 Km à l'Est d'Alger. Limité à l'ouest par la plaine de Skikda-Larbi Ben Mhidi- Qui vient se terminer au village des Platanes, donnant suite au massif du Filfila au Sens strict, à l'Est par la vaste plaine de Sanhadja et au Nord par la mer méditerranée, et enfin au Sud par le massif d'El-Alia connu pour son ancienne mine De pyrite Elle appartient au domaine interne de la Chaîne alpine d'Algérie nord-orientale(Bououden, 2014).

1.3. Les caractéristiques du milieu

L'étude du milieu naturel est une étape très importante dans chaque étude pédologique cette étude concerne certains facteurs comme : le climat, la végétation, La géomorphologie, pédoclimat, et la géologie.

1.3.1. Le climat

Le climat de la région du Filfila est typiquement méditerranéen (type de climat tempéré ou "tempéré chaud" ou "subtropical"), il est influencé par la proximité de la mer et se caractérise par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.

La région est très pluvieuse en hiver, le volume des précipitations est relativement élevé au Nord et sur les plus hauts sommets, il dépasse 800 mm/ an. (Fig3).

Les différences de température sont grandes, les températures d'hiver les plus basses sont de 9 C° et en été elles dépassent 35C°

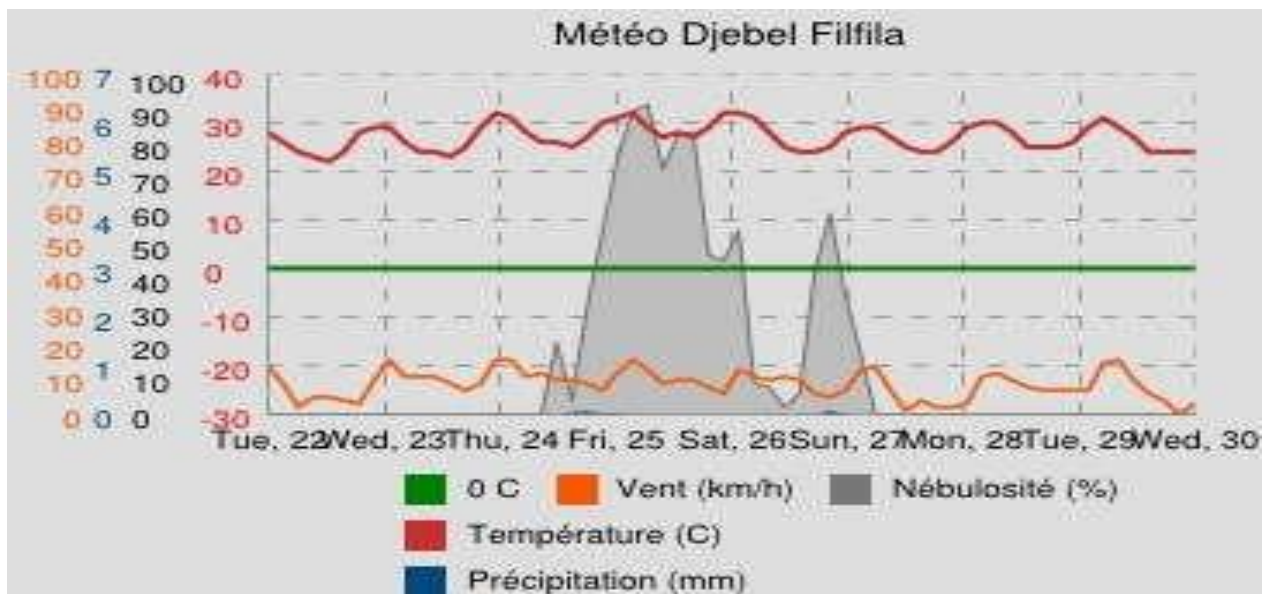


Figure 07 : La météo du Djebel Filfila, de 22 à 27-07- 2014

1. 3.1.1. Les données climatiques :

Le climat est un agent puissant de la pédogénèse, on remarque que les domaines pédologiques coïncident avec les données climatiques (sols des zones arides, sols des climats méditerranés...). Les principaux paramètres retenus sont la température de l'air, les précipitations, l'évapotranspiration et le vent. On s'est basé sur les données climatiques recueillies, au niveau de la station météorologique de Skikda (port). Cette dernière est la plus Proches de la région d'étude.

1.3.1.2 Les précipitations

La figure 2, montre une grande irrégularité des précipitations mensuelles moyennes, et varient de 1.72 mm (Juillet) à 129.37 mm (Décembre).

Il ressort ainsi que les pluies commencent à tomber en automne, et continuent en grande quantité en hiver puis diminuent en été.

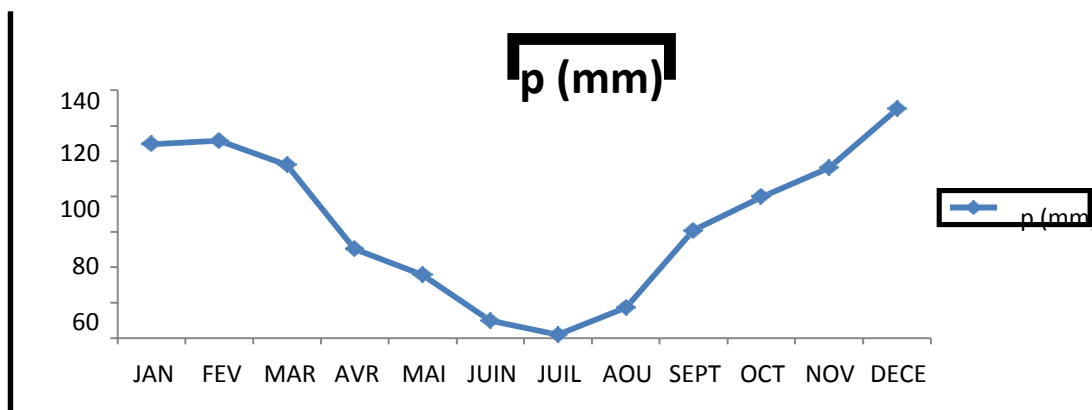


Figure 08 : La Pluviométrie De la wilaya de Skikda.

1.3.1.3 La température

1.1.1

- On constate d'après le tableau 1 de l'annexe 1, que la température maximale varie entre 15.75 et 29.09 °C et que la température minimale varie entre 8.68 °C et 22.77 °C.
- En été la température reste relativement modérée.
- En hiver. Elles sont toujours inférieures à 15 °C, ce qui peut provoquer des dégâts sur les végétaux.

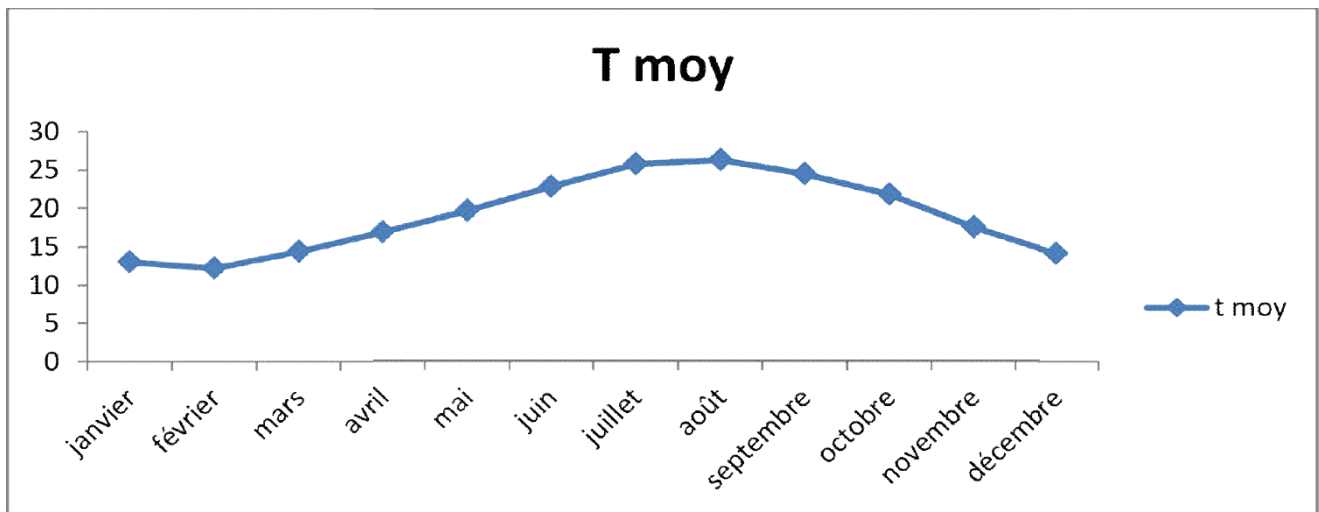


Figure09 : Graphe de la Température Moyenne De Skikda.

1.3.1.4 L'humidité de l'air

D'après la Figure 3, on remarque que l'humidité relative de la région est élevée.

La moyenne maximale est enregistrée pendant le mois d'Avril ou elle atteint 71.50 %, la plus faible est celle du mois du juillet avec 67.73% comme valeur moyenne mensuelle.

Au cours de l'année, l'humidité de l'air reste relativement élevée, elle prend une valeur de 70.10% comme moyenne annuelle.

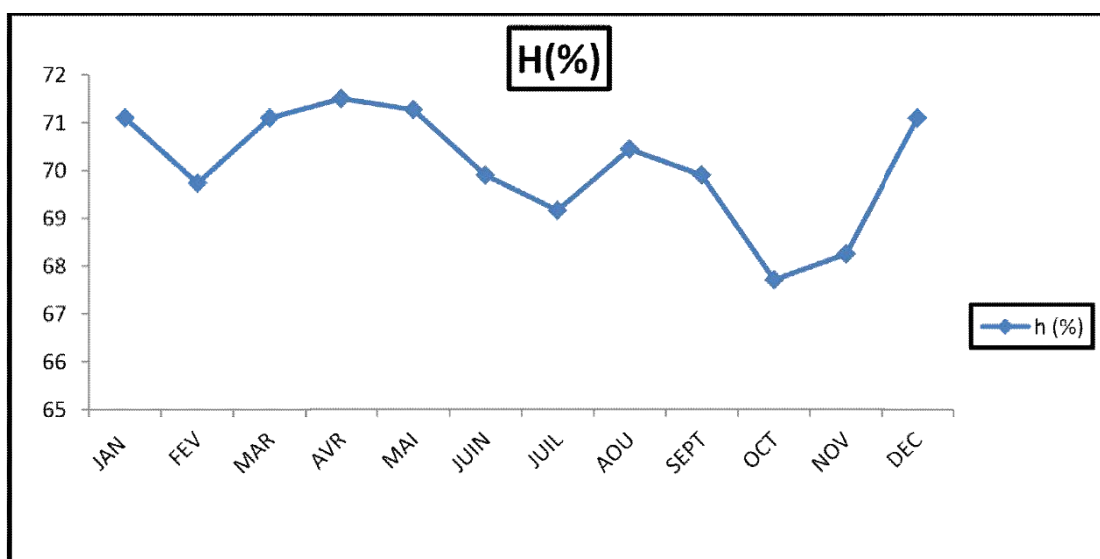


Figure 10 : Valeurs mensuelles des humidités (2005-2015) (DSM, 2016).

1.3.1.5.L'évaporation (E)

D'après la figure 4, l'étendue de l'évaporation au niveau de la région peut atteindre un maximum de 90.91 mm durant le mois d'Avril, et un minimum de 45.76 mm durant le mois de Février. L'évaporation moyenne annuelle est de l'ordre de 67.54 mm et atteint un total de 810 MM.

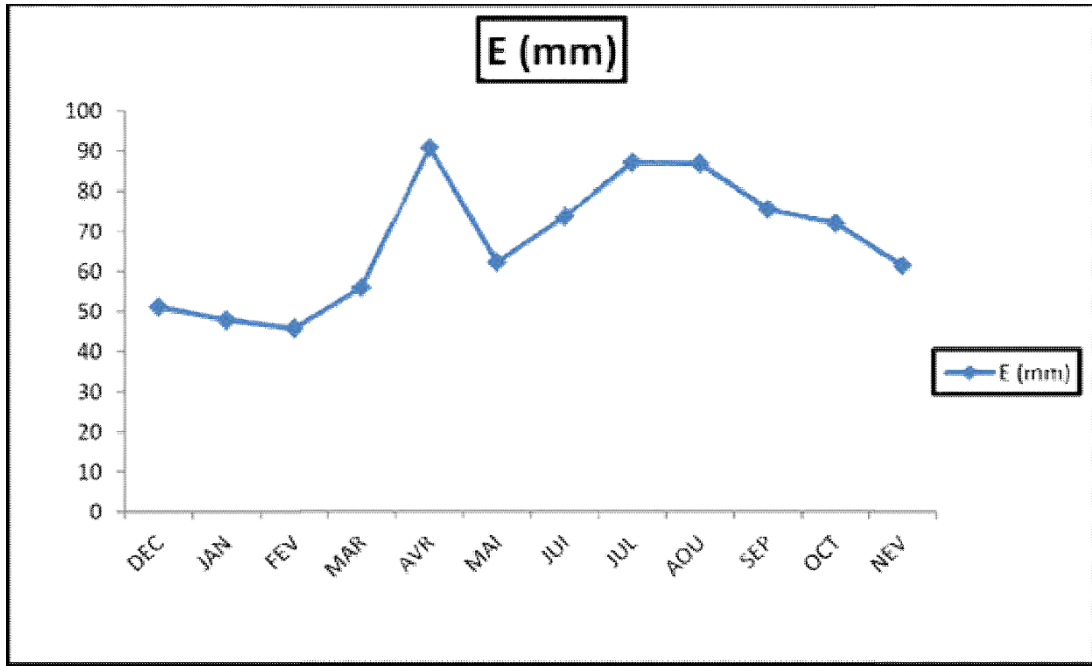


Figure 11 :L'évaporation Moyenne Mensuelle (2005-2015)

1.3.1.6. Le vent

D'après la figure 5, la vitesse maximale moyenne du vent est enregistrée durant le mois d'Octobre avec 6.59 m/s, et une vitesse minimale moyenne de 2.83/s durant le mois d'Aout.

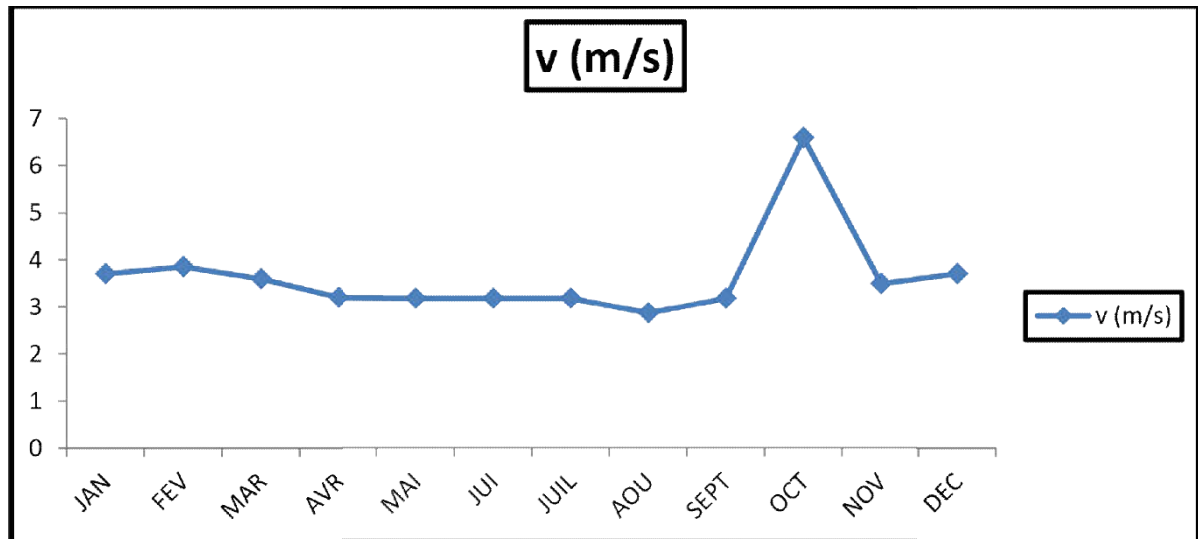


Figure 12 : La Vitesse du Vent(2005-2015).

1.3.1.7. L'évapotranspiration

C'est la quantité globale d'eau transpirée par la plante et évaporée par le sol.

D'après la figure 6, on observe que l'évapotranspiration est faible en automne et en hiver et commence à augmenter au printemps et atteint le maximum en été (181.36mm pendant le mois d'aout).

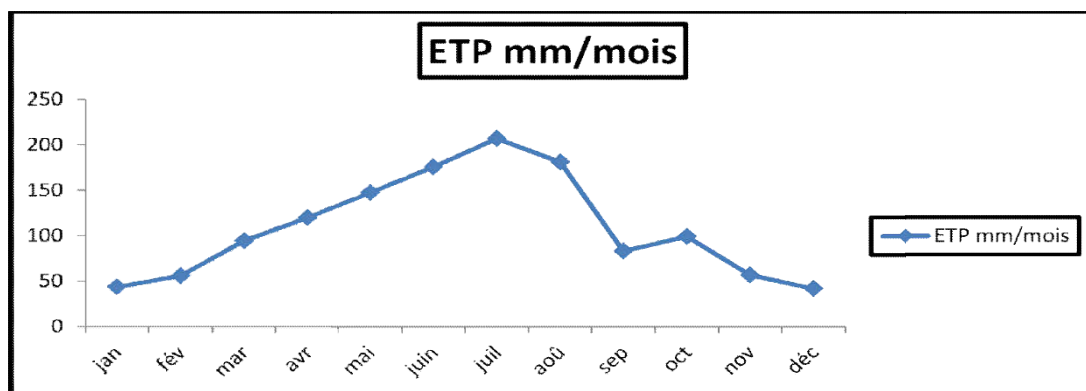


Figure 13 : L'évapotranspiration moyenne durant la période (2005-2015)

1.3.1.8L'insolation

La figure 7, montre que le nombre moyen annuel d'heures d'insolation est d'environ 234.77 heures. Ce qui correspond approximativement à 7.5 heures par jour. Le phénomène est régulier passant d'un minimum en décembre 127.41 heures à un maximum en Juillet 353.71 heures.

L'examen du tableau 7 de l'annexe 1 nous montre que la durée d'insolation varie irrégulièrement durant le cycle, elle augmente en été avec 33.23% et diminue en hiver avec 14.64% et atteint un optimum au printemps avec 23.8%.

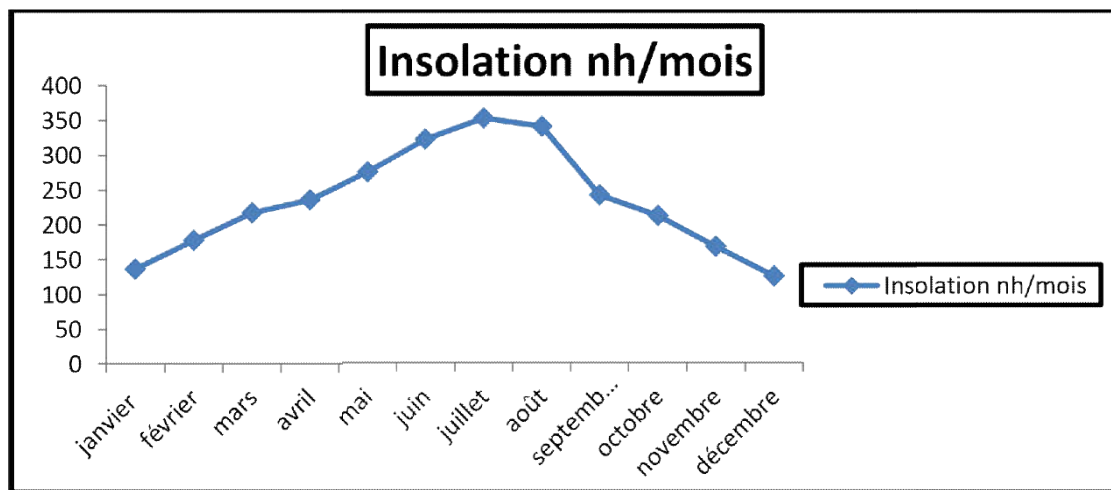


Figure 14 : Insolation moyenne mensuelle en heure pendant la période (2005-2015).

1.4 .Le végétation et le relief

La végétation du Djebel Filfila est constituée par un maquis très dense dont la pénétration est localement très difficile. On note des broussailles, de chaîne liège, oliviers, herbes, etc...

Le secteur d'étude est recouvert par des broussailles très denses qui rendent parfois l'accès très difficile, mais au niveau des carrières la végétation est insignifiante à l'exception de la périphérie orientale et septentrionale du site, qui est couverte par lachaîne liège, les affleurements sont observés essentiellement dans les régions des lignes de partage des eaux.

En c'est qui concerne le relief, le secteur d'étude est caractérisé par un relief montagneux partiellement très accidenté, il se caractérise aussi par des vallées profondes et des sommets arrondis, parfois rocheux se dressant comme obstacles naturels dont les altitudes varient entre 400 et 600 m « **Djebel Filfila : 586 m et El Alia : 476 m** ». Dans les zones d'affleurement, il existe un relief karstique caractérisé par l'apparition des sommets rocheux et des collines.

1.5. Diagramme de Gausson de Skikda :

L'analyse des températures et des précipitations permet de mettre en évidence la durée des périodes pluvieuses et des périodes sèches par la courbe ombrothermique de Gausson. Pour Gausson, un mois est sec si le rapport entre les précipitations mensuelles P exprimées en millimètre et la température moyenne T°C exprimée en Celsius est inférieur ou égal à 2 ($P \leq 2T$).

Le diagramme pluviométrique est établi pour les années 2005 jusqu'à 2015. Le diagramme ombrothermique de Gausson (figure 9) présente deux périodes humides, la première débute de janvier et se termine au mi- mars, la seconde s'étend de novembre jusqu'à décembre. Une seule période sèche qui s'étale sur six mois, de mi-mars à fin septembre. C'est le parfait type méditerranéen.

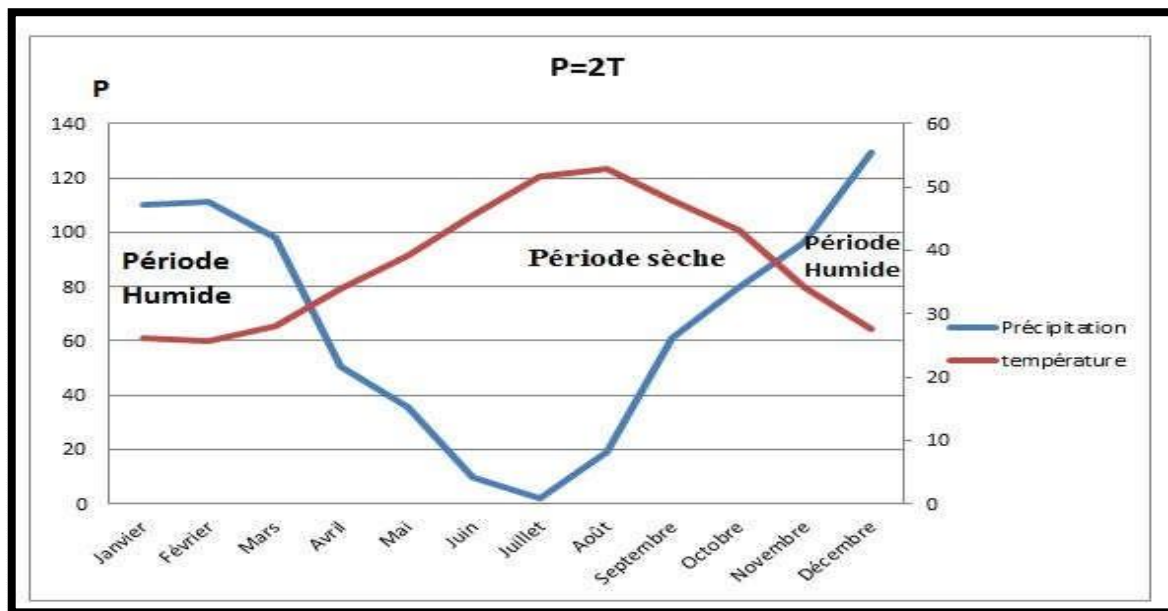


Figure 15 : Diagramme De Gausson pour (2005 à 2015).

1.6 Géologie régionale :

La région d'étude (massif de Filfila) fait partie du socle kabyle (Durand DelgaM.1969), entité paléogéographique du domaine interne de la chaîne Alpine ou de Maghrébide en Algérie du Nord-orientale. L'édifice orogénique de cette dernières'étend de l'Ouest à l'Est sur 2000 km, depuis l'Espagne du sud jusqu'à l'arc Calabro

–Sicilien en Italie. D'après Wildi . (1983), la chaîne du Maghrébide est le résultat de la convergence et de la collision d'un élément de la marge Sud européenne avec la marge Nord-Africaine d'un bassin Téthysien Maghrébin, qui faisait communiquer laTéthys avec l'Atlantique central.

a) les ensembles sédimentaires :

La chaîne Alpine en Algérie est caractérisée par des structures en nappe à vergence sud dominante, ces nappes sont issues de trois domaines paléogéographiques (Raoult J. F. 1974), du Nord au Sud, on peut différencier trois grands domaines distincts : **Fig.11.**

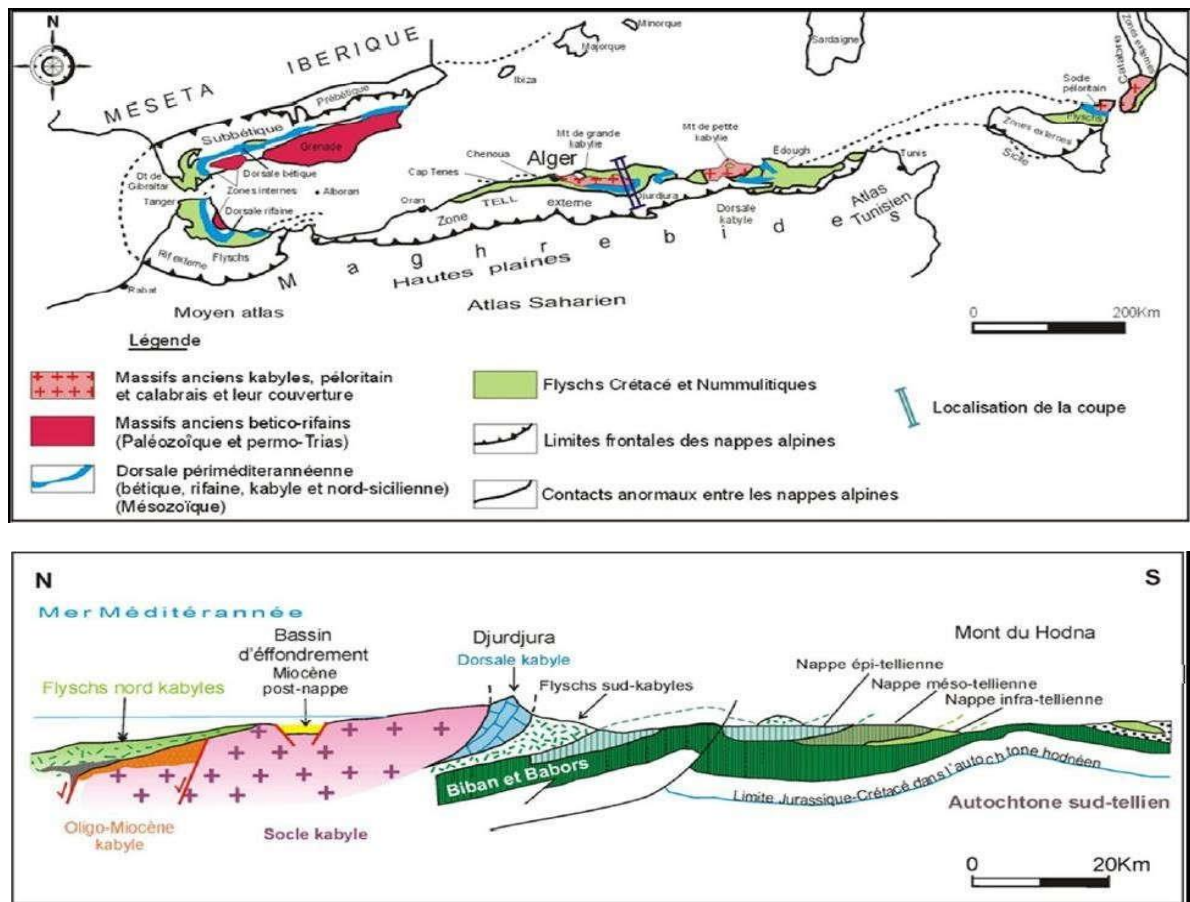


Figure16 : Position des différentes unités géologique des Maghrébides avec unecoupe transversale de la grande Kabylie. (Durand Delga et Frontboté, 1980).

2. Le domaine interne :

Il est formé par des éléments issus de la dilacération d'une zone septentrionale nommée sous plaque méso-méditerranéenne. Il est représenté en Algérie du Nord par un Chaplet de massifs anciens d'Age Précambrien à Carbonifère (socle cristallophyllien), dont les massifs les plus importants d'Est à l'Ouest sont : les massifs de la grande et de la petite Kabylie, le massif de l'Edough, le massif d'Alger et le Chenoua. (Durand-Delga M. 1980).

Le socle kabyle est bordé au sud par les unités Mésozoïques et Cénozoïques de l'adossale Kabyle, le socle est par endroits recouvert en discordance par des dépôts détritiques

(principalement des molasses conglomératiques) d'Age Oligocène supérieur au Miocène inférieur, appelés Oligo-Miocène Kabyle.

Les terrains cristallophylliens du socle kabyle et leur couverture sédimentaire (dorsale kabyle) sont charriés sur une trentaine de kilomètres sur des terrains Mésozoïques et Paléogènes, comme en témoin, les fenêtres de Filfila, Safia et Beni-Touffout (Vila, 1980). Ce domaine ne dépasse jamais quelques kilomètres de largeur, il comporte les unités suivantes :

2.1. Le socle kabyle :

D'après Raoult (1974), Bouillin (1977), et Wildi (1983) : le socle kabyle désigne toutes les formations Paléozoïques qui servent ou qui ont servi de substratum à la chaîne calcaire. Il est composé de massifs cristallophylliens de terrains anciens

(Protérozoïques et Paléozoïques) affectés par un métamorphisme mésozonale à catazonale

(gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire Paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère) peu métamorphique. Ce socle comporte de bas en haut :

- ✓ Un ensemble cristallin profond appartenant au faciès des granulites de 1000 m.
- ✓ Un ensemble gneissique admettant des intercalations de quartzites, d'amphibolites, de marbre et de proxénètes.
- ✓ Un ensemble phylladitique constitue d'une couverture sédimentaire Paléozoïque du socle cristallin, post- métamorphique de l'ensemble gneissique, qui comporte une granitisation (un métamorphisme de basse pression avec une zone inférieure à biotite et une zone supérieure à chlorite), il comporte les termes d'Ordovicien, Silurien, Dévonien, Carbonifère inférieur.
- ✓ En petite Kabylie, ce socle s'étend sur plus de 150 kilomètres le long du littoral (Méditerranée),

il affleure dans trois zones bien distinguées :

- ❖ Au cap Bougaroun Nord, où il est traversé par des venues microgranitiques Miocènes.
- ❖ A l'Est, entre Skikda et Jijel, il chevauche des flyschs et les unités du domaine externe, avec un allongement plus de 30 km.
- ❖ Entre Skikda et Guelma où le socle est lié à la dorsale Kabyle et charrié avec elle.

2.2. La dorsale kabyle :

Parfois appelée "la chaîne calcaire" du fait de la sédimentation carbonatée dominante (Glangeaud L. 1933).

L'appellation de dorsale Kabyle a été introduite par Durand-Delga M. en (1969), elle représente la couverture méridionale du socle de la grande et petite Kabylie. Elle se développe sur près de 90 km, on peut la suivre de façon continue depuis le Djebel

Abiod au Sud de Annaba jusqu'au Djebel Sidi Driss au Nord de Constantine.

Les raisons de la disparition de la chaîne calcaire dans la partie occidentale de la petite Kabylie peuvent être multiples : érosions anciennes (Crétacées ou Éocène), recouvrement par le charriage du socle kabyle. (Bouillin J. P. 1977).

La dorsale kabyle se présente sous forme des lambeaux écaillés alignés suivant une direction Est-Ouest d'Age Permo-Triasiques à Éocène moyen (Lutétien). (Raoult J. F. 1974). Du point de vue lithologique, ces formations comprennent des calcaires du Lias et de l'Éocène, des dolomies du Trias au Lias inférieur et des grès du Permo- Trias.

En petite Kabylie, la dorsale kabyle a été subdivisée du Nord au Sud en trois souschaînes, qui se différencient par le faciès et l'épaisseur des calcaires : dorsale interne, médiane et externe. (Vila J. M. 1980).

En général, les faciès traduisent des conditions de sédimentation de plus en plus profondes lorsque l'on passe des formations de la dorsale interne (dépôts littoraux ou épicontinentaux) à celles de la dorsale médiane (dépôts marneux et plus profonds du Crétacé à l'Éocène), puis aux formations de la dorsale externe (qui montrent souvent des radiolarites au Dogger-Malm). (Bouillin J .P. 1986).2

2.2.1.La chaîne calcaire interne :

Elle montre une sédimentation conglomératique à la base, et des calcaires massifs riches en microfaune benthique au sommet, dont l'Age va de Permo-Trias au Néocomien avec une puissance de 30 à 70 m, la sédimentation a été interrompue par la phase du Lutétien supérieur.

2.2.2.La chaîne calcaire médiane :

Elle comporte une sédimentation marno-calcaire à microfaunes pélagiques du Crétacé supérieur au Lutétien. Les calcaires de la chaîne médiane ne sont pas de forme massive.

2.2.3.La chaîne calcaire externe :

Elle se caractérise par une sédimentation détritique grossière à forte épaisseur du Lias inférieur avec une puissance de 100 à 400 m.

Cette chaîne est souvent confondue avec le flysch mauritanien, Vila J. M. (1980), à penser que ; la limite est arbitraire à partir du Crétacé.

3.Le domaine des flyschs :

Ce domaine est constitué par des nappes de flyschs Crétacés-Paléogènes, qui affleurent dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Bizerte (Tunisie).

Il s'agit essentiellement de dépôts de mer profonde (de plaine abyssale) mis en place par des courants de turbidités. Il est composé de terrains d'Age Crétacé à Éocène à dominance carbonatés empilés en nappes. Selon leurs positions, nous distinguons du Nord au Sud deux grands groupes de flyschs : les flyschs maurétaniens et les flyschs massyliens auxquels s'ajoutent un troisième groupe de flyschs plus récent, les flyschs numidiens d'Age Oligocène supérieur-Burdigalien inférieur :

3.1.Le flysch maurétanien :

Ce type de flysch est relativement épais et occupe une position septentrionale interne dans le domaine des flyschs, superposés aux massifs kabyles, c'est-à-dire rétrocharriés sur les zones internes (vers le Nord), il montre une alternance de bancs argileux, calcaires et gréseux.

La série débute pas des radiolarites rouges du Dogger-Malm et se termine par des niveaux conglomératiques du Paléocène.

Il affleure sur les versants Nord de Djebel Sidi Drisse et il montre à sa base des radiolarites.

3.2.Le flysch massylien (ou Albo-Aptien d'après Glangeaud L. 1933) :

Ce type de Flysch occupe une position externe dans le domaine des flyschs sous forme de masse isolées, flottant sur le Tell et charriées jusqu'à une centaine de kilomètres au sud.

Il est formé essentiellement par des pélito- quartzitiques des couleurs vertes, datées de Crétacé inférieur à l'Éocène et surmontée par une série pélito-micro-bréchiq ue d'Age Crétacé supérieur. (Raoult J. M. 1974).

Il s'étende essentiellement sur le versant Nord du Djebel Sidi Driss et au col du Kantour.

3.3.Le flysch numidien :

La nappe numidienne, dont les sédiments sont postérieurs à la tectonique tangentielle fini- Éocène, elle forme un étage supérieur nettement moins tectonisé.

Ces flyschs reposent anormalement à la fois sur les zones internes et sur les zones externes. Ils sont constitués de niveaux gréseux d'Age Oligocène Terminal- Aquitanien, épais de plusieurs centaines de mètres et reposent sur des argilites versicolores d'Oligocène.

En effet, les flyschs numidiens occupent la position structurale la plus haute dans l'édifice alpin, d'Age Oligocène à Burdigalien basal, (Bouillin J. P.1977). Il comporte de bas en haut :

- Des argiles, dites argiles sou-numidiennes de couleur verte, rouge ou violacée.
- Des grès à grains de quartz hétérométrique et à dragées de quartz.
- Des argiles à silex ou encore argiles supra numidiennes.

4.Le domaine externe (ou domaine tellien) :

Le domaine externe représente la marge téthysienne du continent Africain. Il comporte des nappes allochtones pelliculaires et parautochtones ayant subies à une tectonique tangentielle majeure d'Age fini-Lutétien (Bouillin J. P. 1977). Il est constitué principalement de marnes d'Age Crétacé moyen à Néogène et qui ont été charriées sur une centaine de kilomètres vers le Sud, classiquement il a été subdivisé du Nord au Sud en trois grandes séries :

4.1. La série tellienne :

Elle est issue du sillon tellien, elle a été subdivisée par des phases tectoniques Tertiaires en trois grandes unités, dont les limites suivent à peu près les lignes paléogéographiques du Crétacé, du Paléocène et du l'Éocène, du Nord au Sud sont les suivantes :

4.1.1. L'unité ultra-tellienne : Se caractérise par un faciès essentiellement marnocalcaire de teinte claire allant du Crétacé au Lutétien. Elle présente des caractères proches de ceux du flysch massylien, elle n'est pas connue que dans la Tunisie et dans l'Est Algérien où elle affleure sur les versants Nord du Djebel Sidi Driss.

4.1.2. L'unité centralo-tellienne (ou tellienne au sens strict) : Elle est représentée par des formations marneuses dominantes, épaisses, de teinte noire, du Trias au Lutétien, plus ou moins riche en dépôts terrigènes, elle affleure près de M'cid Aichaet à l'oued El-Kebir (Durand-Delga M. 1969).

4.1.3. L'unité péni-tellienne : Elle comporte des faciès très carbonatés du Crétacé supérieur à l'Éocène, elle présente des caractères proches de ceux du néritique Constantinois, elle affleure aux Djebels Chattaba, Grouz. (Vila J. M. 1980).

4.2. La série de l'avant pays allochtone :

Ce sont des séries localement écaillées qui supportent les nappes du tellien externe au Nord, et qui surmontent l'autochtone Nord Aurésien, Vila J. M (1980) a distingué trois grandes unités :

4.2.1. L'unité sétifienne : Présente un caractère de plateforme subsidente et ne représente des variations qu'à leur partie méridionale.

4.2.2. L'unité de l'avant pays allochtone constantinois: Elle est représentée par la série néritique constantinoise au Nord et la série de type Sellaoua au Sud.

4.2.3. L'unité des confins Algéro-Tunisien : Montrent une sédimentation analogue à celle des nappes telliennes ou à celles des séries septentrionales de type Sellaoua. **3.3. La série de l'avant-pays Atlasique autochtone** :

Elle constitue les monts du Hodna et du Bélezma, le Nord des Aurès et la zone des diapirs (Vila J. M. 1980). Ce sont des séries Mésozoïques très épaisses, très homogènes de plate-forme subsidente envahie par une sédimentation gréseuse au Berriasien-Aptien.

les ensembles magmatiques :

Le massif de la petite Kabylie est caractérisé par la présence d'un magmatisme Précambrien à Mésozoïque ancien de l'Oligocène tardif et celui calco-alcalin d'Age Miocène, qui perce le socle et sa couverture en plusieurs endroits. Sur le littoral Algérien, cette activité magmatique s'est traduite par la mise en place des granitoïdes intimement liés dans l'espace et dans le temps à un volcanisme

essentiellement andésitique (Fougnot J.1990), ce magmatisme est en relation directe avec le phénomène de détachement de slab et l'évolution géodynamique de la méditerranée occidentale et des chaînes Alpines périméditerranéennes (Maury P. et al, 2000), il s'agit principalement des granites de Beni Touffout, de Bougaroun, et de Filfila.

5.Le granite de Beni Touffout

D'après les travaux d'Ouabadi A. (1994), il s'agit essentiellement de granitoïdes et de monzogranites intrusifs à biotite-cordiérite, ce corps intrusif recoupe les terrains Mésozoïques sur lesquels le socle est charrié. Il est représenté par un massif d'Age Oligocène tardif (la méthode K/Ar a donné un Age de 22 Ma), de forme grossièrement quadrangulaire et d'une superficie de 60 km² environ, il s'étirant dans la direction méridionale.

Le métamorphisme de contact engendré dans les terrains sédimentaires Mésozoïques, se traduit par l'apparition de minéraux tels que l'andalousite et la cordiérite. (Bouillin J. P. 1977).

6.Le granite de Cap Bougaroun

Le massif de Cap Bougaroun est intrusif au coeur des zones de la chaîne Alpine où il recoupe aussi bien l'édifice des nappes que les dépôts discordants post-nappes.

C'est un massif granitique d'Age Oligocène tardif de forme grossièrement ovoïde et d'une superficie de 200 km² environ. Il est allongé suivant un axe orienté Nord-est et Sud-ouest, parallèlement aux structures régionales.

À sa bordure, il induit dans son encaissant des déformations (schistosités, plis, linéations) et un métamorphisme de contact atteignant le faciès de cornéennes à hornblende (Ouabadi , 1994) et (Fougnot , 1990).

7.Le granite de Filfila

Le granite d'Age miocène de Filfila est constitué de deux petits massifs étendus dans la direction WNW - ESE, qui suivent l'orientation générale des structures de la région.

En plus, on trouve des corps de granodiorites, des dykes de granites porphyriques et des filons pegmatitiques et aplitiques ainsi que des stockscheiders. (Gharbi C. 1998).

Ces granites font l'objet de la reprise d'une exploitation sous forme de carrière à ciel ouvert. À noter que ; ce granite est celui qui a donné naissance au marbre qui fera l'objet d'une étude détaillée dans ce présent mémoire de magister. (Envisager un peu de détail sur ce granite).

7.1.H.Géologie locale :

Le territoire d'étude est caractérisé par l'existence des ensembles sédimentaires, magmatiques et métamorphiques, occupant chacun une position et une allure tectonique bien définie. (Fig 12).

7.2.les ensembles sédimentaires :

La partie Ouest de la région d'étude est représentée par la série du Paléozoïque inférieur, alors que la partie centrale est représentée par le Paléozoïque, recouvert par le Quaternaire qui se traduit par la dépression de Guerbez-Boumaiza. Les complexes para-autochtones des zones de Safia et de Filfila qui sont composés des dépôts du Mésozoïque, se trouvent au-dessus de l'extrémité Ouest du massif de l'Edough qui représente le complexe autochtone. À l'extrême Nord-est de la région de Filfila est représenté par la nappe numidienne.

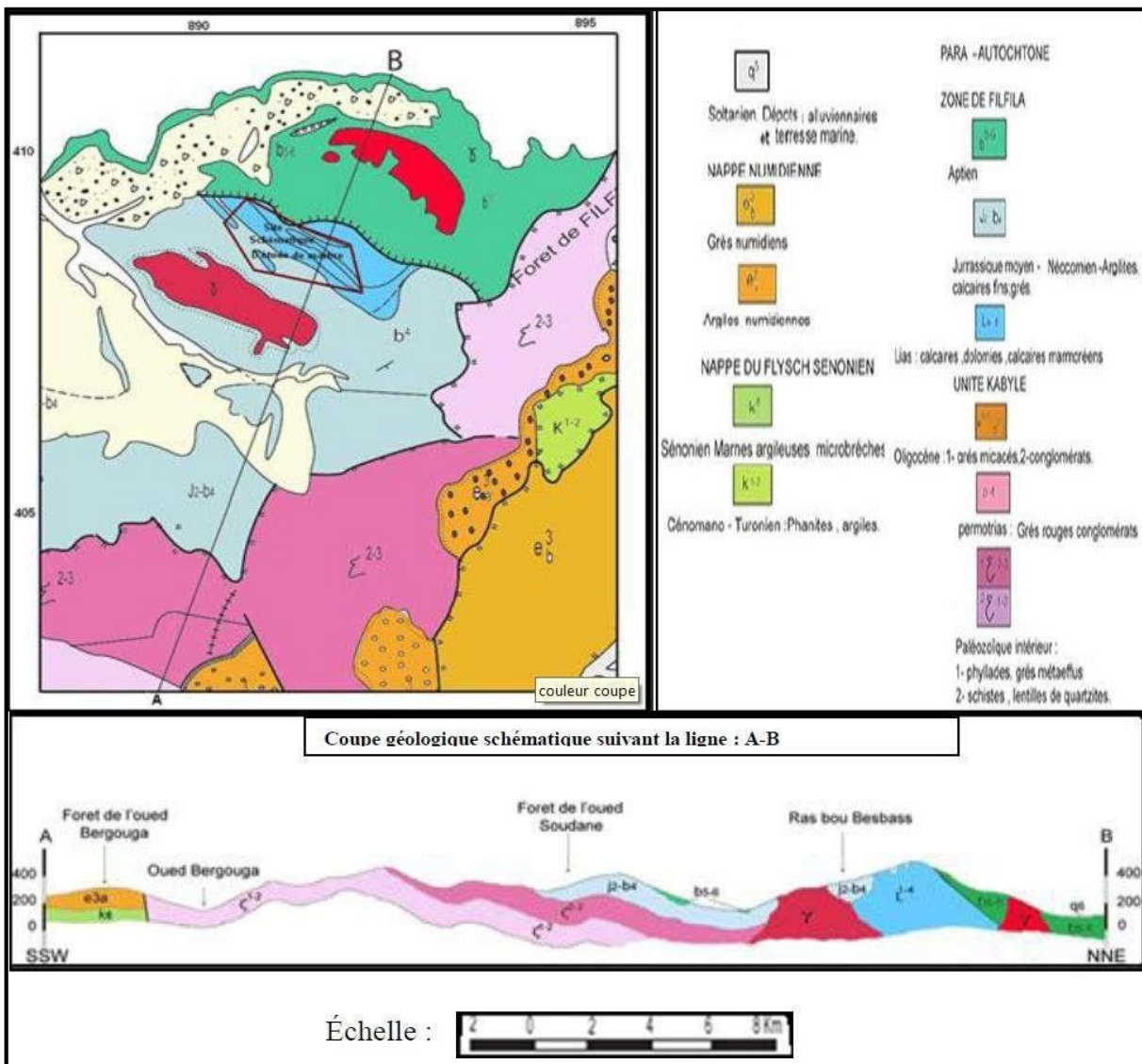


Figure 17 : Carte géologique et une coupe géologique dans le massif de Filfila. Extrait de la carte géologique de la feuille de Filfila à 1/50 000. (Tchekhovitch V. D.1971).

7.3.Ensemble Autochtone :

Cet ensemble comprend des schistes cristallophylliens d'Age Précambrien, qui forment la bordure occidentale du massif de l'Edough. Il n'affleure nulle part sur le territoire d'étude, mais probablement c'est l'équivalent de l'assise de gneiss qui est développée à l'Est du notre territoire d'étude. Le plus important est couvert par les schistes cristallins à muscovite, séricite, grenat. On note aussi l'existence des niveaux et lentilles de marbres blancs et gris, assez fréquents. Les affleurements du massif du Boumaiza ne permettent pas de le faire une image concrète de la succession stratigraphique des différents schistes cristallins.

7.4.Ensemble allochtone kabyle : Il comprend les éléments suivants :

*Paléozoïque inférieure :

Il occupe des étendues considérables dans la partie Sud-ouest de la feuille de Filfila (30 Km). Ils s'étirent plus loin sous forme des bandes étroites longeant la côte jusqu'à l'embouchure de l'oued Messenger et apparaissent également dans la région de la forêt de Sanhadja : au Nord du Djebel Safia. Ces terrains se subdivisent en deux assises lithologiques.

*Assise inférieure :

Elle occupe la partie Nord du territoire, il s'observe dans la région de Kef Dorba et dans tous les bassins de l'oued Saboune, ce sont en général des séricitoschistes et chlorito schistes sériciteux gris et gris bleuâtre.

L'assise inférieure renferme aussi des lentilles et parfois des petits lits de quartzite brunâtres.

*Assises supérieure :

Elle est constituée par des séricito schistes et des chloriro schistes sériciteux analogues, ainsi que par des phyllades de teinte verdâtre, des bancs de grès métamorphiques et des lits relativement rares de roches méta-volcaniques.

Les grès métamorphiques sont constitués de petits grains de quartz et de plagioclase acide, mal roulés, ainsi que de séricite abondante aux feuilletés orientés.

*Permo trias P-T :

Ils sont représentés par des grès rouges grossières et des conglomérats à dominance de quartz laiteux. Des étendues très restreintes notées dans la vallée de l'Oued Ksab.

***Oligocène:**

C'est une assise de type de molasse, elle surmonte partout les terrains métamorphiques du Paléozoïque inférieur. Il est transgressif, avec une discordance angulaire apparente. À la base, se trouve presque partout une assise des poudingues et des brèches sédimentaires, dont le matériel détritique est essentiellement constitué de schistes métamorphiques avec lesquels est associé de quartz laiteux.

8.Ensemble Parautochtone :

Cet ensemble correspond au massif du Filfila proprement dit, dans lequel se concentrent notre gisement de marbre, il occupe une superficie de 20 Km² environ, et comprend des terrains Jurassique et Crétacé affleurant dans les régions isolées, elles sont recoupées par des intrusions granitiques d'Age Néogène.

Perrin C. (1969), a distingué une série essentiellement carbonatée et une série détritique, la colonne stratigraphique comprend les terrains suivants :

8.1.Lias :

Il occupe la position stratigraphique la plus basse dans l'ensemble para autochtone, il est représenté par une assise carbonato-terrigène, il débute par une série de calcaires pseudoolithiques, parfois avec des restes de brachiopodes et des bancs de dolomies, qui passent plus haut à une assise de calcaires cristallins ou des marbres massifs dont l'affleurement se dispose en une ellipse très aplatie dont le grand axe est orienté N120°.

C'est la zone centrale des marbres exploités, les niveaux supérieurs sont constitués par un niveau d'argilites (formations détritiques) à bancs et lentilles de dolomies et de calcaires.

La puissance apparente de l'assise en question est d'environ 150-200m.

Le métamorphisme de ces roches carbonatées est dû à l'influence de l'intrusion de granitoïdes Néogènes avec laquelle elle est en contact, les sondages qui recoupent la zone de contact de l'assise, montre une épaisseur de 1 à 6 m métamorphosée en skarnset cornéennes.

8.2.Dogger Néocomien :

Les terrains allant du Dogger au Néocomien, surmontent le Lias par des bancs de grès fins à moyens et de pélites avec une puissance de 40 m, dans le sommet de celle-ci apparaissent un horizon carbonaté varié d'une épaisseur totale de 40 à 60 m.

Les formations attribuées au Dogger d'El-Halia, sont représentées par des calcaires de couleur bleutée, la fraction pélitique ressemble plus à des schistes qu'à des cornéennes.

Les mêmes affleurements sont observés à proximité du gîte d'El-Fendeck, seulement les roches d'El-Halia sont un peu plus cristallines et le calcaire de couleur grise est franchement du cipolin (influence thermique plus grande du granite).

8.3. Aptien Albien :

Les dépôts de l'Aptien-Albien sont représentés par des roches détritiques d'aspect flyschoides, (Perrin C. 1969). Ils se caractérisent par une alternance de grès et d'argiles où les grès dominent largement, de petites lentilles de calcaires et de conglomérats en intercalations sont observées mais sans aucune traces de métamorphisme de contact.

Les roches sont bien fissurées à fort pendage. Ils sont apparemment concordants sur les terrains de Dogger Néocomien !

Au Nord, ces formations sont affectées par des plissements très complexes.

Les excellents affleurements de ces formations s'observent dans la partie Nord et

Nord-est du massif du Filfila, où ils délimitent les falaises côtières qui s'étendent de port Châtelain à Ras Filfila sur une distance de 7-8 km, la puissance apparente de l'Aptien Albien quoique difficile à définir, dépasse probablement 250 m.

*Nappe de flysch sénonien à micro-brèches :

Elle comprend les terrains très particuliers du Cénomaniens et du Sénonien. Les formations de la nappe en question se trouvent au-dessus de celles de la Marsa.

*Cénomaniens-Turonien :

C'est l'assise la plus ancienne connue dans la nappe du flysch à micro-brèche, elle est représentée par des phtanites (roche sédimentaire siliceuse et argileuse, montrant parfois quelques radiolaires) et des argilites d'une puissance et d'extension très limitée.

*Sénonien K6 :

Il se trouve au-dessus du Turonien, représenté par une assise finement litée dans laquelle alterne les argilites, marnes argileuse et méso brèches, des petites étendues sont localisées dans la région de Kat Ben Hadeb et probablement dans Koudiat Djebana, où il est pratiquement impossible de différencier le Cénomaniens du Sénonien.

9. Ensemble post-nappe :

Il comprend les terrains Quaternaires et la nappenumidienne :

9.1. Nappe numidienne (paléogène- éocène- lutétien) :

Elle se subdivise en deux assises : inférieure argileuse et supérieure de grès quartzeux:

***Assise inférieure (e3a) :** Elle est constituée surtout de roches argileuses, son extension est fort limitée sur le territoire d'étude (versant Ouest de KoudiatTerrara).

***Assise supérieure (e3b) :** Elle est constituée principalement de grès quartzeux, moyens à grossiers, lités, les grains de quartz sont d'habitude bien roulés. Les grès renferment aussi une proportion subordonnée de grains détritiques de feldspath, micas, tourmaline, minéraux métallifères.

9.2. Le quaternaire :

Les terrains Quaternaires qui sont développés dans la région, se subdivisent en plusieurs types génétiques : marin, éolien, alluvionnaire et les terrains de pentes.

*Messaoudien Q 2 :

Ils forment les hautes terrasses marines recouvrant les roches du Paléozoïque inférieur, ils sont représentés par de gros galets, fragments et blocs.

*Soltanien Q 5 :

Il comprend deux types génétiques de sédiments étroitement liés, ce sont les sables cimentés des plages marines et les sables remaniés (resédimentés)

Les sables de dunes occupent une plus grande superficie, ils sont développés surtout sur le rivage, dans la partie Nord-ouest de la feuille dans le secteur d'étude, le dépôt Quaternaire est représenté surtout par les colluvions et les argiles résiduelles, ce sont des formations récentes éluvo-diluviennes et alluviales.

Sur les flancs Ouest, toute la pente a une couverture argileuse ayant une épaisseur jusqu'à 15m, l'argile résiduelle est développée aussi à l'intérieur d'un amas de marbre, ou suivant les fissures tectoniques, en formant des corps lenticulaires ayant une épaisseur de 5 m.



Figure18 : localisation de profils étudiés

Chapitre 03
Résultats et discussion

1. Description morphologique et analytique des profils

La description des profils, nous permettra de caractériser ces sols et d'avoir une idée globale de la nature des sols de FILFILA. La figure www représente la répartition des profils de notre d'étude.

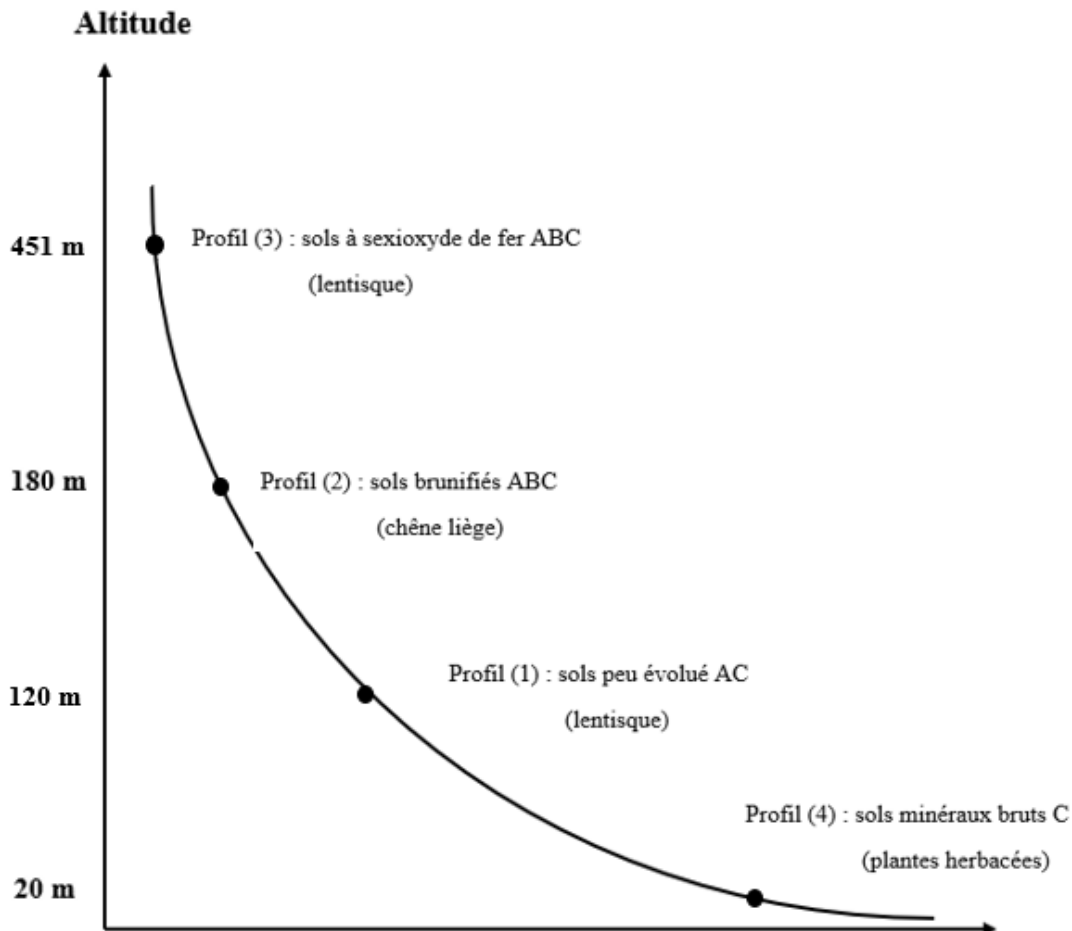


Figure 19 : toposéquence des sols de la zone d'étude

1.1. Description morphologique et analytique du profil 01

- ✓ **Nom du profil :** Oued El Saboune
- ✓ **Numéro du profil :** 01
- ✓ **Date de prélèvement :** 14/04/2022
- ✓ **Localisation :** / Altitude :
- ✓ **Physiographie :** montagne
- ✓ **Topographie :** 40 à 50%
- ✓ **Drainage :** bon
- ✓ **Végétation :** chêne liège.
- ✓ **Matériaux parentaux :** argilite
- ✓ **Classification CPCS (1967) :** sols peu évolués d'érosion

Horizon H1 : 0-30cm

dark yellowish brown (10YR 4/4) à l'état, dark yellowish brown (10 9/4) à l'état humide, texture limoneuse, structure polyédrique moyenne à grossière, poreux, compact, beaucoup d'éléments grossiers qui dépassent les 30%, racines fines à moyennes, activité biologique, transition abrupte, pas d'effervescence à l'HCl.

Horizon H2 : 30-60cm

brownish yellow (10yYR 6/6) à l'état sec, yellowish brown (10 YR 5/5) à l'état humide, texture limono-argileuse, structure polyédrique fine à moyenne, compact, poreux, éléments grossiers 40 % (cailloux et graviers), enracinements fin et moyen, pas d'effervescence à l'HCl



Figure 20 : photo représentative du profil 01

1.1.1. Résultats analytiques du profil 01

Tableau 03 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 01

Horizon		P1H1	P1H2
Profondeur (cm)		(0_30)	(30_60)
Da (g/cm ³)		1.40	1.25
Granulométrie	Argile (%)	19.62	41.75
	Limon (%)	46.81	43.11
	Sable fin (%)	11.92	6.35
	Sable grossier (%)	21.65	8.79
Classe textural		Limon	Limon-argileux fin
Charge au cailleux		50.48	63.268
H _p F2.5		20.13	29.76
H _p F4.2		11.36	22.02
Perméabilité		9.40	2.70
M.O (%)		2.170	1.927
CE (μS/Cm)		0.0092	0.682
Ph eau (1/2.5) à 25°c		7.16	6.07
Salinité		0	0
TDS		4	30

1.1.2 Discussion des résultats analytiques du profil 01

Les caractéristiques des sols du profil 01 sont :

- ✓ La couleur change du 10 YR 6/3 (pale brown) en surface à 5YR 4/4 (red wick brown) en profondeur.
- ✓ La structure est polyédrique fine à moyen tous le long de profil.
- ✓ La texture est limon en surface (P1H1) et Limon-argileux en profondeur (P1H2).
- ✓ Le pH est neutre pour tous les horizons, la CE est faible pour l'horizon P1H1 et moyenne pour l'horizon P2H2 et le profil est non salé en surface et moyennement salé en profondeur.
- ✓ Le taux de matière organique est moyen (2.170%) en surface à faible en profondeur (1.927%).
- ✓ Le sol est peu perméable pour les deux horizons (P1H1-P1H)

1.2. Description morphologique du profil 02

- ✓ **Nom du profil** : Oued El Saboune
- ✓ **Numéro du profil** : 02
- ✓ **Date de prélèvement** : 14/04/2022
- ✓ **Localisation** : 36° 53' 20''N, 7° 20' 51''E / Altitude.
- ✓ **Physiographie** : montagne

- ✓ **Topographie** : 30 à 40%
- ✓ **Drainage** : bon
- ✓ **Végétation** : chêne liège.
- ✓ **Matériaux parentaux** : argillite
- ✓ **Classification CPCS (1967)** : sols brunifiés

Horizon H1 : (0 – 30 cm)

dark yellowish brown (10YR 4/4) à l'état, dark yellowish brown (10 YR 9/4) à l'état humide, texture argileuse, structure polyédrique fine à moyenne, poreux, compact, beaucoup d'éléments grossiers qui dépassent les 30%, enracinement moyen, activité biologique, transition abrupte, pas d'effervescence à l'HCl.

Horizon H2 : (30- 100 cm)

brownish yellow (10YR 6/6) à l'état sec, yellowish brown (10 YR 5/5) à l'état humide, texture argileuse, structure polyédrique fine à moyenne, compact, présence des fissures, poreux, éléments grossiers 10%, enracinements fin et moyen, transition diffuse à graduelle, pas d'effervescence à l'HCl.

Horizon H3 : (100- plus de 180cm)

brownish yellow (10 YR 6/6) à l'état sec, dark yellowish brown (10 YR 3/6) à l'état humide, frais, très compact, pas d'éléments grossiers, racines fines, moyennes, grosses, présence de taches noire (humus), n'est pas poreux, pas d'effervescence à l'HCl



Figure 21 : photo représentative du profil 02

1.2.1 Résultats analytiques du profil 02

Tableau 04 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 02

Horizon		P2 H1	P2 H2	P2 H3
Profondeur (cm)		0-30	30-100	100- plus de 180cm
Da (g/cm ³)		1.43	1.39	1.39
Granulométrie	Argile (%)	18.02	20.47	20.56
	Limon (%)	40.00	50.20	45.00
	Sable fin (%)	10.60	11.13	16.08
	Sable grossier (%)	31.38	18.20	18.36
Classe textural		Limon	Limon	Limon
Charge au cailleux		58.32	11.60	61.38
H _p F2.5		23.80	23.74	22.89
H _p F4.2		14.89	10.13	8.99
Perméabilité		10.60	10	8.9
M.O (%)		2.170	1.927	1.51
CE (μS/Cm)		0.0031	0.0255	0.081
Ph eau (1/2.5) à 25°c		5.71	6.60	7.04
Salinité		0	0	0
TDS		1	11	35

1.2.2 Discussion des résultats analytiques du profil 02

Les résultats analytiques du profil 02 sont :

La couleur change du 10 YR 4/4 (dark yellowish) en surface à 10YR 6/6 (brownish yellow) en profondeur.

La structure est polyédrique grossière en surface à massive en profondeur, structure polyédrique fine en surface à moyenne en profondeur et la texture est limon dans tous les horizons.

Le pH est acide pour le premier horizon(P2H1) et neutre pour le reste des horizons (P2H2 et P2H3), la CE est faible pour tous les horizons et le profil est non salé.

La matière organique est moyen (2.170%) en surface à faible en profondeur (1.927 et 1.51%). Le sol est peu perméable pour tous les horizons.

1.3. Description morphologique du profil 03

- ✓ **Nom du profil** : El messajed
- ✓ **Numéro du profil** : 03
- ✓ **Date de prélèvement** : 14/04/2022
- ✓ **Localisation** : 36° 53' 20''N7,20',51''E / Altitude :
- ✓ **Physiographie** : montagne
- ✓ **Topographie** : 40 à 50%
- ✓ **Drainage** : moyen
- ✓ **Végétation** : lentisque.
- ✓ **Matériaux parentaux** : Argillite
- ✓ **Classification CPCS (1967)** : sols à sesquioxyde de fer

Horizon 1 (0-20cm)

yellowish brown(10YR 5/4) à l'état sec, dark yellowish brown (10YR 3/6) à l'état humide, texture argilo-limoneuse, structure polyédrique fine, charge au cailloux Friable, frais poreux, activité biologique, beaucoup de racines fines, transition abrupt, pas d'effervescence à l'HCl.

Horizon 2 (20-35cm)

Etat sec : 5 yr 4/6 yellowish red (5 YR 4/6) à l'état sec , yellowish red (5 YR 4/6) à l'état humide, texture limono-argileuse, pas de structure , dépôt d'éléments grossiers, charge au cailloux dépasse les 80%, peu de racines, poreux, sec, compact, transition diffuse, pas d'effervescence à l'HCl.

Horizon 3 (35- 80cm)

Etat sec : 5 yr 4/6 yellowish red,Etat humide : 5 yr 4/6 yellowish red ,Sec, compact, limono-argileuse, structure polyédrique fine à moyenne, poreux, présence d'activité biologique, peu de racines, 30% d'éléments grossiers,pas d'effervescence à l'HCl.,.

Une prise de vue du profil est présentée dans la figure 20 :



Figure 22 : photo représentative du profil 03

1.3.1 Résultats analytiques du profil 03

Tableau 05 : Résultats analytiques physico-chimiques du profil 03

Horizon		P3H1	P3 H2	P3 H3
Profondeur (cm)		0-20	20-35	35-80
Da (g/cm ³)		1.3	1.38	1.56
Granulométrie	Argile (%)	15.39	20.46	4.96
	Limon (%)	55.88	51.44	81.59
	Sable fin (%)	9.86	26.82	9.46
	Sable grossier (%)	18.87	1.28	3.99
Classe textural		Limon	Limon	Limon très fin
H%pF2.5		29.33	36.46	39.22
H%pF4.2		10.64	26.73	26.17
Perméabilité		16.90	10.10	42.40
M.O (%)		2.170	1.927	0.96
CE (μS/Cm)		0.056	0.0129	0.155
Ph eau (1/2.5) à 25°C		7.04	5.03	6.19
Salinité		0	0	0
TDS		25	6	69

1.3.2 Discussion des résultats analytiques du profil 03

Les sols du profil 03 sont caractérisés par :

La couleur change du 10 YR 5/4 (yellowish brown) en surface à 10YR 4/6 (yellowish red) en profondeur.

La structure est polyédrique fine à moyenne pour tous les horizons.

La texture est limon en surface (H1- H2) et limon très fin en profondeur (H2-H3).

Le pH est neutre tous les horizons H1 et H3 acide pour l'horizon H2, la CE est faible pour tous les horizons et le profil est non salé.

Le taux de matière organique est moyen (2.170%) en surface(H1) à faible dans le deuxième horizon et très faible en profondeur (1.927%) moyenne en profondeur (0.96%).

Le sol est peu perméable pour les deux premiers horizons (H1-H2), et perméable pour le dernier horizon (H3).

1.4. Description morphologique du profil 04

- ✓ **Nom du profil** : Oued saboune
- ✓ **Numéro du profil** : 04
- ✓ **Date de prélèvement** : 14/04/2022
- ✓ **Localisation** : 36°53'50'' N 7°50'51'' E/ Altitude :
- ✓ **Topographie** :20à 30%
- ✓ **Drainage** : bon
- ✓ **Végétation** :plantesherbacées
- ✓ **Matériaux parentaux** :dépôt de sable côtière
- ✓ **Classification CPCS (1967)** : sols minéraux bruts

Horizon 1 : (0-30cm)

brownish yellow (10YR 6/6)à l'état sec,yellowish brown (10YR5/6) à l'état humide, texture sableuse, structure particulaire, pas d'effervescence à l'HCl.

Une prise de vue du profil est présentée dans la figure 22 :



Figure 23 : photo représentative du profil 04

1.4.1 Résultats analytiques du profil 04

Tableau 06 : Résultats analytiques physico-chimiques du profil 04

Horizon		P4 H1
Profondeur (cm)		0-30
Da (g/cm³)		1.61
Charge au cailleux		0.86
Granulométrie	Argile (%)	16.76
	Limon (%)	0.86
	Sable fin (%)	6.75
	Sable grossier (%)	75.63
Classe textural		sableuse
H⁺pF2.5		3.71
H⁺pF4.2		1.04
Perméabilité		9.90
M.O (%)		0.153
CE (μS/Cm)		0.0205
Ph eau (1/2.5) à 25°c		5.94
Salinité		0
TDS		9

1.4.2 Discussion des résultats analytiques du profil 04

Les résultats analytiques du profil 04 sont :

La couleur est 10 YR 5/6 (brownish yellow).

La structure est polyédrique grossière en surface à massive en profondeur.

La texture est sableuse.

Le pH est acide, la CE est faible et le profil est non salé.

La matière organique est très faible (0.153%).

Le sol est très perméable.

2. Caractérisation des sols

2.1. Granulométrie

D'après les figures (19/20/21/22), il ressort que la texture du premier profil est limoneuse pour le premier horizon et limono-argileuse pour le deuxième horizon, et limoneuse pour le deuxième profil avec une moyenne de 45%, et limoneuse pour le troisième profil avec un maximum 85% et sableuse pour le profil témoin avec un taux de 82%. Nous avons remarqué que la texture du sol varie entre limono-sableuse et sablo-argileuse (figure). Le sable est la fraction dominante dans les quatre profils avec un maximum de 85% (denier profil).

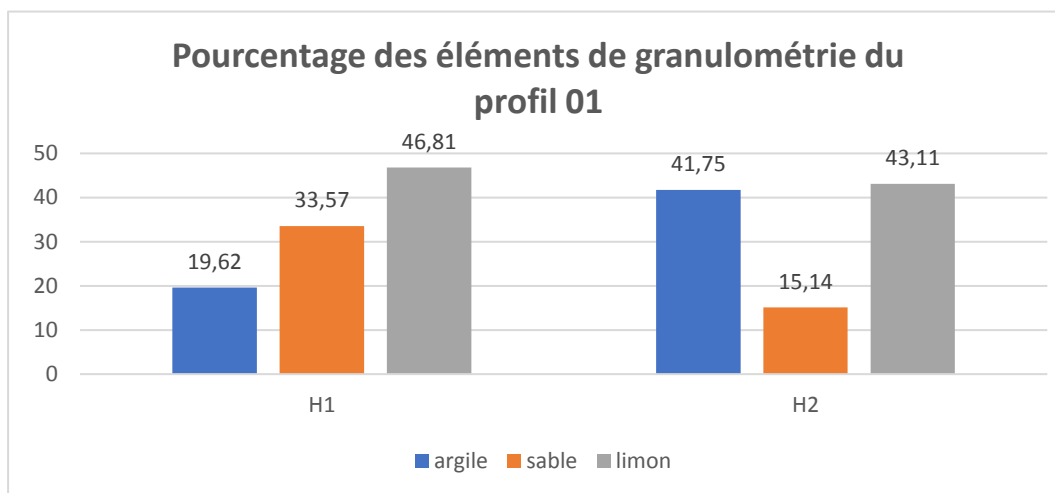


Figure 24 : histogramme représentatif des pourcentages d'éléments de granulométrie pour le profil01

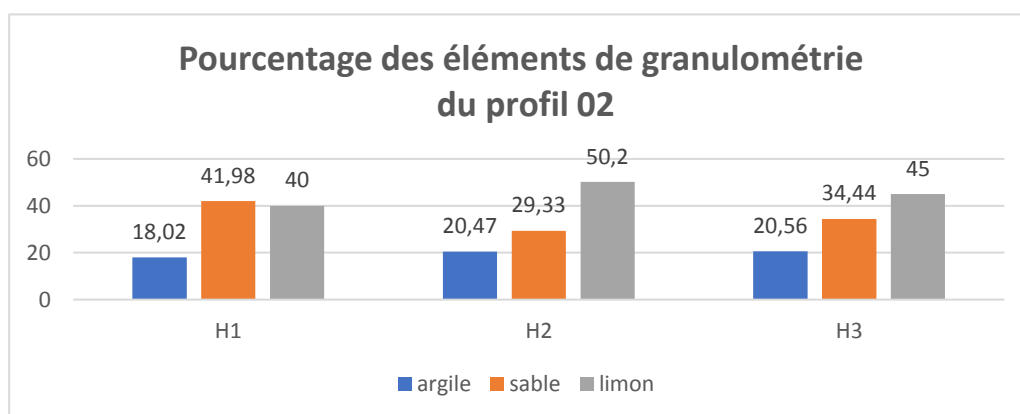


Figure 25 : histogramme représentatif des pourcentages d'éléments de granulométrie pour le profil02

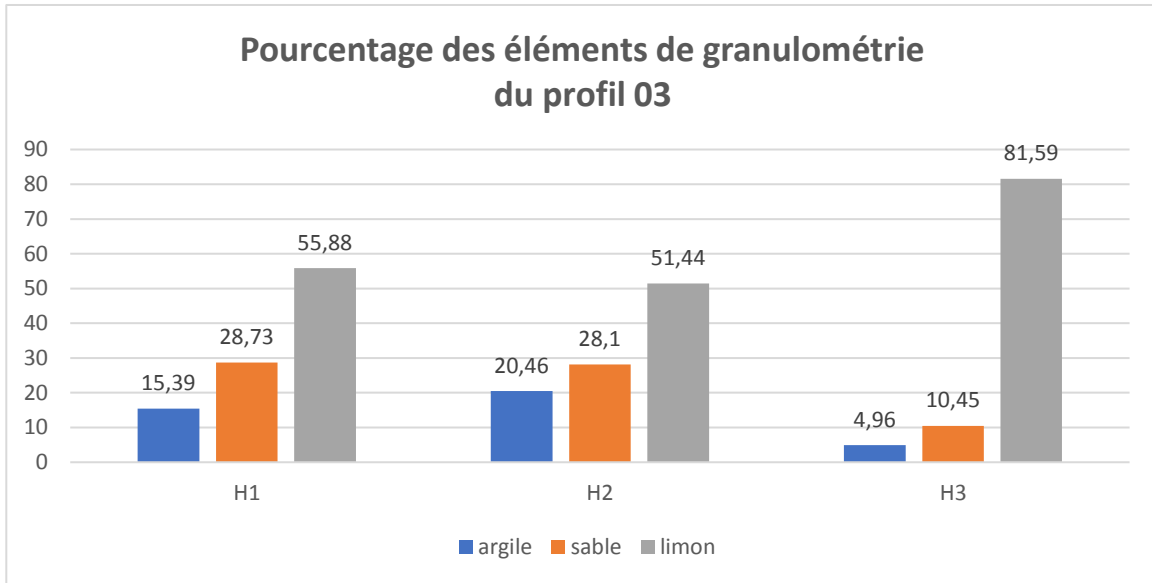


Figure 26 : histogramme représentatif des pourcentages d'éléments de granulométrie pour le profil 03

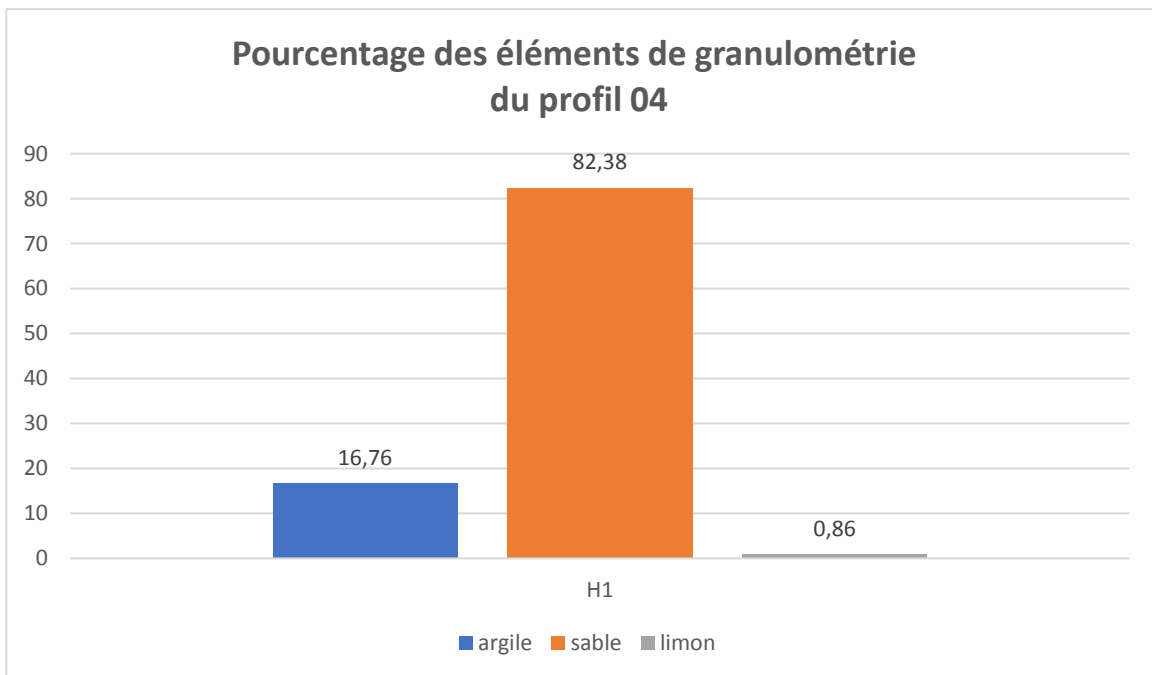


Figure 27 : histogramme représentatif des pourcentages d'éléments de granulométrie pour le profil 04

2.2 Densité apparente (Da)

Concernant la densité apparente, on remarque que les valeurs les plus importantes sont remarquées en surface pour le premier profil avec une valeur de 1.61 g/cm³, pour le deuxième profil les valeurs sont homogènes le long du profil et concernant les autres profils les valeurs les plus élevées sont enregistrées en profondeur.

Tableau 07 : résultats de Da pour tous les profils :

	Profil 01	Profil 02	Profil 03	Profil 04
Horizon 01	1.40	1.43	1.3	1.61
Horizon 02	1.25	1.39	1.38	
Horizon 03		1.39	1.56	

La densité apparente (Da) est presque homogène dans tous les profils étudiés.

Généralement ces résultats vont conformément aux normes de la (Da) des sols agricoles

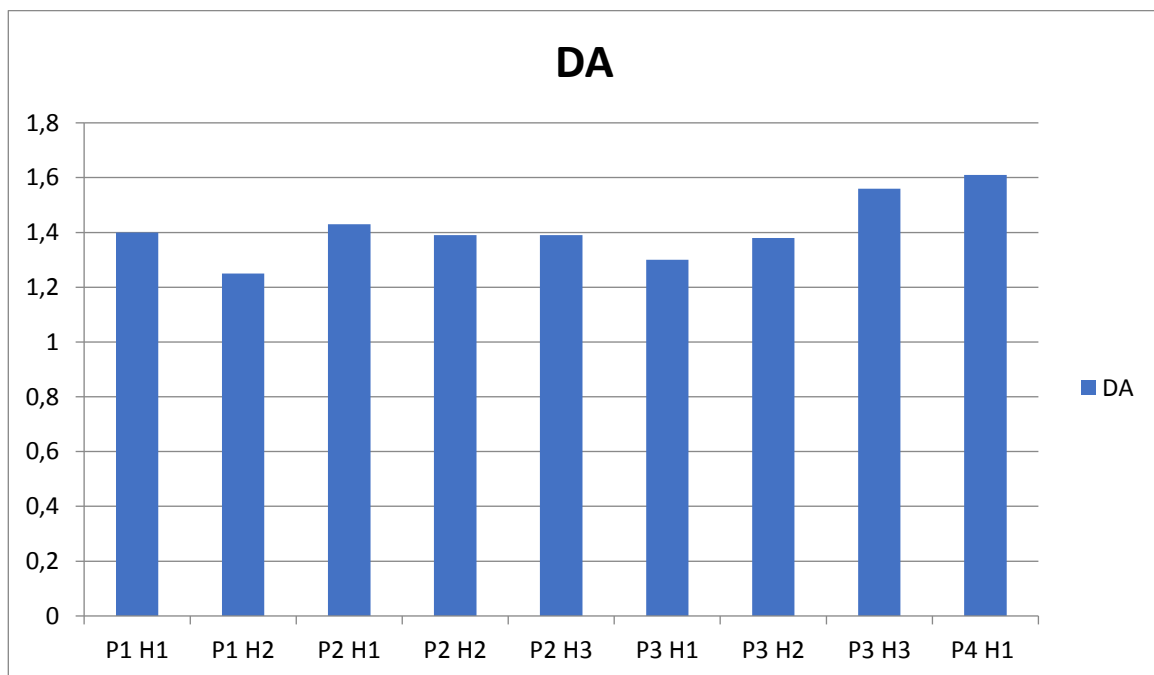


Figure 28: histogramme représentatif des valeurs de la Da pour tous les profils.

3. Etude des propriétés hydriques :

3.1 pF :

D'après les résultats obtenus et les graphes figures () nous avons consultes que : le taux d'humidité qui reste dans l'échantillon baisse quand la pression exercée est élevée, ou contrairement H% a pF 4.2 < H% a pF 2.5. La relation entre le taux d'humidité et la pression exercée est une relation inverse.

Quand on exerce une pression faible (pF 2.5) la seule eau qui sorte de l'échantillon c'est l'eau de gravité parce qu'elle est faible retenue, par contre quand on exerce une pression plus forte (pF 4.5) l'eau qui sorte est l'eau de gravité + l'eau capillaire absorbable ou non absorbable

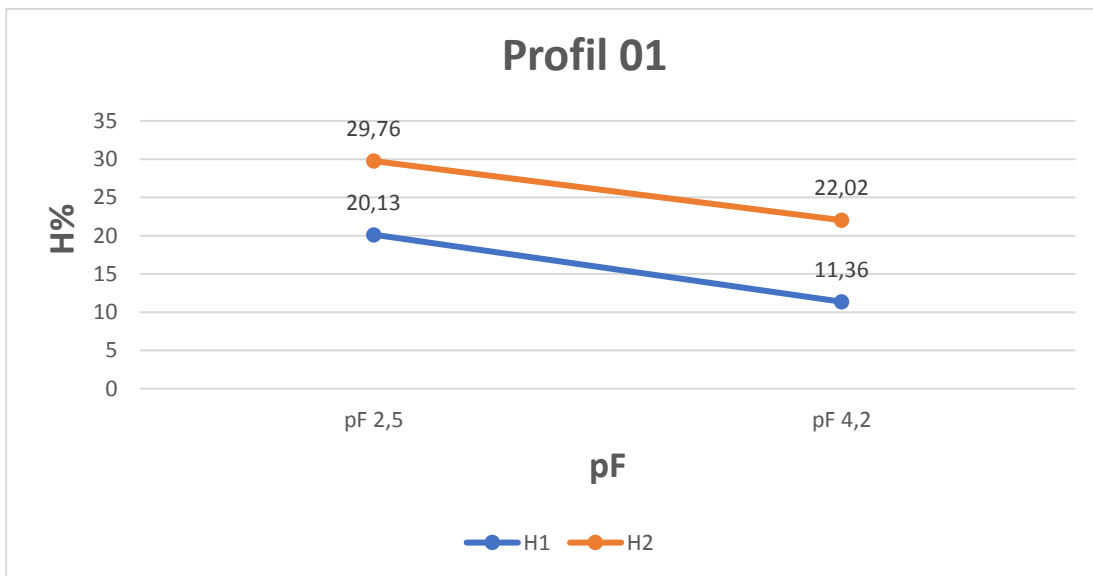


Figure 29 : le taux d'humidité à pF (2.5 ; 4.2) pour profil 01.

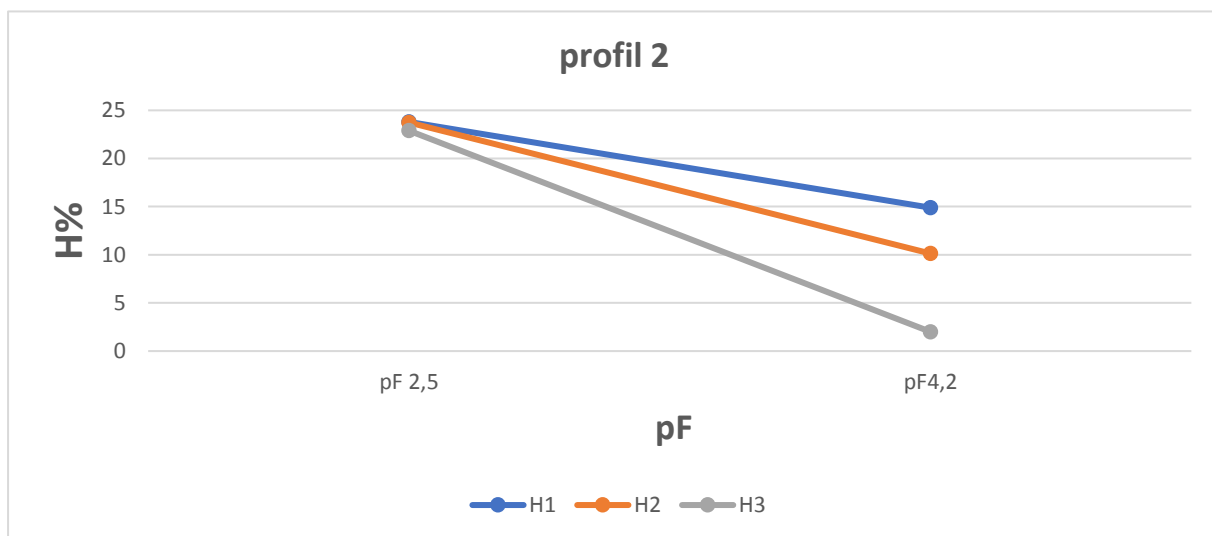


Figure 30 : le taux d'humidité à pF (2.5 ; 4.2) pour profil 02.

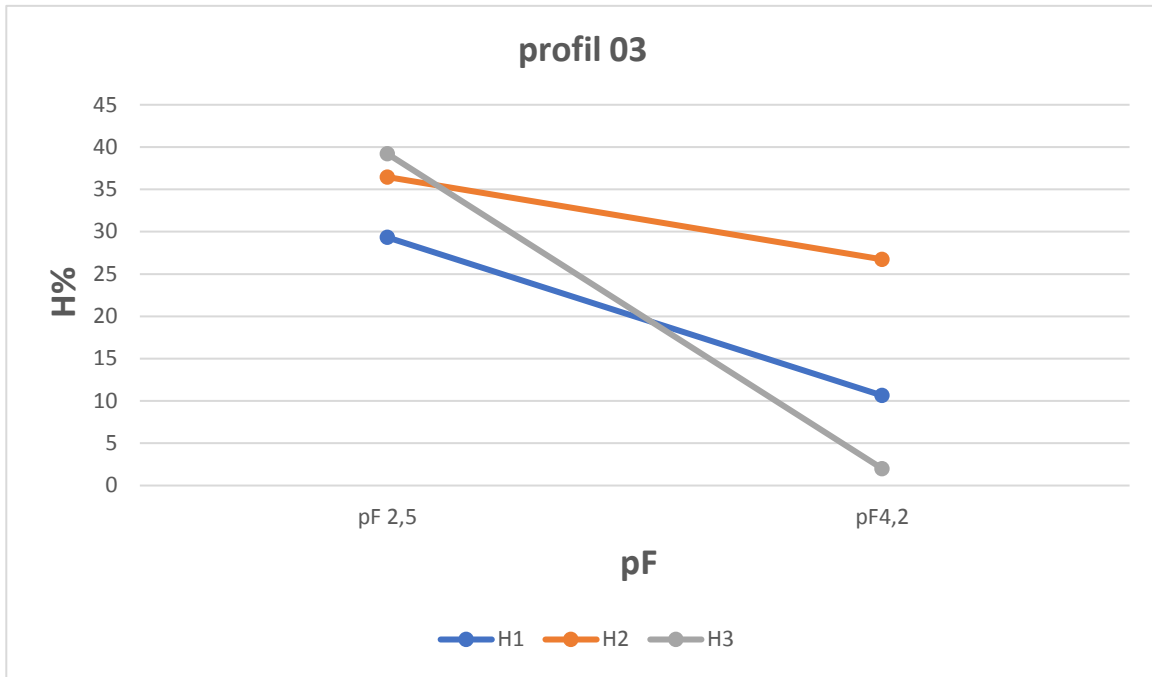


Figure 31 : le taux d'humidité à pF (2.5 ; 4.2) pour profil 03

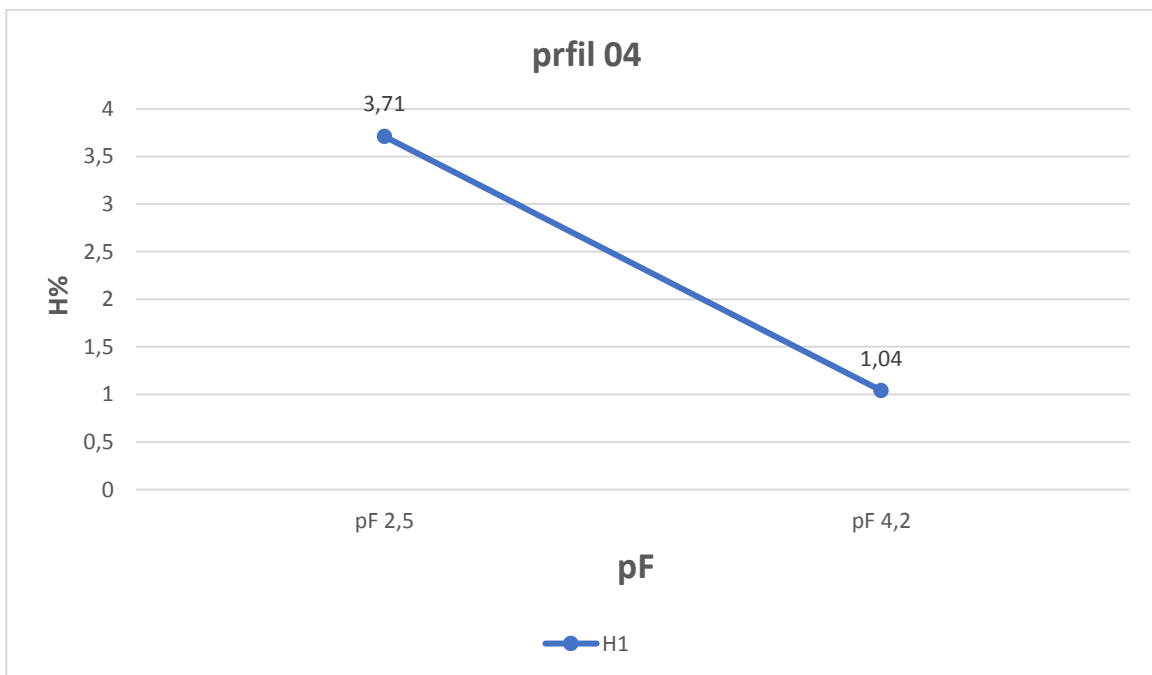


Figure 32: le taux d'humidité à pF (2.5 ; 4.2) pour profil 04.

Interprétation :

D’après les résultats obtenus nous avons consulté que le taux de la réserve utile importante dans P2H2 et P2H3 et faible dans P1H1 , P1H2 , P1H3 , P3H1 , P3H2 , P3H1.

3.2 Réserve utile

Les données analytiques de la réserve utile sont :

Tableau 08 : Réserve utile des sols

	Profil 01	Profil 02	Profil 03	Profil 04
H 1	3683.4	4140 ,3219	3039 ,4	1874,34
H 2	2902.5	13242,543	1450,5312	
H 3	/	15456,8	9161,1	/

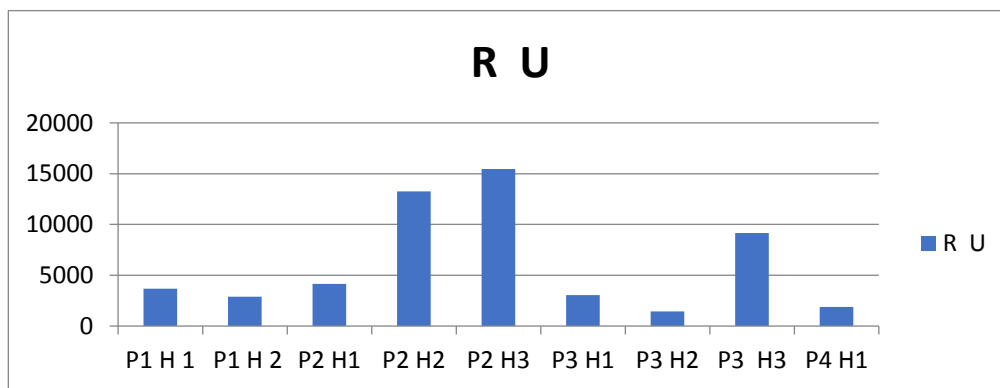


Figure 32 : schéma représentatif de la réserve utile des profils étudiés

3.3.Perméabilité :

Tableau09 : perméabilité des sols

	Profil 01	Profil 02	Profil 03	Profil 04
H 1	9.40	10.60	16.90	350
H 2	2.70	10	10.10	/
H 3	/	8.9	42.40	/

D'après le tableau et la figure, on constate une faible perméabilité pour tous les profils étudiés avec une moyenne de 25mm/h, au contraire du profil témoin qui est très perméable 350mm/h

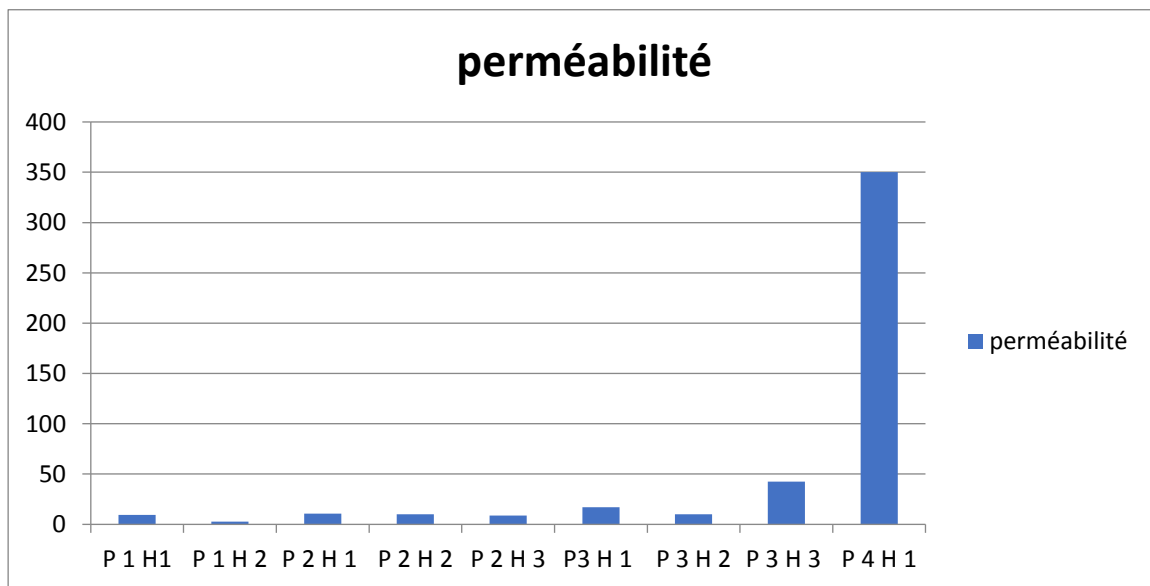


Figure 33 : histogramme représentatif de la perméabilité des profils d'étude

D'après le tableau ** et la figure **, on constate qu'il y a une certaine variabilité dans les valeurs de la perméabilité des sols de notre zone d'étude. Pour le premier profil elle est moyenne avec une valeur moyenne de 5mm/hr. Pour le deuxième profil le sol est aussi moyennement perméable avec une valeur moyenne de 6mm/hr. En ce qui concerne le troisième profil le sol est perméable avec une valeur moyenne de 35 mm/hr. Pour le témoin, le sol est très perméable 350mm/hr.

Conclusion :

Selon les résultats obtenus, il ressort que la perméabilité pour notre zone d'étude varie entre moyennement perméables à perméables. Elle augmente quand la texture est plus sableuse (témoin sable de la plage), elle a une relation inverse avec le taux d'argile et du limon et elle diminue quand le taux de ces derniers est élevé et contrairement.

Donc, la conductivité hydraulique (K) est variée selon le type du sol et a une relation directe avec la texture et le diamètre des pores.

L'étude granulométrique des sols de FILFIL a montré que :

Les sols du premier profil sont caractérisés par une texture limoneuse en surface et limono-argileuse en profondeur avec une teneur élevée en matière organique, un pH neutre, absence de la salinité, une réserve utile faible. Le sol est moyennement perméable.

Les sols du deuxième profil sont caractérisés par une texture limoneuse tout le long du profil, un pH neutre, la matière organique est importante en surface à moyenne en profondeur, absence de salinité, une faible réserve utile en surface et assez importante en profondeur, sols faiblement perméables.

Les sols du troisième profil sont caractérisés par une texture limoneuse, un taux de matière organique élevé en surface et faible en profondeur, le pH est neutre pour le premier et troisième horizon et acide pour le deuxième horizon, sols non salés et moyennement perméable.

Le sol du quatrième profil est caractérisé par une texture sableuse, une faible teneur en matière organique, un pH acide, sol peu salé, une réserve utile faible, une forte perméabilité.

D'après l'analyse granulométrique, la texture des sols dans notre région d'étude ne présente aucune hétérogénéité, avec une dominance de la fraction sableuse.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif principal de notre travail de thèse est d'étudier la diversité granulométrique (texturale) des sols de la zone de FILFILA qui fait partie de la wilaya de Skikda.

D'après cette étude, il ressort que la zone d'étude est située dans un étage bioclimatique subhumide à hiver chaud.

Selon les résultats analytiques et morphologiques, nous avons remarqué une certaine diversité dans les types de sols : sols peu évolués (profil 01), sols brunifiés (profil 02), sols à sesquioxyde de fer (profil 03) et sols minéraux bruts (profil 04).

Pour les différents types de sols nous avons remarqué une certaine diversité de la texture, limono-sableuse, sablo-argileuse et sableuse et on observe que le type de texture a une influence sur la perméabilité et réserve utile du sol.

Les sols sont en générale neutre, non salés, considérablement fertile. Ils sont peu à moyennement perméables pour tous les profils sauf le profil témoin (04) qui est fortement perméable.

En perspective il y a lieu d'étudier les caractéristiques chimiques et biologiques de ces sols.

Ainsi dans le souci d'une agriculture durable, il est nécessaire de pouvoir analyser, comprendre, prévenir et par conséquent gérer l'évolution des sols sous culture ou sous forêt.

**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques :

1. **BAIZE et JABIOL 1995** : guide pour la description des sols. Collection technique.
2. **Baize D.(2000)** : guide des analyses en pédologie 2^{ème} édition INRA Paris P254.
3. **Boulkaïbet S, Toutoui A, Bouloudnine A.** Diversité granulométrique, et caractères essentiels de sa répartition dans les différents sols de la région de Filfila mémoire de fin d'étude master2 science agronomie.
4. **Calvet R. (2003)** : Le sol propriétés et fonction tome 1 : constitution structure et phénomène aux interfaces édition France agricole 267p. caused by compaction beneath heavy agricultural machinery. European journal of
5. **chesworth 2008** : Soil characteristics, revised soil classification, and soil geochemistry related to soil suitability of West Lampung tropical volcanic residual soil, Sumatra, Indonesia
6. **Classification texturale des sol (USDR) (IABORIERJ).**
7. **D. Soltner** | Sainte-Gemmes-sur-Loire : Sciences et techniques agricoles | sciences et techniques agricoles | 1996
8. **DELECOUR, F., 1978** : Initiation à la pédologie Centre de Recherche et de Promotion Forestières. 69 pp.
9. **Drdour H. (1999)** : Les constituants du sol, cours de pédologie général programme 1^{er} année ENSA INAEL-Harrach p77.
10. **Duchaufour PH. (1988)** : Pédologie 2^{ème} édition Paris, 224p.
11. **Duchaufour PH. (2001)** : Introduction à la science du sol 6^{ème} édition Paris 314 p.
12. **El GONNOUNI, 2010** : Problème de mécanique des sols Problème relié à l'eau: bouillonnement, renardage, Problème de déformations tassement admissible.
13. **GIRARD et AL., 2011** : Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon - Tome 1
14. **GIRARD MS et SECHVARTZ C et GABIOL B (2013)** étude des sols doud,
15. **Gobât M et Mathey w, 2003** : Michel ARAGWO, le sol vivant, 2^{ème} édition France
16. **Gobât M ET Mathey W. (2003)** : Michel ARAGWO, le sol vivant, 2^{ème} édition France.
17. **GUETTOUCHE ,2016** : Ocean & coastal management detection and analysis of shoreline changes using geospatial tools and automatic computation : case of jijelian sandy coast (East Algeria)
18. **Henin, S. R. Gass ET C. Monnier. (1972)** : Caractéristique physique et hydrodynamique des sols (Annexe). Bulletin technique d'information – assainissement et drainage (premier volume) Ministère de l'agriculture, France, No271-272 : p. 809-814

-
- 19. Hillel, D. (1982) :** Introduction to Soil Physics. Academic Press, San Diego.
- 20. Hillel. (1984) :** L'eau et le sol, principe et prospection des sols 4^{ème} année.
- 21. L'Association Française pour l'Etude du Sol (Afes) fondée en 1934.**
- 22. Ledru, Yohann :** Etude de la porosité dans les matériaux composites stratifiés aéronautiques. *PhD, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2009*
- 23. LESAIGNOUX :** Influence of soil moisture content on spectral reflectance of bare soils in the 0.4-14 μm domain
- 24. MUSY ANDER SOUTTER MAREC 1991) :** Publication/44207087 Contribution a la modélisation thermo aéraulique du microclimat urbain Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs paris ,2E, p 18. pratique, INRA, paris. P
- 25. SCHAFFER, b., SCHULIN, R., Boivin, P. 2008 :** changes in shrinkage of restored soil
- 26. Schoeller, H. (1955) :** Geochemie des eause souterraines. Rev. Inst. Fr. Petrol, Vol. 10, pp. 230-244. soil science 59, 771-783.
- 27. Soltner. (2000) :** La base de la production végétale, le sol et son amélioration 2^{ème} édition Sciences et technique agricole tomme I 471 p.
- 28. Sposito, G. (2008)** The Chemistry of Soils. 2nd Edition, Oxford University Press, New York.
- 29. Stevens, R.1983 :** Abrasion pH and abrasion solution composition in reference European volcanic soils.
- 30. Stevens, R., 1984 :** A new sand-siltxlay triangle for textural nomenclature. Geologiska Fireningens i Stockholm Firhandlingar, Vol. 105, Pt. 3 [for 19831, pp. 245-250. Stockholm.
- 31. YORO et GODO 1990) :** Modifications physiques d'un sol ferrallitique sous différents modes de mise en culture en Côte d'Ivoire forestière. Conséquences sur le développement du maïs.

Annexe

Tableau 1 : Précipitation moyenne mensuelle durant la période de 2005-2015 (DSM,2016).

mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
P (mm)	109,8	111,4	97,79	50,4	35,68	10,03	1,72	17,37	60,87	79,78	96,32	129,7	800,6

Tableau 2 : Température moyenne mensuelle durant la période (2005-2015) (DSM,2016).

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	MOY
m°	9,17	8,68	10,57	13,2	15,8	19,05	22,28	22,77	20,85	17,99	13,84	10,26	15,37
M°	16,8	15,75	18,16	20,7	23,58	26,51	29,09	29,68	27,9	25,55	21,31	17,86	22,74
T moye	12,99	12,22	14,37	17	19,69	22,78	25,68	26,22	24,38	21,77	17,58	14,06	19,06

- m° : moyennes mensuelles de température minimales.
- M° : moyennes mensuelles de température maximales.
- T: température moyenne mensuelle ; $T = T_m + T_M/2$.

Tableau 3 : Humidité de l'air en % pendant la période (2005-2015) (DSM, 2016).

mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	MOY
H (%)	71,09	69,73	71,09	71,5	71,27	69,91	69,18	70,45	69,91	67,73	68,27	71,09	70,1

Tableau 4 : Moyenne de l'évaporation pendant la période (2005-2015) (DSM, 2016).

mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	MOY
E (mm)	51,09	47,79	45,76	55,9	90,91	62,31	73,65	87,13	86,86	75,54	72,13	61,41	67,54
E par saison	144,6			209,1			247,64			209,1			/
Total (mm)	810												/

Tableau 5. Moyennes mensuelles de la force du vent en m/s pendant la période(2005-2015) (DSM, 2016).

mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	MOY
v (m/s)	3,7	3,86	3,6	3,2	3,19	3,19	3,19	2,88	3,19	6,59	3,5	3,7	3,65

Tableau 6 : L'évapotranspiration moyenne durant la période de 2005-2015 (DSM)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOT
ETP mm/mois	43 .2	55 .6	94 .4	11 9.	14 7.	17 5.	20 7.	18 1.	83 .0	99 .2	56 .4	41 .4	13 05

Tableau 7 : Insolation moyenne mensuelle en heure pendant la période (2005-2015)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	MOY
Insolation h/mois	24 3.	21 3.	16 9.	12 7,	13 6.	17 7.	21 7.	23 6,	27 6.	32 3,	35 3.	34 1.	23 4.

Tableau 8 : Diagramme ombrothermique de Gausson pour la période de 2005 à 2015

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
P (mm)	109,4	111,9	97,79	50,42	35,68	10,03	1,72	17,37	60,87	79,78	96,32	129,7
T moy	12,95	12,25	14,35	16,95	19,69	22,78	25,65	26,25	24,35	21,77	17,55	14,06

Tableau : calcul de la RU pour tous les profils.

Profil Horizon	Profil 01	Profil 02	Profil 03	Profil 04	Profil 05
Horizon 1	3291.75	234.30	1242.45	1306.98	45.30
Horizon 2	4253.6	31.24	1287.63	2876.44	/
Horizon 3	5746.95	/	/	2091.24	/
Horizon 4	9.890	/	/	/	/

Tableau : calcul de la perméabilité pour tous les profils.

	Profil 01	Profil 02	Profil 03	Profil 04	Profil 05
Horizon 01	46.80	30.50	18.30	15.20	380
Horizon 02	39.20	25.70	71.10	10	/
Horizon 03	1.90	/	/	11.70	/
Horizon 04	1.40	/	/	/	/

Matériels utilisés

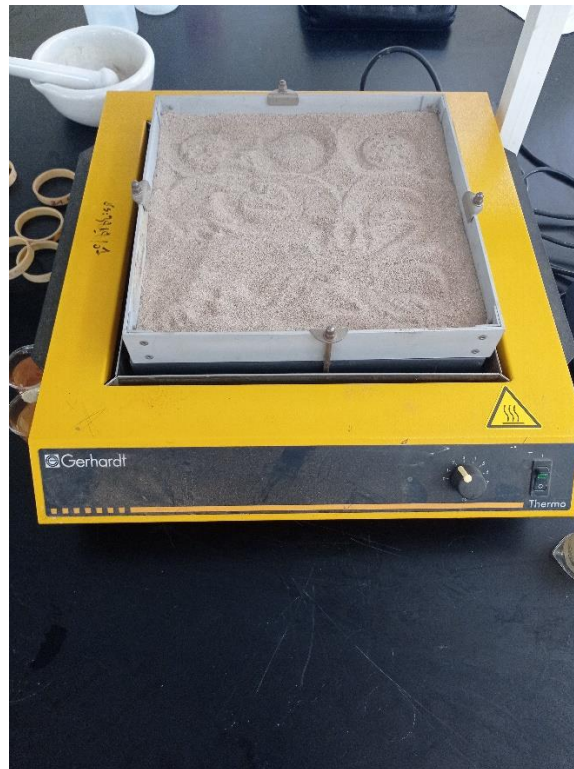


Figure 43 : bain de sable



Figure 44 : four à moufle



Figure 45 : étuve



Figure 46 : dessiccateur



Figure 47 : balance



Figure 48 : balance de précision



Figure 49 : agitateur mécanique



Figure 50 : agitateur magnétique

Réalisé par: Boumoud Mohamed Raouf
Redaouna abderaouf

Thème

Approche granulométrique des sols de FILFILA

Résumé:

L'objectif principale de notre mémoire est d'étudier la diversité granulométrique dans la région de Filfila, qui fait partie de la wilaya de Skikda.

D'après les données morphologique et analytiques, on constate que les sols de Filfila est de types : sols peu évolués pour le premier et brunifiés pour le deuxième profil, sols à sesquioxyde de fer pour le troisième profil et minéraux bruts pour le quatrième profil.

موضوع

دراسة لحجم الجزيئات لتربة منطقة فلفلة

ملخص:

الهدف الرئيسي من أطروحتنا هو دراسة تنوع حجم الجسيمات في منطقة فلفلة ، التي هي جزء من ولاية سكيكدة من البيانات المورفولوجية والتحليلية تتكون تربة فيلفلة من الأنواع التالية: التربة البنية للملاح الأولى والثانية ، وتربة الحديد للملف الشخصي الثالث والمعادن الخام للملف الشخصي الرابع عادة ما يكون الملمس طينيا للملفات الشخصية 01.02 و 03 ورمليا للملف الشخصي الأخير ، لذلك يميز تباينا نسيجيا معيناً: نوعان من الملمس الطيني والرملي.

Mots clés (04) : Granulométrie, Sol, texture, FILFILA.

الكلمات المفتاحية : حجم الجسيمات (النسيج)، التربة ، الملمس .

Année Universitaire 2021/2022