



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة -
UNIVERSITÉ 20 AOUT 1955 - SKIKDA -



FACULTÉ DES SCIENCES
FILIÈRE SCIENCES AGRONOMIQUES
DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE

كلية العلوم.
شعبة العلوم الفلاحية.
قسم الفلاحة.

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES
En vue de l'obtention du diplôme de Master d'Agronomiques

SPÉCIALITE : SCIENCE DU SOL

THÈME

**Contribution à l'étude des caractéristiques physiques des
sols sous climat subhumide cas de la région (el hadayek-
bouchtata et Ramdane djamel)**

Présenté par :

Boutalba Abdenour

Bouaouiche Abdesselam

Bourourou Faiza Nourhane

Khoualed Samah

Devant le jury :

Président de jury :	Dr. Hannachi Abdelakrim. (MCA)	Univ. Du 20 Août 1955
Examinatrice :	Dr. Hamrakrouha S. (MAA)	Univ. Du 20 Août 1955
Encadreur :	Dr. Bala samihab. (MCB)	Univ. Du 20 Août 1955

Année universitaire 2023/2024

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre 01 : Le Sol	
1.Genéralité	2
1.1.Définition de sol	2
1.2.Origines de la diversité des sols	2
1.3.Composition du sol	2
1.3.1.Phase solide	2
1.3.1.1.Fraction mineral	3
1.3.1.2.Fraction organique	4
1.3.2.La phase liquide	5
1.3.3.phases gazeuses du sol	6
2.Caractéristiques physiques des sols.	6
2.1.STRUCTURE	6
2.1.1.Notion de structure en science du sol	6
2.1.2.Définition	7
2.1.3.Les types de structure	7
2.1.3.1.Structures construites	7
2.1.3.2.Structures mécaniques	7
2.1.3.3.Structure particulière	7
2.1.3.4.Structure massives	7
2.1.3.5.Structure grumeleuse	7
2.1.3.6.Structure prismatique	8
2.2.Texture	8
2.2.1.Classification des textures	8
2.2.1.1.Texture sableuse	8
2.2.1.2.Texture limoneuse	9
2.2.1.3.Texture argileuse	9
2.2.1.4.Texture équilibrée	9
2.2.2.Granulométrie	9
2.2.3.Triangle des textures	10
2.2.4.Les types de granulométrie	10
2.2.4.1.L'analyse granulométrique par tamisage	10
2.2.4.2.L'analyse granulométrique par sédimentation	11
2.2.5.Classe granulométrique	11
2.3.Couleur du SOL	12

2.3.1.Origine des couleurs des sols	12
2.4.Porosité du sol	13
2.4.1.Type de porosité	14
2.4.1.1.Macroporosité	14
2.4.1.2.Mèsoporosité	14
2.4.1.3.Microporosité	14
2.5.Densité	14
2.5.1.Densité réelle (Dr)	14
2.5.2.Densité apparente (Da)	14
2.6.Rétention de l'eau par le sol	14
2.6.1.L'eau capillaire	15
2.6.2.L'eau gravitaire	15
2.6.3.L'eau capillaire absorbable	15
2.6.4. L'eau capillaire non absorbable	15
2.7.Nations de potentiel matriciel et de pF	15
2.7.1.Potentiel matriciel	15
2.7.2.Le pF	16
2.8.Le point de flétrissement	16
2.9.La capacité au champ	17
3.Les caractéristiques chimiques du sol	17
3.1.Perméabilité du sol à l'eau et à l'air	17
3.1.1 Définition	17
3.2.PH du sol	17
3.3.Matière organique (MO)	17
4.loi de Darcy	18
Chapitre 02 : Matériel et méthodes d'étude	
1.Etude du milieu physique et chimique	19
1.1.Présentation générale de wilaya de Skikda	19
1.1.2.Situations géographiques de la zone d'étude	20
1.1.2.1.La commune de Ramdane Djamel	20
1.1.2.2. Commune de bouchtata	20
1.2.Caractéristiques du milieu	21
1.2.1.Climat	21
1.2.1.1.Les données climatiques	21
1.2.1.2.Les précipitations	22
1.2.1.3.La température	22
1.2.1.4.L'humidité de l'air	23
1.2.1.5.L'évaporation	24
1.2.1.6.Le vent	24

1.2.1.7.L'évapotranspiration	25
1.2.1.8.L'insolation	25
1.2.1.9.Synthèse climatique	26
1.2.1.10.Diagramme ombrothermique de Gaussen	26
1.2.1.11.Diagramme de Gaussen	26
1.2.1.1.2. Climagramme d'Emberger	27
1.3. Caractéristiques géologiques	29
1.3.1. Introduction:	29
1.3.2. Cadre géologique régionale	29
1.3.3. LES ZONES INTERNES	30
1.3.3.1. Le socle kabyle	30
1.3.3.2. La dorsale kabyle	30
1.3.3.3. Le domaine des flysch	31
1.3.3.4 L'Oglio Miocène Kabyle	31
1.3.3.5. LeNumidien	31
1.3.3.6 Les Olistostromes	31
1.3.4. LES ZONE XTERNES	31
1.3.5. Les nappes telliennes	32
1.3.4.2. Les nappes ultra-telliennes	32
1.3.4.3. Les nappes péni-telliennes	32
1.3.5. Géologie de la zoned'étude	32
1.3.5.1. Les dunes anciennes :	32
1.3.5.2. Les alluvions :on distingue trois types	32
1.3.6.TECTONIQUE	35
1.4. Relief et Géomorphologie de la zone d'étude	36
1.5.Cadre régional	36
1.5.1. Les Djebels	36
1.5.2. Les collines	36
1.6.Le cadre local	36
1.6.1.Les piments	37
1.6.2.La plaine alluviale	37
1.6.3.Les terrasses anciennes et moyennes	37
1.6.4.Les terrasses récentes:	37
1.6.5.Les alluvions	37
1.1.6. Végétation	37
2. Matériels et méthodes de travail	38
2.1.La méthodologie du travail	38
2.1.1.Travaux préliminaires	38
2.1.2.Réalisation des profils	38

2.1.3.Description du sol	38
2.1.3.1.Les données générales	39
2.1.3.2.Les conditions atmosphériques	39
2.1.3.3.Les données concernant le milieu	39
2.1.3.4.Echantillonnage du sol	39
2.2.Analyses physiques	40
2.2.3. Granulométrie	40
2.2.4. Densité apparente	41
2.2.5. Densité réelle	41
2.2.6 Humidité à l'état de saturation	41
2.3.2.PH	42
2.3.3.Conductivité électrique	42
2.3.4.Salinité	43
2.4.Classification des sols (classification française (CPCS ,1967)	43
2 .4.1.1. Les unités majeures	43
2.4.1.2.Les unités mineures	44
Chapitre 03 : Description morphologique et analytique des profils	
1.Description morphologique et analytique des profils	45
1.1.Description morphologique du profil 01	45
1.1.1.Résultats analytiques du profil 01	47
1.2.Description morphologique du profil 02	47
1.3.Description morphologique du profil 03	51
1.4.Description morphologique du profil 04	55
1.5. Description morphologique du profil 05	57
1.6.Description morphologique du profil 06	60
2.Densité apparente (Da)	62
3.Densité réelle (Dr)	63
4.Porosité	64
Conclusion générale	66
Références	67

Liste des tableau

Tableau 01: minéraux primaires(Calvet,2003).	3
Tableau 02: minéraux secondaire(Soil Science Society of America, 2021).	4
Tableau 03 : Expliquant les particules constituant de la terre fine	9
Tableau 04: coordonnées géographiques de Skikda	19
Tableau 05 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 01	47
Tableau 06 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 02	50
Tableau 07 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 03	54
Tableau 08 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 04	56
Tableau 09 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 05	60
Tableau 10: résultats analytiques physico-chimiques du profil 06	62
Tableau 11 : résultats de Da pour tous les profils.	63
Tableau 12 : résultats de Dr pour tous les profils.	63
Tableau 13: résultats de porosite pour tous les profils.	64

Liste des figure

Figure 01 : Principaux types de structure (Gobat et aL., 1998).	8
Figure 02 : Triangle des textures minérales (Gobat et aL., 2010).	10
Figure 03 : Tamis d'analyses granulométrique.	11
figure 04 : Diamètre apparent des particules minérales (échelle logarithmique).	12
Figure 05 : La couleur d'un sol est codée par comparaison avec le nuancier de Munsell (Munsell Soil Color Chart).	13
Figure 06 : Représentation des communes côtières de Skikda	19
Figure 07 : Carte géographique de la région de Ramdane Djamel	20
Figure 08 : Carte géographique de la région de Bouchtata	21
Figure 09 : La Pluviométrie de la wilaya de Skikda (2005-2015)	22
Figure10: Graphe de la Température Moyenne De Skikda (2005-2015)	23
Figure11: Valeurs mensuelles des humidités (2005-2015)	23
Figure12:L'évaporation Moyenne Mensuelle (2005-2015)	24
Figure13:La VitesseduVent (2005-2015)	24
Figure 14 :L'évapotranspiration moyenne durant la période (2005-2015).	25
Figure15: Insolation moyenne mensuelle en heure pendant la période (2005-2015).	26
Figure16 : Diagramme De Gausson pour (2005à2015)	27
Figure17:Le climagramme du quotient pluviométrique Q2 d'Emberger pour la région de Skikda durant la période 2005 - 2015	28
Figure18:Carte géologique de la région de SKIKDA (J.M.Vila 1977).	33
Figure19:Schéma géologique de la région de SKIKDA (D'après Durand. Delga, 1969)	34
Figure 20 : Localisation des profils étudiés	40
Figure 21 : colonnes de sédimentation	41
Figure 22 : Prélèvement de densité apparente	41
Figure 23 : Effervescence du sol après ajout d'eau oxygéné	42
Figure24:l'analyse de pH	42
Figure25: Conductivité électrique	43
Figure 26 : Photographie du profil 01	46
Figure 27 : Photographie du profil 02	49
Figure 28 : Photographie du profil 03	53
Figure 29: Photographie du profil 04	56
Figure 30 : Photographie du profil 05	59
Figure 31: Photographie du profil 06	61
Figure 32 : histogramme représentatif des valeurs de la Da pour tous les profils	63
Figure 33 : histogramme représentatif des valeurs de la Dr pour tous les profils	64
Figure 34 : histogramme représentatif des valeurs de l'humidité pour tous les profils	65

Introduction generale

Le sol est une ressource naturelle fondamentale, jouant un rôle crucial dans le soutien de la croissance des plantes, la régulation du flux d'eau et le maintien des écosystèmes. C'est une entité dynamique composée de minéraux, de matière organique, d'eau, d'air et d'organismes vivants. La formation et le développement du sol sont influencés par une myriade de facteurs, notamment le matériau d'origine, le climat, la topographie, l'activité biologique et le temps (Schjøning et al., 2021).

L'importance du sol va au-delà de l'agriculture. Il agit comme un milieu de croissance pour les plantes, fournissant des nutriments essentiels et un support physique. Le sol est également essentiel dans le cycle hydrologique, influençant l'infiltration, le stockage et le mouvement de l'eau. De plus, le sol sert d'habitat à une grande diversité d'organismes, contribuant à la biodiversité et à la stabilité écologique (Homburg & Sandor, 2020). La santé et la qualité des sols sont essentielles pour une utilisation durable des terres et une gestion environnementale efficace (Lal et Stewart, 2021).

Notre zone d'étude fait partie de la wilaya de Skikda qui caractérise par différents types de sols : sols minéraux bruts, sols brunifiés, sols peu évolués, sols hydromorphes, sols à sesquioxydes de fer (sols rouges méditerranéens), sols brunifiés, vertisols (CPCS, 1967).

Des études sur la région de Skikda mènent à caractériser ses sols et comprendre leur comportement (Bensaid, 1986, Belaissaoui 2004 et Bounouara, 2018). Toutefois, ces études restent rares. Dans notre étude nous venons de suivre ses travaux pour comprendre l'actuelle couverture pédologique et classification des sols. Vouloir savoir ainsi les caractéristiques

physiques qui influençant le type de sol dans notre région d'étude ? Le travail consiste donc à une caractérisation physique des sols, cas des régions de Ramdane Djamel et Bouchtâta. Cette caractérisation est dans un premier temps morphologique portant sur la description sur terrain de tous les paramètres qui participent à la distinction du sol d'un endroit à un autre (le climat, la géologie, la géomorphologie et la végétation). Dans un deuxième temps, la description est analytique. Le croisement des caractéristiques morphologiques et analytiques permet de bien connaître le sol, de le classer selon un système de classification des sols ou de le mettre en valeur.

Les Objectifs de cette étude sont la détermination les propriétés physiques des sols de la région de Ramdane Djamel et Bouchtâta et la détermination les types des sols dans ces régions selon leur classification. Pour répondre à notre objectif six profils pédologiques ont été réalisés, dont une description morphologique et une étude analytique ont été faites

La démarche suivie nous permet de présenter ce travail en trois chapitres :

- Le premier chapitre est réservé à une synthèse bibliographique concernant les caractéristiques physiques du sol.
- Dans le deuxième chapitre, il sera question de la présentation de la zone d'étude et la présentation du matériel et méthodes d'étude.
- Le troisième chapitre sera consacré aux résultats.
- On terminera par une conclusion

Chapitre 01

Généralité sur Le Sol

1. Généralité

1.1. Définition de sol

Le sol est un corps naturel composé de matériaux minéraux et organiques, présentant une épaisseur variable et des propriétés dynamique, Il sert de support à la vie des plantes, influençant et étant influencé par divers processus physiques, chimiques et biologiques (Calvet,2003).

Les sol se caractérise par sa nature poreuse, sa capacité à retenir et transporter des phases liquides et gazeuses, et sa variabilité spatiale, à la fois verticalement, à travers différentes couches ou horizons, et latéralement, à travers différentes régions (Calvet,2003).

1.2. Origines de la diversité des sols

La diversité des sols est le résultat de l'interaction complexe de divers facteurs environnementaux et biotiques. Parmi les principaux facteurs influençant la formation et la diversité des sols, on trouve le climat, la topographie, le matériau parental, la biologie du sol et le temps. Le climat détermine les conditions de température et d'humidité, influençant ainsi les processus de météorisation et de décomposition organique. La topographie affecte le drainage, l'érosion et l'accumulation des sédiments, modifiant ainsi les propriétés physiques et chimiques des sols. Le matériau parental fournit les minéraux de base et influence la texture et la composition chimique des sols. Les organismes vivants, y compris les plantes, les animaux et les microbes, jouent un rôle crucial dans la décomposition de la matière organique et la cyclisation des nutriments. Le temps permet à ces processus de se dérouler et de se complexifier, conduisant à une grande variété de types de sols dans différentes régions géographiques (FAO, 2022).

1.3. Composition du sol

Le sol est un système poly phasique hétérogène et complexe, il est composé d'une phase solide représentée par les particules du sol, une phase liquide représentée par l'eau du sol (qui peut être enrichie en de nombreux composés et particules) et une phase gazeuse constituée par l'air emprisonné dans le sol.

1.3.1. Phase solide:

La phase solide inorganique du sol se compose de différentes catégories de minéraux,

résultant de la transformation des roches d'origine (calvet2013).

1.3.1.1.Fraction mineral

On distingue principalement trois fractions : les argiles, les sable et limons, ainsi que les graviers et cailloux.

Les argiles sont des minéraux très fin, souvent issus de l'altération chimiques des minéraux primaires, elle jouent un role crucial dans la rétention des nutriments et de l'eau dans le sol (Calvet, 2003).

Les sables et limons sont constitués de particules plus grossières que les argiles, Ils proviennent du fractionnement mécanique et de l'altération partielle des roches parentales, influençant la structure et la perméabilité du sol (Calvet, 2003).

Les graviers et les cailloux représentent les plus grosses particules solides du sol, ils sont souvent des fragments de roches parentales peu altérés et apportent une structure et une aération importantes au sol, Les sols contiennent deux catégories principales de minéraux : les minéraux primaires et les minéraux secondaire (Calvet, 2003).

Tableau 1: minéraux primaires(Calvet,2003).

Minéral	Formule chimique	Commentaires
Minéraux primaire		
Quartz	SiO ₂	Abondant dans les sables et les limons
Feldspaths	(Na,k)AlO ₂ (SiO ₂) ₃ CaAl ₂ O ₄ (SiO ₂) ₂	Abondant dans les sols peu lessivés
Micas	K ₂ Al ₂ O ₅ (Si ₂ O ₅) ₃ Al ₄ (OH) ₄ K ₂ Al ₂ O ₅ (Si ₂ O ₅) ₃ (Mg,Fe) ₆ (OH) ₄	Source de potassium dans la plus part des sols des zones tempérées
Amphiboles	(Ca,Na,k) ₂₋₃ (Mg,fe,Al) ₅ (OH) ₂ [(Si,Al) ₄ O ₁₁] ₂	Facilement altéré et transformée en argiles et oxydes
Pyroxène	(Ca, Mg, Fe, Ti,Al)(Si,Al)O ₃	facilement altérée

Olivine	$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$	facilement altérée
---------	--------------------------------	--------------------

Tableau02: minéraux secondaire(Soil Science Society of America, 2021).

Minéral Secondaire	Formule Chimique	Caractéristiques	Rôle dans le Sol
Kaolinite	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Faible capacité d'échange cationique (CEC), argile 1:1	Affecte la structure du sol et la fertilité
Vermiculite	$(\text{Mg,Fe,Al})_3(\text{Al,Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Haute CEC, expansive	Améliore la rétention des nutriments et l'aération
Gibbsite	$\text{Al}(\text{OH})_3$	Faible solubilité, présent dans les sols très altérés	Réduit l'acidité du sol, source d'aluminium
Goethite	$\text{FeO}(\text{OH})$	Couleur jaune-brun, se forme dans des conditions modérées	Contribue à la couleur du sol et à la disponibilité du fer
Hématite	Fe_2O_3	Couleur rouge, présent dans les sols bien drainés	Affecte la couleur du sol, source de fer
Chlorite	$(\text{Mg,Fe})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{Mg,Fe})_3(\text{OH})_6$	Faible CEC, non expansive	Influence la structure du sol, source de magnésium
Smectite (Montmorillonite)	$(\text{Na,Ca})_3(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Haute CEC, argile expansive	Améliore la rétention d'eau et la rétention des nutriments

1.3.1.2.Fraction organique

La fraction organique du sol, souvent appelée matière organique du sol (MOS), joue un rôle crucial dans le maintien de la santé et de la fertilité du sol. La MOS comprend des résidus de plantes et d'animaux à différents stades de décomposition, des cellules et des tissus d'organismes du sol, et des substances synthétisées par les organismes du sol. Cette fraction est vitale pour de nombreuses fonctions du sol, y compris l'amélioration de la structure du sol, la rétention d'eau et la disponibilité des nutriments. Selon Brady et Weil dans "The Nature and Properties of Soils", la matière organique améliore la capacité d'échange cationique du sol, ce

qui aide à retenir les nutriments essentiels et à les rendre disponibles pour les plantes. De plus, elle agit comme un réservoir d'humidité du sol, favorisant ainsi un environnement stable et favorable à la croissance des plantes (Brady et Weil, 2017).

La matière organique est composée d'éléments principaux (carbone-C, hydrogène-H, oxygène-O et azote-N) et d'éléments secondaires (soufre-S, phosphore-P, potassium-K, calcium-Ca et magnésium-Mg, ainsi que d'oligoéléments). Elle se répartit en quatre groupes (Duparque et Rigalle, 2011).

1.3.2. La phase liquide

La phase liquide du sol n'est pas de l'eau pure mais est une solution dont la composition est complexe et très variable,

La solution du sol est complexe, contenant de nombreuses substances dissoutes organiques et inorganiques, ionisées et non ionisées. La nature et la concentration de ces substances dépendent de plusieurs phénomènes. Certains phénomènes, appelés phénomènes sources, entraînent une augmentation des concentrations, comme la dissolution et la désorption. D'autres, appelés phénomènes puits, entraînent une diminution des concentrations, comme la précipitation et l'adsorption (Calvet, 2003).

- Micro-éléments : concentration inférieure à 1 mmol/m^3 (10^{-4} mol/L); de nombreux éléments traces métalliques entrent dans cette catégorie.
- Macro-éléments : concentration supérieure à cette limite. Les éléments les plus fréquents et leurs espèces chimiques correspondantes sont:
 - C (HCO_3^-)
 - N (NO_3^-)
 - Na (Na^+)
 - Mg (Mg^{2+})
 - Si ($\text{Si}(\text{OH})_4$)
 - S (SO_4^{2-})
 - Cl (Cl^-)
 - K (K^+)

- Ca (Ca^{2+})
- O_2

La solution du sol est principalement une solution d'électrolytes, généralement peu concentrée, avec une molarité totale souvent de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-3} mol/L. Elle contient également des ions H^+ et OH^- , dont les concentrations déterminent la réaction du sol caractérisée par le pH (Calvet,2003).

1.3.3.phases gazeuses du sol

La phase gazeuse du sol, également appelée atmosphère du sol, est essentielle pour de nombreux processus biologiques et physico-chimiques.

Cette phase comprend l'air présent dans les pores du sol, qui contient des gaz tels que l'oxygène (O_2), le dioxyde de carbone (CO_2) et l'azote (N_2). La composition de l'atmosphère du sol diffère de celle de l'air atmosphérique en raison des processus biologiques et chimiques se produisant dans le sol.

Selon Smith et Doran dans "Sustainable Soil Management and Environmental Protection," la teneur en oxygène de l'atmosphère du sol est souvent plus faible et celle en dioxyde de carbone plus élevée que dans l'air libre, en raison de la respiration des racines et des microorganismes (Smith & Doran,2020).

2.Caractéristiques physiques des sols.

2.1.STRUCTURE

2.1.1.Notion de structure en science du sol

Toute étude de sol commence par une reconnaissance de sa structure. La pédogenèse, longue histoire d'un sol issu de fragmentations et altérations successives de la roche mère ou de dépôts sédimentaires, ainsi que l'observation, enseignent que ce milieu est naturellement structuré, et ceci à toutes les échelles, qu'il s'agisse des grandes unités structurales dans un paysage, des "horizons" ou différents volumes pédologiques observés sur un profil vertical, de la décomposition de mottes de terre en agrégats ou même de l'arrangement géométrique des particules les plus fines dans des agrégats argileux. La première approche du pédologue est toujours naturaliste et vise à repérer le type d'organisation du sol, à définir des unités structurales apparemment homogènes, à en décrire la morphologie et l'assemblage (Perrier, 1995).

Les constituants élémentaires du sol sont des particules solides dont la distribution en différentes classes de tailles (argiles, limons, sables) définit la texture du sol et sert de base à une classification des sols (sable limoneux, limon argileux... etc.).

2.1.2.Définition

La structure du sol se définit comme le mode d'assemblage des constituants solides du sol Origine Cimentation des grains grossiers (sable et limon) par les éléments colloïdaux (argile et humus) associés en complexes argilo-humiques, Paramètre du sol variable dans le temps et influencé par des facteurs favorables ou défavorables (Amandine, 2012).

D'autres définissent la structure du sol comme étant l'ensemble des caractères liés à la disposition spatiale des composants du sol ainsi qu'à la nature et à l'intensité des liaisons qui existent entre eux (Stengel, 1990). Dexter (1988) la définit comme une traduction de l'hétérogénéité spatiale et temporelle des constituants et des propriétés du sol. Cette dernière fait apparaître la notion d'hétérogénéité temporelle, autrement dit la structure d'un sol n'est pas figée, c'est un processus dynamique.

2.1.3.Les types de structure

Selon (Schäffer et al., 2008)

2.1.3.1.Structures construites Par l'agglomération de particules élémentaires initialement individualisées : c'est le cas des structures grumeleuses présentes dans les horizons avec matière organique et forte activité biologique – par exemple les sous prairies ou couverts végétaux.

2.1.3.2.Structures mécaniques Dont la géométrie joue un rôle fondamental, et varie suivant l'état d'hydratation et les assemblages plasma-argileux. C'est notamment le cas des structures prismatiques et polyédriques.

2.1.3.3.Structure particulière Qui sont des particules de sol sans cohésion entre elles, tels que des sables, graviers, ...etc.

2.1.3.4.Structure massives L'absence d'agrégats : les éléments sont liés par des ciments, horizon cohérent.

2.1.3.5.Structure grumeleuse C'est un ensemble complexe des agrégats arrondis, poreux, elle caractérise les horizons(A).

2.1.3.6. Structure prismatique Elle est composée d'agrégats dont les faces planes verticales, sont le lieu de passage des racines souvent aplaties à la surface des agrégats argileux.

La figure suivante représente les principaux types de structure :

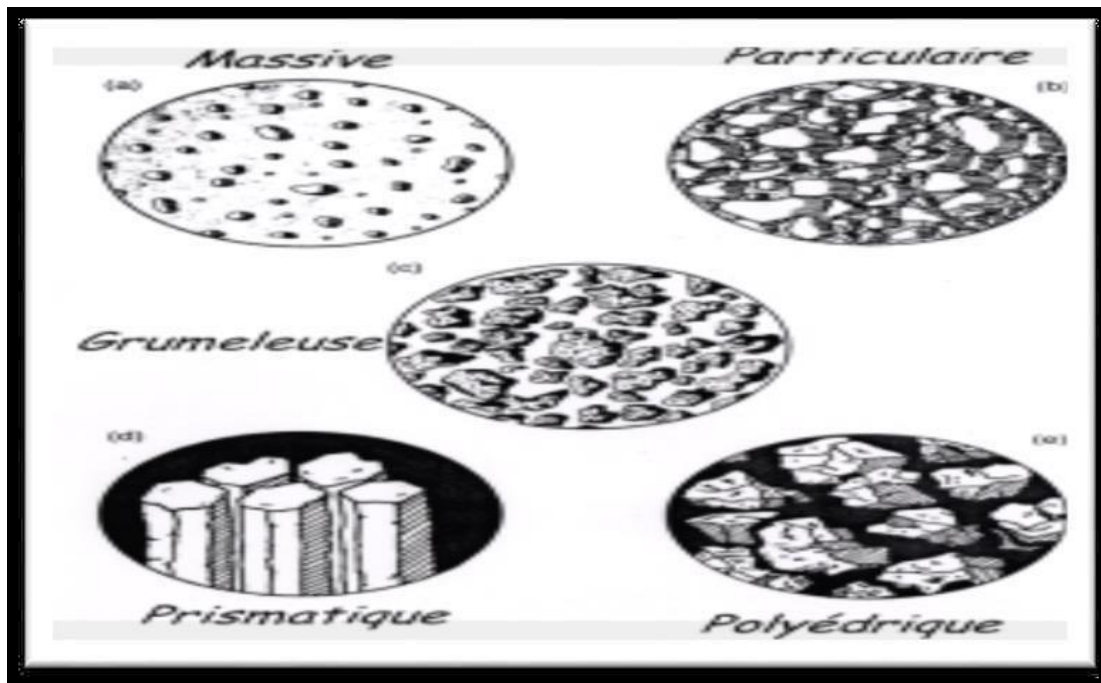


Figure 01 : Principaux types de structure (Gobat et al., 1998).

2.2. Texture

La texture du sol est définie à partir des pourcentages de particules appartenant aux trois classes granulométrique (sable, argiles et limons). ces classes sont établies en fonction du diamètre des particules et peuvent être définies différemment selon les sociétés scientifiques. D'après l'USDA (United States Département of Agriculture) la classification des particules est définie ainsi : le sable (entre 2mm et 50µm), le limon (entre 50µm et 2µm) et les argiles (<2µm) (USDA, 2005 in Dussault., 2006).

2.2.1. Classification des textures

Cette classification est représentée par un triangle appelé triangle textural, où chaque côté correspondra respectivement aux pourcentages de sable, de limon et d'argile (Feller et al., 2008).

2.2.1.1. Texture sableuse : et sol bien aéré, facile à travailler, pauvre en réserve d'eau, pauvre en éléments nutritifs, faible capacité d'échange anionique cationique.

2.2.1.2. Texture limoneuse : l'excès de limon et l'insuffisance d'argile peuvent provoquer la formation d'une structure massive, accompagnée de mauvaises propriétés physiques. Cette tendance est corrigée par une teneur suffisante en humus et calcium.

2.2.1.3. Texture argileuse : sol chimiquement riche, mais à piètres propriétés physiques; 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 (sol sec). Une bonne structure favorisée par l'humification corrige en partie ces propriétés défavorables.

2.2.1.4. Texture équilibrée : elle correspond à l'optimum, dans la mesure où elle présente la plupart des qualités des trois types précédents, sans en avoir les défauts. (Feller et aL., 2008).

2.2.2. Granulométrie

L'analyse granulométrie a pour but de quantifier les particules minérales élémentaires groupées en classe, et définir la composition granulométrique d'un sol.

Elle permet de classer les particules minérales constitutives des agrégats en un certain nombre de fractions par catégorie de diamètre.

L'Union International de la Science du sol (IUSS) a adopté l'échelle d'Atterberg qui classe les particules constituant la terre fine (DADI BOUHOUNE et HAMDY AISSA, 2008).

Tableau 03 : Expliquant les particules constituant de la terre fine

2 μm	Argileux
2-20 μ	Limon fin
20-50 μ	Limon grossier
50-200 μ	Sable fin
200-2000 μ	Sable grossier

2.2.3. Triangle des textures

La texture du sol est déterminée par la grosseur des particules qui le composent, notamment le sable, le limon et l'argile.

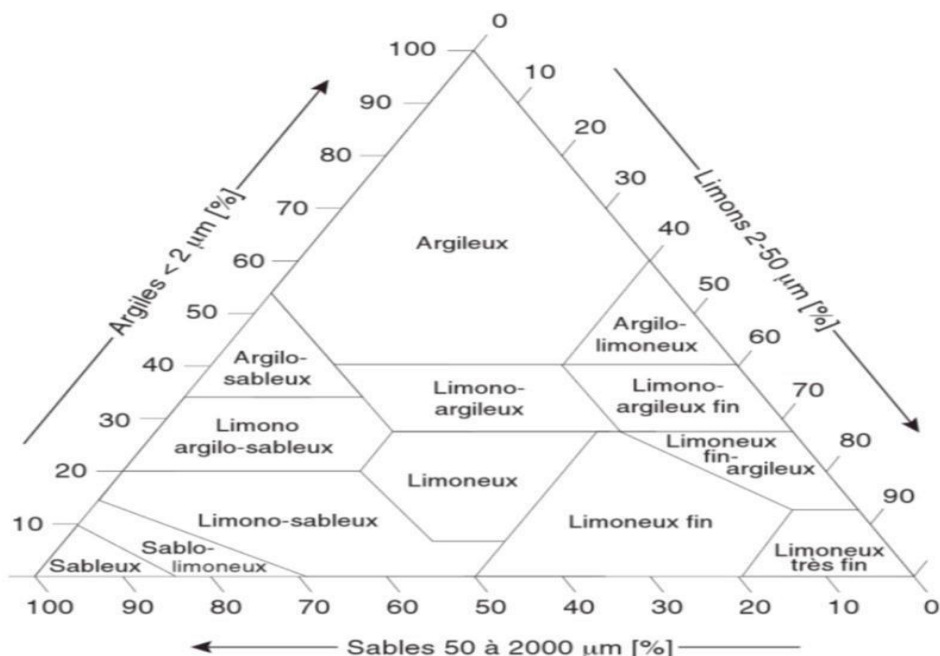


Figure 02 : Triangle des textures minérales (Gobat et *aL.*, 2010).

2.2.4. Les types de granulométrie

Dans le domaine des diamètres apparents de 2 à 2000 μm , deux méthodes sont utilisées pour séparer les particules des sols : l'analyse granulométrique par tamisage, l'analyse granulométrique par sédimentation.

2.2.4.1. L'analyse granulométrique par tamisage

Le tri des particules solides à l'aide de tamis peut se faire dans l'air ou dans l'eau. Le tamisage à sec (dans l'air) ne permet pas de séparer des la particule plus petite que 50 μm alors que dans l'eau cette limite pourrait être plus petites (Skopp, 2000). Les résultats donnés par le tamisage dépendent de nombreux facteurs : la taille de l'échantillon, l'intensité des mouvements imposés au tamis, la forme et la taille des particules, et la géométrie des trous du tamis (les tamis à trous carrés ne donnent pas les mêmes résultats que les tamis à trous ronds). L'incertitude des déterminations dépend de la quantité de sable, de l'ordre de 3 à 5 0/0 quand elle est élevée, de 10 à 20 0/0 quand elle est petite (Baize.2000) in (Calvet, 2003).



Figure 03 : Tamis d'analyses granulométrique.

2.2.4.2.L'analyse granulométrique par sédimentation

La méthode de sédimentation pour déterminer la taille des particules dans un échantillon. Cette méthode est utilisée pour séparer les particules dont la taille est comprise L'application de la loi de Stokes. La concentration de la suspension est déterminée soit entre 2 μm et 50 μm , mais peut entraîner des erreurs importantes pour les particules de plus de 80 μm . Le procédé se dépose dans un récipient après les avoir mises en suspension. Le succès de la méthode dépend de la stabilité de la suspension et de l'évitement de l'agrégation des particules, en particulier celles des minéraux argileux. C'est pourquoi des agents dispersants comme le tripolyphosphate de sodium, l'hexamètophosphate de sodium ou la soude sont ajoutés à la suspension. Cela permet de favoriser la dispersion des minéraux argileux. À une température donnée, la vitesse de sédimentation des particules dépend de leur masse et donc de leur taille. Ainsi, après un temps suffisant, la concentration de la suspension à une profondeur donnée dans le récipient permet de déterminer la quantité de particules dont le diamètre (Calvet, 2003).

Apparent est inférieur à une valeur calculée par des prélèvements à l'aide d'une pipette appropriée, soit par la mesure de sa densité à l'aide d'un densimètre (Calvet, 2003).

2.2.5. Classe granulométrique

Les classes granulométriques, c'est-à-dire les différentes tailles de particules de soi, sont souvent classées en argile, limon et sable par les professionnels et les Chercheurs travaillant sur les sols. Ces classes de tailles sont définies par les diamètres apparents des particules, généralement inférieurs à 2mm (Calvet, 2013).

On distingue parfois, pour les besoins de l'analyse pédologique, des sous classes de

limons et de sables :

Les limons fins (2 μm -20 μm) et les limons grossiers (20 μm -50 μm) d'une part,

- Les sables fins (50 μm -100 μm et 100 μm - 200 μm)
- les sables grossiers (200 μm - 500 μm ; 500 μm -1000 μm et 1000 μm -2000 μm).

Argiles	Limons		Sables fins	Sables grossiers	Graviers
2	20	50	200	2000	

figure 04 : Diamètre apparent des particules minérales (échelle logarithmique).

2.3.Couleur du SOL

Est l'indice le plus immédiatement visible des variations de composition du sol, c'est d'abord un reflet de la teneur en matière organique : le sol est d'autant plus foncé qu'il est plus riche en humus mais la couleur traduit aussi l'état du fer dans le sol : un sol rouge possède des oxydes de fer peu hydratés amorphes, un sol jaune contient des oxydes de fer hydratés, mieux cristallisés. Malheureusement il n'y a pas de relations quantitatives entre la couleur et ce qu'elle révèle. Par exemple il faut peu de fer pour colorer une coloration noire. La couleur du sol est déterminée par référence avec un code de couleurs les pédologues utilisent pratiquement tous le code Munsell (fig 05) (Saidi).

2.3.1.Origine des couleurs des sols

Les couleurs des sols varient de claires à foncées, allant du jaune au rouge, en fonction de trois principaux composants : les calcaires, les matières organiques (foncées, comme les résidus carbonés, de plantes non décomposées) et la présence de fer sous forme d'hydroxyde (Patrick en 2018).

Cette dernière caractéristique enregistre la fonction oxydation réduction du sol : une couleur ocre suggère la formation d'un sol en milieu bien drainé et oxydant ; des couleurs gris-bleu, gris verdâtres ou grisâtres caractérisent un sol hydromorphe marqué par un engorgement permanent ou quasi permanent (milieu réducteur qui engendre l'anoxie et la réduction du fer et l'apparition. (Baize 2004 .Grosclaude 1999).



Figure 05 : La couleur d'un sol est codée par comparaison avec le nuancier de Munsell (Munsell Soil Color Chart).

2.4.Porosité du sol

La porosité est définie comme le volume d'un sol qui n'est pas occupé par ses constituants. Solides. Elle correspond donc aux vides du sol qui peuvent être remplis par de l'eau et ou de l'air, en proportion variable selon les conditions climatiques. La porosité (p) est également le pourcentage de volume du sol occupé par ces vides ; elle se calcule alors par la formule suivante (Girard et al., 2011).

$$P = \frac{V_v}{V} \times 100$$

(V_v) est le volume des vides

(V) est le volume total du sol

La porosité totale se divise, en fonction de la taille des pores, en porosité fine (qui retient l'eau) et en porosité grossière, souvent remplie d'air ; ces différentes formes de porosité sont déterminées par les états de l'eau : capacité au champ et point de flétrissement (Duchaufour, 2001).

$$m = \frac{D_r - D_a}{D_r} \%$$

D_r : la densité réelle

D_a : la densité apparente

2.4.1. Type de porosité

Selon la taille des pores. Elle se subdivise en :

- Macroporosité
- Mèso porosité ou porosité capillaire
- Microporosité

2.4.1.1. Macroporosité

Vides > 50 µm, pouvant être remplis par l'eau de gravité rapidement drainée et souvent colonisés par les racines moyennes.

2.4.1.2. Mèso porosité

Constituée des vides de 0,2 à 50 µm retenant l'eau utile aux plantes.

2.4.1.3. Microporosité

Dont les vides inférieurs à 0,2 µm retiennent l'eau inutilisable (Calvet, R. (2013).

2.5. Densité

2.5.1. Densité réelle (Dr)

Représente la masse volumique des éléments solides du sol, la densité réelle est la densité de la fraction solide sans prendre en compte les vides : pour les sols silicates, pauvres en matières organiques, elle varie très peu (2,6 à 2,7 g / cm⁻³) : on peut la mesurer avec précision à l'aide d'un pycnomètre (Duchaufour, 2001).

2.5.2. Densité apparente (Da)

Représente la masse volumique du sol en place ; elle varie selon la nature et l'état structural du sol (Prèvorst, 2006). La densité apparente est la densité du sol sec, comprenant la fraction solide et les pores. Elle est donnée par la formule suivante (Prèvorst, 2003) :

$$Da = \frac{P}{v} (g \text{ cm}^{-3})$$

2.6. Rétention de l'eau par le sol

La rétention en eau d'un horizon correspond à sa capacité à retenir l'eau à un état hydrique donné, caractérisé par une valeur donnée du potentiel matriciel de l'eau dans le sol. On nomme « caractéristique de rétention en eau » pour faciliter la représentation graphique des caractéristiques de rétention on utilise la transformation logarithmique suivante : |h|, avec h en cm. Cette relation varie d'un horizon à l'autre, en particulier en fonction de la texture et de la structure du sol (Bastet, 1999).

2.6.1.L'eau capillaire

Qui, dans les sols non saturés, en présence d'air ou d'autres gaz, est retenue dans les canaux les plus fins du sol par les forces capillaires. (El GONNOUNI, 2010)

Non absorbable $P_F = \log_{10} C$ c'est une eau qui occupe les pores d'un diamètre inférieur à $0,2\mu$. Les racines des plantes ne peuvent l'extraire (Désiré, 2009).

2.6.2.L'eau gravitaire

Également nommée eau libre, circule verticalement dans les pores grossiers et moyens de diamètre équivalent supérieur à 10μ . C'est elle qui alimente les nappes et les aquifères par drainage profond. En fonction du diamètre poral (Vauthier, 2011).

2.6.3.L'eau capillaire absorbable

C'est l'eau qui est la plus utile pour la croissance de la végétation, car elle est retenue par le sol à cause de la capillarité et elle est absorbable par les végétaux. Elle leur permet donc de survivre entre deux pluies et de résister aux périodes de sécheresse. On la mesure "in situ" en saturant le sol et en le laissant égoutter 24 heures (capacité au champ) ou en le saturant et en le plaçant sous une trompe à vide au laboratoire pendant une heure (humidité équivalente). L'eau capillaire est absorbable correspond à la réserve utilisable (RU) nécessaire aux calculs du bilan hydrique (Dellyn, 2006).

2.6.4. L'eau capillaire non absorbable

C'est une eau qui occupe les pores d'un diamètre inférieur à $0,2\mu$. Les racines des plantes ne peuvent l'extraire (Désiré, 2009).

2.7.Nations de potentiel matriciel et de p_F

2.7.1.Potentiel matriciel

L'eau retenue dans le sol, Dans la matrice poreuse, de contact entre grains et autour des 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 le potentiel matriciel. Dû ainsi à l'ensemble des forces de capillarité et d'adsorption de la matière solide encore appelés forces de succion. C'est d'ailleurs pourquoi le terme de potentiel matriciel est préalable à celui de potentiel capillaire qui a été longtemps utilisé.

Le potentiel matriciel varie avec l'état de dessèchement du sol. Pour extraire l'eau de sol dans les divers états de ressuage et de dessèchement, il faudra donc exercer une pression déterminée pour chaque état.

Le potentiel matriciel est une pression négative de l'eau puisque inférieure à celle de l'atmosphère. Il peut être défini d'une manière simple comme la diminution d'énergie d'un gramme d'eau fixée par le sol par rapport à l'énergie d'un gramme d'eau libre.

C'est donc une expression thermodynamique caractérisant un système pendant sa transition d'un état à un autre (Mathieu et Pieltain, 1998).

2.7.2. Le pF

Ainsi le potentiel de l'eau du sol peut varier de 0 en sol saturé à 10 000 atmosphères en sol sec. Pour éviter la manipulation de nombres aussi encouable d'exprimer le potentiel matriciel par le log de la hauteur d'ascension capillaire h évaluée en cm et il l'a appelé pF par analogie avec le pH qui est aussi un log, F correspondant à l'énergie libre qui est le potentiel chimique de l'eau :

$$PF = \log 10 h \text{ (cm)}$$

Les valeurs du pF sont comprises entre 0 pour l'eau faiblement retenue par le sol et

7. Pour l'eau fortement absorbée sur la surface des particules (Mathieu et Pieltain, 1998).

2.8. Le point de flétrissement

Le point de flétrissement présente l'état hydrique du sol auquel les plantes ne peuvent plus puiser de l'eau nécessaire à sa croissance et flétrissent de manière réversible (M O RE L, 1996). Selon BEAUCHAMP (1989), c'est le seuil en dessous duquel les racines ne peuvent plus extraire l'eau du sol « les racines exercent une succion jusqu'à 1500 k Pa pour puiser l'eau ». Les valeurs données par (HENIN 1977), montrent que l'humidité au point de pF 4.2 (15 atmosphères) varie en fonction de la nature des sols :

- Sable 2.5%
- Sable argilo-limoneux 6%
- Limono argileux 13%
- Argile limoneuse 20%

On peut le mesurer d'après SO LTN ER (1989), soit par la mesure de l'humidité du sol lorsque la plante se fane soit au laboratoire par centrifugation ou la presse à membrane.

2.9.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). (Wikipédia)

3.Les caractéristiques chimiques du sol

3.1.Perméabilité du sol à l'eau et à l'air

3.1.1 Définition

La perméabilité exprime la quantité d'eau qui travers un sol à l'état saturé en unité de temps elle est donnée en cm/h (Lozet et Mathieu, 2002). La perméabilité du sol est la facilité plus ou moins grande avec laquelle le sol 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 de proportionnalité, un sol peut être très poreux et peu perméable à l'eau (argile) ou peu ou moyennement poreux mais très perméable c'est cas du sable. La perméabilité dépend donc plus de la taille des pores que de volume globale de la porosité (Derdour, 1998). Elle conditionne la vitesse verticale de l'eau ou infiltration, vers les parties profondes du sol mais aussi sa vitesse de remontée sous l'effet de l'absorption des racines des plantes (Girard et al, 2011).

3.2.PH du sol

Le pH du sol est une mesure de l'acidité ou de la basicité (alcalinité) d'un sol. Le PH est défini comme le logarithme négatif (base 10) de l'activité des ions hydronium (H^+ ou, plus précisément, H_3O^{+aq}) dans une solution. Dans les sols il est mesuré dans une boue de sol mélangée à de l'eau (ou une solution saline, telle que 0,01 M $CaCl_2$), et se situe normalement entre 3 et 10, 7 étant neutre. Les sols acides ont un pH inférieur à 7 et les sols alcalins ont un pH supérieur à 7. Les sols ultra-acides ($pH < 3,5$) et les sols très fortement alcalins ($pH > 9$) sont rares. (Bingham et Johnson 2016).

Le pH du sol est considéré comme une variable maîtresse dans les sols car il affecte de nombreux processus chimiques. Il affecte spécifiquement la disponibilité des nutriments des plantes en contrôlant les formes chimiques des différents nutriments et en influençant les réactions chimiques qu'ils subissent. La gamme optimale de pH pour la plupart des plantes se situe entre 5,5 et 7,5; (Johnson 2017) cependant, de nombreuses plantes se sont adaptées pour prospérer à pH valeurs en dehors de cette plage.

3.3.Matière organique (MO)

Les classes d'appréciation de la teneur du sol en matière organique sont réalisées en fonction du taux d'argile.

En effet, la matière organique améliore la structure et diminue l'érosion du sol, a un effet régulateur sur sa température, permet au sol de stocker davantage d'eau et représente aussi un milieu de culture pour les organismes vivants, contribuant ainsi à améliorer significativement la fertilité du sol (M irsal, 2004).

4.loi de Darcy

La loi de Darcy est la loi fondamentale de l'hydraulique des sols. Elle relie débit qui circule dans un soi saturé à la charge hydraulique qui lui est appli Elle a été établie expérimentalement pour un écoulement unidimensionnel milieu homogène et isotrope. Elle relie les différentes variables de la vitesse de filtration par la relation :

$$Q=K.(H/L).S \text{ (Mathieu et Pieltain, 1998).}$$

Avec :

Q : débit de l'eau

S : surface de la section du sol à travers laquelle s'effectue l'écoulement

L : longueur du trajet dans le matériau

H : charge d'eau

Chapitre 02

Matériel et méthodes d'étude

1. Etude du milieu physique et chimique

1.1. Présentation générale de wilaya de Skikda

Etant donné que notre zone d'étude se trouve dans la wilaya de Skikda. Nous débuterons par présenter cette région afin d'obtenir une vue d'ensemble sur la situation qui y prévaut.

La région de Skikda est située dans le Nord-est Algérien limitée par :

- la méditerranéen au Nord.
- les wilayas de Constantine, Mila et Guelma au sud.
- la wilaya de Jijel à L'Ouest.
- la wilaya d'Annaba à L'Est.

Le Chef-lieu de la wilaya est située à 510km à l'ouest de la capital, Alger. La wilaya s'étend sur une superficiel 4118km².

Tableau 04: coordonnées géographiques de Skikda

Coordonnées	X	Y	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Période D'observation
Skikda	874.500	406.400	05	36°35 N	06°54 E	1987-2007

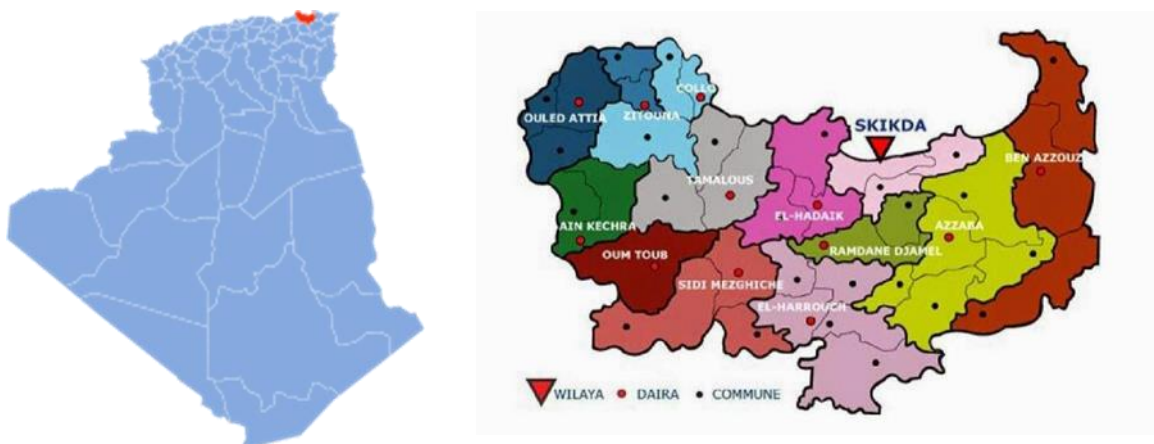


Figure 06 : Représentation des communes côtières de Skikda

1.1.2. Situations géographiques de la zone d'étude

1.1.2.1. La commune de Ramdane Djamel

La commune de Ramdane Djamel est localisée au centre de la wilaya de Skikda à 17 km de sud. Précisément entre $36^{\circ} 45' 19''$ nord, $6^{\circ} 53' 34''$ est

-Au nord le méditerranéenne.

-Au sud la commune de el Harrouch et Salah Bouchaour.

-A l'est commun Azzaba.

-A l'ouest commun de Bouchtata.

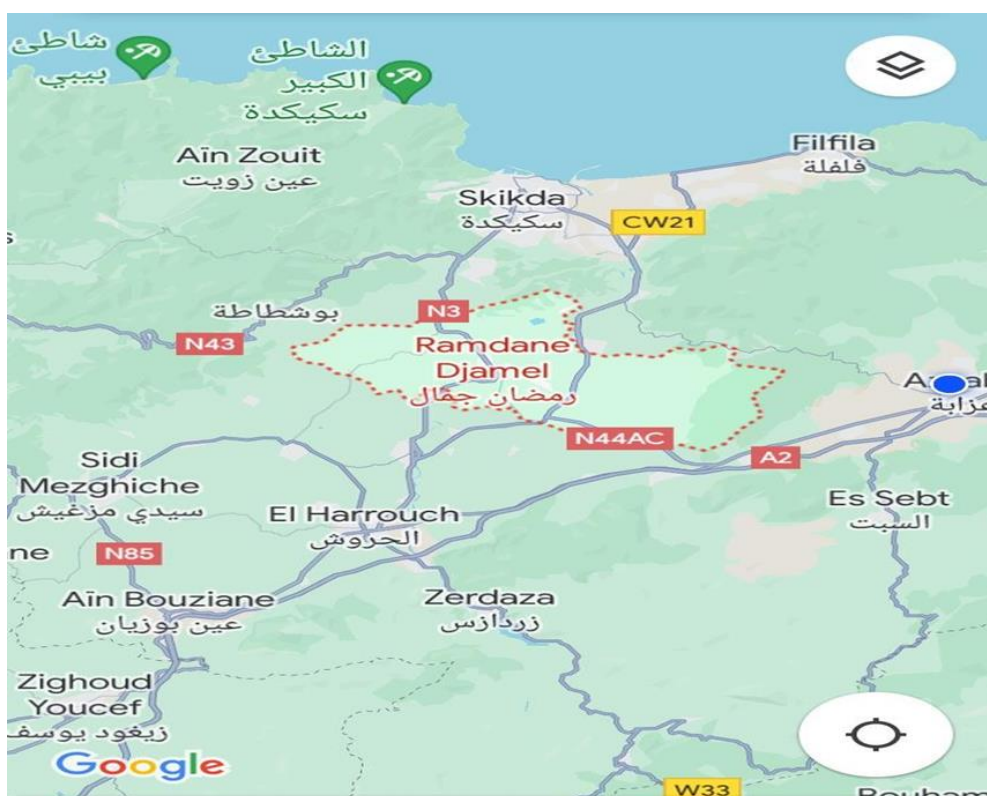


Figure 07 : Carte géographique de la région de Ramdane Djamel.

1.1.2.2. Commune de bouchtata

La commune de bouchtata est limitée comme suit :

- Au nord : Ain zouit
 - A l'est : Ramdane Djamel
 - A l'ouest : Tamalous
 - A sud : Sidi mezghiche
- Coordonnées géographiques
- Longitude : $36^{\circ} 47' 33''$ N

➤ Latitude : 6° 47' 50" E



Figure 08 : Carte géographique de la région de Bouchtata

1.2. 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, pédoclimatique, et la géologie.

1.2.1. Climat

Le climat de la zone d'étude 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. Les différences de températures ont grandes, les températures d'hiver les plus basses sont de 9 C° et en été elles dépassent 35C°.

1.2.1.1. Les données climatiques

Le climat est un agent puissant de la pédogénèse, on remarque quelles 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). Ce dernier est la plus proches de la région d'étude et les tableaux de ces données sont représentées dans l'annexe.

1.2.1.2. Les précipitations

La (figure10), montre une grande irrégularité des précipitations mensuelles moyennes, et varie de 1.72mm (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.

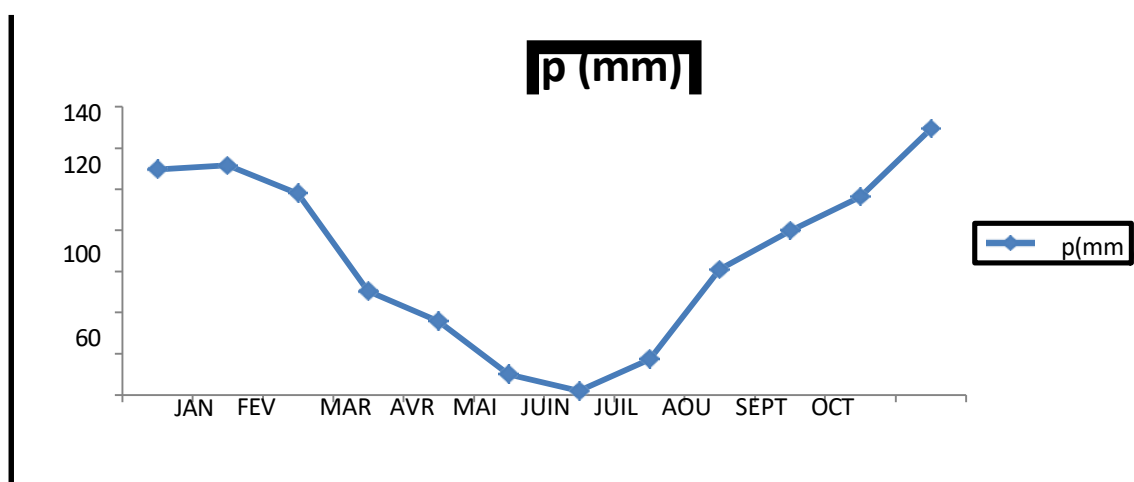


Figure 09 : La Pluviométrie de la wilaya de Skikda (2005-2015)

1.2.1.3. La température

- 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 (figure 11).
- 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.

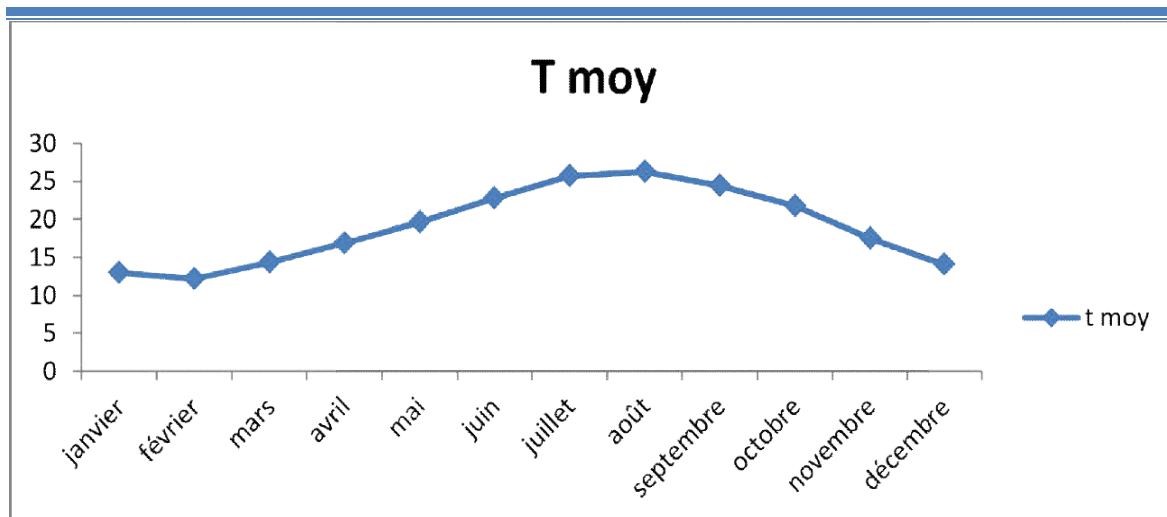


Figure10: Graphe de la Température Moyenne De Skikda (2005-2015)

1.2.1.4.L'humidité de l'air

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 (Figure12). Au cours de l'année, l'humidité de l'air reste relativement élevée, elle prend une valeur de 70.10% comme moyenne annuelle.

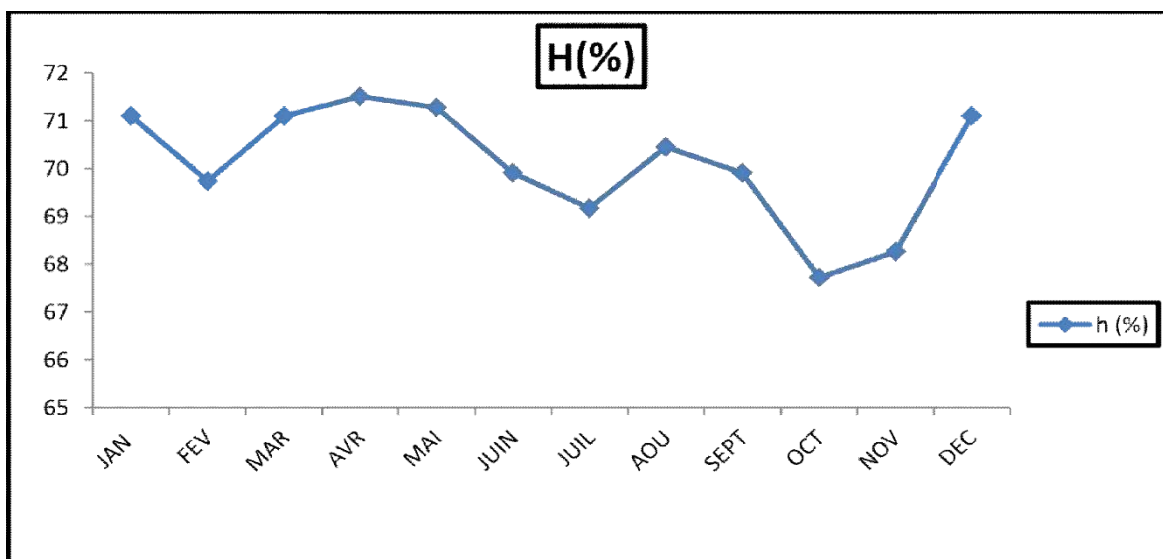


Figure11: Valeurs mensuelles des humidités (2005-2015)

1.2.1.5.L'évaporation

D'après la (Figure 13), 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.

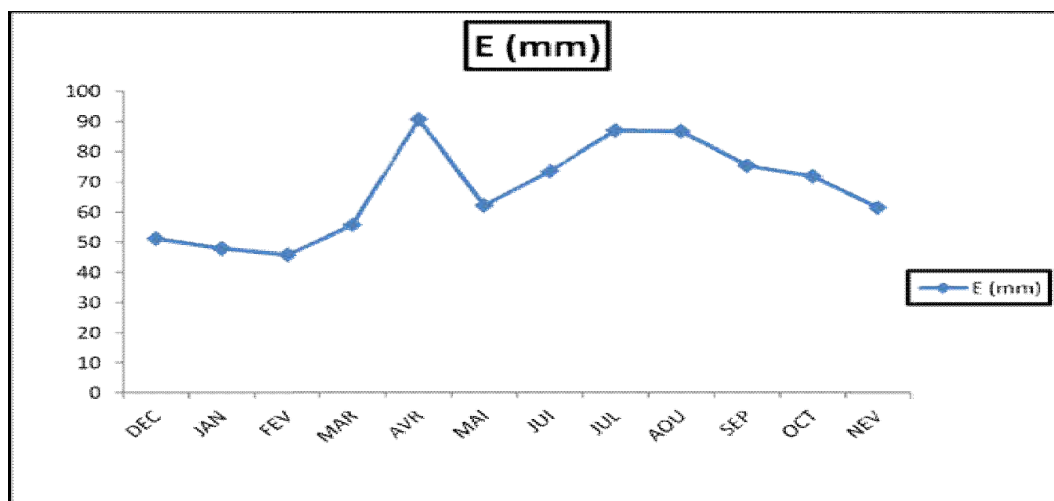


Figure12:L'évaporation Moyenne Mensuelle (2005-2015)

1.2.1.6.Le vent

D'après la (Figure 14), la vitesse maximale moyenne du vent est enregistrée durant le mois d'Octobre avec 6.59 m/s, une vitesse minimale moyenne de 2.83/s durant le mois d'Aout.

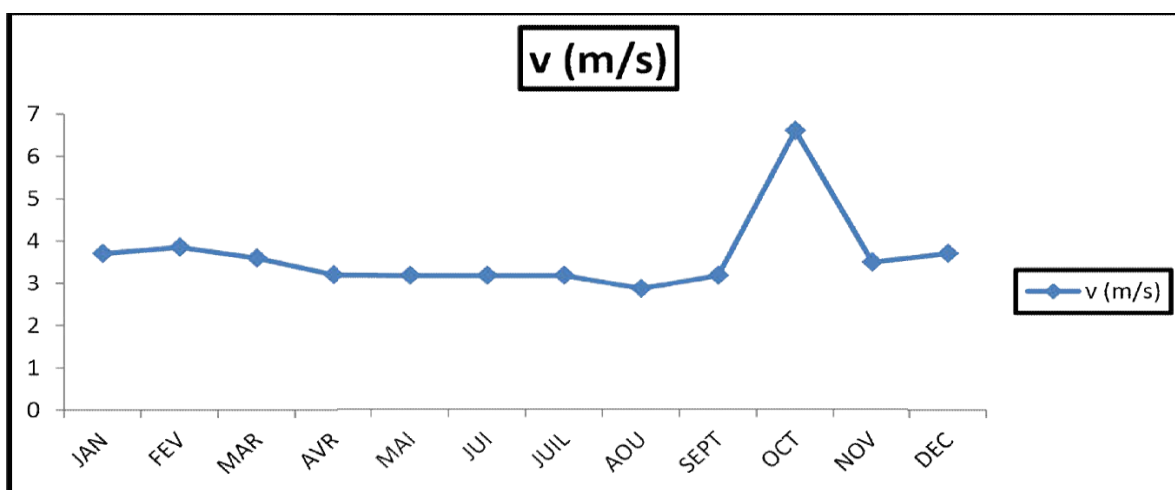


Figure13:LaVitesse du Vent (2005-2015)

1.2.1.7.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 15).

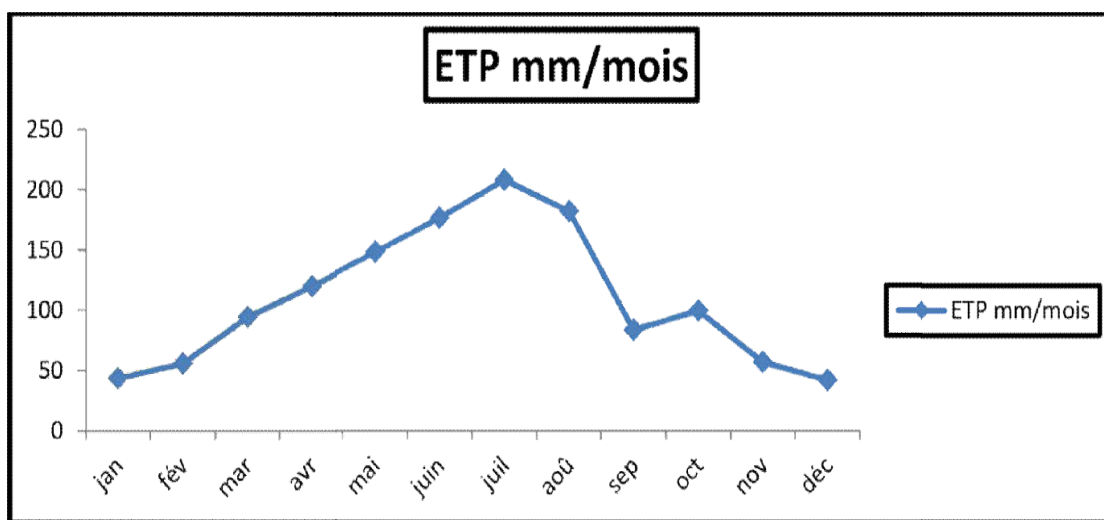


Figure 14 :L'évapotranspiration moyenne durant la période (2005-2015).

1.2.1.8.L'insolation

La (Figure15), montre que le nombre moyen annuel d'heures d'insolation es 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 de 127.41 heures à un maximum en Juillet de 353.71 heures.

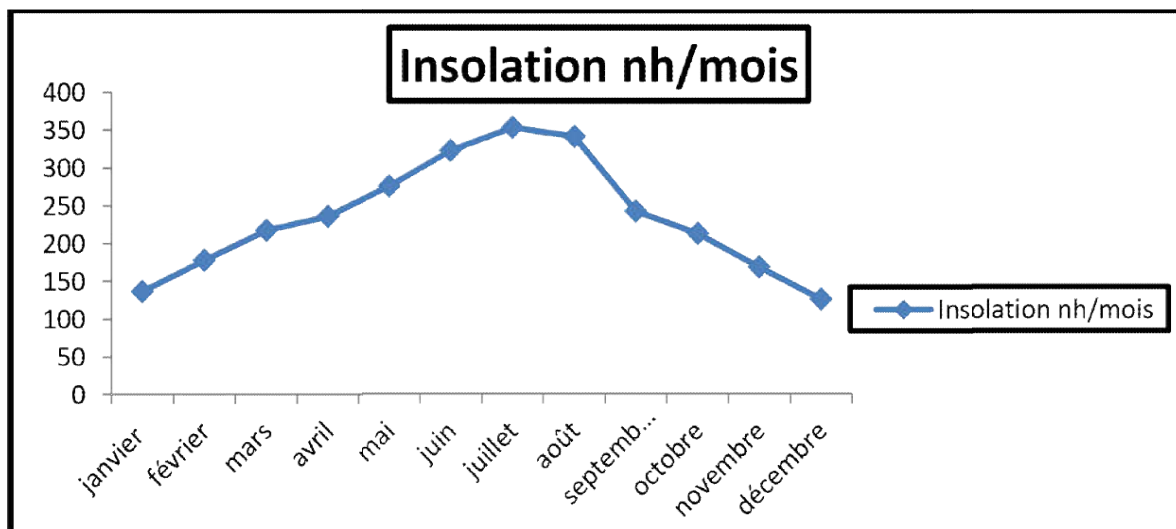


Figure15: Insolation moyenne mensuelle en heure pendant la période (2005-2015).

1.2.1.9.Synthèse climatique

La synthèse climatique consiste à déterminer la période sèche et la période humide par le biais du diagramme ombrothermique de Gausson ainsi que l'étage bioclimatique de la région d'étude grâce au Climagramme pluviométrique d'Emberger

1.2.1.10.Diagramme ombrothermique de Gausson

Gausson considère le climat d'un mois comme sec si les précipitations mensuelles sont inférieures au double de la température moyenne en C. Le climat est sec quand la courbe de ces températures la valeur est au dessus de celle des précipitations, humide dans ce cas, le diagramme ombrothermique est caractérisé par une période sèche qui dure toute l'année (Figure10).

1.2.1.11.Diagramme de Gausson

L'analyse des températures et des précipitations permet de mettre en évidence la durée des périodes pluvieuses et des périodes sèches par la seconde '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 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 ($P \leq 2$) Le diagramme pluviométrique est établi pour les années 2005 jusqu'à 2015.

Le diagramme ombrothermique de Gausson (figure10) présente deux périodes humides, le premier début de janvier et se termine à la mi-mars, 17).

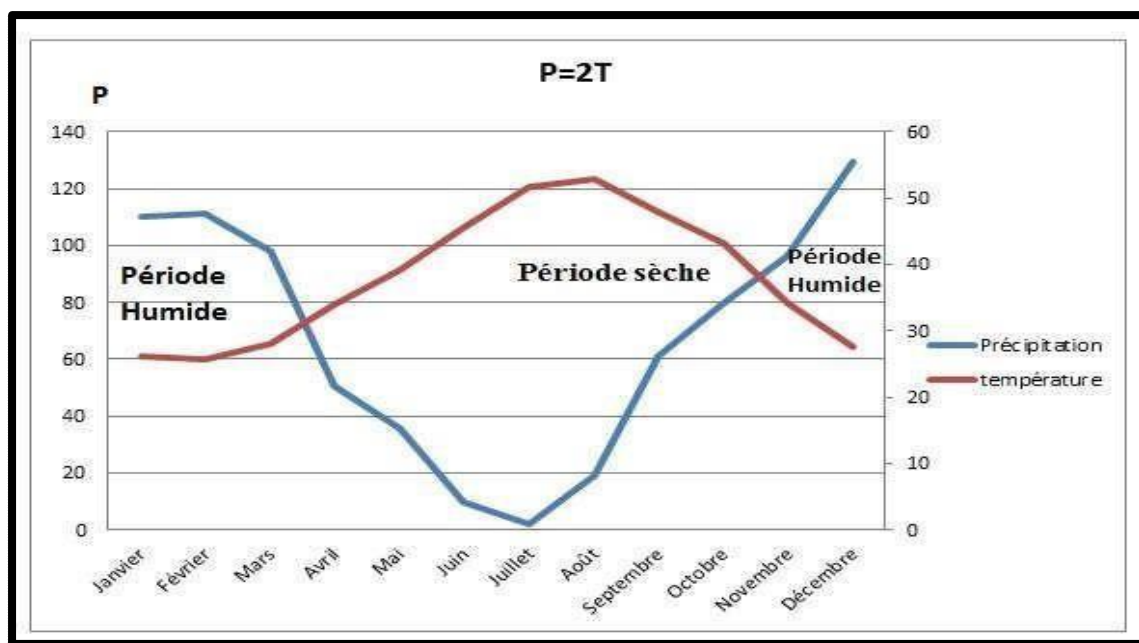


Figure16 : Diagramme De Gausson pour (2005à2015)

1.2.1.1.2. Climagramme d'Emberger

La formule du quotient pluviométrique d'Emberger a été modifiée par Stewart (1969) et est comme suit : Equation1 $Q2=3.43.P/(M-m)$

Avec :

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger P : Pluviométrie annuelle en mm

M : Moyenne des températuresmaximales du mois le plus chaud

(C) m : La moyenne des températures minimales du mois le plus froid (C).

$$Q2=3.14(800.6)/(29.68-8.60)=119.25$$

En rapportant cette valeur sur le climagramme d'Emberger (Figure 18) nous notons que la région de Skikda se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud et se caractérise par des précipitations considérables, une grande luminosité et une évaporation e.

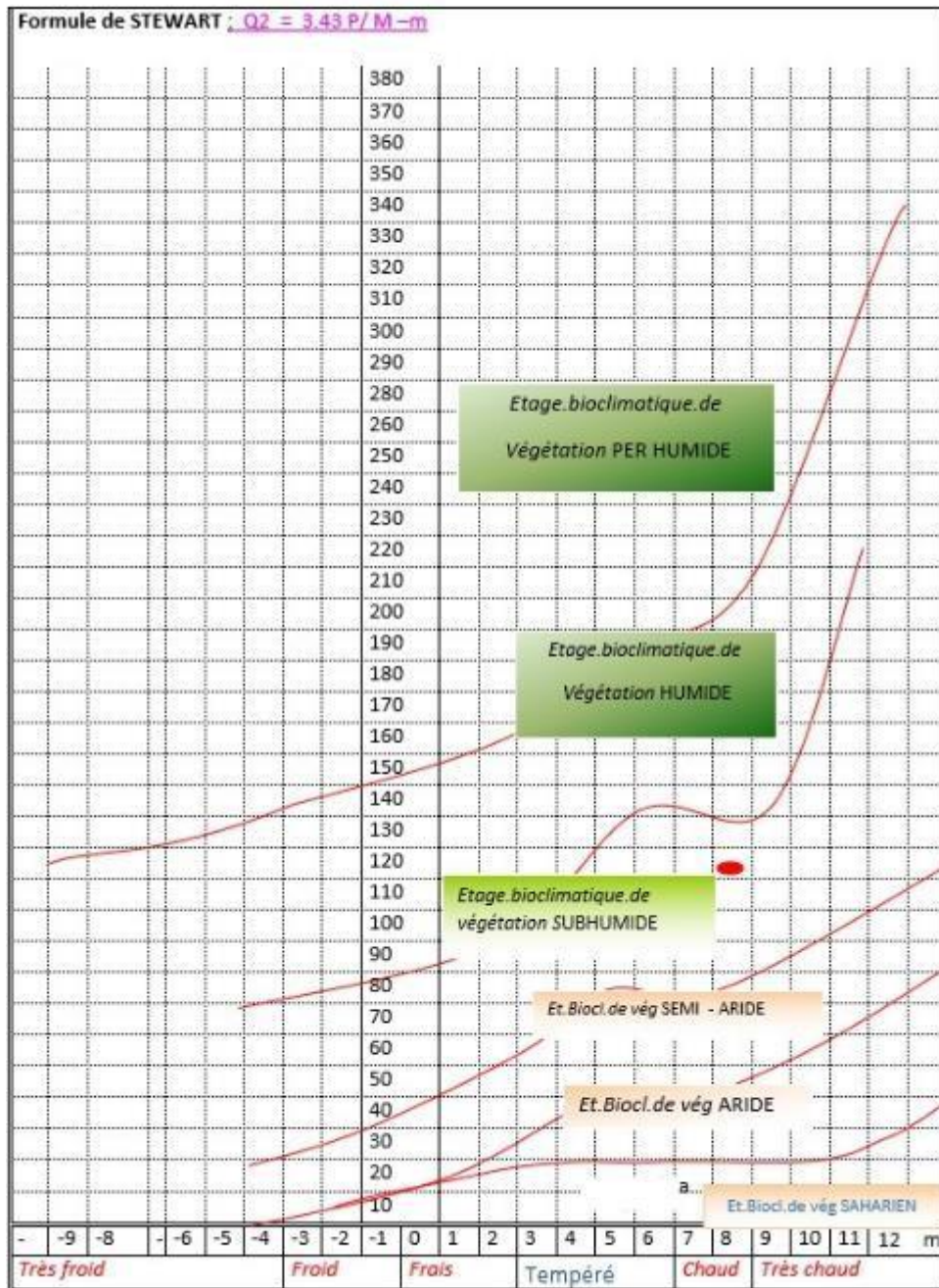


Figure17:Le climagramme du quotient pluviométrique Q2 d'Emberger pour la région de Skikda durant la période 2005 - 2015

•Conclusion

La région de Skikda appartient au climat méditerranéen chaud en été, froid et humide en hiver, donc elle se situe dans l'étage bioclimatique subhumide.

Le pédoclimat est caractérisée par un régime de température de type thermique et un régime hydrique de type xérique.

•Pédoclimat

Le pédoclimat a une importance considérable sur l'altération, l'étude de la pédogenèse et la classification (Duchafour, 2001).

Le régime hydrique du sol de la zone d'étude a été estimé par la méthode Newhall (Tavernier et van Wambek, 1976), il ressort des données climatiques de la zone d'étude, que le régime hydrique du sol est de type Xérique et le régime thermique du sol est un régime de type Thermique (Belaisaoui2004).

1.3. Caractéristiques géologiques

1.3.1. Introduction:

L'analyse de l'environnement géologique est fondamentale à l'étude hydrogéologique. La géologie permet d'identifier les matériaux et les structures des formations susceptibles d'éconduire l'eau des précipitations en profondeur. Elle permet aussi de déterminer le type d'aquifère

1.3.2. Cadre géologique régionale

Le massif de la petite Kabylie fait partie de la chaîne des Maghreb des (Durand-Delga, 1955 ; 1969 ; 1980, Bouillin, 1971 ; 1977, Wildi, 1983.). La mole néritique Constantinois s'étend sur plus de 150 Km le long du littoral, limitant la partie sud du bassin versant (Kef Toumiette, Kef Hahouner) est représenté par la chaîne de calcaire massif du Crétacé dirigé d'Est (Edough) en Ouest (Babors), les flancs Ouest et Nord-Est du bassin présentent des terrains anciens métamorphiques.

Le cadre structural étant très complexe, peut être défini par la superposition de plusieurs unités structurales.

1.3.3. LES ZONES INTERNES

1.3.3.1. Le socle kabyle

Le socle de la petite Kabylie est composé d'un ensemble de roches métamorphiques, méso zonales, à cata zonales et d'un ensemble de roches peu ou pas métamorphiques.

Sur le plan structural, l'ensemble métamorphique est constitué par la superposition de trois édifices tectoniques (Mahdjoub, 1991) avec de bas en haut :

- ✓ Edifice de Bougaroun,
- ✓ Edifice de Beni-Ferguène,
- ✓ Edifice supérieur.

Les massifs anciens métamorphiques s'occupent d'une grande partie du bassin du Saf-Saf. Du côté Ouest, ils s'étendent de Stora jusqu'au col de Staiha, ils affleurent également au Sud d'El-Harrouch et au Nord de Aine Bouziane, ils sont formés de phyllades, de micaschistes et de porphyroïdes.

Dans la partie Nord-Est du bassin (Dj.Filfila), ils sont essentiellement dominés par des schistes et des marbres.

1.3.3.2. La dorsale kabyle

La dorsale kabyle est constituée essentiellement par des formations épaisses de calcaire. Raoult, (1974) a subdivisé la dorsale Kabyle en trois sous-unités superposées du Nord vers le Sud :

- ✓ Dorsale interne,
- ✓ Dorsale médiane,
- ✓ Dorsale externe.

Elle afflue au Sud-ouest du bassin versant de l'oued Saf-Saf (Dj.Rhedir, Kef Sebargoude, Kef Toumiette).

1.3.3.3. Le domaine des flysch

Il est composé de terrain d'âge Crétacé à Eocène à dominance carbonatée, parmi les quel son reconnaît deux séries stratigraphiques bénin dévidai lissées: la série du flysch Maurétanie et celle du flysch Marsilien (Raoult, 1969 ; Bouillin et Al., 1970).

1.3.3.4 L'Oglio Miocène Kabyle

C'est une série sédimentaire correspondant à la couverture stratigraphique transgressive initiale du socle Kabyle (Raoult, 1974;1975).Elle est constituée par:

- ✓ Un conglomérat la base,
- ✓ Des grés micacés à débris provenant du socle,
- ✓ Des sélénites radiolaires.

1.3.3.5. Le Numidien

La nappe numidienne comporte à sa base des argiles à Tub otomaculum dont somme test daté de l'Oligocène supérieur Ces argiles sont surmontées par des bancs de grés à quartz roulé d'âge Aquitanien à Burdigalien inférieur basal.

Les formations numidiennes occupent les sommets des unités structurées précédentes. Elle s'affleure ntaunive au de Zerdazas, Kef Toumiette et de Dj.BouAbed,ainsi qu'au niveau de la plus part des koudi est du centre du bassin.

1.3.3.6 Les Olistostromes

Décrits pour la première fois en Petite Kabylie par Bouillin et Raoult (1971), les Olistostromes sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flysch intercalés avec des passées grés-micacées d'âge Aquitanien et Burdigalien inférieur.

1.3.4. LES ZONE XTERNES

Elles sont constituées par des nappes de flysch comportant des terrains datés du Crétacé à l'Eocène. Ces formations qui ont subits une tectonique tangentielle majeure d'âge fini- Lutétien ou fini-Oligocène (Bouillin, 1977), reposent particulièrement sur l'autochtone saharien.

1.3.5. Les nappes telliennes

Elles sont composées d'un empilement de nappes pelliculaires d'âge Crétacé Eocène (Durand-Delga, 1969).

1.3.4.2. Les nappes ultra-telliennes

Elles sont représentées par des sédiments scalaires du Néocomien à l'Eocène. Elles se sont mises en place par des diverticulations (Lahondère, 1987). Elles affleurent au Sud-ouest de Kef Toumiette et de Djebel Bou Abed. L'affleurement de la série ultra tellienne se localise au Nord de Kef Hahouner. Cette série comporte des marno-calcaires à ammonites, pyrites et des marno-calcaires microbrèchiques.

1.3.4.3. Les nappes péni-telliennes

Elles sont composées essentiellement de formations à tendance néritique d'âge Cénomaniens à Jurassiques. Ce sont les nappes les plus basses structurellement.

1.3.5. Géologie de la zone d'étude

Le quaternaire recouvre la majeure partie du bassin versant. D'après les coupes géologiques établies dans le terrain d'étude par ALGEO, il est formé par des dunes anciennes et des alluvions.

1.3.5.1. Les dunes anciennes :

Rencontrées au Nord Est de la plaine de Skikda, le long de la côte. Elles sont constituées par trois niveaux : inférieur, moyen et supérieur.

1.3.5.2. Les alluvions : on distingue trois types

Alluvions actuelles: limons du lit majeur de Saf Saf, de Zeramna et de la plaine formée par le confluent de ces deux Oueds représenté par des sables, des limons du lit moyen et des sables des plages.

Alluvions récentes : d'âge Néoplatonicien, se sont des limons et des cailloux roulés du fond des vallées.

Alluvions anciennes: se sont des terrasses de limons et de cailloux roulés qui drainent de 15 m à 50 m le lit de l'Oued Saf Saf et Zeramna jusqu'à El Harrouche.

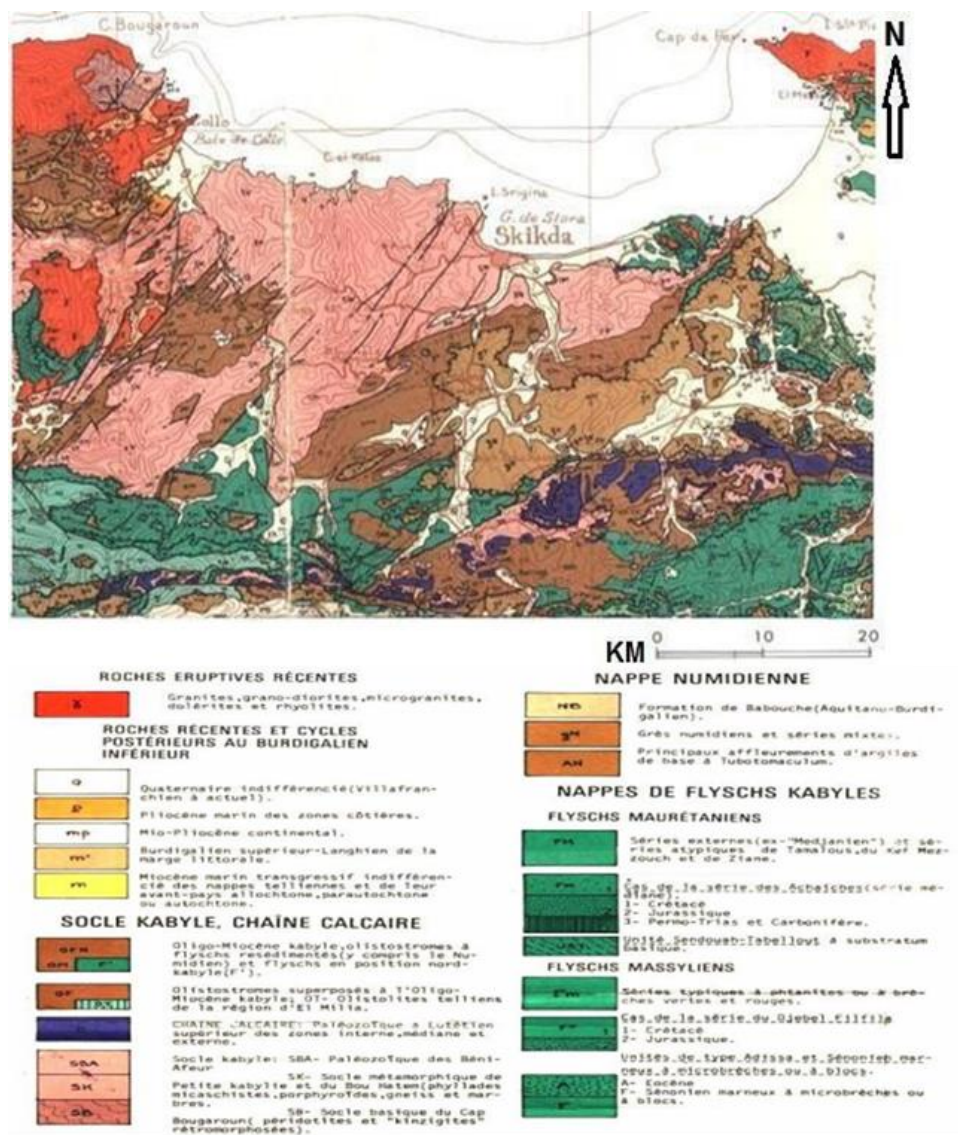


Figure 18: Carte géologique de la région de SKIKDA (J.M.Vila 1977).

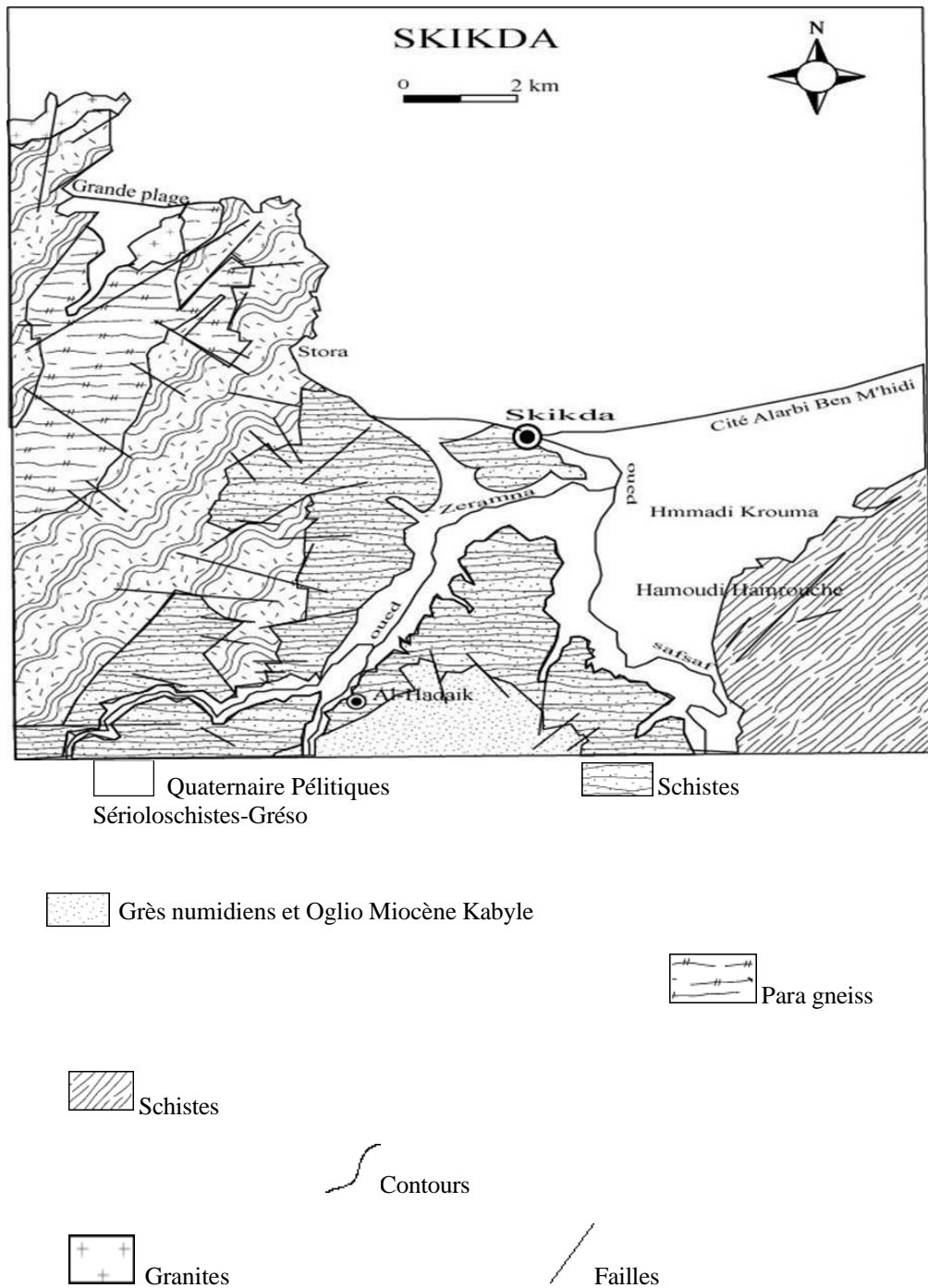


Figure19:Schéma géologique de la région de SKIKDA (D'après Durand. Delga, 1969)

1.3.6. TECTONIQUE

Le bassin versant de l'oued Saf-Saf est affecté par une néotectonique responsable de la structure actuelle. D'après Raoult (1974), les phases tectoniques les plus importantes sont :

✓ **Les mouvements tectoniques précoces (Crétacé-Paléocène)**

La dorsale kabyle est affectée par de nombreuses petites failles durant le Jurassique et la Néocomien – Barrémien. L'action de ces mouvements s'étend aussi au niveau de dorsale médiane (Dj.BouAbed:Crétacé supérieur).Dj.Bougrina est entouré par le flysch mauretaniien et présente deux importantes failles, l'une d'une grande extension NW-SE. Dans la dorsale externe, la zone de Tengout a été fortement tectonisée pendant le Dracon- Cénomaniien. Une partie de la dorsale externe est charriée sur la série du Rhédir.

✓ **Les mouvements tectoniques précoces (Crétacé-Paléocène)**

La dorsale kabyle est affectée par de nombreuses petites failles durant le Jurassique et la Néocomien – Barrémien. L'action de ces mouvements s'étend aussi au niveau de dorsale médiane (Dj.BouAbed:Crétacésupérieur).Dj.Bougrinaestentouréparleflyschmauretaniien et présente deux importantes failles, l'une d'une grande extension NW-SE. Dans la dorsale externe, la zone de Tengout a été fortement tectonisée pendant le Dracono-Cénomaniien. Une partie de la dorsale externe est charriée sur la série du Rhédir.

✓ **La phase fini-Lutétienne (Lutétien supérieur-Priabonien du Dj.Tengoutet du Dj. Rhédir):**

Cette phase est caractérisée par une tectonique tangentielle qui est post Paléogène.

✓ **La phase Oglio cène et Miocène (Oligocène terminal-Aquitaniien)**

Elle est caractérisée par de nombreux plis et failles, cette phase est responsable de l'accident d'El Kantour et de la position structurale de la série de Filfla.

Conclusion

Du point de vue géologique, la région d'étude présente des terrains allant du Paléozoïque au Quaternaire. La diversité lithologique et l'évolution structurale des massifs limitrophes de la plaine de la zone d'étude, ont conditionné dans de larges mesures, l'accumulation de matériaux détritiques alluvionnaires qui représente un intérêt hydro géologique important.

1.4. Relief et Géomorphologie de la zone d'étude

La majorité des terres de la zone d'étude sont à relief accidenté.

L'utilisation des données géomorphologiques ou topographiques tant leur intérêt est général. Elles interviennent de différentes façons (Bensaid, 1986) :

- Elles permettent de formuler des hypothèses sur la répartition des affleurements des couches géologiques.
- Elles conditionnent les transports latéraux d'eau et de matières et donc finalement la pédogénèse et la répartition des sols dans les paysages (figure 19).

1.5. Cadre régional

La zone est caractérisée par un relief très accidenté, une cote abrupte et déchiquetée, un réseau dense de ravins profonds, ses montagnes ont par excellence un relief jeune, encore en pleine évolution morphologique (Belaïssaoui, 2004).

La vallée de Skikda est traversée par l'oued Zeramna. Durant le pli quaternaire, l'oued a creusé son lit dans les anciennes nappes charnières de flysch. Sa partie Nord est denturée par le socle kabyle, et le dorsal au sud. Les parties Est et Ouest sont limitées par des montagnes gréseuses, de faible altitude, faisant suite à ces montagnes, arrivent les collines qui se rattachent à la zone d'apport alluvial par les piments (Belaïssaoui, 2004).

1.5.1. Les Djebels

A l'Est nous avons le massif de Filfila (586m) constitué de gneiss et marbres, et à l'Ouest le massif de M'sioun (500 m), leur altitude varie entre 400 et 700 m), ce sont en général des formations tertiaires secondaires argilo-gréseuses (Belaïssaoui, 2004).

1.5.2. Les collines

Situées au pied de montagnes et font jonction avec les plaines alluviales. La plupart de ces formations sont attaquées par l'érosion (Belaïssaoui, 2004).

1.6. Le cadre local

La zone d'étude présente une morphologie simple constituée essentiellement de plateaux, terrasses alluviales. Les pentes sont généralement douces, ne dépassant pas les 4% (Bennai, 1986).

1.6.1. Les piments

Dans la zone d'étude on rencontre les piments de bas versant, leurs dimensions sont réduits, ils rattachent les collines à la plaine alluviale, leurs pentes sont comprises entre 1 et 4%.

1.6.2. La plaine alluviale

Cette plaine renferme trois types de terrasses:

1.6.3. Les terrasses anciennes et moyennes

Il est très difficile de séparer ces deux types de terrasses plio- quaternaires. Ces terrasses ont été décrites, depuis longtemps, comme des terrasses du quaternaire ancien (Dutil, 1958 in Bensaid, 1986).

1.6.4. Les terrasses récentes:

Ces terrasses, d'âge pléistocène-holocène, sont réparties tout le long de l'oued, elles s'étendent sur de grandes surfaces de faible pente de 0-4% (Bensaid, 1986).

1.6.5. Les alluvions

Ils s'accumulent sur la plaine ou pente' est nul le ou quasi- Nulle et correspondent aux matériaux fins (sable) qui forment le lit actuel de l'oued (Bensaid, 1986).

Conclusion

La zone d'étude a une morphologie différente:

- La première partie est située en haut (collines) attaquée par l'érosion (le sol peu évoluée d'érosion) ;
- La deuxième partie située en bas (plaine alluviale) est une formation de dépôt récent des matériaux apportés par les eaux.

1.1.6. Végétation

Au niveau de la zone d'étude, la végétation est variée avec la géomorphologie et la topographie, on distingue (Younes et Daoudi., 2011) : Les maquis, représente un stade de dégradation de la forêt, constitué par des arbustes et des arbres ne dépassant pas 7m de haut.

Ces maquis recouvrent les piémonts et les collines, des espèces végétales qu'on peut rencontrer sont :

* Olivier (*Olea europaea*),

* Lentisque (*Pentstemon*),

* Cytise (*Cytisus*).

-Au niveau des plaines alluviales, on trouve:

* La végétation herbacée, comme des espèces (*Scalymas masculatus*), (*Pétris équitina*)

* L'arboriculture, et sur tout les agrumes.

2. Matériels et méthodes de travail

2.1. La méthodologie du travail

La méthodologie du travail que nous avons adapté pour notre étude comprend quatre phases indispensables :

- Travaux préliminaires.
- Travail sur terrain.
- Analyse de laboratoire.
- Classification des sols

2.1.1. Travaux préliminaires

Concernent les informations de reconnaissance comme les cartes.

2.1.2. Réalisation des profils

C'est une opération fondamentale où on doit rafraîchir le profil choisi pour bien démarquer les horizons, accrocher le ruban mètre au sommet du profil afin de mesurer chaque horizon.

2.1.3. Description du sol

La description des sols nécessite l'utilisation d'un langage simple et précis, pour le faire il faut utiliser une fiche de description.

2.1.3.1. Les données générales

- Numéro du profil : Le numéro du profil est indispensable pour se référer, se mémoriser et situer par suite l'observation ; il faut utiliser de numérotation simple et pratique.
- Localisation: Ici, il faut donner le maximum de précision, car elle permet de retrouver l'emplacement du sol étudié.
- La date : Il est important d'indiquer la date d'observation, elle sert de repère dans le classement des échantillons prélevés et éviter la confusion entre deux numérations des échantillons.
- L'altitude : Cette donnée ne permettra par la suite de comparer les profils entre eux et mieux comprendre la pédogénèse.

2.1.3.2. Les conditions atmosphériques

Les conditions du milieu et les caractéristiques du sol peuvent subir des variations sensibles suivant les saisons, sec ou humide et préciser les conditions atmosphériques au moment de l'observation ou pendant la période précédente la description.

2.1.3.3. Les données concernant le milieu

Ces données regroupent : la géomorphologie, la végétation, la roche mère et matériaux organiques, aspect de la surface du sol ; (microrelief, présence de pierres, présence des roches, érosion...).

2.1.3.4. Echantillonnage du sol

Deux régions ont été choisies pour cette étude : Ramdane Djamel et Bouchtâta, caractérisés par une diversité pédologique et occupation des sols. Selon le type de végétation, la topographie et le type de sol, six profils pédologiques ont été réalisés dans ces régions, au total 18 échantillons prélevés. Les prélèvements des sols et les analyses de laboratoire sont faits par les étudiants: Boutalba Abdenour et Bourourou Faiza Nourhane et Bouaouiche Abdessalem, Khoualed Samah encadrés par Mme Bala sahima,

Ces profils pédologiques font l'objet d'une description morphologique avec identification des horizons (figure 20). Un échantillon de 1.5 à 2Kg de sol a été prélevé de chaque horizon de la profondeur jusqu'à la surface pour les profils 01, 02, 03, 05 et 06, concernant le quatrième profil (parcelle agricole, composite), nous avons prélevé le sol à l'aide d'une tarière (0-30 cm, 30-50cm). Les échantillons du sol ont été ramenés au laboratoire de physique et

chimie du sol de l'université du 20 aout 1955 Skikda, séchés à l'aire libre, broyés et tamisés à l'aide d'un tamis à 2mm.

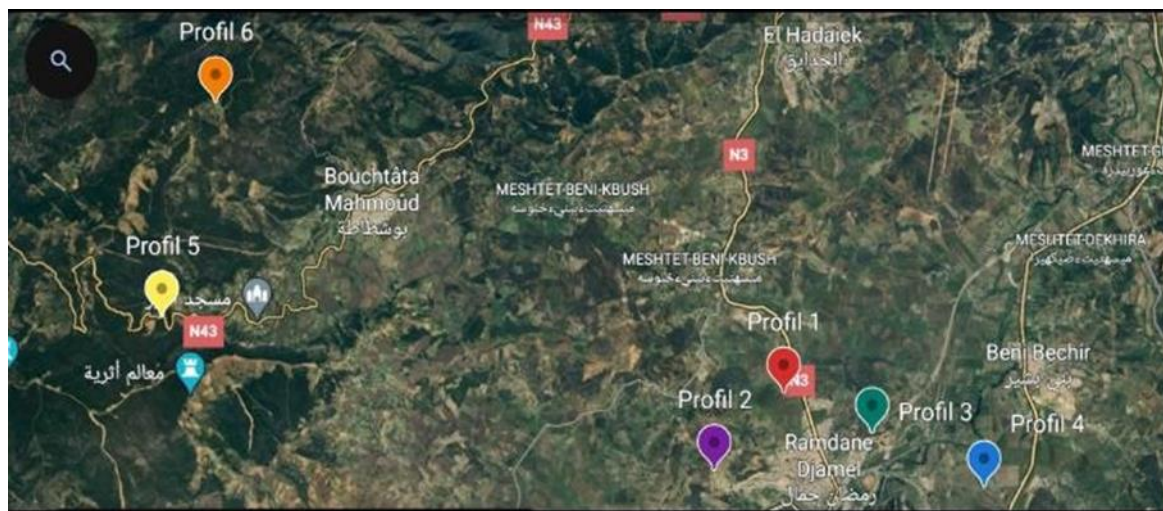


Figure 20 : Localisation des profils étudiés

2.2. Analyses physiques

2.2.3. Granulométrie

En utilisant la méthode de siphonage on a suivi les étapes suivantes :

- Attaque à froid afin de détruire la MO à l'aide de l'eau oxygéné.
- Attaque à chaud en utilisant le bain de sable jusqu'à disparition de la mousse.
- Dispersion des particules avec l'examétaphosphate de sodium.
- Agitation pendant deux heures.
- Après 24h de chute on procède au premier prélèvement des argiles.
- Après on fait séparer les sables fins et les sables grossier par le tamisage avec un tamis de 200um pour le sable grossier et un de 63um pour le sable fin.
- Séchage à 105°C dans l'étuve



Figure 21 : colonnes de sédimentation

2.2.4. Densité apparente

La mesure de la masse volumique du sol, est un indicateur du tassement du sol et de la porosité totale du sol. Elle a été mesurée par la méthode du cylindre calibré (BAIZE, 2000)



Figure 22 : Prélèvement de densité apparente

2.2.5. Densité réelle

- Méthode de pycnomètre

2.2.6 Humidité à l'état de saturation

- La plaque de porcelaine est mise à tremper dans une cuvette pendant 24h.
- Siphonner l'eau contenue dans la cuvette.
- Placer les anneaux sur la plaque et les remplir de terre et tasser légèrement.
- Remettre l'eau dans la plaque à mis hauteur des anneaux, laisser les terres s'imbiber.
- Glisser les échantillons dans des tares afin de les peser.
- Les remettre dans l'étuve à 105°C et peser après séchage.
- Calculer le taux d'humidité en % de terre séchée à 105°C.

$$MO\% = \frac{M2 - M3}{M1 - M0} * 100$$



Figure 23 : Effervescence du sol après ajout d'eau oxygéné

2.3.2.PH

Le pH est déterminé par la méthode électromètre à l'aide d'un pH mètre à l'électrode de verre étalonné avec une solution tampon de pH connu. Le rapport terre/eau est de 1/2.5.



Figure24:l'analyse de pH

2.3.3. Conductivité électrique

La détermination se fait à l'aide d'un conductimètre, sa conductance mesurée entre des électrodes et exprimée en us/cm. Le rapport terre/eau est de 1/5



Figure25: Conductivité électrique

2.3.4.Salinité

Sa détermination se fait à l'aide d'un multimètre, sa salinité mesurée entre des électrodes et exprimée en us/cm. Le rapport terre/eau est de 1/5.

2.4.Classification des sols (classification française (CPCS ,1967

La classification française assez de considérer le milieu, les processus et les caractères Simultanément.

2 .4.1.1. Les unités majeures

❖ **La classe** : regroupe les sols en commun les points suivants :

- Le degré d'évolution et développement du profil.
- Le monde d'altération en relation avec l'évolution des minéraux.
- La nature et la distribution de la matière organique sur l'évolution des minéraux.
- La Dominique de certains processus physico-chimique telles que l'hydromorphe, la salinité...etc.

❖ **Sous-classe** : différencie les unités de la même classe par les mêmes pédoclimatique qui s'exprime par les régimes de température et l'humidité, avec l'apparition d'autre processus de lessivage et l'acidification.

❖ **Le groupe** : et défini par les caractères morphologiques du profil correspond à des processus d'évolution du sol : différenciation de certains horizons résultant du lessivage du calcaire des éléments colloïdaux ...

- ❖ **Le sous-groupe** : distraction basée sur l'intensité du processus définissant le groupe, ainsi par la manifestation des processus secondaires indique par certains éléments nouveaux du profil (concrétion, taches, élargissement de la structure).

2.4.1.2. Les unités mineures

- ❖ **La famille** : est définis par la granulométrie, la calcaire, le PH, et la roche mère.
- ❖ **La série** : ensemble des sols qui présentant sur un matériau original de composition lithologique définie, et dans des positions comparables de paysage, le même type de profil. La série est dénommée le lieu où elle a été caractérisée.
- ❖ **La phase** : partie de la série ayant des caractéristiques des phases. Une signification importante dans le comportement des sols et leurs utilisations.

Les unités mineures sont définies à partir des critères interprétables pour l'utilisation pratique. L'une d'elle, la série de sol, est très intéressante du point de vue agronomique, les critères de distinctions retenues présentes des conséquences pour la conduite culturale.

Les douze classe de la classification française (CPCS,1967) sont :

1. Classe des sols minéraux bruts
2. Classe des sols peu évolués
3. Classe des vertisols
4. Classe des andosols
5. Classe des sols Calcimagnésiques
6. Classe des sols isohumiques
7. Classe des sols brunifiés
8. Classe des sols podzolisés
9. Classe des sols à sesquioxyde de fer et manganèse
10. Classe des sols ferralitiques
11. Classe des sols hydromorphes
12. Classe des sols sodiques

Chapitre 03

*Description morphologique et
analytique des profils*

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 notre zone d'étude.

La description des profils, nous permettra de caractériser ces sols et d'avoir une idée globale de la nature des sols de Ramdane Djamel et Bouchtâta .

1.1. Description morphologique du profil 01

- o **Nom du profil :** Ramdane Djamel(L'entrée)
- o **Numéro du profil :** 01
- o **Date de prélèvement :** 27/04/2024
- o **Localisation :** 36°46'02''N 6°53'10 43'' E / Altitude : 82.68 m
- o **Physiographie :** Montagne, 83 m d'altitude.
- o **Topographie :** Pente : 30 %
- o **Drainage :** Bon.
- o **Végétation :** Maquis (Olivier, plantes herbacées).
- o **Matériaux parentaux :** Argile marneuse
- o **Classification CPCS (1967) :** Sol peu évolué

Horizon H1 : (0 – 25 cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec 10 YR 4/3 (brown), couleur à l'état humide 10YR 3/3 (dark brown), poreux, texture argileuse, structure grumeleuse à polyédrique fine, présence d'éléments grossiers (20%), pas de racines, pas d'effervescence à l'HCl, transition progressive.

Horizon H2 : (25- 50 cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec 10 YR 5/3 (brow), couleur à l'état humide 10YR 3/6 (dark yellowish brown), peu poreux, , texture argileuse, structure polyédrique fine à grossière, peu d'éléments grossiers (5%), peu de racines moyennes, peu de matière organique, pas d'effervescence à l'HCl, transition régulière graduelle.

Horizon H3 : (50- 130 cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec 10YR 5/4 (yellowish brown), couleur à l'état humide 10YR 3/6 (dark yellowish brown), texture argileuse, structure polyédrique fine, 4% d'éléments grossiers, enracinement dense (racines fines, moyenne), peu de matière organique, pas d'effervescence à l'HCl,

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



Figure 26 : Photographie du profil 01

Chapitre 03 Description morphologique et analytique des profils

1.1.1. Résultats analytiques du profil 01

Discussion des résultats analytiques du profil 01

Tableau 05 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 01

Horizon		P1H1	P1H2	P1H3
Profondeur (cm)		(0- 25cm)	(25- 50cm)	(50 – 130cm)
Da(g/cm ³)		1,03	1.12	1.02
Dr(g/cm ³)		2.06	2,30	2,13
Porosité (%)		36,89	51,30	43,66
Granulométrie	Argile (%)			
	Limon(%)			
	Sable fin (%)			
	Sable grossier (%)			
Classe textural		Argileuse	Argileuse	Argileuse
H%pF2.5				
H%pF4.2				
Perméabilité				
M.O (%)		2,9669	0.38	3,4337
CE (μ S/Cm) 1/5		0.0921	0.0447	0.04244
Salinité		0	0	0
pH eau (1/2.5) à 25°C		7,55	7,60	7,94
TDS		86	42	39

la lacouleur change du 10 YR 4/4 (brown) en surface à 10YR 4/5 (yellowish brown) en profondeur h la structure est grumeleuse a polyédrique fine en surface à polyédrique fine a grossière en profondeur erff La texture est argileuse a tout le long du profil.

Le pH est neutre pour tous les horizons, la CE est faible pour tous les horizons, le profil est no salé.

La matière organique est élevées a la profile 1et 3 et faible a le profile 2.

1.2. Description morphologique du profil 02 uj

o **Nom du profil** :Ramdane Djamel (Cité Klaba)

o **Numéro du profil** : 02

Chapitre 03 Description morphologique et analytique des profils

- o **Date de prélèvement** : 27/04 /2024
- o **Localisation** : 36°45'15'' N 6°52'21'' E / Altitude : 139.54m.
- o **Physiographie** : Colline
- o **Topographie** : Pente : 10%.
- o **Drainage** : Bon.
- o **Végétation** : Végétation herbacées
- o **Matériaux parentaux** : Argile marneuse
- o **Classification CPCS (1967)** :Sols à sesquioxyde de fer.

Horizon H1 : (0 – 15 cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec 10 YR 5/6 (yellowish brown), couleur à l'état humide 10YR 3/3 (dark brown), poreux, texture argilo-limoneuse, structure grumeleuse à polyédrique fine, peu d'éléments grossiers (18%), enracinement dense (racines fines, moyenne), pas d'effervescence à l'HCl, transition abrupte.

Horizon H2 : (15- 40 cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec 10 YR 5/4 (yellowish brown), couleur à l'état humide 2.5 YR 4/4 (reddish brown), poreux, texture limoneuse, structure grumeleuse à polyédrique fine, peu d'éléments grossiers (6%), enracinement moyen (fines racines), pas d'effervescence à l'HCl, transition régulière graduelle.

Horizon H3 : (40- 100 cm)

Friable, sec, couleur à l'état sec 2.5 YR 5/8 (red), couleur à l'état humide 2.5 YR 4/4 (reddish brown),couleur rougeâtre, texture limoneuse, structure polyédrique fine, peu poreux,pas d'éléments grossiers, pas de racines, , pas d'effervescence à l'HCl, transition nette.

Horizon H4 : (100-160cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec 10YR 7/8 (yellow), couleur à l'état humide 2.5 YR 4/5 (Red), texture limono-sableuse, structure massive, pas d'éléments grossiers, pas de racines, absence de de matière organique, pas d'effervescence à l'HCl.

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



Figure 27 : Photographie du profil 02

Tableau 06 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 02

Horizon		P2H1	P2H2	P2H3	P2H4
Profondeur (cm)		(0- 15cm)	(15- 40cm)	(40 – 100cm)	(100-160)
Da(g/cm ³)		1,13	1,11	1,12	1,32
Dr(g/cm ³)		2,3086	2,0226	2,1569	2,0669
Porosité (%)		50,86	45,04	47,70	35,92
Granulométrie	Argile (%)				
	Limon(%)				
	Sable fin (%)				
	Sable grossier (%)				
Classe textural		argilo-limoneuse	limoneuse	limoneuse	limono-sableuse
H%pF2.5					
H%pF4.2					
Perméabilité					
M.O (%)		1.854	2,0244	1.885	1,0485
CE (μS/Cm) 1/5		0.044	0.0 403	0.06	0.0 601
Salinité		0	0	0	0
pH eau (1/2.5) à 25°c		7,32	6,96	6,74	6,91
TDS		41	37	56	57

La couleur change du 10 YR 5/6 (yellowish brown) en surface et profil 1 et 2 et le profil 3 2.5 YR 5/8 on milieu à 10YR 4/5 (red) et 10 YR 7/8 (yellow) en profondeur

Structure est grumeleuse a polyédrique fine en surface, à structure massive, pas de élément grossiers, pas de racines en profondeur

Texture est argilo-limoneuse (H 01) en surface et on milieu (H 02, H 03) texture limoneuse et limono-sableuse en profondeur (H 04).

Le pH est neutre pour tous les horizons, la CE est faible pour tous les horizons, le profil est no salé.

Chapitre 03 Description morphologique et analytique des profils

La matière organique est moyenne sur le profil (H 01, H 02, H 03) et sur le profil(H02) et élevées

1.3.Description morphologique du profil 03

- o **Nom du profil** : Ramdane Djamel (AADL)
- o **Numéro du profil** : 03
- o **Date de prélèvement** : 27/04/2024
- o **Localisation** : 36°45'42'' N 6°54'19'' E / altitude : 91.7m.
- o **Physiographie** :Sommet deMontagne.
- o **Topographie** : pente à 40%.
- o **Drainage** : bon.
- o **Végétation** : Eucalyptus, Lentisque, L'oléastre.
- o **Matériaux parentaux** : Argile gréseuse
- o **Classification** : USDA (2014) :
- o **Classification CPCS (1967)** :Sol peu évolué d'apport

Horizon H1 : (0- 20cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec 10YR 4/4 (dark yellowish brown), couleur à l'état humide 10YR 4/3 (dark yellowish brown), structure grumeleuse à polyédrique fine, texture argileuse, présence de fissures (fentes de retraits), présence d'éléments grossiers (27%,pierres et gravier),beaucoup de racines fines et moyennes, pas d'effervescence à l'HCl, transition ondulée.

Horizon H2 : (20- 35cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec, 10YR 4/4 (dark yellowish brown), couleur à l'état humide 10YR 5/8 (darkhumide), peu poreux, structurepolyédrique fine à

Chapitre 03

Description morphologique et analytique des profils

grossière, texture argilo-limoneuse, présence de 22 % d'éléments grossiers, pas de racines, peu de matière organique, pas d'effervescence à l'HCl, transition abrupte.

Horizon H3 : (35 – 70cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec, 10YR 5/4 (yellowish brown), couleur à l'état humide 10YR 3/3 (dark brown), poreux (macro-pores), présence de fentes de retraits, structure polyédrique moyenne, texture limoneuse, présence de quelques éléments grossiers (20%), présence de quelques fines racines, peu de matière organique, pas d'effervescence à l'HCl .

Horizon H4 : (70 – 140 cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec, 10YR 5/8 (yellowish brown), couleur à l'état humide 10YR 3/6 (dark yellowish brown), poreux (macro-pores), présence de fentes de retraits, structure polyédrique fine, texture limoneuse, présence d'éléments grossiers (42 %), présence de quelques racines, peu de matière organique, pas d'effervescence à l'HCl , transition nette.

Chapitre 03 Description morphologique et analytique des profils

La figure suivante présente la photo du profil 03 :



Figure 28 : Photographie du profil 03

Tableau 07 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 03

Horizon	P3H1	P3H2	P3H3	P3H4
Profondeur (cm)	(0- 20cm)	(20- 55cm)	(55 – 100cm)	
Da(g/cm ³)	0,92	0,89	1.03	1,05
Dr(g/cm ³)	2.2792	2,1843	2,0962	2,2230
Porosité (%)	49,47	59,17	50,71	52,70
Granulométrie	Argile (%)			
	Limon(%)			
	Sable fin (%)			
	Sable grossier (%)			
Classe textural	Argileuse	argilo-limoneuse	limoneuse	limoneuse
H%pF2.5				
H%pF4.2				
Perméabilité				
M.O (%)	1.1854	1,8160	1,8690	4,1693
CE (μ S/Cm) 1/5	0.0752	0.07344	0.0792	0.0453
Salinité	0	0	0	0
pH eau (1/2.5) à 25°c	7,24	7,20	7,26	6,78
TDS	75	68	74	42

La couleur change du 10 YR 4/4 (dark yellowish brown) en surface et à 10YR 5/4 en profondeur

Structure est grumeleuse à polyédrique fine en surface, à structure polyédrique fine à grossière à horizon (H 2) structure polyédrique moyenne sur horizon (H03) et polyédrique fine en profondeur

Texture est argileuse en surface horizon (H 01) et en milieu (H 02) texture argilo-limoneuse et, texture limoneuse en profondeur (H 03, H 04).

Le pH est neutre pour tous les horizons, la CE est faible pour tous les horizons, le profil est non salé.

Chapitre 03 Description morphologique et analytique des profils

La matière organique est moyenne sur le profil (H 01, H 02, H 03) et sur le profil (H 04) et élevées

1.4. Description morphologique du profil 04

- o Nom du profil :** Ramdane Djamel (parcelle agricole)
- o Numéro du profil :** 04
- o Date de prélèvement :** 27/04/2024
- o Localisation :** 36°45'15'' N 6°55'47'' E / altitude : 33.4 m.
- o Physiographie :** Plaine.
- o Topographie :** 0% .
- o Drainage :** bon.
- o Végétation :** champ agricole de tomate.
- o Matériaux parentaux :** Argile
- o Classification CPCS (1967) :** Vertisols.

Horizon H1 : (0- 30cm)

Meuble, humide (zone irriguée, irrigation goutte à goutte.), sol labouré, couleur à l'état sec 10YR 3/2 (very dark grayish brown), couleur à l'état humide 10YR 4/2 (dark grayish brown), structure polyédrique, texture argileuse, poreux, 01% d'éléments grossiers, pas de racine pas d'effervescence à l'HCl, transition diffuse.

Horizon H2 : (30- 50cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec, 10YR 4/2 (dark grayish), couleur à l'état humide 10YR 3/2 (very dark grayish brown), peu poreux, structure polyédrique fine à grossière, texture argilo-limoneuse, pas d'éléments grossiers, pas de racines, peu de matière organique, pas d'effervescence à l'HCl.

La photo du profil n° 04 est représentée dans la figure suivante.



Figure 29: Photographie du profil 04

Tableau 08 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 04

Horizon		P4H1	P4H2
Profondeur (cm)		(0- 35cm)	(0- 50cm)
Da(g/cm ³)		0,95	1,08
Dr(g/cm ³)		1,7415	2,2734
Porosité (%)		45,40	52,42
Granulométrie	Argile (%)		
	Limon(%)		
	Sable fin (%)		
	Sable grossier (%)		
Classe textural		Argileuse	argilo-limoneuse
H%pF2.5			
H%pF4.2			

Perméabilité		
M.O (%)	3,1764	3,4009
CE ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) 1/5	0.0531	0.0756
Salinité	0	0
pH eau (1/2.5) à 25°c	8,22	8,21
TDS	49	70

La couleur change du 10YR 3/2(very dark grayish brown) en surface et (H01, 0 - 35) à 10YR 3/2(very dark grayish brown) en profondeur (H02 30 - 50)

Structure est polyédrique en surface, à structure polyédrique fine à grossière en profondeur

Texture est argileuse poreux en surface horizon et argilo-limoneuse, en profondeur

Le pH est neutre pour tous les horizons, la CE est faible pour tous les horizons, le profil est non salé.

La matière organique est faible pour tous

1.5. Description morphologique du profil 05

- O** **Nom du profil :** Lakshar commune de Bouchtâta
- O** **Numéro du profil :** 05
- O** **Date de prélèvement :** 29/04/2024
- O** **Localisation :** 36° 46' 23''N 6°45'20'' E / Altitude : 249.27 m
- O** **Physiographie :** Bas de Montagne
- O** **Topographie :** Pente : 05 %
- O** **Drainage :** Bon.
- O** **Végétation :** L'oléastre, lentisque, olivier.
- O** **Matériaux parentaux :** Argile ferrugineux
- O** **Classification CPCS (1967) :** Sols à sesquioxyde de fer.

Horizon H1 : (0 – 20 cm)

Chapitre 03 **Description morphologique et analytique des profils**

Compact, sec, couleur à l'état sec 10 YR 5/4 (yelloish brown), couleur à l'état humide 10YR 3/3 (dark brown), texture limoneuse, structure grumeleuse à polyédrique fine, poreux, présence de quelques pierres et cailloux (27%), enracinement dense (racines fines), présence de galerie de faune, pas d'effervescence à l'HCl, transition abrupte nette.

Horizon H2 : (20- 95 cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec 10 YR 4/6 (dark yelloish), couleur à l'état humide 2.5 YR 4/4 (redish brown), texture limoneuse, structure polyédrique fine, peu poreux avec quelques galeries de faune, présence de 2 % d'éléments grossiers, présence de quelques racines moyennes, peu de matière organique, pas d'effervescence à l'HCl, transition régulière graduelle.

Horizon H3 : (95- 130 cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec 10YR 6/8 (brownish yellow), couleur à l'état 10YR 5/8 (yellowish brown), texture limoneuse, structure polyédrique fine, quelques fentes de retrait, présence de 35 d'éléments grossiers, pas de racines, peu de matière organique, pas d'effervescence à l'HCl.

Chapitre 03 Description morphologique et analytique des profils

Une prise de vue du profil est présentée dans la figure



Figure 30 : Photographie du profil 05

Tableau 09 : résultats analytiques physico-chimiques du profil 05

Horizon	P5H1	P5H2	P5H3
Profondeur (cm)	(0- 20cm)	(20- 95cm)	(95 – 130cm)
Da(g/cm ³)	0,89	1.09	0,57
Dr(g/cm ³)	1,9389	2,2799	2,0721
Porosité (%)	53,88	51,89	72,46
Granulométrie	Argile (%)		
	Limon(%)		
	Sable fin (%)		
	Sable grossier (%)		
Classe textural	limoneuse	limoneuse	limoneuse
H%pF2.5			
H%pF4.2			
Perméabilité			
M.O (%)	4,8612	3,1135	2,2917
CE (μ S/Cm) 1/5	0.0813	0.0349	0.0 663
Salinité	0	0	0
pH eau (1/2.5) à 25°c	5,04	4,83	6,65
TDS	79	32	76

La couleur change du 10 YR 5/4 (yellowish brown), en surface et (H 01) et en milieu en (H 02) 10 YR 4/6 (dark yellowish), à 10YR 6/8 (brownish yellow), en profondeur (H 03).

Structure est grumeleuse polyédrique fine surface, à structure polyédrique fine en profondeur

Texture -limoneuse, à tout profil

Le pH est peu acide pour tous les horizons, la CE est faible pour tous les horizons, le profil est non salé.

La matière organique est élevée pour tous

1.6. Description morphologique du profil 06

- o **Nom du profil** : Forêt domaniale lemdjaja, Baloute à Zahra commune de Bouchtâta
- o **Numéro du profil** : 06
- o **Date de prélèvement** : 29/04/2024

- o **Localisation** : 36° 48' 26''N 6°45'55'' E / Altitude : 538.33 m
- o **Physiographie** : Haut de Montagne
- o **Topographie** : Pente : 40 %
- o **Drainage** : Bon.
- o **Végétation** : Chêne liège
- o **Matériaux parentaux** : marne
- o **Classification CPCS (1967)** : Sols à sesquioxyde de fer.

Horizon H1 : (0 – 40 cm)

Friable, frais, couleur à l'état sec 10 YR 4/4 (dark yellowish brown), couleur à l'état humide 10YR 6/3 (pale brown), texture argileuse, structure grumeleuse à polyédrique fine à moyenne, poreux, présence de quelques pierres, graviers et cailloux (30 %), enracinement dense (racines fines), pas d'effervescence à l'HCl, transition nette.

Horizon H2 : (40- 64 cm)

Compact, sec, couleur à l'état sec 10 YR 6/6 (brownish yellow), couleur à l'état humide 2.5YR 5/6 (red), texture limoneuse, structure grumeleuse à polyédrique fine, peu poreux avec quelques galeries de faune, présence de 30% d'éléments grossiers, présence de quelques fines racines, peu de matière organique, pas d'effervescence à l'HCl,

Une prise de vue du profil est présentée dans la figure



Figure 31: Photographie du profil 06

Tableau 10: résultats analytiques physico-chimiques du profil 06

Horizon		P6H1	P6H2
Profondeur (cm)		(0- 40cm)	(40- 64cm)
Da(g/cm ³)		1,10	1,24
Dr(g/cm ³)		1,9245	2,1447
Porosité (%)		42,70	42,05
Granulométrie	Argile (%)		
	Limon(%)		
	Sable fin (%)		
	Sable grossier (%)		
Classe textural		argileuse	limoneuse
H%pF2.5			
H%pF4.2			
Perméabilité			
M.O (%)		4,2186	3,1498
CE (μ S/Cm) 1/5		0.0491	0.045
Salinité		0	0
pH eau (1/2.5) à 25°c		3,69	5
TDS		46	42

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

Structure est grumeleuse à polyédrique fine à tout le profil

Texture est argileuse en surface à texture limoneuse, en profondeur

Le pH est acide pour tous les horizons, la CE est faible pour tous les horizons, le profil est non salé.

La matière organique est élevée pour tous

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 1.30 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.

Tableau11 : résultats de Da pour tous les profils.

	Profil 01	Profil 02	Profil 03	Profil 04	Profil 05	Profil 06
Horizon 1	1.3	1.13	0.92	0.95	0.89	1.10
Horizon2	1.12	1.11	0.89	1.08	1.09	1.24
Horizon3	1.02	1.12	1.03	/	0.57	/
Horizon4	/	1.32	1.05	/	/	/

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.

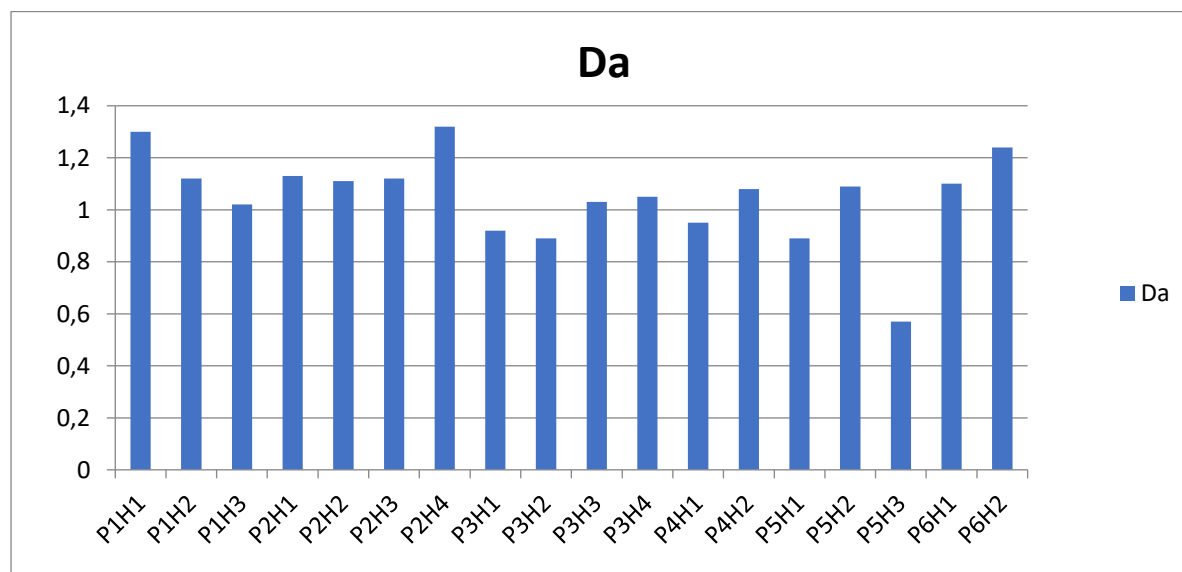


Figure 32 : histogramme représentatif des valeurs de la Da pour tous les profils

3.Densité réelle (Dr)

Tableau12 : résultats de Dr pour tous les profils.

	Profil 01	Profil 02	Profil 03	Profil 04	Profil 05	Profil 06
Horizon 1	2.06	2.30	2.27	1.74	1.93	1.92
Horizon 2	2.30	2.22	2.18	2.27	2.27	2.14
Horizon 3	2.13	2.15	2.09	/	2.07	/
Horizon 4		2.06	2.22	/	/	/

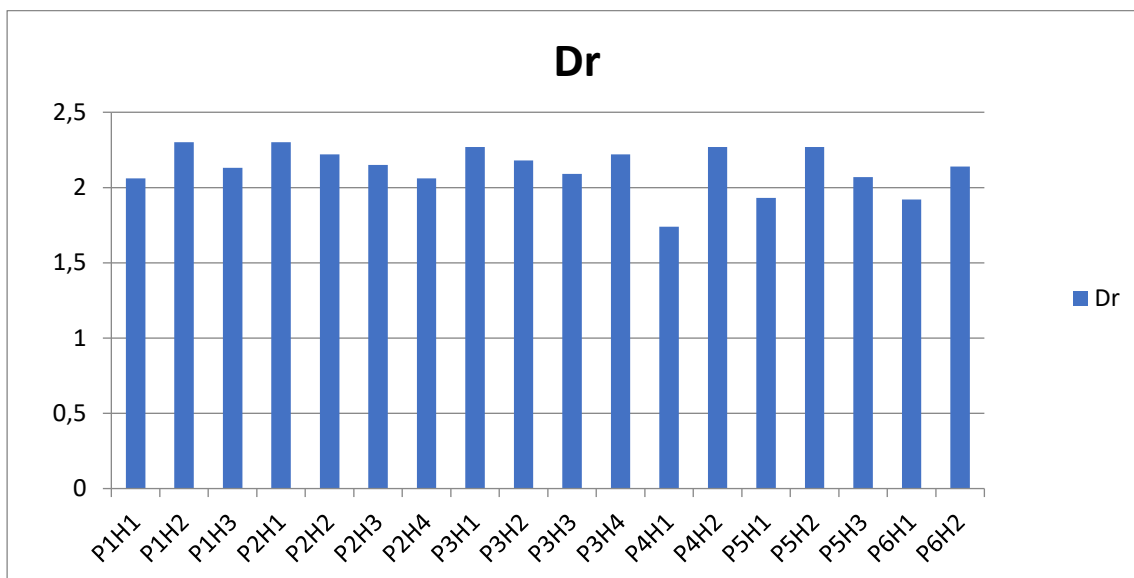


Figure 33 : histogramme représentatif des valeurs de la Dr pour tous les profils

4.Porosité

Tableau13: résultats de porosité pour tous les profils.

	Profil 01	Profil 02	Profil 03	Profil 04	Profil 05	Profil 06
Horizon 1	36.89	50.86	49.47	45.40	53.88	42.70
Horizon2	51.30	45.04	59.17	52.42	51.89	42.05
Horizon3	43.66	47.90	50.17	/	72.46	/
Horizon4	/	35.92	52.70	/	/	/

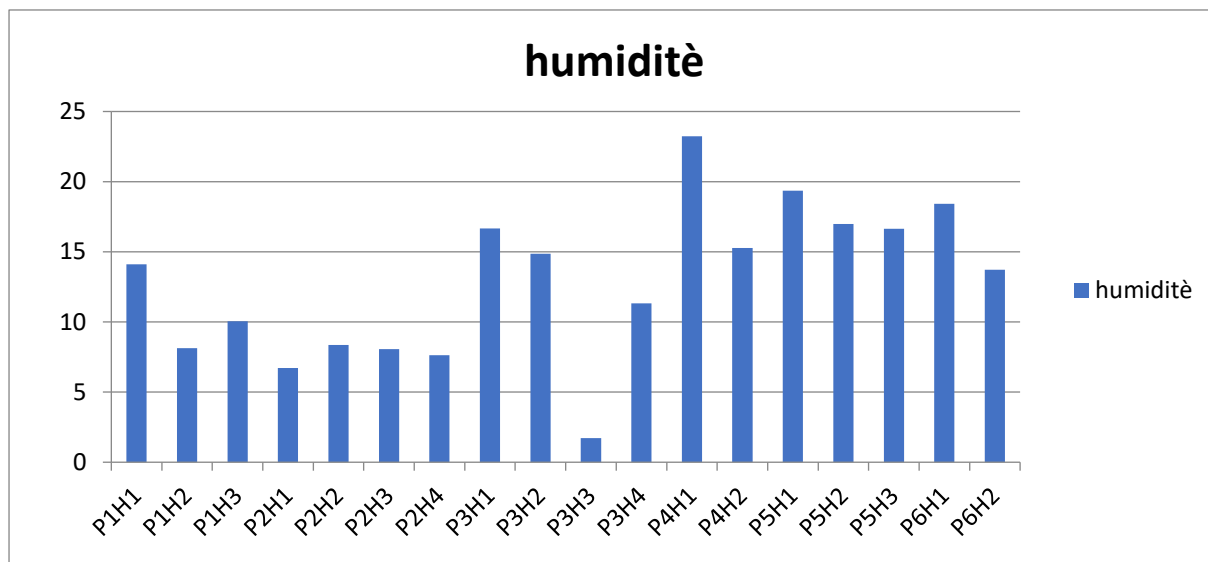


Figure 34 : histogramme représentatif des valeurs de l'humidité pour tous les profils

Conclusion générale

L'objectif de notre travail de mémoire d'étudier les caractéristiques physiques de solde de la région de Ramdane Djamel et bouchtata qui fait partie de la wilaya de Skikda. Afin de leur classe et leur classification.

Selon les résultats morphologiques et analytique, il fait ressortier une certaine hétérogénéité des sols.

Des sols pour évolué profil 01 et 03, sol é ses quouyal de fer profil 03, 05, 06 et sol vertique profil 04 (dans les sols de ramdane djamal)

Done les sols de ramdane djamal, sols peu évalue sesquisey de fer et ventés.

Et les sols su bouchtata sont sesquioxyde de fer

Références

- Perrier, E. (1995). Structure géométrique et fonctionnement hydrique des sols: simulations exploratoires. Editions de l'Orstom
- AMANDINE, L. (28 novembre 2012). Pédologie 1 : Notions de base. Liège: Unité de Science du Sol.
- Stengel P., 1990. Caractérisation de l'état structural du sol. Objectif et méthodes. La structure du sol et son évolution, Laon, Paris, INRA. 15-36.
- Dexter A.R., 1988. Advances in characterization of soil structure. Soil & Tillage Research, 11 : 199-238.
- SCHAFFER, b., SCHULIN, R., Boivin, P. 2008 : changes in shrinkage of restored soil
- Gobat J M., Argno M., Mathey W., 2010. Le Livre (Le Sol Vivant: Base De Pédologie Et Biologie Des Sols). 3eme Edition Revue Et Augmentée P150-165/2010
- Gobat J.M, Aragno M et Matthey W., 2010. Le Livre (Le Sol Vivant : Base De Pédologie Et Biologie Des Sols). 3eme Edition Revue Et Augmentée P150-165.
- Baldock, J., et J. Skjemstad, 2000. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. Org. Geochem. 31: 697–710. DOI:10.1016/S0146-6380(00)00049-8.
- Huang, Q.Y., W. Liang and P. Cai, 2005. Adsorption, desorption and activities of acidphosphatase on various colloidal particles from an Ultisol. Colloid Surf B 45:209–214.
- Feller, J., P. Finnegan, J. Hayes (2008) Delivering the “whole product:” Business model impacts and agility challenges in a network of open source firms. J. Database Management 12(2) 95–108.
- SAIDI, D. (s.d.). COURSE DE PEDOLOGIE GENERALE. FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE: UNIVERSITE HASSIBA BENBOUALI CHLEF.
- Calvet, R. (2013). Le Sol. Constitution, Propriétés Physiques, Organismes vivants: rôles, biodisponibilité de l'eau des nutriments et des substances toxiques, Qualité des sols, relations avec la qualité de l'air et des eaux. France Agricole, 678P.

Références

- Gobat, J. M., Aragno, M., & Matthey, W. (2013). LE SOL VIVANT BASES DE PÉDOLOGIE, BIOLOGIE DES SOLS. PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES.
- DADI BOUHOUNE et HAMDI AISSA, 2008. Travaux pratique d'écopédologique. Université de Kasdi Merbah Ouargla
- Calvet, R (2003) Le Sol : Propriétés Et Fonctions. Tome 1 : Constitution Et Structure, Phénomènes Aux Interfaces. DUNOD. France Agricole. 456 P
- Dussault, M. (2006). Validation d'un indice de la stabilité relative des sols par l'évaluation de l'activité enzymatique dans le contexte d'une contamination au cuivre. École Polytechnique de Montréal.
- Calvet, R. (2013). Le sol, Constitution, propriétés physicochimiques et chimiques, organismes vivants: rôles, biodisponibilité de l'eau, des nutriments et des substances toxiques, Qualité des sols, relation avec la qualité de l'air et des eaux (éd. 2e édition). France Agricole.

- Denis baize, petit lexique de pédologie, édition Quae, 2004, p.190
- Patrick de wever ,jean-marie rouchy ,peinture sèche et sacrée :l'ocre ,EDP sciences, 2018 (lire en ligne (archive)) , p.7
- GIRARAD M.C ; al, 2011. Etude des sols description cartographie utilisation DUNOD Paris.404p.
- Duchaufour ph 2001 : Introduction à la science du sol 6ème édition Paris, 314p.

- Prone 2003.
- Calvet, R. (2003). Introduction à la science du sol. 2nd edition. Paris: Dunod. pp. 12-13.
- Calvet, R. (2003). Introduction à la science du sol. 2nd edition. Paris: Dunod. pp. 45-46.
- Calvet, R. (2003). Introduction à la science du sol. 2nd edition. Paris: Dunod. pp. 78-79.
- Calvet, R. (2013). Le sol: propriétés et fonctions. Paris: Dunod. pp. 22-23.

Références

- FAO. (2022). Status of the World's Soil Resources: Main Report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. pp. 45-46.
- Soil Science Society of America. (2021). Glossary of Soil Science Terms. Madison: SSSA. pp. 89-90.
- Brady, N.C., & Weil, R.R. (2017). The Nature and Properties of Soils. 15th edition. Upper Saddle River: Pearson. pp. 101-102.
- Duparque, A., & Rigalle, G. (2011). Les sols et leur gestion. Paris: Lavoisier. pp. 56-57.
- Smith, P., & Doran, J.W. (2020). Global Soil Organic Carbon Dynamics. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 78-79.
- □ Gérard Gros Claude, l'eau, édition Quae, 1999 ,p . 62 existences de saisons sèches
- □ □ Hillel D. 2004: Introduction TO soil physics- Ed-Academic press. New York, USA.
- □ Girard. M. C. 2011 : étude des sols .Description, cartographie, utilisation. Dunod, Paris 2011. 108 p
- □ Prone 2003 : in Bouria Halima et laibe karima 2017 :2018, caractéristiques physiques du sol de la région de tamalous. P 07.
-
- □ Soltner, 2000 : La base de la production végétale, le sol et son amélioration 2^{ème} édition Sciences et technique agricole tome I 471 p.
- □ Mathieu C et Pielain F. 1998 : Dictionnaire de sciences du sol...
- □ Drdour H. 1999 : les constituants du sol, cours de pédologie général programme 1^{er} année ENSAINA EL. Harrach 77p.
- □ Lozat J et Clement M. 2002 : Dictionnaire de science du sol, 4^{ème} édition Lavoisier
- □ Duchaufour ph 2001: Introduction à la science du sol 6^{ème} édition Paris, 314p.
- □ Mathieu C et Pielain F, 1998 : Dictionnaire de science du sol, 275p.
- □ ALONGO, S. & KAMBELE, F (2013) Évolution de la densité apparente et du rapport
- c/n du sol
- □ Bastet G.(1999) : Estimation des propriétés de rétention en eau à l'aide de fonction de de pédotransfert :Ecoulements au travers les milieux poreux, développement de nouvelles approches. Univ. d'Orléans. 214p.

Références

- □ El GONNOUNI, 2010) : Problème de mécanique des sols Problème relié à l'eau: boullance, renardage, Problème de déformations tassement admissible.
- □ Désiré K M (2009) : Hygromètre des sols, Université de conservation de la nature et de développement de Kasugho, Licence en Sciences, 38 p.
- Webographie
- □ https://www.fr.m.wikipedia.org/wiki/occupation_des_sols