

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

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomiques

Option : Science du sol

Mémoire de MASTER II :

Thème :

**CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS
D'UNE TOPOSEQUENCE DANS LA VALLEE DE ZERAMANA
(EL-HADAÏK SKIKDA)**

Présenté par :

- **Doukhane Amira**
- **Harhoud Rokaya**

Membres de Jury:

Mr Laibe Djamel Eddin	(MAA)	Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr :Hannachi Abd El Hakim	(MCA)	Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme :Bounouara Zohra	(MCA)	Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2022-2023

REMERCIEMENT

Ce travail a été réalisé au niveau du département d'agronomie de l'université 20 aout 1955 de Skikda en vue d'obtention du diplôme de Master en science du sol.

Nous tenons tout d'abord à remercier chaleureusement notre encadreur Madame **BOUNOUARA Zohra**, enseignante à l'université de Skikda, pour son encadrement, ses conseils et sa disponibilité, nous lui témoignons toute notre reconnaissance pour les fructueuses discussions que nous avons eues ensemble, et de nous avoir accordé sa confiance pour travailler sous sa direction, nous en profitons aussi pour saluer la qualité de son encadrement.

Nous exprimons aussi nos remerciements au président de jury : Monsieur **Laibdjemeleddin** enseignant à l'université de Skikda, ainsi qu'à notre examinatrice **Hanachihakim** enseignante à l'université de Skikda, d'avoir accepté de sujet notre travail, qu'ils trouvent ici nos profonds remerciements et gratitude.

Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble de tous les enseignants qui nous avaient enseigné pendant nos études, et toutes les ingénieures de laboratoire : **Boughandjioua Rym, Bouatrous Aziza** et **Boukoffa Sabrina**. Aux responsables de la conservation des forêts de Skikda et en particulier à la circonscription des forêts de la commune d'El-hadaik .

Nos clorons ces remerciements par une pensée personnelle aux membres de nos familles et a nos amis, nous remercions alors très chaleureusement nos parents, nos frères et nos soeurs qui nous ont toujours fait confiance tout au long de nos études, nous les remercions pour leur soutien et encouragement. Nous pensons aussi à tous nos amis et collègues, nous leurs adressons ainsi tous nos remerciements.

DEDICACE

J'ai le plaisir de dédier le fruit de mon travail :

A DIEU le plus puissante :

Qui m'a donnée : la santé, la force, le courage, la croyance, le soutien

Malgré tous les difficultés pour être la aujourd'hui.

A mes parents :HARHOUDTAHAR etHANIFA HARHOUD.

Grace à vos tendres encouragement et vos grandes sacrifices, et votre assistance morale et financière, vous avez pu créer le climat

Affectueux propice à la poursuite de mes études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mes respecte, mes

Considérations et mes profonds sentiments pour vous.

Je prie dieu de vous bénir, de veiller sur vous, et j'espère que vous serez toujours fiers de moi.

A mes frères :ADDEL,FARES,SOUFIANE ,ABD ELRAFIK

A mes souer :SALIHA, SOUAED,SALIMA, WASILA, SOUMIA,

A mes petits anges

A Tout mes amies AMIRA,HASSIBA, IBTISSEM, SELMA, HALIMA

A ma binôme de mémoire AMIRA

A tous mes amis de ma promotion 2023.

HARHOUD ROKAYA .

DEDICACE

J'ai le plaisir de dédier le fruit de mon travail :

A DIEU le plus puissante :

Qui m'a donnée : la santé, la force, le courage, la croyance, le soutien

Malgré tous les difficultés pour être la aujourd'hui.

*A mes parents : **DOUKHANEELHOUSIN** et **GABOUR HADA***

Grace à vos tendres encouragement et vos grandes sacrifices, et votre assistance morale et financière, vous avez pu créer le climat

Affectueux propice à la poursuite de mes études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mes respecte, mes

Considérations et mes profonds sentiments pour vous.

Je prie dieu de vous bénir, de veiller sur vous, et j'espère que vous serez toujours fiers de moi.

*A mes frères : **AOUTMAN, AYMEN, MESAB, SOUHAIB, ILYES***

*A mes souer : **MERIEM, CHAIMA***

A mes petits anges

*A Tout mes amies **ROKAYA, HASSIBA, IBTISSEM, SELMA, AMEL***

*A ma Binôme de mémoire **ROKAYA***

A tous mes amis de ma promotion 2023.

DOUKHANE AMIRA.

Sommaire

List des Abréviation	
Liste des Figures	
Liste des Tableaux	
Introduction	1
Chapitre 1 : Revue bibliographique	
Les propriétés physiques :	
1. . les phases sol	3
2. caractéristiques et constituant sol	3
2.1 Texture	3
2.1.1. La classification de la texture	4
2.1.1.1 textures sableuse	4
2.1.1.2 textures argileuses limoneuses	4
2.1.1.3 textures argileuses	4
2.1.1.4 textures équilibrées	5
2.1..2 Analyse granulométrique	5
2.2 La structure	5
2.2.1 Les principaux types des structures	5
2.3 La porosité	6
2.3.1 La densité apparente(Da)	6
2.3.2la densité réelle(Dr)	6
2.4. L'eau dans le sol	6
2.4.1 Humidité	6
2.4.2Rétention du l'eau dans le sol	7
2.4.3 Les états de l'eau dans le sol	7
2.4.4 La notion du potentiel matriciel et le Pf.	7
2.4.4.1 Potentiel matriciel	7
2.4.4.2 La capacité de la rétention	7

2.4.4.3 Le Pf	8
2.4.4.4 Point de fletrissement	8
3. Les propriétés chimiques	8
3.1 Complexe absorbant	8
3.1.1 Valeur caractéristique	9
3.1.2 La capacité d'échange cationique	9
3.1.3 Cation basique échangeable	9
3.1.4 Taux de saturation du sol	10
3.1.5 Taux de saturation des complexes argilo-humique	10
3.2 la solution du sol	10
3.2 .1 Composition de la solution du sol	11
3.2.2 Caractéristiques de la solution du sol	11
3..3La réaction de la solution du sol	11
3.3.1 PH d'une solution et pH des sols	11
3.3.2 pH eau et pH KCL	12
3.4 Etude de la dynamique de l'acidité	12
3.4.1 Conception théorique de l'acidité du sol	13
3.4.2 Relation pH, acidité, taux de saturation	13
3.4.3 Processus de saturation et désaturation du complexe absorbant	14
3.4 .4 processus d'appauvrissent (entraînement des solubles)	14
3.5.5 Processus d'accumulation (saturation du complexe absorbant)	15
4. LES CLASSIFICATON DES SOLS	15
4.1 INTRODUCTION	15
4.2 La classification française (CPCS, 1976)	15
4.2.1 Les classes des sols	16
4.2.1.1 Classe des sols minéraux brut	16

4.2.1.2 Classe des sols peu évolués	16
4.2.1.3 Classe des sols calcimagnésiques	16
4.2.1.4 Classe des sols vertisols	16
4.2.1.5 Classe des sols isohymiques	16
4.2.1.6 Class des sols brunifiés	16
4.2.1.7 Classe des sols podzoliques	17
4.2.1.8 Classe des sols andosols	17
4.2.1.9 Classe des sols ferralitiques	17
4.2.1.10 Classe des sols sodiques	17
4.2.1.11 Classe des sols hydro morphes	17
4.2.1.12 Classe des sols sesquioxydes de fer	17
4.3 La classification américaine	17
4.3.1 les classes des sols :	17
4.3.1.1 Alfisols :	17
4.3.1.2 Andisols	18
4.3.1.3 Aridisol :	18
4.3.1.4 Entisols	18
4.3.1.5 Gelisols	18
4.3.1.6 histosols	18
4.3.1.7 inceptisols	18
4.3.1.8 mollisols	19
4.3.1.9 oxisols	19
4.3.1.10 podzosols	19
4.3.1.11 ultisols	19
4.3.1.12 vertisols	19
Chapitre N°02 : méthodologie de travail	
1. Etude du milieu physique et chimique	21
1.1 Présentation général de wilaya de Skikda	21

1.2 Présentation de la zone d'étude	22
1.2 .1 Situation géographique	22
1.3.Etudes de milieu naturelede la zone d'étude	23
1.3.1. le climat	23
1.3.1.1 le régime des précipitations	23
1.3.1.2 Lerégime des températures.	24
1.3.1.3 Variationdeclimat (Pluviométrieettempérature)	25
1.3.1.4 L'humiditérelative del'air	28
1.3.1.5 Le vent	28
1.3.1.6 L'insolation	28
1.3.1.7 L'évaporation	28
1.3.1.8 Les orages	28
1.3.1.9 Le brouillard	29
1.3.1.10 Le pédoclimatique	29
1.3.2 La géomorphologie de la zone d'étude :	29
1.3.2.1 Les piémonts	30
1.3.2.2 Lapleine alluviale	30
1.3.2.3 Les terrasses anciennes et moyennes	30
1.3.2.4 Les terrasses récentes	30
1.3.2.5 Les alluvions	30
1.3.3 la géologie de la vallée de zeramna	30
1.3.3.1 description sommaire des terrains sédimentaires	31
2 Matériels et méthodes d'étude	33
2.1 Méthodologie de travail	33
Introduction	33
2.1.1 Travaux préliminaire	34
2.1.2 Prospection sur terrain	34
2.1.2.1 Réalisation des profils	34

2.1.2.2 Description des profils	34
1. Les données générales	34
2. Les conditions atmosphériques	35
3. Les données concernant le milieu	35
4. Les données concernant le milieu	35
5. Description des horizons	35
2.1.2.2 Echantillonnage	35
2.2 Méthodes d'analyse	36
2.2.1 Analyses physiques	36
2.2.1.1 Granulométrie	36
2.2.1.2 Densité réelle	36
2.2.1.3 Densité apparent	36
2.2.1.4 L'humidité à différents pF	37
2.2.2 Analyse chimiques du sol	37
2.2.2.1 La capacité échangecationique CEC	37
2.2.2.2 Le pH eau Le pH kcl	38
2.2.2.3 La conductimétreélectrique CE	38
2.2.2.4 Calcaire totale	38
2.2.2.5 Matière organique	38
2.2.2.6 Les cations échangeables	38
Chapitre 03 : résultat et interprétations des données	
1. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n° 01	41
1.1 Description morphologique du profil n°01	41
1.2 Résultat analytique du profil n°01	42
1.3 Caractéristiques synthétiques et interprétations du profil n1	43
2. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n° 02	44

2.1 Description morphologique du profil n°02	44
2.2 Résultat analytique du profil n°02	45
2.3 Caractéristiques synthétiques et interprétations du profil 02	46
3. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n°03	46
3.1 Description morphologique du profil n°03	46
3.2 Résultat analytique du profil n°03	47
3.3 Caractéristiques synthétiques et interprétations du profil 03	48
4. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n°04	48
4.1 Description morphologique du profil n°04	48
4.2 Résultat analytique du profil n°04	49
4.3 Caractéristiques synthétiques et interprétations du profil 04	50
5. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n°05	50
5.1 Description morphologique du profil n°05	50
5.2 Résultat analytique du profil n°05	51
5.3 Caractéristiques synthétiques et interprétations du profil 05	52
6. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n°06	53
6.1 Description morphologique du profil n°06	53
6.2 Résultat analytique du profil n°06	54
6.3 Caractéristiques synthétiques et interprétations du profil06	55
2. Classification des sols et de leur couvert végétal au long de la toposéquence	56
2.1 les Alfisols (P6 et P5)	56
2.2 Les Inceptisols(P4,P3et P2)	56
2.2.3 Les mollisol(P1)	57

3. Caractéristiques physiques et chimiques des sols de la toposéquence	58
3.1 variation texturale des particules des sols (profil textural)	58
3.2 Les élément grossiers	59
3.3 la porosité, la densité réelle et apparente	59
3.4 variation vertical de carbone organique du sol selon la toposéquence (profil organique)	61
3.5 variation de la capacité d'échange cationique des sols	63
3.6 variation du pH selon la toposéquence	64
Conclusion général	65
Références bibliographiques	66
Résume	

Liste des abréviations

CO : Carbone organique

H : Horizon

P : Profil

Cm : Centimètre

g : Gramme

C : Carbone

MO : Matière organique

t Tonne

Ha hectare

M : mètre

Eg : Elément grossier

PH : potentiel d'hydrogène

CE : conductivité électrique.

CEC : capacité d'échange cationique

°C : Degrés Celsius

CO : Carbone organique

Da : Densité apparente

m/s : Mètre par seconde

mg/l : Milligramme par litre

mm : Millimètre

Ms/cm : Millisiemens par centimètre

P : Précipitation

T : Température

V : Volume

µm : Micromètre

CPCS : commission pédologique de la cartographies des sols.

Liste des tableaux

Tableau 1 :Echelle d'interprétation du PH (Baize, 1989).	12
Tableau 2 :Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 01	42
Tableau 3 : Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 02	45
Tableau 4 : Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 03	47
Tableau 5 : Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 04	49
Tableau 6 :Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 05	51
Tableau 7 : Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 06	54
Tableau 8 : sols étudiés selon la classificationsoiltaxonomy USDA (2014)	55

liste des figures

Figure 1 :Exemple sur le Triangle des textures selon USDA (Clapp et al 1978 ; Morel 1989).	4
---------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Figure 2 : présentation géographique de la wilaya de Skikda	21
Figure 3 : Situation géographique de la zone d'étude	22
Figure 4 : Températures moyennes annuelles (°C). (BENDER, 2011)	25
Figure 5 : Diagramme Ombrothermique selon la méthode de Gaussen(Période1983-2016)	25
Figure 6 :Climagrammed'EMBERGER	26
Figure 7a : Variation interannuelle de la pluviométrie (période 1983-2016). StationdeSkikda	27
Figure 7b :.Variationdelatempératuremoyenneannuelle (période1983-2016). StationdeSkikda	27
Figure 8 : Géomorphologie de la région de Skikda, il figure la vallée de SafSaf et la vallée de zeramna (Bensaid,1986)	29
Figure 9 : carte géographique de la région d'étude	32
Figure 10 : carte de végétation de la région d'étude	33
Figure 11 : présentation des profils étudiés sur la carte de googlearth	34
Figure 12 : détermination de la densité apparente par la méthode de cylindre	37
Figure 13 : matériel utilisé au laboratoire	39
Figure 14 : photo représentative de profil 1	41
Figure 15 : photo représentative de profil 2	44
Figure 16 : photo représentative de profil 3	46
Figure 17 : photo représentative de profil 4	48
Figure 18 : photo représentative de profil 5	50
Figure 19 : photo représentative de profil 6	53
Figure 20 :distribtion verticale de la granulométri des sols dans la profils selon la toposéquence (profil textural) A : argile, L : limon, S :sable	58
Figure 21 : répartition des éléments grossiers dans les profils d'étudies	59
Figure 23 : variation de la porosité des sols étudiés	60
Figure 24 : variation de la densité réelle des profils étudiés	61
Figure 25 : variation de la densité apparente des sol étudiés	61
Figure 22 : corrélation statistique entre la quantité de carbone et la porosité du sol	61

Figure 26 : distrubtion verticale du carbone organique total selon la toposéquence étudiés (profil organique)	62
Figure 27 : crrélation statistique entre la quantité de carbone et la porosité de sols	63
Figure 28 : variation de la CECdes sols étudiés	64
Figure 29 : corrélation statistique entre le taux de carbone organique et la CEC	64
Figure 30. : Répartition de pH de la région d'el hadaik	65

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale :

Le sol joue un rôle essentiel dans la fonction de l'écosystème terrestre. C'est une ressource importante qu'il convient de la protéger tenant compte de l'accélération de sa dégradation liée souvent à l'activité humaine.

Le sol est défini comme la couche superficielle du sol utilisable pour des productions agricole (soit une épaisseur de quelques centimètres à quelques mètres au maximal), il repose sur le sous-sol rocheux, il est constitué de particule solide (matière organique et matière minérale) et d'interstices pouvant contenir de l'eau et de l'air (MACKY 2001).

La variation spatiale des propriétés du sol est fortement influencée par la topographie, le matériau d'origine et la végétation (Ashley et al., 2014). En effet, Asadi et al. (2012) ont constaté, dans ces sens, que l'effet intégré de la topographie et de l'utilisation des terres détermine les propriétés du sol. Par ailleurs, la topographie est un facteur pertinent dans le contrôle des processus d'érosion des sols qui induisent la redistribution des particules et du carbone organique du sol (Ziadat et Taimeh, 2013).

De même, depuis une quinzaine d'années, de nombreuses études ont montré l'influence de l'utilisation des terres sur les propriétés physico-chimiques des sols tels que le carbone organique du sol, le pH, la quantité d'azote (N), la texture et le rapport C/N (Parras Alcantara et al, 2013). En outre, le carbone et l'azote sont considérés comme des indicateurs de la qualité du sol et comme une première source de la fertilité des sols. Pour cela, il est nécessaire d'expliquer la relation entre les propriétés du sol et la position topographique (Fernández-Romero et al. 2014). L'étude des positions topographiques est liée à la notion de toposéquence définie comme « un objet géographique qui maintient la connectivité de flux depuis le sommet de versant jusqu'à la base (hillslope conclusion) » (Gessler et al. 1996). Cependant, dans les zones naturelles méditerranéennes, peu de données sont disponibles relatives à la topographie et au contrôle qu'elle exerce sur les propriétés du sol (Lozano-García et Parras-Alcántara, 2014).

L'étude des sols d'Algérie constitue une préoccupation majeure des spécialistes algériens en Science du sol (Halitim, 1988, Daoud, 1999). Toutefois, chaque étude pédologique d'une région naturelle nécessite un effort d'investigation très important (investigation sur le plan humain, logistique, financier et scientifique). En effet, des études anciennes sur la région de Skikda mènent à caractériser ses sols et comprendre leur comportement (Belaïssaoui 1995, Bensaid, 1986). Toutefois, ces études restent très rares, signalant que la région de Skikda est caractérisée par une grande différenciation topographique, entre montagne, piémont et plaine alluviale, et une variation végétale importante, entre forêts, maquis et terres agricoles. La

Introduction générale

topographie accidenté, en plus de climat humide de la région et les pluies orageuses contribuent à des graves formes d'érosion aboutissant à une dégradation des sols et à des changements de leurs types et leurs état.

C'est dans cette optique qu'une toposéquence représentative a été étudiée dans la vallée de Zeramna à El Hadaiek, Skikda (Algérie) afin de fournir des éléments de base susceptibles de faire ultérieurement l'objet d'analyses complémentaires et mettre en évidence la distribution spatiale de la couverture pédologique (cartographie) et de proposer éventuellement un plan d'aménagement du bassin versant contre l'érosion.

Les objectifs de ce travail sont:

- Contribuer à une meilleure connaissance des sols d'une toposéquence dans la vallée de Zeramna El hadaiek Skikda, pour comprendre l'actuelle couverture pédologique.
- Déterminer les propriétés physiques et chimiques des sols de la toposéquence, et voir leurs effets sur le type de sol.
- Proposition d'un plan d'aménagement du bassin versant, et un système d'évaluation et de mise en valeur de ses sols, contribuant à une meilleure conservation des sols contre l'érosion hydrique et la dégradation des sols.

Ce travail comporte trois chapitres :

- Le premier chapitre : c'est une revue bibliographique.
- Le deuxième chapitre : c'est la méthodologie de travail et le milieu naturel.
- Le troisième chapitre : sera consacré aux résultats et interprétation des données
- Nous terminons enfin par une conclusion générale.

CHAPITRE I
REUVUE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Les phases du sol

Trois phases son en générale présentes dans les sols (Raoul Calvet, 1999) :

- la phase solide : assemblages de minéraux et de matières organiques : ces assemblages ne sont pas compacts et ménagent un espace poral contenant les deux autres phases qui constituent la phase fluide.
- la phase liquide ou solution du sol.
- la phase gazeuse ou atmosphère du sol.

L'espace poral contient également des organismes vivants : racines, microflore, microfaune et macrofaune.

Les proportions des volumes occupés par les phases solides et fluides (l'espace poral) varient beaucoup selon les matériaux et leur histoire. Les sols se situent entre deux extrêmes :

- les suspensions ou la phase liquide occupe plus de 90% du volume total.
- les matériaux compacts ou, au contraire, la phase solide occupe plus de 95% du volume total.

Les proportions des minéraux et de matières organiques sont variables selon la nature des sols.

Les proportions des phases liquide et gazeuse sont variables selon l'état d'hydratation du sol :

- dans un sol saturé en eau tout l'espace poral est plein d'eau,
- dans un sol sec, tout l'espace est plein d'air,
- dans un sol non saturé en eau, les proportions d'eau et d'air varient selon l'hydratation du sol ; plus le sol est hydraté, plus la proportion d'eau est grande (**Raoul Calvet, 1999**).

2. Caractéristiques physiques du sol

2.1.Texture

La texture des sols dépend de la nature de fragment de la roche mère 'est-à- dire de la fraction minérale. Elle correspond à la composition granulométrique du sol (**Mathieu et al, 2007**).

La texture du sol c'est la proportion de particules minérales des différentes tailles qui constituants (**Prévoist, 2006**).

La texture est aussi un jugement global sur la composition granulométrique porté sur le terrain grâce à des sensations tactiles, mais aussi optiques et auditives, en l'absence de

toute analyse, c'est ainsi que les pédologues fait économiser un grand nombre d'analyse, cependant dans certains cas des erreurs importantes peuvent être commises (**Baïse, 2000**).

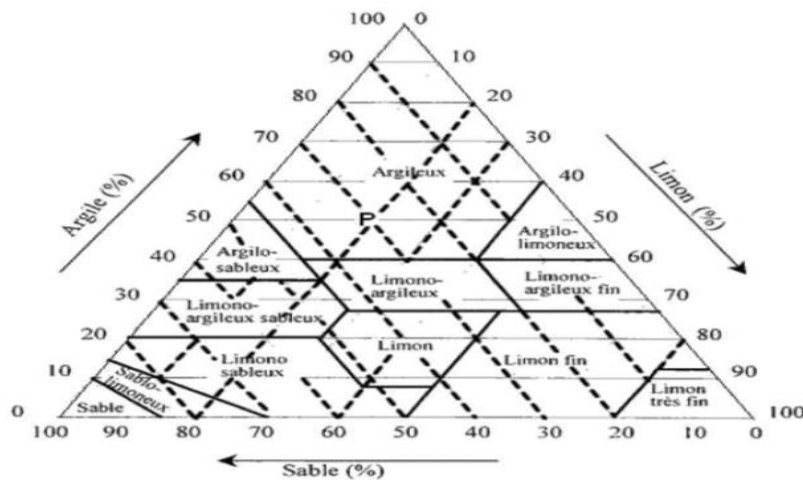


Figure 1 : Exemple sur le Triangle des textures selon USDA (Clapp et al 1978 ; Morel 1989).

2.1.1. La classification des textures :

Cette classification offre une grande importance dans la mesure où elle permet de définir, en combinaison avec la structure, l'essentiel des propriétés physiques du sol (**Baïse, 2000**).

2.1.1.1. Textures sableuse :

Sol bien aéré, facile à travailler, pauvre en réserve d'eau, pauvre en élément nutritifs, faible capacité d'échange anionique et cationique.

2.1.1.2. Textures argileuses limoneuses :

L'excès de limon et l'insuffisance d'argile peuvent provoquer la formation d'une structure massive, accompagnée de mauvaises propriétés physiques.

2.1.1.3. Textures argileuses :

Sol chimiquement riche, mais à mauvaises propriétés physiques ; milieu imperméable et mal aéré Formant obstacle à la pénétration des racines ; travail du sol difficile, en raison de forte plasticité (état humide), ou de la compacité (état sec).

2.1.1.4. Textures équilibrées :

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 (**Duchaufour, 2001**).

2.1.2. Analyse granulométriques

L'analyse granulométrique est une opération de laboratoire qui implique la dissociation complète du matériau pédologique jusqu'à l'état de particules élémentaires et donc la destruction totale des agrégats et fragment d'agrégats. Elle nécessite ainsi de supprimer l'action des ciments **(baise, 2000)**.

L'échelle de la dimension des particules est le suivant :

Eléments grossiers :

- Cailloux, pierres, blocs : $D > 20\text{mm}$
- Graviers : $2\text{mm} < d < 20\text{um}$

Terre fine : $< 2\text{mm}$

- Sables grossiers : $0,2\text{mm} < d < 2\text{mm}$
- Sable fins : $50\text{um} < d < 200\text{um}$
- Limons grossiers : $20\text{um} < d < 50\text{um}$
- Limons fins : $2\text{um} < d < 20\text{um}$
- Argiles : $d < 2\text{um}$

2.2.La structure

La structure désigne le mode d'assemblage des particules, elle détermine la répartition dans l'espace de la matière solide et des vides (ou pores) dont certains sont occupés par l'eau, d'autre les plus grossiers par de l'air: cette répartition condition l'ensemble des propriétés physiques fondamentales du sol: aération et possibilités de respiration des racines, rétention, par les fonctions capillaire, d'un réserve d'eau utilisable par les plantes en période sèche **(Duchaufour,1988 et Derdour,1999)**.

Les principaux types de la structure

On distingue trois principales classes de structure :

- **La structure fragmentaire**
- **La structure particulaire**
- **La structure continue**

2.3.La porosité

La porosité est le volume d'un sol qui n'a pas occupé par ses constituants solides. Elle correspond donc aux vides du sol qui peuvent être remplis par de l'eau et/ou l'aire, en proportion

variable selon les conditions climatiques. La porosité (P) est aussi le pourcentage de volume du sol occupé par ses vides ; elle se calcule alors par la formule suivante (**Girard et al, 2001**).

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

2.3.1. La densité apparente (Da)

La densité apparente est la densité du sol sec, concernant l'ensemble de la fraction solide et des pores, elle est donnée par la formule suivant (**Prone, 2003**) :

$$Da = \frac{p}{v}$$

2.3.2. La densité réelle (Dr)

La densité réelle est la densité de la fraction solide sans prendre en compte les vides : pour les sols silicatés, pauvres en matières organiques, elle varie très peu (2,6 à 2.7 environ). Elle est donnée par la formule suivant (**porne, 2003**):

$$D_s = \frac{\text{poids du solide sec}}{\text{poids d'un volume d'eau}}$$

2.4.L'eau dans le sol

L'eau du sol a une importance considérable ; d'une part intervient dans la nutrition des plants, à la fois directement et indirectement, en tant que véhicule des éléments nutritifs dissous ; d'autre part, c'est un des principaux facteurs de la pédogenèse, qui conditionne la plupart des processus de formation des sols (**Duchaufour, 2001**).

2.4.1. L'humidité

L'humidité du sol a une mesurés importance pour la détermination du potentiel de reproduction d'une culture. Elle est aussi importante pour la modélisation des bassins de drainage ou l'humidité dans le sol reflète la qualité d'eau présente dans les deux premiers mètres du sol.

L'humidité représente le rapport entre le poids d'eau contenu dans un certain volume de sol et le poids de grains solides contenus dans le même volume (**LOZ et Mathieu, 2002**).

2.4.2. La rétention du l'eau dans le sol

C'est une retenue dans le sol dans les pores et par interaction avec les minéraux argileux. La quantité d'eau retenue à un endroit et un moment donné dépend principalement de plusieurs facteurs : la nature des constituants, la structure du sol, et les agents climatiques, précipitation

et la température. Il y a deux grands caractères de la rétention de l'eau dans le sol ; la teneur en eau et l'énergie potentielle de l'eau (Calvet, 2003).

2.4.3. Les états de l'eau dans le sol

Les sources principales de l'eau du sol, sont d'une part l'eau de précipitation et aussi dans certaines stations, l'eau souterraine et les pluies qui tombent à la surface du sol se subdivisent en divers fractions. Dans le sol, l'eau peu se trouve à différents états selon sa quantité et la manière dont elle retenue entre les particules et les unités structurale. (Duchaufour, 1988).

2.4.4. La notion du potentiel matriciel et de pF

2.4.4.1 Le potentiel matriciel

L'eau retenue dans le sol, dans la matrice poreuse, dans les capillaires, aux points de contact entre grains et autour des particules échappe à la gravité, cela signifie que son énergie libre a diminuée par rapport à celle de l'eau libre. Cette diminution d'énergie est appelée (potentiel matriciel), du ainsi à l'ensemble des forces de capillarité et d'absorption de la matière solide encore appelée (forces de sussions), le potentiel matriciel vari avec l'état de dessèchement du sol. Pour extraire l'eau du sol dans les divers états de ressuyage et de dessèchement, il donc exercé une pression déterminée pour chaque état (Mathieu et Pielain, 1998).

2.4.4.2 La capacité de la rétention en eau

Lorsque l'écoulement de l'eau par gravité cesse, un sol contient toute l'eau qu'il peut retenir : cette quantité d'eau correspond à la capacité de rétention (ou capacité au champ). La détermination rigoureuse de l'humidité à la capacité de rétention n'est pas aisée à réaliser au champ car tous les facteurs permettent une variation d'humidité (percolation, mais aussi évaporation et déplacement latéraux de l'eau) interviennent simultanément, et il difficile d'isoler l'effet de la seule percolation. C'est plus facile à réaliser au laboratoire ou tous ces facteurs peuvent être contrôlés. L'humidité à la capacité de rétention correspond alors à la valeur asymptotiques de la teneur en eau d'un échantillon préalablement saturé dont l'eau s'écoule par gravité (Girard et all ; 2011).

2.4.4.3 Le pF

Ainsi le potentiel de l'eau du sol peut varier de 0 en sol saturé à 1000 atmosphère (=10000,000cm/eau). En sol sec pour éviter la manipulation de nombre aussi en comburants,

Sheffield a proposé en 1935 d'exprimer le potentiel matriciel par le log de la hauteur d'ascension capillaire h évaluée en cm et il appelé pf par analogie avec le pH qui est aussi un log F correspondant libre qu'est le potentiel chimique de l'eau, (Chamayou, 1989).

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

Les valeurs du pf sont comprises entre 0 pour l'eau très faiblement retenue par le sol et 7 pour l'eau fortement absorbée sur la surface des particules, (Mathieu et pieltain,).

2.4.4.3

2.4.4.4 Le points de flétrissement

Correspond à la valeur limite de l'eau liée, donc non absorbable par les racines le pf concerné est relativement uniforme et indépendant de la granulométrie (Duchaufour, 2001). Le pf est égal au logarithme décimal de la valeur absolue du potentiel hydrique du sol exprimé en centimètres d'eau, le point de flétrissement permanent correspond ainsi à une pression de 15 bars soit un pf de 4,2 (Guyot, 1999).

3. Les caractéristiques chimiques du sol

3.1. Le complexe adsorbant

On désigne l'expiration adsorbant, l'ensemble des colloïdes (au sens large du terme, composés humiques et argiles), doté de charge négatives susceptibles de retenir les cations sous la forme dite échangeables, c'est-à-dire pouvant être remplacés par d'autres cations, dans certaines conditions précises. (Baize, 2000)

L'état du complexes adsorbant, et ses modification éventuelles par échange d'ions, offrent une importance considérables dans la mesure où ils régissent, par l'intermédiaire du PH, l'activité biologique, la structure et la fertilité minérales des sols. (Calvet, 2003)

Parallèlement, les minéraux insolubles du sol à charge positives (par exemple des oxyhydroxydes), retiennent, de la même façon les anions (PO_4^{-3} , SO_4^{-2}) : ils constituent un complexe anioniques. (Calvet, 2003).

3.1.1. Valeurs caractéristiques :

Elles permettent de caractériser, pour un sol donné, l'état du complexe adsorbant, qui est relativement constant pour un sol en équilibre stable milieu (en fait, il existe certaines variations saisonnières, dont il convient de tenir compte. (Baize et Jabiol, 1998)

On définit ainsi certaines valeurs caractéristiques, en utilisant un système d'unité, indépendant du poids atomiques des certains absorbés, donc permettant de les additionner ou d'établir des

rappports caractéristiques entre eau : ces unités sont les milliéquivalents (désignes par me.) exprimés pour 100g de matière sèche ; également le centime de mol par Kg (cmol^+Kg^1).

3.1.2. La capacité d'échange cationique

On rappelle capacité d'échange cationique (CEC) d'un horizon ou d'un échantillon, la quantité totale de certains que celui-ci peut retenir sur son complexe adsorbant, à un PH donné. A noter qu'il existe aussi une capacité d'échange anionique. **(Baize, 2000)**

La CEC correspond donc au nombre de sites négatifs proposés à l'adsorption par l'argile et l'humus du sol. chaque sol a un CEC bien précise qui corresponde à la quantité de cations qu'il peut fixer, a un PH donné. Ces cations peuvent être des acides faibles ou des acides forts (H_3O^+ notamment). Il est préférable que ce soit des acides faibles qui occupent les sites de fixation : Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ NH_4^+ car ceux-ci sont les plus intéressants d'un point de vue nutritif pour la plante.... Plus le sol est riche en argile et matière organique, plus la CEC est importante. **(Baize, 2000).**

3.1.3. Cations basiques échangeables

A égale concentration dans les solutions du sol, les différents cations ne sont pas absorbés de façon équivalente : on peut alors définir la force d'échange qui est surtout fonction de la valence : $\text{Al}^{+3} > \text{Ca}^{+2} > \text{K}^+$. À valence égale, les ions moins hydratés sont absorbés de façon préférentielle par rapport aux plus hydraté : $\text{K}^+ > \text{Na}^+$. Dans les sols riches en M.O. L'ion Ca^+ est favorisé par rapport aux autres cations en raison de l'affinité particulière des composés humiques pour ces cations. Au total, les ions basiques se classent, en ce qui concerne la force d'échange, de la façon suivante : $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ **(Baize et Jabiol, 1998).**

3.1.4. Taux de saturation du sol

Taux de saturation en bases échangeables (v) présente la plupart des sites du complexe argilo-humique occupés par les bases échangeables. En effet, sur le complexe argilo-humique, les bases échangeables n'occupent pas tous les sites des complexes ; les sites non occupés par les bases le sont par des ions hydrogènes (H^+).

Le taux de saturation en bases échangeable est exprimé (%) **(Hamouni et al, 2004).**

$$V = \frac{S}{CEC} \times 1000$$

3.1.5. Taux de saturation des complexes argilo- humique

Tous les sites de fixation des argiles et des humus du sol sont pourvus, la CEC est toujours saturée. Le taux de saturation sous-entend en fait la proportion de cations acides faibles sur l'ensemble de la CEC du sol. Exemple : Une valeur de 5% fréquent, par exemple, dans les sols ferrallitiques signifie que le complexe est saturé à 5% par des cations acides faibles, les autres sites étant occupés par des cations acides forts. On n'estime généralement qu'un taux de saturation du sol de 80

Minimum indique des réserves calciques suffisantes. Un TS suffisant n'assure pas toujours une stabilité absolue du PH, notamment sur les sols à faible pouvoir tampon, c'est pourquoi on pratique parfois la technique du chaulage. (Calvet, 2003).

3.2. La solution du sol

C'est de la solution du sol que la plante tire la plupart des éléments dont elle a besoin, autres que le carbone qu'elle tire (mais les légumineuses tirent aussi profit de l'azote atmosphériques fixé par des bactéries symbiotiques ou rhizobiums). (Soltner, 1985)

Le développement de la plante dans de bonnes conditions suppose une structure adéquate qui s'articule autour du complexe formé par l'argile et l'humus lequel assure la permanence de la solution et régule les échanges ioniques grâce à sa capacité de rétention en eau sa capacité d'absorption des ions. (Soltner, 1985)

On voit qu'il ne sert à de surcharger la terre en éléments fertilisants si le système ne fonctionne pas du fait d'une structure détériorée dans laquelle la solution du sol est peu accessible trop rapidement. (Lasnier, 1973)

3.2.1. Composition de la solution du sol

La détermination de la composition de la solution du sol nécessite la mise en œuvre des méthodes classiques de l'analyse chimique qui ne soulèvent généralement pas de difficultés particulières. Obtention de la solution, c'est à dire son extraction du sol, rencontre de nombreuses difficultés méthodologiques et phénoménologiques qui compliquent beaucoup l'interprétation des résultats obtenue. Notons seulement, ici que des indications approximatives peuvent toujours être obtenues et parfois être assez représentatives de la phase liquide du sol quand la teneur en eau est voisine de la saturation en eau. (Lasnier, 1973)

La composition de la solution du sol est déterminée par plusieurs phénomènes dont la variabilité fait qu'elle est aussi variable à la fois dans l'espace et dans le temps. (Calvet, 2003).

3.2.2. Caractéristiques de la solution du sol

La solution du sol est caractérisée par :

- La fraction de l'espace poreux occupée, c'est-à-dire la teneur en eau
- La concentration globale et la force ionique.
- Les concentrations en ions particuliers et principalement
- Les protons qui confèrent à la solution du sol une certaine acidité et qui donnent aux sols une réaction acide, neutre ou alcaline.
- Le cation sodium et certains anions qui sont à l'origine de l'alcalinité et de la salinité de la solution du sol.

3.3. La réaction de la solution du sol

3.3.1. Le pH d'une solution et pH des sols

La réaction d'une solution est due à la présence de protons et elle est caractérisée par son pH. La définition de cette grandeur dépend de la convention d'écriture utilisée (**Stumm et Morgan, 1981**)

La définition originale est celle de (**Srensen , 1909**)

$$\text{pH} = -\log[H^+]$$

La réaction d'une solution peut être définie par la détermination de son PH. En ce qui concerne le sol, cependant, la situation est plus compliquée. Il est certes possible d'extraire la solution du sol déterminé le PH. Il n'est cependant pas possible de déterminer le PH de suspension de matériaux terreux diversement concentrées en raison de phénomènes électrochimiques parasites, sauf quand la phase liquide est séparée de la phase solide. Dans tous les cas, on détermine le PH d'une solution en équilibre thermodynamique avec la phase solide ou supposée telle. C'est ce PH qui est appelé le PH du sol. Ce PH donne une indication sur la concentration en protons qui est fixée par les échanges ioniques avec la phase solide dans les conditions de la mesure, mais deux remarques doivent être faites. (**Jaillard et al, 1996**).

3.3.2. pH eau et pH KCl

- **pH eau**

La mesure du PH d'une suspension d'un échantillon de sol l'eau (PH eau) rend compte de la concentration en ions H_3O^+ à l'état dissocié dans le liquide sur nageant. Ces ions sont en équilibre avec ceux présents à l'état non dissocié, fixés sur certains composants solides du sol tels que les minéraux, les matières organiques et certains composés dans lesquels l'aluminium est associé à des molécules d'eau et à des OH^- , tempèrent les variations de PH du sol. La résistance que celui-ci au changement s'appelle le pouvoir tampon. Celui-ci sera d'autant plus

forte que le sol possède une CEC importante, donc qu'il contiendra d'avantage d'argile et de matière organique. Ce pouvoir tampon aura une importance pour (par exemple) faire passer le PH d'un sol cultivé de 6 à 7 par apport de calcaire. **(Baize, Jabiol, 1998)**

La mesure de PH peut se faire par des bandelettes colorées ou bien des PH-mètres.

Tableau 1 : Echelle d'interprétation du pH (Baize, 1989).

pH	< 5,5	5,5 - 6,5	6,5 - 6,8	6,8 - 7,2	7,2 - 7,5	7,5 - 8,5	> 8,5
Appréciation	Fortement acide	Acide Très	légèrement acide	Voisin de la neutralité	Légèrement alcalin	Alcalin	Fortement alcalin

- **pH KCl**

Dans une suspension de terre dans l'eau, tous les ions H^+ ne sont pas dissociés. Une partie d'entre eux est retenue énergiquement par des molécules organiques ou par des minéraux argileux les ions H^+ dissociés conditionnent le PH eau=acidité actuelle ; ceux qui ne sont pas dissociés constituent une acidité potentielle, la quelle peut être déterminée par neutralisation à l'aide d'une base. **(Baize, 2000)**

Le PH kCl est en outre un paramètre plus stable dans le temps que le PH eau **(Baize, 2000)**.

3.4 Etude de la dynamique de l'acidité

L'acidité d'un sol est un processus exprimant un équilibre ionique souvent dynamique dans le sol. Elle résulte de l'interaction des facteurs biotique et abiotique. Ce phénomène joue un grand rôle dans la formation et la différenciation des sols, car il oriente la pédogenèse, contrôle les réactions chimiques dans le sol et détermine l'activité biologique dans le sol, Il est l'origine de la variation du couvert végétal et il peut poser par conséquent des problèmes agronomiques aux agriculteurs. **(Sotlner, 1985)**.

3.4.1 Conception théorique de l'acidité du sol

Selon **(Aubert, 1995)**. L'acidité d'un sol peut être actuelle ou ponctuelle. L'acidité actuelle : correspond à la concentration en ions H^+ ou H_3O^+ à un moment donné dans la solution du sol. Elle exprime par le PH eau.

L'acidité ponctuelle : correspond à la somme des ions H^+ échangeables qui sont retenue par le complexe argilo-humique.

Sur le complexe adsorbant les ions échangeables sont en équilibre avec la solution du sol, et toute modification de la composition de la solution du sol provoque un changement de cet équilibre par (échange), certains ions du complexe passent en solution (**Duchaufour, 2001**)

3.4.2 Relation pH, acidité, taux de saturation

Demolon a considéré que les colloïdes du sol constitués par des acides insolubles au acidité, et les ions H^+ et cations métalliques se trouvent retenus en surface grâce à la charge du gros anion formé par la micelle. Lorsque les bases sont en quantité insuffisante pour neutraliser l'acidité superficielle de l'acidote, les ions H^+ passent en solution et se diffusent extérieurement pour engendrent l'acidité.

Celle-ci se trouve donc en relation étroite avec le taux de saturation. (**Demelon, 1966**)

Quand le complexe adsorbant est saturé en bases (dites aussi alcalines et alcalinoterreux), le de saturation ($V=S/T$) est élevé, le PH peut atteindre le maximum 11 à 12, et il n'est y a donc aucun ion acide.

Au contraire si le complexe argilo-humique est dé saturé , le taux de saturation est bas les ions générateur d'acidité H^+ et Al^{+3} (les premiers par action directe, les seconds de façon indirecte dans la mesure où ils libèrent des ions H^+ par décomposition de l'eau), prennent des proportions plus grandes sur la complexe adsorbant, le PH devient donc plus bas manifestant une acidité plus forte, connu, sous le nom d'acidité d'échange et évalué par simple différence

3.4.3 Processus de saturation et désaturation du complexe adsorbent

Ces processus sont liés aux mouvements des cations et substances dans le profil du sol particulièrement les alcalines et alcalino-terreux

Quand le complexe adsorbant est saturé en bases (dites aussi alcalines et alcalinoterreux), le de saturation ($V=S/T$) est élevé, le pH peut atteindre le maximum 11 à 12, et il n'est y a donc aucun ion acide.

Au contraire si le complexe argilo-humique est dé saturé , le taux de saturation est bas les ions générateur d'acidité H^+ et Al^{+3} (les premiers par action directe, les seconds de façon indirecte dans la mesure où ils libèrent des ions H^+ par décomposition de l'eau), prennent des proportions plus grandes sur la complexe adsorbant, le PH devient donc plus bas manifestant une acidité plus forte, connu, sous le nom d'acidité d'échange et évalué par simple différence

3.4.4 Processus de saturation et désaturation du complexe adsorbent :

Ces processus sont liés aux mouvements des cations et substances dans le profil du sol particulièrement les alcalines et alcalino-terreux Le processus d'entraînement qui affecte les

horizons de surface conduit à leurs appauvrissements et ils sont dits horizons alluviaux A une grande partie des éléments ainsi mobilisés peut être entraînée hors du profil, l'autre partie subit une redistribution ; c'est-à-dire dépose à un niveau inférieur du profil où se produit une accumulation, ces horizons sont appelés horizons illuviaux B enrichis.

(Duchaufour, 1977).

Le processus d'entraînement qui affecte les horizons de surface conduit à leurs appauvrissements et ils sont dits horizons alluviaux A une grande partie des éléments ainsi mobilisés peut être entraînée hors du profil, l'autre partie subit une redistribution ; c'est-à-dire dépose à un niveau inférieur du profil où se produit une accumulation, ces horizons sont appelés horizons illuviaux B enrichis **(Duchaufour, 1977).**

3.4.5 Processus d'appauvrissement (entraînement des solubles)

Il intéresse essentiellement les cations les plus mobiles, plus précisément les cations alcalino-terreux (Na^+ K^+ , Ca et Mg^{++}). Il provoque la désaturation du complexe adsorbant, et il est donc responsable de l'acidification du profil. Ce processus de désaturation du complexe affecte surtout les milieux non calcaires en condition chimique favorable et suffisante, selon il intervient dans tous les milieux à condition que le climat soit suffisamment humide pour l'élimination des bases échangeables par lixiviation, cela peut se rencontrer dans le milieu méditerranéen en saison humide **(Duchaufour, 1977)**

3.4.6 Processus d'accumulation (saturation du complexe adsorbant) :

Les progressions des cations alcalins et alcalino-terreux par lixiviation en milieu suffisamment humide à fort drainage climatique ou en topographie accidentée à un milieu moins perméable, peuvent conduire un appauvrissement de profil en ensemble et non seulement les horizons de surface, abouti à désaturation du complexe adsorbant sur tout le profil par le phénomène de soustraction **(Duchaufour, 1977)**

Ce processus peut prendre lieu en milieu méditerranéen, mais ce n'est pas toujours le cas, l'élément transporté par l'eau l'intérieur du sol peut ultérieurement s'y trouver fixé et s'accumuler à certain niveau, favorisent la restauration du complexe adsorbant, cela peut se faire par différentes manières.

Les bases provenant des horizons de la surface lors de lixiviation se retiennent et réabsorbés en B_1 par le complexe adsorbant, c'est surtout les cations bivalents qui sont retenus **(Duchaufour, 1977)**

L'ion K^+ peut être retenu par les argiles micacées qui peuvent prendre l'état échangeable, sous certaines conditions d'alternance pédoclimatique **(Duchaufour, 1977)**

4. LES CLASSIFICATION DES SOLS

Introduction

La classification des sols concerne les sols ayant une gamme similaire de propriété (chimiques, physiques et biologiques). Dans des unités qui peuvent être géo-référencées et cartographiées. Les sols sont une ressource naturelle très complexe, beaucoup plus que l'air et l'eau.

4.1. La classification française (CPCS, 1976)

Cette classification a été proposée par des pédologues français en vue de l'édition d'une carte pédologique par OUDIN. Par la suite, cette classification fut amplifiée par G. AUBERT et Ph. DUCHAUFOR et présentée par ses auteurs au Congrès de la Science du Sol de Paris en 1956. Cette classification fut sans cesse perfectionnée par l'un ou l'autre de ses auteurs et diverses mises au point furent présentées soit à l'occasion de réunions internationales ou de congrès.

A partir de 1964, fut institué en France un Comité de pédologie et de cartographie des sols (CPCS) qui a entrepris, en vue d'une cartographie des sols de France, d'établir une classification systématique des sols qui tienne compte des acquisitions des pédologues travaillant en métropole et celles de ceux travaillant dans les zones intertropicale et méditerranéenne (ORSTOM).

4.1.1 Les classe des sols :

4.1.1.1 Classe des sols minéraux bruts : Sols de profil (A) C, (A) R, ou R, ne contenant que des traces de matière organique dans les 20 centimètres supérieurs et / ou pas plus de 1 à 1,5 % dans les 2 à 3 centimètres supérieurs.

4.1.1.2 Classe des sols peu évolués : Sols de profil AC contenant plus que des traces de matière organique dans les 20 centimètres supérieurs et / ou plus de 1 à 1,5 % de matière organique sur plus de 2 à 3 cm.

4.1.1.3 Classe des sols calcimagnésiques : Sols dont les caractères morphologiques des horizons supérieurs sont déterminés par la présence d'ions alcalinoterreux mais dans lesquels la partie inférieure du solum, quand elle existe, ne montre ni les caractères des vertisols ni ceux sols iso humiques. Le profil est le type AR ou AC ou A(B) R ou A(B) C sans qu'il n'y ait jamais d'horizon.

4.1.1.4 Classe des vertisols : Sols argileux à dominance d'argiles gonflantes dont les proportions avoisinent le plus souvent 35 à 40 % et dont la capacité d'échange est en moyenne

de 35 à 40 méq/100g. Couleur en général foncée, relativement à leurs teneurs en matière organique.

4.1.1.5 Classe des sols isohumiques : Le sol iso humique peut comporter en profondeur un horizon de pseudo Gley ou un horizon induré, croute calcaire ou gypseuse. Il peut être plus ou moins alcalisé ou salinisé en surface.

Les sols iso humiques peuvent se former à partir d'une roche mère calcaire ou enrobé de calcaire par altération des minéraux constitutifs.

4.1.1.6 Classe des sols brunifiés : Sols évolués caractérisés par un humus à forte activité biologique, en principe de type mull mais souvent aussi de type moder aux limites de la classe.

Profil de type A (B) C ou A B C. L'horizon B est parfois difficile à distinguer.

- L'horizon B textural ou (B) structural est pauvre en matière organique. Le rapport C/N est inférieur à 14.

4.1.1.7 Classe des sols podzoliques : Cette classe groupe des sols formés le plus souvent sous l'influence d'un humus de type mor, ou éventuellement moder.

4.1.1.8 Classe des andosols.

Les andosols constituent un ensemble de sols qui doivent l'originalité de leurs propriétés à l'abondance, dans leur fraction minérale, de produits amorphes, les allophanes, associés à des teneurs variables mais souvent élevées de matière organique.

4.1.1.9 Classe des sols ferralitiques. Les sols de cette classe se développent actuellement dans les parties humides de la zone intertropicale sous l'influence d'une pluie chaude tombant sur des roches quelconques (à condition qu'elles ne soient pas essentiellement quartzieuses)

4.1.1.10 Classe des sols sodiques : Sols dont l'évolution est dominée :

- soit par la présence de sels solubles (chlorures, sulfates, carbonates, bicarbonates... de sodium et / ou de magnésium) dont la teneur élevée peut les rendre apparents à l'examen visuel et provoque une modification importante de la végétation. La conductivité de leur extrait de pate saturée est supérieure à 7 mmhos/cm à 25° C ? Ce chiffre doit intéresser l'ensemble du profil pendant une partie de l'année.

- soit par la présence de sodium échangeable (et /ou de magnésium) avec apparition d'une structure massive, diffuse, et une compacité élevée. Le sodium occupe plus de 10 où de la capacité d'échange.

4.1.1.11 Classe des sols hydro morphes : Sols dont les caractères sont dus à une évolution dominée par l'effet d'un excès d'eau en raison d'un engorgement temporaire ou permanent

d'une partie ou de la totalité du profil. Cet excès d'eau peut être dû, soit à la présence ou à la remontée de la nappe phréatique, soit au manque d'infiltration des eaux pluviales provoquant une nappe perchée ou un engorgement de surface.

4.1.1.11 Classe des sols sesquioxydes de fer : Individualisation des sesquioxydes de fer (ou de manganèse) qui leur confère une couleur très accusée : rouge, ocre, rouille (ou noir si les oxydes de manganèse sont abondants). Cette coloration peut intéresser les horizons A et B, ou, plus souvent, les seuls horizons B.

4.2. La classification américaine (USDA 2014) :

La première classification américaine est l'œuvre de MARBUT en 1921. Elle apporte, par rapport aux classifications en usage à cette époque, une distinction fondamentale entre les pedocal, ou sols placés sous la dépendance du calcaire et les « pédalfer » où aluminium et fer contribuaient à donner aux sols leurs caractéristiques essentielles.

En 1960, les pédologues américains présentent une nouvelle classification qui se fonde sur les caractères mesurables (physico-chimiques et morphologiques) et rassemble les sols d'après leur parenté génétique qui traduit l'influence du milieu. Deux nouveautés importantes, mais assez différentes, apparaissent dans cette classification : les horizons de diagnostic et une terminologie aux consonances parfois étranges. **Les horizons de diagnostic** Ils sont énumérés ici en donnant leurs équivalents les plus probables dans la terminologie française.

4.2.1 Les classe des sols :

4.2.1.1 Alfisols :

Principales caractéristiques doit avoir un horizon argillic, natric, ou kandic ; haut-moyen de base de la saturation, modérément altérée ; il est communément formé en vertu de la forêt boréale ou dans des forêts de feuillus ; riche en fer et en aluminium ; commun dans les zones humides, semi-tropicales, et des climats méditerranéens ; 9,6 % de la superficie mondiale et 14,5 % des sols des États-Unis libres de glace.

4.2.1.2 Andisols :

Formé à partir d'éjectas volcaniques, dominé par des complexes allophanes ou Al-humiques ; doit avoir des propriétés de sol andic : riche en minéraux cristallin Fe et Al pauvres, riche en phosphore, faible densité en vrac, et proportion élevées matériaux vitrifiés et colloïdaux amorphe, comme allophane, imogolite et ferrihydrite ; Haute teneur en matière organiques,

parfois épipédon mélanique ; 0,7 % de la superficie mondiale et 1,7 % des sols libres de glace des États-Unis.

4.2.1.3 Aridisols :

Sol sec (c'est-à-dire, doit avoir un régime d'humidité aridic) ; épipédon Ochric commun ; parfois horizons argillic ou natric ; must have some diagnostic subsurface horizon ; courant dans les déserts ; 12,7 % de la superficie mondiale ; 8,8 % des sols libres de glace des États-Unis.

4.2.1.4 Entisols :

Moins de développement de profil de sol ; épipédon ochric commun ; pas d'horizons B ; ordre le plus commun par superficie ; 16,3 % de la surface mondiale et 12,2 % des sols des États-Unis libres de glace.

4.2.1.5 Gelisols :

Sols avec pergélisol de 100 cm ou cryoturbation à moins de 100 cm plus pergélisol sur 200 cm ; commun dans les hautes latitudes et élévations ; 8,6 % de la superficie mondiale et 7,5 % des sols des États-Unis libres de glace.

4.2.1.6 Histosols :

Doit avoir un épipédon histic ; généralement régime hydrique des sols aquic ; pas d'horizon diagnostic sous terrains ; rapide décomposition lorsque l'horizon est aéré ; tourbe ou tourbière ; >20 % de matière organique ; les matériaux organiques s'étendant vers le bas jusqu'à une couche imperméable ou avec une couche organique de plus de 40 cm d'épaisseur, sans propriétés andic commun dans les zones humides (marécages, marais, etc.) ; 1,2 % de la superficie mondiale et 1,3 % des sols libres de glace des États-Unis.

4.2.1.7 Inceptisols :

Semblable à entisol, à partir d'un horizon B évident ; pas d'horizon diagnostic sous terrains ; dans les paysages où l'érosion est continue ou dans des dépôts récents ; horizons cambic, sulfuric, calcic, gypsic, petrocalcic, ou petrogypsic, ou avec un épipédon mollic, Umbric, ou histic, ou avec un pourcentage de sodium échangeable >15 % ou fragipan ; 9,9 % de la superficie mondiale et 9,1 % des sols libres de glace des États-Unis.

4.2.1.8 Mollisols :

Doit avoir épipédon mollic ; haute saturation en bases à >50 % ; sols sombres ; certains avec des horizons argillic ou natric ; commun dans les prairies ; 6,9 % de la superficie mondiale et 22,4 % des sols libres de glace des États-Unis.

4.2.1.9 Oxisols :

Most soil profile développement ; doit avoir un horizon oxic à moins de 150 cm de la surface du sol ; faible disponibilité des éléments nutritifs ; pas d'horizon argillic ; très érodé ; dominé

par de l'argile fine, oxydes Al et Fe ; souvent dans les vieux paysages tropicaux ; 7,6 % de la superficie mondiale et <0,01 % des sols libres de glace des États-Unis.

4.2.1.10 Podzols :

Doit avoir un horizon spodic à 2 m de la surface du sol et sans propriétés andic ; généralement horizon albic ; riche en oxydes de Fe, Al et accumulation d'humus ; solsacides ; commun dans les forêts de conifères ou la forêt boréale ; 2,6 % de la superficie mondiale et 3,3 % des sols libres de glace ddes États-Unis.

4.2.1.11 Ultisols :

Doit avoir un horizon argillic ou kandic; une faible saturation en bases <35 % à 2 m de profondeur et 75 cm au-dessous d'une fragipane; commun dans les régions subtropicales; souvent connu sous le nom de sols d'argile rouge; 8,5 % de la superficie mondiale et 9,6 % des sols libres de glace des États-Unis.

4.2.1.12 Vertisols :

Généralement un épipedonmollic ; riche en argiles gonflantes et dégonflantes (smectites) ; >30 % d'argile à une profondeur de 50 cm ; fissures profondes (appelé gilgai) se forment lorsque le sol se dessèche ; formé de matières parentes riches en argile (par exemple, les schistes, les bassins, les horizons Bt exposés des vieux sols) ; 2,4 % de la superficie mondiale et 1,7 % des sols libres de glace des États-Unis.

CHAPITRE II

MATERIEL ET

METHODES D'ETUDE

Chapitre II

1. Etude du milieu physique et chimique

1.1 Présentation générale de wilaya de Skikda

La wilaya de Skikda est située au Nord-est du pays, sur le littoral méditerranéen. Elle est 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 510 km² à L'Ouest de la capitale, Alger. La wilaya s'étend sur une superficie de 4118km².

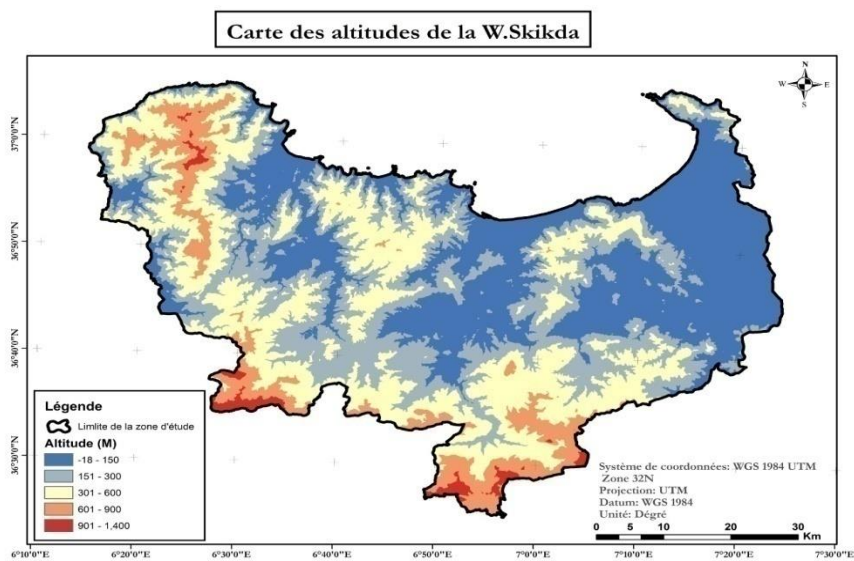
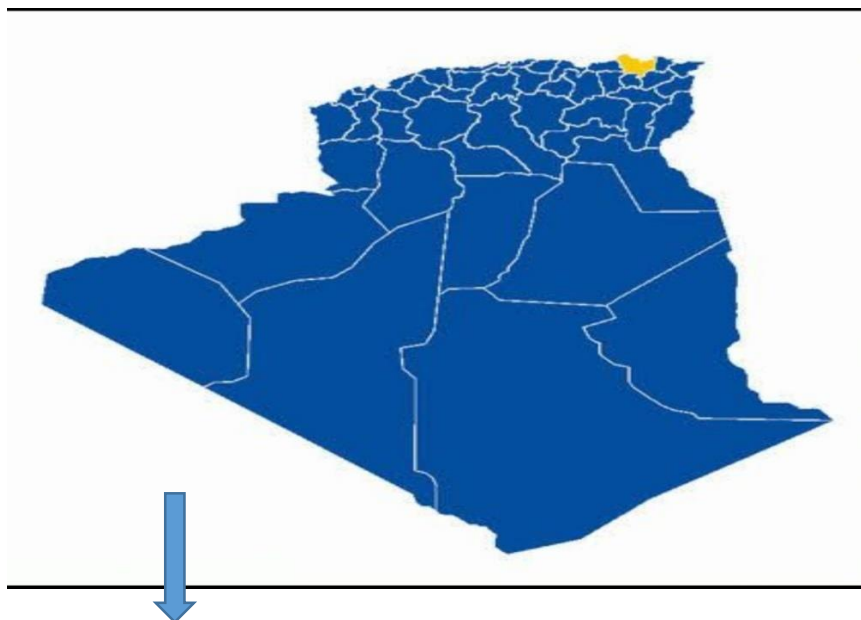


Figure 02 : Présentation géographique de la région de Skikda

Chapitre II

1.2 . Présentation de la zone d'étude :

La daïra d'el Hadaïk s'élargie sur une superficie de 271,75km², comme son nom l'indique inséparable de la culture de mandarine, elle compte près de 18002 habitants, réanimée depuis l'ouverture de l'université de 20 aout 1955 toujours en extension. Elle regroupe les communes d'elhadaïk, Bouchtata, Ain zouit.

Situation géographiques:

La zone de el **hadaïk** est située ou nord-ouest de ville de Skikda, précisément entre **36° 49' 32'' nord, 6°53' 18''est.**

- Nord-est la commun de **Skikda.**
- Nord- ouest la commune **d'Ain zouit.**
- Au sud par la commune de **Ramdane Jamal e Amjazal-Dashish.**
- A l'est par la commune de **Hmadikaruma.**
- A l'ouest par la commune de **Bouchtata.**

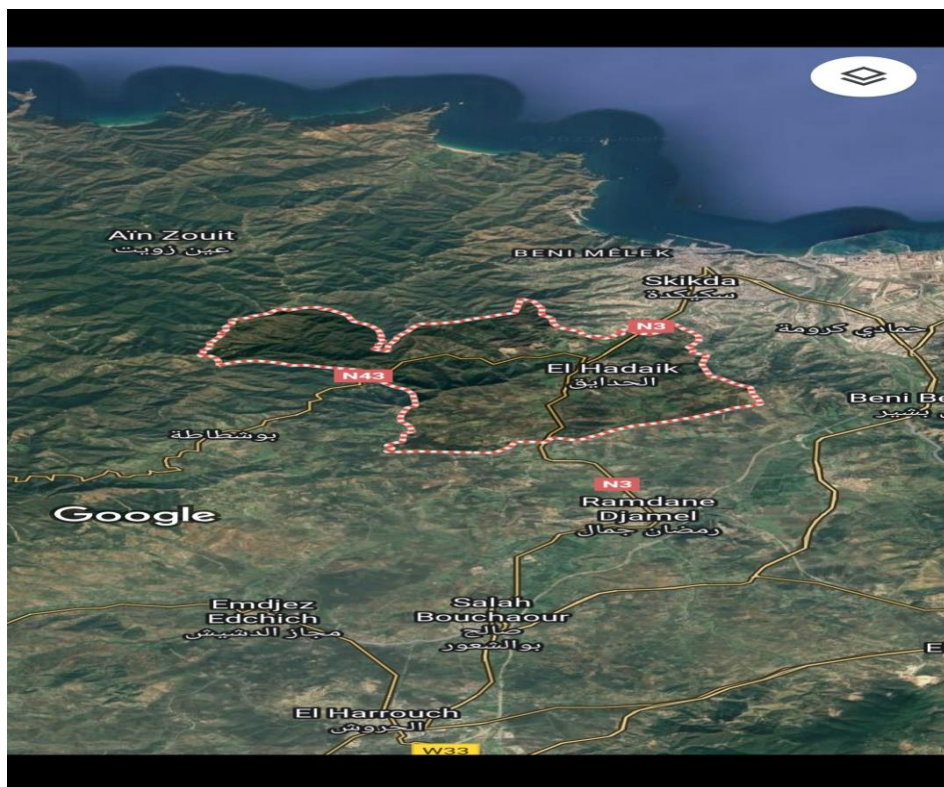


Figure 03. Situation géographique de la zone d'étude

Chapitre II

1.3. Etude de Milieu naturel de la zone d'étude :

L'étude du milieu naturel est capitale dans toute l'étude pédologique, car la genèse et l'évolution des sols dépendants des facteurs climatiques, de la nature géologique de la roche mère, de la géomorphologie, de la végétation et de l'action anthropique.

Il s'agit d'étudier, notamment, les caractéristiques du milieu physique à savoir le climat, le relief, la géologie, la géomorphologie, les ressources hydriques conventionnelles (eaux de surface, eaux souterraines) et non conventionnelles et l'aménagement en cultures agricoles et en végétations naturelles sylvo-cotonnières et herbacées.

1.3.1. Le climat.

De manière générale, l'espace de la wilaya jouit d'un climat subhumide à hiver doux et à saison estivale chaude, voire caniculaire parfois à l'intérieur, et des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 743 mm (**Figure**). Cependant, en allant vers Ain Bouziane et vers Zardezas, les prémices de la tendance semi aride apparaissent à travers de la végétation caractéristique de ce climat (« Diss » par exemple) et une répartition plus parsemée.

Ce climat fait partie de la tendance du sud de la Méditerranée (Maghreb) qui est bien connue sur le plan des masses d'air. En effet, cette région est sous l'influence de l'anticyclone permanent des Açores et la dépression permanente d'Islande. En saison pluvieuse, le cyclone des Açores (mi-automne, hiver jusqu'à demi-printemps) se rétracte un peu vers le sud, facilitant la pénétration de la dépression d'Islande.

Durant cette période les masses d'air anticycloniques. En saison sèche, l'anticyclone remonte un peu plus au nord, empêchant la dépression de couvrir cette partie de la Méditerranée occidentale. Néanmoins, leur influence respective est biaisée par plusieurs facteurs comme l'éloignement de la mer, l'obstacle du relief, l'exposition des versants aux vents pluvieux ou sous le vent et la couverture végétale. D'ailleurs, la décroissance de la pluviométrie à un niveau de cet espace par rapport aux zones littorales est bien réelle (Djellouli, 1990).

1.3.1.1 Le régime des précipitations.

En saison hivernale les précipitations sont plus ou moins régulières et plus ou moins bien réparties. Les trois quarts de leur volume tombent durant cette saison. La qualité de l'année

Chapitre II

agricole se détermine justement en fonction des quantités tombées et de leur répartition spatiale et temporelle.

Ces précipitations sont de nature dépressionnaire dans leur majorité. Durant les deux périodes de transition « printemps-été » et « été-automne » le régime des pluies est dominé par les précipitations de convection où la chaleur et l'humidité dégagées par la surface modifient la température et l'humidité de l'air. Toute cette chaleur chargée d'humidité dans son ascension provoque des orages localisés pouvant être catastrophiques en termes d'inondation et d'érosion. D'autant plus, en automne particulièrement, les sols sont à nu et quasiment à sec après la saison sèche estivale (Troin, 1986 et Drain, 2003). Ces températures indiquent dans l'ensemble un certain douceur hivernale avec une possibilité de présence rare de gel et de gelée. Les grosses chaleurs sont fréquentes et sont être caniculaires en période estivale. Des chaleurs sont synonymes de « foehn » et de précipitations orageuses en été et en particulier durant la transition « été-automne ». C'est à cette période qu'ils ont lieu et peuvent générer des dégâts importants aux sols par le biais de l'érosion.

Les données pluviométriques, chronique de 1983 à 2016, de la station de Skikda, évaluent la pluviométrie moyenne annuelle à 743 mm. Le gros des pluies se produit durant la période dite « hivernale », entre le mois de novembre et celui de février. Le mois de décembre étant le plus pluvieux avec 132.82 mm et le mois de juillet le moins pluvieux avec moins de 10 mm (**Figure**).

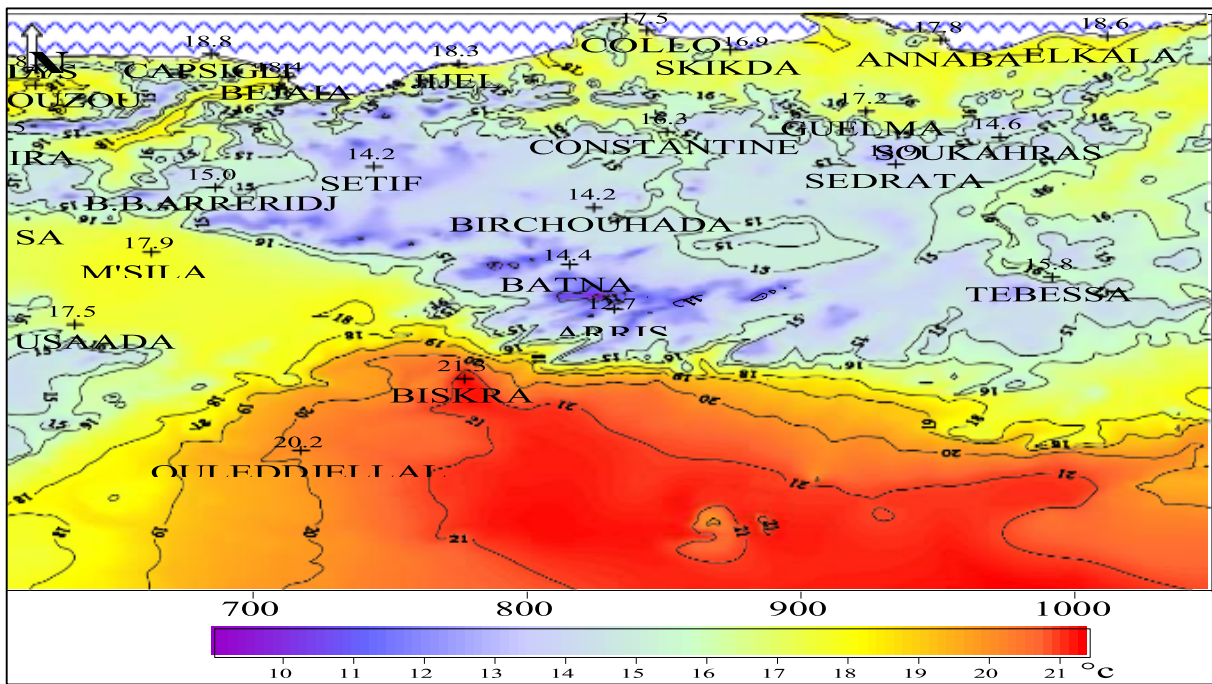
Les précipitations neigeuses sont rares et ne produisent que sur le relief (Djebel Sidi Drisset Cheraïa). Quant aux précipitations sous forme de grêle, elles peuvent se produire durant les orages de la période « fin d'hiver-début de printemps » ou de la période de « fin d'été-début d'automne ».

1.3.1.2 Le régime des températures.

La température moyenne annuelle s'élève à 18°C (données pluviométriques, chronique de 1983 à 2016), la moyenne mensuelle du mois le plus froid est de 12,73°C au mois de février, celle du mois le plus chaud de 26,38 °C au mois d'août (**Figure**). Ces données caractérisent un climat doux avec absence de gel ou de gelée blanche, la plupart du temps. La température maximum varie entre 15°C et 31°C et la température minimum varie entre 8°C et 23°C. En été la température peut dépasser les 30°C mais demeure relativement modérée, dans l'ensemble. En hiver, les températures minimales sont toujours positives et inférieures à 10°C.

Chapitre II

(a)



0 100 200Km

Figure 4. : Températures moyennes annuelles (°C). (BNEDER,2011)

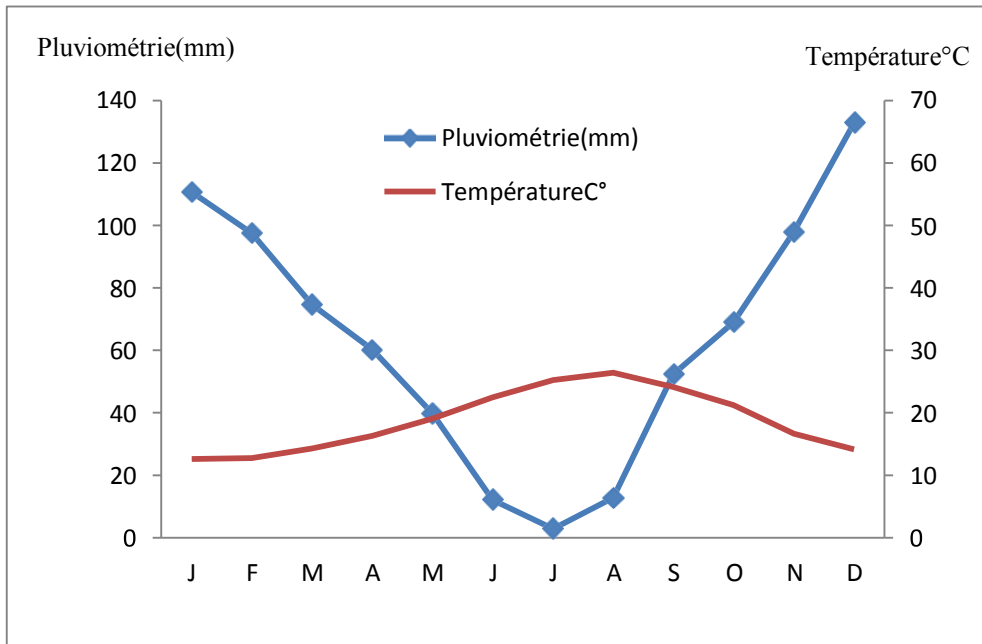


Figure 05 : Diagramme Ombrothermique selon la méthode de Gausson(Période1983-2016)

Chapitre II

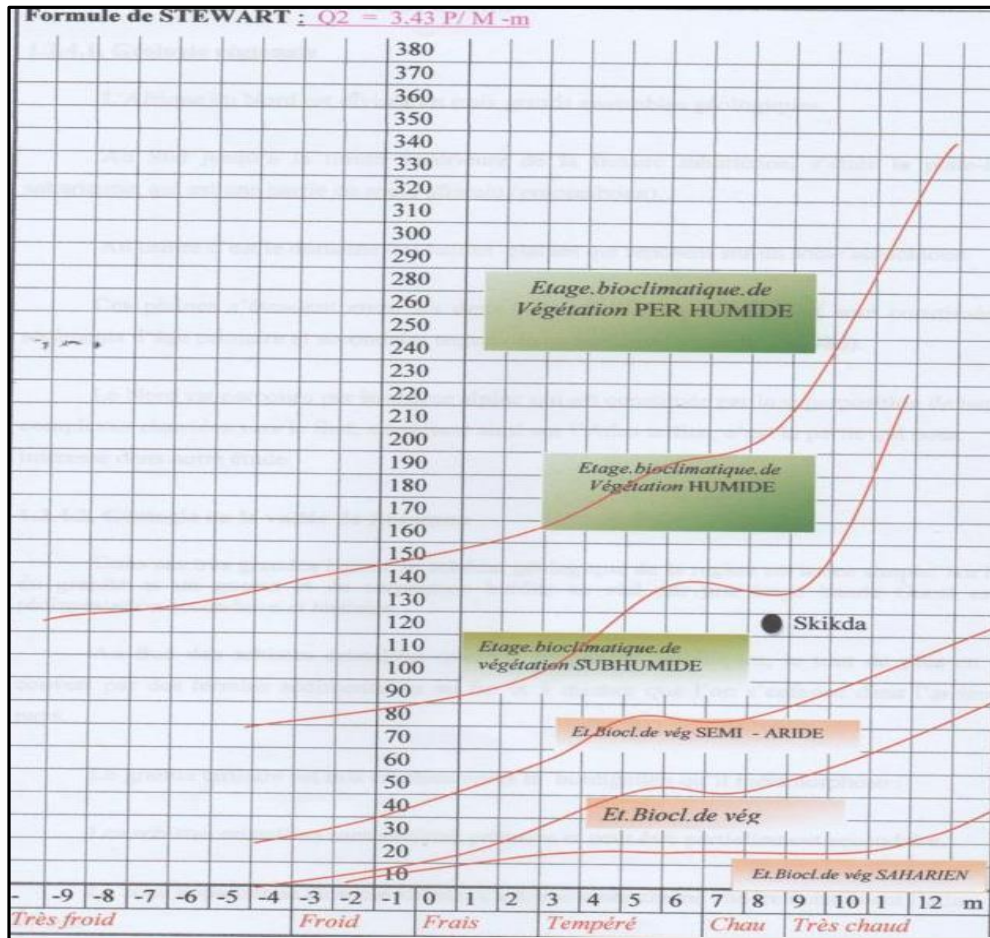


Figure 6. Climagramme d'EMBERGER

1.3.1.3 Variation de climat (Pluviométrie et température)

Le climat de la région est de type méditerranéen subhumide (Figure) avec une pluviométrie annuelle moyenne de 743.89 mm estimée sur la base des données de la station de Skikda sur la période s'étalant entre l'année 1983 et l'année 2016. Cependant, l'étude de l'évolution de la pluviométrie et de la température durant cette période montre que la pluviosité présente de fortes irrégularités dans la répartition et une grande variabilité quantitative d'une année à l'autre. La plus faible pluviosité est observée au cours de l'année 2000 et la plus élevée en 2009 (Figure). Concernant la température moyenne annuelle, elle est de 18°C. Mais une variabilité est observée également durant cette période, avec un maximum bien marqué de l'année 2004. Mais, globalement, un accroissement progressif de la température est observé durant cette période (Figure).

Chapitre II

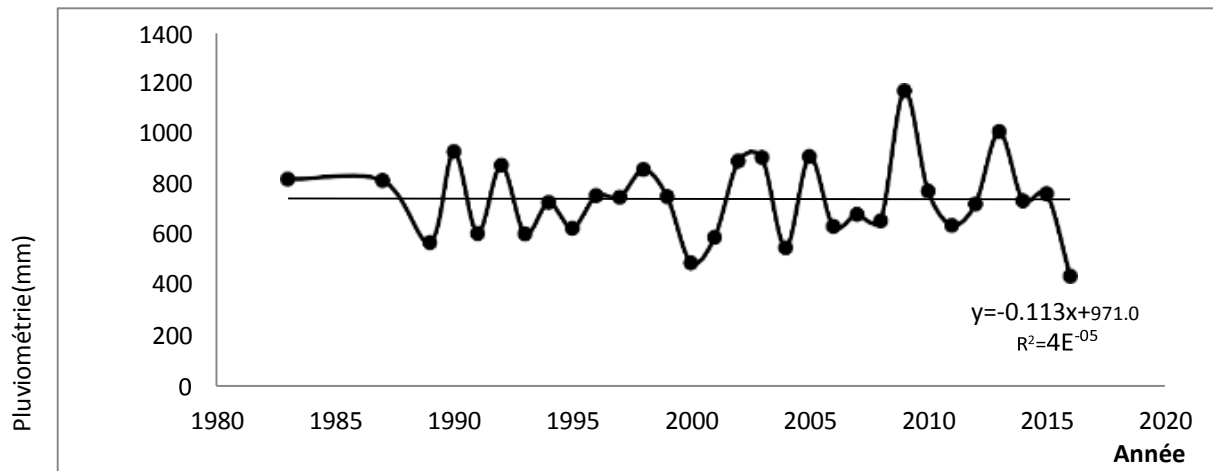


Figure 7a : Variation interannuelle de la pluviométrie (période 1983-2016).
Station de Skikda

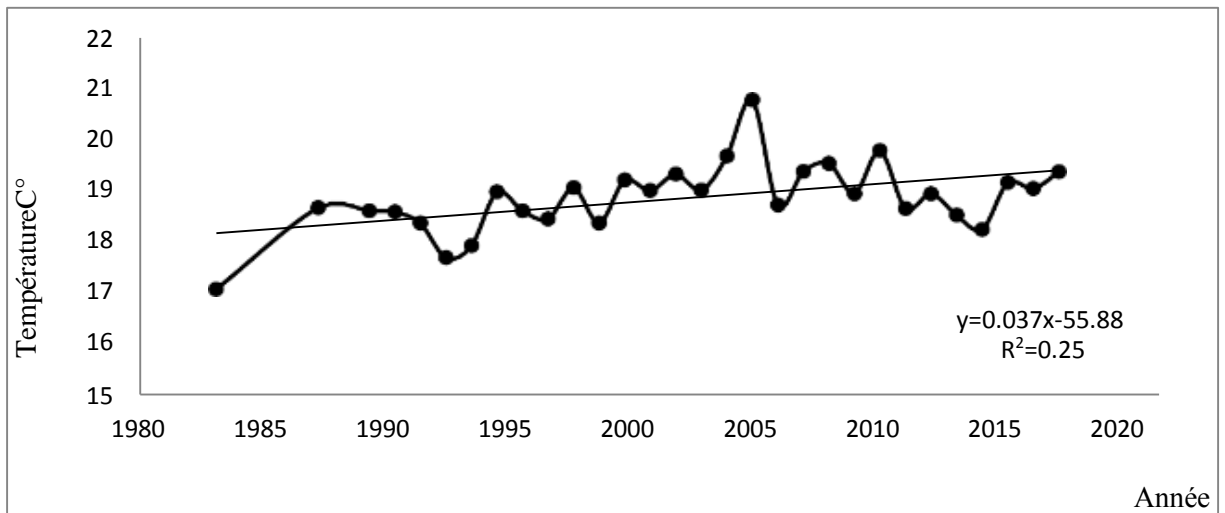


Figure 7b : Variation de la température moyenne annuelle
(période 1983-2016). Station de Skikda.

1.3.1.4 L'humidité relative de l'air: L'humidité relative moyennement maximale est enregistrée durant le mois de décembre où elle atteint 76,05%, la plus faible étant celle du mois de mars avec 69,93%. Toutefois, tout au long de l'année, l'humidité de l'air reste relativement élevée dans les zones proches de la mer et décroît légèrement à l'intérieur. D'ailleurs, elle se chiffre à 72,96% comme moyenne annuelle.

1.3.1.5 Le vent : Les effets du vent dans la région sont dans l'ensemble cléments en se basant sur la vitesse moyenne annuelle qui est de l'ordre de 3,09m/s tandis que la vitesse moyenne maximale enregistrée durant le mois de décembre, elle s'élève à 3,92m/s, et la minimale moyenne au mois de mai avec 2,63 m/s. Cependant, même si les vents froids sont rares, le sirocco, vent chaud et violent, en provenance du Sahara peut souffler sur la région du mois de mai à août avec une fréquence de 4 à 6 fois par an. Ce vent engendre une augmentation de l'évaporation surtout mais peut provoquer un échaudage des cultures, particulièrement l'arboriculture (l'olivier, la vigne, le prunier, l'abricotier, etc.).

1.3.1.6 L'insolation : C'est un facteur primordial pour la croissance et le développement des plantes, particulièrement en ce qui concerne la durée d'insolation. Cette dernière, dans cet espace est variable où en été elle atteint 35,86% de la durée astronomique du jour diminue en hiver avec 15,60% seulement. L'optimum de production durant la saison printemps où les plantes, les cultures et les essences sylvicoles atteignent le maximum de développement, l'insolation est de 25,12%.

1.3.1.7 L'évaporation : L'évaporation au niveau de la région est importante avec un maximum de 146,80mm durant le mois d'octobre, un minimum de 56,27mm durant le mois de février et l'évaporation moyenne annuelle de l'ordre de 1137,98mm.

1.3.1.8 Les orages : Les orages se produisent grâce au mouvement vertical des masses d'air humides qui se refroidissent jusqu'à atteindre le niveau de condensation puis celui du déclenchement des précipitations dans notre région ils sont fréquents durant le printemps et, parfois, à l'automne ou en plein hiver lorsque les conditions de leurs survenues sont réunies.

1.3.1.9 Le brouillard : Le brouillard est, dans l'ensemble, quasiment absent au niveau des régions au flors que les conditions météorologiques particulières s'y prêtent comme un taux d'humidité et un refroidissement nocturne important. En général, sa fréquence est de 2 jours/ans et se produit lorsque l'altitude s'élève. Par contre le phénomène de brume ou léger brouillard, peut être fréquent durant la période de transition hiver-printemps durant laquelle les conditions sont réunies comme les sols bien alimentés sur le plan hydrique, l'évaporation importante et une diminution de la température durant la nuit. Ce phénomène a lieu surtout dans les bas-fonds et les plaines cultivées.

1.3.1.10 Le pédoclimat : Le pédoclimat se caractérise par un régime de température de type thermique et un régime hydrique de type exérique.

1.3.2. La géomorphologie de la zone d'étude :

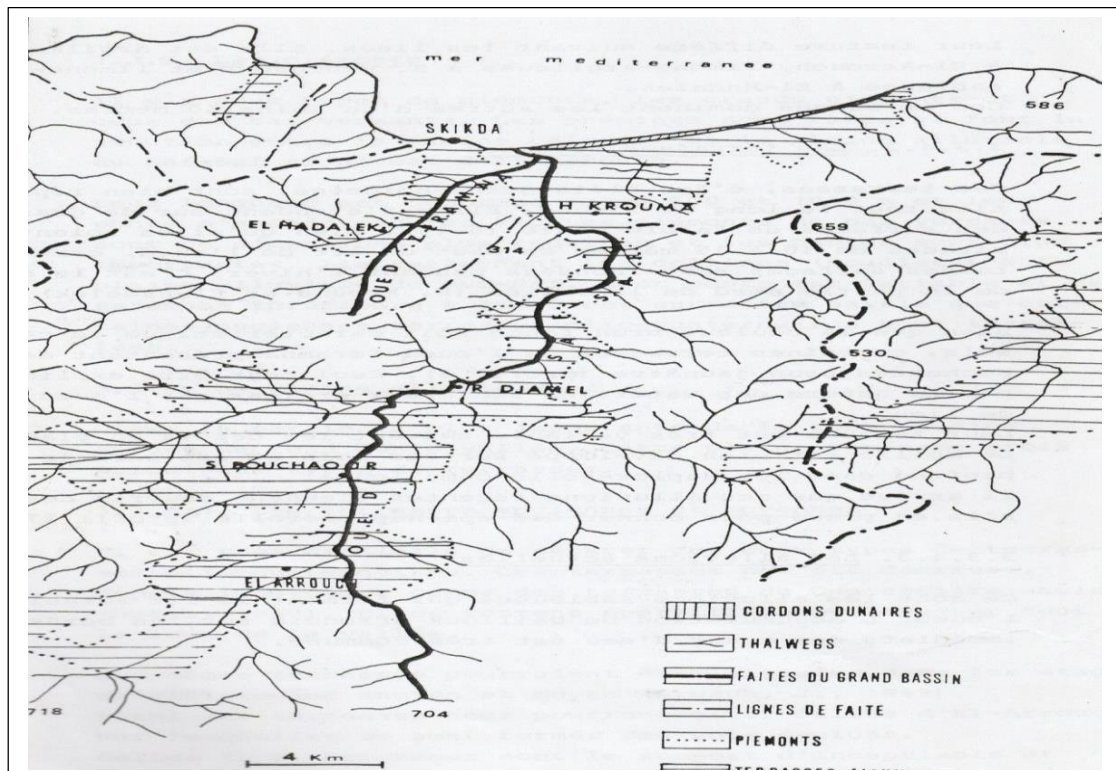


Figure 08 .Géomorphologie de la région de Skikda, il figure la vallée de SafSaf et la vallée de Zeramna (Bensaid, 1986).

La zone d'étude présenter une morphologie simple constituée essentiellement des piémonts, terrasses alluviales. Les pentes sont généralement douce, ne dépassant pas les 4%

1.3.2.1 Les piémonts :

Dans la zone d'étude on rencontre les piémonts de bas versants, leur dimensions sont réduites, ils rattachent les collines à la plaine alluviale, leurs pentes sont comprises entre 1 et 4%

1.3.2.2 La plaine alluviale :

Cette plaine renferme trois principaux types de terrasses :

1.3.2.3 Les terrasses anciennes et moyennes :

Il est très difficile de séparer ces deux types de terrasses plio-quadernaires.

(Dutil, 1958) considère ces terrasses comme celle du quadenaire ancien.

Parmi ces terrasses nous citons les terrasses d'EL-Arouche sur lesquelles se sont formées des sols évolués. Celle de Salahbouchaoui est le support d'Inceptisols, et celle de l'oued Zeramna celui des Mollisols.

1.3.2.4 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 (0-4%). La couleur caractéristique de ces sols est brun foncé, leur texture est très variable suivant les dépôts en place, le mollic est bien développé sur ces sols.

1.3.2.5 Les alluvions :

Ils s'accumulent sur la plaine n'est nulle ou quasi-nulle et correspondent aux matériaux fins (sable) qui forment le lit actuel de l'oued.

Cette partie bénéficie d'un apport perpétuel d'alluvion, le type de sol dominant est le xerofluent Mollique.

1.3.3. Géologie de la vallée de Zeramna.

Dans ses grandes lignes, le schéma géologique de la région est assez simple :

- Au nord du granite et un îlot de gneiss et de serpentine bordés.
- Au sud par une large bande ouest-est de sédiments secondaires et tertiaires et des schistes cristallins enrobant quelques apophyses granitiques.

Le tout devient de plus en plus couvert par des terrains sédimentaires au fur et à mesure que l'on s'enfonce dans l'arrière pays.

Le granite est tertiaire a été mis en place après le Burdigalien métamorphosé. Les schistes cristallins sont anciens, primaires et pourraient être partiellement secondaires. La zone est une vaste chaîne côtière constituant l'Atlas Tellien et où l'oued Zeramna constitue l'un des affluents les plus importants de l'oued Saf-Saf.

De part et d'autre de l'oued Zeramna, existent également des formations de roches métamorphiques constituées par des micaschistes. Sur les hauteurs, les formations sont constituées de gneiss à de micas. Enfin, sur le lit de l'oued Zeramna, il y a la présence de terrains formés de roches métamorphiques et composés en grande partie de micaschiste.

1.3.3.1 Description sommaire des terrains sédimentaires.

Les alluvions anciennes comprennent l'ensemble des terrains sédimentaires de la région avec des :

- Terrasses formées de limon et de cailloux roulés de moins de 20 cm se trouvant au niveau du lit de l'oued Zeramna,
- Alluvions récentes avec différents limons et des cailloux roulés au fond des vallées,
- Poudingues et grés. Les premiers comprennent des cailloux de gneiss, de schistes et, en particulier, de quartz. Et, de manière irrégulière s'y intercalent des assises gréseuses ou argileuses. La puissance de l'ensemble varie de 10 à 50 m,
- Argiles et des grés du Numidien inférieur. Les argiles sont noires et renferment de minces lits de grés jaunes.

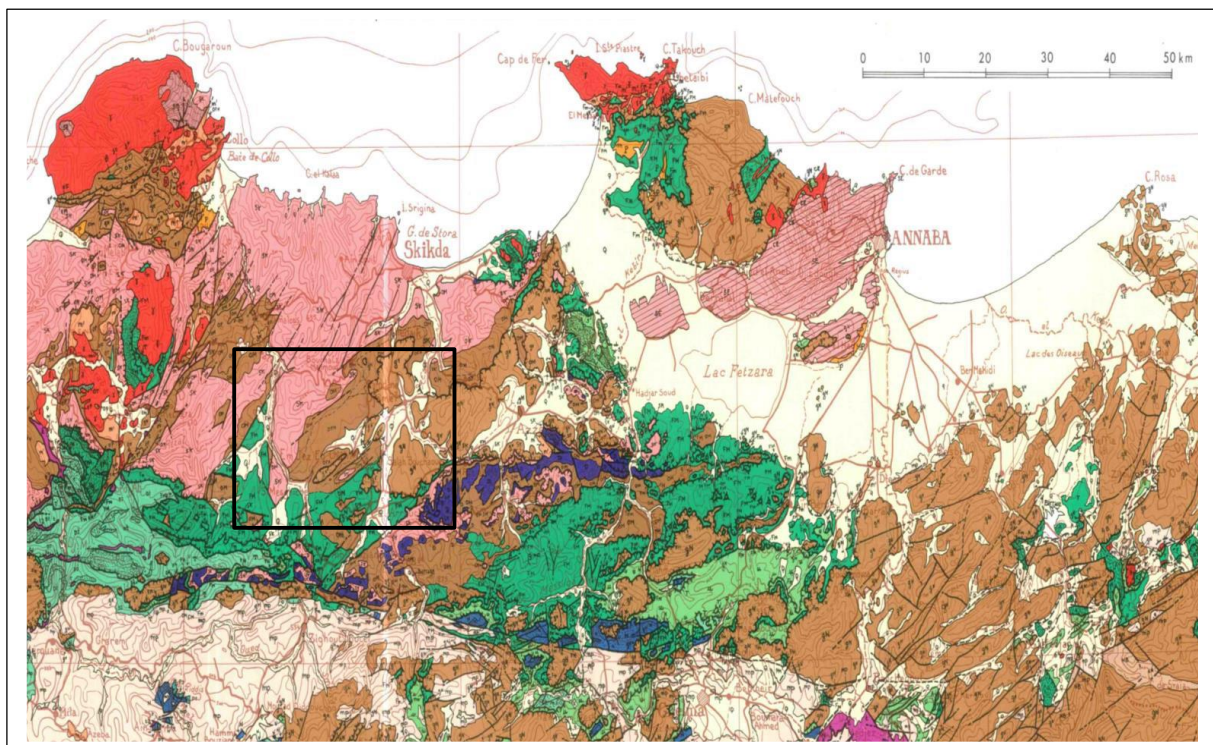




Figure 09. Carte géologique de la région d'étude

1.3.4. La végétation et l'occupation des sols

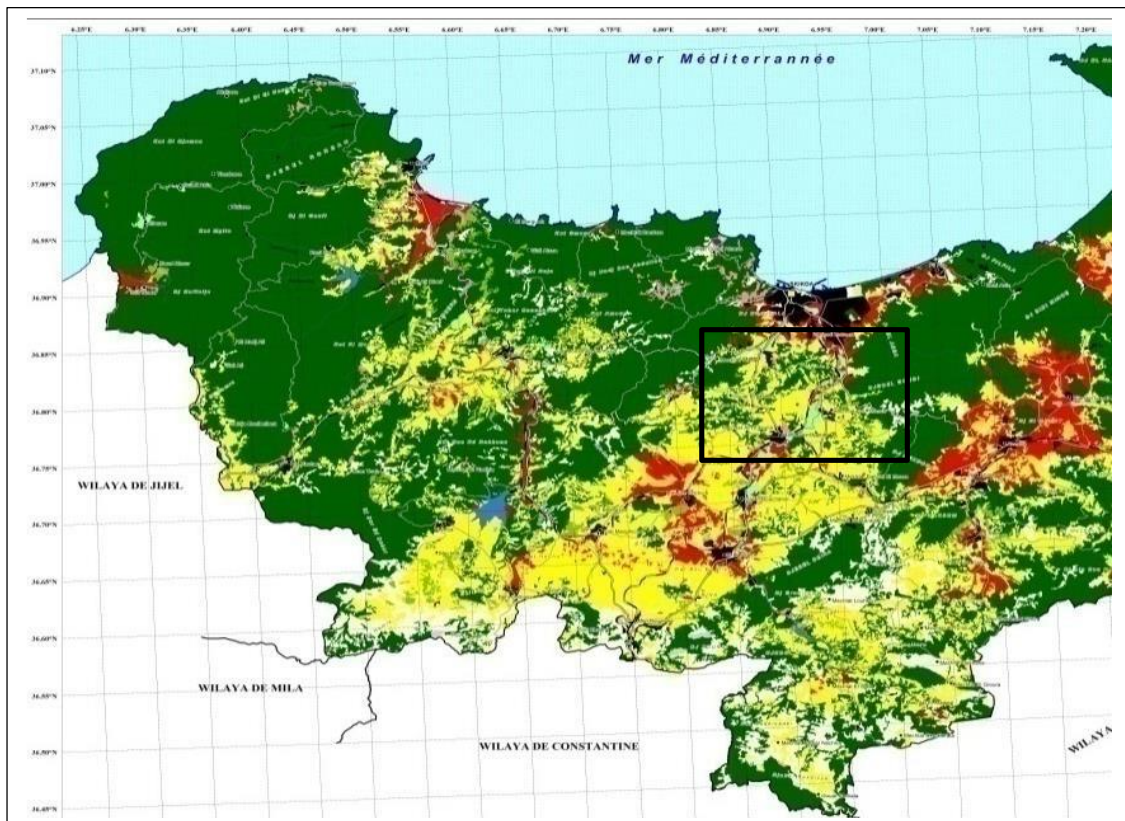




Figure 10. Carte de végétation de la région d'étude

2. Matériels et méthodes d'étude

2.1. Méthodologie de travail

Introduction

L'étude des caractéristiques des sols a nécessité le choix d'une topo séquence assez représentative de la vallée de Zeramna en ce qui concerne l'existence de la majorité des types de sols de la région de Skikda.

Pour cela, une étude morphologique et analytique a été faite pour bien caractériser et classer l'ensemble de ces sols. Ce travail a demandé la réalisation de 06 profils avec une description morphologique et analytique de chacun d'eux, selon une coupe d'axe ouest-est de la vallée de Zeramna(**Figure**).



Figure 11. Présentation des profils étudiés sur la carte de googleearth

2.1.1. Travaux préliminaire

Concernent les informations de reconnaissances comme les cartes.

2.1.2 Prospection sur terrain

Le travail sur terrain se de compose de deux étapes

2.1.2.1 Réalisation des profils

C'est une opération fondamentale au même titre que la description de profil ; on doit prélever l'échantillon avec une outille propre, on commençant par l'horizon le plus profond et terminer vers la surface, chaque échantillon prélève est mis dans un sac plastique numéroté.

2.1.2.2 Descriptions du sol

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

1. Les données générales

- **Numéro du profil** : Le numéro du profil est indispensable pour se référer ; se mémoriser et 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 numérotations des échantillons.
- **L'altitude** : Cette donnée ne permettra pas la suite de comparer les profils entre eux et mieux comprendre la pédogénèse (transfert latéraux).

2. Les conditions atmosphériques

Les conditions des milieux 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 précédant la description.

3. Les données concernant le milieu

Ces données regroupent : la géomorphologie (relief, pente, altitude...), la végétation ou système de culture, la roche mère et matériaux originaux, aspect de la surface du sol ; (microrelief, présence de pierre, présence des roches, érosion.....) et les régimes hydrique (drainage, inondation).

4. Les données concernant le milieu

5. Description des horizons

L'horizon est décrit en notant les caractéristiques suivantes :

- La couleur (en utilisant la charte de MUNSELL).
- L'épaisseur (mesurée en centimètre).
- La présence ou l'absence de la matière organique.
- La texture (déterminer par la touchée).
- La structure ; déterminer par l'observation de l'assemblage des particules élémentaires du sol.
- La consistance de chaque horizon ainsi que l'enracinement.
- La roche mère.

2.1.2.2. Echantillonnage

Dans chaque site de zone d'étude, nous avons réalisé un profil, qui a fait l'objet d'une description morphologique avec identification des horizons.

Un échantillon de 1,5 à 2 Kg de sol a été prélevé de chaque horizon de la profondeur jusqu'à la surface.

2.2. Méthodes d'analyse

Les 17 échantillons ont été ramenés au laboratoire de science du sol de l'université de 20 aout 1955 Skikda, séchés à l'air, broyés et tamisés à l'aide d'un tamis à maille de 2 mm afin de disposer d'une terre fine sur laquelle s'est effectué les différentes analyses.

2.2.1 Analyses physiques du sol

2.2.1.1 Granulométrie

sur un échantillon de terre séchée à l'aire et tamisée à 2 mm on détruit la matière organique qui joue un rôle de ciment entre les particules argileuses. La terre est ensuite agitée avec une solution alcaline qui provoque la dispersion et abandonnée au repos pour permettre la sédimentation des particules qui tombent avec des vitesses d'autant plus grandes qu'elles sont plus grosses (loi de STOKES).

2.2.1.2 Densité réelle

On utilise un pycnomètre d'une capacité de 50 cm et on effectue successivement les pesées suivantes :

a - pycnomètre vide

b - pycnomètre rempli d'eau

c - pycnomètre contenant le sol à étude (environ 15g)

d - pycnomètre + sol+ eau

En pratique, opérer dans l'ordre a,b,c,d

On tire la densité réelle $D = \text{poids de la terre} / \text{volume de terre}$

Volume de terre = c-a

Volume de terre = volume de pycnomètre (b-a) moins volume d'eau ajouté pour compléter le pycnomètre (d-c)

$(b-a) - (c-d) = (b+c) - (a+d)$

$D = (c-a) / (b+c) - (a+d)$

2.2.1.3 Densité apparent

La densité apparente du sol est la mesure de terrain de la masse du sol par rapport à son volume apparent. Elle a été calculée pour les échantillons de sol non perturbés prélevés à l'aide d'un cylindre métallique de 116.86 cm³ (h = 5.3 cm, d = 5.3), à bord tranchant. Le sol a été prélevé et séché à l'étuve à 105 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant utilisé pour déterminer la masse sèche du volume de sol du cylindre complet. Les éléments grossiers sont récupérés et pesés. La densité apparente est exprimée en g cm⁻³. Les éléments grossiers sont exprimés en g 100g⁻¹ ou g g⁻¹ de sol



Figure 12. Détermination de la densité apparente par la méthode de cylindre

2.2.1.4 L'humidité à différents pF

Les échantillons à étudier. Préalablement saturés d'eau, sont soumis à une pression déterminée. L'eau en excès est donc éliminée jusqu'à la réalisation d'un équilibre entre la force appliquée et la force de rétention de l'eau par le sol. On détermine alors la teneur en eau de l'échantillon, et on trace la courbe des teneurs en eau en fonction des pressions appliquées : le pF est le logarithme de la pression étant étendue. On utilise une représentation logarithmique : le pF est le logarithme de la pression exprimée en gramme. Les valeurs les plus intéressantes du pF sont : 4.2-3.0, 2.5-2.2 et 1.9 correspondant respectivement à des pressions de 16000, 1000, 320, 160 et 80 g. Les extractions sont exécutées dans les presses à plaques de porcelaine poreuse. Une presse à haute pression (2 à 16kg/cm²). L'autre à basse pression (0 à 1kgg/cm²).

2.2.2 Analyses chimiques du sol

2.2.2.1 La capacité d'échange cationique CEC

Le sol est lessivé en colonne de percolation avec une solution aqueuse et molaire d'acétate d'ammonium à pH = 7,0 de manière à provoquer un échange complet entre les cations de l'échantillon et les ions ammonium de la solution. La quantité totale d'ions ammonium () retenue par le sol après rinçage au moyen d'alcool éthylique de l'excès d'acétate est considérée comme une estimation de la capacité d'échange cationique. Les ions ammoniums fixés sont extraits par une solution aqueuse et molaire de chlorure de potassium suite déterminés par dosage. On peut déterminer «éventuellement les cations extraits selon des méthodes de dosage bien précis.

2.2.2.2 Le pH eau Le pH KCl

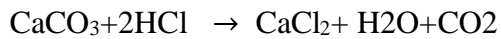
Le pH est mesuré avec un pH mètre, il est déterminé après l'équilibre des sols avec l'eau distillée ou une solution de KCl.

2.2.2.3 La conductivité électrique CE

La détermination se fait à l'aide de conductimètre à 15,4°C après l'équilibre du sol avec l'eau.

2.2.2.4 Le Calcaire total

Le dosage du calcaire total est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate de calcium au contact de l'acide chlorhydrique :



Il s'agit de comparer le volume de (CO₂) dégagé par le contact d'HCl avec un certain poids connu de terre à analyser, avec celui dégagé par le contact d'HCl avec CaCO₃ pur et sec en quantité connue. Les conditions du milieu (température et pression atmosphérique) restent inchangées.

2.2.2.5 La Matière organique

Pour doser de la matière organique, on soumet l'échantillon de terre tamisé à 2 mm à une calcination au four électrique.

Cette méthode de calcination directe provoque :

- l'oxydation totale de la matière organique, transformée en substances volatiles (CO₂, H₂O, N₂ notamment) ;
- la destruction des carbonates : $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- la perte d'eau des constitutions des argiles.

2.2.2.6 Les cations échangeables

Le Ca, Mg, Na, et K sont récupérés dans une solution d'acétate d'ammonium percolés à travers une colonne de sol et par la mise en suspension par centrifugation.

Les cations Na et K sont dosés par le photomètre à flamme.

Les cations Ca et Mg sont dosés simultanément par titration TH (titre hydrotimétrie).



Balance à pression

four à moufle

Chambre à pression

L'étuve



Conductimètre



l'appareil de distillation



Figure 13. Matériel utilisé au laboratoire

**CHAPITRE III
RESULTATS ET
DISCUSSION**

1. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n° 01

1.1 Description morphologique

Nom du profil : Université 1

Numéro du profil : P1

Date de description : Avril 2023

Localisation : 36°50'55.25"N, 6°53'45.68"E

Physiographie : Terrasse alluviale

Topographie : Pente à 2%

Matériau parental : Dépôt alluvionnaire sous Micaschiste

Occupation des sols : Champs expérimental, l'année de description (Sol délaissé pendant plus de 10 ans, ex champ d'arboriculture)

Drainage : Mauvais

Classification USDA 2022 : CumulicHaploxeroll

Classification CPCS 1967 : Sol peu évolué d'apport alluvial humifié



Photo représentative du profil N°01.

Horizon Ap (0 – 25cm) : Horizon labouré, frais, brun à brun foncé, Brown (7,5YR 3/3) à l'état sec, Dark Brown (7,5YR 2,5/2) à l'état humide. Limoneux argileux, structure polyédrique fine, friable, collant, enracinement moyennement dense, végétation herbacée, très peu d'éléments grossiers (1%), pas d'effervescences à l'HCl, transition diffuse.

Horizon AC (25 – 40 cm) : Frais, brun à brun foncé, Brown (7,5YR 3/5) à l'état sec, Dark Brown (7,5YR 3/5) à l'état humide. Limoneux argileux, structure polyédrique moyenne, compact, collant, faible enracinement, pas d'éléments grossiers, pas d'effervescences à l'HCl, transition diffuse.

Horizon IIC1 (40 - 60cm) : Frais, brun foncé, Brown (7,5YR 5/3) à l'état sec, VeryDark Brown (7,5YR 2,5/1) à l'état humide. Argileux limoneux, structure polyédrique moyenne, très compact, collant, très peu de racine, pas d'éléments grossiers, pas d'effervescences à l'HCl, transition diffuse.

Horizon IIC2 (60-80 cm) : Frais, brun foncé, Brown (7,5YR 5/3) à l'état sec, VeryDark Brown (7,5YR 2,5/2) à l'état humide. Argileux limoneux, structure polyédrique moyenne, compact, collant, très peu de racine, pas d'éléments grossiers, pas d'effervescences à l'HCl.

1.2 Résultats analytiques du profil 01

Tableau : Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 01

Horizon	H1	H2	H3	H4
Profondeur (cm)	0-25	25-40	40-60	60-80
Argile %	32,0	37,2	44,0	46,5
Limon %	47,8	52,2	47,0	40,8
Sable %	21,0	10,6	9,0	12,8
Texture	Limoneux - argileuse	Limoneux -argileuse	Argilo-limoneuse	Argilo-limoneuse
Élément grossiers %	1	0	0	0
Da	1,30	1,32	1,42	1,42
Dr	2,18	2,08	2,21	1,85
Porosité %	40,37	36,55	35,99	23,31
Humidité à pF 3 %	24,23	23,84	31,13	19,80
Humidité à pF 4,2 %	13,94	13,90	21,85	11,51
RU (mm)	33,44	19,69	26,35	23,56
MO %	1,52	2,96	2,22	1,49
Carbone %	0,88	1,72	1,29	0,86
Azote %	0,1	0,108	0,0821	0,069
C /N	8,8	15,92	15,71	12,46
pH eau	6,6	6,2	5,85	6,02

pH KCl	5,82	5,41	5,19	5,81
Calcaire total %	0	0	0	0
CEC (cmol /kg)	12,8	14,9	16,5	17,5
Ca ⁺⁺ (cmol /kg)	6,6	6,7	7,5	7,1
Mg ⁺⁺ (cmol /kg)	4,1	4,5	4,7	5,4
Na ⁺ (cmol /kg)	0,5	0,4	0,5	0,5
K ⁺ (cmol /kg)	0,7	1,3	1,5	1,5
V %	95	86 ,57	86,06	82,85

1.3 Caractéristiques synthétiques et interprétation du profil 01

Le Profil 01 est localisé dans un champ expérimental (parcelle agricole) à l'université 20 Aout 1955 Skikda, c'est ex champs d'arboriculture, Abattu et délaissai pendant plus de 10 ans. Sur le plan géomorphologique, le profil apparait dans les sols situés sur des terrasses alluviales de pente très faible, à quelques mètres d'oued Zeramna. Selon la classification USDA, il appartient à l'ordre des Mollisols – CumulicHaploxeroll (Ap/C/IIC1/IIC2), sol peu évolué d'apport alluvial noirci-humifère, selon la classification française CPCS. C'est un sol profond, brun foncé, compact, moyennement poreux, caractérisé par une structure polyédrique fine à moyenne, de texture limono-argileuse en surface à argilo- limoneuse en profondeur, avec un taux d'argile qui varie de 32 % en surface à plus de 37 % en profondeur, contribuant à une bonne réserve et rétention en eau, cependant le drainage interne très mauvais favorise la stagnation d'eau en surface et le problème d'asphyxie. Le sol est marqué par un taux d'azote faible et un taux de carbone organique faible à moyen, qui varie de 0,88 % à 0,72 %, ce dernier présente des fluctuations en profondeur traduisant le caractère alluvial de ces sols. La CEC du sol est faible en surface à moyenne en profondeur, variant de 12 à 17 cmol/kg, avec un complexe adsorbant riche en calcium. En effet le sol est non salé, non calcaire à pH légèrement acide.

2. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n° 02

2.1 Description morphologique du profil N°02

Nom de profil : université 2

Numéro du profil : P2

Date de description : Avril 2023

Localisation : 36°51'2.40"N, 6°53'32.19"E.

Physiologie : Terrasse colluvial et alluvial

Topographique : Pente < 4 %

Matériau parental : Dépôt colluvial et alluvial sur micaschiste

Occupation des sols : Verger d'arboriculture (jardin botanique de l'université)

Espèce végétale : Olivier, goyavier, figuier, agrumes...

Classification USDA 2014 : Inceptisol (Haploxécept)

Classification CPCS 1967 : Sol peu évolué d'apport colluvial et alluvial.



Photo représentative du profil N°02.

Horizon 1 (A): 0-25 cm : Frais, peu compact, brun à brun foncé, Brown (7,5YR 5/3) à l'état sec, verydark Brown (7,5YR 2,5/2) à l'état humide, structure polyédrique moyenne, texture équilibrée à tendance limoneuse, peu collant, faible enracinement, taux d'éléments grossiers mynemment élevé (18 %), pas d'effervescence à l'HCl, transition diffuse.

Horizon 2 (C1): 25-60 cm : Sec, compact, brun à brun foncé, Brown (7,5YR 5/2) à l'état sec, dark Brown (7,5YR 3/2) à l'état humide. Structure polyédrique moyenne, texture équilibrée à tendance argileuse, polyédrique moyenne, collant, faible enracinement, taux très élevé d'éléments grossiers (> 50 %), pas d'effervescence à l'HCl, transition diffuse.

Horizon 3 (C2) : 60-80cm : Sec, très compact, brun à brun foncé, Brown (7,5YR 5/3) à l'état sèche, dark Brown (7,5YR 2,5/2) à l'état humide. Structure polyédrique, texture à sablo-limoneuse, peu collant, très faible enracinement, taux très élevé d'éléments grossiers (> 50 %), pas d'effervescence à l'HCl, transition diffuse.

Horizon 4 : +80 cm : Très sec, très compact, brun à brun foncé, Brown (7,5YR 5,3/3) à l'état sèche, verydark Brown (7,5YR 2,5/2) à l'état humide. Structure massive, texture sablo-limoneuse, peu collant, pas de racine, taux très élevé d'éléments grossiers (> 50 %), pas d'effervescence à l'HCl.

2.2 Résultats analytique du profil 02

Horizon	H1	H2	H3	H4
Profondeur (cm)	0-25	25-60	60-80	+80
MO %	1,71	2,19	0,82	0,53
Carbone %	0,99	1,27	0,48	0,31
Eléments grossiers %	18,23	50,28	50,50	46,18
Argile %	23,17	30,83	12,17	0,82
Limon %	44,54	25,15	34,68	45,53
Sable %	32,29	44, 47	53,14	53,64
Texture	Loam	Clay-loam	Sandy-loam	Sandy-loam
Da	1,04	1,30	1,22	1,38
Dr	2,24	1,79	2,30	2,31
Porosité %	53,42	27,56	47,16	40,10
PF 3(1bar)	21,82	15,61	13,88	14,46
PF 4,2 (15 bar)	12,14	9,32	7,90	11,48
CEC (cmol /Kg)	19,12	/	/	/
pH eau	6,01	5,90	6,03	5,90
Calcaire total %	0	0	0	0

2.3 Caractéristiques synthétiques et Interprétation

Le profil 02 est localisé dans le jardin botanique de l'université 20 aout 1955 Skikda. C'est un champ d'arboriculture, sur le plan géomorphologique, il est situé sur des terrasses alluvial et colluvial à faible pente (< 4 %). Selon la classification USDA, il appartient à l'ordre des Inceptisol (Haploxerept), sol peu évolué d'apport alluvial et colluvial selon la classification CPCS. C'est un sol peu profond, brun à brun foncé, très compact, caractérisé par une structure polyédrique moyenne, une texture argilo-limoneuse en surface (avec un taux d'argile de 23 à 31 %) à sablo-limoneuse en profondeur (avec un taux de sable qui dépasse 50 %). Le taux des éléments grossier est très élevé (> 50 %), principalement en profondeur Contribuant à une faible réserve et rétention en eau et une faible réserve utile. Ce grand apport d'éléments grossiers est venu du bassin versant, par l'effet de pente. Le taux de carbone organique est faible à moyen, il varie de 1,72 % à 1,48 %, ce dernier présente des fluctuations en profondeur traduisant le caractère alluvial et colluvial de ces sols. La CEC du sol est modérée 19% Cmol/kg, avec un complexe adsorbant saturé en calcium. En effet le sol est non salé, non calcaire à pH légèrement acide.

3. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n° 03

3.1. Description morphologique

Nom de profil : Université 03

Numéro du profil : P3

Date de description : Février 2023

Localisation : 36°50'54.53"N, 6°53'12.79"E

Physiologie : Piémont de montagne

Topographie : Pente à 30 %

Roche mère : Micaschiste, minérale de feldspath.

Occupation des sols : Maquis

Espace végétale : Eucalyptus

Drainage : Bon, présence des ravins, et ravines

Classification USDA 2014 : Inceptisol (Haploxerept)

Classification CPCS 1967 : Sol peu évolué d'érosion



Photo représentative du profil N°03.

Horizon 1 : 0-35 cm : Frais, peu compact, brun, strong Brown (7,5YR 5/6) à l'état sec, darckbrown(7,5YR 3/4) à l'état humide, structure polyédrique moyenne à grossière, texture équilibré à dominance argileuse, poreux, collant, faible enracinement dense (racine fine et moyenne d'arbre), taux très élevé d'éléments grossiers (> 60 %), pas d'effervescence à l'HCl.

RM : Roche mère micaschiste

3.2 Résultats analytique du profil 03

Tableau : Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 03

Horizon	H1
Profondeur (cm)	0-35
MO %	1,90
Carbone %	1,10
Élément grossier %	42,32
Argile %	30,92
Limon %	35,39
Sable %	33,69
Texture	Clay-loam
Da	1,29
Dr	2,17
Porosité %	40,32
pF 3 (1bar)	19,63
pF 4,2 (15 bars)	12,93
CEC (cmol /kg)	24,69
pH eau	5,92

pH KCl	4,89
Calcaire total %	0
CE (μ S/cm)	149 ,3

3.3 Caractéristiques synthétiques et Interprétation

Le profil 03 est localisé à l'université 20 aout 1955 Skikda, occupé par les arbres d'eucalyptus. Sur le plan géomorphologique, le profil apparait dans les sols situés sur le piment du versant de pente élevé (30%), selon la classification USDA, il appartient à l'ordre des Inceptisol (Haploxerept), sol peu évolué d'apport d'érosion selon la classification CPCS. C'est un sol peu profond, brun foncée, peu, compact poreux, caractérisé par une structure polyédrique moyenne à grossières de texture équilibré à dominance argileuse, avec un taux d'argile de 40 %, contribuant à une bonne réserve et rétention en eau. Le taux de de carbone organique est faible (1,10 %) suite à de faible retombé biologique et à l'effet de ruissellement. La CEC du sol est modéré en surface (24,69 Cmol/kg). En effet le sol est non salé, non calcaire à pHlégèrement acide.

4 Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n° 04

4.1 Description morphologique

Nom de profil : Université 4

Numéro du profil : P04

Date de description : Avril 2023

Localisation : 36°51'0.96"N, 6°53'6.29"E

Physiologie : Piémont de montagne

Topographie : Pente à 40 %

Roche mère : Micaschiste, minéral de feldspath

Occupation des sols : Dénudé

Drainage : Bon, présence des ravins, et ravines

Classification USDA 2014 : Inceptisol (Haploxerept)

Classification CPCS 1967 : Sol peu évolué d'érosion

Horizon 1 : 0-35 cm : Frais, compact, Bun,



Photo représentative du profil N°04.

light Brown (7,5YR 6/4) à l'état sec, dark Brown (7,5 YR 3/3) à l'état humide, poreux, peu collant, texture limoneuse sableuse, structure polyédrique moyenne, faible enracinement, taux moyenne de éléments grossiers élevé (< 40%), pas d'effervescence à l'HCl,

RM : Roche mère micaschiste

4.2 Résultats analytique du profil 04

Tableau : Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 04 :

Horizon	H1
Profondeur (cm)	0-35
MO %	1,70
Carbone %	0,99
Eléments grossiers %	42,11
Argile %	19,57
Limon %	45,70
Sable %	35,72
Texture	Loam
Da	1,27
Dr	2,21
Porosité %	42,63
pF 3 (1bar)	23,37
pF 4,2 (15bar)	14,33
CEC (meq/100g)	21,87
pH eau	5,92
pH KCl	4,79
CE (µS/cm)	114,24

4.3 Caractéristiques synthétiques et Interprétation

Le profil 04 est localisé à l'université 20 aout 1955 Skikda, sol dénudé. Sur le plan géomorphologique, le profil apparait dans les sols situés dans un ravin du versant, sur le piment de montagne de pente élevé (40%), selon la classification USDA, il appartient à l'ordre des Inceptisol (Haploxerept), sol peu évolué d'apport d'érosion selon la classification CPCPS. C'est un sol peu profond, brun foncée, peu, compact poreux, caractérisé par une structure polyédrique moyenne à grossières de texture équilibré à dominance argileuse, avec un taux d'argile de 40 %, contribuant à une bonne réserve et rétention en eau. Le taux de carbone organique est faible (1,10 %) suite à de faible retombé biologique et à l'effet de ruissellement. La CEC du sol est modéré en surface (24,69 Cmol/kg). En effet le sol est non salé, non calcaire à pH légèrement acide.

5. Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n° 5

5.1 Description morphologique

Nom de profil : Université 5

Numéro de profil : P5

Date de description : Avril 2023

Localisation : 36°50'57.48"N, 6°52'47.00"E

Physiologie : Milieu de montagne

Topographie : Pente à 30 %

Roche mère : Micaschiste

Occupation des sols : Reboisement

Espèce végétale : Eucalyptus et végétation herbacées

Classification USDA 2014 : Alfisol (Rhodoxeralf)

Classification CPCPS 1967 : Sol à sesquioxyde de fer (Sol rouge méditerranéen).



Photo représentative du profil N°05.

Horizon 1 A : (0-30cm). Frais, friable, de couleur Brun rougeatre, strongBrown (7,5YR 5/8) à l'état sec strong Brown (7 ,5YR 4/6) à l'état humide , texture Argileuse, structure polyédrique moyenne, enracinement moyen, activité

de faune, poreux, présence de galerie, litières faible, taux d'élément moyen (21%) , pas d'effervescence à L'HCl , transition diffuse.

Horizon 2 Bt1: (30-80 cm). Sec, compact, de couleur brun rougeâtre, strong Brown (7,5YR 5/6) à l'état sec strong Brown (7,5YR 5/8) à l'état humide, texture Argileuse, structure polyédrique grossière, enracinement moyen, présence de racine grosse d'arbre, pas des éléments grossir, pas d'effervescence à l'HCl, transition diffuses, peu porosité.

Horizon 3 Bt2 : (+80cm). Sec, très compact, de couleur rougeâtre, reddishyellow(7,5YR 5/3) à l'état sec strong Brown (7,5YR 3/2) à l'état humide, , présence quelques racines d'arbre, faible porosité, pas d'élément grossier, pas d'effervescence à l'HCl.

5.2 Résultats analytiques du profil 05

Tableau : Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 05 :

Horizon	H1	H2	H3
Profondeur (cm)	0-30	30-80	+80
MO %	3,24	2,98	2,73
Carbone %	1,88	1,73	1,59
Elément grossier %	21,66	0	5,64
Argile %	43,46	34,60	31,46
Limon %	33,03	40,70	48,02
Sable %	23,49	24,70	20,51
Texture	Argileux	Argileux-limoneux	Limoneux-argileux
Da	0,90	0,86	1,03
Dr	2,12	2,19	2,31
Porosité %	57,66	60,58	55,45
pF 3 (1bar)	-	23,93	24,16
pF 4,2 (15bar)	-	13,46	16,23

CEC (meq /100g)	19,68	/	/
pH eau	5,70	5,87	5,71
Calcaire total %	0	0	0
CE (μ S/cm)	53,54	64,08	78,9

5.3 Caractéristique synthétique et Interprétation

Le profil 05 est localisé au milieu de montagne (Mssiwen_ Merabou), sur une pente élevée, occupé par des reboisements d'eucalyptus. Selon la classification USDA, le sol appartient à l'ordre des alfisols (Rhodoxeralf), sol à sesquioxyde de fer (ou rouge méditerranéen) selon la classification CPCS. C'est un sol profond, d'une couleur rougeâtre sur tout le profil, indiquant la présence d'un taux élevé de fer oxydé. Le sol poreux en surface et présente une activité intense de faune, caractérisé par une structure polyédrique grossier de texture argileuse en surface à limono-argileuse en profond, avec un taux d'argile qui varie de 43,46 % en surface à plus de 31,46 % en profondeur ; contribuant à une bonne réserve et rétention en eau. Le sol est marqué par un taux un taux de carbone organique modéré (1,88 %) qui diminue en profondeur (1,59 %) ce dernier présente des fluctuations en profondeur traduisant le caractère alluvial de ces sol. La CEC du sol est modéré en surfa, enregistrant 19,68 Cmol/kg avec un complexe absorbant riche en calcium. En effet le sol est non salé, non calcaire à pH légèrement acide.

6 Caractéristiques morphologiques et analytiques du profil n° 06

6.1 Description morphologie

Nom de profil : Université 06

Numéro du profil : P6

Date de description : avril 2023

Localisation : 36°50'53.95"N, 6°52'46.36"E

Physiologie : Milieu de montagne

Topographie : Pente à 40 %

Roche mère : Micaschiste

Occupation des sols : Maquis

Espèce végétale : Chêne liège et végétations herbacées

Classification USDA 2014 : Alfisol (Haploxeralf)

Classification CPCS 1967 : Sol brunifié

Horizon 1 (A1) 0-30cm : Humide, peu compact, noirâtre, black (7,5 YR 2/1) à l'état humide, Dark Brown (7,5YR 3/2) à l'état sec, poreux, structure polyédrique moyenne à granuleuses, texture limoneuse, enracinement dense, présence de grosse racine d'arbre et fine. Taux élevé d'éléments grossier faibles (> 50 %), pas d'effervescence à L'HCl, transition diffuse.

Horizon 2 (A2) 30-45cm : Humide, peu compact, brun, Brown (7,5YR 4/3) à l'état humide, light Brown (7,5YR 6/4) à l'état sec, poreux, structure polyédrique fine, texture limoneuse, enracinement moyen, taux élevé d'élément grossier (38 %), pas d'effervescence à L'HCl, transition graduelle.

Horizon 3 (Bt) 45-65cm : Frais, peu compact, brun à brun foncé, strong Brown (7,5YR 4/6) à l'état humide, strong Brown (7,5YR 5/8) à l'état sec, peu poreux, structure polyédrique grossière, texture sablo-limoneuse, taux faible d'élément grossier (16 %), pas d'effervescence à l'HCl, transition graduelle.

Horizon 4 C : 65-94 cm : Sec, compact, de couleur bariolé (brun rougeâtre à jaunâtre), strong Brown (7,5YR 5/6) à l'état humide, reddishyellow (7,5YR 6/6) à l'état sec, peu poreux,



Photo représentative du profil N°06.

structure polyédrique grossière, enracinement faible (fin racine), moyen taux d'éléments grossiers (21%), pas d'effervescence à l'HCl.

Roche mère : Micaschiste, minéral de feldspath.

6.2. Résultats analytique du profil 06

Tableau : Résultats des analyses physiques et chimiques du profil 06

Horizon	H1	H2	H3	H4
Profondeur (cm)	0-30	30-45	45-65	65-94
MO %	2,90	1,64	2,81	2,60
Carbone %	1,69	0 ,95	1 ,64	1,51
Elément grossier %	53,50	38,44	16,91	21,18
Argile %	17,90	18,58	20,28	10,64
Limon %	39,84	42,77	50,78	22,92
Sable %	42,26	38,65	28,94	66,45
Texture	limoneux	limoneux	limoneux	Sablo-limoneux
Da	1,10	1,61	1,42	1,33
Dr	2,40	2,42	2,09	2,73
Porosité %	53,98	33,43	32,40	51,30
pF 3(1 bar)	17,60	17,03	24,24	19,31
pF 4,2 (15bars)	-	10,86	-	17,75
CEC (meq/100g)	25,62	15,94	23,12	/
pH eau	7,06	6,87	6,62	6,73
pH KCl	4,97	4,80	4,08	5,55
Calcaire total %	0	0	0	0
CE (µS/cm)	28,54	14,24	84,2	19,0

6.3 Caractéristique synthétique et Interprétation

Le profil 06 est localisé au milieu de montagne (Mssiwen_ Merabou), sur une pente élevée, occupé par des arbres de chêne liège. Selon la classification USDA, le sol appartient à l'ordre des Alfisols (Haploxeralf), sol brunifié selon la classification CPCS. C'est un sol profond, d'une couleur noirâtre en surface suite à l'accumulation d'humus, cette couleur varie en profondeur vers le jaune rougeâtre, indiquant l'accumulation de fer dans le profil. Le sol est poreux en surface et présente une activité intense de faune, caractérisé par une structure grumeleuse en surface à polyédrique grossière en profondeur. La texture est limoneuse en surface à sablo-limoneuse en profondeur, avec un taux d'argile qui varie de 17,90 % en surface à de 10,46% en profondeur. Le sol est caractérisé par un taux de carbone organique moyen en surface (1,70 %) qui diminue en profondeur (1,51%). La CEC du sol est modéré en surface (23,12 Cmol/kg), avec un complexe absorbant riche en calcium. En effet le sol est non salé, non calcaire à pH neutre qui varie de 7,06 en surface à 6,65 en profondeur.

2. Classification des sols et de leur couvert végétal au long de la toposéquence.

Les différents types de sol de la toposéquence se différencient essentiellement par le type de matériau dans lequel ils se développent, et par le mode de mise en place de ce matériau. Ils agissent surtout d'alluvions (dans la plaine) et de roches métamorphiques et de colluvions (dans la montagne et le piémont) dont la répartition dans le paysage est en fonction de la géomorphologie. Le long de la toposéquence, trois grandes unités ont été identifiées, en tenant compte des caractéristiques du sol, de la végétation et de la géomorphologie. Selon la taxonomie des sols USDA (2014), les sols observés appartiennent à trois ordres : des Alfisols au milieu de la montagne, des Inceptisols qui occupent généralement la zone de reliefs et les piémonts, puis des Mollisols qui se développent dans la plaine.

Les sols sont généralement acides à modérément acides, voire neutres, avec une teneur élevée en Ca et Mg et un taux de saturation en base > 50 %. Les carbonates et la salinité sont absents dans ces sols.

Tableau- Sols étudiés selon la classification Soil Taxonomy USDA (2014).

Ordre	Sous-ordre	Groupe	Numéro de profil	Position topographique	Occupations des sols
-------	------------	--------	------------------	------------------------	----------------------

Alfisols	Xerept	Haploxeralfs	P6	Mi-montagne	Maquis (Chêne liège)
		Rhodoxeralfs	P5	Mi-montagne	Reboisement (Eucalyptus)
Inceptisols	Xerept	Haploxerepts	P4-	Piémont	Dénudé
			P3	Piémont	Reboisement (Eucalyptus)
			P2	Plaine	Arboriculture (Olivier, goyavier, agrume..)
Mollisols	Xeroll	Haploxerolls	P1	Plaine	Champ expérimental

2.1 Les Alfisols (P6 et P5)

Il s'agit des sols rouge méditerranéens à sesquioxyde de fer, et des sols brunifiés selon la classification CPCS. Des sols de montagne, profond, développé et stable, de couleur brun rougeâtre, occupés par des maquis de chêne liège, de lentisque et des reboisements d'eucalyptus. Les sols sont caractérisés par le développement d'un horizon Bt à texture argileuse et un taux de saturation en base > 50 %, ce sont des sols moyennement riches en matière organique à pH légèrement acide à neutre. La séquence des sols est A/Bt1/Bt2/, A&/A2/Bt/C.

2.2 Les Inceptisols(P4, P3 et P2).

Il s'agit d'un ensemble assez diversifié de sols graveleux, développé dans la montagne et le début de la plaine sur des roches tendres schisteuses, des apports colluviaux et des apports colluvio-alluviaux avec des pentes variables allant de plus de 30 % à 4 %. Ces sont des Inceptisols de climat subhumide méditerranéen. De ce fait, ils appartiennent à des sous-ordres des Xerepts, dans le groupe des Haploxerepts. Les séquences d'horizon A/R, A/C1/C2/C3, A/C/R. en effet deux sous-groupes qui se développent :

- **Les Typic Haploxerepts (P3 et P4) :** Ces sols sont des Inceptisols typiques de climat méditerranéen sub-humide. Ils peuvent se trouver dans les zones à forte pente (> 30%), en montagne et en piémont. Ils

sont caractérisés par une forte érosion hydrique et sont soumis à des processus de rajou-
nissement. Ils agitent des sols d'érosion et d'apport colluvial, caillouteux et graveleux av-
ec une teneur élevée en gravier (>20%) et sont peu profonds (<1 m). Les sols sont
acides à légèrement acides, avec une teneur faible à moyen de C.

- **Les Fluventic Haploxerepts (P2) :**

Ces sont des sols peu évolués, non climatiques d'apport alluvial et colluvial modal qui se
trouvent sur des pentes douces (4%) ayant occupé des poches entre les
dépôts colluviaux issus des montagnes et ceux de la plaine alluviale. Sols occupé
par un verger d'arboriculture, profonds de plus de 1 m de profondeur, avec un
taux de gravier de 30%. Texturalement, ce sont des sols limoneux en surface à
limono-sableuse en profondeur. Ils ont un pH légèrement acide, une CEC faible à
modérée variant entre une teneur moyenne en C, qui diminue en profondeur.

2.3 Les Mollisols (P1).

Les Mollisols sont situés dans la partie inférieure de la toposéquence de la
terrasse alluviale caractérisée par des pentes douces (<4%). Ils occupent une grande parti-
e de la plaine de la vallée Zeramna. Ils sont formés sur alluvions de texture fine à
moyenne et appartiennent au groupe des Haploxerolls, sous-groupe des
Cumulic Haploxeroll (P1). Ils agitent des sols peu évolués, non climatiques, d'apport alluvia-
l inoirci selon la CPC 1967.

Ils sont couverts par les vergers d'agrumes depuis plus de 60 ans. Ils sont
caractérisés par un épipédon Mollic, épais, structuré, brun foncé humidifié. Ces sont des
sols profonds (> 1 m) avec un taux faible de gravier (<1%). Ces sols sont caractérisés
par des horizons superposés et discontinus, avec les séquences d'horizons suivantes: Ap/
A/IIC1/IIC2.

Texturalement, ces sols sont limoneux en surface et limoneux-argileux en
profondeur, neutres à légèrement acide. La teneur en C est variable et fluctue en
profondeur, exprimant le caractère alluvial des sols.

3 Caractéristiques physiques et chimiques des sols de la toposéquence

3.1. Variation texturale des particules des sols (Profil textural)

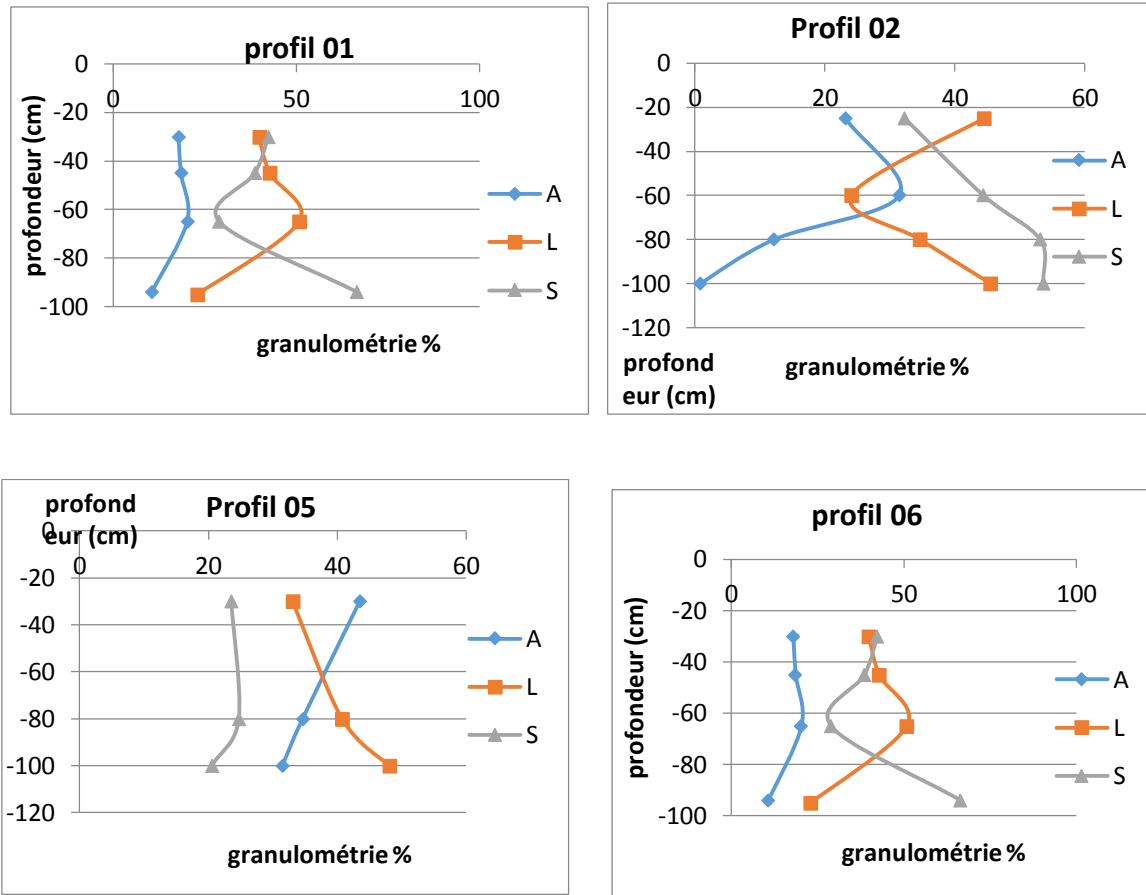
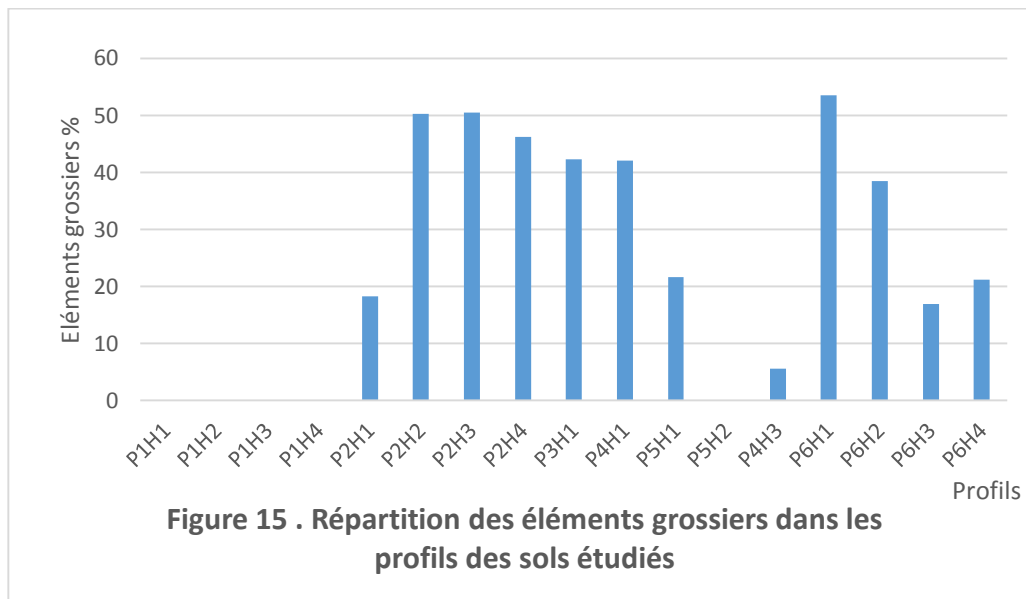


Figure14 . Distribution verticale de la granulométrie des sols dans les profils selon la toposéquence (Profil textural). A : Argile, L : Limon, S : sable

Les sols de la toposéquence sont donnés par une texture limoneuse (P6) à argileuse (P5) au milieu de la montagne, elle devient équilibrée au piémont. Cependant dans la plaine alluviale, la texture limono-argileuse en surface à argilo-limoneuse en profondeur. L'argile provenant de la montagne est le substrat d'une altération physique et chimique de la roche métamorphique micaschiste. Cette argile peut être aussi le résultat d'un dépôt géologique. En effet, l'action de l'érosion et le ruissèlement vont entrainer cette argile pour le déposer sur la plaine, qui sera parallèlement alimenté par l'oued zeramna, donnant ainsi une texture argileuse en profondeur.

3.2. Les éléments grossiers



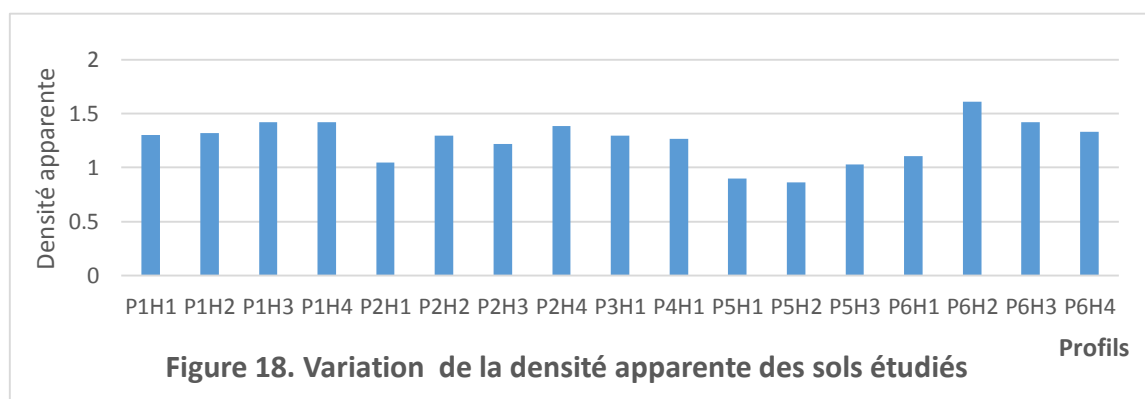
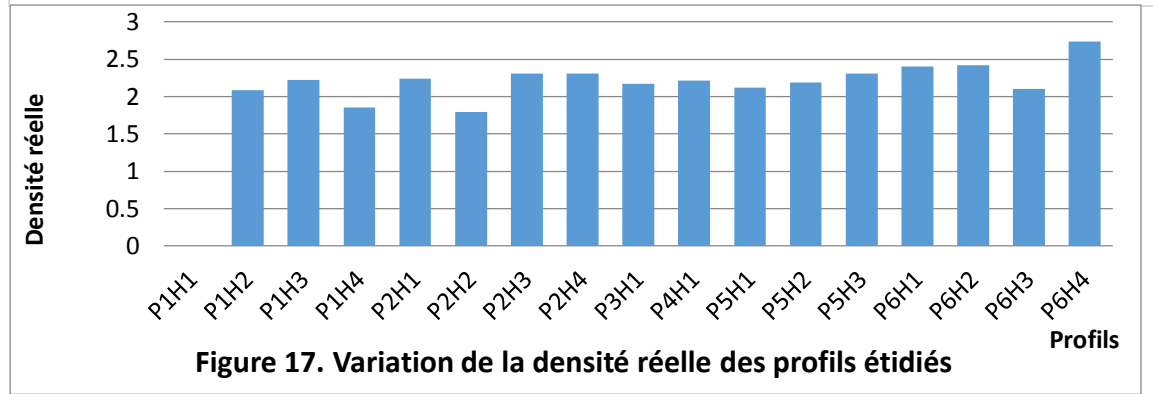
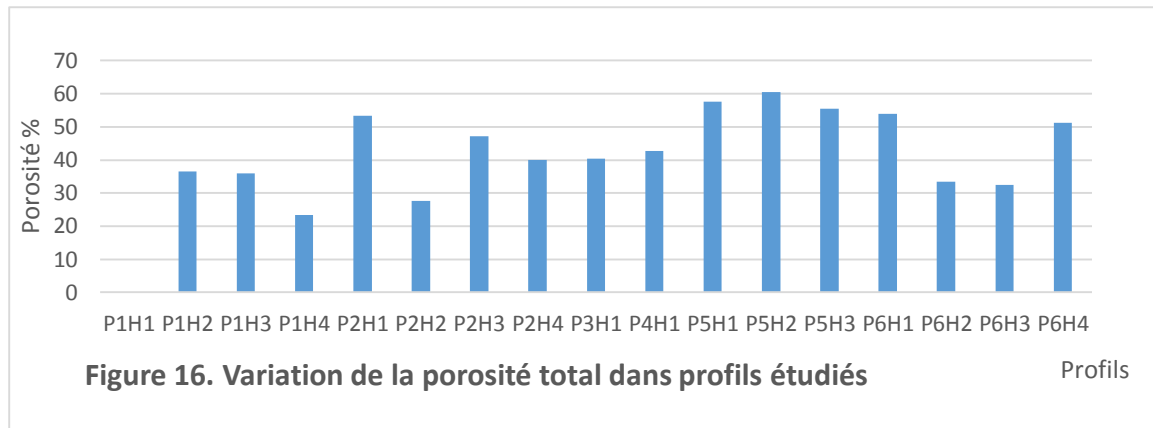
La figure montre bien une altération poussée et une activité érosive du bassin versant à travers la quantité importante des éléments grossiers qui peut dépasser 50 % au milieu et au piémont de la montagne. Ce flux de cailloux sera déposé dans le début de la plaine, traduisant ainsi le caractère colluvial de profil 2. Cependant, et tout en se rapprochant de l'oued Zeramna (P2), la quantité des cailloux est quasiment nul, à cause du mouvement fluviatile, qui apportait spécifiquement des éléments fins.

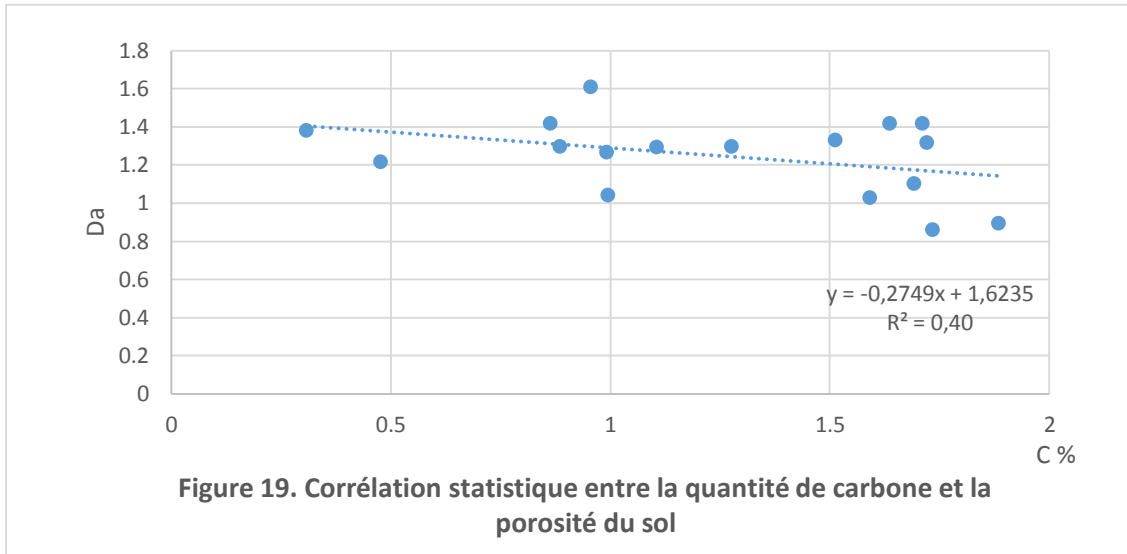
3.3. La porosité, la densité réelle et apparente.

La figure montrant, la variation de la porosité des sols montre que les sols sont caractérisés par une grande porosité en surface, qui diminue en profondeur. Cependant les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans le profil P1, sol agricole obéissant à des travaux perpétuels de labour. En effet, une corrélation positive une régression proportionnelle est enregistrée entre la densité apparente et le taux de carbone organique $R^2 = 0,45$ (Figure).

Concernant la densité apparente, elle est faible généralement en surface des sols, et augmente progressivement en profondeur, suite à l'augmentation du minéral en profondeur et à des taux faibles en matière organique. Cependant les valeurs les plus faibles sont remarquées en surface des profils riches en matière organique P5 et avec une valeur de 1.90 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. L'analyse statistique montre une bonne corrélation négative et une régression inversement proportionnelle entre la densité apparente et le taux de carbone organique $R^2 = 0,40$ (Figure).





3.4 Variation verticale du carbone organique du sol selon la toposéquence

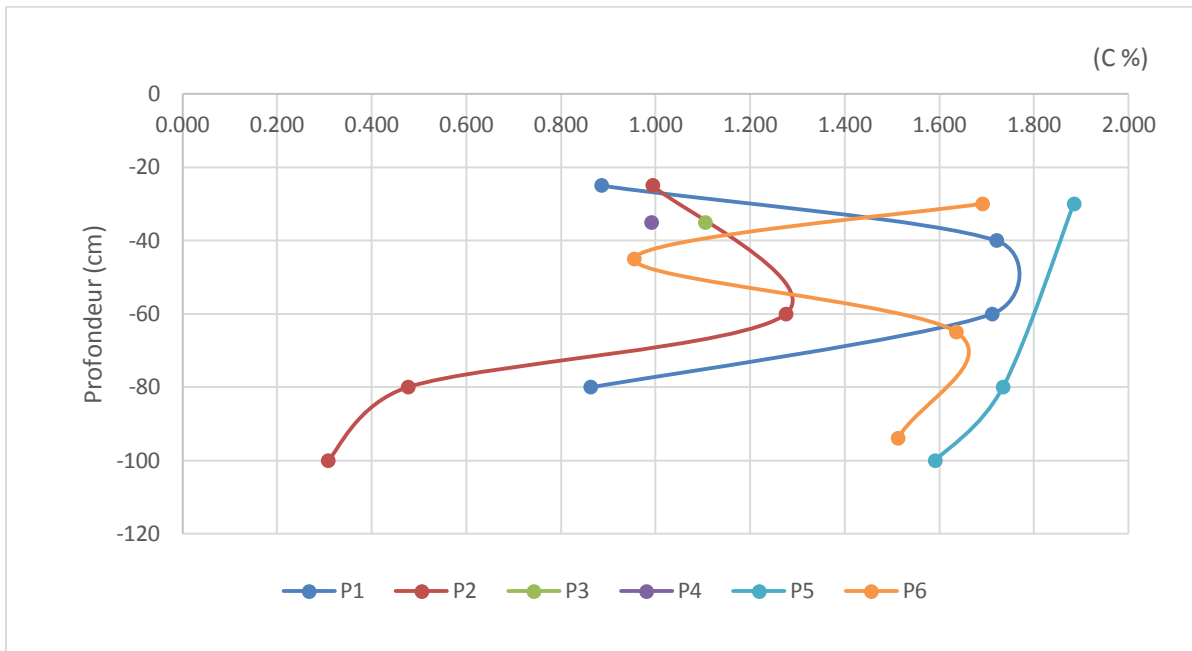
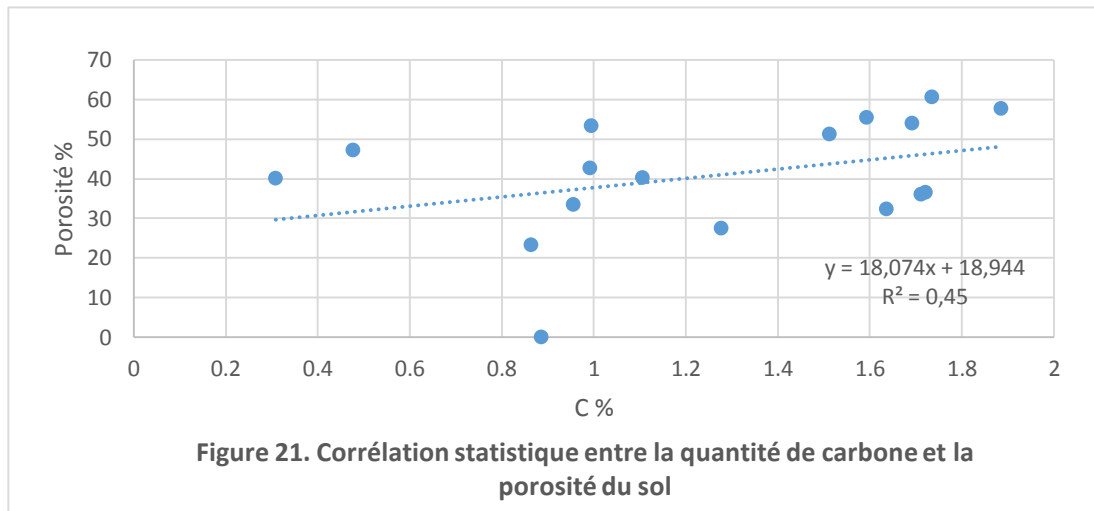


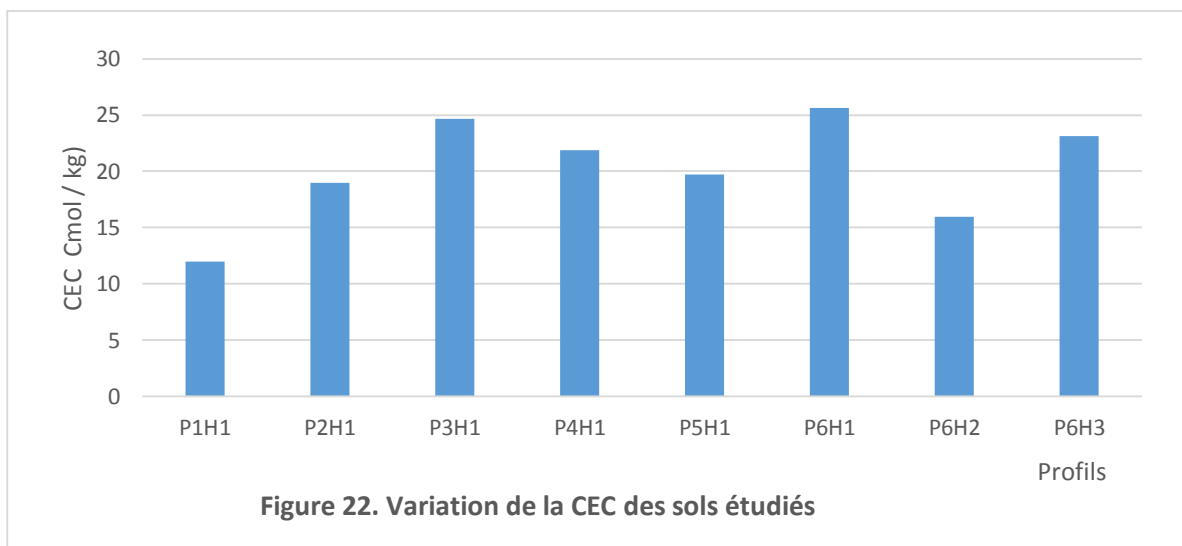
Figure20 . Distribution verticale du carbone organique total selon la toposéquence étudiée (profil organique)

La présentation graphique des résultats montre que la répartition du carbone organique selon la toposéquence étudiée est très variable. En surface, les quantités de carbone les plus élevés sont enregistrés dans les sols de montagne, à cause d'un apport organique perpétuel par les arbres des maquis (pluvioléssivats, retombés biologiques...). Par contre, les sols de piémont et les sols de plaine alluvial enregistrent des taux faibles à moyens, cela est dû principalement au mouvement érosif du bassin versant, spécialement sur les zones dénudées (P4), et au travail du sol des zones agricoles (P1 et P2). Cependant, ce comportement change carrément en

profondeur, pour montrer des augmentations du carbone en profondeur et des fluctuations qui du mouvement fluviatile de oued Zeramna, traduisant le comportement alluvial des sols.



3.5 Variation de capacité d'échange cationique du sols



La CEC effectuée est généralement sur les horizons de surface et quelques horizons de profondeur. En effet les teneurs de la CEC apparaît très variables entre les différent profil et types de sol. La CEC est élevée dans les sols de montagne spécialement le P6 (alfisol occupée par le chêne liège et d'autre espèce) . Cependant la CEC est faible dans la P1 et P2. Les autre profil présentant des teneurs modérément élève (entre 20 à 25 Cmole/kg . L'augmentation de la

CEC est en relation étroite avec l'augmentation de carbone organique du sol. Par conséquent, l'analyse statistique montre une bonne corrélation positive et une régression proportionnelle entre le taux de carbone et la CEC de sols avec $R^2 = 0,45$ (Figure).

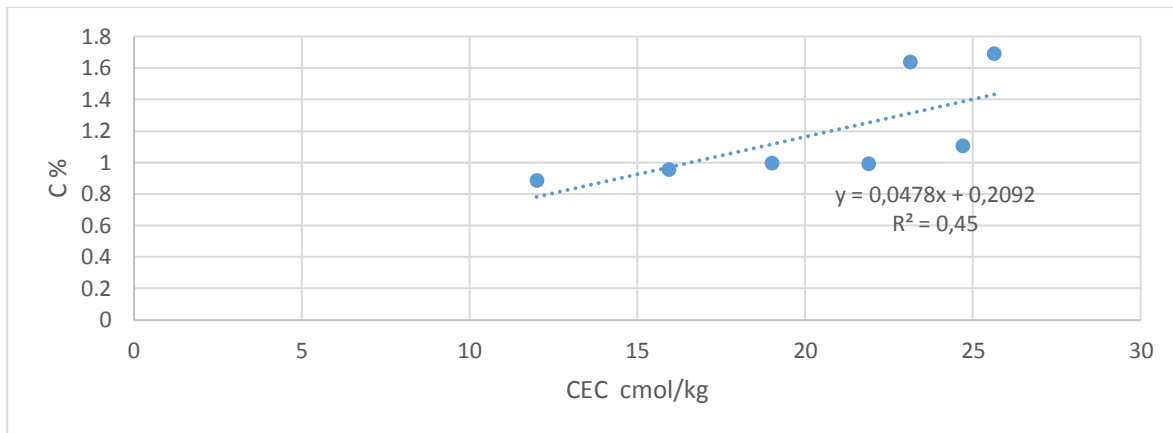


Figure 29. Corrélation statistique entre le taux de carbone organique et la CEC

3.4. Variation du pH selon la toposéquence

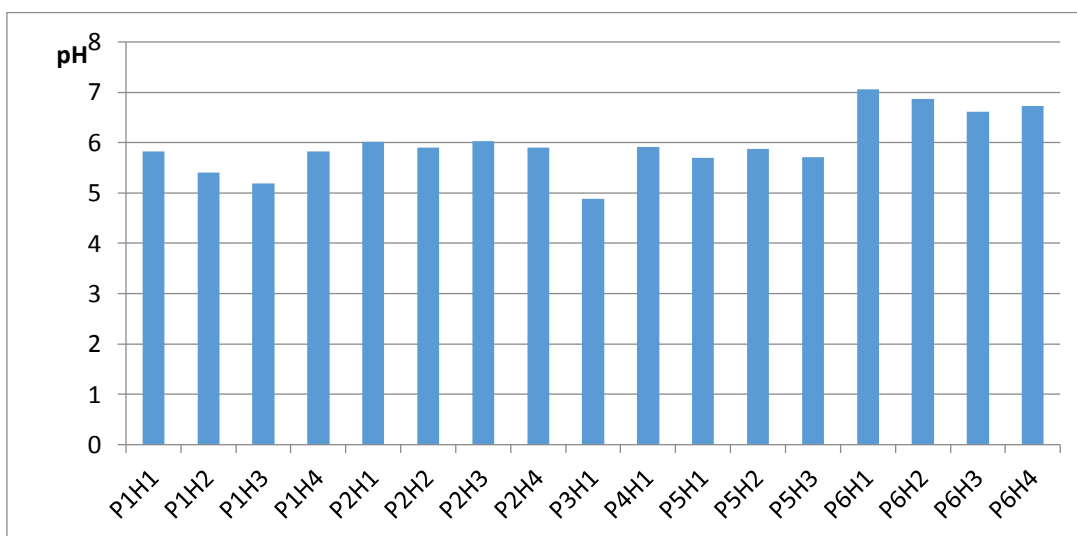


Figure 30. Variation de pH du sol au long de la toposéquence

Les sols de la toposéquence sont caractérisés par un pH acide à légèrement acide voire neutre. Il varie de 5.9 à 6 dans la plaine, et devient plus acide dans le piémont (P3), suite à des mouvement intense d'altération de la roche (Micaschiste). Le pH au milieu de la montagne est neutre, principalement le P6, il diminue progressivement en profondeur. Le type de végétation, la décomposition de la matière organique, la nature de la roche mère sont des principaux origines d'acidité dans la région.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Dans le présent travail, nous avons essayée de définir caractéristiques physiques et chimiques des sols d'une toposéquence dans la vallée de zeramna, de la région d'el-hadaik Skikda. Les différents types de sol de la toposéquence se différencient essentiellement par le type de matériau dans lequel ils se développent, et par le mode de mise en place de ce matériau. Ils'agit surtout d'alluvions (dans la plaine) et de rochemétamorphique et de colluvions (dans la montagne et le piémont), dont la répartition dans le paysage est en fonction de la géomorphologie. Le long de la toposéquence, trois grandes unités ont été identifiées, en tenant compte des caractéristiques du sol, de la végétation et de la géomorphologie. Selon la taxonomie des sols USDA (2014), les sols observé s'appartiennent à trois ordres : des Alfisols au milieu de la montagne, des Inceptisols qui occupent généralement la zone de reliefs et les piémonts, puis des Mollisols qui se développent dans la plaine.

Sur le terrain, la caractérisation des sols a permis de retenir que les terrains sont à vocation agricole dans la plaine alluviale et forestière dans les zones montagneuses. Les sols de la toposéquence sont donnés par une texture limoneuse (P6) à argileuse (P5) au milieu de la montagne, elle devient équilibrée au piémont. Cependant dans la plaine alluviale, la texture limono-argileuse en surface à argilo-limoneuse en profondeur. Les sols sont caractérisés généralement par un taux moyen à faible de matière organique, le pH est moyennement à légèrement acide, voir neutre. Le taux d'éléments grossiers est très élevés dans la montagne et le début de la plaine suite à l'effet de pente et l'érosion. En effet, les sols du bassin versant sont soumis à un mouvement intensive d'érosion hydrique, aboutissant à une dégradation des sols de la montagne. Différents formes d'érosion sont observés à savoir les grands ravins, les ravines, les stries, l'érosion en nappe. Les facteurs majeurs de cette dégradation est l'absence de couverture végétal, la pente et la pluviométrie orageuse.

Perspectives : Une étude de la dynamique d'érosion est souhaitable ultérieurement avec l'installation d'un plan d'aménagement active, la conservation de ces sols et leur mise en valeur est nécessaire à travers : l'installation des banquettes sur les montagnes pour ménager la pente, le gabionnage et les exutoires, la fixation des sols par la végétation (reboisement), Apport des matières organiques dans les sols de la plaine pour améliorer

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Asadi, H., Raeisvandi, A., Rabiei, B., and Ghadiri, H.: Effect of land use and topography on soil properties and agronomic productivity on calcareous soils of a semiarid region, Iran, *Land Degrad. Develop.*, 23, 496–504, 2012.
2. Ashley, G. M., Beverly, E. J., Sikes, N. E., and Driese, S. G., 2014. Paleosol diversity in the Olduvai Basin, Tanzania: Effects of geomorphology, parent material, depositional environment, and groundwater on soil development, *Quat. Internat.*, 322/323, 66–77,
3. Baise D et Jabiol B 1998 : guide pour la description des sol . INRA paris P368
4. Baise D, 2000 : guide des analyses en pédologie 2^{ème} édition INRA paris P254.
5. Calvet R, 2003 : le sol propriété et fonction tome 1 : constitution structure et phénomène aux interfaces édition France agricole P267.
6. Belaissaoui, N., 2004. Genèse des sols sous climat sub-humide : cas des sols d'El Hadaiek (nord-est de l'Algérie). *Batna University*, p. 116.
8. Bensaïd, R., 1986. Contribution à la connaissance des sols de la vallée du Saf-Saf (Skikda, Algérie). *Faculté des Sciences*, p. 204.
9. Calvet R, 2003 : le sol , propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques Tome 2. *Ed. France agricole* , P511.
11. Chamayou H et Legros J.P , 1989 : les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol, P 593.
12. Derdour H, 1999 : les constituants du sol, cours de pédologie général programme 1^{er} année ENSA INA EL-Harrach P77
13. Duchaufour P, 1977 : pédologie , sol, végétation environnement . (5^{ème} édition)
14. Duchaufour P, 1988 : pédogénèse 2^{ème} édition Paris, P224.
15. Duchaufour P, 2001 : introduction à la science du sol 6^{ème} édition paris, P314
16. Demolon 1966 : principe d'agronomie. Tome 1 dynamique du sol EL Dnord. P520.
17. Fernández-Romero M.L., Lozano-García, B. Parras-Alcántara L. 2014. Topography and land use change effects on the soil organic carbon stock of forest soils in Mediterranean natural areas. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 195. 1–9.
18. Gessler, P.E., McKenzie, N.J., Hutchinson, M.F., 1996. Progress in soil-landscape modeling and spatial prediction of soil attributes for environmental models. In *Proceedings of Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling*, Santa Barbara, CA, National Center for Geographic Information and Analysis.
19. Girard et al 1996 : : in HACHICHA ZAHRA 2012/2013, les caractéristiques chimiques des sols alluviaux de la vallée de Zeramna. *Etudes des sols des jardins d'université* 20 Aout 1955-SKIKDA , P 31 .
20. Girard et al 2011 : étude de la description cartographique utilisation DUNODE paris P404.

Références bibliographiques

21. Guyot , 1999 : climatologie de l'environnement « cours exercices corrigés » 2^{ème} édition Dunod-INRA paris P525.
22. Halitim 1988 : Les sols des région arides. These doctorat. Univ. Batna.
23. Hamouni et all, 2004 : analyse des sol (int éret agronomique) P 28.
24. Hinsinger,1998 : in HACHICHA ZAHRA 2012/2013, les caractéristiquess chimiques des sols alluviaux de la vallée de zeramna. Etudes des sols des jardins d'université 20Aout 1955-SKIKDA ,P 31 .
25. Lasnier 1973 : la chaise agronomie nouvelle Flammarion.
26. Lozet J et Mathieu , 2002 : dictionnaire des science du sol P460.
27. Mackey 2001 : in Bouria Halima et laibe karima 2017 :2018, caractyéristiques physiques du sol de la région de tamalous. P 02.
28. Mathieu et al., 2007 : base technique de l'irrigation par aspersion P474.
29. Mathieu et pieltain1998 : dictionnaire de science dusol P275.
30. Prone 2003 : in Bouria Halima et laibe karima 2017 :2018, caractyéristiques physiques du sol de la région de tamalous. P 07.
31. Raoul calvet 1999 : in Bouria Halima et Laibe karima 2017/2018 , caractyéristiques physiques du sol de la région de tamalous. P 02.
32. Segalen P et Benchetrit maurice 1956 :
33. Solthner 1985 : les bases de la production végétale, Tome 1 : le sol .collection science et techniques agricoles.15^{ème} édition,1985.
34. Stumm et Morgan 1981 : in HACHICHA ZAHRA 2012/2013, les caractéristiquess chimiques des sols alluviaux de la vallée de zeramna. Etudes des sols des jardins d'université 20Aout 1955-SKIKDA ,P 30 .
35. Srensen ,1909 : : in HACHICHA ZAHRA 2012/2013, les caractéristiquess chimiques des sols alluviaux de la vallée de zeramna. Etudes des sols des jardins d'université 20Aout 1955-SKIKDA ,P 30 .
36. Ziadat, F. M. and Taimeh, A. Y. , 2013. Effect of rainfall intensity, slope and land use and antecedent soil moisture on soil erosion in an arid environment, Land Degrad. Develop., 24, 582–590.

Résumé

Résume

Ce travail que nous avons mené a pour objectif la collection des résultats morpho-analytique du sol du sol de vallée d'el-hadaik sur une carte synthétique.

Cette carte, nous a montré que cette zone avait trois types de sol : Mollisol, alfisol, Inseptisol.

Cette étude pédologique permettra de simplifiée d'avoir des informations de la région étudiée aux utilisateurs .

المخلص

إن هذا العمل الذي أجريناه هدفه هو جمع نتائج التحاليل المتحصل عليها لأبحاث علم التربة الخاصة بالمنطقة المدروسة الحقائق في خريطة ملخصة لهذه

النتائج

هذه الخريطة بينت لنا أن المنطقة المدروسة تتكون من ثلاث أنواع من التربة وهي mollisol ,alfisol, inceptisol

هذه الدراسة في علم التربة تسمح للمستخدمين بتسهيل الحصول على المعلومات الخاصة بالمنطقة المدروسة للمستخدمين

Abstract

This Works, which we conducted, aims to collect the analyzes obtained for soil science research in the areas of el-hadaik. In a summary map of these results.

This map showed us that the studied area consiste of three types of soil: Mollisol, alfisol, inseptisols.

This study in soil science allows to facilitate acces to information about the studie area for users.