



UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques

N° d'enregistrement :

/.../.../.../.../.../.../



THESE

Pour l'Obtention du Diplôme de Doctorat ès Sciences

En Sciences Agronomiques

**Contribution à l'étude des sols alluviaux des bassins du
M'zab : Approche morpho-analytique, organisation
spatiale et intérêt environnemental**

Présentée et soutenue publiquement

Par

M. DJILI Brahim

Le 02 Juillet 2018

Devant le jury composé de :

M. CHELLOUFI Hamid	Professeur Université de Ouargla	Président
M. HAMDI-AISSA Baelhadj	Professeur Université de Ouargla	Directeur de thèse
M. BENSALAH Rabah	Professeur Université de Skikda	Examineur
M. BENSLAMA Mohamed	Professeur Université de Annaba	Examineur
M. DADDI BOUHOUN Mustapha	Professeur Université de Ouargla	Examineur
M. ABDESSALAM Salah	M.C.A. Université de Batna	Examineur

Année universitaire : 2017-2018

A la mémoire de ma mère que dieu l'accueille en son vaste paradis

A mon père pour tous ses soutiens.

A ma femme et mes enfants : Ismail, Marcoua et Djinnane

A mes frères et mes sœurs.

A ma grande famille Djili.

A tous mes amis.

Je dédie ce travail

REMERCIEMENTS

Louange à Dieu tout puissant pour tout ce qu'il m'a donné afin que je puisse terminer ce travail.

A l'issue de ces années de thèse, je voudrais remercier plusieurs personnes, ayant contribué à divers niveaux à ce travail.

*Au terme de ce travail, qu'il me soit permis d'exprimer mes profonds remerciements à mon promoteur Monsieur *Belhadj Hamdi-Aissa* pour avoir accepté de m'encadrer et suivre pas à pas la progression de ce travail. Je le remercie infiniment pour son aide et ses conseils judicieux.*

Mes vifs remerciements s'adressent à tous les membres du jury, pour l'honneur qu'ils me font en acceptant d'examiner ce travail.

Ce travail a été domicilié au laboratoire de BioGéoChimie des Milieux Désertiques relevant de l'université de Ouargla dans l'équipe sol et hydrologie dont je fais partie. Que soient ici remerciés tous ses membres. Je remercie par la même occasion le Directeur du laboratoire Pr. Mahfoud Hadj Mahammed.

Je tiens à remercier vivement le personnel et les membres du Laboratoire HydrAsa (Université de Poitiers, France) pour leur aide, notamment dans la réalisation des analyses par diffraction des rayons X, en particulier Dr. Laurent Caner ; ainsi que les membres du laboratoire de micromorphologie de l'AgroParisTech-INRA (Paris-Grignon) pour l'aide précieuse dans la préparation des lames minces.

Je remercie par la même occasion le personnel du Département des sciences Agronomiques (Université de Ouargla) pour l'environnement qu'il a su créer pour le déroulement de ce travail. Mes remerciements vont à tous les enseignants du département qui m'ont aidé pour réaliser ce travail.

Enfin, que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

Résumé

Peu d'études, sur les caractéristiques et les tendances minéralogiques des sols dans le Sahara, ont été rapportées dans la littérature. Le présent travail a été réalisé dans le but d'une contribution à l'étude des sols alluviaux sahariens des bassins versants du M'zab au Sahara septentrional algérien. Il s'agit des bassins de : Zegrir, Nsa, M'zab et Metlili, où plusieurs sols sont choisis et étudiés morphologiquement et analytiquement. Ils sont répartis sur 23 sites choisis sur l'ensemble des bassins versants en se basant sur des critères lithologiques, géomorphologiques, et topographiques.

L'étude morpho-analytique de la couverture pédologique montre que ces sols sont non à peu évolués. En général, la texture de la terre fine est de type sableux à équilibré. Ce sont des sols non salés à peu salés, moyennement calcaires, modérément à légèrement alcalins et pauvres en matière organique avec des bonnes conditions de drainage. Ils appartiennent :

- aux sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial modal et aux sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal selon la classification de C.P.C.S. (1967) ;

- à l'ensemble des Références des FLUVIOSOLS (BRUNIFIES, TYPIQUES, JUVENILES et BRUTS) Selon le Référentiel Pédologique (2008) ;

- aux taxons: Typic Torriorthents, Typic Torrifluvents, Typic Haplocambids, Typic Haplocalcids et Typic Torripsamments selon la classification américaine "Soil Taxonomy" (2014).

- aux Références : Fluvisols, Cambisols, Calcisols et Arenosols selon la classification mondiale des sols WRB (2014).

Les observations micromorphologiques a révélé que l'existence de la calcite dans ces sols est liée aux mécanismes d'allochtonie et de la cristallisation in situ. L'étude minéralogique a révélé que la palygorskite, l'illite, la kaolinite, la chlorite et les smectites sont les minéraux argileux les plus dominants dans la fraction argileuse des sols alluviaux étudiés. La palygorskite et l'illite représentent 70 % de la fraction argileuse. La kaolinite et la chlorite sont moins abondantes dans le sol, alors que la smectite est présente en quantités mineures.

L'étude de l'organisation spatiale a montré que ces sols alluviaux présentent des variations morphologiques commandées par, la nature lithologique, leur position géomorphologique et topographique et l'influence du climat aride ou hyperaride. Ainsi, les sols présentent un début d'évolution en amont des bassins de Zegrir et de Nsa, mais ralentie par l'aridité du climat. Tandis qu'en amont des bassins de M'zab et Metlili, où le climat est hyperaride et le paysage est dominé par la Chebka du M'Zab, les sols alluviaux présentent une charge grossière très importante. Cependant, en allant vers l'aval des quatre bassins versants, les sols présentent une stratification illustrée par des variations irrégulières principalement dans la texture du sol, qui reflète des interactions entre les processus alluviaux et éoliens.

Les sols alluviaux des bassins du M'zab présentent une grande diversité pédopaysagique qui leur confère des intérêts environnementaux multiples favorisant : l'installation d'une biodiversité importante, l'utilisation par l'homme pour l'agriculture ou autres, spéculations, l'utilisation comme un champ expérimental idéal pour reconstituer le paléo-environnement et d'apporter des éléments d'explication aux changements climatiques ainsi qu'au phénomène de la sécheresse.

Mots clés : Sols alluviaux, Bassins du M'zab, Sahara septentrional, classification des sols, minéralogie, organisation spatiale, intérêt environnemental.

Abstract

Few studies on the characteristics and mineralogical trends of soils in the Sahara have been reported in the literature. The present work was carried out with the aim of contributing to the study of the Saharan alluvial soils of the M'zab watersheds in the Northern Sahara, Algeria. These are the basins of: Zegrir, Nsa, M'zab and Metlili where several pedons are chosen and studied morphologically and analytically. They are spread over 23 sites selected from all watersheds based on lithological, geomorphological, and topographical criteria.

The morpho-analytical study of the soil shows that these soils are undeveloped or little developed. In general, the texture of the fine earth is Arenic to loamic. These soils are nonsaline to low salt, moderately calcareous, moderately to slightly alkaline and poor in organic matter content with good drainage conditions. They belong:

- to modal alluvial of weakly developed soils of non-climatic origin and to modal alluvial of raw mineral soils of non-climatic origin according to C.P.C.S. (1967);
- to all references of FLUVIOSOLS (BRUNIFIED, TYPICAL, JUVENILE and RAW) According to the Pedological Reference (2008);
- to taxa: Typic Torriorthents, Typic Torrifluents, Typic Haplocambids, Typic Haplocalcids and Typic Torripsamments According to the American classification Soil Taxonomy (2014)
- to References: Fluvisols, Cambisols, Calcisols and Arenosols according to the world classification of soils WRB (2014).

Micromorphological observations revealed that the existence of calcite in these soils is related to allochthonous mechanisms and in situ crystallization. The mineralogical study revealed that palygorskite, illite, kaolinite, chlorite and smectites are the most dominant clay minerals in the clay fraction of alluvial soils studied. Palygorskite and illite account for 70% of the clay fraction. Kaolinite and chlorite are less abundant in the soil, whereas smectite occurs in minor amounts.

The study of the spatial organization has shown that these alluvial soils have morphological variations controlled by the lithological nature, their geomorphological and topographical position and the influence of the arid or hyper-arid climate. Thus, the soils have an early evolution upstream of the basins of Zegrir and Nsa, but slowed by the aridity of the climate. While upstream of the basins of M'zab and Metlili, where the climate is hyperarid and the landscape is dominated by Chebka of M'Zab, alluvial soils have a very large coarse load. However, downstream of the four watersheds, the soils are stratified by irregular variations mainly in the soil texture, which reflects interactions between alluvial and aeolian processes.

The alluvial soils of the M'zab basins have a great soil landscape diversity which attributes to them multiple environmental interests favoring: the installation of an important biodiversity, the use by man for agriculture or others, speculations, use as an ideal experimental field to reconstruct the palaeo-environmental and provide explanations for climate change and the phenomenon of drought.

Key words: Alluvial soils, M'zab basins, Northern Sahara, soil classification, mineralogy, spatial organization, environmental interest.

ملخص

قليلة هي الدراسات المدكرة حول الخصائص الطبيعية المعدنية لترتبة الصحراء. لدى فإن هدف هذا العمل هو المساهمة في دراسة التربة الغرينية الصحراوية في أحواض المزاب والمتواجدة في الصحراء الشمالية الجزائرية. وخص بالذكر كل من الأحواض: زقير، النسا، مزاب و متليلي، أين تم اختيار العديد من القطاع وتم دراستها شكليا و تخليليا والتي كانت موزعة على 23 موقع تم اختيارها في جميع أنحاء الأحواض اعتمادا على الخصائص الصخرية و الجيومورفولوجية و الطبوغرافية. بينت الدراسة الشكلية التحليلية للتربة أنها تربة قتيية. ذات قوام رملي إلى متوازن. غير مالحة إلى قليلة الملوحة. معتدلة الكلسية، قليلة إلى معتدلة القلوية. فقيرة الموارد العضوية وذات ظروف صرف جيدة. حيث تم انتماؤها:

- إلى تربة قليلة التطور غير مناخية ذات مصدر غربي فوذجي و إلى تربة معدن خامر غير مناخية ذات مصدر غربي فوذجي حسب نظام التقسيم الفرنسي القديم (I967).
 - إلى مجموعة المرجع فليوفيسول (برينفي، النمورجي، الفتى و خامر) حسب المرجع الترابي (2008).
 - إلى فئة: توري-أرثنت النمورجي، توري-فلوفنت النمورجي، هابلوكاميد النمورجي، هابلوكسيد النمورجي و توري-بسمنت النمورجي حسب التقسيم الأمريكي للتربة (2014).
 - إلى المرجع: فليوفيسولز، كامبسولز، كلسيسولز و أمينوسولز حسب التقسيم العالمي للتربة 2014.
- أظهرت الملاحظات الشكلية المجهريية وجود الكلس في التربة بشكل مرتبط مع بآليات غير محلية و أخرى محلية. كما أظهرت الدراسة المعدنية أن الطين الخيطي (الباليغورسكيت)، الإليت، الكاوليت، الكلوريت و السمكيت هي أهم المعادن الغضارية للجزء الطيني للتربة. و يمثل الطين الخيطي و الإليت 70 ٪ من الجزء الطيني للتربة. كما أن الكاوليت و الكلوريت يتواجدان بكميات قليلة، أما السمكيت فهي تتواجد بنسب قليلة جدا.
- بينت دراسة التنظيم المكاني أن لهذه التربة تنوع شكلي خاضع إلى الطبيعة الصخرية، المرفولوجية الطبوغرافية و تأثير المناخ الجفاف و الشديد الجفاف. فلقد لاحظنا بداية لتطور التربة في أعلى حوضي زقير و النسا ولكن بشكل متباطئ بسبب جفاف المناخ. لكن التربة كانت مليئة بالحصى في أعلى حوضي مزاب و متليلي بسبب تواجدها في شبكة ميزاب و تحت ظروف مناخية شديد الجفاف. بيد أن التربة في أسفل الأحواض الأربعة تتميز بوجود تضيدا في قطاعها بسبب تداخل الرواسب الغرينية ورمال الرياح.

تتميز التربة الغرينية لحوض مزاب بتنوع كبير للمناظر الترابية و الذي يكسبها أهمية بيئية متعددة فهي تساعد على: تواجدها الوفرة الحيوية، الكيفية، استعمالها من طرف الإنسان في الزراعة و شؤون أخرى و كذا استعمالها كحقل تجارب أمثل لإعادة تكوين البيئات القديمة ليتسنى بذلك تفسير أسباب التغيرات المناخية و ظاهرة التصحر.

الكلمات الدالة: التربة الغرينية، حوض مزاب، الصحراء الشمالية، تقسيم التربة، المعادن، التنظيم المكاني، الفائدة البيئية.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

A	: Argile (Diamètre : 0-2 μm)
Avec décar.	: Avec décarbonatation.
Calc. Total	: Calcaire total
CE	: Conductivité Electrique
E	: Est
E.G.	: Eléments grossiers
H. R'mel	: Hassi R'mel
Horz.	: Horizon.
Lf	: Limon fin (Diamètre : 2-20 μm)
Lg	: Limon grossier (Diamètre : 20-50 μm)
M.O.	: Matière organique.
Moy	: Moyenne
N	: Nord
O	: Ouest
Prof.	: Profondeur.
S	: Sud
Sans décar.	: Sans décarbonatation.
Sf	: Sable fin (Diamètre : 50-200 μm)
Sg	: Sable grossier (Diamètre : 200-2000 μm)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. 1 – Les températures moyennes mensuelles (°C) des régions d'étude	17
Tableau I. 2 – Les valeurs des amplitudes thermiques mensuels (°C) des régions d'étude.....	18
Tableau I. 3 – Les pluviosités moyennes mensuelles (en mm) des régions d'étude.....	19
Tableau I. 4 – Les évaporations moyennes mensuelles (en mm) des régions d'étude.....	19
Tableau I. 5 – Les vents moyens mensuels (en m/s) des régions d'étude.....	20
Tableau I. 6 – Les humidités moyennes mensuelles (en %) des régions d'étude	20
Tableau I. 7 – Les régimes climatiques pour les régions d'étude.....	24
Tableau III.2. 1 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS1	37
Tableau III.2. 2 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS2-1.....	40
Tableau III.2. 3 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS2-2.....	42
Tableau III.2.4 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS2-3.....	44
Tableau III.2.5 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS3.....	46
Tableau III.2. 6 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS4-1.....	48
Tableau III.2.7 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS4-2.....	50
Tableau III.2. 8 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS5-1.....	52
Tableau III.2.9 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS5-2.....	54
Tableau III.2.10 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS5-3.....	55
Tableau III.2. 11 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS6-1.....	58
Tableau III.2.12 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS6-2.....	59
Tableau III.2.13 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS6-3.....	61
Tableau III.2.14 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS7.....	64
Tableau III.3.1 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS1.....	67
Tableau III.3.2 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS2-1	69
Tableau III.3.3 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS2-2	71
Tableau III.3.4 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS2-3	72
Tableau III.3.5 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS3.....	74
Tableau III.3.6 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS4.....	77
Tableau III.3.7 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS5.....	79
Tableau III.3.8 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS6-1	82
Tableau III.3.9 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS6-2	83
Tableau III.3.10 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS7-1	86
Tableau III.3.11 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS7-2	87
Tableau III.3.12 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS7-3.....	88
Tableau III.3.13 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS7-4	90
Tableau III.4.1 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique des solum : -1, MZS1-2, MZS1-3 et MZS1-4	93
Tableau III.4.2 - Caractérisation physique, physico-chimique et chimique des sables de surface en amont de lit d'oued M'zab	94
Tableau III.4.3 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS2	96
Tableau III.4.4 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS3-1	98
Tableau III.4.5 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS3-2.....	100
Tableau III.4.6 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS3-3.....	102
Tableau III.4. 7 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS3-4.....	103
Tableau III.4.8 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS4-1.....	106
Tableau III.4.9 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS4-2.....	107
Tableau III.4.10 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS4-3.....	107
Tableau III.5. 1 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS1	111
Tableau III.5.2 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS2-1.....	113
Tableau III.5.3 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS2-2.....	114
Tableau III.5.4 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS3-1.....	117
Tableau III.5.5 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS3-2.....	117

Tableau III.5.6 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS4-1	120
Tableau III.5.7 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS4-2	121
Tableau III.5.8 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS5-1	123
Tableau III.5.9 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS5-2	124
Tableau IV. 1 - Abondance relative des minéraux argileux sélectionnés et déterminés par diffraction au rayon X (Bassin de Zegrir).....	134
Tableau IV. 2 - Abondance relative des minéraux argileux sélectionnés déterminés par diffraction au rayon X (Bassin de Nsa).....	134
Tableau V. 1 - Corrélation entre les différents paramètres du sol étudiés	144

LISTE DES FIGURES

Figure I. 1 – Localisation de la zone d'étude.....	7
Figure I. 2 – Carte géologique des Bassins du M'zab (Extrait de S.C.G. (1952), modifiée).....	9
Figure I. 3 – Carte des pentes et de relief des bassins du M'zab	11
Figure I. 4 – Réseau hydrographique des bassins du M'zab	13
Figure I. 5 – Ressources en eau souterraines du Sahara algérien.....	16
Figure I. 6 – Comparaison de la variation des températures minimums et maximums pour les régions d'étude	18
Figure I. 7 - Diagrammes ombrothermiques de Gaussen et Bagnouls applique pour les quatre régions d'étude.....	21
Figure I. 8 – Position des types de bioclimat des régions d'étude dans le Climagramme d'Emberger	22
Figure I. 9 - Régimes climatiques pour la zone d'étude	24
Figure I. 10 – Carte de végétation du grand bassin du M'zab	25
Figure II. 1 – Localisation des sites d'échantillonnage dans les bassins du M'zab.....	29
Figure II. 2 – Démarche méthodologique pour la création d'une carte d'organisation spatiale des sols alluviaux pour la zone d'étude	33
Figure III.1. 1 - Légende des motifs utilisés dans les coupes et les toposéquences du sol.....	35
Figure III.2. 1 – Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 1	36
Figure III.2. 2 - Solum ZGS1.....	37
Figure III.2. 3 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS1.....	38
Figure III.2. 4 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site	39
Figure III.2. 5 - Solum ZGS2-1	40
Figure III.2. 6 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS2-1.....	41
Figure III.2. 7 - Solum ZGS2-2	41
Figure III.2. 8 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS2-2	42
Figure III.2. 9 - Solum ZGS2-3	43
Figure III.2. 10 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS2-3.....	44
Figure III.2. 11 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 3.....	45
Figure III.2.12 - Solum ZGS3	46
Figure III.2. 13 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS3.....	46
Figure III.2. 14 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 4.....	47
Figure III.2. 15 - Solum ZGS4-1	48
Figure III.2. 16 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS4-1.....	49
Figure III.2. 17 - Solum ZGS4-2	50
Figure III.2.18 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS4-2.....	50
Figure III.2.19 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 5.....	51
Figure III.2.20 - Solum ZGS5-1	52
Figure III.2. 21 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS5-1.....	53
Figure III.2.22 - Solum ZGS5-2	53
Figure III.2. 23 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS5-2.....	54
Figure III.2. 24 - Solum ZGS5-3	55
Figure III.2.25 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS5-3.....	56
Figure III.2. 26 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 6.....	57
Figure III.2. 27 - Solum ZGS6-1	57
Figure III.2. 28 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS6-1.....	58
Figure III.2. 29 - Solum ZGS6-2	59
Figure III.2. 30 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS6-2.....	60
Figure III.2. 31 - Solum ZGS6-3	61
Figure III.2.32 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS6-3.....	62

Figure III.2. 33 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 7.....	63
Figure III.2. 34 - Solum ZGS7.....	63
Figure III.2.35 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS7.....	64
Figure III.3.1 – Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 1 (bassin de Nsa).....	66
Figure III.3.2 - Solum NS1.....	67
Figure III.3.3 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum NS1.....	67
Figure III.3.4 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 2 (bassin de Nsa).....	68
Figure III.3.5 - Solum NS2-1.....	69
Figure III.3.6 - Profils salin et calcaire du solum NS2-1.....	70
Figure III.3.7 - Solum NS2-2.....	70
Figure III.3. 8 - Solum NS2-3.....	71
Figure III.3.9 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS2-3.....	72
Figure III.3.10 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 3 (bassin de Nsa).....	73
Figure III.3. 11 - Solum NS3.....	74
Figure III.3. 12 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS3.....	75
Figure III.3.13 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 4 (bassin de Nsa).....	76
Figure III.3.14 - Solum NS4.....	76
Figure III.3.15 - Profils salin et calcaire du solum NS4.....	77
Figure III.3. 16 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 5 (bassin de Nsa).....	78
Figure III.3. 17 - Solum NS5.....	79
Figure III.3.18 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS5.....	80
Figure III.3.19 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 6 (bassin de Nsa).....	81
Figure III.3.20 - Solum NS6-1.....	81
Figure III.3.21 - Profils salin et calcaire du solum NS6-1.....	82
Figure III.3. 22 - Solum NS6-2.....	83
Figure III.3.23 - Profils salin et calcaire du solum NS6-2.....	84
Figure III.3.24 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 7 (bassin de Nsa).....	85
Figure III.3.25 - Solum NS7-1.....	86
Figure III.3.26 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS7-1.....	86
Figure III.3. 27 - Solum NS7-2.....	87
Figure III.3. 28 - Solum NS7-3.....	88
Figure III.3.29 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS7-3.....	88
Figure III.3.30 - Solum NS7-4.....	89
Figure III.3. 31 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS7-4.....	90
Figure III.4. 1 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 1 (bassin de M'zab).....	92
Figure III.4.2 - Les solums de site 1 (MZS1).....	93
Figure III.4.3 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 2 (bassin de M'zab).....	95
Figure III.4.4 - Solum MZS2.....	96
Figure III.4.5 - Profils salin et de calcaire du solum MZS2.....	96
Figure III.4.6 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 3 (bassin de M'zab).....	97
Figure III.4.7 - Solum MZS3-1.....	98
Figure III.4.8 - Profils salin et de calcaire du solum MZS3-1.....	99
Figure III.4.9 - Solum MZS3-2.....	100
Figure III.4.10 - Profils salin et de calcaire du solum MZS3-2.....	100
Figure III.4.11 - Solum MZS3-3.....	101
Figure III.4.12 - Profils salin et de calcaire du solum MZS3-3.....	102
Figure III.4.13 - Solum MZS3-4.....	103
Figure III.4. 14 - Profils salin et de calcaire du solum MZS3-4.....	104
Figure III.4.15 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 4.....	105
Figure III.4.16 - Solum MZS4-1.....	105
Figure III.4.17 - Solum MZS4-2.....	106
Figure III.4.18 - Solum MZS4-3.....	106
Figure III.4.19 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MZS4-2.....	108
Figure III.4.20 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MZS4-3.....	108
Figure III.5.1 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 1.....	110

Figure III.5.2 - Solum MTS1	111
Figure III.5.3 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 2.....	112
Figure III.5.4 - Solum MTS2-1	113
Figure III.5.5 - Solum MTS2-2	113
Figure III.5.6 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS2-1.....	114
Figure III.5.7 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS2-2.....	114
Figure III.5. 8 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 3.....	115
Figure III.5.9 - Solum MTS3-1	116
Figure III.5. 10 - Solum MTS3-2	116
Figure III.5.11 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS3-1.....	117
Figure III.5.12 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS3-2.....	117
Figure III.5.13 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 4.....	118
Figure III.5.14 - Solum MTS4-1	119
Figure III.5.15 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS4-1.....	120
Figure III.5.16 - Solum MTS4-2	121
Figure III.5.17 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS4-2.....	121
Figure III.5.18 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 5.....	122
Figure III.5. 19 - Solum MTS5-1	123
Figure III.5.20 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS5-1.....	123
Figure III.5.21 - Solum MTS5-2	124
Figure IV.1 – Diffractogrammes des préparations orientées des argiles (<math><2\mu\text{m}</math>) des sols alluviaux du bassin de Zegrir.....	130
Figure IV.2 – Diffractogrammes des préparations orientées des argiles (<math><2\mu\text{m}</math>) des sols alluviaux du bassin de Nsa	131
Figure IV. 3 – Test de comportement des argiles étudiées (Bassin de Zegrir et bassin de Nsa).....	132
Figure IV. 4 - Diffractogramme d'une préparation désorientée d'une croute argileuse (bassin de Nsa).....	135
Figure V. 1 - Classification texturale des sols alluviaux des bassins du M'zab.....	143
Figure V. 2 - Relation entre taux de la fraction fine (Argile + limons) et la teneur en calcaire total du sol.....	144
Figure V. 3 - Relation entre taux du sable et la teneur en calcaire total du sol.	144
Figure V. 4 - Photomicrographes de lames minces (lumière polarisée).....	147
Figure V. 5 - Modèle des processus de formation des sols alluviaux le long de la toposéquence arides/hyperarides dans le Bassin du Zegrir.	152
Figure V. 6 - Modèle des processus de formation des sols alluviaux le long de la toposéquence arides/hyperarides dans le Bassin du Nsa... ..	152
Figure V. 7 - Modèle des processus de formation des sols alluviaux le long de la toposéquence hyperarides dans le Bassin du M'zab. ...	153
Figure V. 8 - Modèle des processus de formation des sols alluviaux le long de la toposéquence hyperarides dans le Bassin du Metlili.	154
Figure V. 9 – Esquisse d'une carte d'organisation spatiale des unités pédopaysagiques générant les sols alluviaux dans les bassins du M'zab... ..	156
Figure V. 10 – Richesse spécifique totale en fonction de la physiographie du paysage dans le bassin versant de Nsa	158

LISTES DES PHOTOGRAPHIES

Planche photographique I – Les solums des sols alluviaux du bassin de Zegrir.....	65
Planche photographique II – Les solums des sols alluviaux du bassin de Nsa.....	91
Planche photographique III – Les solums des sols alluviaux du bassin de M'zab	109
Planche photographique IV – Les solums des sols alluviaux du bassin de Metlili.....	126
Planche photographique V – Paysage divers des bassins du M'zab.....	127

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION GENERALE	2
CHAPITRE I - CADRE DE L'ETUDE	5
I.1 – LOCALISATION ET LIMITES DE LA ZONE D'ETUDE	6
I.2 – GEOLOGIE.....	8
I.2.1 – Crétacé	8
I.2.2 – Néogène	9
I.3 – GEOMORPHOLOGIE	10
I.3.1 – Chebka du M'Zab.....	10
I.3.2 – Plateaux.....	10
I.3.3 – Dayas	11
I.3.4 – Glacis	12
I.3.5 – Regs	12
I.3.6 – Garas	12
I.3.7 – Formations dunaires.....	12
I.3.8 – Réseaux hydrographiques	12
1.4 – HYDROLOGIE SUPERFICIELLE	13
1.4.1. – Considération générale	13
1.4.2 – Etude de ruissellement.....	15
1.5 – HYDROGEOLOGIE	16
1.5.1 – Nappe du continental intercalaire (CI)	16
1.5.2 – Complexe terminal (CT)	16
1.5.3 – Nappe phréatique :.....	17
I.6 – CLIMAT	17
1.6.1 – Données brutes	17
1.6.2 – Synthèse climatique	21
1.6.3 – Régimes climatiques des sols	23
1.7 – VEGETATION	25
1.8 – SOL	26
CHAPITRE II - DESCRIPTION DES METHODES MISEN EN ŒUVRE.....	28
II.1 – METHODES D'APPROCHE DE TERRAIN	28
II.1.1 – Choix des sites d'étude.....	28
II.1.2 – Choix des séquences.....	29
II.1.3 – Description morphologique des solums	29
II.2 – ANALYSES PHYSIQUES, PHYSICO-CHIMIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS	30
II.2.1 – Granulométrie	30
II.2.2 – Calcaire total.....	31
II.2.3 – Matière organique.....	31
II.2.4 – Conductivité électrique	31
II.2.5 – Potentiel d'hydrogène (pH)	31
II.3 – CLASSIFICATIONS DES SOLS	31
II.4 – METHODE D'ETUDE MINERALOGIQUE.....	31
II.4.1 – Préparation des argiles.....	32
II.4.2 – Identification des minéraux argileux	32
II.5 – METHODES D'APPROCHE MICROMORPHOLOGIQUE	33
II.6 – METHODES D'ETUDE DE L'ORGANISATION SPATIALE	33
CHAPITRE III - CARACTERISATION MORPHO-ANALYTIQUE ET CLASSIFICATION DES SOLS ALLUVIAUX DES BASSINS DU M'ZAB	35
III.1 - INTRODUCTION.....	35

III.2 - CARACTERISATION DES SOLS ALLUVIAUX DANS LE BASSIN DE ZEGRIR	36
III.2.1 – Site 1	36
III.2.2 – Site 2	38
III.2.3 - Site 3	45
III.2.4 - Site 4	47
III.2.5 - Site 5	51
III.2.6 - Site 6	56
III.2.7 - Site 7	62
III.3 - CARACTERISATION DES SOLS ALLUVIAUX DANS LE BASSIN DE NSA	66
III.3.1 – Site 1	66
III.3.2 – Site 2	68
III.3.3 – Site 3	73
III.3.4 – Site 4	75
III.3.5 – Site 5	78
III.3.6 – Site 6	80
III.3.7 – Site 7	84
III.4 – CARACTERISATION DES SOLS ALLUVIAUX DU BASSIN DE M’ZAB	92
III.4.1 – Site 1	92
III.4.2 – Site 2	94
III.4.3 – Site 3	97
III.4.4 – Site 4	104
III.5 – CARACTERISATION DES SOLS ALLUVIAUX DU BASSIN DE METLILI	110
III.5.1 – Site 1	110
III.5.2 – Site 2	112
III.5.3 – Site 3	115
III.5.4 – Site 4	118
III.5.5 – Site 5	122
CHAPITRE IV: ETUDE MINERALOGIQUES DES SOLS ALLUVIAUX.....	129
IV.1 – MINERALOGIE DE LA FRACTION ARGILEUSE (<2 MM) SUR DEPOT ORIENTE	129
IV.1.1 – Identification des minéraux argileux	129
IV.1.2 – Analyse semi-quantitative des minéraux argileux	133
IV.2 – MINERALOGIE DE LA POUDDRE TOTALE (FRACTION <2 MM).	135
CHAPITRE V – DISCUSSION GENERALE	137
V.1 – INTRODUCTION	137
V.2 - CARACTERISATION MORPHO–ANALYTIQUE ET CLASSIFICATION DES SOLS.....	137
V.2.1 – Caractérisation morphologique des sols alluviaux dans les bassins du M’zab.....	137
V.2.2 – Caractérisation analytiques des sols alluviaux dans les bassins du M’zab.....	141
V.2.3 – Interaction entre les différents paramètres étudiés	144
V.2.4 – Classification des sols.....	145
V.3 – MINERALOGIE	146
V.3.1 – La calcite dans le sol.....	146
V.3.1 – Minéralogie générale des argiles des sols	148
V.4 – ORGANISATION SPATIALE.....	151
V.4.1 – Dynamique de la couverture pédologique dans les bassins de Zegrir et de Nsa	151
V.4.2 – Dynamique de la couverture pédologique dans les bassins de M’zab et de Metlili	153
V.4.3 – Organisation spatiale de la couverture pédologique alluviale dans l’ensemble des bassins du M’zab.....	154
V.5 – INTERET ENVIRONNEMENTAL	157
V.5.1 – Intérêt sur la biodiversité végétale naturelle	157
V.5.2 – Intérêt sur le plan agricole.....	159
V.5.3 – Intérêt sur le plan urbain	159
V.5.4 – Intérêt sur le plan paléo-environnemental	159
CONCLUSION GENERALE	163
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	167
ANNEXES	178

Introduction générale

Introduction générale

Plus de deux millions de km² de la superficie totale de l'Algérie (87%) se trouvent dans le Sahara (FAO/Aquastat, 2005 ; FAO, 2006). Ce dernier est l'une des régions les plus chaudes et les plus arides du monde. La plus grande partie de ce vaste territoire est occupée par de grands paysages représentés par des regs, des ergs, des hamadas, des sebkhas, des chotts et des oueds. Ces conditions environnementales extrêmes représentent une source potentielle qui entrave les processus de formation des sols. Pour installer une culture dans ces zones il est indispensable d'avoir de l'eau pour l'irrigation (Williams et Faure, 1980 ; Rognon, 1994 ; Goudie, 2004).

Les sols des déserts ont généralement un profil faiblement évolué, peu profond et squelettique, à l'exception des terrains bas, comme les oueds, où les sols sont plus profonds en raison des processus de colluvionnement et d'alluvionnement (Verheye, 2012). La lithologie des substrats parentaux des sols sahariens est naturellement variée, mais l'altération chimique est très limitée en raison d'un climat très sec. La minéralogie des sols est donc directement héritée de la roche mère.

Dans ces régions hyperarides, le vent et l'amplitude thermique sont les deux principaux processus de formation des sols. L'eau n'intervient qu'accessoirement, et surtout par les phénomènes de ruissellement et d'évaporation. Cependant, dans le nord du Sahara, le ruissellement dynamique est lié à l'activité des oueds formés par des précipitations occasionnelles, ce qui est relativement élevé pour cette zone (Ozenda, 1983).

Les oueds sont parmi les positions géomorphologiques importantes dans les environnements désertiques. Par définition, il s'agit des cours d'eau des régions arides qui ne s'écoulent qu'à l'occasion des épisodes pluvieux. (I.H.O., 1994). C'est l'un des principaux écosystèmes sahariens. Selon Ozenda (1983) et White (1983), c'est dans les oueds et les dépressions que s'installe la flore du Sahara. Dans les lits d'oued, le transport des matériaux par l'eau est très important, où la diminution temporaire des écoulements forme des sols alluviaux souvent caractérisés par une flore très riche. Les sols alluviaux temporairement inondés sont les seuls habitats désertiques où nous pouvons trouver une végétation vigoureuse, buissonneuse et arborescente.

Par définition et selon Lozet et Mathieu (2002) : un sol alluvial est un sol azonal constitué de dépôts alluvionnaires relativement récents. Il s'agit d'un sol du type (A)C ou AC

formé sur matériaux marins, fluviatiles, ou lacustres, généralement humide, à horizon (A) faiblement développé ou même absent. Les matériaux grossiers, s'ils sont présents, sont roulés.

Ces sols se distinguent d'une part par leur position géomorphologique et leur origine, et d'autre part, par leur régime hydrique (Duchaufour, 1983).

Le transport des alluvions, sont des formations déplacées et redéposées par l'eau, pouvant s'être effectué sur des distances très importantes. Le mode d'apport de ces sédiments implique généralement une hétérogénéité importante dans la nature des matériaux parentaux des sols (Lozet et Mathieu, 2002).

En zones sahariennes, les apports d'alluvions sont très limités, tout d'abord dans le temps, par suite de la rareté des pluies d'intensité suffisante, puis dans l'espace où les écoulements n'intéressent souvent que quelques tronçons de bassin et les fonds des dayas. Ces apports sont des remaniements internes des dépôts du lit de l'oued, qui se traduisent par un transfert en un autre point aval du bassin. Les produits accumulés sont généralement des sables fins, sans cohésion (Dutil, 1971 ; Cooke et al. 1993).

En général, les sols alluviaux sont considérés comme des sols jeunes dépendant d'une genèse compliquée et ils sont situés dans des environnements hétérogènes. Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de ces sols justifient leur étude séparée des autres écosystèmes sahariens (Kassas, 1952). Cependant, les rapports sur les sols du désert du Sahara ne sont pas suffisamment disponibles (Escadafal et Pouget, 1987 ; Hamdi-Aissa et Girard, 2000 ; Hamdi-Aissa et al., 2004 ; Berkal, 2006 ; Maryol et Lin, 2015). De plus, les informations sur la formation des sols alluviaux dans les environnements hyperarides, tels que le Sahara septentrional algérien, sont extrêmement rares par rapport aux autres régions arides (aux États-Unis, en Australie, en Asie, en Afrique du Nord et du Sud) où le climat est moins aride. Nous pouvons citer que quelques travaux : Dutil et al. (1959) dans la région de l'Oued Rhir ; Elgabaly (1962) et Elgabaly et Khadr (1962) dans les déserts occidentaux de l'Égypte ; Kishk et al. (1976) dans les sols alluviaux du Nil en Égypte ; Daddi Bouhoun (1997) et Djili (2004) dans la région du M'zab et Ould Mohamadou et al. (1999) dans la vallée du fleuve Sénégal en Mauritanie.

L'étude des sols alluviaux dans ces zones hyperarides a une importance primordiale pour la préservation et la protection de la vie, car une grande partie de la biodiversité saharienne dépend de cette ressource naturelle très limitée dans l'espace. Vu que les sols

alluviaux ont une fertilité naturelle relativement élevée, leur développement intéresse depuis longtemps les agriculteurs qui les possèdent et ils sont le plus souvent transformés en cultures céréalières. La préservation et la protection de cette ressource naturelle nécessitent une connaissance préalable de ses caractéristiques, de ses propriétés et de sa minéralogie.

L'objectif du présent travail est de comprendre l'influence des processus de formation du sol sur l'évolution des sols alluviaux le long des toposéquences choisies dans les bassins versants du M'zab. Il s'agit des bassins de Zegrir, de Nsa, de M'zab et de Metlili qui sont situés dans une région aride à hyperaride. La zone d'étude est particulièrement intéressante en raison des différents types de formations morphologiques des sols alluviaux dans différents environnements (climats arides et hyperarides, variation topographique et géomorphologique, variation lithologiques et interaction fluvio-éolienne).

Notre thèse est ainsi répartie en quatre chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une présentation du cadre de l'étude, dans lequel, seront présentées les caractéristiques de la région.

Le deuxième chapitre décrit le matériel et les démarches méthodologiques suivies pour caractériser morphologiquement, analytiquement et minéralogiquement les sols alluviaux à étudiés.

Le troisième chapitre regroupant les résultats obtenus, est subdivisé en cinq parties dont quatre parties sont consacrées à la caractérisation morphologique et analytiques de chacun des quatre bassins versants : Zegrir, Nsa, M'zab et Metlili, et une partie consacrée à l'étude minéralogique.

Le quatrième chapitre est consacré à la discussion générale des résultats obtenus.

PREMIERE PARTIE : LE MILIEU PHYSIQUE

Chapitre I :

Cadre de l'étude

I.1 – Localisation et limites de la zone d'étude

Notre zone d'étude correspond au grand bassin versant du M'zab. Celui-ci est situé dans le Sahara septentrional algérien. Selon Dubief (1953) le bassin du M'zab fait parti des bassins du versant oriental de la dorsale mozabite, qui constituent avec d'autres bassins le grand bassin du Melrhir (Ould Baba Sy 2005 ; Al-Gamal 2011) et qui couvre une superficie de 685 000 Km².

Le grand bassin du M'zab s'étend entre les coordonnées géographiques suivantes :

- X₁₋₂ (Longitude) : de 2,989895° Est à 5,456272° Est.
- Y₁₋₂ (Latitude) : de 31,858656° Nord à 33,626737° Nord.

Le bassin du M'zab est traversé par quatre grands oueds, à savoir : Le Zegrir, le Nsa, le M'zab et le Metlili (figure I.1.A). Il s'agit d'une entité géographique allongée sur un axe Nord Ouest – Sud Est occupant les wilayas de : Laghouat, Ghardaïa et Ouargla (figure I.1.B).

Selon Dubief (1953), le grand bassin versant du M'zab occupe une superficie d'environ 19500 Km². Avec l'application des outils du système d'information géographique (SIG), à savoir les logiciels : *Global Mapper (Version 19)* et *ArcGIS (Version 10.2.2)* sur des données des fichiers matriciels et vectoriels topographiques "SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) Worldwide Elevation Data" (fournis par deux agences américaines : la NASA et la NGA avec accès libre), nous avons pu retracer les limites des bassins versants du M'zab, ce qui nous a données comme surface totale des bassins versants de : 26707 Km² dont : 5261 Km² pour le bassin de Zegrir, 7965 Km² pour le bassin de Nsa, 6834 Km² pour le bassin de M'zab et 6647 Km² pour le bassin de Metlili (Figure I.1. A).

- ❖ Le bassin de *Zegrir* occupe majoritairement la Commune de Hassi Delaa (Wilaya de Laghouat) et la Commune de Guerrara (Wilaya de Ghardaïa).
- ❖ Le bassin de *Nsa* occupe l'Est de la commune de Hassi R'Mel et le Sud Ouest de la Commune de Hassi Delaa (Wilaya de Laghouat), les communes de Berriane et Guerrara (Wilaya de Ghardaïa) ainsi que le Sud de la commune d'El Alia (Wilaya de Ouargla).
- ❖ Le bassin de *M'zab* occupe les communes de Dayet Bendahoua, Ghardaïa, Bounoura, El Atteuf et Zelfana (Wilaya de Ghardaïa) ainsi que le Nord de la commune de Ouargla et l'Ouest de la commune de N'Goussa (Wilaya de Ouargla).

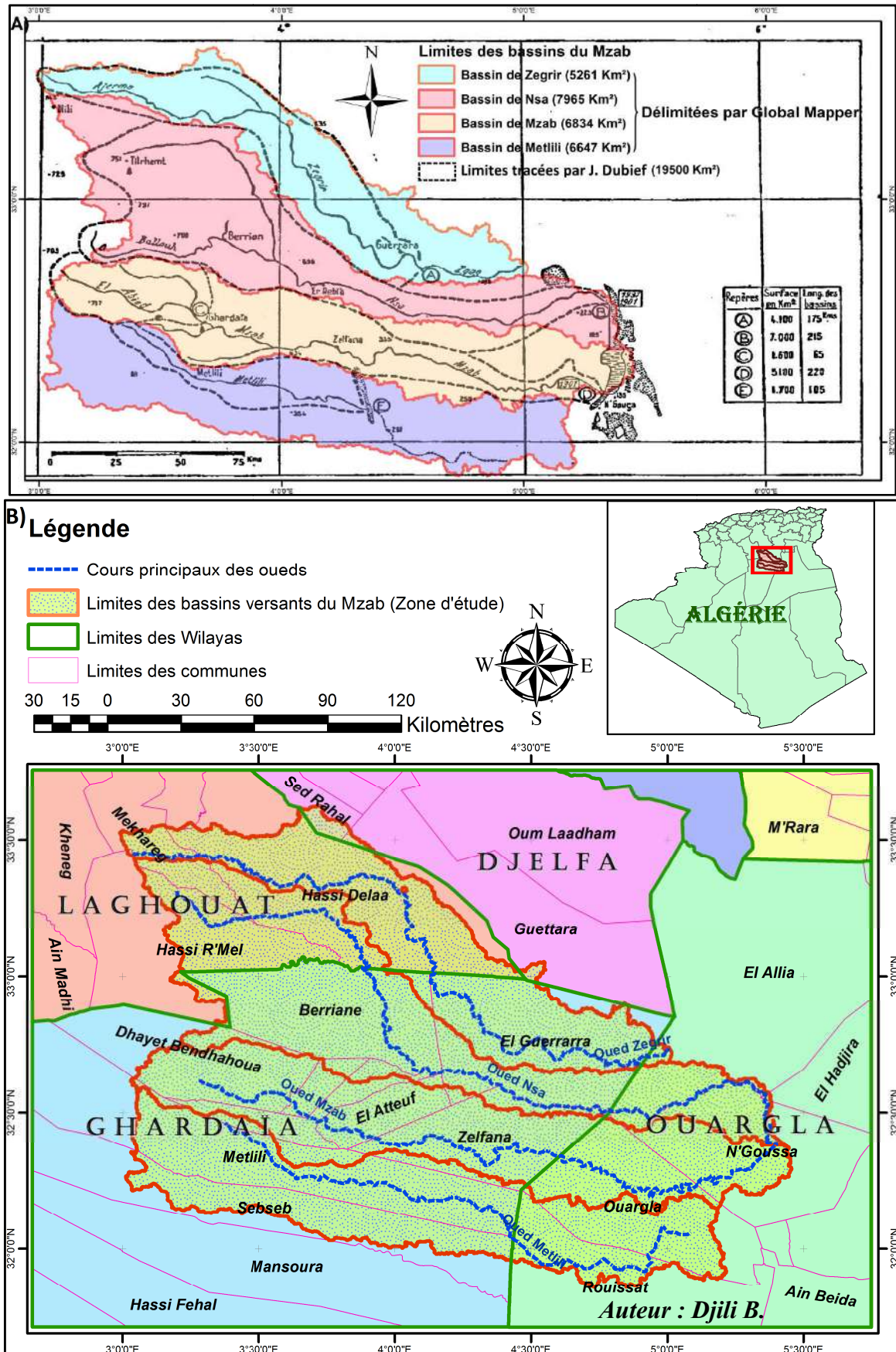


Figure I. 1 – Localisation de la zone d'étude : A) Superposition des limites des bassins du M'zab tracées par Dubief (1953) sur des limites tracées par Global Mapper ; B) Limites administratives de la zone d'étude

- ❖ Le bassin de *Metlili* occupe majoritairement la Commune de Metlili (Wilaya de Ghardaïa) ainsi que le Sud de la commune de Ouargla et le Nord Ouest de la commune de Rouissat (Wilaya de Ouargla).

I.2 – Géologie

Le bassin versant du M'zab fait partie de la plate forme saharienne, il se situe au Sahara septentrional, dont les grands traits de la géologie sont représentés comme suit :

Le Sahara septentrional algérien peut être divisé en deux grandes régions naturelles : le Sahara occidental, ou Haut-Sahara, et le Sahara oriental, ou Bas-Sahara.

Le haut-Sahara représente une vaste aire anticlinale dont l'axe, d'orientation générale OSO-ENE. Se situe approximativement sous l'amas dunaire du grand Erg occidental, Le Bas-Sahara, par contre, correspond à une aire synclinale subsidente où les mers du Crétacé supérieur et l'Eocène inférieur et moyen ont pénétré largement et où sont accumulés en outre les puissants dépôts continentaux du Miocène supérieur, du Pliocène et du Quaternaire. Le raccord entre ces deux grandes unités et l'Atlas saharien se fait par l'intermédiaire d'une gouttière synclinale profonde, parallèle à la flexure saharienne, qui est comblée par des sédiments Mio-Pliocènes et Quaternaires. Cette gouttière, bien marquée au sud de Laghouat où elle sépare l'Atlas de la Chebka du M'zab, subit une remontée d'axe plus à l'Est dans la région des Ziban. (Flandrin, 1952).

Les principales unités lithologiques qu'on observe dans notre zone d'étude sont les suivantes (figure I.2) :

I.2.1 – Crétacé

1.2.1.1 – Turonien : (ct)

Il est représenté par des gros bancs de calcaires jouant un rôle capital dans la morphologie du Sahara septentrional. Ce sont eux qui forment l'ossature de ce que l'on appelé la *dorsale* du M'zab. Il s'agit des calcaires de couleur claire, souvent dolomitiques, à grain fin, peuvent présenter cependant des variations de faciès (calcaires en plaquettes) et des alternances de bancs marneux (Flandrin, 1952 ; Fabre, 1976 ; Fabre & Latouche, 2005).

1.2.1.2 – Crétacé supérieur (Sénonien): (cs)

Il s'agit d'une série à dominance de marnes et marno-calcaires avec des intercalations de banc décimétriques à métriques de calcaire dur très divers (zoogènes, oolithiques, crayeux, etc.) :

- marnes et marno-calcaires jaunâtres, plus ou moins gréseuses, salées et gypseuses.
- calcaires jaunâtres ou ocre, gréseux ou marneux.

La succession d'assises marneuses, marno-calcaires et calcaires ne donnant jamais dans le paysage de reliefs aussi accentués que ceux du Turonien.

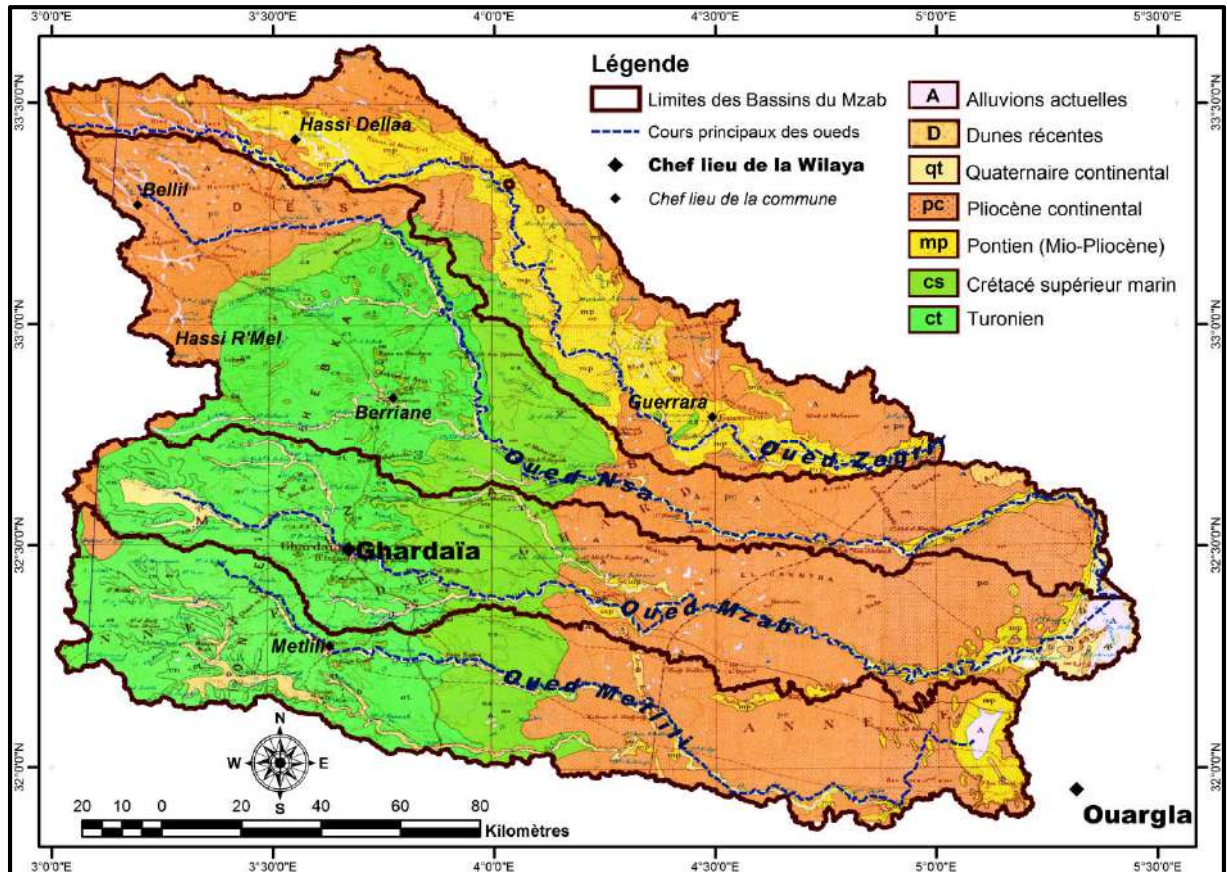


Figure I. 2 – Carte géologique des Bassins du M'zab
(Extrait de S.C.G. (1952), modifiée)

1.2.2 – Néogène

1.2.2.1 – Pontien : (mp)

Ce continental terminal est localement équivalent au Miocène continental antépontien. Ce dépôt est connu au nom du Mio-Pliocène.

Ce sont des formations détritiques récentes qui ont comblé les dépressions de l'Atlas saharien, après les grands mouvements orogéniques du milieu du Tertiaire et la surrection de l'Atlas, et qui s'étendent largement au Sud, sont rattachées au Miocène supérieur et au Pliocène, sans que l'on puisse établir une discrimination exacte. Ce sont, en majeure partie, des produits d'altérations superficielles, rubéfiés (argile et terre argilo-sableuses plus ou

moins mêlées de fragments anguleux, des intercalations de grès, de sables et de conglomérats hétérométriques) que l'on ne saurait assimiler à des galets fluviatiles (S.C.G, 1939).

1.2.2.2 – Pliocène continental : (pc)

Constitue tout le reste des terrains tertiaire. Ce sont des dépôts lacustres à forts étendus, formé de calcaire blanchâtre qui correspond à une carapace hamadienne plus moins continus, plus ou moins épaisse.

D'une manière générale, cette formation calcaire, avec phénomènes superficiels de corrosion et de décalcification, s'étend principalement dans la région des Dayas. Elle occupe aussi de larges surfaces dans le Sahara septentrional (S.C.G, 1939 ; Flandrin, 1952).

1.2.3 – Quaternaire continental : (qt)

Ces formations sédimentaires, spécifiquement sahariennes, sont des alluvions quaternaires fluviatiles qui ne se trouvent pas exclusivement dans les vallées de ruissellement, mais elles remplissent aussi de grandes aires déprimées dans les chaînes plissées de l'Atlas saharien (S.C.G, 1939).

I.3 – Géomorphologie

Le Sahara septentrional est caractérisé par une extension considérable des séries subhorizontales du Crétacé et du Tertiaire. C'est à la fin de l'Eocène, que la mer s'est définitivement retirée de la plateforme saharienne et, dès lors, le régime continental installé a façonné progressivement l'aspect général actuel, fortement aidé cependant par la tectonique (Flandrin, 1952 ; Dutil, 1971).

Les unités morphologiques des bassins versants du M'zab peuvent être groupées en plusieurs ensembles paysagiques (figure I.3) comme suivant :

1.3.1 – Chebka du M'Zab

C'est des terrains calcaires, fortement érodés par un réseau hydrographique assez vif, forment une région très accidentée (pentes modérées à fortes), où le calcaire est mis à nu sur les sommets et les pentes (Dutil, 1971). La Chebka occupe une superficie d'environ 8000 km², représentant 21% de la région du M'Zab (Coyne, 1879).

1.3.2 – Plateaux

C'est des immenses surfaces tabulaires, généralement couronnées par un entablement de calcaire lacustre, nommées « *Hammadas* ». Il s'agit du plateau du Pliocène. Il occupe une

grande partie du grand bassin versant du M'zab. D'une manière générale, il s'abaisse légèrement d'Ouest en Est. Dans sa partie Nord, les terrains s'étendent sur une région appelée communément « *plateau des Dayas* ». Alors que dans le Sud, le plateau est appelé localement « *plateau des Gantras* ».

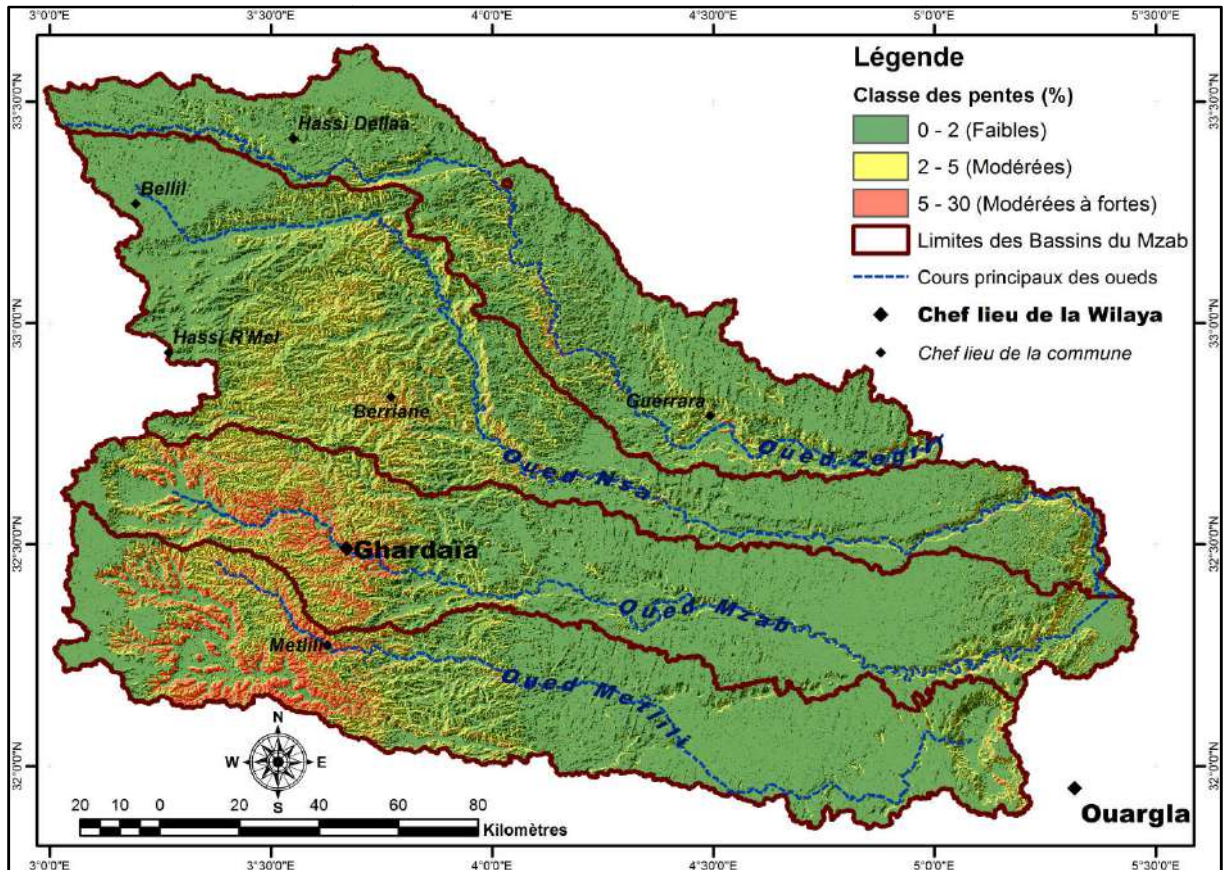


Figure I. 3 – Carte des pentes et de relief des bassins du M'zab

I.3.3 – Dayas

Le Dayas sont de petites dépressions semi-circulaires résultant de la dissolution ou d'effondrement qui se produisent dans les zones calcaires arides ou désertiques (Mitchell et Willimott, 1974 ; Cooke et al, 1993). Généralement colonisées par une végétation dense et elle présente une évolution morphologique particulière de petite taille au stade naissant, elles s'accroissent avec le temps, devenant de plus en plus irrégulières et encaissée (Taïbi et al, 1999). Il y a deux types de Dayas à citer dans la zone d'étude :

- Des Dayas isolées sur le plateau et du glacis (plateaux des Dayas).
- Des Dayas liées au réseau hydrographique du M'zab, comme zones d'épandage fermées, ou possédant un exutoire prolongeant un lit d'oued.

1.3.4 – Glacis

Un glacis consistant en une surface plane et peu inclinée (quelques degrés). Suivant son origine, on distingue principalement :

- **Glacis d'érosion**, sur lequel la roche est à nu ou semée de débris qui sont plus ou moins rapidement déblayés. Ce terme est habituellement utilisé pour les surfaces taillées dans les roches tendres, comme le cas des affleurements du substrat gréseux du Mio – pliocène.
- **Glacis alluvial**, où la roche en place est masquée par une faible épaisseur d'alluvions. C'est cas des glacis de *Ras Echaab* au Nord de Guerrara. La dénivelée entre l'amont du glacis et son aval est de 50 m sur une distance qui varie entre 2 à 3Km, ce qui donne une pente très douce. La surface de ces glacis constitue un véritable Reg.

1.3.5 – Regs

Les regs forment des surfaces planes de graviers ou de débris de roches, où se mêlent sable, limon et argile. Ils couvrent les trois quarts de la surface du Sahara. Ce sont les zones les plus pauvres du désert. Ils s'achèvent parfois en hamadas.

1.3.6 – Garas

Les Garas sont des buttes témoins, c'est à dire, des plateaux tabulaires isolés par l'érosion et couronnés par une table de roche dure (Capot-Rey et al, 1969). Dans le bassin du M'zab, ces formations caractérisent surtout les formations continentales de Mio-Pliocène.

1.3.7 – Formations dunaires

C'est des dunes d'obstacle développées à l'abri d'une butte témoin (Gara) ou des buissons de la végétation naturelle dans les lits majeurs des oueds des bassins du M'zab.

Les modelés dunaires existant sont : les rides, les voiles sableux, les Nebkas et massifs dunaires.

1.3.8 – Réseaux hydrographiques

Représentés principalement par les quatre oueds des bassins du M'zab. L'écoulement des eaux des crues dans les lits des oueds dépose des matériaux différents de point de vue forme, nature et texture.

La surface du sol peut être unie pour une grande partie du lit d'oued ou alternativement d'un côté à l'autre du lit en fonction des méandres, ou bien, entaillée par de

petites incisions linéaires lorsque le ruissellement se concentre avec une pente plus forte et des débits plus importants (Pouget, 1980).

Les réseaux hydrographiques sont de type dendritique (figure I.4) et d'après Peulvast et Vanney (2001) ces types de réseau sont constitués des tributaires irrégulièrement ramifiés autour des troncs principaux et raccordés selon des angles variés généralement très inférieur à 90° , ils traduisent les contrôles structuraux les moins contraignants.

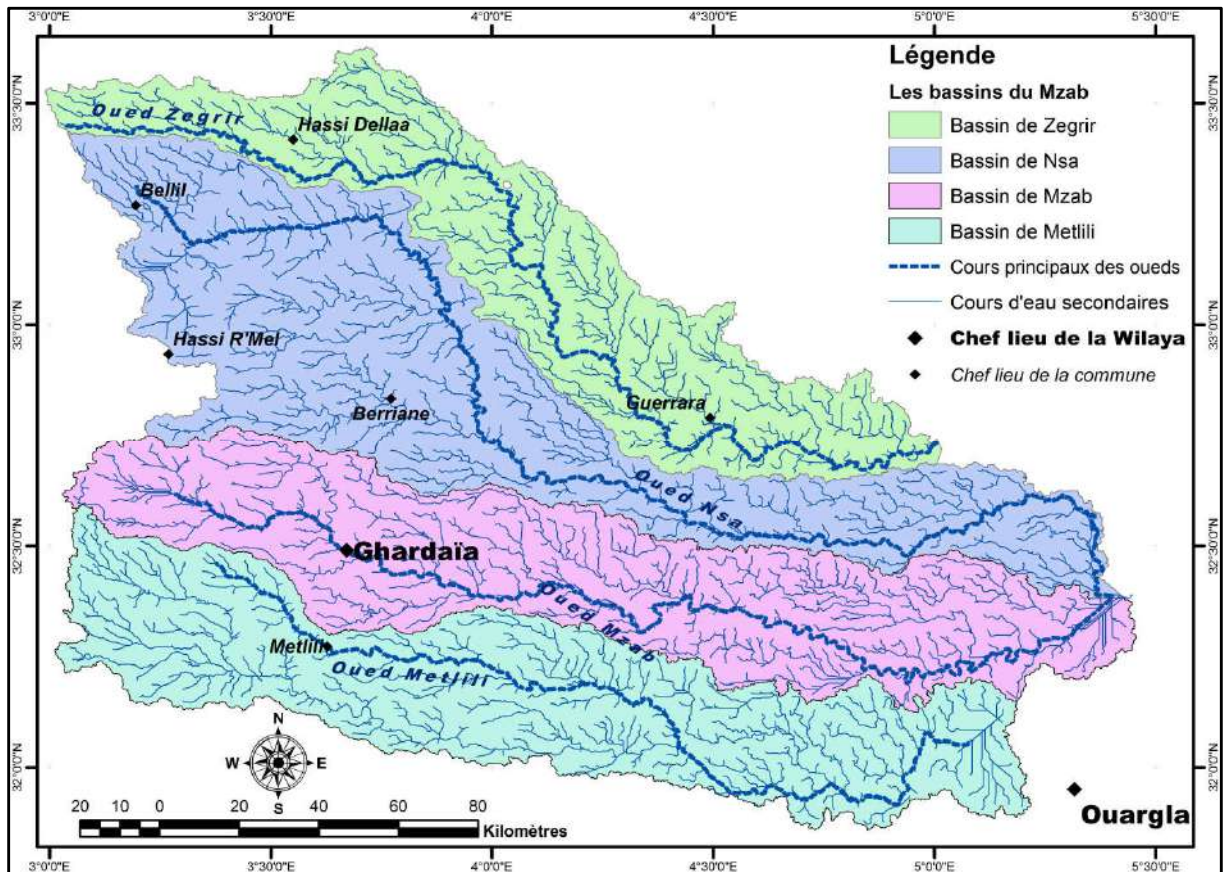


Figure I. 4 – Réseau hydrographique des bassins du M'zab

(Tracé avec Global Mapper ver.19)

1.4 – Hydrologie superficielle

1.4.1. – Considération générale

Basant sur les travaux du Dubief (1953), le grand bassin du M'zab est subdivisé en quatre sous bassins (figure I.4) à savoir :

1.4.1.1 – Oued Zegrir

C'est l'un des grands oueds qui traversent le M'zab. Limité à la hauteur de Guerrara, ce bassin couvre une superficie de 4100 Km². Situé en majeure partie sur les affleurements du Miocène et du Pliocène continentaux, il est parsemé de nombreuses dayas parfois drainées par des oueds. Ces derniers, par suite des phénomènes karstiques qui se produisent en ces régions

disparaissent souvent avant d'atteindre leurs confluents avec le Zegrir ou son prolongement le Zgag. Les limites Nord et Sud sont de ce fait peu précises. La longueur de l'artère maîtresse, en prenant pour origine la tête de l'Oued Ajerma (860 m d'altitude), atteint 270 Km à la Daya de Ben Feïlah (300 m d'altitude), limite normale des grandes crues.

Le cours de Zegrir peut être divisé en trois parties distinctes :

- a) **Un cours supérieur**, de 124 Km de long, depuis l'origine de l'Ajerma (860 m d'altitude), jusqu'à la hauteur du bordj de Talemzane. L'oued aux berges peu marquées serpente à la surface du Plateau des Dayas tout en se dirigeant vers l'Est. Sa pente est très faible, surtout dans les premiers 70 Km.
- b) **Un cours moyen**, de 125 Km environ, de Talemzane à Guerrara. L'oued prend la direction Sud-Sud-Est, s'encaisse, tandis que sa pente s'accroît atteignant près de 3 mm par mètre.
- c) **Un cours inférieur**, en aval de Guerrara. Sous le nom d'oued Zgag l'artère reprend la direction de l'Est, au fond d'une large vallée, à pente très faible, parfois interrompue par des replats.

1.4.1.2 – Oued Nsa

Le bassin est limité par deux oueds, au Nord par oued Zegrir et au Sud par oued M'Zab. Il présente une superficie d'environ 7800 km² ; les limites orientales sont peu précises par suite de la nature géologique de la région. L'artère maîtresse, longue de 320 Kms, part de la région de Tilrhemt, vers 750 m d'altitude, pour aboutir à la Sebkhha de Safioune à la cote 107 m.

Nous pouvons distinguer dans le cours de Nsa :

- a) **un cours supérieur** : De direction Ouest-Est d'une quarantaine de Kms, qui longe la limite méridionale de plateau des Dayas ;
- b) **un cours moyen** : de direction Nord-Nord-Ouest – Sud-Sud-Est, de 100 Kms ;
- c) **un cours inférieur** : entièrement située dans le Pliocène continental, de 160 Kms environ, dans lequel l'oued se dirige à nouveau vers l'Est. Dans sa partie terminale l'artère fait un coude assez brusque vers le Sud pour se jeter, une vingtaine de Kilomètres plus loin, dans la Sebkhha de Safioune.

Durant son trajet, le Nsa reçoit divers affluents dont les plus importants sont le Ballouh et le Soudan qui arrosent l'oasis de Berriane.

1.4.1.3 – Oued M'zab

Le bassin est limité par deux Oueds ; au Nord par Oued N'sa et au sud par Oued Metlili. La superficie du bassin du M'zab est d'environ 5000 km², ses contours sont imprécis

dans la partie orientale. Il coule sensiblement d'Ouest en Est sur 320 Km, de la région de Bautma rouila (750 m d'altitude) où il prend sa source sous le nom d'Oued El-Albioud, à la Sebkha de Safioune à Ouargla (107 m d'altitude) avec une pente assez forte entre Ghardaïa et Bounoura.

Les principaux affluents du m'Zab alias El-Abiod, sont en amont de Ghardaïa : sur la rive gauche, Oued El Haïmeur qui conflue à la daïa ben Dahoua, sur la rive droite : l'Oued Touzouz qui rejoint le M'Zab immédiatement en amont de la palmeraie de Ghardaïa. En aval de ce centre on rencontre, à droite, au niveau de Beni Isguen, le Netissa qui traverse la palmeraie de cette ville, à gauche et à quelques centaines de mètres en aval du précédent, l'Oued Zouil dans le lit duquel sont situés les jardins de Bou Noura. Tout à fait en aval de la pentapole mozabite nous citerons, sur la rive droite : l'Oued Noumerate. Puis l'Oued Nessaïmou en amont de Zelfana, Enfin, très en aval de cette région : l'Oued Hasseï. A partir de ce dernier la vallée du M'Zab est creusée dans le Pliocène continental et ne reçoit plus de ce fait d'affluent important.

1.4.1.3 – Oued Metlili

Le bassin versant de Metlili couvre une superficie d'environ 400 km². L'oued a pour origine la confluence de deux principaux oueds ; el Botma et Gaa (altitude de 650 m). D'une longueur d'environ 214 km, l'oued Metlili est barré à 134 Km de son origine par le cordon dunaire de l'Erg Rhanem. Plus en aval, son lit est parsemé de Dayas qui absorbent une partie des eaux de ruissellement dont la plus importante est la Daya de Remtha (Dubief, 1953).

1.4.2 – Etude de ruissellement

D'après Dubief (1953), les mois des crues pouvant se produire à des intervalles très variables, allant de quelques mois par an à quelques années (28 mois sans crue entre mai 1946 et août 1948). Les crues donc d'une manière générale sont observées en automne ou au printemps. L'étude de la fréquence mensuelle des crues montre aussi que celles-ci sont, certaines années, très fréquentes en mois d'avril, mai, septembre et octobre, et en d'autre année sont moins fréquentes. D'où une forte irrégularité inter et intra-annuelle.

Les écoulements de l'oued Nsa et ceux de l'oued M'zab sont d'importance variable et ce n'est que tout à fait exceptionnellement qu'ils atteignent la Sebkha de Safioune.

1.5 – Hydrogéologie

D'une manière générale pour le Sahara septentrional, y compris les bassins du M'zab, trois nappes peuvent être distinguées (Figure I.5) :

1.5.1 – Nappe du continental intercalaire (CI)

Cette nappe couvre une surface de 600.000 m². Elle occupe la totalité du Sahara septentrional algérien, et se prolonge dans le Sud de la Tunisie et le Nord de la Libye.

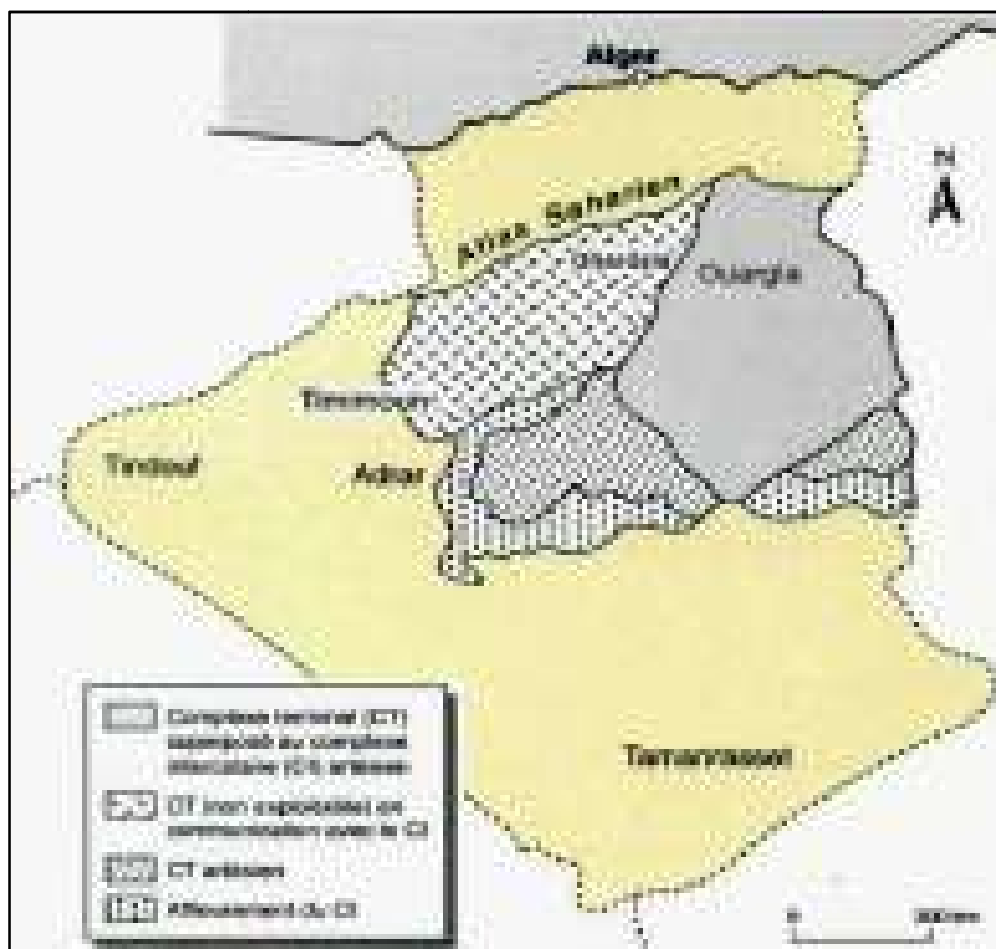


Figure I. 5 – Ressources en eau souterraines du Sahara algérien
(d'après Unesco, 1972 ; Daoud & Halitim, 1994 ; Dubost 2002, Modifiée)

1.5.2 – Complexe terminal (CT)

Cette nappe n'a pas d'importance que celle de continental intercalaire car elle est moins présente. La région de Ghardaïa ne bénéficie pas des eaux de cette nappe à cause de

son altitude (Dubost, 2002). Pour la région de Ouargla cette nappe est constituée de nappe des calcaires (Sénonien) et de nappe des sables (Mio-Pliocène).

1.5.3 – Nappe phréatique :

La nappe phréatique est un aquifère superficiel dont les eaux sont généralement exploitées par des puits. Elle est alimentée par les pluies (Dubost, 2002).

I.6 – Climat

Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne températures élevées, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs (Ozenda, 1983).

Le bassin du M'zab s'étale sur quatre wilayas : Laghouat, Djelfa, Ghardaïa et Ouargla. De ce fait, pour présenter le climat de ce bassin, nous ne pouvons que se baser sur les données climatiques (O.N.M., 2017) recueillies sur les stations météorologiques installées au sein auprès du ce bassin versant, à savoir les stations de : Laghouat, Hassi R'Mel, Ghardaïa et Ouargla.

1.6.1 – Données brutes

1.6.1.1 – Températures

Le tableau ci-dessous résume les valeurs des températures minimums, maximums et moyennes pour les quatre régions d'étude.

Tableau I. 1 – Les températures moyennes mensuelles (°C) des régions d'étude

Paramètre	Région	Période	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Températures minimums °C	Laghouat	1990/2011	<u>2,1</u>	3,8	6,5	9,7	14,9	19,9	23,4	22,6	18,3	13,2	6,4	2,9	12,0
	H. R'mel	1989/2015	<u>5,3</u>	6,8	8,7	12,9	20,0	23,5	29,0	27,7	23,5	17,9	11,0	6,7	16,1
	Ghardaïa	1994/2014	<u>6,2</u>	7,5	11,1	14,5	19,4	24,2	27,7	27,3	22,9	17,6	11,2	7,3	16,4
	Ouargla	1996/2016	<u>4,5</u>	5,9	9,7	14,4	19,4	24,1	27,1	26,9	22,8	17,0	9,9	5,6	15,6
Températures maximums °C	Laghouat	1990/2011	14,0	16,4	20,4	24,5	30,2	34,8	<u>40,5</u>	37,5	31,9	25,3	18,8	14,5	25,7
	H. R'mel	1989/2015	12,4	13,7	19,5	21,1	25,9	32,8	<u>35,2</u>	33,7	29,0	24,1	19,7	15,0	23,5
	Ghardaïa	1994/2014	16,9	19,1	23,4	27,4	32,6	37,8	<u>41,5</u>	40,5	35,0	29,1	21,9	17,5	28,6
	Ouargla	1996/2016	19,3	21,5	26,3	31,1	35,5	40,8	<u>43,7</u>	42,8	38,2	32,3	24,6	19,8	31,3
Températures Moyennes °C	Laghouat	1990/2011	8,0	10,1	13,7	17,1	22,5	27,4	31,9	30,1	25,0	19,3	12,6	8,7	18,9
	H. R'mel	1989/2015	8,8	10,3	14,4	17,8	23,3	28,5	32,2	31,3	26,4	20,8	13,8	9,7	19,8
	Ghardaïa	1994/2014	11,6	13,3	17,3	21,0	26,0	31,0	34,6	33,9	28,9	23,3	16,6	12,4	22,5
	Ouargla	1996/2016	11,7	13,6	18,1	22,7	27,4	32,5	35,1	34,2	30,6	24,5	17,1	12,5	23,3

Les valeurs indiquées sur le tableau I.1 montre que les températures moyennes annuelles augmentent plus on s'éloigne de l'Atlas saharien vers le Sahara septentrional. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées à Ouargla avec 23.3 °C et c'est là où se trouvent les exutoires finaux des quatre bassins versant du M^zab.

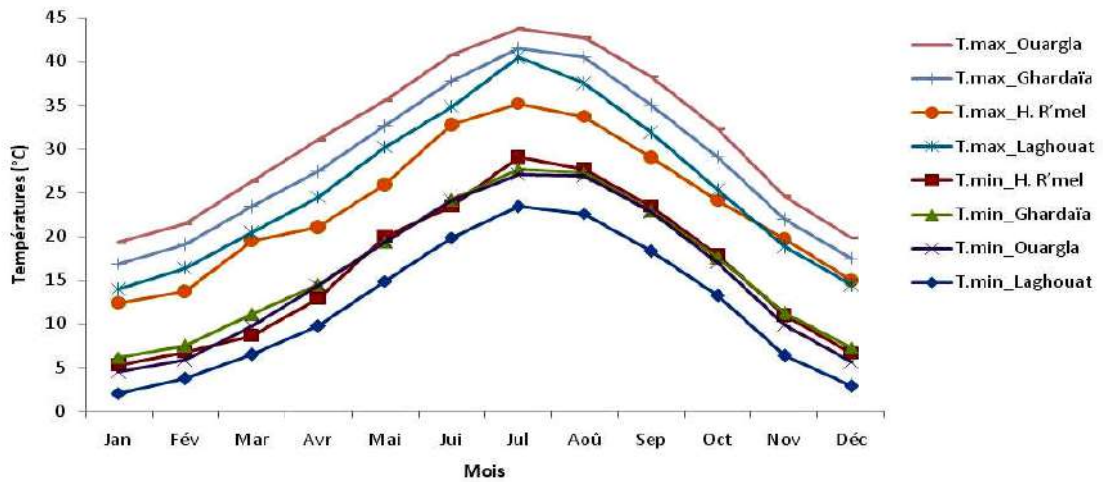


Figure I. 6 – Comparaison de la variation des températures minimums et maximums pour les régions d'étude : Laghouat, Hassi R'Mel, Ghardaïa et Ouargla.

La figure I.6 illustre bien les différences des variations mensuelles des températures entre les quatre régions d'étude, où nous constatons que c'est dans la région de Laghouat où on enregistre les valeurs les plus bas des températures minimums durant toute l'année. Alors qu'à Ouargla où on enregistre les valeurs les élevées des températures maximums durant toute l'année.

Le calcul des amplitudes thermiques mensuels pour les quatre régions est indiqué dans le tableau I.2, où nous constatons que c'est à la région de Hassi R'mel où l'amplitude thermique est le plus bas durant toute l'année, il ne dépasse pas 11 °C au début du printemps. Alors que valeurs les élevées sont enregistrées à Laghouat et à Ouargla avec environ 17 °C durant l'été.

Tableau I. 2 – Les valeurs des amplitudes thermiques mensuels (°C) des régions d'étude

Région	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Laghouat	11.9	12.6	13.9	14.8	15.3	14.9	17.1	14.9	13.6	12.1	12.4	11.6	13.8
H. R'mel	7.1	6.9	10.8	8.2	5.9	9.3	6.2	6	5.5	6.2	8.7	8.3	7.4
Ghardaïa	10.7	11.6	12.3	12.9	13.2	13.6	13.8	13.2	12.1	11.5	10.7	10.2	12.2
Ouargla	14.8	15.6	16.6	16.7	16.1	16.7	16.6	15.9	15.4	15.3	14.7	14.2	15.7

Notant que les valeurs les plus élevées de l'amplitude thermique sont parmi les facteurs principaux de formation des sols au Sahara (Ozenda, 1983) suit aux processus de la thermoclastie.

1.6.1.2 – Pluviosité

Les valeurs des cumuls annuels de la pluviosité indiquées dans le tableau I.3 montre que Laghouat est la région la plus arrosée, environ 150 mm par an. Ces pluies arrosent la partie amont des Bassins de Zegrir et de Nsa, surtout au mois de septembre. Les pluies sont moins importantes à Hassi R'Mel avec 84 mm et à Ghardaïa avec 78.8 mm, mais elles sont très faibles à Ouargla avec 34 mm, où le mois le plus arrosé est en Janvier. Notant que 2008 a été année la plus pluvieuse de la décennie 2000-2010.

Tableau I. 3 – Les pluviosités moyennes mensuelles (en mm) des régions d'étude

Région	Période	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Cumul
Laghouat	1990/2011	13,3	7	10,1	19,9	9,3	10,5	4,7	12,2	<u>25,3</u>	17	6,6	13,9	149,8
H. R'mel	1989/2015	8,6	4,4	4,7	4,7	4,4	5,0	1,4	5,9	<u>24,1</u>	7,2	7,6	6,0	84
Ghardaïa	1994/2014	9,2	2,7	7,8	11,7	2,0	2,2	1,9	4,5	<u>16,7</u>	7,2	5,9	7,0	78,8
Ouargla	1996/2016	<u>6,4</u>	2,2	3,8	1,7	1,2	0,4	0,3	1,3	3,3	4,7	4,5	4,2	34

1.6.1.3 – Evaporation

Les valeurs des cumuls annuels de l'évaporation indiquées dans le tableau I.4 montre que Ouargla est la région où l'évaporation est la plus importante avec 2943.2 mm par année suivie successivement par Ghardaïa et puis Hassi R'Mel. Les valeurs atteignent leur maximum durant le mois de juillet où les températures sont plus élevées.

Tableau I. 4 – Les évaporations moyennes mensuelles (en mm) des régions d'étude

Région	Période	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Cumul
H. R'mel	2004/2015	83.5	110.5	172.0	221.1	280.5	340.6	<u>378.1</u>	351.3	243.6	184.8	111.5	77.3	2554.8
Ghardaïa	1994/2014	105.8	130.5	184.5	242.1	303.3	369.6	<u>413.2</u>	392.9	276.6	191.5	127.5	97.3	2834.8
Ouargla	1996/2016	89.4	124.5	190.3	245.8	309.9	374.4	<u>428.0</u>	388.9	367.7	211.9	122.5	89.9	2943.2

L'intensité de l'évaporation au Sahara est fortement renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds (Toutain, 1979).

1.6.1.4 – Vents

Selon le tableau I.5, nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant le printemps, en mois d'avril pour Laghouat, Hassi R'Mel et Ghardaïa, en mois de mars pour la région de Ouargla, avec un maximum de 7,4 m/s enregistrée à Hassi R'Mel.

Tableau I. 5 – Les vents moyens mensuels (en m/s) des régions d'étude

Région	Période	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Laghouat	2006/2016	3.7	4.9	4.8	<u>5.1</u>	5.0	4.6	4.0	3.8	3.7	3.1	3.4	2.9	4.1
H. R'mel	2003/2011	6.1	6.0	6.7	<u>7.4</u>	7.5	6.1	5.7	5.9	5.8	4.7	4.5	5.6	6.0
Ghardaïa	1994/2009	3.4	3.7	4.4	<u>4.6</u>	4.3	3.9	3.5	3.2	3.5	3.0	3.1	3.4	3.7
Ouargla	1997/2009	2.8	3.2	3.8	4.4	<u>4.8</u>	4.6	4.2	4.0	4.1	3.5	2.8	2.7	3.7

Notant que les vents dominants sont ceux de Nord-Est et de Sud pour la région d'Ouargla, et ceux de Nord-Ouest pendant l'hiver et ceux de sud (le sirocco) en été pour la région de Ghardaïa et la région de Laghouat.

1.6.1.5– Humidité

Les valeurs moyennes annuelles de l'humidité indiquées dans le tableau I.6 montre que Laghouat est la région la plus humide en comparant avec les autres régions d'étude, avec 45 % par année suivie successivement par Hassi R'Mel, Ouargla puis Ghardaïa. Décembre et janvier sont les mois les plus humides, alors Juillet est le mois le plus sec pour les quatre régions.

Tableau I. 6 – Les humidités moyennes mensuelles (en %) des régions d'étude

Région	Période	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyenne
Laghouat	1990/2016	61.5	53.7	46.1	39.6	36.2	30.5	29.1	29.9	41.8	50.9	57.0	64.0	45.0
H. R'mel	1999/2011	58.5	51.8	47.1	37.9	33.7	29.3	25.7	31.5	42.8	50.0	56.2	61.9	43.9
Ghardaïa	1998/2014	55.0	45.2	39.4	33.8	29.9	26.0	22.0	25.5	36.2	41.8	50.4	55.8	38.4
Ouargla	1996/2016	61.2	52.0	45.2	37.7	33.7	28.4	25.4	29.0	38.5	44.3	55.2	61.4	42.7

1.6.2 – Synthèse climatique

Pour caractériser le climat d'une région, il faut procéder à une synthèse des principaux facteurs climatiques (température et précipitation).

1.6.2.1 – Diagramme Ombrothermique

Le diagramme d'Ombrothermique (figure I.7) montre que la période sèche s'étale sur toute l'année pour les quatre régions d'étude.

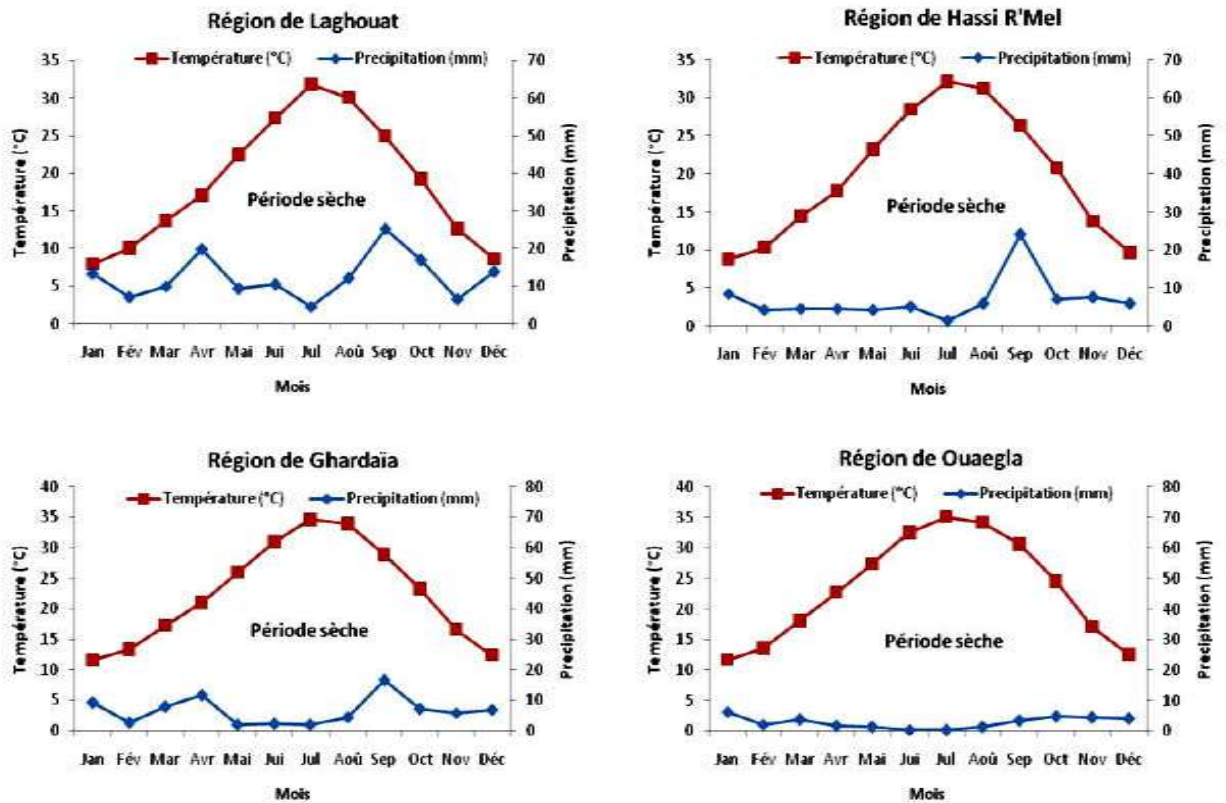


Figure I. 7 - Diagrammes ombrothermiques de Gaussen et Bagnouls applique pour les quatre régions d'étude

1.6.2.2 – Quotient pluviométrique (Q₂) et Climagramme d'Emberger :

Pour classer le bioclimat, nous avons utilisé le quotient pluviométrique d'Emberger (1955) (Q₂) spécifique au climat méditerranéen. Dont la formule est :

$$Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

M et m, sont les températures maximums et minimums exprimées en degrés absolus (°K), Stewart (1969) a montré que pour l'Algérie et le Maroc la dernière formule pouvait être simplifiée pour s'écrire (Le Houerou, 1995) :

$$Q_2 \approx Q_3 = 3,43 \cdot P / M - m$$

avec

- **P** : *Pluviosité moyenne annuelle en mm* (Laghouat 149,8 mm ; Hassi R'Mel : 84 mm ; Ghardaïa : 78,8 mm et Ouargla : 34 mm).
- **M** : *Moyenne des températures maximums quotidiennes du mois le plus chaud en °C* (Laghouat : 40,5°C ; Hassi R'Mel : 35,2 °C ; Ghardaïa : 41,5 °C et Ouargla : 43,7 °C).
- **m** : *Moyenne des températures minimums quotidiennes du mois le plus froid en °C* (Laghouat : 2,1°C ; Hassi R'Mel : 5,3 °C ; Ghardaïa : 6,2 °C et Ouargla : 4,5 °C)
 - ❖ Q₃ pour la région de Laghouat = 13,4
 - ❖ Q₃ pour la région de Hassi R'Mel = 9,6
 - ❖ Q₃ pour la région de Ghardaïa = 7,7
 - ❖ Q₃ pour la région de Ouargla = 3,0

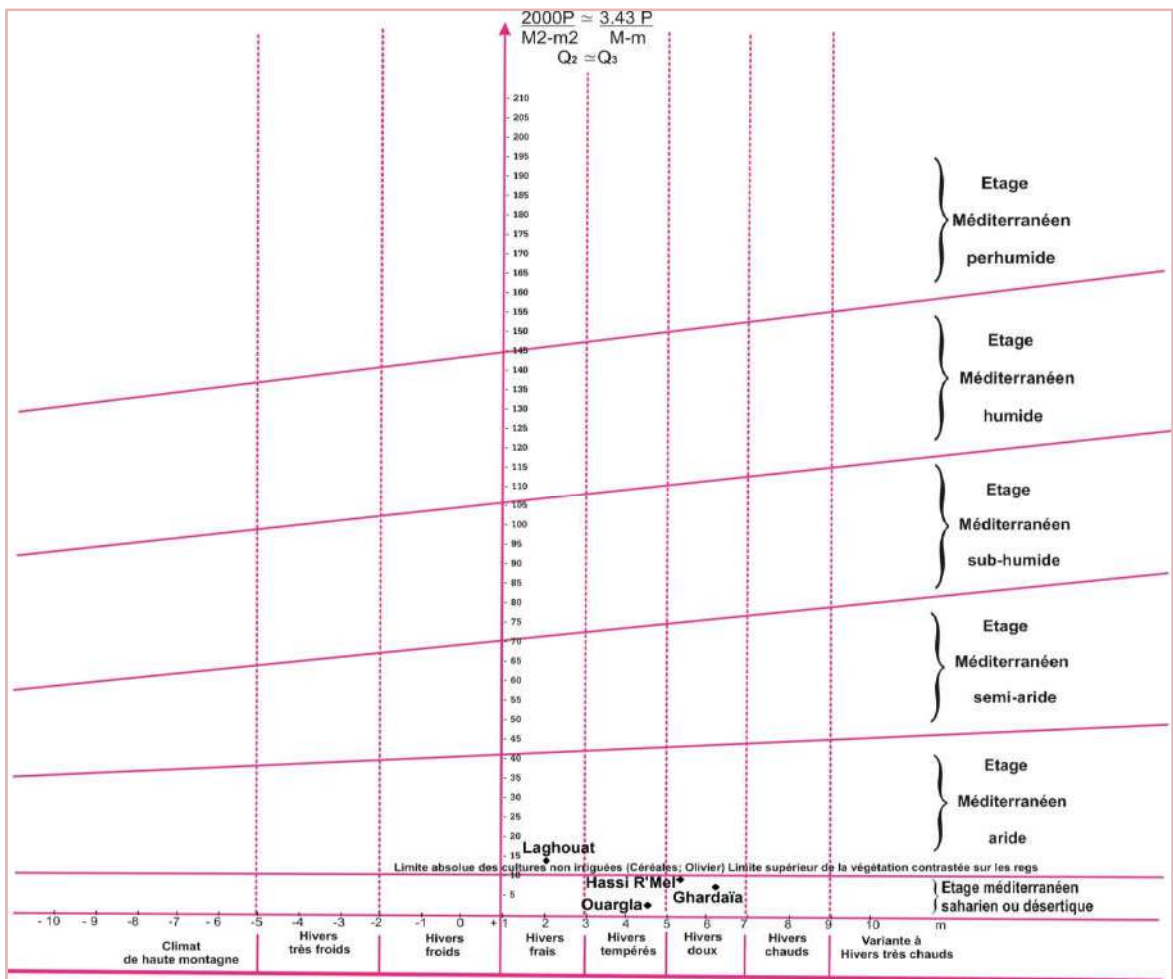


Figure I. 8 – Position des types de bioclimat des régions d'étude dans le Climagramme d'Emberger (Modifié par Le Houérou 1995)

A partir des valeurs de Q3 et celles des *températures minimums quotidiennes du mois le plus froid en °C* nous pouvons déterminer le type du bioclimat de chaque région par superposition sur de ces valeurs sur le Diagramme d'Emberger (Figure I.8).

D'après la figure nous pouvons dire que :

- Le bioclimat de région de Laghouat est de type : *Climat aride à hivers frais* ;
- Le bioclimat de région de Hassi R'Mel est de type : *Climat saharien à hivers doux* ;
- Le bioclimat de région de Ghardaïa est de type : *Climat saharien à hivers doux* ;
- Le bioclimat de région de Ouargla est de type : *Climat saharien à hivers tempérés*.

1.6.3 – Régimes climatiques des sols

Le régime climatique du sol est un paramètre déterminé et utilisé pour définir un niveau d'unités dans la classification américaine des sols (Soil taxonomy). Il est défini par le régime hydrique et le régime thermique du sol.

Selon Soil Survey Staff (2015) *Le régime hydrique* du sol est défini par les conditions au sein d'une section de contrôle de l'humidité dans le sol. La limite supérieure de cette section correspond à la profondeur à laquelle un sol sec sera mouillé par 25 mm de précipitation dans une période de 24 heures. Alors que, la limite inférieure de cette section correspond à la profondeur à laquelle le même sol sera mouillé par 75 mm de précipitation en une période de 48 heures. La section de contrôle de l'humidité varie en fonction de la porosité du sol.

Le régime hydrique du sol est relatif à la présence ou à l'absence d'une nappe phréatique ou d'eau retenue dans le sol sous une tension inférieure à 15 bars dans des horizons spécifiques par périodes de l'année (Soil Survey Staff, 2014).

Selon Soil Survey Staff (2015) le *régime thermique* du sol est défini comme étant la température annuelle du sol à une profondeur de 50 cm de la surface de sol, ou à une profondeur plus faible si une couche imperméable est présente.

Peu travaux réalisés pour déterminer les régimes climatiques des sols de l'Algérie et surtout ceux des régions arides et sahariennes. Le seul travail trouvé est celui de Van Wambeke (1982). Il nous a permis de déterminer les régimes hydriques et thermiques des régions d'étude, indiqués dans le tableau I.7 et la figure I.8.

Tableau I. 7 – Les régimes climatiques pour les régions d'étude

Région	Régime hydrique	Régime thermique
Laghouat	Extrême aridique	Thermique
Ghardaïa	Extrême aridique	Hyperthermique
Ouargla	Extrême aridique	Hyperthermique

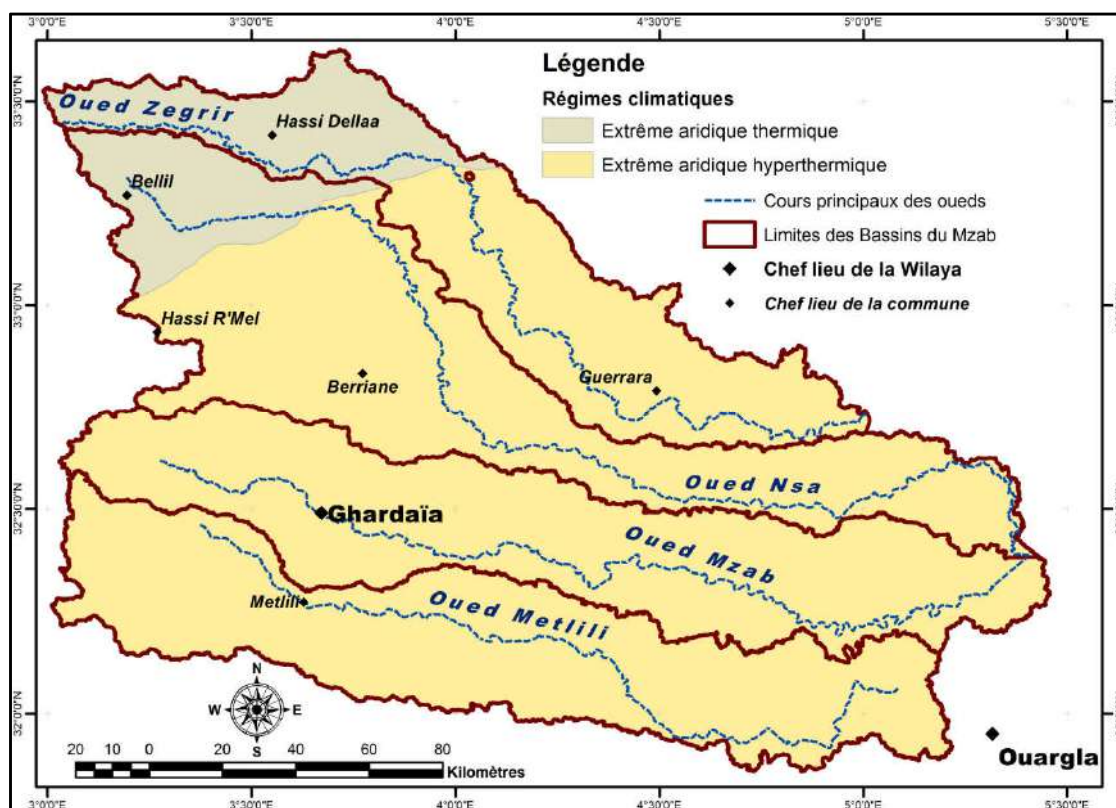


Figure I. 9 - Régimes climatiques pour la zone d'étude

La figure I.9 illustre la variation spatiale des régimes climatiques pour la zone d'étude. La carte est dressée à partir des données de Van Wambeke (1982) et les travaux de Le Houérou 1995.

Le régime hydrique du sol n'est que partiellement en relation avec le climat. Les sols des régions arides ne sont pas toutefois nécessairement secs. Ils peuvent être secs, humides ou saturés, selon leur position sur le paysage, car ils peuvent recevoir de l'eau à partir d'une source autre que les précipitations locales. Cette eau peut provenir par ruissellements à partir des régions très éloignées, suite à des précipitations, des fontes des neiges, des infiltrations ou même des sources artésiennes naturelles (Soil Survey Staff, 2014).

1.7 – Végétation

D'après Ozenda (1983), des différences sensibles dans la physionomie du peuplement végétal opposent les diverses parties du domaine saharien, dans le Sahara septentrional, où il pleut quelque peu tous les ans, ces maigres précipitations suffisent, grâce à leur régularité, à entretenir une vie végétale sur presque tous les terrains : il se forme ainsi une végétation continue, de densité très inégale certes suivant les milieux, plus dense dans les dépressions telles que les lits d'oueds, plus lâche mais toujours présente sur les plateaux ou dans les dunes. La végétation des lits des grands oueds fossiles, larges de quelques kilomètres dans les cas extrêmes, ne se distingue pas de celle des plateaux voisins, Elle y est à peine plus dense, c'est seulement le long des petits oueds, actifs périodiquement, qu'il y a une végétation.

Barry et al (1973) constatent que les apports limoneux favorisent le développement de plusieurs espèces de la flore avoisinante et que cet accroissement de la densité de la végétation augmente l'ensablement, ils notent d'abord l'infiltration des espèces de la steppe : *Arthrophytum Scoparium*, *A. Schmittianum* et *Artemisia herba-alba* ou des dépressions humides : *Zizyphus lotus*, *pituranthos scoparius*, *Colocynthis vulgaris*, et plus tard- des espèces des dunes : *Ephedra alata*, *Calligonum comosum*, *Retama retam* et *Aristida pungens*, quelques « betoums » pistachier de l'Atlas, *Pistacia atlantica* et *Tamarix aphylla* qui sont les seules espèces arborescentes du Sahara septentrional Est.

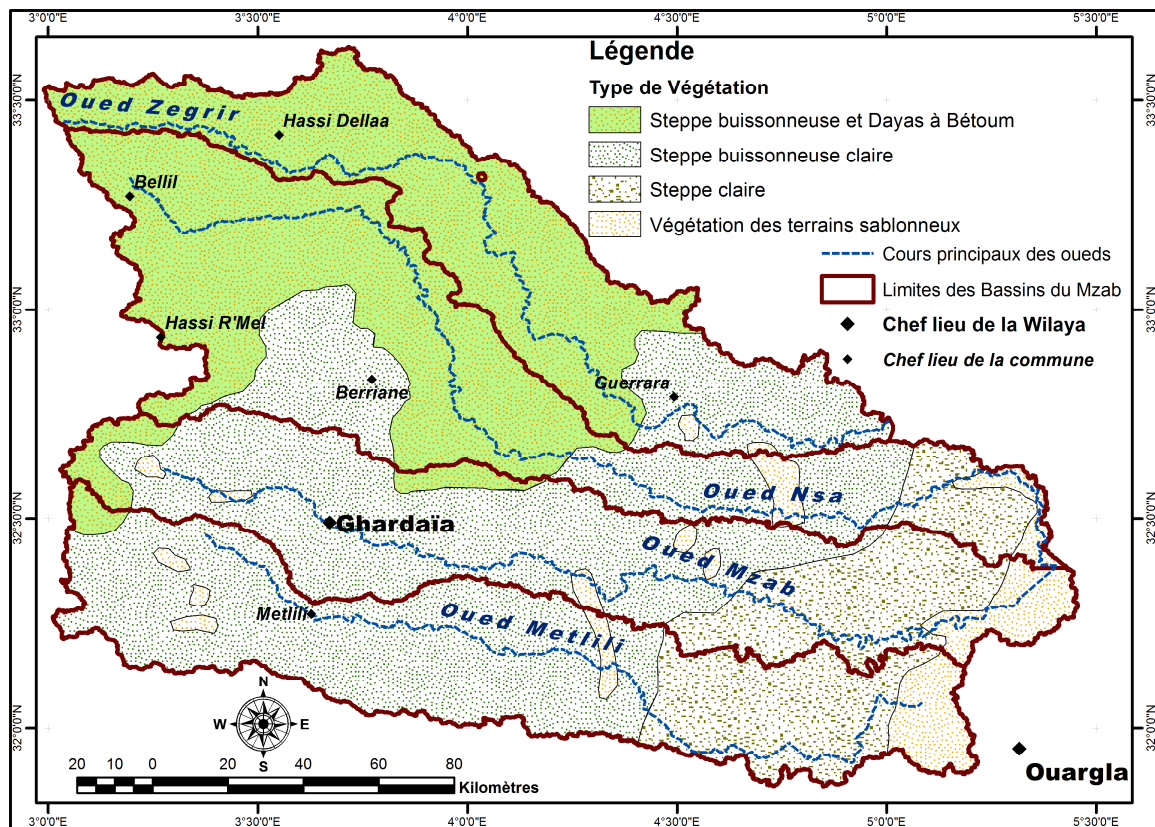


Figure I. 10 – Carte de végétation du grand bassin du M'zab (Barry et Faurel, 1968, modifiée)

D'après les travaux de Barry et Faurel (1968 ; 1973), les principaux groupements végétaux observés dans les régions d'étude (figure I.10) sont les suivants :

- ❖ **Steppes buissonneuses à *Arthrophytum scoparium* (Remth).** couvrant les terrains autour des cours supérieurs et moyens de chacun de l'oued Zegrir et de Nsa.
- ❖ **Steppe buissonneuses à *Maricandia arvensis* et *Cymbopogon schoenanthus*.** couvrant la partie amont des bassins de M'zab et de Metlili.
- ❖ **Steppes buissonneuses claire à *Rhanterium suaveolens*.** couvrant le cours inférieur de l'oued Zegrir et de l'oued de Metlili, et le cours moyen de l'oued Nsa et de l'oued M'zab.
- ❖ **Steppe claire à *Aristida plumosa* et Helianthèmes,** couvrant le cours moyen de l'oued M'zab.
- ❖ **Steppe à *Aristida plumosa*,** couvrant la partie aval du bassin de M'zab.
- ❖ **Groupements psammophiles à *Aristida pungens* (Drinn).** Couvrant les formations dunaires d'obstacle (nebkas et dunes) dans les parties avales des quatre bassins versant étudiés.
- ❖ **Steppes gypseuses de faciès dégradé (anthropique) à *Euphorbia guyoniana* (Oum lebena) et *Oudneya africana* (Ghalga).** Ces deux espèces sont ceux qui dominent autour de Guerrara. Ils présentent une densité un peu plus grande dans les lits d'oued Zegrir.
- ❖ **Palmeraies à *Phoenix dactylifera*.** C'est les oasis de la pentapole mozabite, et celles de Metlili, irriguées par les eaux de la nappe phréatique ou de la nappe Albien ainsi que par les eaux des crues des oueds retenues par des barrages.

1.8 – Sol

Il y a peu d'études sur les sols dans la zone d'étude. Les travaux que nous pouvons citer sont ceux de Barry et Faurel (1968), Dutil (1971) Daddi Bouhoun (1997) et Djili (2004). Ces travaux distinguent les types des sols suivants :

- ❖ **Les sols des plateaux :** c'est les sols les plus dominants dans le bassin du Mzab, ils appartiennent aux sols minéraux bruts (lithosols et regosols), ils caractérisent les Regs autochtone et les Hamadas de la Chebka du M'zab. Ce sont des sols très peu profonds, sableux, graveleux et caillouteux.
- ❖ **Les sols alluviaux :** Ils sont moins dominants, mais ils sont les plus favorables à l'agriculture. Ils appartiennent aux sols peu évolués. Ils sont peu à modérément calcaires, alcalins à fortement alcalins et présentent une faible teneur en gypse. La CEC et la matière organique sont faibles à moyennement faibles.
- ❖ **Les sols salés :** Ils caractérisent les dépressions fermées et males drainées (Sebkhas et Chotts).

DEUXIEME PARTIE : METHODES

Chapitre II :

*Description des méthodes
misent en œuvre*

II.1 – Méthodes d’approche de terrain

II.1.1 – Choix des sites d’étude

Pour recenser et caractériser les différents types des sols alluviaux, du grand bassin du M’zab, nous avons opté pour travailler sur plusieurs sites d’échantillonnage, répartis d’une façon raisonnable et pratique afin de couvrir l’ensemble de la zone d’étude (figure I.1).

Le choix des sites d’étude a été réalisé selon une démarche qui tient compte de tous les moyens disponibles pour effectuer un échantillonnage représentatif ou en toposéquence. De ce fait, nous avons suivi et pris en considération les points suivants :

- ❖ Consultation des documents cartographiques disponibles (Cartes topographiques à 1/200 000 et à 1/500 000, Carte géologiques à 1/500 000, cartes de la végétation, images satellitaire, Google Earth,...) ;
- ❖ Choix des sites selon la variation de la nature lithologique des terrains environnants. C’est à l’aide de l’utilisation de la carte géologique (Alger sud) dressée par S.C.G. (1952).
- ❖ Choix des terrains et les positions géomorphologiques permettent la rencontre et l’observation des sols alluviaux.
- ❖ Réalisation de plusieurs prospections sur terrain pour confirmer ou infirmer les points choisis sur les cartes.
- ❖ Le choix a été basé sur : la représentation du maximum des types des sols alluviaux dans divers situations et conditions de formation du sol (genèses) (lithologie, géomorphologie, climat, végétation). Notant qu’il ne s’agit pas d’étudier les réseaux hydrographiques ni de faire une étude cartographique de zone d’étude, mais beaucoup plus pour contribuer à la création d’une base de données sur les sols alluviaux au Sahara.

Cette étape nous a permis de choisir 23 sites repartis sur les quatre sous-bassins versants du M’zab distribués comme suit (figure II.1) :

- Septe sites situés au long du cours principal de l’oued Zegrir de l’amont vers l’aval ;
- Septe sites situés au long du cours principal de l’oued Nsa de l’amont vers l’aval ;
- Quatre sites situés au long du cours principal de l’oued M’zab de l’amont vers l’aval ;
- Cinq sites situés au long du cours principal de l’oued Metlili de l’amont vers l’aval.

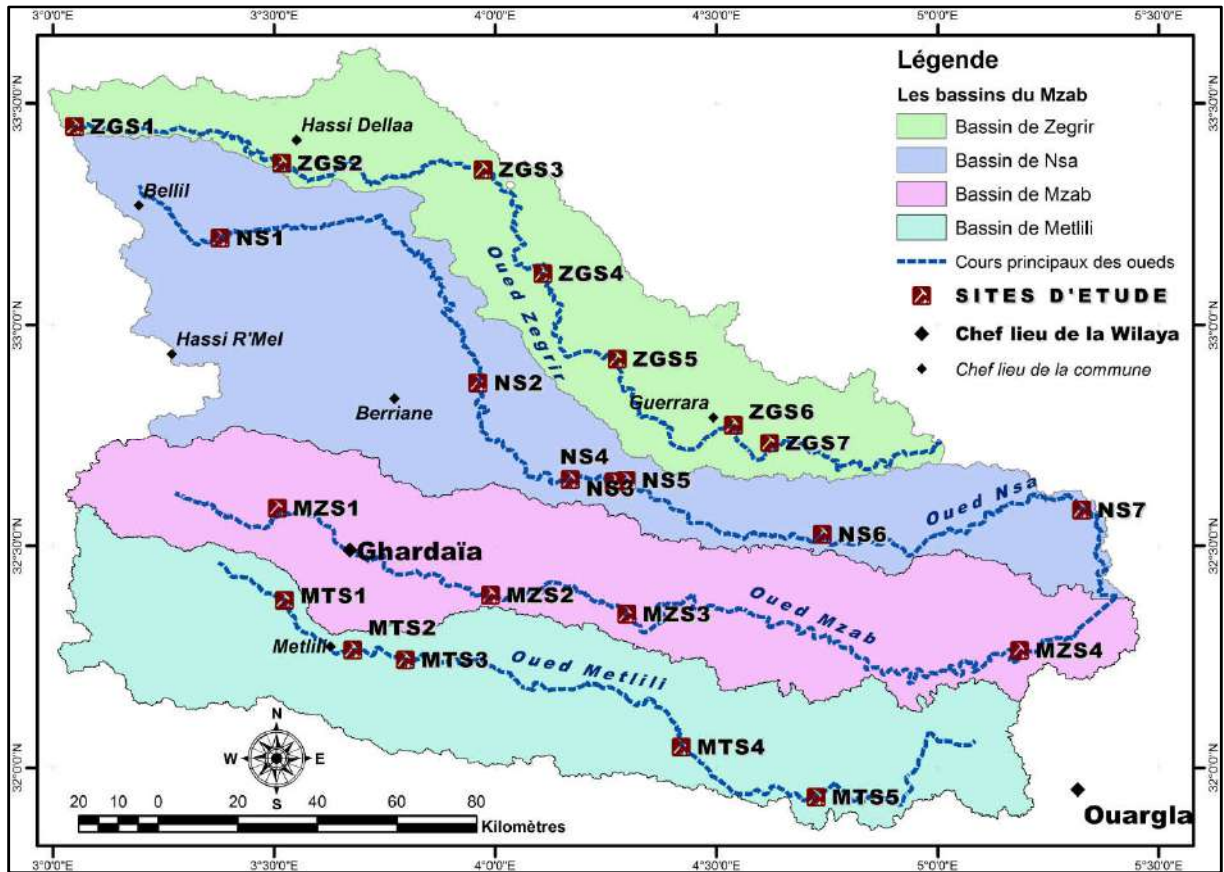


Figure II. 1 – Localisation des sites d'échantillonnage dans les bassins du M'zab

II.1.2 – Choix des séquences

Le choix des toposéquences a été effectué pour chaque site qui présente une diversité dans les paysages alluviaux. Cette diversité est en relation avec la géomorphologie et la lithologie de chaque site.

C'est l'étude de l'environnement du paysage dans chaque site (nature lithologique, relief, état de la surface, végétation...), suivi par des sondages à la tarière qui nous ont permis d'établir le nombre des profils à réaliser dans chaque toposéquence.

II.1.3 – Description morphologique des solums

La description des solums a été effectuée en suivant les recommandations de Maignien (1969) et de Baize & Jabiol (1995) et Schoeneberger et al. (2002).

Pour présenter l'environnement de chaque solum nous avons décrit les paramètres du paysage suivants :

- ❖ **Localisation** (repère ou coordonnées géographiques xyz à l'aide d'un GPS) ;
- ❖ **Végétation** (permet de définir l'origine de la matière organique dans le sol) ;
- ❖ **Temps** (au moment de la description et les antécédents climatiques) ;

- ❖ **Etat de surface** (*nu ou couvert par une végétation naturelle ou par une culture*) ;
- ❖ **Topographie** (*reflète le type de relief*) ;
- ❖ **Date**.

Quant à la description morphologique des horizons de chaque solum, nous avons basé sur les critères suivants :

- ❖ **Épaisseur** des horizons (*cm*) ;
- ❖ **Couleur** (*munsell Soil Color Charts*) ;
- ❖ **Humidité** (*sec, frais, humide, très humide ou engorgé d'eau*) ;
- ❖ **Texture** (*classification de la fraction fine selon le diagramme textural d'USDA*) ;
- ❖ **Structure** (*Particulaire, fragmentaire ou continue*) ;
- ❖ **Réaction** à l'HCl à 10% (*détection des carbonates ou le calcaire dans le sol*) ;
- ❖ **Matière organique** (*états, l'importance...*) ;
- ❖ **Racines** (*présence, taille et nature*) ;
- ❖ **Taches** (*couleur et taille*)
- ❖ **Troues** (*taille, origine*).
- ❖ **Éléments grossiers** (*dimension, forme et nature*)
- ❖ **Limite et transition** entre les horizons.

II.2 – Analyses physiques, physico-chimiques et chimiques des sols

L'ensemble des analyses physiques, physico-chimiques et chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de Biogéochimie des milieux désertique (université de Ouargla) et au niveau des laboratoires de pédologie du département des Sciences Agronomiques (Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Ouargla).

II.2.1 – Granulométrie

L'analyse granulométrique a été effectuée sur des échantillons de la terre fine (inférieur à 2 mm), séchés à l'air libre, en utilisant la méthode internationale à la pipette de Robinson. Dont la séparation des différentes classes de particule a été faite par sédimentation et des prélèvements à des temps échelonnés pour les fractions les plus fines ($\leq 50 \mu\text{m}$) et par tamisage pour les autres fractions (Aubert, 1978, AFNOR, 1999b).

La granulométrie a été effectuée après décarbonatation et destruction de la matière organique pour tous les échantillons étudiés.

II.2.2 – Calcaire total

Déterminé par la méthode gazométrique par Calcimètre de Bernard. Les sols contenant du calcaire dolomitique ont été broyés finement pour faciliter l'attaque par l'acide chlorhydrique (Aubert, 1978).

II.2.3 – Matière organique

Déterminée après le dosage du carbone organique existant dans les échantillons par la méthode de Anne. Dont le principe est basé sur l'oxydation sulfo-chromique et puis une titration par le sel de Mohr (Aubert, 1978 ; AFNOR, 1999a ; Clément et Pieltain, 2003).

II.2.4 – Conductivité électrique

Mesurée par un conductimètre sur des extraits dont le rapport (terre/eau) est de 1/5. (USSL, 1954 ; Aubert, 1978 ; AFNOR, 1999a)

II.2.5 – Potentiel d'hydrogène (pH)

Mesuré sur des extraits du rapport (terre/eau) 1/5 (AFNOR, 1999a ; Soil Survey Staff, 2011).

II.3 – Classifications des sols

En se basant sur les résultats de la caractérisation des sols, nous avons rattaché chaque solum aux systèmes de la classification des sols suivants :

- ❖ L'ancienne classification française des Sols (CPCS, 1967) ;
- ❖ Le Référentiel Pédologique « RP » (Baize & Girard, 2009) ;
- ❖ Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) ;
- ❖ World Reference Bases « WRB » (IUSS Working Group WRB, 2014).

II.4 – Méthode d'étude minéralogique

L'étude minéralogique a été effectuée sur la fraction argileuse des échantillons d'horizons, plus ou moins riche en argile, prélevés des sols alluviaux de l'oued Zegrir et de l'oued Nsa. Alors que la Minéralogie de la poudre totale (Fraction < 2mm) a été effectuée sur un échantillon de croûte (argileuse) de surface, qui résulte d'une sédimentation lente des alluvions très fines dans le lit d'oued Nsa (site 3).

II.4.1 – Préparation des argiles

II.4.1.1 – Préparation des argiles pour la confection des lames orientées (dépôt orienté)

La séparation des argiles est réalisée dans le laboratoire de Biogéochimie des milieux désertiques (université de Ouargla). Les échantillons ont été préparés suivant le protocole décrit par Robert et Tessier (1974). Ils ont été broyés à la main dans un broyeur à agate et tamisés pour récupérer la fraction inférieure à 50 µm.

La fraction inférieure à 2 µm a été obtenue par sédimentation après la destruction des carbonates en milieu tampon (acétate de sodium 1M + acide acétique 100%) et l'élimination de la matière organique par des traitements répétés à l'eau oxygénée. Une fois séparée, la fraction argileuse a été concentrée par floculation et saturée par une solution de MgCl₂ 1M. La solution obtenue est centrifugée et lavée plusieurs fois avec de l'eau désionisée, jusqu'à ce que la suspension obtenue ait un pH neutre (7-8). Ensuite, les échantillons d'argile ont été lavés à l'eau distillée, mis en suspension et homogénéisés pour préparer les dépôts orientés sur des lames de verre.

II.4.1.2 – Préparation d'échantillon pour la confection d'une poudre totale désorientée

La préparation de la poudre fine homogène est obtenue après un broyage de l'échantillon dans un mortier en porcelaine. Cette poudre est ensuite placée dans un support évidé (lame creuse). Puis aplatie à l'aide d'une lame de verre dépolie. Pour amener la surface de la poudre dans le plan de référence, on ajoute progressivement de la poudre pour combler le vide, la planéité de surface de l'échantillon est obtenue par raclage du surplus (Bouchet et al, 2000 ; Pansu et al, 2003). Cette préparation est soumise par la suite aux rayonnements X.

II.4.2 – Identification des minéraux argileux

L'identification des minéraux argileux est effectuée après les traitements successifs suivants :

- Séchage à l'air libre, sans traitement. C'est un état dit normal ou naturel (N), effectué pour obtenir un diagramme de référence.
- Traitement à l'éthylène glycol (EG). Les lames de verre sont placées pendant une nuit dans un dessiccateur à atmosphère d'éthylène glycol. Ce traitement permet l'identification des minéraux argileux gonflants.
- Chauffage à 550°C pendant 4 heures. Il détruit les kaolinites et nous permet d'identifier les chlorites.

II.5 – Méthodes d’approche micromorphologique

Lors de la description de deux solum effectués sur le site 6, des échantillons non remaniés ont été prélevés sur quelques horizons. Les échantillons ont été imprégnés à la résine de polyester. Des grandes lames minces (13,5 x 6,5 centimètre), orientées verticalement, ont été fabriquées suivant la technique de Guilloché (1985) au laboratoire de micromorphologie de l’UER DMOS de l’INA-PG (France). La méthode de description des lames minces a été effectuée selon la nomenclature de Bullock et al. (1985).

II.6 – Méthodes d’étude de l’organisation spatiale

L’utilisation des outils du Système d’Information Géographique « SIG » nous a permis de suivre une démarche méthodologique (figure II. 2) basée sur l’exploitation des données disponibles sur les facteurs de formation des sols à savoir : la lithologie (roche mère), la géomorphologie (relief et pente), le climat (régimes climatiques) et la végétation. La collecte des données est suivie par un traitement numérique des données (Rastérisation, géoréférencement et vectorisation des documents disponibles) puis d’une superposition des couches de données par une méthode d’agrégation d’entités et enfin la réalisation d’une esquisse de carte d’organisation spatiale des sols alluviaux des bassins du M’zab.

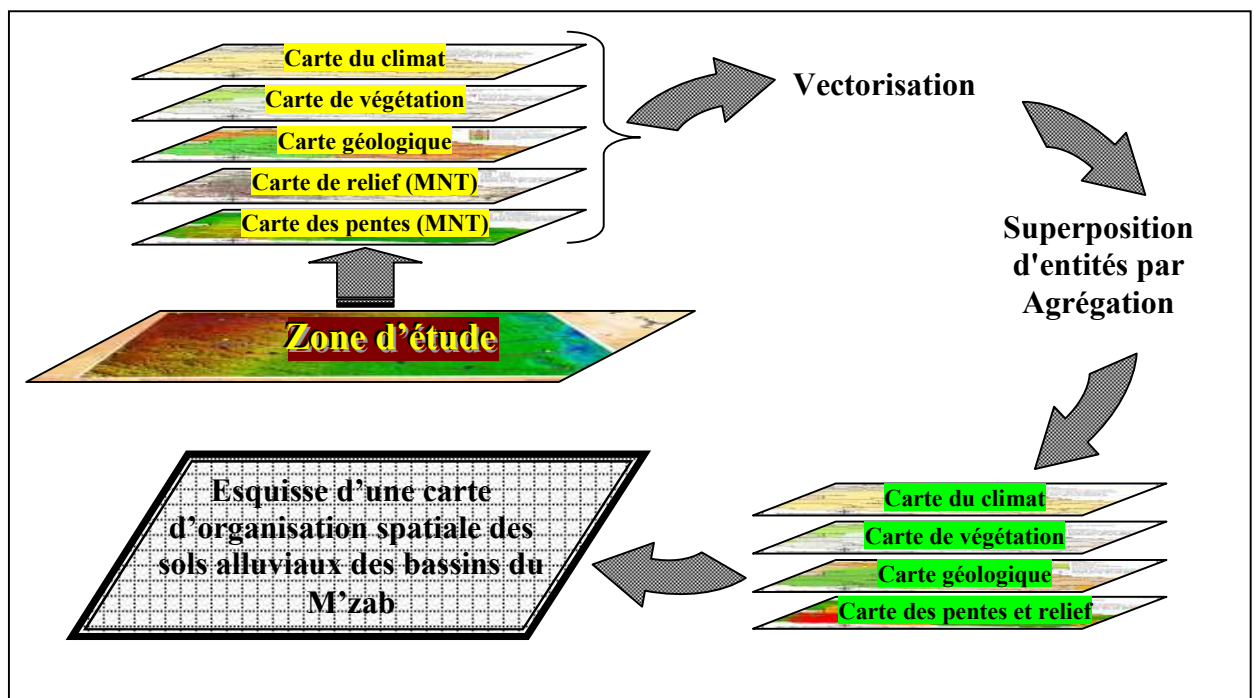


Figure II. 2 – Démarche méthodologique pour la création d’une carte d’organisation spatiale des sols alluviaux pour la zone d’étude

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre III:

*Caractérisation morpho-analytique et
classification des sols alluviaux
des bassins du M'zab*

III.1 - Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons la description morphologique des profils étudiés et les résultats des analyses physiques, physico-chimiques et chimiques relatifs à chaque profil, sur les sols alluviaux des quatre bassins du M'zab : Zegrir, Nsa, M'zab et Metlili. Notant que cette étude a été réalisée au long des collecteurs principaux pour chaque bassin versant, en allant de l'amont vers l'aval.

La description morphologique détaillée des différents solums (profils) étudiés ainsi que les résultats des analyses chimiques sont présentés au niveau des annexes I et II.

La légende utilisée pour les schémas des solums étudiés est comme suit :











Texture argileuse		Argileux		Cailloux arrondis
		Argilo-sableux		Cailloux anguleux
		Limono-argileux (Loam argile)		Amas et nodules calcaires
		Argilo-limoneux		Précipitation de la calcite
		Limono-argileux fins		Roche calcaire en voie d'altération
Texture équilibrée		Loam-argileux sableux		Roche calcaire dur ou dolomitique
		Loam (limoneux)		Roche gréseuse
		Loamo-sableux		Dépôts d'argile sur les pores
Texture limoneuse		Limoneux très fins		Taches
		Limoneux fins		Trous et vides
Texture sableuse		Sablo-loameux		Matière organique fraîche ou décomposée
		Sableux		Racines
		Gravier		

Figure III.1. 1 - Légende des motifs utilisés dans les coupes et les toposéquences du sol

III.2 - Caractérisation des sols alluviaux dans le bassin de Zegrir

III.2.1 – Site 1

Ce site est situé en amont de l'oued Zegrir dans la zone d'Ajerma à une altitude de 844 m. Administrativement cette zone fait partie de la région de Bellil (Hassi R'Mel, Wilaya de Laghouat) environ 1Km à l'Est de la route nationale N1.

Les terrains autour de ce site sont des formations calcaires datées de Pliocène continental, qui correspond à une carapace hamadienne plus moins continus, qui s'étend principalement dans la région des Dayas et elle occupe aussi de larges surfaces dans le Sahara septentrional.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier un seul type des sols alluviaux, alors que le reste du paysage est dominé par des lithosols.

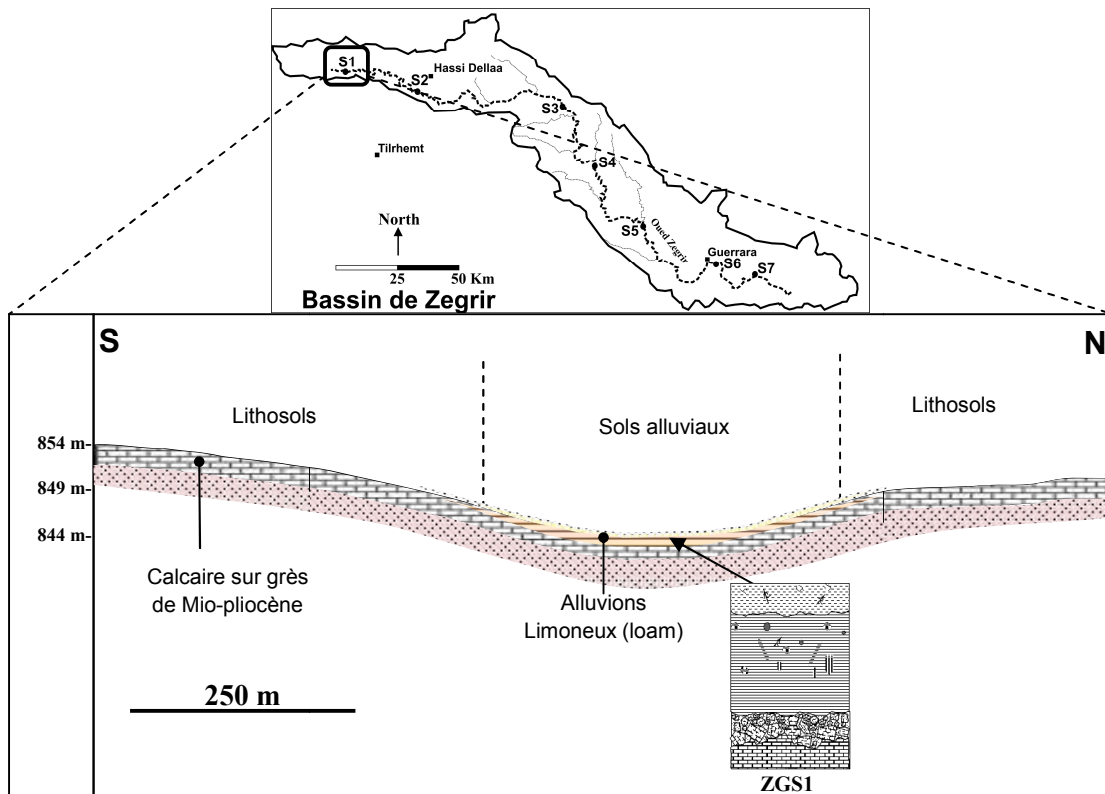


Figure III.2. 1 – Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 1 (bassin de Zegrir)

La figure III.2.1 illustre les principales unités du sol rencontré dans le site 1. Les sols alluviaux sont représentés par le seul solum **ZGS1** dont son étude détaillée est comme suivant :

III.2.1.1 – Solum ZGS1

Ce solum est localisé au fond d'un cours d'eau, (lit mineur). L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des voiles sablonneux (sable fin) avec des débris végétaux non décomposé et de graviers. La végétation est dominée par des plantes herbacées clairsemées (*Peganum harmala*, *Cleome amblyocarpa* et *Atractylis serratuloides*) et quelques buissons épineux du jujubier (*Ziziphus lotus*).

Ce solum représente les sols alluviaux d'un lit d'oued peu profond. Ses rives correspondent à des glacis à pentes douces (3 %).

L'étude morphologique (Figure III.2.1, Planche I et annexe I) montre que le sol est peu profond. Il présente un horizon sub-superficiel (Bw) qui manifeste des marques d'altération par rapport à l'horizon sous-jacent ou supérieur. Cet horizon a un chroma plus fort, un hue plus rouge et une teneur en argile plus élevée que celle de l'horizon sous-jacent surtout sous forme des dépôts d'argile sur les pores et les vides ainsi que des redistributions des calcites sous forme de taches ou des nodules.

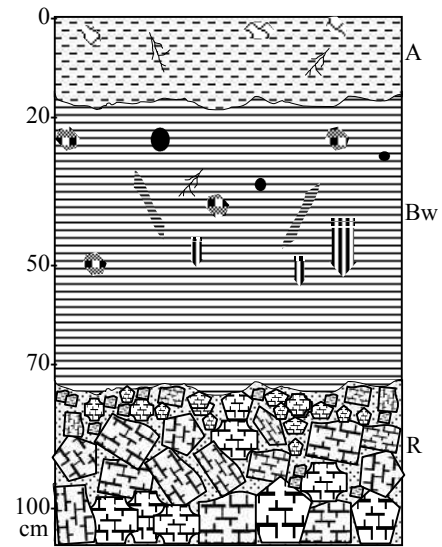


Figure III.2. 2 - Solum ZGS1

L'analyse granulométrique de la terre fine

(tableau III.2.1), montre que la texture des horizons a une tendance beaucoup plus équilibrée surtout pour le deuxième horizon, qui présente la teneur la plus élevée en argile (22 %), alors qu'en surface la texture est un peu influencée par les apports sableux d'origine éolienne qui caractérisent les zones arides. De ce fait la structure est particulière en haut et sub-anguleuse en bas du profil ce qui favorise un drainage interne modéré.

Tableau III.2. 1 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS1

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
Ap	0-12/15	14,6	8,1	5,9	49,9	21,4	Loamo-sableux	0	8,08	0,14
Bw	12/15-70	21,9	21,7	11,9	38,9	5,7	Loam (limoneux)	0	8,01	0,15
R	+70	14,2	10,0	10,3	48,6	16,9	Caillouteux Loamo-argileux	> 70	7,95	0,17

Le taux de calcaire total dans le sol est moyen à très élevé (FAO, 2006), supérieur à 8%, il atteint 31 % dans la roche mère (Annexe II). D'une manière générale il augmente avec

la profondeur (figure III.2.3). Alors que pour la teneur du sol en matière organique (figure III.2.3 et Annexe II) les analyses montrent qu'elle est très faible (MORAND, 2001).

Basant sur l'échelle de salure pour un extrait 1/5 (AUBERT, 1978), nous pouvons dire que le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé, car la conductivité électrique ne dépasse pas 0,2 dS/cm (tableau III.2.1). Le profil salin a une tendance descendante (figure III.2.3). Quant au pH, la comparaison des valeurs trouvées avec l'échelle d'alcalinité d'un extrait aqueux 1/5 (MORAND, 2001), montre que tous les horizons sont moyennement alcalin (tableau III.2.1).

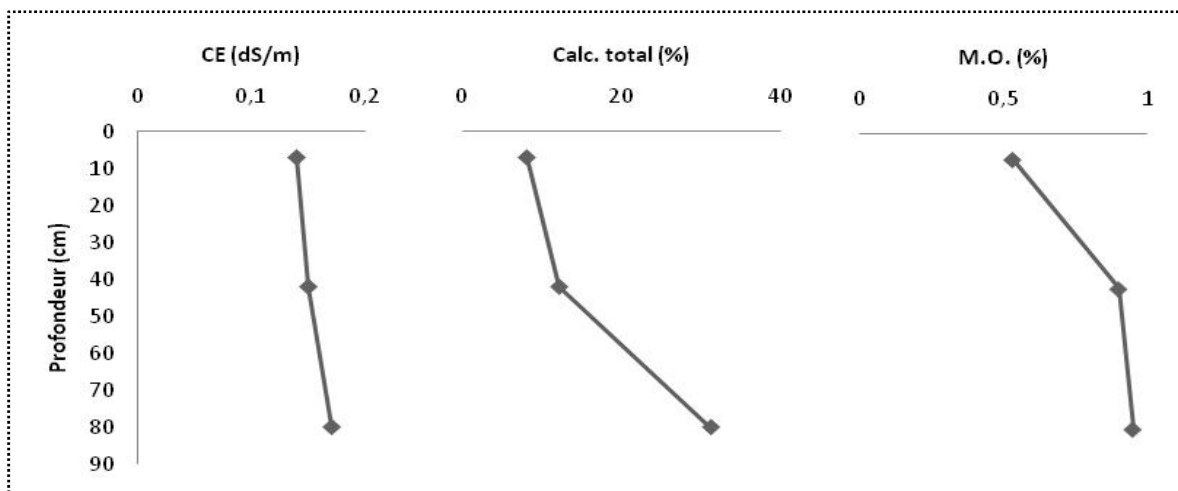


Figure III.2. 3 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS1

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon, "Bw", nommé selon la classification américaine et celle de l'FAO comme "Horizon cambique". Il aussi nommé horizon structural "S" « simple » ou « haplique » selon le Référentiel Pédologique 2008. Donc, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions calcaires grossièrement caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUNIFIE, calcaire, de lit mineur, anthropisé ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Haplocambids ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Skelitic Fluvic Cambisols (Takyric).

III.2.2 – Site 2

Ce site est situé dans le lit de l'oued Zegrir, dans l'affluent de l'oued El-Euch, 6 km au sud-ouest de la commune de Hassi Dellaa (wilaya de Laghouat) à une altitude de 764 m.

Les terrains autour de ce site présentent les mêmes caractéristiques que celles de site 1. La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier trois types des sols alluviaux. Le reste des paysages (plateaux et glacis) sont dominés par des lithosols.

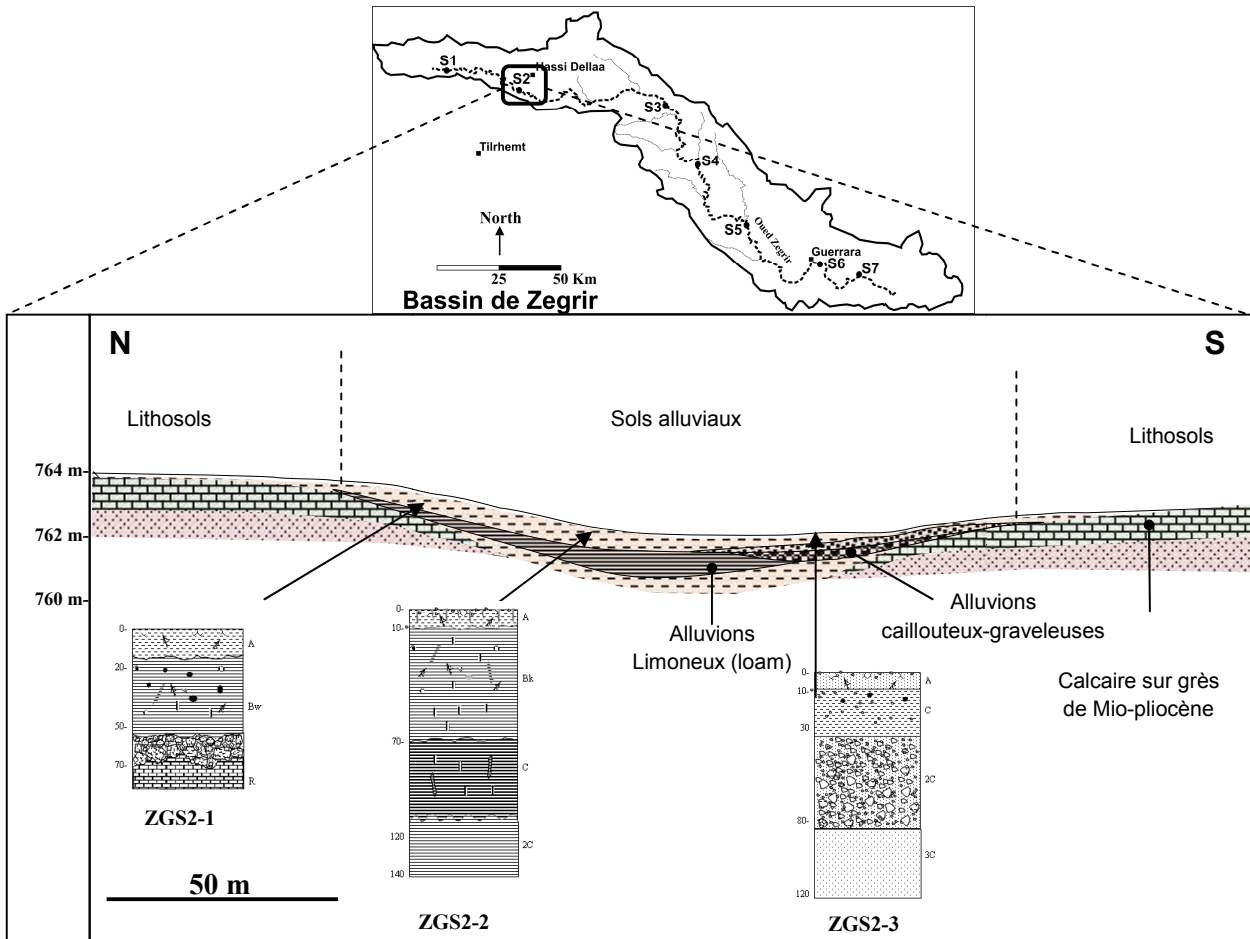


Figure III.2. 4 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 2 (bassin de Zegrir)

La figure III.2.3 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 2. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solum **ZGS2-1**, **ZGS2-2** et **ZGS2-3**, dont leurs études détaillées sont comme suivant :

III.2.2.1 - Solum ZGS2-1

Ce solum est localisé dans un glacis alluvial (d'épandage) avec une pente très douce de 2 %. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des voiles sableux (sable) avec des débris végétaux non décomposé et de graviers. La végétation est dominée par

des plantes herbacées clairsemées à savoir *Haloxylon scoparium*, *Fagonia glutinosa* et *Plantago ciliata*.

L'étude morphologique (Figure III.2.5, Planche I et Annexe I) montre que le sol est peu profond. Il présente un horizon sub-superficiel (Bw) qui manifeste des marques d'altération par rapport à l'horizon sous-jacent ou supérieur. Cet horizon a un chroma plus fort, un hue plus rouge et une teneur en argile plus élevée que celle de l'horizon sous-jacent surtout sous forme des dépôts d'argile sur les pores et les vides ainsi que des redistributions des calcites sous forme de taches ou des nodules. Les éléments grossiers sont dominés par des cailloux anguleux détritiques.

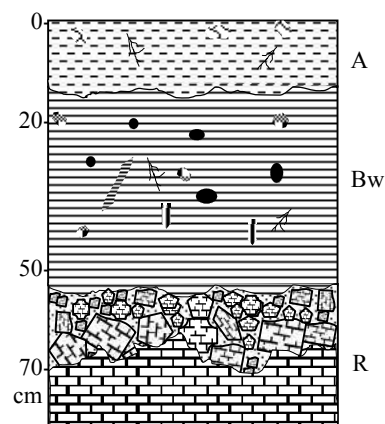


Figure III.2.5 - Solum ZGS2-1

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.2), montre que la texture des horizons a une tendance beaucoup plus équilibrée surtout pour le deuxième horizon, alors qu'en surface la texture est un peu influencée par les apports sableux d'origine éolienne qui caractérisent les zones arides. De ce fait la structure est particulière en haut et sub-anguleuse en bas du profil ce qui favorise un drainage interne modéré.

Tableau III.2. 2 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS2-1

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
Ap	0-15	6,8	0,4	3,2	66,2	23,3	Sableux	0	7,92	0,16
Bw	15-60	18,6	9,2	7,8	34,7	29,7	Loamo-sableux Caillouteux	0	7,87	0,14
R	> 60	22,8	5,1	11,5	33,5	27,1	Loamo-argileux sableux	> 70	7,85	0,14

Le taux de calcaire total dans le sol est moyen à très élevé, supérieur à 8%, il atteint 32 % dans la roche mère (Annexe II). D'une manière générale il augmente avec la profondeur (figure III.2.6). Alors que la matière organique est très faible dans ce sol (Annexe II et figure III.2.6) mais elle augmente avec la profondeur.

Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé (CE < 0,2 dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.2.6) alors que le pH est moyennement alcalin (tableau III.2.1).

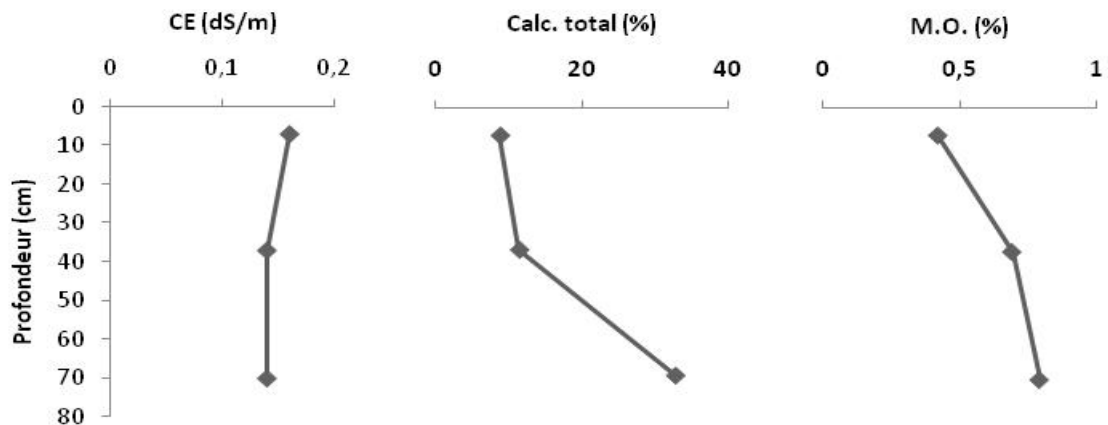


Figure III.2. 6 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS2-1

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon, "Bw", nommé selon la classification américaine et celle de l'FAO comme "Horizon cambique". Il aussi nommé horizon structural "S" « simple » ou « haplique » selon le Référentiel Pédologique 2008. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions calcaires grossièrement caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUNIFIE, sablo-Limoneux, calcaire, de lit mineur, anthropisé ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Haplocambids ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Skelitic Fluvic Cambisols (Takyric).

III.2.2.2 - Solum ZGS2-2

Ce solum est localisé au fond d'un cours d'eau, (lit mineur). L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des voiles sableux (sable fin) avec des débris végétaux non décomposé et quelques graviers. La végétation est dominée par des plantes herbacés clairsemés à savoir : *Zizyphus lotus*, *Haloxylon scoparium*, *Fagonia glutinosa* et *Plantago ciliata*.

L'étude morphologique (Figure III.2.7, planche I et Annexe I) montre que le sol est profond. Il présente un horizon sub-superficiel (Bk) avec une accumulation illuviale importante de carbonate de calcium (sans cimentation), des redistributions abondantes des calcites sous forme de taches ou des nodules. Cet horizon présente aussi des marques

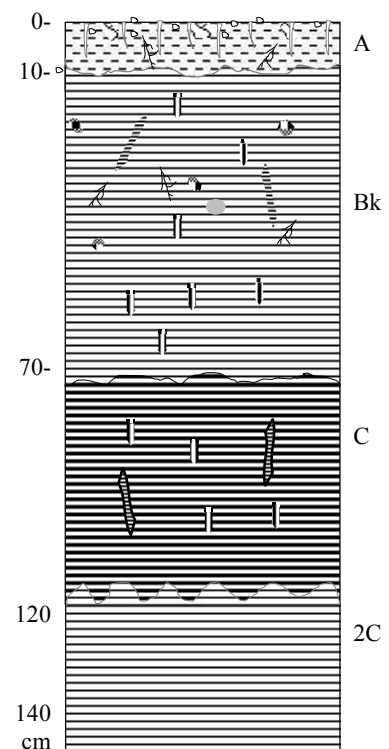


Figure III.2. 7 - Solum ZGS2-2

d'altération par rapport à l'horizon supérieur (un chroma plus fort, un hue plus rouge et une teneur en argile plus élevée que celle de l'horizon superficiel surtout sous forme des dépôts d'argile sur les pores et les vides).

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.3), montre que la texture de tous le profil est équilibrée avec une légère influence des apports sableux d'origine éolienne en surface qui caractérisent les zones arides. De ce fait la structure est polyédrique sub-anguleuse en haut du profil et massive en bas du profil avec un drainage interne modéré.

Tableau III.2. 3 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS2-2

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-10	13,9	14,3	4,6	55,0	12,2	Loamo-sableux	1	7,84	0,23
Bk	10-70	22,2	20,5	9,5	43,1	4,7	Loameux	0	7,81	0,16
C	70-120	22,7	17,7	9,0	40,4	10,2	Loamo-argileux sableux	0	7,87	0,14
2C	120-140	21,6	13,5	16,1	37,4	11,4	Loameux	0	7,96	0,16

Le taux de calcaire total dans le sol est élevé, supérieur à 8 %, il atteint 17,8 % dans l'horizon Bk (Annexe II et figure III.2.8). Alors que la matière organique est très faible dans ce sol (Annexe II et figure III.2.8) mais elle diminuée avec la profondeur.

Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé (< 0,3 dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.2.8) alors que le pH est Légèrement alcalin (tableau III.2.3).

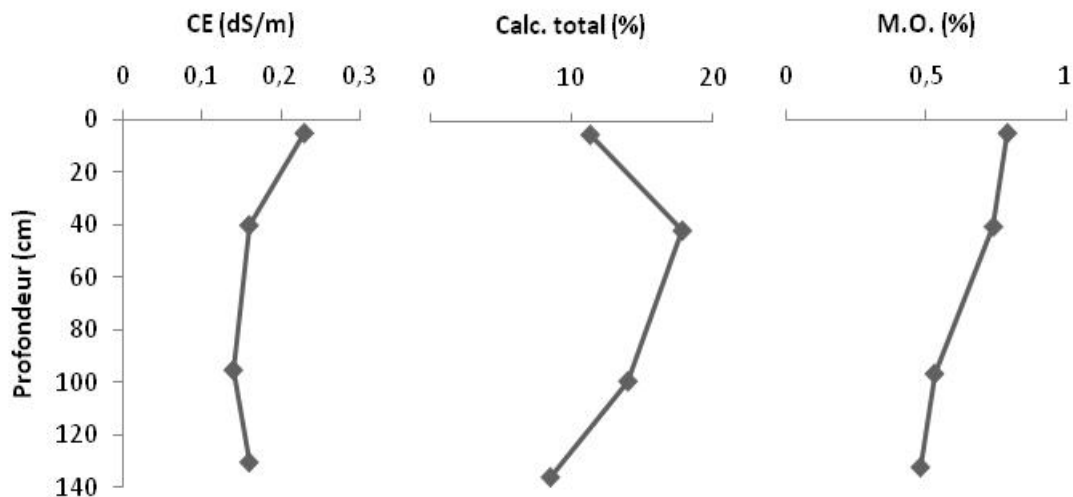


Figure III.2. 8 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS2-2

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon Bk, nommé selon la classification américain et celle de l'FAO comme "Horizon calcique" (ou "S" en RP 2008). De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial modal sur alluvions à texture très fine
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUNIFIE, Limono-argileux, calcaire, de lit mineur, anthropisé ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Haplocalcids ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Haplic Calcisols (Takyric).

III.2.2.3 - Solum ZGS2-3

Ce solum est localisé au fond du lit mineur (talweg). L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des voiles sableux (sable fin) avec des débris végétaux non décomposé et de graviers. La végétation est dominée par des plantes herbacées clairsemés à savoir *Zizyphus lotus*, *Haloxylon scoparium*, *Fagonia glutinosa* et *Plantago ciliata*.

L'étude morphologique (Figure III.2.9, Planche I et Annexe I) montre que le sol est profond. Constitué d'un horizon supérieur ensablé avec un peu de matière organique fraîche non décomposée, surmonte une série de couches d'alluvions. Ce sol est influencé par les apports grossiers principalement par des graviers et des cailloux d'une forme arrondie et émoussées qui reflètent une origine allochtone d'apport alluvial. La structure est de type particulière sauf pour le deuxième horizon où elle est polyédrique sub-anguleuse ce qui favorise bien le bon drainage du sol.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.4) montre que la texture des horizons a une tendance beaucoup plus sableuse sauf pour le deuxième horizon où elle est équilibrée. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé ($< 0,2$ dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.2.6), alors que le pH est légèrement à moyennement alcalin.

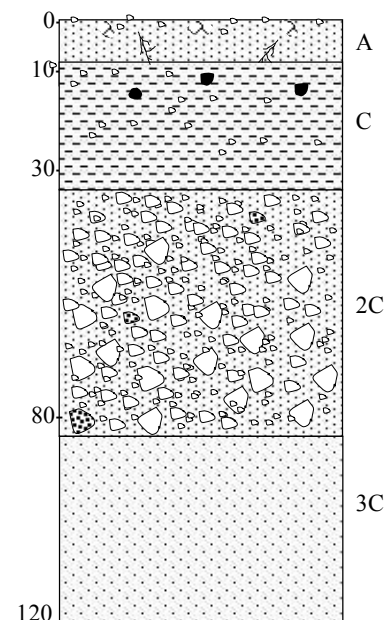


Figure III.2. 9 - Solum ZGS2-3

Tableau III.2.4 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS2-3

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-10	9,9	6,5	3,3	50,7	29,5	Sablo-loameux	2	8,04	0,16
C	10-35	10,2	4,7	4,7	30,4	50,0	Loamo-sableux	5	7,46	0,14
2Ck	35-85	10,1	5,2	2,4	27,9	54,5	Caillouteux-Sablo-loameux	> 40	7,61	0,13
3C	85-120	5,3	2,4	3,3	40,3	48,8	Sableux	1	7,88	0,11

Le taux de calcaire total dans le sol est moyen à élevé, supérieur à 8%, il atteint 20 % dans la couche graveleux-caillouteuse (figure III.2.10 et Annexe II). Enfin, la matière organique est très faible dans ce sol (figure III.2.10 et Annexe II) mais elle variée de manière irrégulière avec la profondeur.

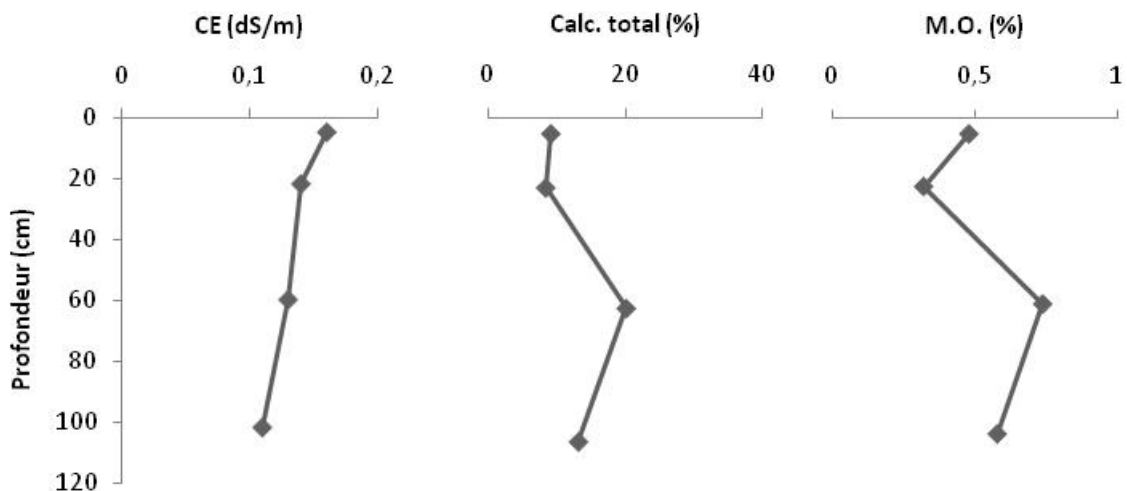


Figure III.2. 10 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS2-3

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal sur alluvions calcaires à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE Sablo-limoneux, de lit mineur, anthropisé ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Skelitic Fluvisols (Arenic).

III.2.3 - Site 3

Ce site est situé dans une zone nommée « Talemzane » à une altitude de 630 m (valeur déterminée au fond du lit d'oued Zegrir).

Les terrains autour de ce site sont dominés par des ravins et des collines de la Chebka du M'zab. Ce sont des formations calcaires datées de crétacé supérieur marin.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier un seul type des sols alluviaux, alors que le reste du paysage est dominé par des lithosols.

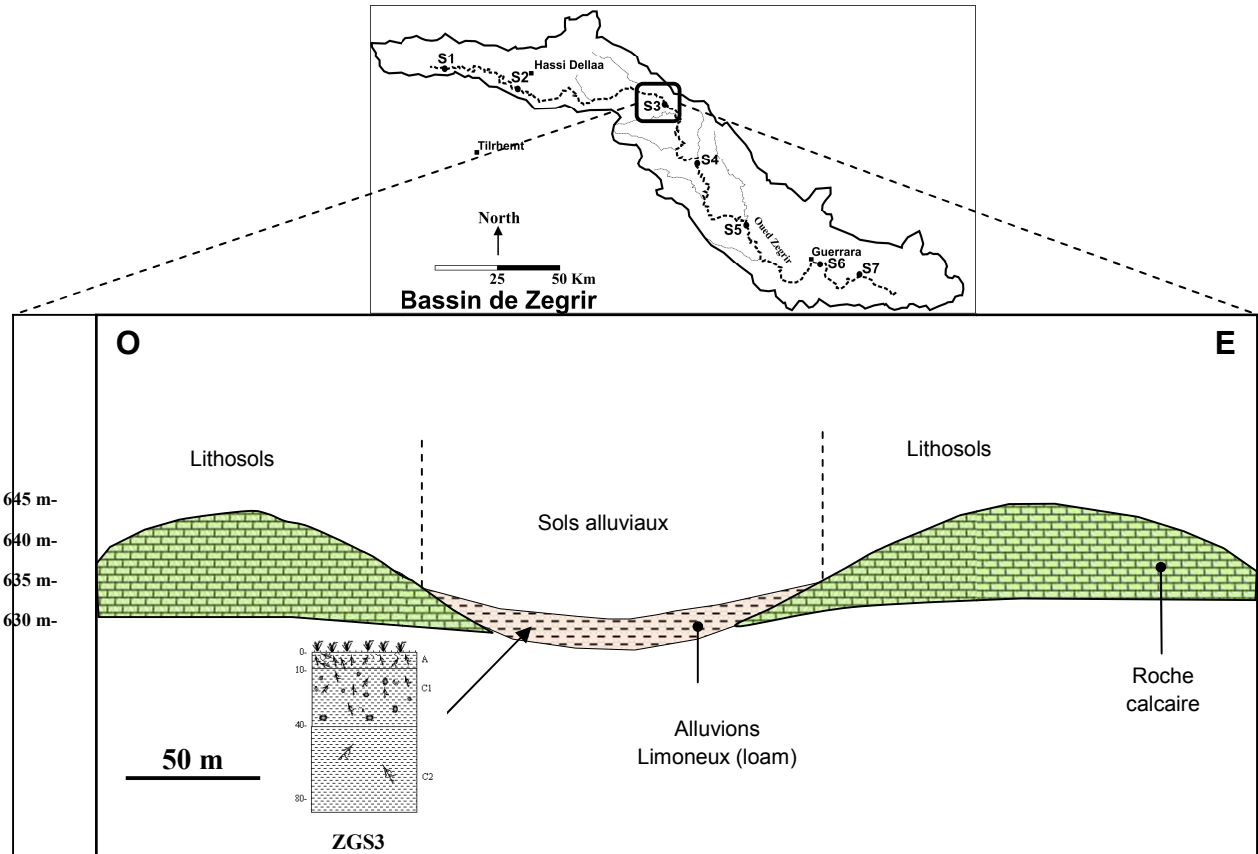


Figure III.2. 11 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 3 (bassin de Zegrir)

La figure III.2.11 illustre la principale unité du sol rencontrée dans le site 3. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par le solum **ZGS3**, dont son étude détaillée est comme suivant :

III.2.3.1 - Solum ZGS3

Ce solum est localisé dans le lit mineur de l'oued Zegrir avec une légère pente très douce inclinée vers le sud. L'état de surface autour de ce solum est dominé par la présence d'une pelouse et quelques buissons et arbustes. C'est une végétation naturelle dont les espèces

les plus abondant sont : *Cynodon dactylon*, *Cotula cinera*, *Monsonia heliotropioides*, *Malva aegyptiaca*, *Odontospermum pygnum*, *Zizyphis lotus* et *Pistacia atlantica*.

L'étude morphologique (Figure III.2.12, Planche I et Annexe I) montre que le sol est moyennement profond. Il présente une homogénéité texturale du haut vers le bas du profil. L'activité biologique et surtout racinaire est très abondante avec beaucoup des trous et des vides des taches noires. La structure est polyédrique sub-angulaire dans les horizons supérieurs et massive en bas du profil.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.5), montre que la texture des sols est équilibrée. La fraction sableuse est dominée par le sable fin. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé ($< 0,2$ dS/cm), le profil salin à une tendance descendante (figure III.2.13), alors que le pH est légèrement à moyennement alcalin.

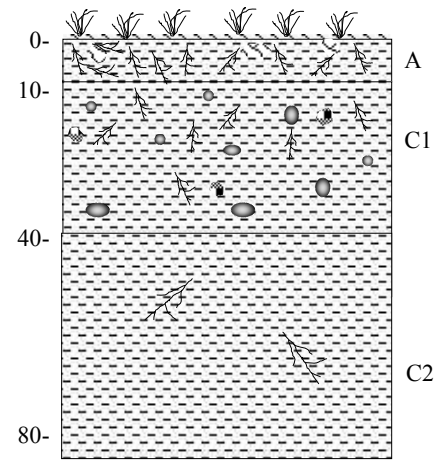


Figure III.2.12 - Solum ZGS3

Tableau III.2.5 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS3

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
Ap	0-7	9,3	7,7	4,8	76,3	2,0	Loamo-sableux	0	7,82	0,17
C1	7-40	12,3	7,9	14,2	60,9	4,7	Loamo-sableux	0	7,9	0,15
C2	40-85	14,2	12,3	18,3	45,0	10,3	Loamo-sableux	0	8,05	0,16

Le taux de calcaire total dans le sol est élevé, supérieur à 10%, il atteint plus de 13 % dans la couche inférieure (figure III.2.13 et Annexe II). Enfin, la matière organique est très faible dans ce sol (figure III.2.13 et Annexe II) mais l'horizon superficiel présente la teneur la plus élevée.

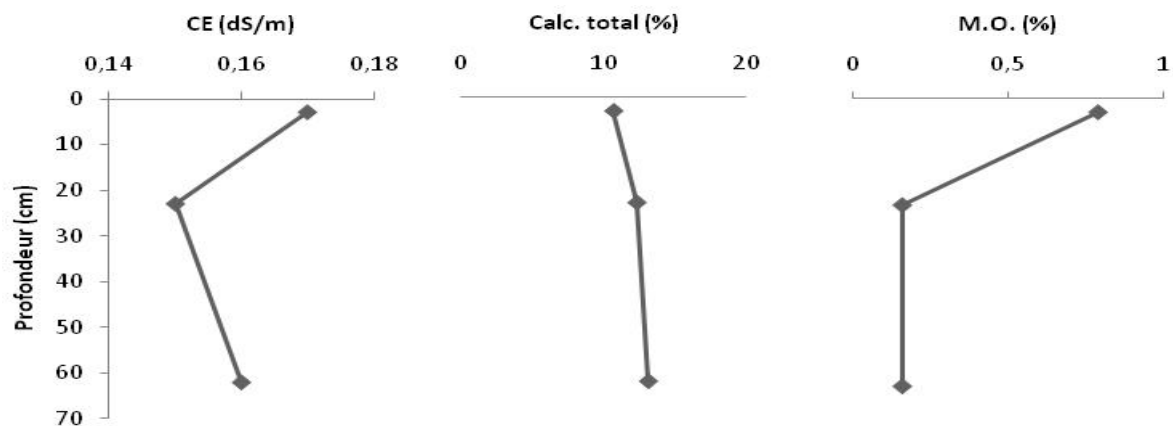


Figure III.2.13 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS3

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js" et un Horizon "Jp" selon RP (2008). Donc, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant:

- ❖ **CPCS 1967** : Sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture très fine ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOLS TYPIQUES, sableux, calcaire de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.2.4 - Site 4

Ce site est situé auprès de point de jonction de l'affluent Farah et l'oued Zegrir. 530 m (valeur déterminée au fond du lit d'oued Zegrir).

Les terrains autour de ce site sont dominés par des ravins et des collines de la Chebka du M'zab. Ce sont des formations calcaires datées de crétacé supérieur marin.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier deux types des sols alluviaux, alors que le reste du paysage est dominé par des lithosols.

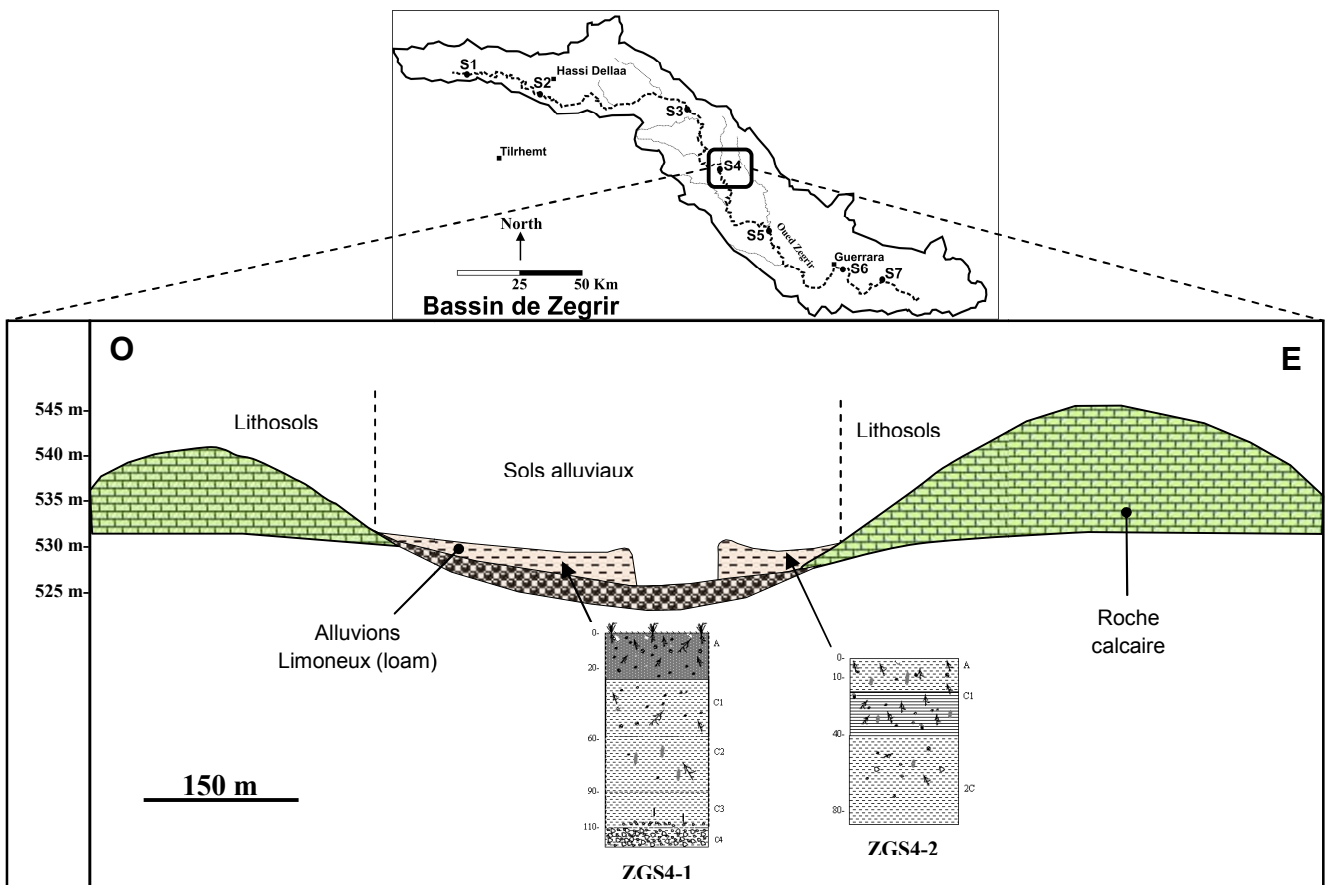


Figure III.2. 14 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 4 (bassin de Zegrir)

La figure III.2.14 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 4. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solums : ZGS4-1 et ZGS4-2, dont leur étude détaillée est comme suivant :

III.2.4.1 - Solum ZGS4-1

Ce solum est localisé sur un bourrelet de berge (digue naturelle) auprès des ravins et des collines de la Chebka du M'zab et auprès de point de jonction de l'affluent Farah et l'oued Zegrir. Les terrains alluviaux sont légèrement inclinés vers l'sud. L'état de surface autour de ce solum est dominé par des surfaces limoneuses et une végétation naturelle et débris végétaux. La végétation est dominée par : *Cynodon dactylon*, *Haloxylon scoparium*, *Zilla macroptera*, *Farsetia hamiltonii*, *Zizyphis lotus* et *Pistacia atlantica*, *Rhamnus lycioides* et autres plantes éphémères.

L'étude morphologique (Figure III.2.15, Planche I et Annexe I) montre que le sol est profond. Les horizons présentent une homogénéité texturale sauf pour le premier horizon où le sol est beaucoup plus argileux. L'activité biologique et surtout racinaire est très abondante avec beaucoup des trous et des vides des taches noires. La structure est polyédrique sub-angulaire dans les horizons supérieurs et massive en bas du profil.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.6), montre que la texture des sols est équilibrée pour les horizons inférieurs mais argileuse pour le premier horizon. La fraction sableuse est dominée par le sable fin. La teneur en argile est élevée pour tous les horizons. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé (< 0,2 dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.2.16), alors que le pH est moyennement alcalin.

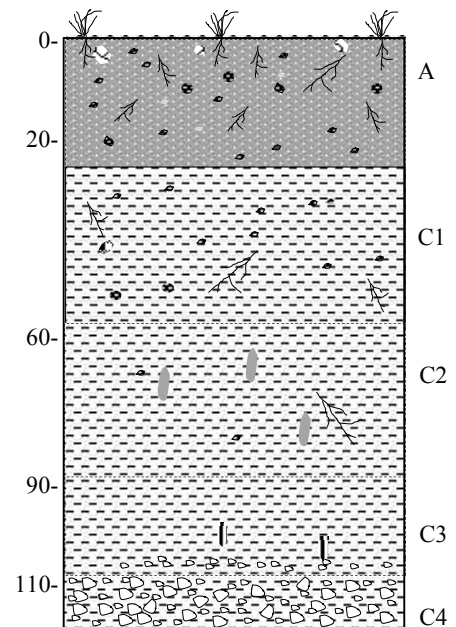


Figure III.2. 15 - Solum ZGS4-1

Tableau III.2. 6 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS4-1

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	LF	LG	SF	SG				
A	0-25	38,0	8,2	7,0	40,0	6,7	Argilo-sableux	0	7,98	0,15
C1	25-58	17,9	11,8	12,4	54,4	3,5	Loamo-sableux	0	8,02	0,14
C2	58-90	16,4	13,4	10,6	53,9	5,7	Loamo-sableux	0	8,01	0,13
C3	90-110	17,3	10,0	11,6	50,3	10,8	Loamo-sableux	0	8,08	0,13

Le taux de calcaire total dans le sol est moyennement élevé, supérieur à 10 %, il atteint 11 % dans le deuxième horizon (figure III.2.16, Annexe II). Alors que la matière organique est très faible dans ce sol (figure III.2.16, Annexe II).

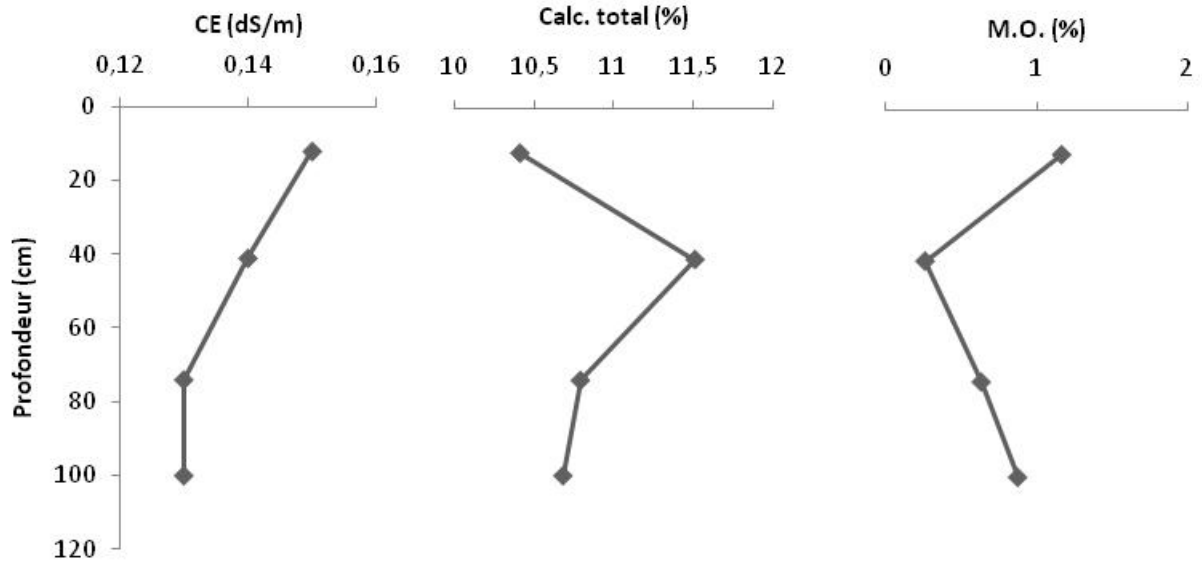


Figure III.2. 16 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS4-1

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js" et un Horizon "Jp" selon RP (2008). Donc, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant:

- ❖ **CPCS 1967** : Sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions grossièrement caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOLS TYPIQUES limoneux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO 2014** : Calcaric Fluvisols (Loamic).

III.2.4.2 - Solum ZGS4-2

Ce solum est localisé dans le lit de l'oued Zegrir à une distance de 900 m au Nord du solum ZGS4-1, auprès des ravins et des collines de la Chebka du M'zab. Les terrains alluviaux sont légèrement inclinés vers l'sud. L'état de surface autour de ce solum est dominé par des surfaces limoneuses et une végétation naturelle et débris végétaux. La végétation est dominée par : *Peganum harmal*, *Haloxylon scoparium*, *Zilla macroptera*, *Farsetia hamiltonii*, *Zizyphis lotus* et *Pistacia atlantica*, *Rhamnus lycioides* et autres plantes éphémères.

L'étude morphologique de ce solum (Figure III.2.17, Planche I et Annexe I) montre que le sol est moyennement profond. Il présente une homogénéité texturale du haut vers le bas du profil, avec la présence de quelques graviers et cailloux en profondeur. L'activité biologique et surtout racinaire est abondante avec des trous et des vides des taches grises. La structure est polyédrique sub-angulaire dans les horizons supérieurs et massive en bas du profil.

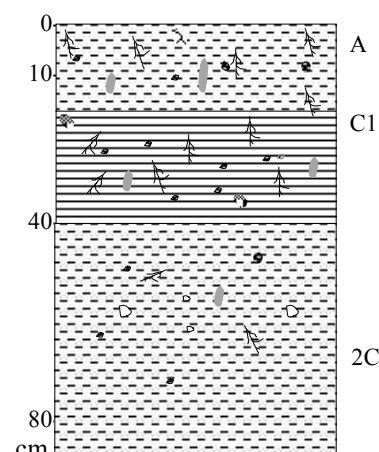


Figure III.2.17 - Solum ZGS4-2

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.7), montre que la texture des sols est équilibrée. La fraction sableuse est dominée par le sable fin. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé ($< 0,3$ dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.2.18), alors que le pH est légèrement à moyennement alcalin.

Tableau III.2.7 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS4-2

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-18	10,7	14,0	19,9	52,6	2,7	Loamo-sableux	0	7,83	0,27
C	18-40	16,9	20,5	20,4	34,8	7,4	Limoneux	0	7,95	0,18
2C	40-90	12,0	5,1	7,3	41,6	34,0	Loamo-sableux	> 70	8,12	0,14

Le taux de calcaire total dans le sol est moyennement à élevé, supérieur à 9%, il atteint 14 % dans l'horizon supérieur (Annexe II). D'une manière générale il diminue avec la profondeur (figure III.2.18). Alors que la matière organique est faible dans ce sol (figure III.2.18, Annexe II) mais elle diminue avec la profondeur.

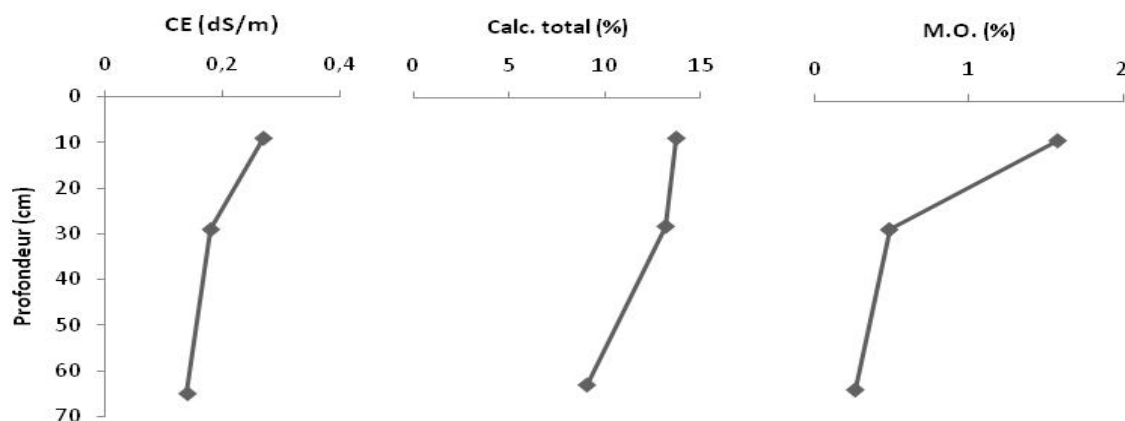


Figure III.2.18 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS4-2

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions calcaires à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE Sablo-limoneux, de lit mineur, anthropisé ;
- ❖ **USDA 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO 2014** : Calcaric Fluvisols (Loamic).

III.2.5 - Site 5

Ce site est situé auprès de point de jonction de l'affluent Es-sedeur et l'oued Zegrir. 406 m (valeur déterminée au fond du lit d'oued Zegrir).

Les terrains autour de ce site sont dominés par des ravins et des collines de la Chebka du M'zab. Ce sont des formations calcaires datées de crétacé supérieur marin.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier trois types des sols alluviaux, alors que le reste du paysage est dominé par des lithosols.

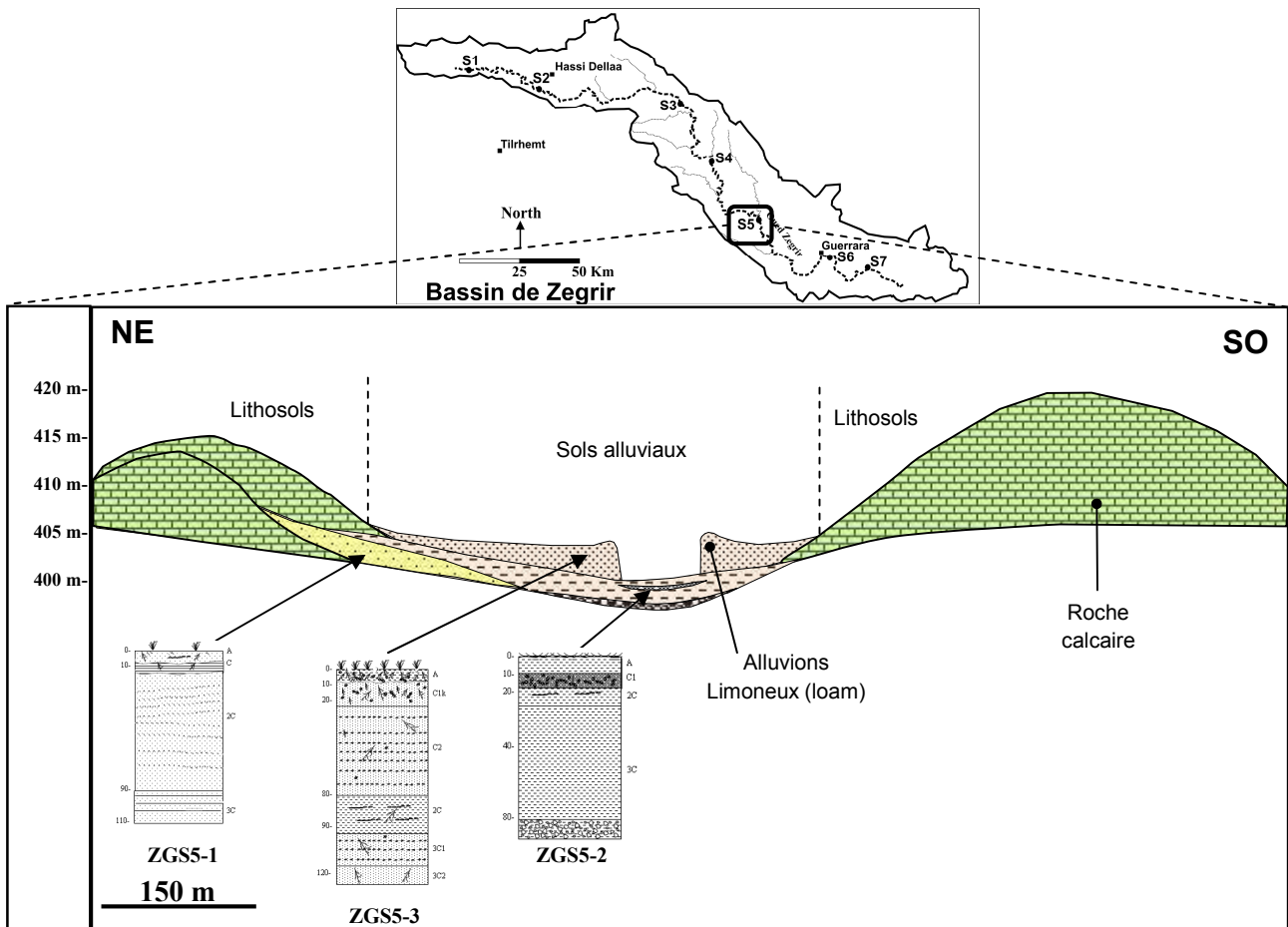


Figure III.2.19 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 5 (bassin de Zegrir)

La figure III.2.19 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 5. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solums : ZGS5-1, ZGS5-2 et ZGS5-3, dont leur étude détaillée est comme suivant :

III.2.5.1 - Solum ZGS5-1

Ce solum est localisé dans le point de jonction de l'affluent Es-sedeur et l'oued Zegrir auprès des ravins et des collines de la Chebka du M'zab. Les terrains alluviaux sont légèrement inclinés vers l'ouest. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des voiles sableux et une végétation buissonneuse et herbacée ainsi que des débris végétaux. La végétation est dominée par : *Zilla macroptera*, *Stipagrostis obtusa*, *Cotula cinera*, *Filago spathulata*, *Malva aegyptiaca*, *Plantago notata*, *Zizyphus lotus*.

L'étude morphologique (Figure III.2.20, Planche I et Annexe I) montre que le sol est profond. Il est influencé par les apports éoliens entremêlé avec des apports alluviaux ce qui en résulte une stratification très nette. La structure est particulière dans tous les horizons sauf pour le deuxième horizon où il est laminaire sous-structure polyédrique anguleuse.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.8), montre que la texture du sol variée d'un horizon à l'autre, mais la texture sablonneuse est celle qui domine. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé (< 0,5 dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.2.21), alors que le pH est légèrement alcalin.

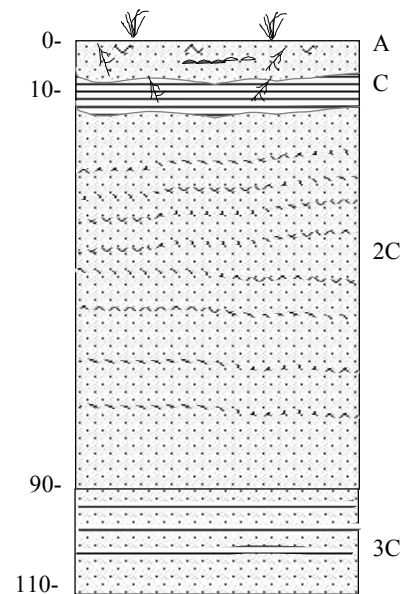


Figure III.2.20 - Solum ZGS5-1

Tableau III.2. 8 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS5-1

Horz.	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-7	7,0	6,3	18,4	67,2	1,2	Loamo-sableux	0	7,61	0,26
C	7-12	41,4	40,6	2,7	13,2	2,2	Argilo-limoneux	0	7,66	0,44
2C	12-90	7,2	0,7	7,8	81,9	2,3	Sablo-loameux	0	7,88	0,15
3C	90-110	6,5	1,1	0,6	42,2	49,5	Sableux	0	7,87	0,16

Le taux de calcaire total dans le sol est moyen sauf pour le deuxième horizon où il est élevé il atteint 14 % (Annexe II). D'une manière générale il varié avec la texture (figure

III.2.21). Alors que la matière organique est faible dans ce sol mais elle varie d'un horizon à l'autre (figure III.2.21, Annexe II).

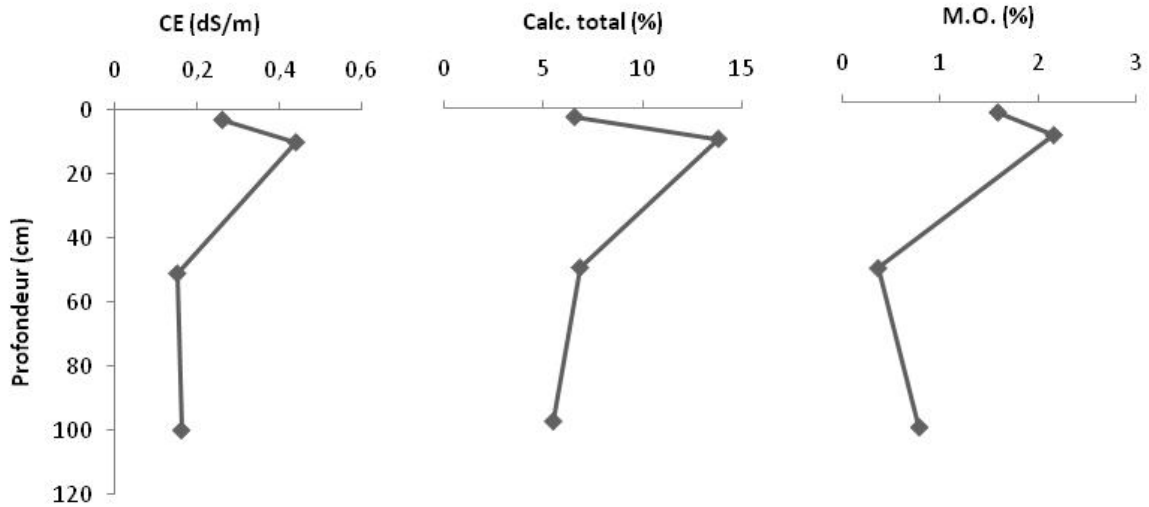


Figure III.2. 21 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS5-1

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur sables éoliens siliceux ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE sableux, dunaire en surface, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torripsamments ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Fluvic Arenosols (Aeolic).

III.2.5.2 - Solum ZGS5-2

Ce solum est localisé au fonds du lit mineur de l'oued Zegrir 500 m au sud-est du solum ZGS5-1. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence d'un réseau de polygones démantelés formés par des dépôts d'alluvions limoneuses. Pas de végétation signalée autour de ce solum.

L'étude morphologique (Figure III.2.22, Planche I et Annexe I) montre que le sol est moyennement profond. Il présente une stratification d'horizons limoneux et sableux. Le limon est localisé dans le deuxième horizon sous une

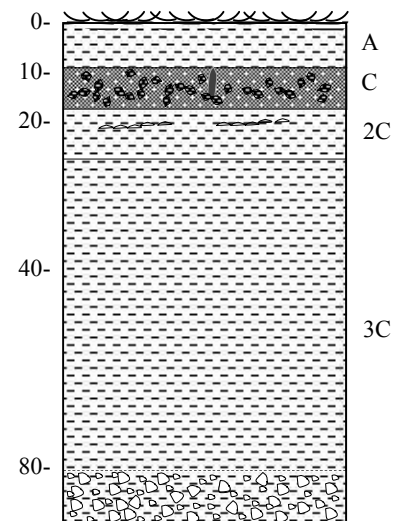


Figure III.2.22 - Solum ZGS5-2

structure massive compacte et collant (riche en argile). Le sable apparait lessivé d'une couleur blanchâtre avec une structure particulaire.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.9), montre que la texture du sol est sableuse sauf pour le deuxième horizon où elle est argileuse. La fraction sableuse est dominée par le sable fin. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé ($< 0,5$ dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.2.23), alors que le pH est légèrement alcalin.

Tableau III.2.9 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS5-2

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-9	3,1	0,8	1,1	68,6	26,4	Sableux	0	7,96	0,15
C	9-14	34,0	49,8	5,8	9,7	0,6	Limono-argileux fins	0	7,58	0,45
2C	14-25	0,8	0,3	1,0	55,6	42,4	Sableux	0	7,71	0,13
3C	25-80	4,5	2,2	8,9	83,0	1,4	Sablo-loameux	0	7,49	0,10

Le taux de calcaire total dans le sol est faible dans les couches sableuses mais élevé, dans couches limoneuse, il atteint 13 %. Alors que la matière organique est faible dans ce sol (Annexe II, figure III.2.6) mais elle variée avec la variation de texture et le calcaire.

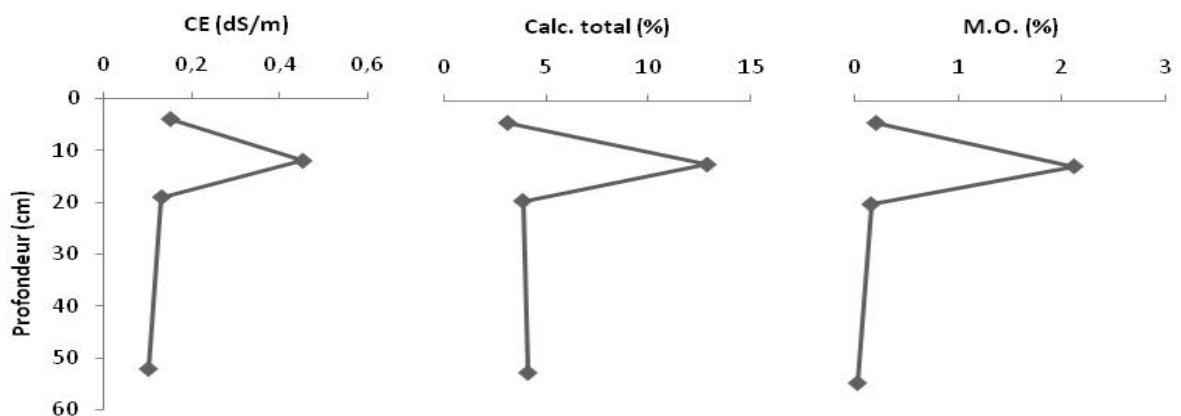


Figure III.2. 23 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS5-2

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal ; sur alluvions calcaires à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUT, sableux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA 2014** : Typic Torrifluents ;
- ❖ **WRB-FAO 2014** : Skelitic Calcaric Fluvisols (Takyric).

III.2.5.3 - Solum ZGS5-3

Ce solum est localisé auprès de la jonction de l'affluent Es-sedeur et oued Zegrir. Il s'agit d'un bourrelet de berge (digue naturelle). L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des voiles sableux et végétation buissonneuse et herbacée, débris végétaux. La végétation est dominée par *Zizyphus lotus*, *Zilla macroptera*, *Stipagrostis obtusa*, *Cotula cinera*, *Filago spathulata*, *Malva aegyptiaca* et *Plantago notata*.

L'étude morphologique (Figure III.2.24, Planche I et Annexe I) montre que le sol est très profond. Il présente une homogénéité texturale du haut vers le bas du profil. Le sol est bien stratifié, le sable est entremêlé avec des microcouches limoneuses. L'activité biologique et surtout racinaire est très abondante avec beaucoup des trous et des vides des taches noires. La structure est de type particulaire dans tous le solum.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.10), montre que la texture du sol est saleuse à équilibrée. La fraction sableuse est dominée par le sable fin. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé (< 0,3 dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.2.25), alors que le pH est légèrement à moyennement alcalin.

Tableau III.2.10 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS5-3

Horz.	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-7	10,1	6,9	14,0	67,0	2,0	Loamo-sableux	0	7,83	0,22
Ck	7-22	6,9	2,0	7,6	66,5	16,9	Sablo-loameux	0	7,96	0,18
C	22-80	4,8	2,3	9,5	80,1	3,3	Sablo-loameux	0	7,63	0,16
2C	80-95	13,3	1,6	5,4	75,8	4,0	Loamo-sableux	0	7,98	0,14
3C1	95-115	5,0	4,5	4,6	82,7	3,2	Sablo-loameux	0	7,88	0,15
3C2	115-170	9,6	2,3	4,7	82,7	0,6	Sablo-loameux	0	7,89	0,16

Le taux de calcaire total dans le sol est moyen à élevé, supérieur à 6%, il atteint 12,5 % dans la deuxième couche (Annexe II). Mise à part cette dernière, le calcaire d'une manière générale ne présente pas une variation importante d'une couche à l'autre (figure III.2.25). Alors que la matière organique est très faible dans ce sol (figure III.2.25, Annexe II) mais elle variée de manière irrégulière avec la profondeur.

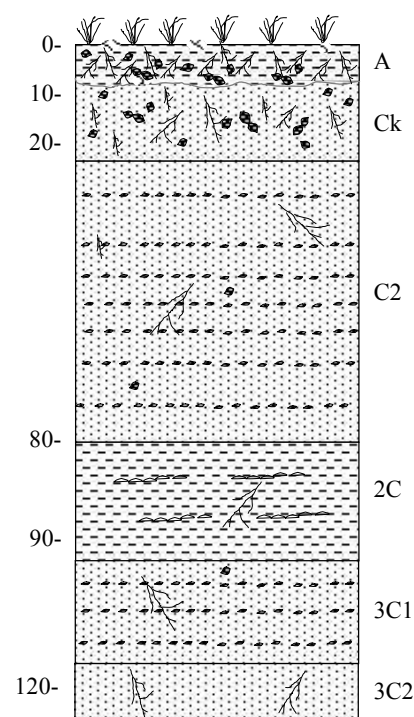


Figure III.2. 24 - Solum ZGS5-3

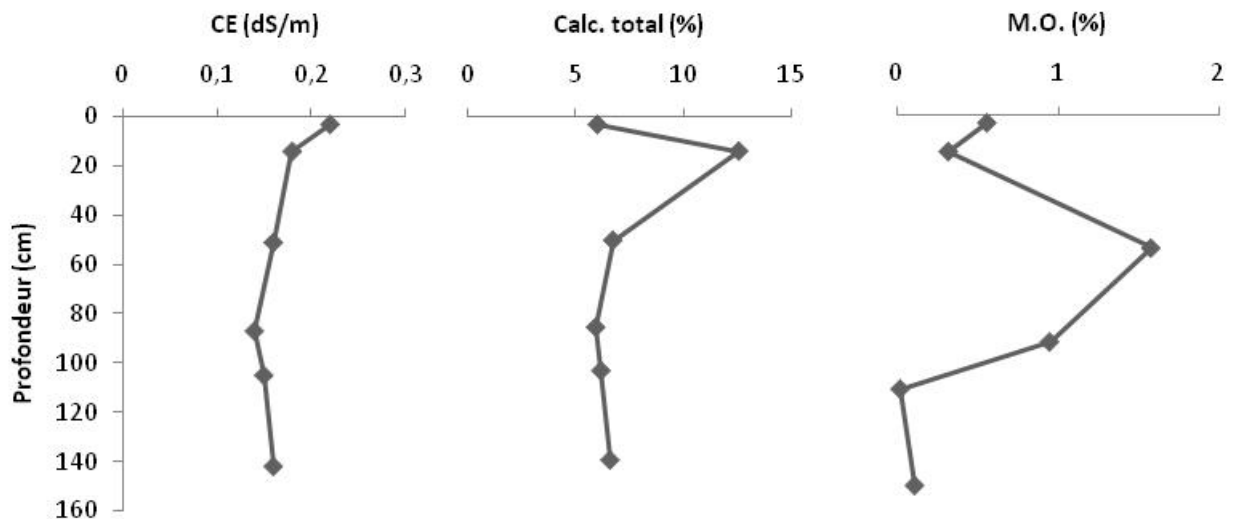


Figure III.2.25 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS5-3

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE, sableux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA 2014** : Typic Torripsamments ;
- ❖ **WRB-FAO 2014** : Fluvic Arenosols (Aeolic).

III.2.6 - Site 6

Ce site est situé dans, dans la Daya d'El Amied, 4 km à l'est-sud-est de la ville de Guerrara. 303 m (valeur déterminée au fond du lit d'oued Zegrir).

Les terrains autour de ce site sont dominés par des terrains dénudés par l'érosion hydrique et éolienne. Ce sont des formations sédimentaires gréseuses datées de Pontien (Mio-Pliocène).

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier trois types des sols alluviaux, alors que le reste du paysage est dominé par des regosols et autres sols.

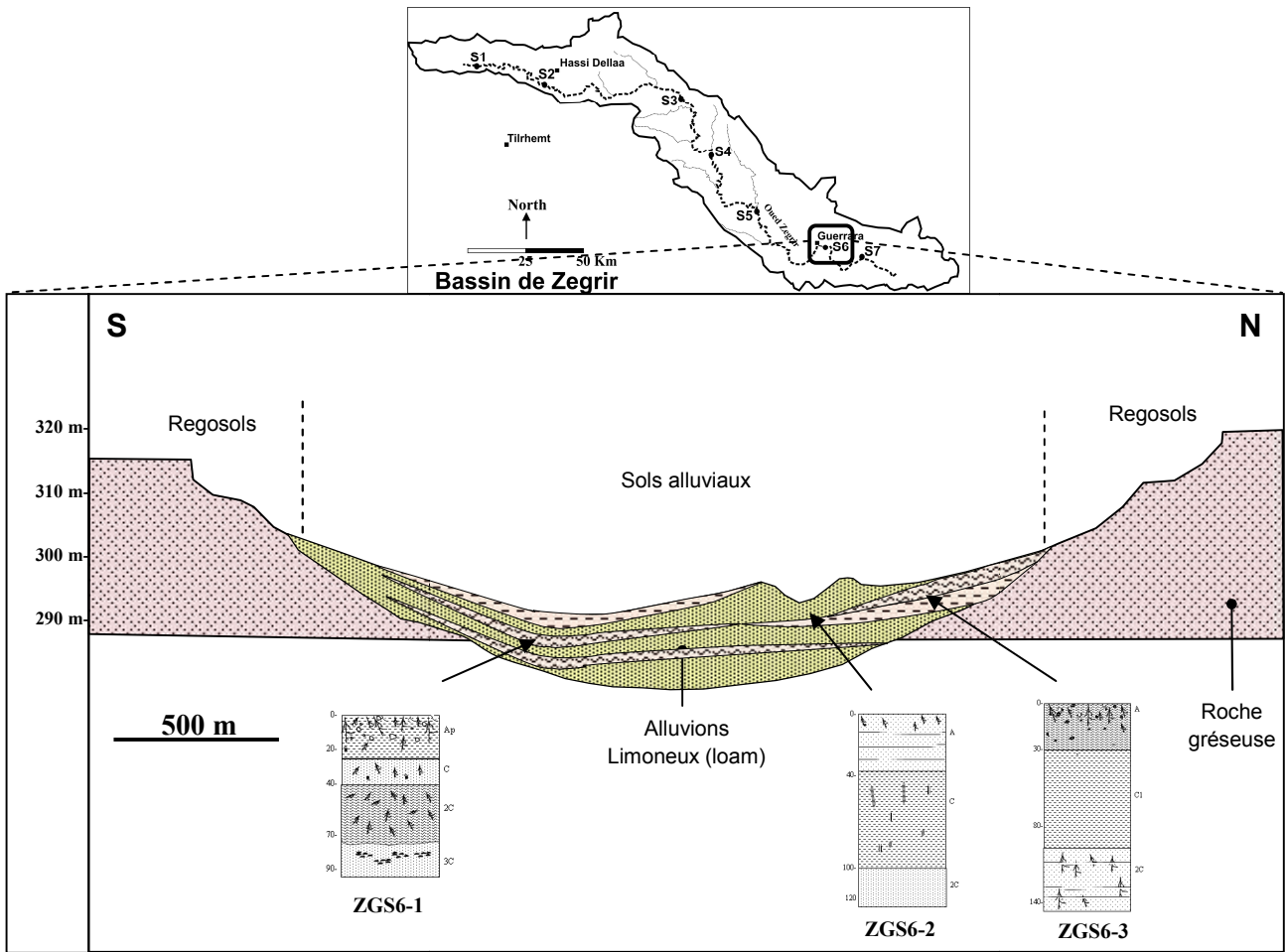


Figure III.2. 26 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 6 (bassin de Zegrir)

La figure III.2.26 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 6. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solums : ZGS6-1, ZGS6-2 et ZGS6-3, dont leur étude détaillée est comme suivant :

III.2.6.1 - Solum ZGS6-1

Ce solum est localisé dans l'ancien périmètre phœnicicol d'El-Amied (commune de Guerrara) dans un terrain nu non cultivé. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des Parcelle irriguée, avec quelques plantes naturelle (mauvaises herbes). La végétation est dominée par le palmier dattier, olivier et plantes spontanées.

L'étude morphologique (Figure III.2.27, Planche I et Annexe I) montre que le sol présente une stratification d'horizons bien visible, à texture tantôt sableuse et tantôt

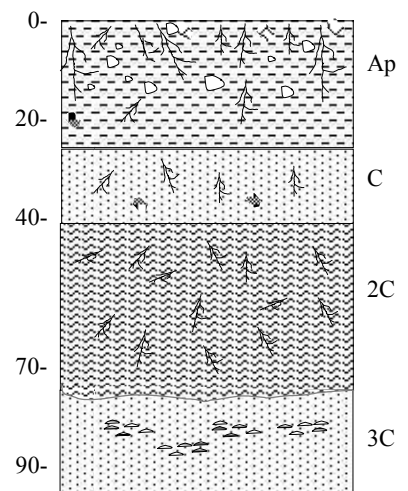


Figure III.2. 27 - Solum ZGS6-1

sablo-limoneuse, à l'exception du troisième horizon où la texture est limoneuse.

Les éléments grossiers dans ce solum sont très faiblement présents. Le sol de ce solum est profond. Il présente un début de structuration dans l'horizon superficiel travaillé par l'homme (Ap). L'activité biologique et surtout racinaire est très abondante avec beaucoup des trous et des vides des taches noires. La structure est polyédrique sur-structure lamellaire dans les couches limoneuses et particulaire dans les couches sableuses.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.11), montre que la texture du sol est équilibrée à sableuse. La fraction sableuse est dominée par le sable fin.

Tableau III.2. 11 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS6-1

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
Ap	0-10/25	1,7	28,2	15,9	47,9	6,3	Loamo-sableux	10	7,93	0,53
C	10/25-40	0,8	12,0	4,8	78,2	4,3	Sablo-loameux	0	7,79	0,21
2Ck	40-65/73	11,2	43,7	22,9	20,6	1,5	Limoneux fins	0	7,68	0,43
3C	65/73-93	2,1	5,3	10,3	81,7	0,7	Sablo-loameux	0	7,70	0,20

La teneur en calcaire dans le sol est légèrement proportionnelle à la teneur du sol en limon (tableau III.2.11). En effet, la valeur la plus élevée est de 20 % dans le troisième horizon à texture limoneuse. Alors que la plus faible (5%) correspond à la quatrième couche à texture sableuse. Alors que la matière organique dans le sol est faible et irrégulière. D'après l'échelle de salure, ce sol est non salin (< 0,6 dS/m). Le profile salin suit la variation de texture et le taux du calcaire, il a une tendance ascendant. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé (< 0,2 dS/cm), le profil salin à une tendance descendante (figure III.2. 28), alors que le pH est légèrement à moyennement alcalin.

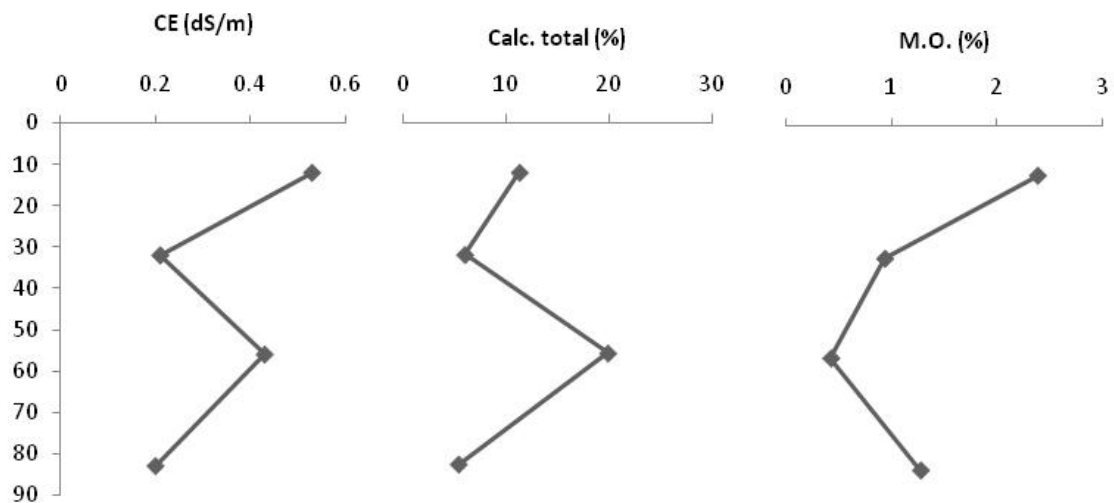


Figure III.2. 28 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS6-1

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal ; sur alluvions à texture fine ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE sablo-limoneux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrifluvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Takyric).

III.2.6.2 - Solum ZGS6-2

Ce solum est localisé dans la Daya d'El-Amied 4,5 km au est-sud-est de la ville de Guerrara. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des Croûtes de battance et voiles sableux. La végétation est dominée par *Oudneya africana* et *Euphorbia guyoniana*.

L'étude morphologique (Figure III.2.29 et Annexe I) montre que le solum présente une stratification des horizons est bien visible, se traduit par des différences très nettes dans la granulométrie des différents horizons (sableux et sablo-limoneux). Il y a même en profondeur la présence des niveaux de microlitage (couches limoneuses) de quelques millimètres dans les horizons sableux et qui ne sont pas encore effacés. L'argile se présente dans les horizons sablo-limoneux sous forme d'accumulation très localisée.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.5), montre que la texture du sol est dominée par le sable et surtout le sable fin.

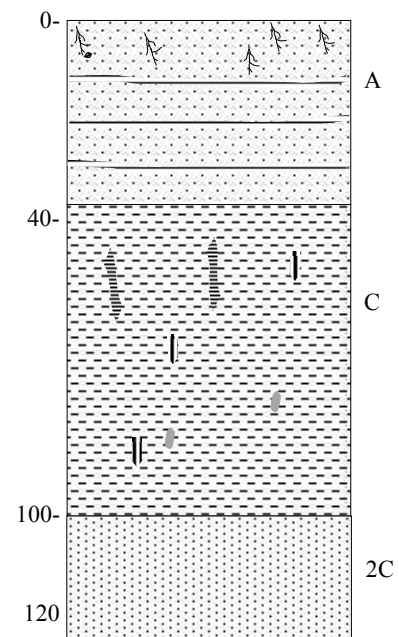


Figure III.2. 29 - Solum ZGS6-2

Tableau III.2.12 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS6-2

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
Ap	0-38	1,3	3,3	0,3	71,9	23,4	Sableux	0	8,37	0,15
C	38-100	1,6	8,2	27,2	56,6	6,4	Loamo-sableux	0	8,06	0,12
2C	100-125	7,0	2,5	4,8	65,7	20,0	Sablo-loameux	0	8,52	0,07

La teneur en calcaire est moyen dans les horizons sablo-limoneux, alors qu'il est très faible dans les horizons sableux, il se présente sous forme de pseudo-mycélium. La teneur en matière organique est très faible, avec une légère accumulation dans le deuxième horizon (Figure III.2.12 et Annexe I).

Le sol est non salin, ($CE < 0,2$ dS/m). Le profil salin à une tendance ascendante (figure III.2.30), alors que le pH est légèrement à moyennement alcalin.

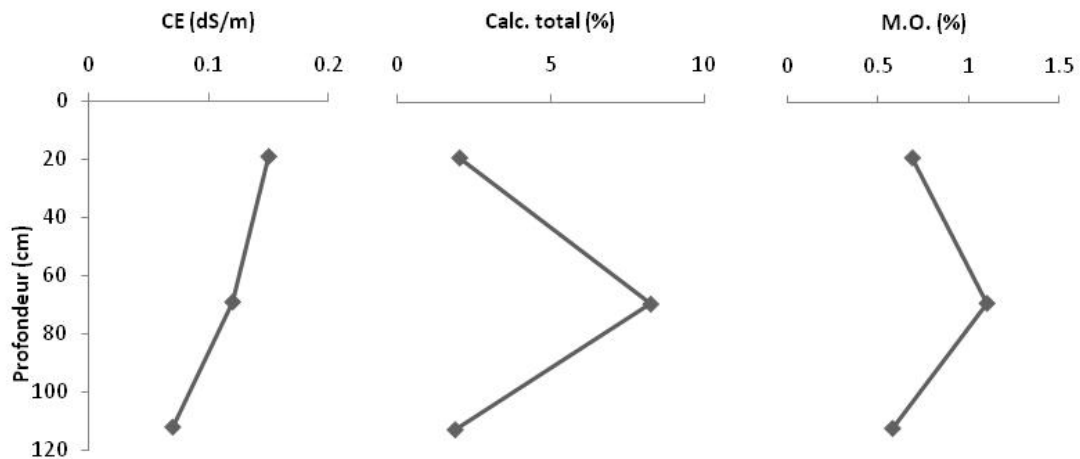


Figure III.2. 30 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS6-2

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal sur alluvions à texture fine ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE sablo-limoneux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrfluvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.2.6.3 - Solum ZGS6-3

Ce solum est localisé dans l'ancien périmètre phœnicols d'El-Amied de la commune de Guerrara. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence Parcelle non irriguée, avec quelques mauvaises herbes. La végétation est dominée par le palmier dattier, plantes spontanée (mauvaises herbes).

L'étude morphologique (Figure III.2.31 et Annexe I) montre que le sol est très profond. Il présente une homogénéité texturale apparente du haut vers le bas du profil. Il s'agit d'une succession d'horizon de texture tantôt sableuse et tantôt sablo-limoneuse. L'activité biologique et surtout racinaire est très abondante avec beaucoup des trous et des vides des taches noires dans le premier horizon et dans le bas du solum. La structure est polyédrique sub-angulaire dans les couches limoneuse et particulière dans les couches sableuse.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.13), montre que la texture devient beaucoup plus grossière plus on allant la bas du solum. L'horizon de surface présente le taux le plus élevé en argile, alors que les couches sableuses présentent une dominance de sable fin. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé ($CE < 0,2$ dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.2.32), alors que le pH est légèrement à moyennement alcalin.

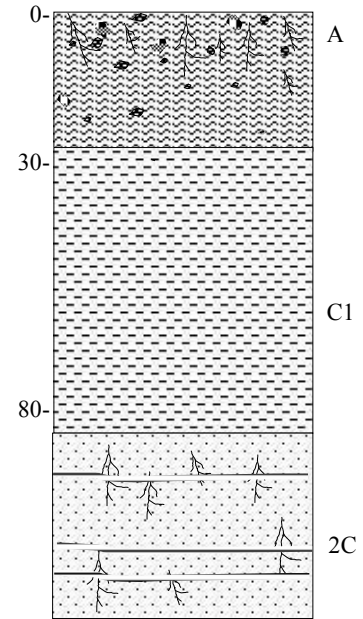


Figure III.2. 31 - Solum ZGS6-3

Tableau III.2.13 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS6-3

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
Ap	0-30	10,4	34,7	3,3	40,4	11,2	Loameux	0	7,90	0,16
Ck	30-95	1,9	47,0	31,8	17,8	1,6	Limoneux fins	0	7,80	0,14
2C	95-145	0,8	5,0	0,3	78,5	15,5	Sableux	0	8,25	0,08

La teneur du calcaire dans le sol suit la variation de la texture, elle est moyennement faible dans les horizons sableux, alors qu'elle est élevée dans les horizons limoneux, la valeur la plus élevée atteint 20 % dans le deuxième horizon (figure III.2.32, annexe II). Alors que la matière organique est faible dans ce sol (figure III.2.32, annexe II).

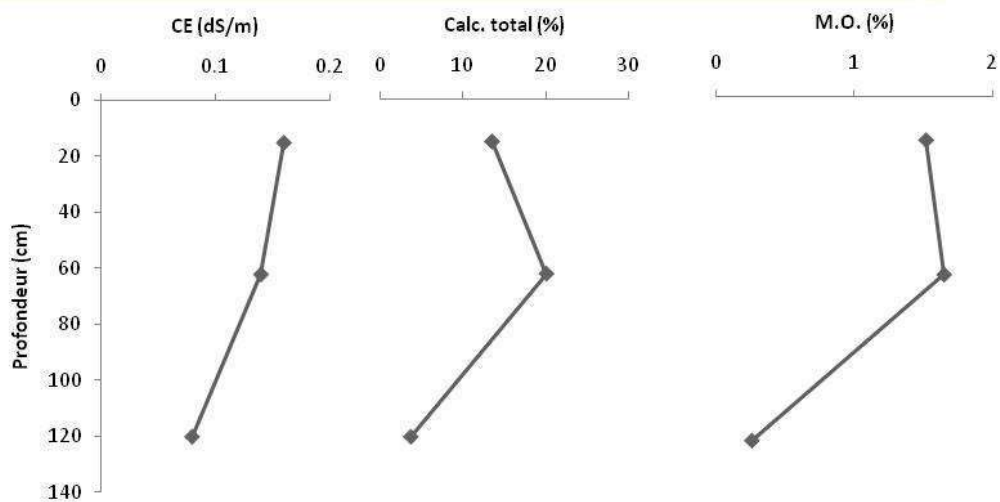


Figure III.2.32 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS6-3

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal ; sur alluvions à texture fine ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE limono-sableux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Takyric).

III.2.7 - Site 7

Ce site est situé dans, dans la Daya de Ben Filah, 14 km au sud-est de la commune de Guerrara. A une altitude moyenne 277 m (valeur déterminée au fond du lit d'oued Zegrir).

Les terrains autour de ce site sont dominés par des terrains dénudés par l'érosion hydrique et éolienne. Ce sont des formations sédimentaires gréseuses datées de Pontien (Mio-Pliocène).

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier un seul type du sol alluvial, alors que le reste du paysage est dominé par des regosols et autres sols.

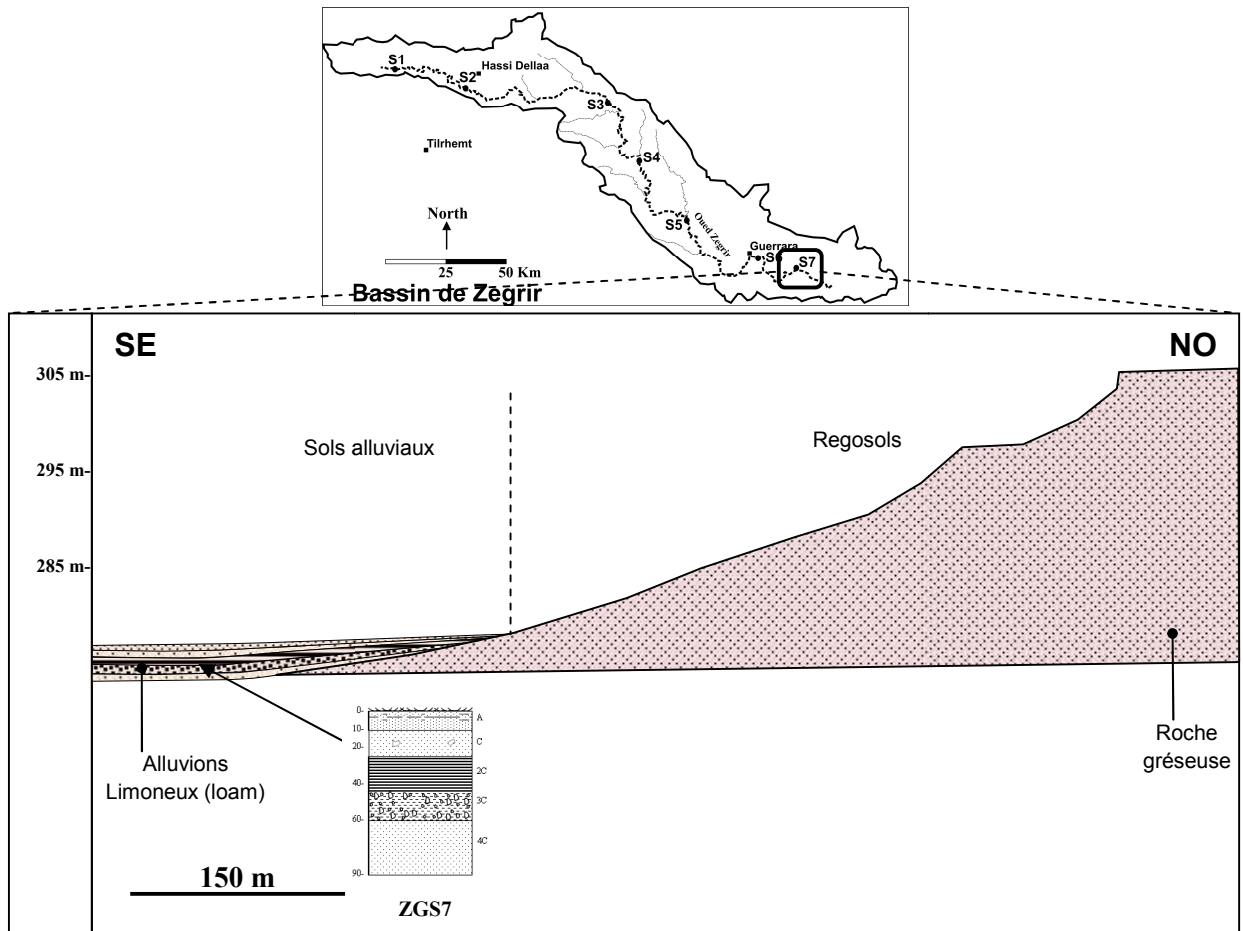


Figure III.2. 33 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 7 (bassin de Zegrir)

La figure III.2.33 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 7. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par le solum ZGS7 dont son étude détaillée est comme suivant :

III.2.7.1 - Solum ZGS7

Ce solum est localisé dans la Daya de Ben Felah 14 km au sud-est de la commune de Guerrara. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des réseaux de polygones formés par des dépôts d'alluvions limoneuses, aucune végétation autour du solum.

L'étude morphologique (Figure III.2.34, Planche I et Annexe I) montre que le sol est profond. Il présente une stratification des horizons est bien visible, se traduit par des différences très nettes dans la granulométrie des horizons (sableux et sablo-limoneux). Les éléments grossiers présentent une teneur élevée dans quatrième couche avec

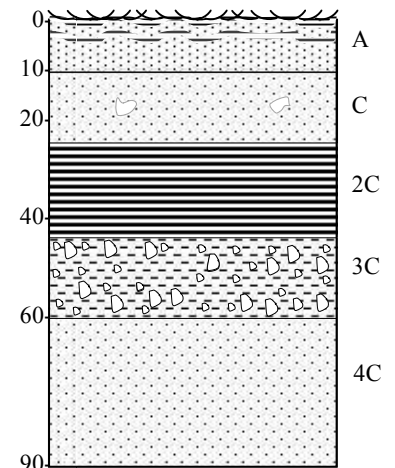


Figure III.2. 34 - Solum ZGS7

dominance des cailloux. La structure est de type polyédrique angulaire dans les couches limoneuses particulière dans les couches sableuses.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.2.14), montre que la texture du sol est sableuse à équilibrée. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé ($CE < 0,5$ dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.2.35), alors que le pH est légèrement à moyennement alcalin.

Tableau III.2.14 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum ZGS7

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie de la terre fine (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
Ap	0-10	9,6	1,5	0,8	56,3	31,8	Sablo-loameux	0	7,62	0,47
C	10-25	1,6	0,6	0,6	9,7	87,5	Sableux	0	7,95	0,13
2C	25-45	23,5	11,6	2,8	51,7	10,4	Loamo-argileux sableux	0	7,81	0,15
3C	45-60	15,1	3,5	1,5	45,2	34,7	Loamo-sableux	20	8,07	0,11
4C	60-90	1,6	6,7	4,4	52,7	34,7	Sableux	0	8,04	0,12

Le taux de calcaire total dans le sol est moyennement faible à élevé, supérieur à 3%, il atteint 14 % dans le premier horizon (Annexe II). D'une manière générale il diminue avec la profondeur (figure III.2.35). Alors que la matière organique est très faible dans ce sol (figure III.2.35 et Annexe II), elle diminue avec la profondeur.

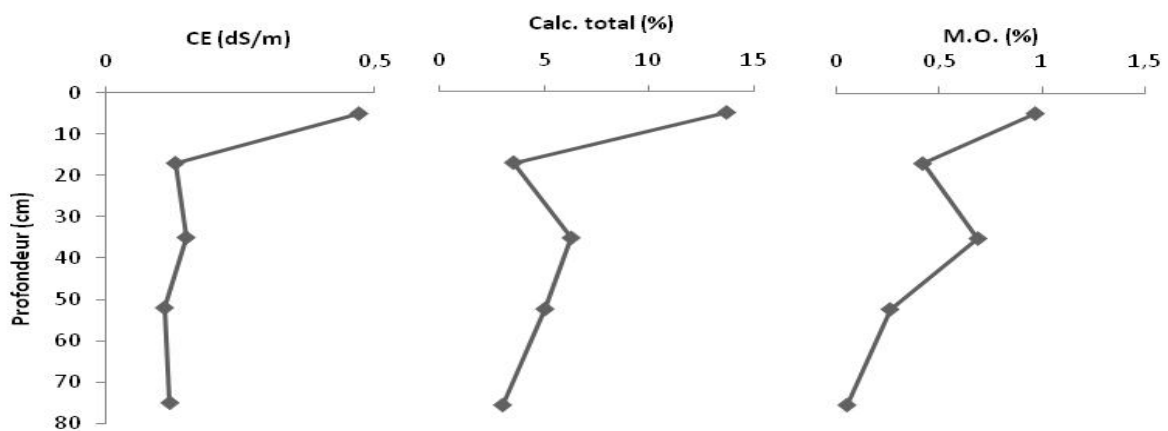
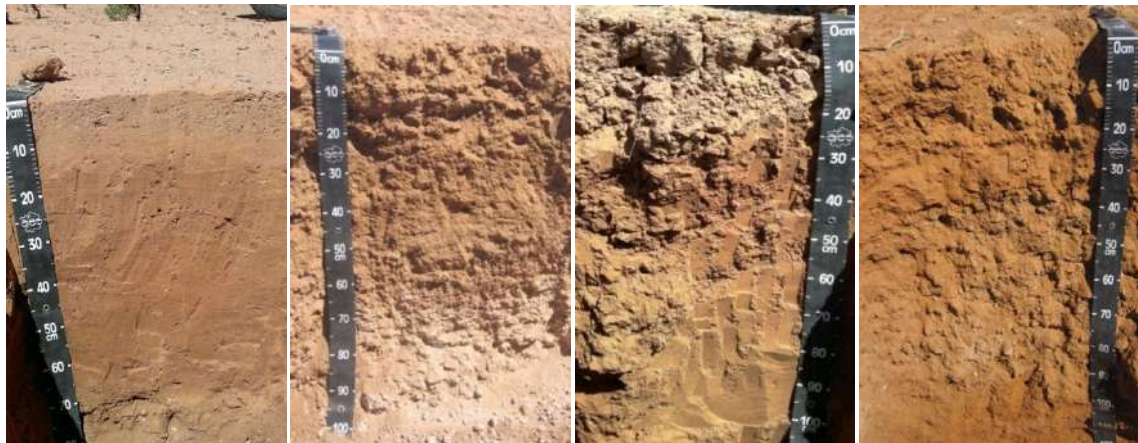


Figure III.2.35 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum ZGS7

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal sur alluvions calcaires à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE sablo-limoneux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrifluvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Takyric).



a - Solum ZS1

b - Solum ZS2-1

c - Solum ZS2-2

d - Solum ZS2-3



e - Solum ZS3

f - Solum ZS4-1

g - Solum ZS4-2

h - Solum ZS5-1



i - Solum ZS5-2

j - Solum ZS5-3

k - Solum ZS6-1

l - Solum ZS7

Planche photographique I- Les solums des sols alluviaux du bassin de Zegrir

III.3 - Caractérisation des sols alluviaux dans le bassin de Nsa

III.3.1- Site 1

Ce site est situé en amont de l'oued Nsa (en aval de l'affluent de Bellil), dans la zone de Tilrhamet à une altitude moyenne de 730 m. Environ 8 Km au Nord-Est de la ville de Tilrhamet (Daïra de Hassi R'Mel, Wilaya de Laghouat).

Les terrains autour de ce site sont des formations calcaires datées de Pliocène continental sur des formations gréseuses de Mio-Pliocène.

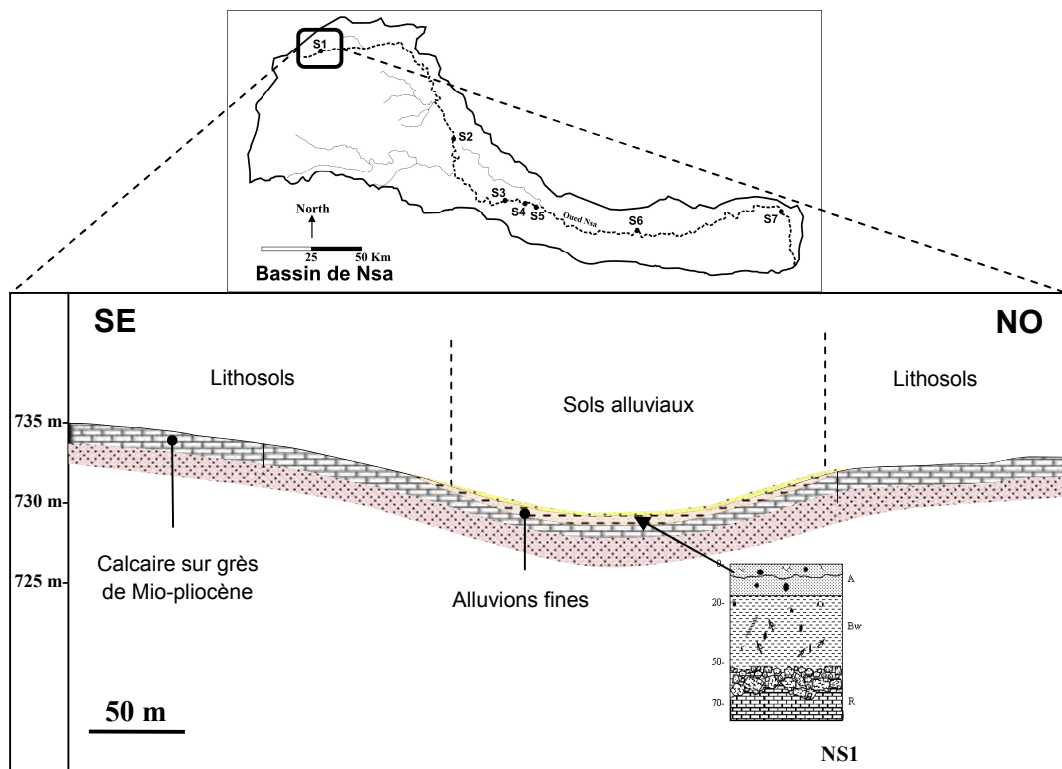


Figure III.3.1 – Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 1 (bassin de Nsa)

La figure III.3.1 illustre les principales unités du sol rencontré dans le site 1. La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier un seul type des sols alluviaux (Solum NS1), alors que le reste du paysage est dominé par des lithosols.

III.3.1.1 - Solum NS1

Ce solum est localisé en amont du lit d'oued N'sa, auprès d'une zone anthropisé (culture de céréales et jachère). Néanmoins, le sol autour des points où s'installe la plante de Zizyphus reste non cultivé dans un état naturel (un diamètre de 10 m autour de la plante). C'est dans ce terrain naturel où nous avons étudié les sols alluviaux. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par un sol nu limono-sableux.

L'étude morphologique (Figure III.3.2, planche II et annexe I) montre que le sol est peu profond. Il présente un horizon sub-superficiel (Bw) qui manifeste des marques d'altération par rapport à l'horizon sous-jacent ou supérieur.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.1), montre que la texture est sableuse dans la partie superficielle du sol, probablement influencée par quelques apports éoliens, alors qu'en bas du profil elle est équilibrée.

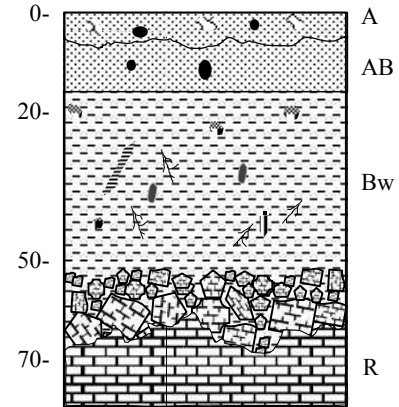


Figure III.3.2 - Solum NS1

Tableau III.3.1 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS1

Horz/ Couch	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-5	5,8	1,7	9,2	71,5	11,8	Sablo-Loameux	0	7,47	0,33
AB	5-16	4,8	3,1	7,0	79,0	6,1	Sablo-loameux	0	7,73	0,6
Bw	16-50	8,7	6,4	14,7	66,6	3,5	Loamo-sableux	0	7,82	0,39
R	+ 50	-	-	-	-	-	-	> 80	-	-

Le taux de calcaire total dans le sol est moyenne, supérieur à 6 %, il atteint 8,9 % dans l'horizon Bw (figure III.3.8 et annexe II). Alors que la matière organique est moyennement dans ce sol (figure III.3.3 et annexe II).

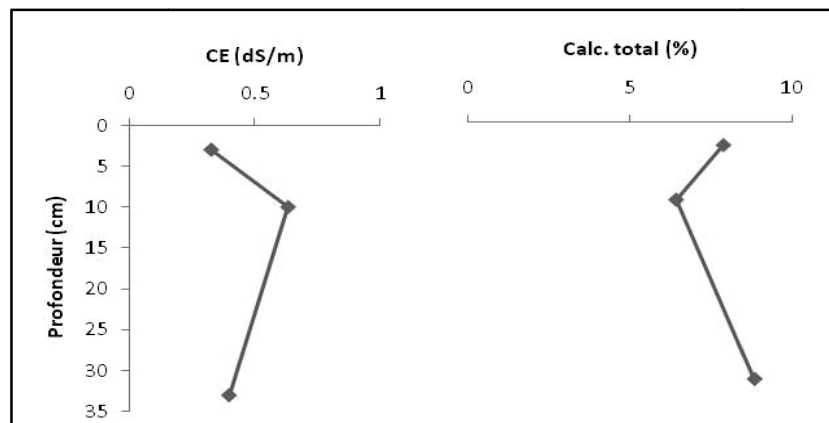


Figure III.3.3 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum NS1

Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé (CE < 0,6 dS/cm), le profil salin à une tendance à une désalinisation temporaire (Servant, 1976) (figure III.3.38) alors que le pH est légèrement alcalin (tableau III.3.15).

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon, "Bw", nommé selon la classification américaine et celle de l'FAO comme "Horizon cambique". Il aussi nommé horizon structural "S" « simple » ou « haplique » selon le Référentiel Pédologique 2008. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial modal sur alluvions calcaires grossièrement caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUNIFIE arénique, calcaire de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Haplocambids ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Skelitic Fluvic Cambisols (Takyrlic).

III.3.2 – Site 2

Ce site est situé dans le lit de l'oued Nsa, 18 Km à l'Est-Nord-Est de la ville de Berriane près d'un pont (route W33, Guerrara-Berriane) à une altitude moyenne de 476 m.

Les terrains autour de ce site sont dominés par des ravins et des collines de la Chebka du M'zab. La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier trois types des sols alluviaux. Le reste des paysages (collines et ravins) sont dominés par des lithosols avec des colluvions en bas des collines.

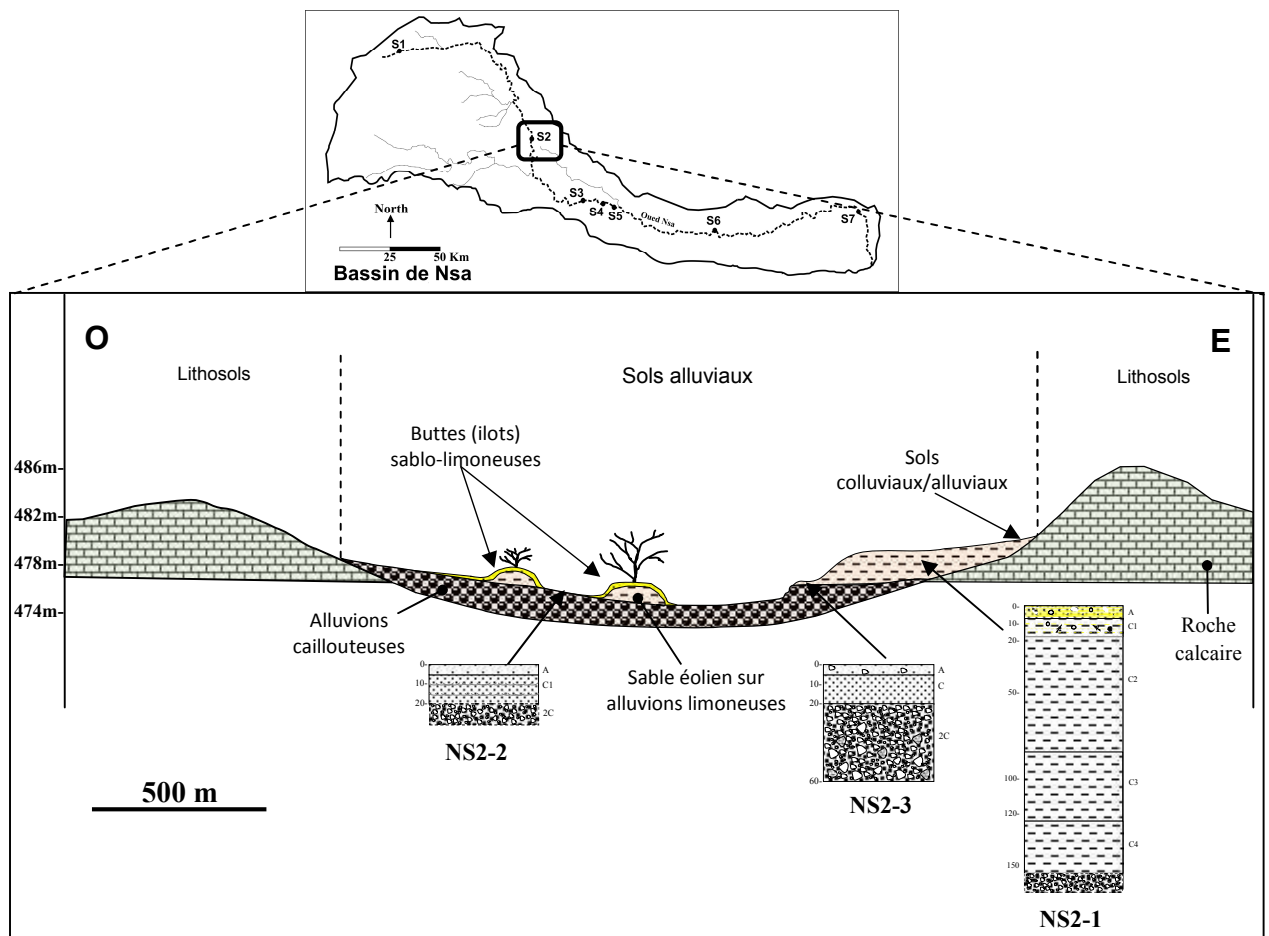


Figure III.3.4 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 2 (bassin de Nsa)

La figure III.3.4 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 2. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solum **NS2-1**, **NS2-2** et **NS2-3**, dont leurs études détaillées sont comme suivant :

III.3.2.1 - Solum NS2-1

Ce solum est localisé dans le lit de l'oued Nsa. Les terrains alluviaux sont légèrement inclinés vers l'Sud. L'état de surface autour de ce solum est dominé par des surfaces limoneuses et une végétation naturelle et débris végétaux.

La végétation est dominée par : *Cleom arabica*, *Haloxylon scoparium*, *fagonia glutinosa* et autres plantes éphémères.

L'étude morphologique de ce solum (Figure III.2.5, Planche II et Annexe I) montre que le sol est profond. Il présente une homogénéité texturale du haut vers le bas du profil, avec la présence de quelques graviers et cailloux en profondeur. L'activité biologique et surtout racinaire est moyennement abondante avec quelques trous, vides et taches grises. La structure est polyédrique sub-angulaire dans les horizons supérieurs et massive en bas du profil.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.2), montre que la texture des sols est sableuse en pour le premier horizon et équilibrée pour le reste du profil. La fraction sableuse est dominée par le sable fin. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé ($CE < 0,6$ dS/cm), le profil salin à une tendance descendante (figure III.3.6), alors que le pH est légèrement alcalin.

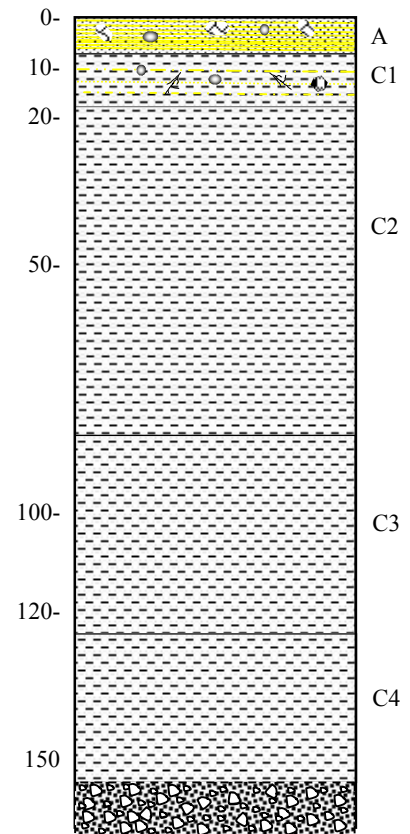


Figure III.3.5 - Solum NS2-1

Tableau III.3.2 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS2-1

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-7	4,2	1,4	8,6	84,6	1,3	Sablo-loameux	0	7,53	0,297
C1	7-17	12,8	3,5	15,5	65,9	2,4	Loamo-sableux	0	7,44	0,29
C2	17-85	8,7	17,9	19,1	49,0	5,4	Loamo-sableux	0	7,65	0,256
C3	85-125	12,2	3,1	10,4	70,6	3,7	Loamo-sableux	0	7,78	0,325
C4	125-155	6,6	13,0	17,5	57,5	5,3	Loamo-sableux	0	7,76	0,617

Le taux de calcaire total dans le sol est moyen à élevé, supérieur à 7 %, il atteint 15 % dans la troisième couche (figure III.3.6 et Annexe II). Enfin, la matière organique est moyenne à élevée dans ce sol.

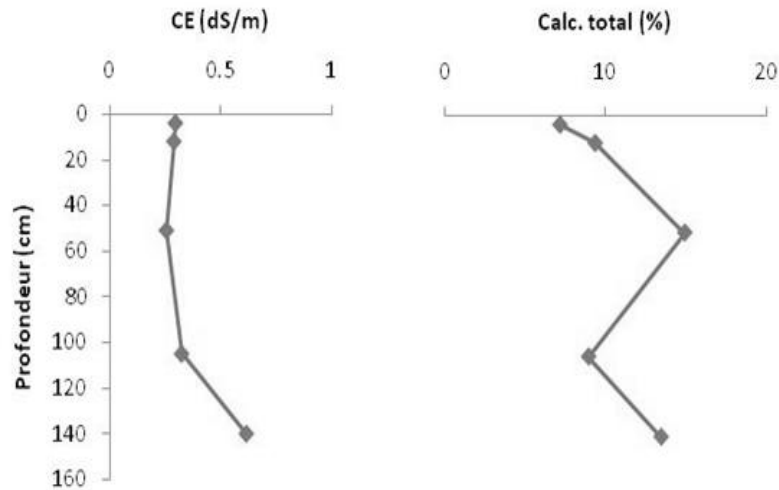


Figure III.3.6 - Profils salin et calcaire du solum NS2-1

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal sur alluvions calcaires grossièrement caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE limoneux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Loamic).

III.3.2.2 - Solum NS2-2

Ce solum est localisé au fond du lit mineur (talweg). L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des voiles sableux (sable fin). La végétation est dominée par des plantes herbacées clairsemées à savoir *Cleom arabica* et *Retama retam*.

L'étude morphologique (Figure III.3.7 et Annexe I) montre que le sol est très peu profond. Constitué d'un horizon supérieur sablonneux d'origine éolien (présence des rides en surface) qui surmonte un autre horizon sablo-limoneux

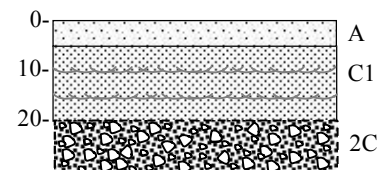


Figure III.3.7 - Solum NS2-2

d'origine alluvial, avec la présence des microcouches limoneuses qui résultent d'une sédimentation lente des alluvions très fines. Le reste du profil est occupé par des alluvions grossières (graviers et cailloux), d'une forme arrondie et émoussées qui reflètent une origine allochtone d'apport alluvial. La structure est de type particulaire sauf pour les microcouches où elle est feuilletée écaillée.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.3) montre que la texture des horizons a une tendance sableuse. Le sol est non salé ($< 0,3$ dS/cm), moyennement calcaire (Annexe II) alors que le pH est légèrement alcalin.

Tableau III.3.3 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS2-2

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg			
A	0-5	2,4	1,1	2,3	59,6	34,5	Sableux	7,54	0,169
C	5-20	3,7	13,3	4,1	55,1	23,9	Sablo-loameux	7,68	0,207

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal sur alluvions calcaires grossièrement caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVISOL BRUT, caillouteux, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Lithic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.3.2.3 - Solum NS2-3

Ce solum est localisé au fond du lit mineur auprès d'un méandre, des ravins et des collines de la Chebka du M'zab. Les terrains alluviaux sont légèrement inclinés vers l'sud. L'état de surface autour de ce solum est dominé par des surfaces limoneuses avec quelques cailloux et graviers et une végétation naturelle à savoir *Cleom arabica* et *Retama retam*.

L'étude morphologique (Figure III.3.8, Planche II et Annexe I) montre que le sol est très peu profond. Constitué d'un horizon supérieur limoneux d'origine

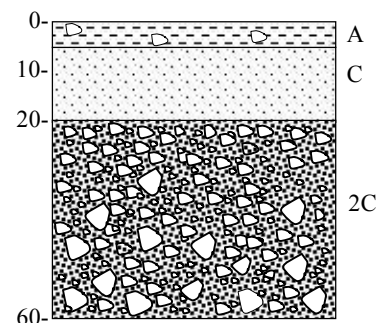


Figure III.3. 8 - Solum NS2-3

alluvial qui surmonte un autre horizon sableux. Le reste du profil est occupé par des alluvions grossières (graviers et cailloux), d'une forme arrondie, aplatie et émoussée qui reflètent une origine allochtone d'apport alluvial. La structure est de type feuilletée pour l'horizon 1 et particulière pour le reste du profil.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.4) montre que la texture des horizons a une tendance équilibrée pour le premier horizon et sableuse pour le reste du profil. Le sol est non salé (< 0,4 dS/cm), avec un profil salin à une tendance descendante, moyennement calcaire (Annexe II), le pH est légèrement alcalin, Alors que la matière organique est faible dans ce sol (figure III.3.9 et Annexe II).

Tableau III.3.4 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS2-3

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-5	8.3	7.3	14.2	54.9	15.3	Loamo-sableux	0,9	7,75	0,231
C	5-20	1.7	3.4	2.1	69.9	22.9	Sableux	0	7,42	0,171
2C	20-60	1.2	2.9	3.6	23.8	68.5	Caillouteux-Sableux	70,91	7,28	0,401

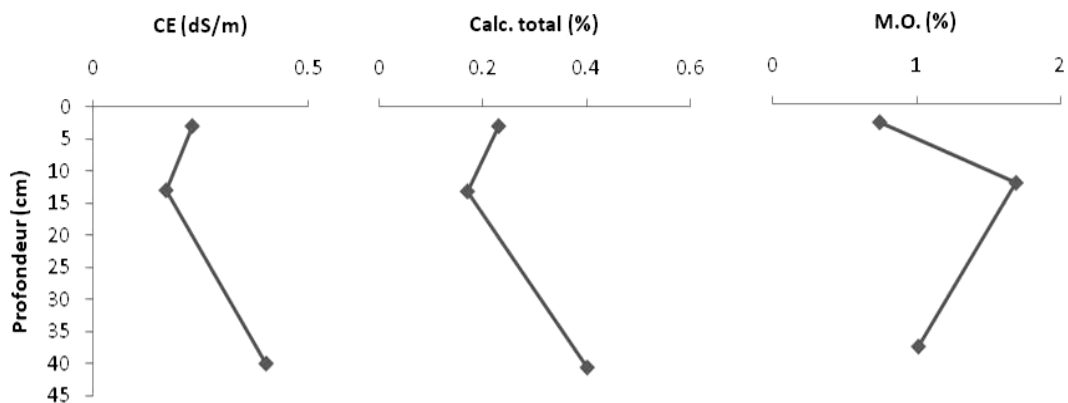


Figure III.3.9 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS2-3

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions calcaires grossièrement caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVISOL BRUT, caillouteux, de lit mineur ;
- ❖ **USDA 2014** : Typic Torriorthents;
- ❖ **WRB-FAO 2014** : Calcaric Fluvisols (loamic).

III.3.3 – Site 3

Ce site est situé dans le lit de l'oued Nsa, auprès de l'ancienne piste Guerrara-Al-Ateuf à une altitude moyenne de 380 m.

Les terrains autour de ce site sont dominés par des ravins et des collines de la Chebka du M'zab. La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier un seul type de sols alluviaux recouverte par le sable éolien. Le reste des paysages (collines et ravins) sont dominés par des lithosols envahi aussi par des sables éoliens.

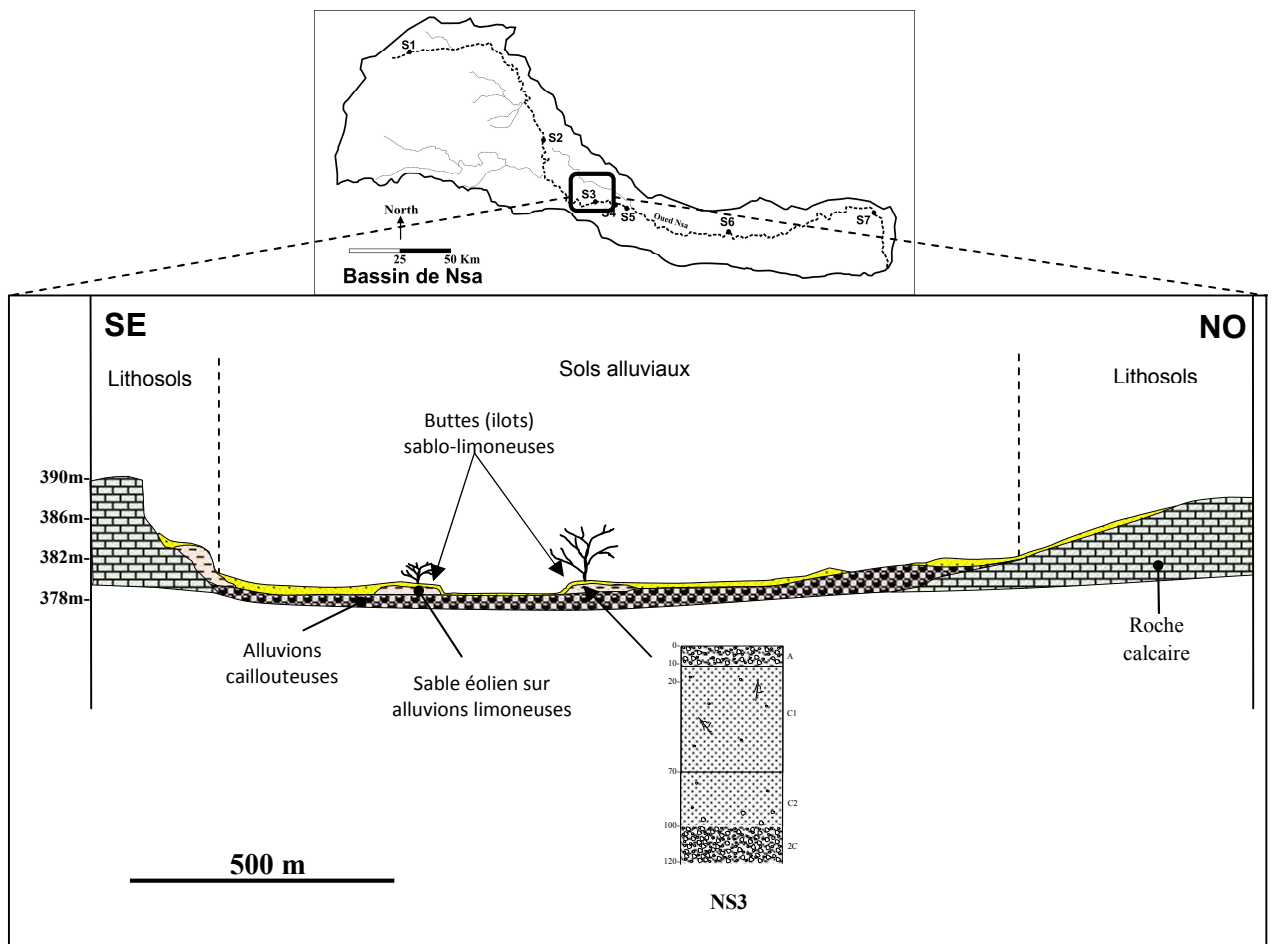


Figure III.3.10 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 3 (bassin de Nsa)

La figure III.3.10 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 3. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par le solum NS3 dont son étude détaillée est comme suivant :

III.3.3.1 - Solum NS3

Ce solum est localisé sur un bourrelet de berge (digue naturelle) auprès des ravins et des collines de la Chebka du M'zab. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des cailloux et des graviers d'origine alluviale, des accumulations sableuses (nebkas et voiles sableux) ainsi que des buttes (ilots) sur lesquelles s'installe une végétation buissonneuse. La végétation est dominée par *Pistacia atlantica*, *Nerium olender*, *Cleom Arabica*, *Zilla macroptera*, *Moricandia arvensis*, *Haloxylon scoparium* et *Retama retam*.

L'étude morphologique (Figure III.3.11, Planche II et Annexe I) montre que le sol est moyennement profond. Constitué d'un horizon supérieur très chargé en éléments grossiers (cailloux et graviers) enrobés par le limon et qui surmonte deux autres couches sableuses (sable consolidé) traversées par des racines moyennement grossières. Le reste du profil est occupé par des alluvions grossières (graviers et cailloux), d'une forme arrondie et émoussée d'origine alluviale. La structure est de type feuilletée pour le premiers horizon et continue pour le reste du profil.

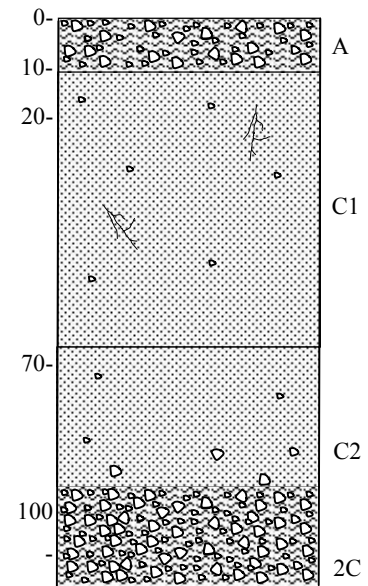


Figure III.3. 11 - Solum NS3

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.5) montre que la texture du sol est limoneuse là où il y a les éléments grossiers et elle est sablonneuse là où ces derniers sont absents. Le sol est non salé sauf pour la dernière couche où il est légèrement salé, avec un profil salin à une tendance descendante (figure III.3.12), moyennement calcaire (Annexe II), légèrement alcalin. Alors que la matière organique est faible à moyenne dans ce sol (figure III.3.12 et Annexe II).

Tableau III.3.5 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS3

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-12	8,8	8,1	56,7	20,7	5,7	Limoneux fins	44,74	7,77	0,592
C1	12-75	5,3	3,3	12,0	69,4	10,0	Sablo-loameux	0	7,79	1,020
C2	75-100	5,9	3,9	6,3	68,4	15,5	Sablo-loameux	5,31	7,76	0,601
2C	100-120	13,6	18,8	38,5	24,9	4,3	Limoneux fins	56,82	7,74	0,934

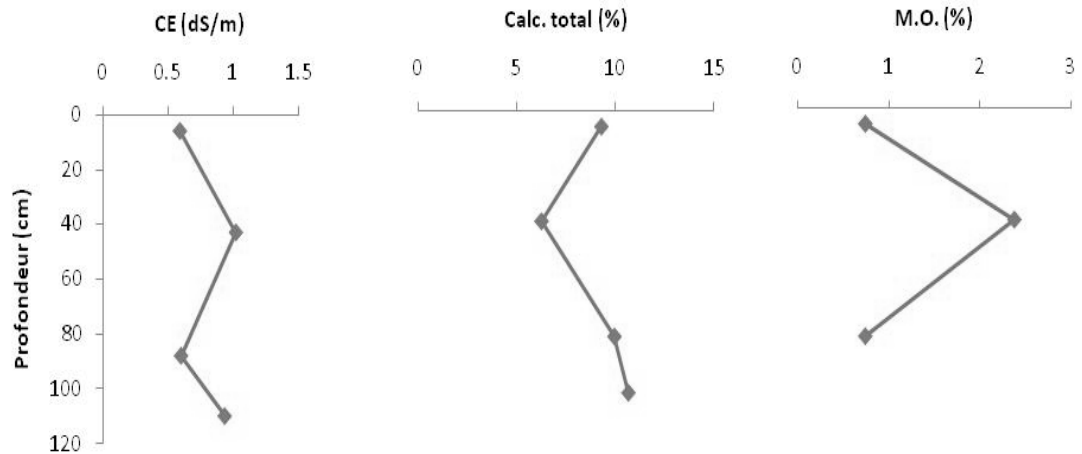


Figure III.3. 12 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS3

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVISOL BRUT, sur grève alluviale, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.3.4 – Site 4

Ce site est situé dans le lit de l'oued Nsa, à l'ouest du pont et la route de Zelfana-Guerrara 32 km sud-ouest de la ville de Guerrara à une altitude moyenne de 354 m.

Les terrains autour de ce site sont dominés par des terrains dénudés par l'érosion hydrique et éolienne. Ce sont des formations sédimentaires gréseuses datées de Pontien (Mio-Pliocène).

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier un seul type de sols alluviaux, alors que le reste du paysage est dominé par des regosols et autres sols.

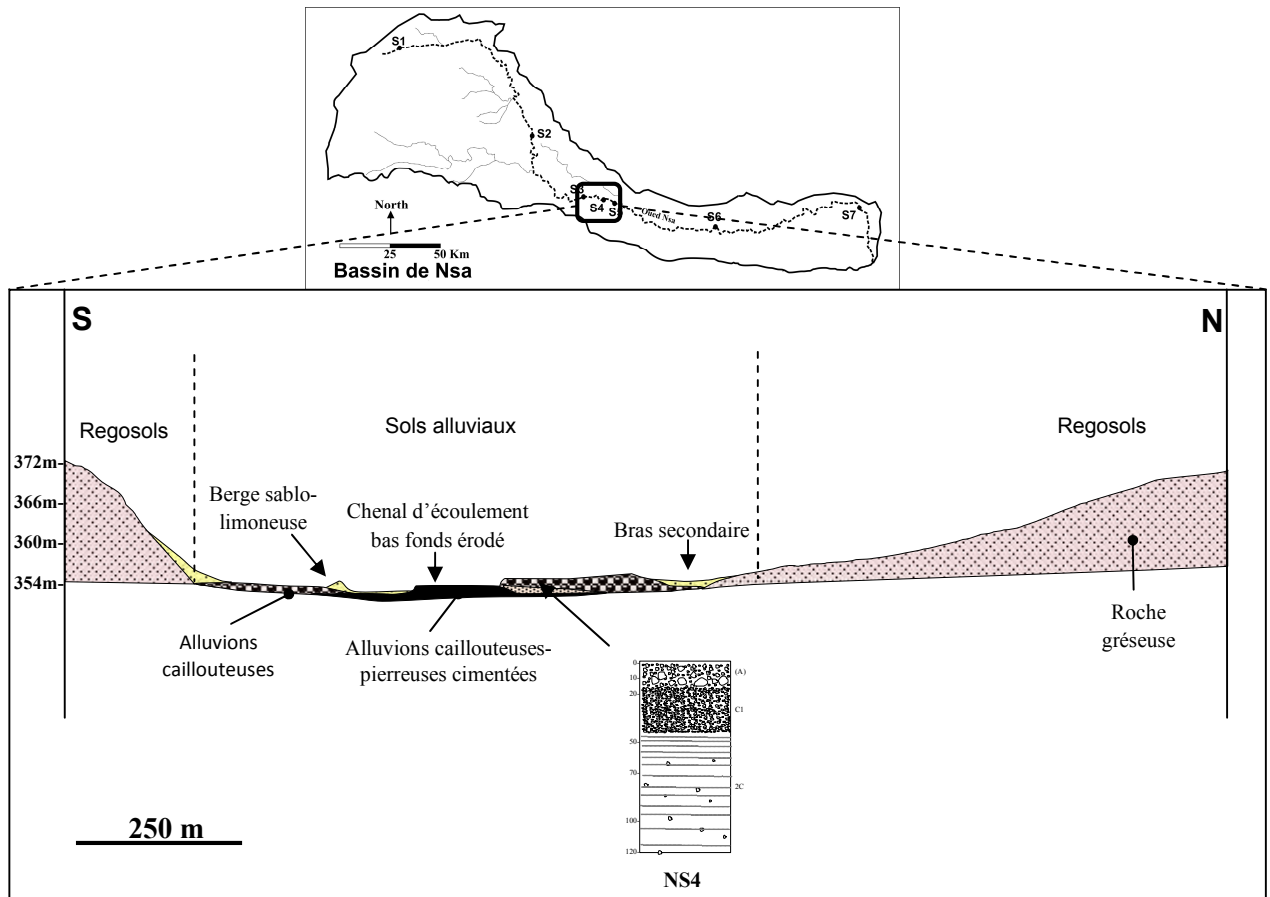


Figure III.3.13 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 4 (bassin de Nsa)

La figure III.3.13 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 4. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par le solum NS4 dont son étude détaillée est comme suivant :

III.3.4.1 - Solum NS4

Ce solum est localisé au fond du lit d'oued (lit mineur). L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des cailloux et des graviers d'origine alluviale, des alluvions caillouteuses-pierreuses cimentées, des accumulations sableuses (nebkas et voiles sableux) ainsi que des buttes (îlots) sur lesquelles s'installe une végétation buissonneuse. La végétation est dominée par *Retama retam*, *Zilla macroptera*, *Cleom Arabica*, *Moricandia arvensis*, et par des buissons épineux du jujubier (*Ziziphus lotus*).

L'étude morphologique (Figure III.3.14, Planche II et Annexe I) montre que le sol est constitué d'une stratification de couches alluviales de nature texturale variable entre des

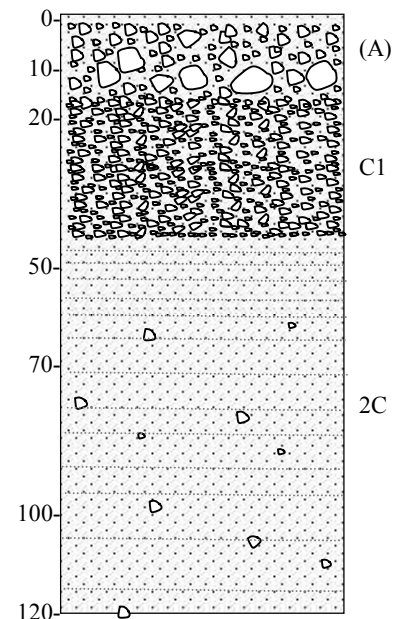


Figure III.3.14 - Solum NS4

éléments grossiers (cailloux et graviers) et des sables. Les graviers et les cailloux ont une forme arrondie, aplatie et émoussée fortement entassés qui reflètent une origine allochtone d'apport alluvial torrentiel. Tandis que les couches sableuses reflètent un régime d'écoulement plus ou moins atténué.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.6 et Annexe II) montre que la texture des horizons a une tendance sableuse. Le sol est non salé (< 0,3 dS/cm), avec un profil salin ascendant, légèrement alcalin et le calcaire présente une teneur moyenne qui variée d'une couche à l'autre.

Tableau III.3.6 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS4

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg			
A	0-15	0,6	1,4	2	42,1	53,9	Caillouteux- Sableux	7,04	0,304
C1	15-42	0,7	0,5	0,9	22,0	75,9	Graveleux- Sableux	7,2	0,283
2C	42-120	0,2	0,5	0,7	10,7	87,9	Sableux	7,05	0,276

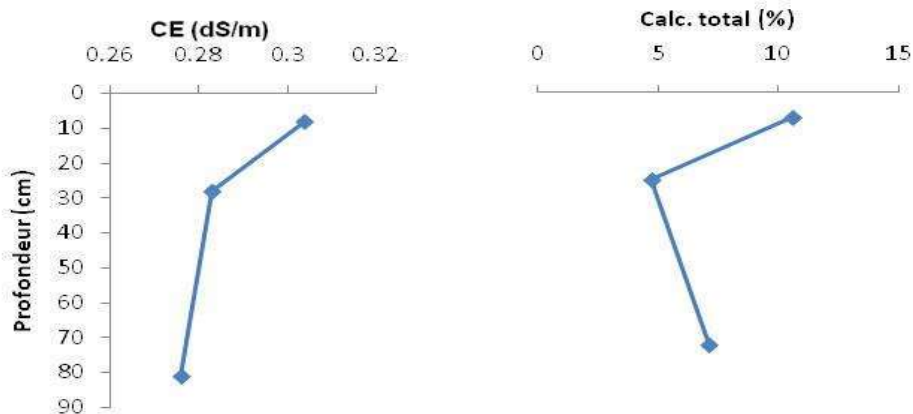


Figure III.3.15 - Profils salin et calcaire du solum NS4

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVISOL BRUT, caillouteux-graveleux sur sable alluvial, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Skeletic Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.3.5 – Site 5

Ce site est situé dans le lit de l'oued Nsa, à l'est du pont et la route de Zelfana-Guerrara 32 km sud-ouest de la ville de Guerrara à une altitude moyenne de 350 m.

Les terrains autour de ce site sont dominés par des terrains dénudés par l'érosion hydrique et éolienne. Ce sont des formations sédimentaires gréseuses datées de Pontien (Mio-Pliocène).

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier deux types de sols alluviaux. L'un présente les mêmes caractéristiques que celle du solum NS4 alors que le deuxième va être présenté par la suite. Le reste du paysage est dominé par des regosols et autres sols.

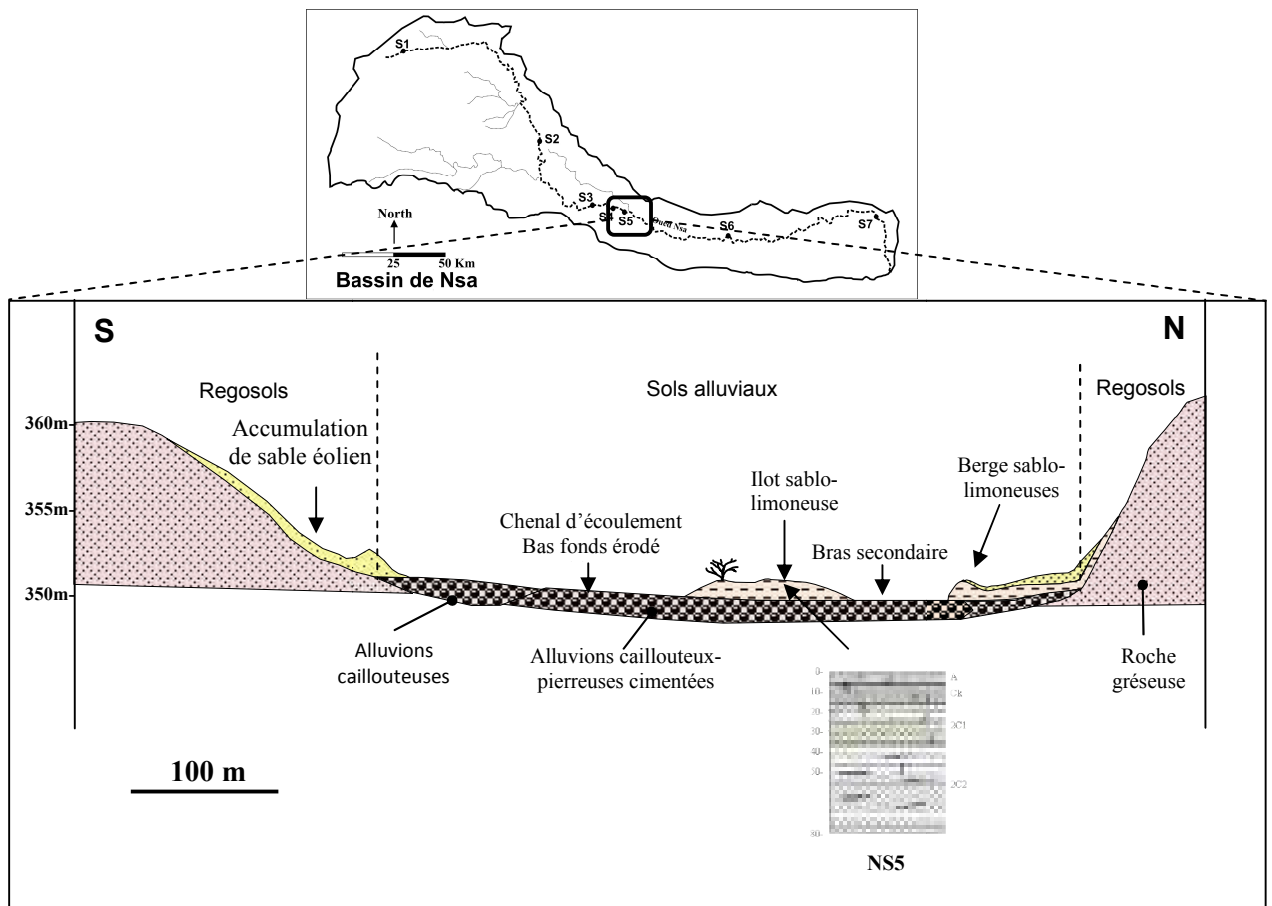


Figure III.3. 16 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 5 (bassin de Nsa)

La figure III.3.16 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 5. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par le solums NS5 dont son étude détaillée est comme suivant :

III.3.5.1 - Solum NS5

Ce solum est localisé au fond du lit d'oued (lit mineur). Il est localisé sur un bourrelet de berge (digue naturelle). Les terrains alluviaux sont légèrement inclinés vers l'est. L'état de surface autour de ce solum est dominé par des surfaces limoneuses et sableuses et une végétation naturelle et débris végétaux. La végétation est dominée par : *Stipagrostis pungens*, *Pergularia tomentosa*, *Farsetia ramosissima*, *Zilla macroptera*, *Euphorbia guyoniana*, *Retama retam* et *Peganum harmala*.

L'étude morphologique (Figure III.3.17, Planche II et Annexe I) montre que le sol est constitué d'une stratification de couches alluviales de nature texturale fine limoneuses et limono-sableuses recouvertes par des accumulations sableuses éoliennes. L'activité biologique est abondante favorisée par la circulation racinaire. La structure générale est de type feuilleté lamellaire qui reflète un régime de sédimentation très lente alors que la sous-structure des agrégats est de type polyédrique anguleux.

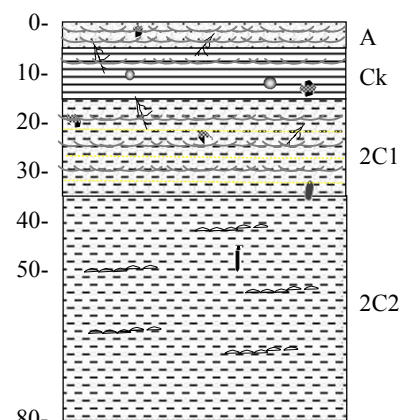


Figure III.3. 17 - Solum NS5

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.7 et Annexe II) montre que la texture du sol est équilibrée sauf pour le premier horizon où elle est sableuse, ce qui s'explique par l'influence des apports éoliens. Le sol est salé en surface (< 1,4 dS/cm) mais la salinité diminuée avec la profondeur, ce qui donne un profil salin ascendant. Il est légèrement alcalin et le calcaire total est moyennement élevé sauf dans la deuxième couche où il atteint plus de 19 %. Alors que la matière organique est faible à moyenne dans ce sol (figure III.3.18).

Tableau III.3.7 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS5

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-5	2.7	1.0	2.5	78.5	15.3	Sableux	0	7,7	1,360
Ck	5-15	20.9	30.8	16.0	27.7	4.7	Loameux	0	7,7	1,109
2C1	15-35	6.2	23.6	6.5	58.7	5.0	Loamo-sableux	0	7,73	0,683
2C2	35-80	9.1	11.6	13.5	64.6	1.3	Loamo-sableux	0	7,6	0,569

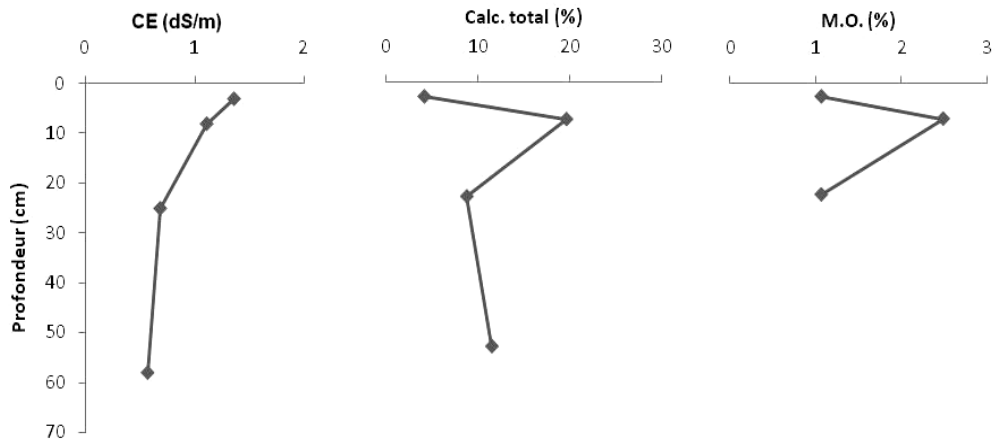


Figure III.3.18 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS5

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions calcaires à texture fine ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE limoneux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Loamic).

III.3.6 – Site 6

Ce site est situé dans le lit de l'oued Nsa, dans une zone appelée Ain Zirara 37 km sud-est de la ville de Guerrara à une altitude moyenne de 260 m.

Les terrains autour de ce site sont dominés par des terrains dénudés par l'érosion hydrique. Ce sont des formations sédimentaires gréseuses datées de Pontien (Mio-Pliocène), recouvertes par des accumulations sableuses d'origine éolienne.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier deux types de sols alluviaux. Le reste du paysage est dominé par des regosols et autres sols.

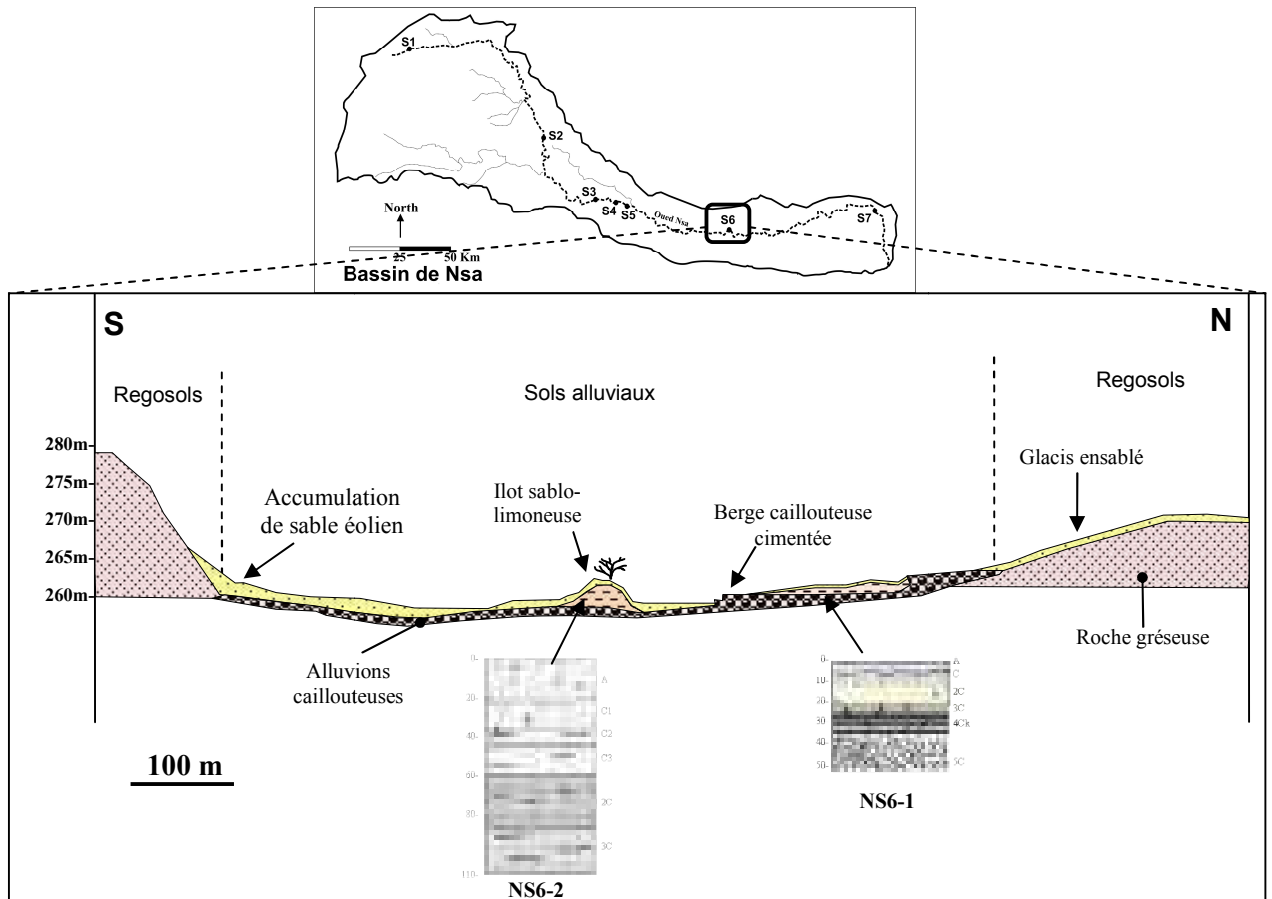


Figure III.3.19 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 6 (bassin de Nsa)

La figure III.3.19 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 6. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solums NS6-1 et NS6-2 dont leur étude détaillée est comme suivant :

III.3.6.1 - Solum NS6-1

Ce solum est localisé au fond du lit d'oued (lit mineur). L'état de surface autour de ce solum est dominé par des surfaces limoneuses en forme d'écaille recouvertes par des voiles sableux et une végétation naturelle dominée par : *Oudneya africana*.

L'étude morphologique (Figure III.3.20, Planche II et Annexe I) montre que le sol est constitué d'une stratification de couches alluviales de nature texturale fine sableuse ou limoneuse recouvertes par une mince couche de sable éolien. L'activité biologique est abondante favorisée par la circulation racinaire surtout dans les couches limoneuses. La structure générale est de type particulaire sauf pour les couches limoneuses où elle est lamellaire.

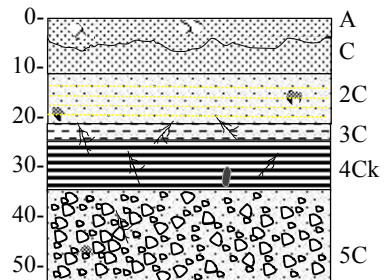


Figure III.3.20 - Solum NS6-1

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.8 et Annexe II) montre que la texture du sol est sableuse à équilibrée, mais elle est influence en bas du profil par les éléments grossiers (cailloux). Le sol est non salé ($< 0,4$ dS/cm) sauf pour la quatrième couche où il est légèrement salé et qui présente une teneur très élevée en calcaire total. Le profil salin a une tendance descendante (figure III.3.21). Les valeurs du pH indiquent qu'il est légèrement alcalin. Le calcaire total est moyennement élevé à extrêmement élevé (> 25 %).

Tableau III.3.8 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS6-1

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg			
A	0-4	2.9	2.8	12.3	80.9	1.1	Sablo-loameux	7,47	0,396
C	4-11	4.2	1.4	9.8	79.0	5.6	Sablo-loameux	7,68	0,226
2C	11-21	1.7	0.5	6.7	90.0	1.1	Sableux	7,63	0,229
3C	21-25	8.4	11.1	13.6	62.8	4.1	Loamo-sableux	7,86	0,336
4Ck	25-35	23.6	23.5	3.6	48.8	0.5	Loamo-argileux sableux	7,49	0,987
5C	35-50	0.6	0.5	0.9	10.6	87.4	Caillouteux-Sableux	7,64	0,29

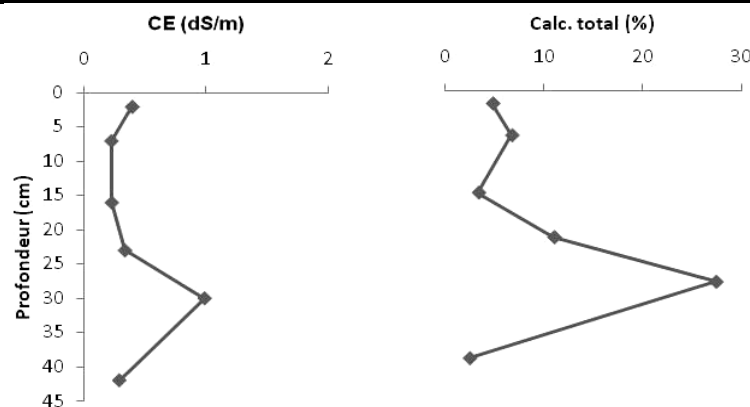


Figure III.3.21 - Profils salin et calcaire du solum NS6-1

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE sablo-limoneux, calcaire, dunaire en surface, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrfluvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.3.6.2 - Solum NS6-2

Ce solum est localisé sur une butte (ilots) maintenu par une végétation arborescente de *Tamarix* et buissonneuse de *Calligonum*. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des cailloux et des graviers d'origine alluviale, des accumulations sableuses (voiles sableux). La végétation est dominée par : *Calligonum comosum*, *Tamarix articulate*, *Oudneya africana*, *Rhantherium adpressum* et *Ephedra alata*.

L'étude morphologique (Figure III.3.22, Planche II et Annexe I) montre que le sol est constitué d'une stratification de couches alluviales de nature texturale fine sableuse et limoneuse. Dans la partie supérieure du profil, la stratification est moins visible à cause de l'influence des apports éoliens. Mais dans la partie inférieure du profil, la stratification est très nette, avec des limites régulières qui reflètent un régime de sédimentation des alluvions très lent. L'activité biologique est abondante favorisée par la circulation racinaire. La structure générale est de type particulaire pour les couches sableuses et de type feuilleté lamellaire pour les couches limoneuses.

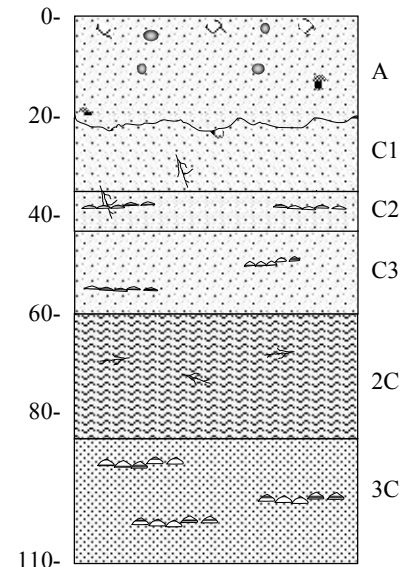


Figure III.3. 22 - Solum NS6-2

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.9 et Annexe II) montre que la texture du sol est sableuse sauf pour la quatrième couche où elle est limoneuse, ce qui s'explique par l'influence des apports éoliens. Le sol est non salé (< 0,6 dS/cm), avec un profil salin ascendant. Il est légèrement alcalin. Le calcaire total est moyennement élevé (figure III.3.23).

Tableau III.3.9 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS6-2

Horz.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg			
A	0-20	0,2	0,8	1,3	69,6	28,1	Sableux	7,52	0,627
C1	20-35	0,4	1,5	1,1	66,3	30,7	Sableux	7,64	0,571
C2	35-43	2,2	1,7	2,4	58,5	35,2	Sableux	7,58	0,251
C3	43-60	2,3	1,8	1,3	86,1	8,5	Sableux	7,72	0,272
2C	60-85	11,5	29,0	56,4	3,1	0	Limoneux fins	7,55	0,454
3C	85-110	4,2	7,2	6,3	62,2	20,1	Sablo-loameux	7,6	0,238

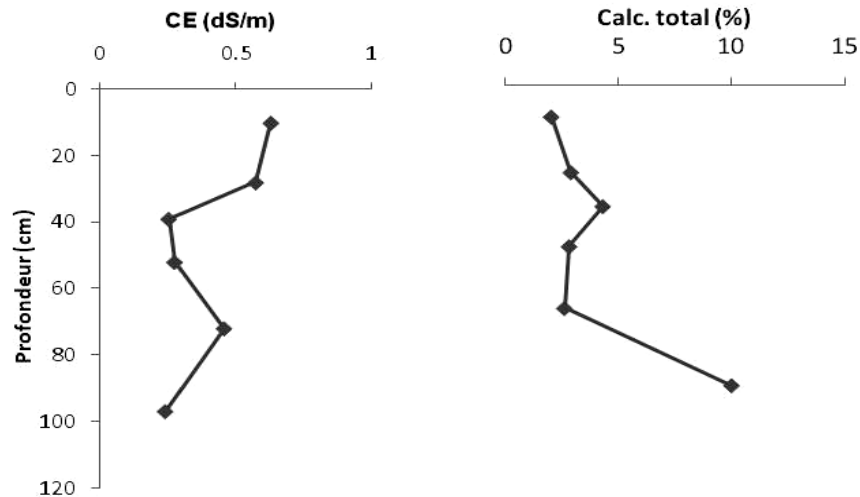


Figure III.3.23 - Profils salin et calcaire du solum NS6-2

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture fine ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE sablo-limoneux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA 2014** : Typic Torrifluvents ;
- ❖ **WRB-FAO 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.3.7 – Site 7

Ce site est situé dans le cours inférieur de l'oued Nsa, près de son aval, 18 Km à l'Ouest de la région d'El Hajira.

De point de vue lithologique, Les terrains autour de ce site sont dominés par des terrains fortement dénudés par l'érosion hydrique et éolienne. Ce sont des formations sédimentaires gréseuses datées de Pontien (Mio-Pliocène), recouvertes par des accumulations sableuses d'origine éolienne.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier quatre types de sols alluviaux. Le reste du paysage est dominé par des regosols et autres sols.

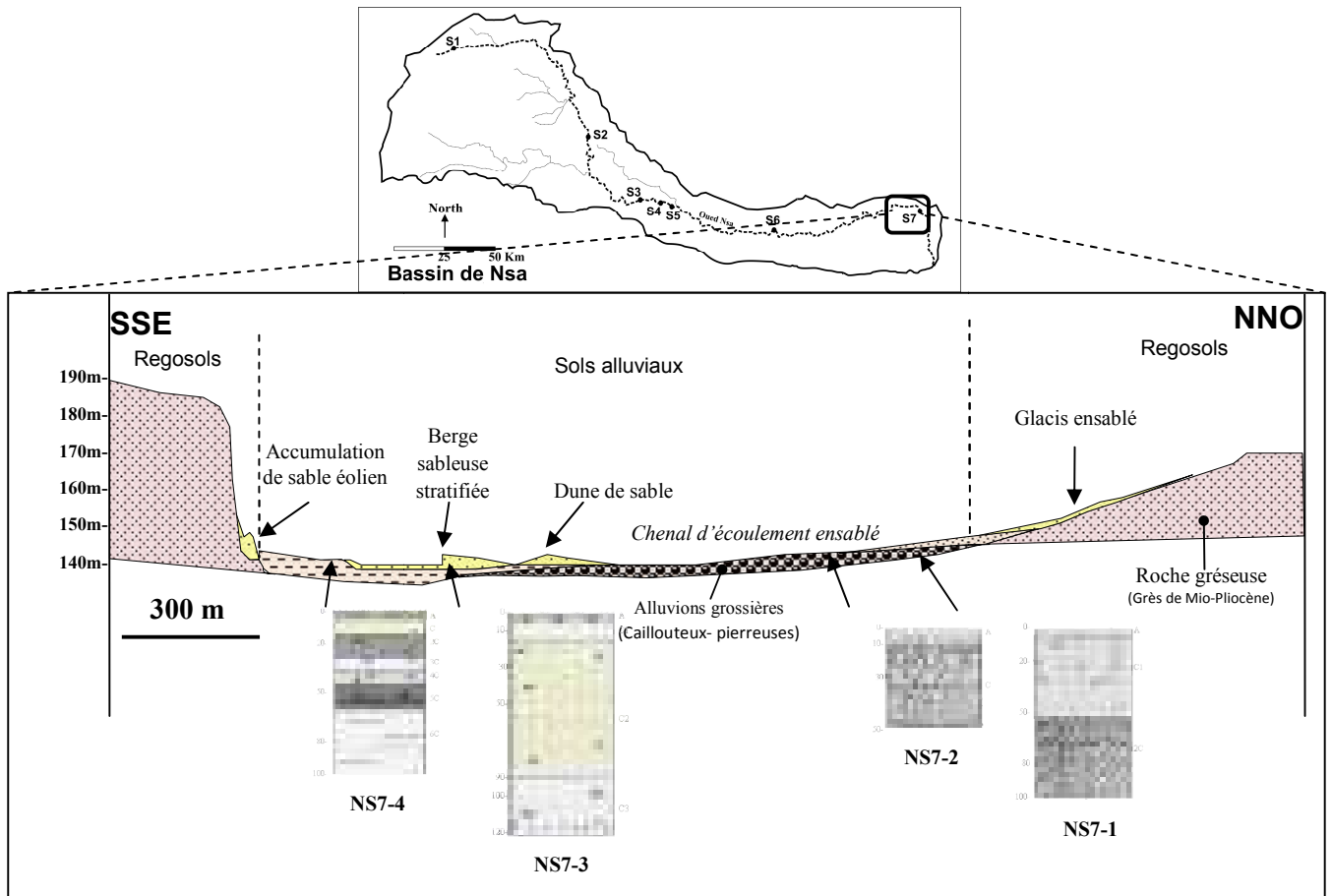


Figure III.3.24 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 7 (bassin de Nsa)

La figure III.3.24 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 7. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solums NS7-1, NS7-2, NS7-3 et NS7-4 dont leur étude détaillée est comme suivant :

III.3.7.1 - Solum NS7-1

Ce solum est localisé dans le lit majeur, en bas d'un glacis exposé vers le sud (rive Nord de l'oued Nsa dans cette zone). L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des voiles sableux avec des débris végétaux non décomposé et de cailloux et graviers, dont la forme en générale est de type arrondie, aplatie et émoussée mais aussi de type anguleuse, ce qui reflète des origines allochtones (d'apport alluvial) et autochtones (d'apport colluvial). La végétation est dominée par des plantes herbacés clairsemés (*Fagonia glutinosa*, *Neurada procumbens* et *Aristida plumosa*).

L'étude morphologique (Figure III.3.25, Planche II et Annexe I) montre que le sol est peu profond. Il présente une charge grossière très importante apparaisse à partir d'une profondeur de 50 cm, constitué de graviers et quelques cailloux, dont leur forme indique une origine alluviale. Le premier horizon présente aussi une charge grossière moins importante avec des

débris végétaux et une terre fine sablonneuse, il surmonte une couche sableuse plus ou moins consolidée présente quelques cailloux, pierres, racines moyennes et débris végétaux.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.10 et Annexe II) montre que la texture du sol est sableuse. Le sol est non salé (< 0,6 dS/cm) dans les couches sableuse et légèrement salé dans les couches graveleuses, donnant un profil salin descendant. Il est légèrement à moyennement alcalin. Le calcaire total est moyennement élevé. Alors que la matière organique est moyenne dans ce sol (figure III.3.26).

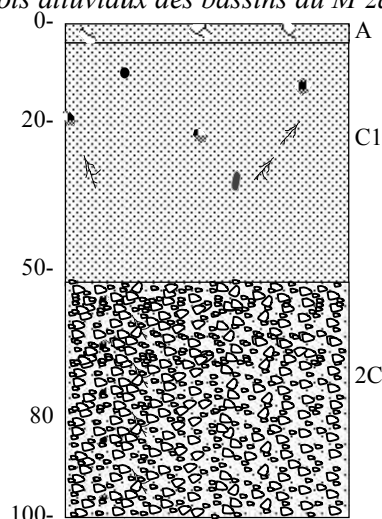


Figure III.3.25 - Solum NS7-1

Tableau III.3.10 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS7-1

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-5	5.4	2.3	4.5	64	23.8	Sableux	28,73	8,13	0,5
C1	5-52	1.9	3.6	2.3	49.1	43.1	Sableux	4,75	8,03	0,22
C2	52-100	1.4	3.1	2.2	33.0	60.4	Graveleux-Sableux	54,51	7,74	0,993

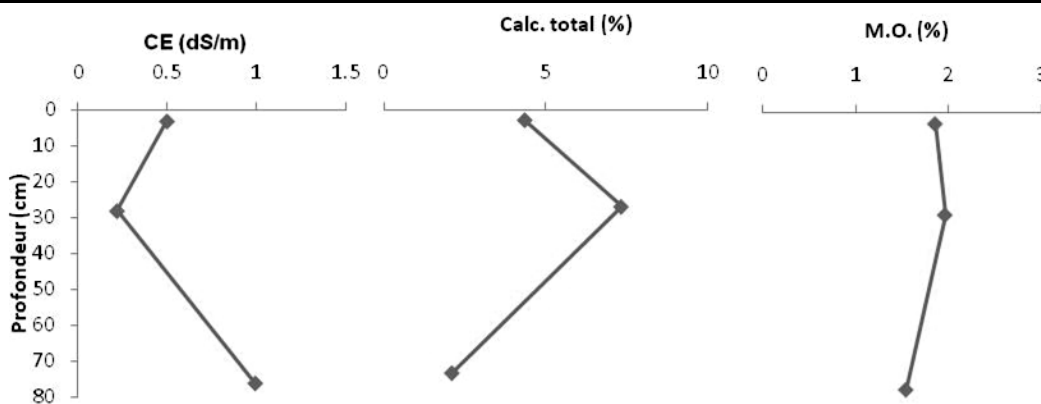


Figure III.3.26 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS7-1

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVISOL BRUT caillouteux-sableux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA 2014** : Typic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.3.7.2 - Solum NS7-2

Ce solum est localisé sur un chenal d'écoulement de l'oued Nsa. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des pierres d'origine alluviale, recouvertes par couches limoneuses et de des accumulations sableuses très minces (voiles sableux) ainsi que des débris végétaux. La végétation est dominée par : *Anabasis articulata* et *Fagonia glutinosa*.

L'étude morphologique (Figure III.3.27, Planche II et Annexe I) montre que le sol présente une charge grossière très importante apparaisse dès les premiers cinq centimètres du sol. Elle est constituée de cailloux, graviers et quelques pierres, dont leur forme indique une origine alluviale.

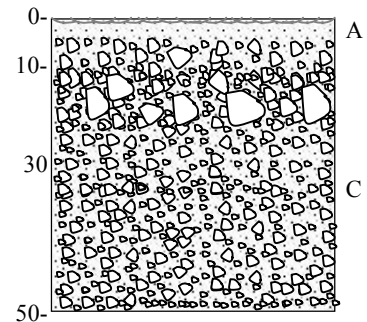


Figure III.3. 27 - Solum NS7-2

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.11 et Annexe II) montre que la texture du sol est sableuse. Le sol est non salé (< 0,5 dS/cm), moyennement alcalin. Le calcaire total est moyennement élevé. Alors que la matière organique est moyenne dans ce sol (Annexe II).

Tableau III.3.11 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS7-2

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-7	1.3	1.1	1.2	21.5	74.9	Sableux	14,2	8,1	0,229
C	7-50	3.4	3.9	6.7	49.6	36.4	Sablo-loameux	83,6	7,95	0,427

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVISOL BRUT caillouteux-sableux, calcaire, de lit mineur
- ❖ **USDA 2014** : Typic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.3.7.3 - Solum NS7-3

Ce solum est localisé sur un chenal d'écoulement de l'oued Nsa. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des accumulations sableuses d'origine éoliennes entremêlé avec les alluvions limono-sableuses. La végétation est dominée par *Zilla macroptera*.

L'étude morphologique (Figure III.3.28, Planche II et Annexe I) montre que le sol est très profond. Il présente une homogénéité texturale du haut vers le bas du profil. Le sol est bien stratifié et strié, le sable est entremêlé avec des microcouches limoneuses. L'activité biologique et surtout racinaire est abondante avec beaucoup des trous et des vides. La structure est de type particulaire dans tous le solum.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.12), montre que la texture du sol est saleuse. La fraction sableuse est dominée par le sable grossier. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé (< 0,2 dS/cm), le profil salin à une tendance descendante (figure III.3.29), alors que le pH est moyennement alcalin.

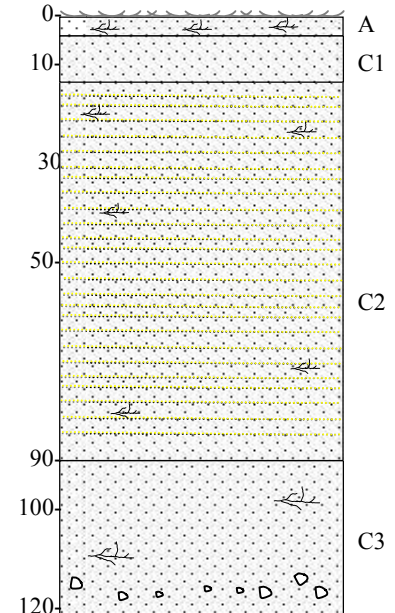


Figure III.3. 28 - Solum NS7-3

Tableau III.3.12 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS7-3

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-2	1.1	1.1	1.2	66.3	30.2	Sableux	0	8,1	0,209
C1	2-12	0.7	0.4	1.1	46.9	50.9	Sableux	0	8,16	0,162
C2	12-90	0.5	0.4	0.7	47.5	50.9	Sableux	0	8,12	0,167
C3	90-120	0.8	1.0	1.1	36.9	60.2	Sableux	1,29	8,47	0,187

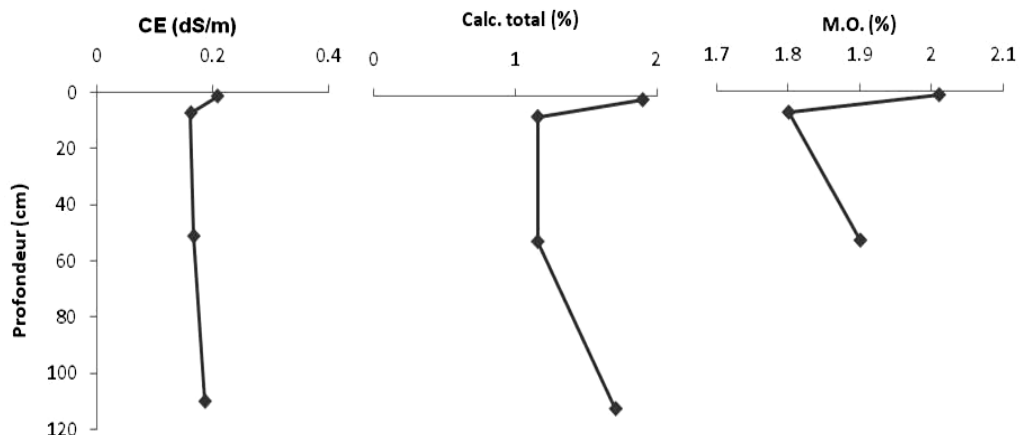


Figure III.3.29 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS7-3

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport éolien modal, sur sables éoliens siliceux ;
- ❖ **RP 2008** : ARENOSOL de sables dunaires, de sables fluviques, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torripsamments ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Fluvic Arenosols (Aeolic).

III.3.7.4 - Solum NS7-4

Ce solum est localisé au fond du lit d'oued (lit mineur). Les terrains alluviaux sont légèrement inclinés vers l'est. L'état de surface autour de ce solum est dominé par des surfaces limoneuses et sableuses et une végétation naturelle et débris végétaux. La végétation est dominée par : *Zilla macroptera*, *Euphorbia guyoniana*, *Tamarix articulata*, *Anabasis articulata* et *Moricandia arvensis*.

L'étude morphologique (Figure III.3.30, Planche II et Annexe I) montre que le sol est constitué d'une stratification de couches alluviales de nature texturale fine limoneuses et sableuses. L'activité biologique est abondante favorisée par la circulation racinaire. La structure des couches limoneuses est de type feuilleté lamellaire qui reflète un régime de sédimentation très lente avec une sous-structure polyédrique anguleux. Alors que la structure des couches sableuses est de type particulaire.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.3.13) montre que la texture du sol est de type limoneux à sableux, ce qui reflète un régime de sédimentation des alluvions très lent. Le sol est salé ($< 0,4$ dS/cm), donnant un profil salin d'une tendance ascendante, légèrement alcalin et le calcaire total est moyen à élevé, atteint plus de 15 %. Alors que la matière organique est faible à moyenne pour les premières couches (figure III.3.31).

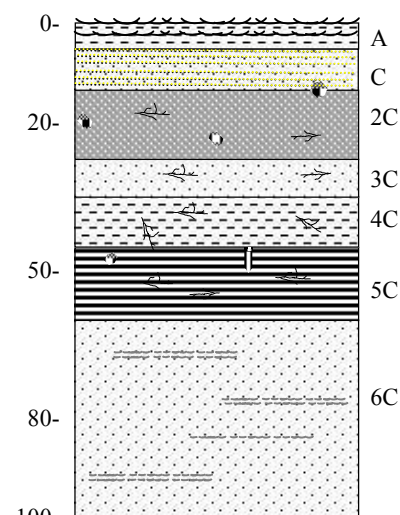


Figure III.3.30 - Solum NS7-4

Tableau III.3.13 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum NS7-4

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-5	10.8	16.0	8.0	64.4	0.8	Loamo-sableux	0	8	0,406
C	5-13	1.2	3.1	2.1	88.0	5.6	Sableux	0	8,29	0,172
2C	13-27	29.3	23.1	3.5	43.1	1.0	Limono-argileux	0	8,05	0,252
3C	27-35	4.0	0.9	1.9	83.9	9.4	Sableux	0,16	8,29	0,181
4C	35-45	11.9	14.7	2.0	69.7	1.7	Loamo-sableux	0	8,16	0,232
5C	45-60	21.0	16.4	1.7	49.9	10.9	Loamo-argileux sableux	1,15	8,1	0,269
6C	60-100	0.6	1.1	1.3	54.6	42.4	Sableux	0	8,29	0,199

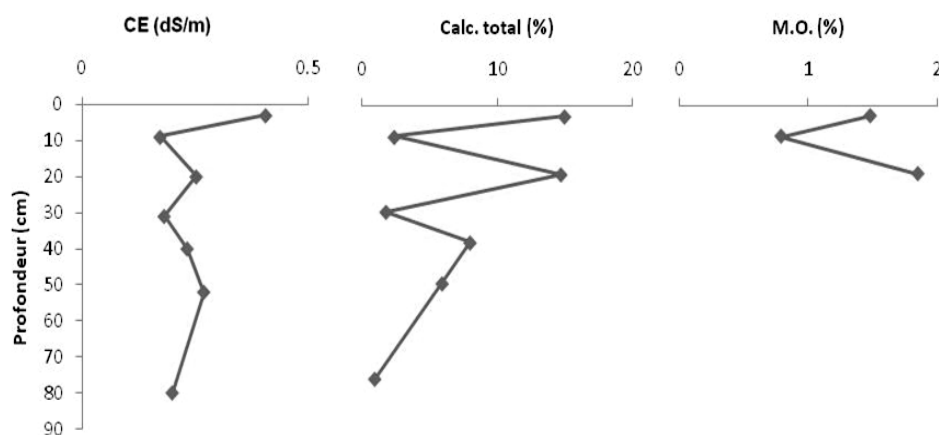


Figure III.3. 31 - Profils salin, calcaire et de la matière organique du solum NS7-4

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture fine ;
- ❖ **RP 2008** : **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE limoneux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Loamic).



a - Solum NS1



b - Solum NS2-1



c - Solum NS2-3



d - Solum NS3



e - Solum NS4



f - Solum NS5-1



g - Solum NS6-1



h - Solum NS6-2



i - Solum NS7-1



j - Solum NS7-2



k - Solum NS7-3



l - Solum NS7-4

Planche photographique I - Les solums des sols alluviaux du bassin de Nsa

III.4 – Caractérisation des sols alluviaux du bassin de M'zab

III.4.1 – Site 1

Ce site est situé en amont de l'oued M'zab. En aval de l'affluent Al-Abiode. Environ 11 Km au Nord-Ouest de la ville de Dayet Ben Dahoua (Wilaya de Ghardaïa). A une altitude moyenne de 570 m.

Les terrains autour de ce site sont des formations calcaires dolomitiques en alternances de bancs marneux datées de Turonien, qui constituent l'ossature de la dorsale du M'zab. Le paysage général est dominé par des ravins et des collines de la Chebka du M'zab.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier trois types de sols alluviaux. Le reste des paysages (collines et ravins) sont dominés par des lithosols et des sols d'apport colluvial.

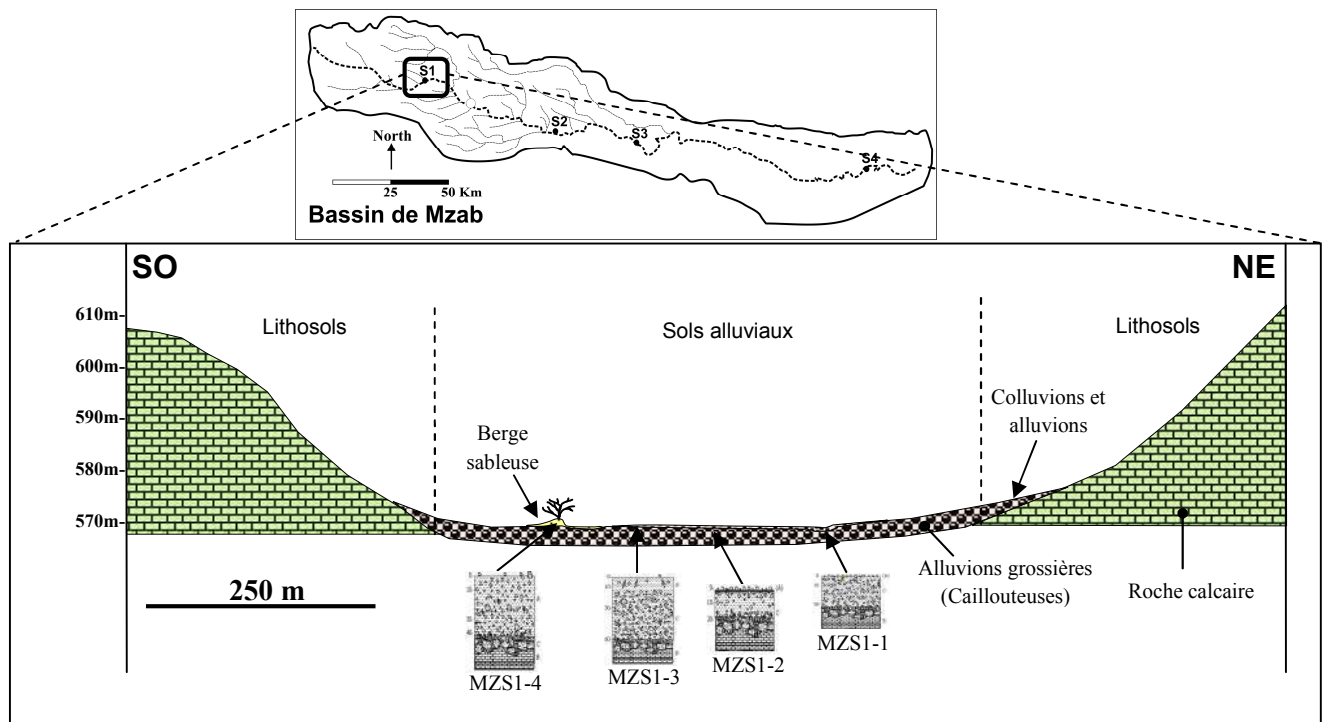


Figure III.4. 1 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 1 (bassin de M'zab)

La figure III.4.1 illustre les principales unités du sol rencontré dans le site 1. Les sols alluviaux sont représentés par les solum **MZS1-1**, **MZS1-2**, **MZS1-3** et **MZS1-4** dont leur étude détaillée est comme suivant :

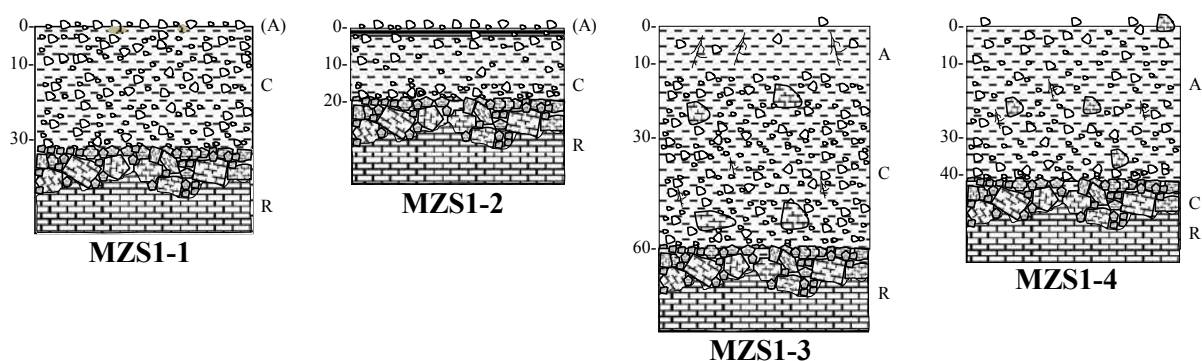


Figure III.4.2 - Les solums de site 1 (MZS1)

L'étude morphologique (Figure III.4.2, Planche III et annexe I) montre que le sol est généralement peu à très peu profond. Il présente une charge grossière très importante dès la surface. Les éléments grossiers ont une forme arrondie, sub-arrondie, émoussée ou aplaté, qui reflète une origine allochtone. L'horizon superficiel A ou (A) est constitué d'une terre fine sableuse influencée par des apports éoliens, formant des voiles sableux remaniés par les eaux des crues ou accumulés sous les berges ou en forme des buttes.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.4.1), montre que la texture des sols est limoneuse, alors qu'en surface, la texture est sableuse, influencée un peu par les apports sableux d'origine éolienne. La structure est de type poudingue (planche III) car le limon colmate la charge grossière en profondeur est inhibe le drainage et favorisant ainsi le ruissèlement lors des crues. Les résultats montrent aussi que les sols sont non salés, moyennement calcaires, légèrement à moyennement alcalin et pauvre en matière organique.

Tableau III.4.1 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique des solum : MZS1-1, MZS1-2, MZS1-3 et MZS1-4

Profil	Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%), avec deca.					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
			A	Lf	Lg	Sf	Sg				
MZS1-1	C1	0-2	-	-	-	-	-	Caillouteux	90	-	-
	C2	2-30	3,9	17,7	22,8	25,3	30,3	Loamo-sablo- caillouteux	40	7,73	0,53
MZS1-2	A	0-1,5	19,5	14,1	3,7	48,9	13,8	Loamo-argileux sableux	5	8,12	0,23
	C1	1,5-20	16,2	4,5	2,3	52,3	24,7	Loamo-sableux	20	7,96	0,22
MZS1-3	A	0-15	15,6	1,4	3,0	39,0	41,0	Loamo-sableux	2	8,06	0,25
	C1	15-60	18,9	6,9	2,1	23,3	48,8	Caillouto- Loamo-sableux	50	8,2	0,18
MZS1-4	A	0-40	12,4	11,4	3,6	55,4	17,2	Caillouto-Loamo-sableux	60	8,05	0,16

Les apports éoliens sableux contribuent énormément dans formation des sols alluviaux. Chaque ruissèlement des eaux des crues, il se passera un remaniement et un entrainement des ces apports éoliens. Pour connaître l'influence de remaniement sur les sables

éoliens, nous avons essayé d'analyser deux types de sable : l'un se trouve en état de dépôt éolien non touché par les eaux des crues et l'autre entraîné et remanié. Les résultats d'analyse sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.4.2 - Caractérisation physique, physico-chimique et chimique des sables de surface en amont de lit d'oued M'zab.

Type de sable	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	pH	CE dS/m	Calca.T (%)	MO (%)
	A	Lf	Lg	Sf	Sg					
éolien	6,13	2,38	1,9	84,05	5,23	Sable	8,27	0,10	1,00	0,53
remanié	5,68	5,5	0,75	79,10	7,46	Sable	7,76	0,16	1,26	0,42

D'après les résultats obtenus, nous remarquons qu'il y a un début de changement des caractéristiques vers une légère augmentation de la teneur du sol en limon fin, en sable grossier et en calcaire total. Ces éléments sont parmi les paramètres qui facilitent la distinction entre les sables des horizons d'origine éolienne ou ceux d'origine alluviale.

Classification des sols

L'étude morphologique des solums a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher les sols de ces solums, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions calcaires grossièrement caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVISOLS BRUTS, caillouteux-graveleux, de lit mineur ;
- ❖ **USDA 2014** : Typic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO 2014** : Skeletic Calcaric Fluvisols (Arenic / yermic).

III.4.2 – Site 2

Ce site est situé environ 3000 m de point de jonction de l'affluent Noumerat et l'oued M'zab. A une altitude moyenne de 385 m. Environ 22 Km à l'Ouest de la ville de Zelfana (Wilaya de Ghardaïa).

Les terrains autour de ce site sont des formations calcaires plus ou moins dolomitiques parfois pétries de coquilles marines datées de Crétacé supérieur, qui constituent l'ossature de la dorsale du M'zab. Le paysage général est dominé par des ravins et des collines de la *Chebka* du M'zab.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier un seul type de sols alluviaux. Le reste des paysages (collines et ravins) sont dominés par des lithosols et des sols d'apport colluvial ou éolien.

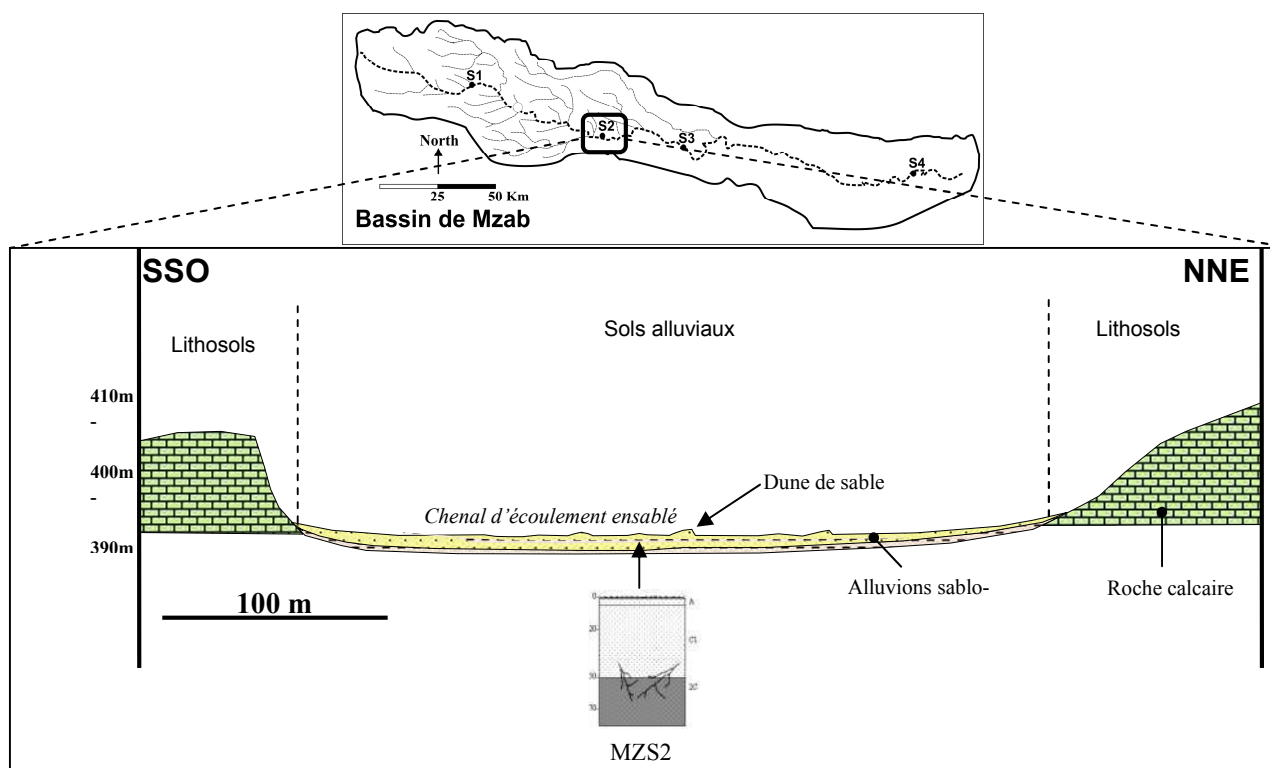


Figure III.4. 3 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 2 (bassin de M'zab)

La figure III.4.3 illustre les principales unités du sol rencontré dans le site 2. Les sols alluviaux sont représentés par le seul solum MZS2 dont son étude détaillée est comme suivant :

III.4.2.1. - Solum MZS2

Ce solum est localisé dans le lit mineur de l'oued M'zab. Les terrains alluviaux sont légèrement inclinés vers l'Est. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des accumulations sableuses d'origine éolienne avec des rides et des écailles, résultant de la sédimentation des sables éoliens puis des alluvions fines de l'oued. La végétation est dominée par des buissons et des herbes à savoir : *Rhantheruim adpressum*, *Thymelia macrophylla*, *Moricandia arvensis*, *Stipagrostis pungens*, *Nicotiana glauca*, *Oudneya africana*, *Euphorbia guyaniena*, *Farsetia hamiltonii* et *Cleome arabica*.

L'étude morphologique (Figure III.4.4, Planche III et Annexe I) montre que le sol est profond. Il est influencé par des apports éoliens entremêlé avec des apports alluviaux, ce qui en résulte une superposition de quatre couches, l'une argileuse en profondeur surmenée par

une autre sableuse (sable grossier) puis une autre sablonneuse (sable fin) recouverte en surface par une dernière couche mince limoneuse. La structure est feuilletée écaillée en surface, particulière dans la couche sableuse et continue pour la couche la plus profonde.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.4.3), montre que la texture du sol est sablonneuse pour les 50 première centimètres et argileuse pour le reste du profil. Le sol est non salé ($< 0,5$ dS/cm), le profil salin à une tendance générale descendante (figure III. III.4.5), il est légèrement à moyennement alcalin, sa teneur en calcaire est faible à moyenne et sa teneur en matière organique est très faible pour les cinq premières centimètres.

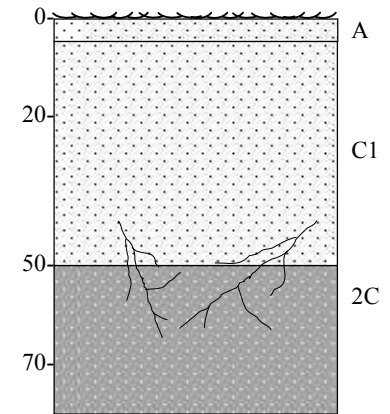


Figure III.4.4 - Solum MZS2

Tableau III.4.3 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS2

Horz.	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
(A)	0-0,5	9,5	1,9	2,5	53,7	32,4	Sablo-loameux	0	7,88	0,53
	0,5-5	5,2	0,9	0,2	37,2	56,5	Sableux	0	7,61	0,15
C	5-50	4,5	1,7	1,2	59,3	33,3	Sableux	0	7,94	0,17
2C	50-70	61,1	32,1	2,5	3,4	0,9	Argileux	0	8,02	0,30

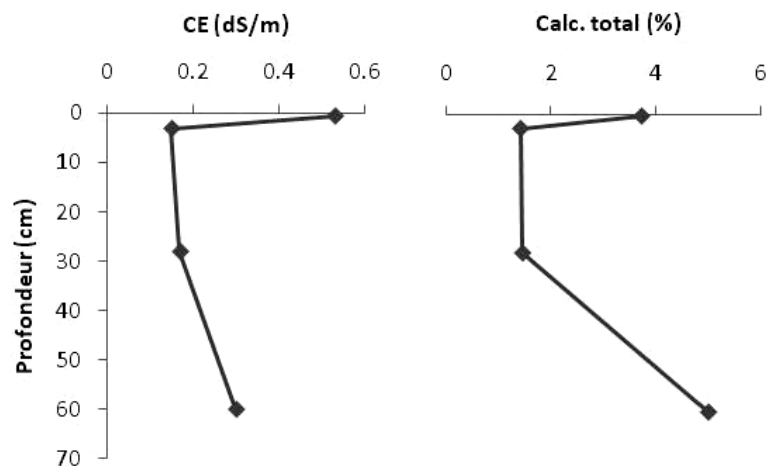


Figure III.4.5 - Profils salin et de calcaire du solum MZS2

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". Donc, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture très fine ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE dunaire en surface, de lit mineur ;
- ❖ **USDA 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.4.3 – Site 3

Ce site est situé environ 9 Km à l'Est de la ville de Zelfana (Wilaya de Ghardaïa). Les terrains autour de ce site sont dominés par des terrains dénudés par l'érosion hydrique. Ce sont des formations sédimentaires gréseuses datées de Pontien (Mio-Pliocène), recouvertes par des accumulations sableuses d'origine éolienne.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier quatre types de sols alluviaux. Le reste des paysages (plateaux et glacis) sont dominés par des Regosols et des sols d'apport colluvial ou éolien.

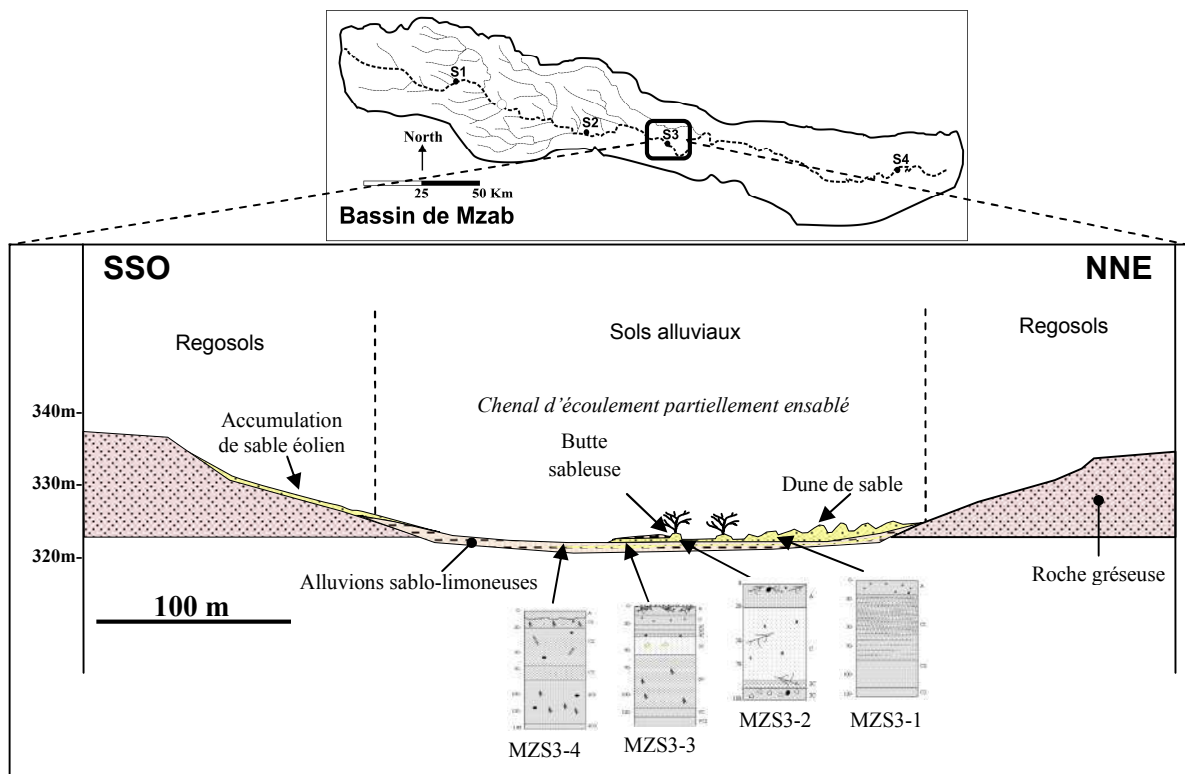


Figure III.4.6 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 3 (bassin de M'zab)

La figure III.4.6 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 3. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solums MZS3-1, MZS3-2, MZS3-3 et MZS3-4 dont leur étude détaillée est comme suivant :

III.4.3.1 - Solum MZS3-1

Ce solum est localisé sur le chenal d'écoulement de l'oued M'zab, dans sa partie la plus ensablée. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des accumulations sableuses, en forme de dune, d'origine éolienne entremêlées avec des alluvions limono-sableuses et recouvertes en surface par couche mince limoneuse. La végétation est dominée par : *Zilla macroptera*, *stipagrostis pungens* et *Retama retam*.

L'étude morphologique (Figure III. III.4.7, Planche III et Annexe I) montre que le sol est très profond. Il présente une homogénéité texturale du haut vers le bas du profil. Le sol est bien stratifié et strié, le sable est entremêlé avec des microcouches limoneuses. La structure est de type particulaire dans tous le solum, sauf pour la couche mince superficielle où elle est lamellaire.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.4.4), montre que la texture du sol est sablo-limoneuse. La fraction sableuse est dominée par le sable grossier dans la partie supérieure du profil et par le sable fin pour partie inférieure. Le sol est non salé (< 0,3 dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.4.8), le pH est moyennement alcalin. La teneur en calcaire total est modérée, alors que la matière organique est faible pour les première quatre-vingt centimètre du sol (Annexe II).

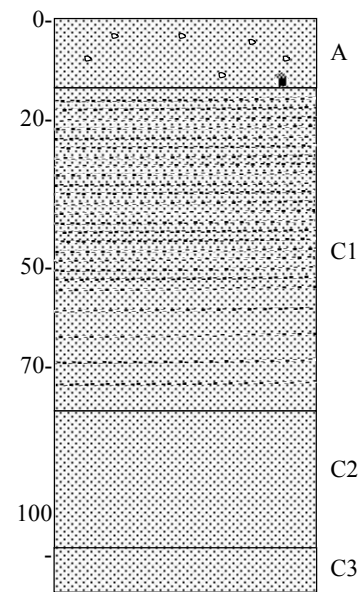


Figure III.4.7 - Solum MZS3-1

Tableau III.4.4 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS3-1

Horz.	Prof. (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-15	12,4	0.0	1.0	17,7	68,9	Sablo-loameux	0	8,07	0,20
C1	15-85	11,4	1.0	1,9	18.0	67,7	Sablo-loameux	0	7,85	0,18
C2	85-115	10,9	0,7	1,5	55,8	31,1	Sablo-loameux	0	8,18	0,12
C3	115-125	11,9	1.0	1,5	47.0	38,6	Sablo-loameux	0	7,92	0,27

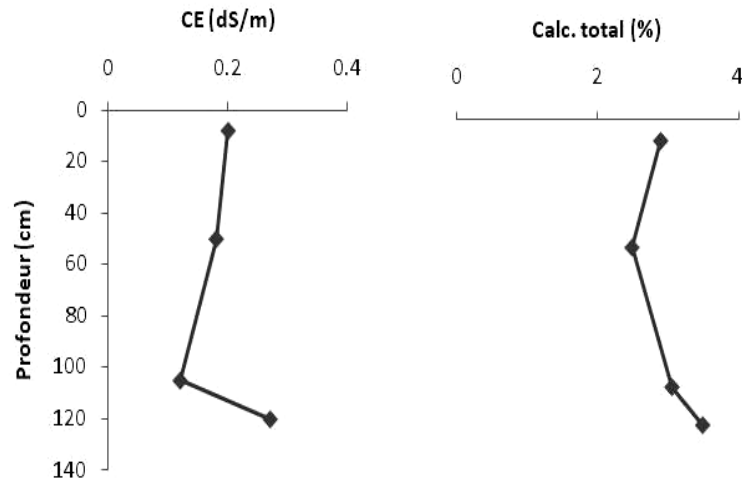


Figure III.4.8 - Profils salin et de calcaire du solum MZS3-1

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur sables éoliens siliceux ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVISOL BRUT, calcaire, dunaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torripsamments ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.4.3.2 - Solum MZS3-2

Ce solum est localisé sur une butte (îlots) maintenu par une végétation buissonneuse. L'état de surface autour de ce solum est recouvert partiellement par une végétation herbacée et buissonneuse clairsemée. Les espaces non recouverts sont caractérisés par une terre limono-sableuse et des débris végétaux ainsi que des traces d'accumulation sableuse recouvertes par une couche limoneuse d'origine alluviale. La végétation est dominée principalement par *Zilla macroptera*.

L'étude morphologique (Figure III.4.9, Planche III et Annexe I) montre que le sol est constitué de quatre couches superposées : une couche profonde sableuse un peu caillouteuse reflète un apport purement alluvial et torrentiel surmontée par une autre couche limoneuse reflète une sédimentation lente, puis une autre couche sableuse qui présente les signes d'une activité biologique importante (enracinement, trous et débris végétaux) puis la couche

supérieure est sableuse riche en racines et en matière organique fraîche. Les deux couches supérieures constituent l'essentiel de la butte buissonneuse. La structure est de type particulaire pour les couches sableuses et continue pour les couches limoneuses.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.4.5) montre que la texture du sol est sableuse sauf pour la troisième couche où elle est limoneuse. Le sol est non salé sauf pour la première couche où il est légèrement salé, ce qui donne un profil salin ascendant. Le pH est légèrement à moyennement alcalin. Le calcaire total est moyennement élevé (figure III.4.10) alors que la matière organique est faible pour les première quatre-vingt centimètre du sol (Annexe II).

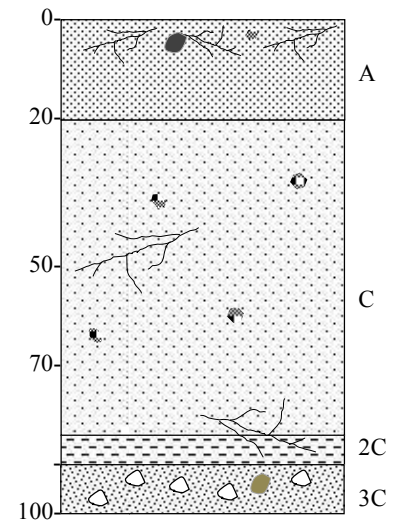


Figure III.4.9 - Solum MZS3-2

Tableau III.4.5 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS3-2

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-20	13,4	0,0	0,1	58,5	28,0	Sablo-loameux	0	7,64	0,79
C	20-85	9,2	0,1	1,2	75,0	14,5	Sableux	0	7,76	0,21
2C	85-90	13,6	0,2	3,8	56,0	26,4	Loamo-sableux	0	8,06	0,30
3C	90-100	8,4	0,3	1,2	9,3	80,8	Sableux	10	7,97	0,20

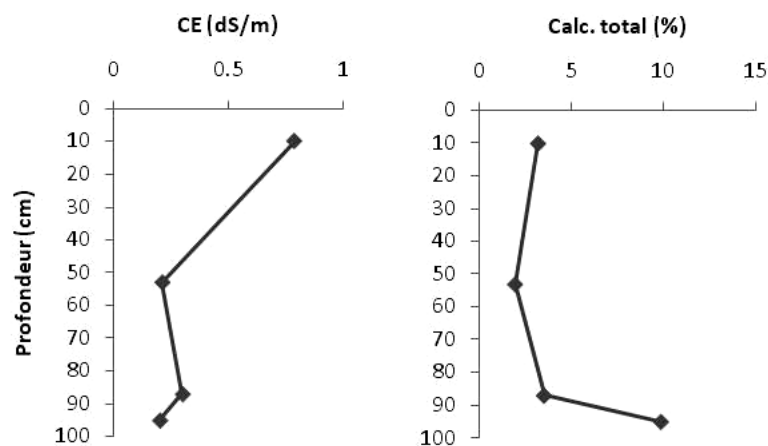


Figure III.4.10 - Profils salin et de calcaire du solum MZS3-2

U
U

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE calcaire, sableuse, d'obstacle, du lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : **Calcaric Fluvisols (Arenic).**

III.4.3.3 - Solum MZS3-3

Ce solum est localisé au fonds du lit mineur de l'oued M'zab. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des cailloux et des pierres d'origine alluviale. Pas de végétation signalée autour de ce solum.

L'étude morphologique (Figure III.4.11, Planche III et Annexe I) montre que le sol est profond. Il présente une stratification de couches limoneuses et sableuses bien visible avec des limites bien distinctes. La structure du sol est d'une manière générale particulière sauf pour la troisième couche qui présente une teneur très élevée en limon apparaît sous une structure massive compacte et collante. Les racinaires les taches noires sont moyennement abondantes.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.4.6), montre que la texture du sol est sableuse à limoneuse. La fraction argileuse est notable dans toutes les couches. Le sol dans tous les couches de ce solum est non salé ($< 0,4$ dS/cm), le profil salin à une tendance ascendante (figure III.4.12), le pH est moyennement alcalin, Le calcaire total est moyennement élevé (figure III.4.12), alors que la matière organique est faible pour les première trente centimètre du sol (Annexe II).

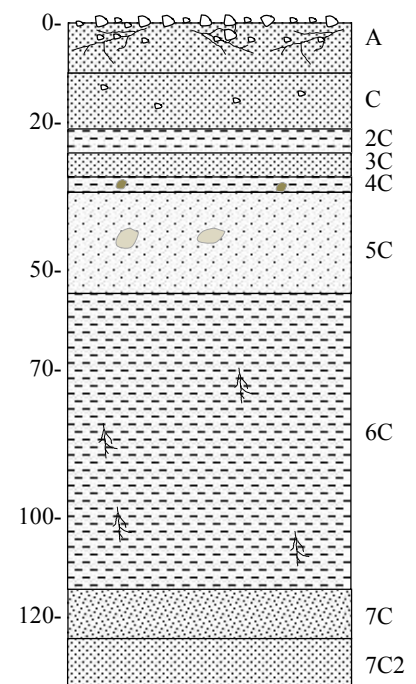


Figure III.4.11 - Solum MZS3-3

Tableau III.4.6 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS3-3

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-10	10,0	2,5	3,9	9,1	74,5	Sablo-loameux	20	8,05	0,18
C	10-22	13,4	0,4	0,6	32,2	53,4	Sablo-loameux	0	8,47	0,12
2C	22-26	13,7	2,2	0,8	62,0	21,3	Loamo-sableux	0	7,82	0,36
2C	26-33	9,5	4,7	3,3	50,0	32,5	Sablo-loameux	0	8,11	0,21
4C	33-35	13,4	4,9	2,0	64,7	15,0	Loamo-sableux	0	7,94	0,25
5C	35-55	6,4	1,9	2,4	55,1	34,2	Sableux	0	8,04	0,15
6C	55-115	15,1	5,1	3,2	58,2	18,4	Loamo-sableux	0	8,19	0,22
7C1	115-125	9,9	0,1	0,1	13,9	76,0	Sablo-loameux	0	8,38	0,17
7C2	125-135	12,4	0,0	2,5	76,1	9,0	Sablo-loameux	0	8,2	0,22

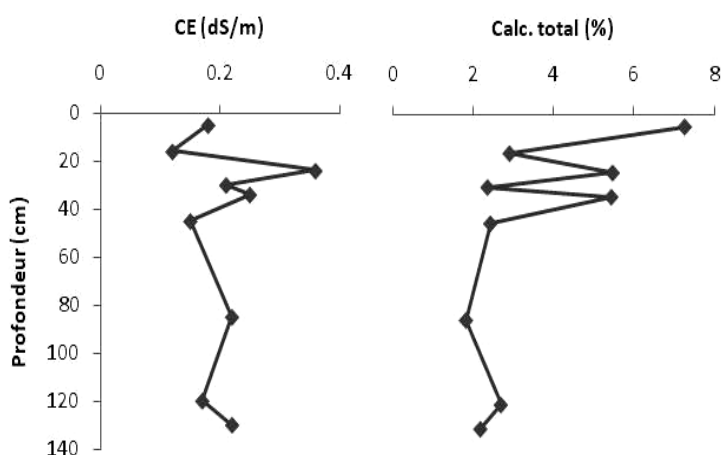


Figure III.4.12 - Profils salin et de calcaire du solum MZS3-3

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". Donc, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture fine ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE sablo-limoneux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (loamic).

III.4.3.4 - Solum MZS3-4

Ce solum est localisé au fonds du lit mineur de l'oued M'zab. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence d'un réseau de polygones démantelés formés par des dépôts d'alluvions limoneuses. Pas de végétation signalée autour de ce solum.

L'étude morphologique (Figure III.4.13, Planche III et Annexe I) montre que le sol est profond. Il présente une stratification d'horizons qui diffèrent de point de vue couleur et texture (sableuse ou limoneuse). En profondeur on note l'existence d'un horizon différent des autres horizons avec une texture sableuse et une couleur blanchâtre (lessivé). La matière organique dans le sol se présente sous forme des taches grisâtres et une activité racinaire localisée dans le deuxième horizon et en profondeur. La structure de tous les horizons est particulière.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.4.7), montre que la texture du sol est équilibrée pour les horizons supérieurs (jusqu'à 83 cm) et sableuse pour le reste des horizons en profondeur. La fraction sableuse est dominée par le sable fin. Le sol dans tous les horizons de ce solum est non salé (< 0,4 dS/cm), le profil salin à une tendance descendante (figure III.4.14). Le pH est légèrement à moyennement alcalin. Le calcaire total est moyennement élevé (figure III.4.14) surtout pour le premier horizon limoneux, alors que la matière organique est moyenne pour les première vingt centimètre du sol (Annexe II).

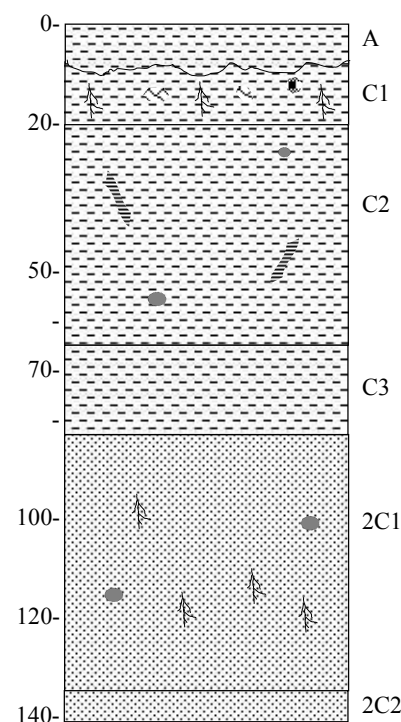


Figure III.4.13 - Solum MZS3-4

Tableau III.4. 7 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS3-4

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-7	13,1	0,8	10,6	48,6	26,9	Loamo-sableux	0	7,8	0,14
C1	7-20	17,0	1,0	3,0	47,1	31,9	Loamo-sableux	0	7,26	0,16
C2	20-65	13,3	19,7	2,1	50,1	14,8	Loamo-sableux	0	8,31	0,24
C3	65-83	14,6	2,6	0,1	7,1	75,6	Loamo-sableux	0	8,19	0,19
2C1	83-135	11,1	3,5	0,5	82,4	2,5	Sablo-loameux	0	7,95	0,35
2C2	135-140	9,8	2,4	1,9	35,7	50,2	Sablo-loameux	0	8,37	0,20

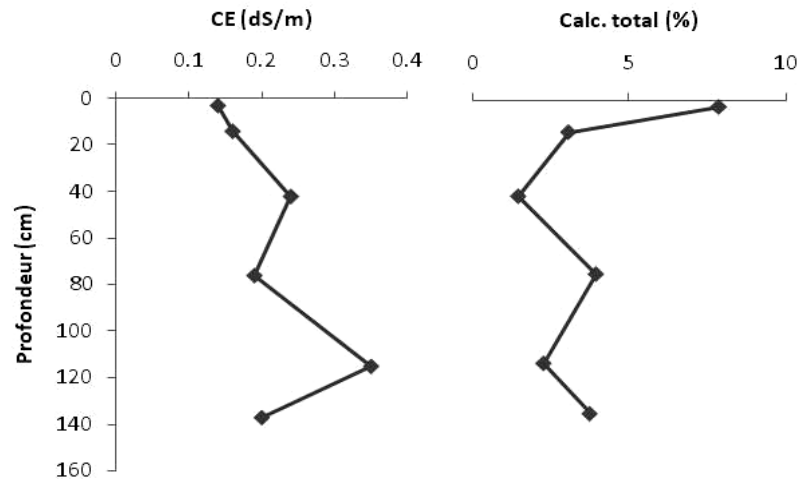


Figure III.4. 14 - Profils salin et de calcaire du solum MZS3-4

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". Donc, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions calcaires à texture fine ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE limono-sableux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (loamic).

III.4.4 – Site 4

Ce site est situé environ 14 Km à l'Est de la route Fran - El-Hdjira (CW202). Nord ouest de la région de Frane. Les terrains autour de ce site sont dominés par des surfaces dénudées par l'érosion hydrique. Ce sont des formations sédimentaires gréseuses datées de Pontien (Mio-Pliocène), les dépressions et les ravins sont recouverts par des accumulations sableuses d'origine éolienne.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier trois types de sols alluviaux. Le reste des paysages (plateaux et glacis) sont dominés par des Regosols et des sols d'apport colluvial ou éolien.

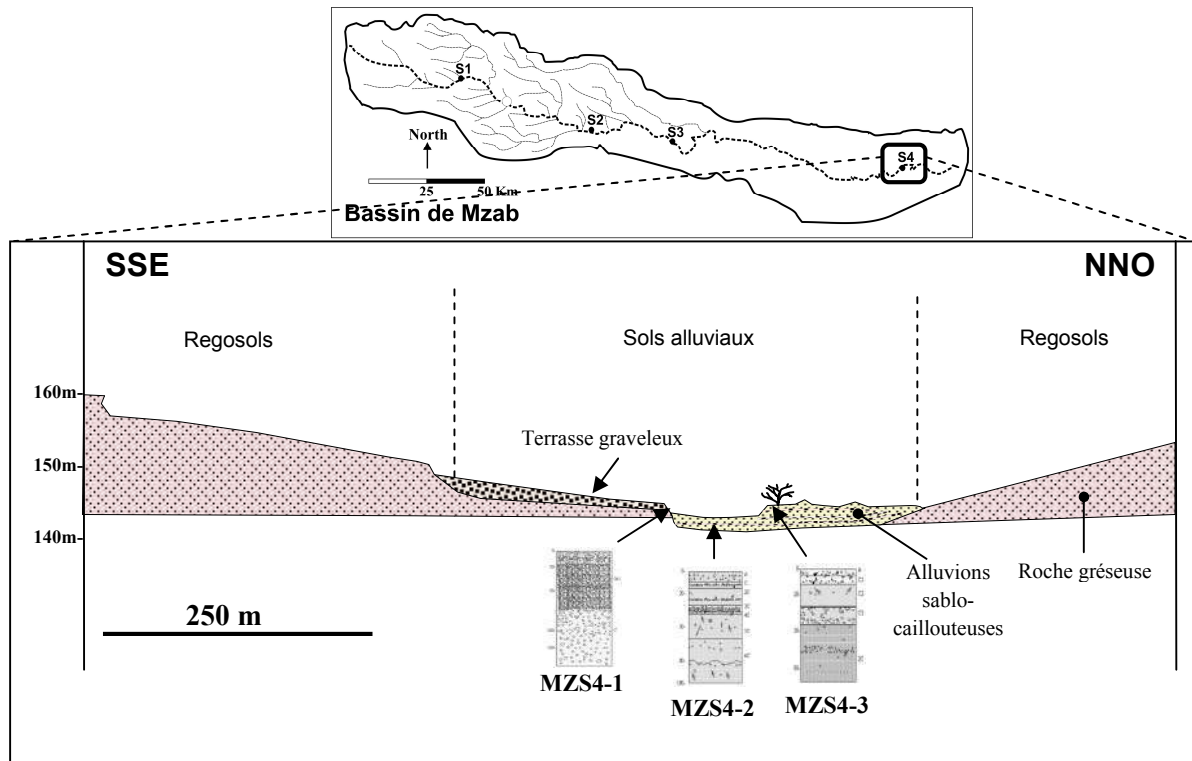


Figure III.4.15 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 4 (bassin de M'zab)

La figure III.4.15 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 4. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solums MZS4-1, MZS4-2, et MZS4-3 dont leur étude détaillée est comme suivant :

III.4.4.1 - Solum MZS4-1

Ce solum est localisé sur une terrasse alluviale sur la rive sud de l'oued M'zab. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence des graviers d'origine alluviale (forme arrondie et émoussée). La végétation est dominée par : *Helianthum lippii*, *Paronychia Arabica*, *Stipagrostis pungens*, *Stipagrostis plumosa* et *Neurada procumbens*.

L'étude morphologique (Figure III.4.16, Planche III et Annexe I) montre que le sol présente une charge grossière très importante (> 60%) apparaisse dès la surface du sol jusqu'à une profondeur de 75 cm. Puis, avec une transition nette, le sol en profondeur devient sablo-graveleux, avec des manchons de gypse très abondants.

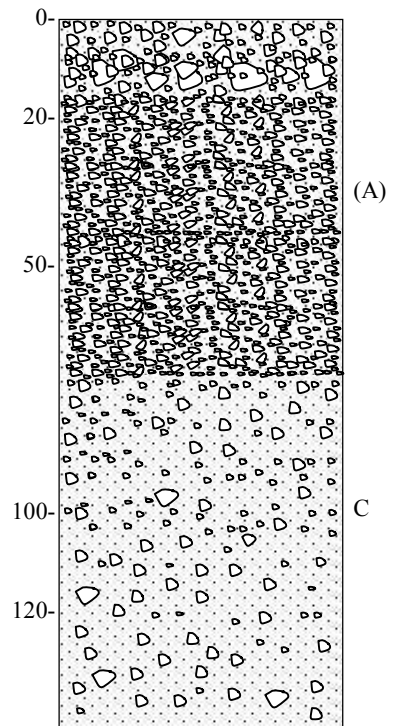


Figure III.4.16 - Solum MZS4-1

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.4.8) montre que la texture du sol est sableuse. Le sol est légèrement salé ($0,6 < CE < 1,2$), légèrement alcalin. Le calcaire total est moyennement élevé. Alors que la matière organique est très faible dans ce sol (Annexe II).

Tableau III.4.8 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS4-1

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
(A)	0-75	2,7	1,8	3,5	30,6	61,4	Sableux	63,77	7,58	1,03
C	75-155	6,9	0,1	0,1	57,5	35,4	Sableux	11,74	7,6	1,00

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur grès calcaires tendres ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUT graveleux, calcaire, de terrasse ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torriorthents;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Skelitic Fluvisols (Arenic).

III.4.4.2 - Solums MZS4-2 et MZS4-3

Ces solums sont localisés au fond du lit mineur (talweg). L'état de surface autour de ces solums est caractérisé par la présence des voiles sableux et des cailloux. La végétation est dominée par des plantes herbacées clairsemées à savoir *Tamarix gallica*, *Retama retam*, *Ephedra alata*, *Rhantheruim adpressum*, *Zilla macroptera*, *Savigna longchistyla*, *Cleome arabica* et *Euphorbia guyoniana*.

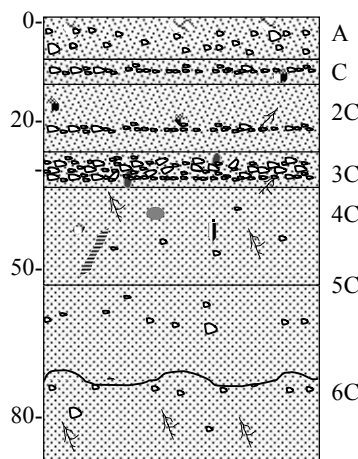


Figure III.4.18 - Solum MZS4-2

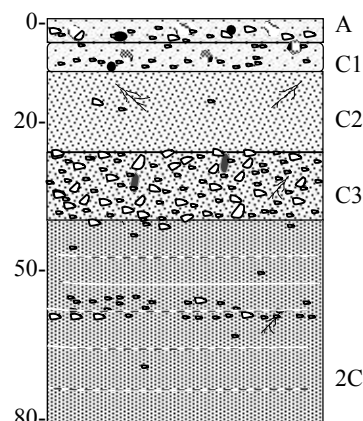


Figure III.4.18 - Solum MZS4-3

L'étude morphologique (Figure III.4.17 et III.4.18, Planche III et Annexe I) montre que le sol est profond. Constitué d'une stratification d'horizon sableuse et graveleux. Les éléments grossiers ont une forme arrondie et émoussées qui reflètent une origine allochtone d'apport alluvial. La structure est de type particulière. Les horizons sableux apparaissent striés, qui reflètent probablement une origine éolienne.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.4.9) montre que la texture des horizons est sableuse. Les sols est non à légèrement salé ($0,6 < CE < 1,2$), les profils salins ont une tendance ascendante (figures : III.4.19 et III.4.20), alors que le pH est légèrement à moyennement alcalin. Le calcaire total est faible à moyen (figure III.4.19 ; III.4.20), alors que la matière organique est faible (Annexe II).

Tableau III.4.9 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS4-2

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-10	2,0	1,7	0,5	18,4	77,4	Sableux	14,77	7,96	0,90
C	10-15	0,0	3,7	0,4	5,2	90,7	Sablo-graveleux	48,57	8,57	0,33
2C	15-30	3,0	2,9	0,0	15,8	78,3	Sableux	11,27	8,25	0,42
3C	30-37	0,2	3,4	0,8	14,0	81,6	Gravelo-Sableux	66,10	7,52	0,88
4C1	37-60	3,9	7,3	8,4	38,2	42,2	Sablo-loameux	0,19	7,15	0,53
4C2	60-80	4,2	7,8	5,6	7,2	75,3	Sablo-loameux	5,48	8,41	0,39
5C	80-90	3,98	0,10	0,67	10,87	84,37	Sableux	13,34	8,12	0,85

Tableau III.4.10 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MZS4-3

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-5	1,1	1,5	6,3	33,6	57,5	Sableux	23,96	7,94	0,87
C1	5-12	0,5	1,8	5,7	40,0	52,0	Sableux	7,95	7,37	0,89
C2	12-30	1,6	2,2	4,4	10,0	81,8	Sableux	3,58	7,82	0,40
C3	30-45	3,4	0,3	3,3	6,3	86,7	Sableux	46,43	7,99	0,94
2C	45-90	5,9	2,1	3,9	60,7	27,4	Sablo-loameux	0,18	7,84	0,40

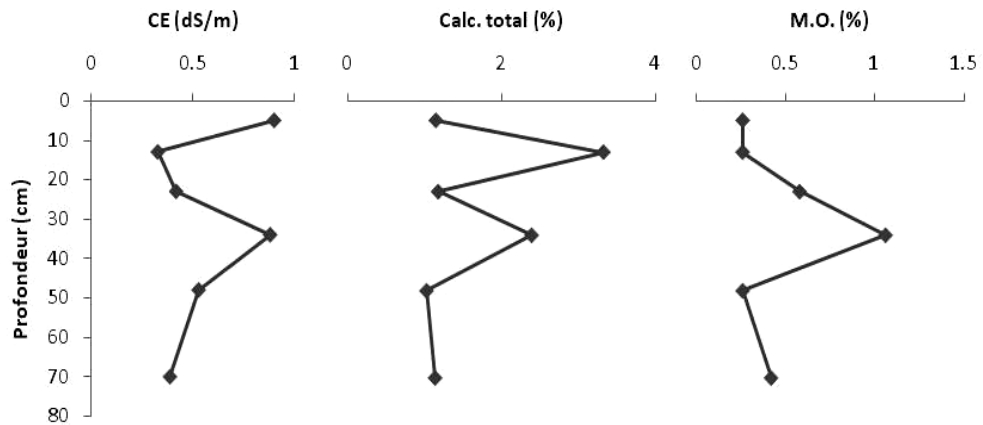


Figure III.4.19 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MZS4-2

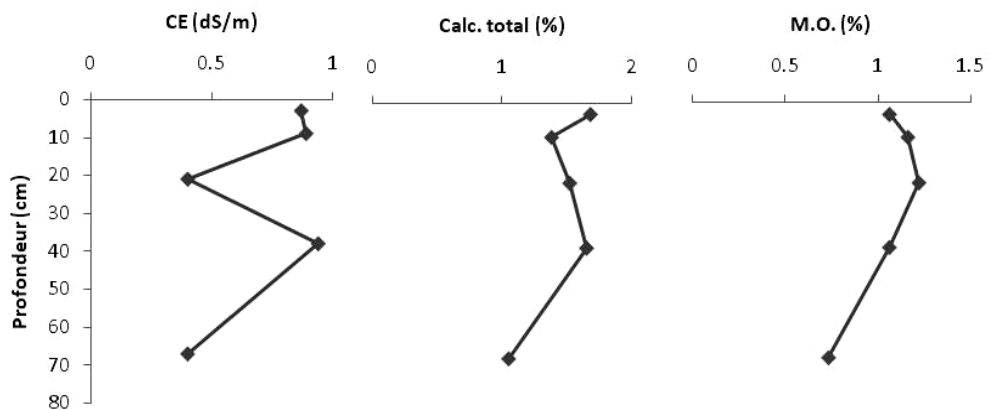


Figure III.4.20 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MZS4-3

Classification des sols

L'étude morphologique des solums a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. Donc, on peut rattacher les sols de ces solums, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUT sableux, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torriorthents;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Skelitic Fluvisols (Arenic)



a. Solum MZS1-1



b. Solum MZS1-2



c. Solum MZS1-3



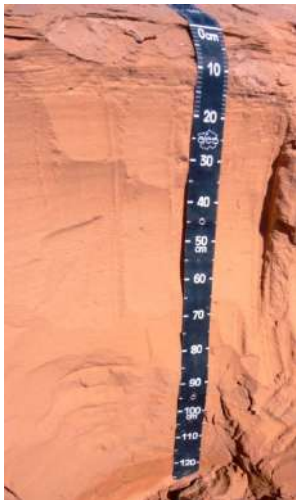
d. Solum MZS1-4



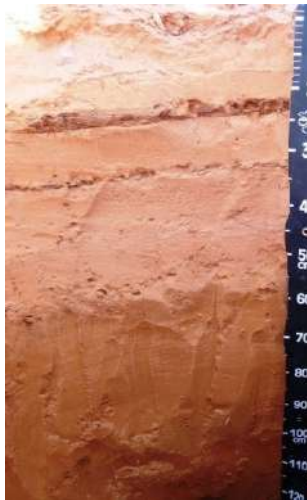
e. Solum MZS2



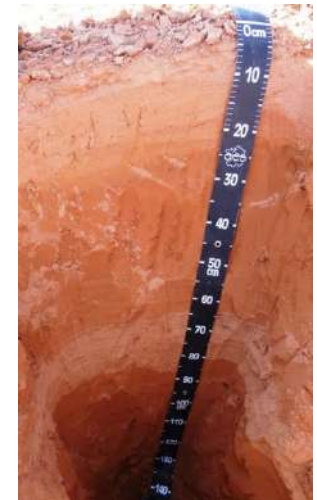
f. Solum MZS3-2



g. Solum MZS3-1



h. Solum MZS3-3



i. Solum MZS3-4



j. Solum MZS4-1



k. Solum MZS4-2



l. Solum MZS4-3

Planche photographique II- Les solums des sols alluviaux du bassin de M'zab

III.5 – Caractérisation des sols alluviaux du bassin de Metlili

III.5.1 – Site 1

Ce site est situé en amont de l'oued Metlili. Environ 15 Km au Nord-Ouest de la ville de Metlili (Wilaya de Ghardaïa). A une altitude moyenne de 560 m.

Les terrains autour de ce site sont des formations calcaires dolomitiques en alternances de bancs marneux datées de Turonien (dorsale du M'zab). Le paysage général est dominé par des ravins et des collines de la Chebka du M'zab.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier un seul type de sols alluviaux. Le reste des paysages (collines et ravins) sont dominés par des lithosols et des sols d'apport colluvial.

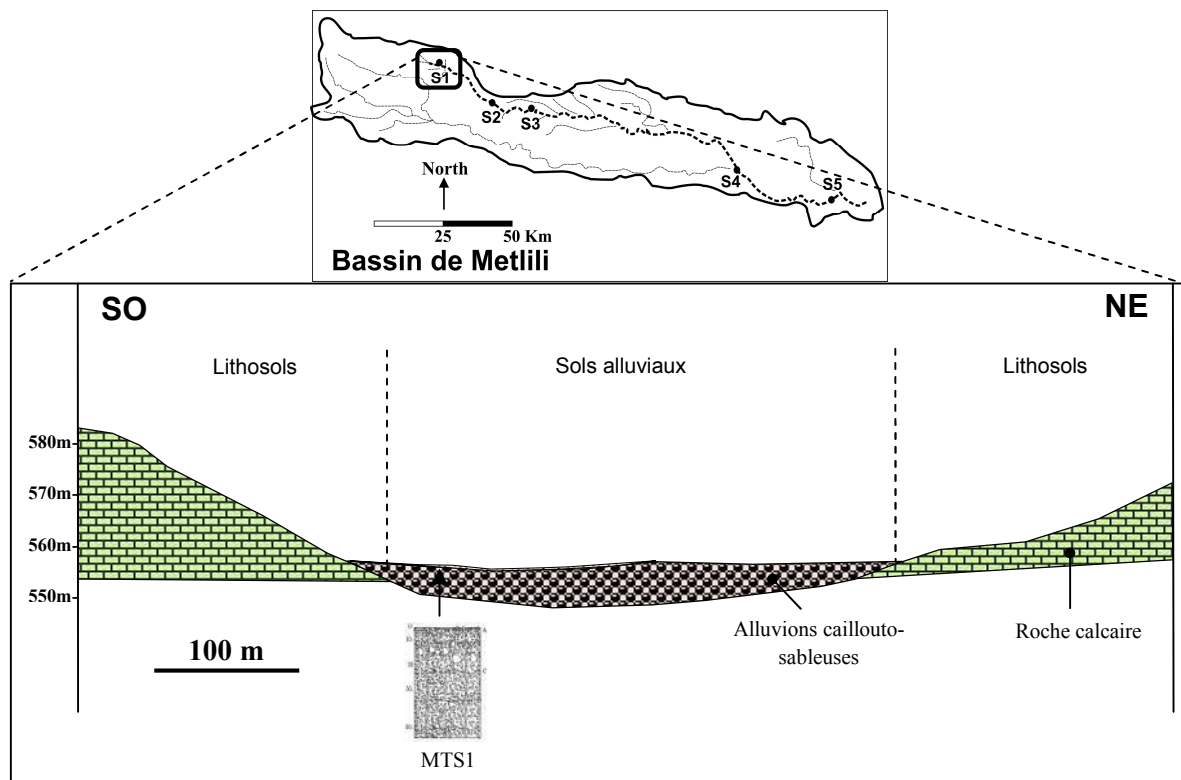


Figure III.5.1 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 1 (bassin de Metlili)

La figure III.5.1 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 1. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par le sol MTS1 dont son étude détaillée est comme suivant :

III.5.1.1 - Solum MTS1

L'étude morphologique (Figure III.5.2, Planche IV et annexe I) montre que le sol est généralement très peu profond. Il présente une charge grossière très importante dès la surface. Les éléments grossiers ont une forme arrondie, sub-arrondie, émoussée ou aplaté, qui reflète une origine allochtone. L'horizon superficiel (A) est constitué d'une terre fine sableuse influencée par des apports éoliens, formant des voiles sableux, dans certains endroits, sont remaniés par les eaux des crues ou accumulés sous les berges ou en forme des petites buttes.

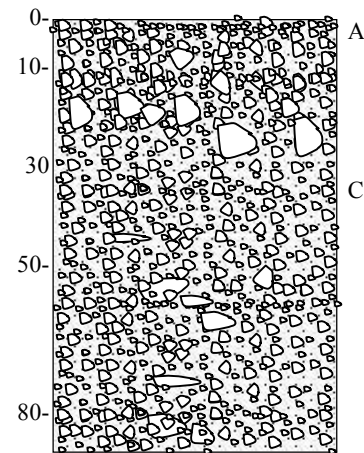


Figure III.5.2 - Solum MTS1

L'analyse granulométrique de la terre fine ou la matrice (tableau III.5.1), montre que la texture des sols est sableuse, influencée par les apports sableux d'origine éolienne. Les résultats montrent aussi que la terre fine est non salée, moyennement calcaire, légèrement alcaline, alors que la matière organique est moyennement faible (Annexe II).

Tableau III.5. 1 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS1

Horz.	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	E.G. (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
(A)	0-15	5,4	2,2	3,1	30,6	58,7	Caillouto-Sableux	72	7,74	0,12
C1	15-90	4,6	0,1	0,3	37,1	57,9	Caillouto-Sableux	52,59	7,68	0,10

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions calcaires grossièrement caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUT caillouteux-graveleux, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Skeletic Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.5.2 – Site 2

Ce site est situé environ 5 Km à l'Est de la région de Metlili. Les terrains autour de ce site présentent les mêmes caractéristiques du premier site, c'est-à-dire des formations calcaires datées de Turonien. Le paysage général est dominé aussi par des ravins et des collines de la Chebka du M'zab. On note une forte présence des accumulations sableuses sur les collines et les ravins qui forment la rive sud de la vallée de Métlili dans le site 2 (planche IV).

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier un seul type de sols alluviaux. Le reste des paysages (collines et ravins) sont dominés par des lithosols et des sols d'apport colluvial et éolien.

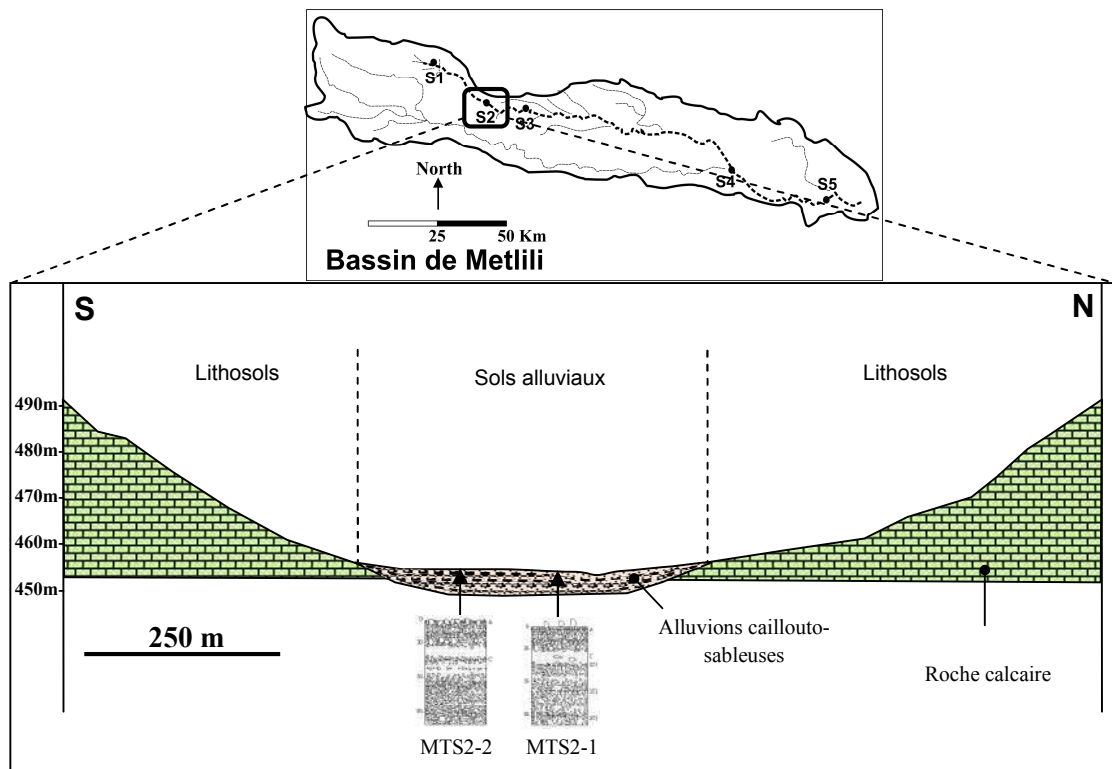


Figure III.5.3 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 2 (bassin de Metlili)

La figure III.5.3 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 2. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solums MTS2-1 et MTS2-2 dont leur étude détaillée est comme suivant :

III.5.2.1 - Solum MTS2-1 et MTS2-2

Ces solums sont localisés dans lit mineur. L'état de surface autour de ces solums est caractérisé par la présence des cailloux et des voiles sableux. La végétation est dominée par des plantes herbacées clairsemées ou buissonneuses (principalement par *Oudneya africana*).

L'étude morphologique (Figure III.5.3, Planche IV et Annexe I) montre que les sols sont généralement peu à très peu profonds. Ils présentent une charge grossière très importante dès la surface. Les éléments grossiers ont une forme émoussée, arrondie, sub-arrondie ou aplatie, qui reflète une origine allochtone. Les solums se présentent sous forme d'une stratification de couches caillouteuses et sableuses.

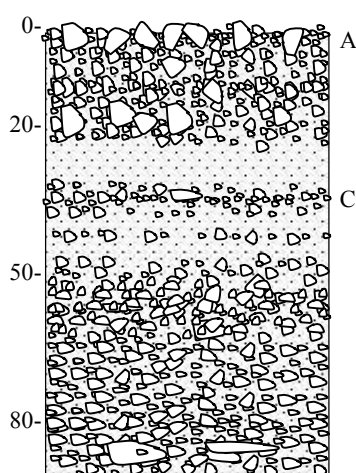


Figure III.5.4 - Solum MTS2-1

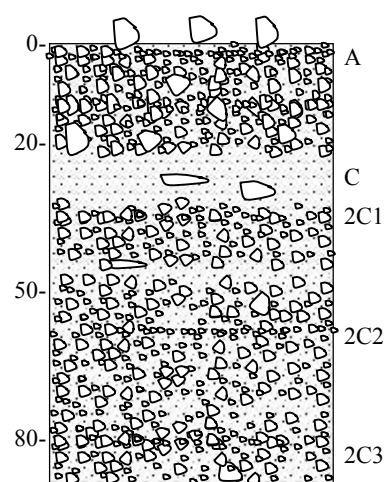


Figure III.5.5 - Solum MTS2-2

L'analyse granulométrique de la matrice fine (tableaux : III.5.2 et III.5.3), montre que la texture des sols est sableuse, influencée un peu en surface par les apports sableux d'origine éolienne. La texture sableuse avec une forte charge grossière, donne aux sols une structure particulière favorisant un bon drainage du sol. Les résultats d'analyse montrent aussi que les sols sont non salés (profil salin ascendant), moyennement calcaires, légèrement à moyennement alcalin alors que la matière organique est faible à moyenne.

Tableau III.5.2 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS2-1

Horz.	Prof(cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG(%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-20	3,7	1,5	2,9	51,6	40,3	Sablo-caillouteux	53,12	7,84	0,19
C	20-35	0,8	0,5	0,3	71,2	27,2	Sableux	-	7,74	0,09
2C1	35-40	4,1	0,5	0,2	74	21,2	Caillouto-Sableux	60	7,95	0,11
2C2	40-70	0	1,8	0,8	90,6	6,8	Caillouto-Sableux	63	7,80	0,07
2C3	70-90	4,6	0,4	0,6	20,8	73,6	Sablo-caillouteux	43,78	7,67	0,13

Tableau III.5.3 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS2-2

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-20	4,8	0,2	0,1	73,9	21	Sablo-caillouteux	45	7,83	0,18
C1	20-40	4	0,1	0,1	2	93,8	Sableux	-	7,74	0,10
C2	40-50	4,7	0,4	0,1	15,6	79,2	Sablo-caillouteux	52	7,64	0,08
C3	50-80	4,5	0	0,2	5,9	89,4	Sablo-caillouteux	48	7,96	0,09

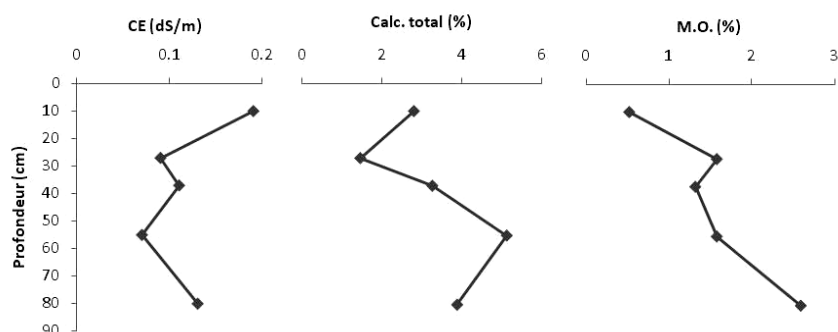


Figure III.5.6 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS2-1

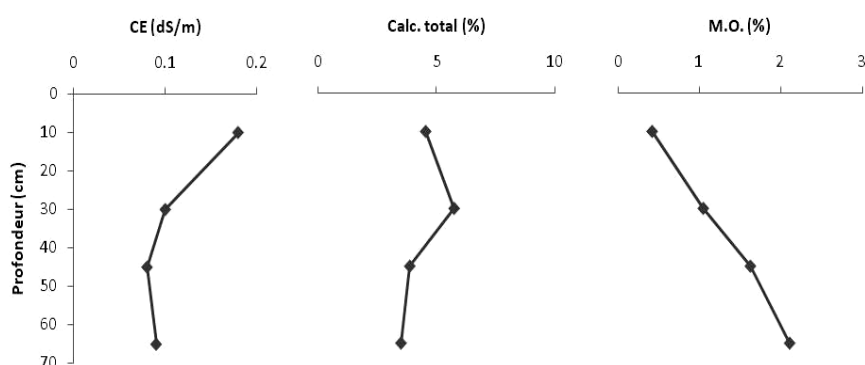


Figure III.5.7 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS2-2

Classification des sols

L'étude morphologique des solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher les sols de ces solums, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions calcaires grossièrement caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUT charge grossière, caillouteux-graveleux, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Skeletic Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.5.3 – Site 3

Ce site est situé environ 16 Km à l'Est de la région de Metlili (Près de la route national N1 reliant Ghardaïa et El Goléa. Les terrains autour de ce site présentent les mêmes caractéristiques que celles des sites 1 et 2, c'est-à-dire des formations calcaires datées de Turonien. Le paysage général est dominé aussi par des ravins et des collines de la Chebka du M'zab.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier un seul type de sols alluviaux. Le reste des paysages (glacis, ravins et collines) sont dominés par des lithosols et des sols d'apport colluvial ou éolien.

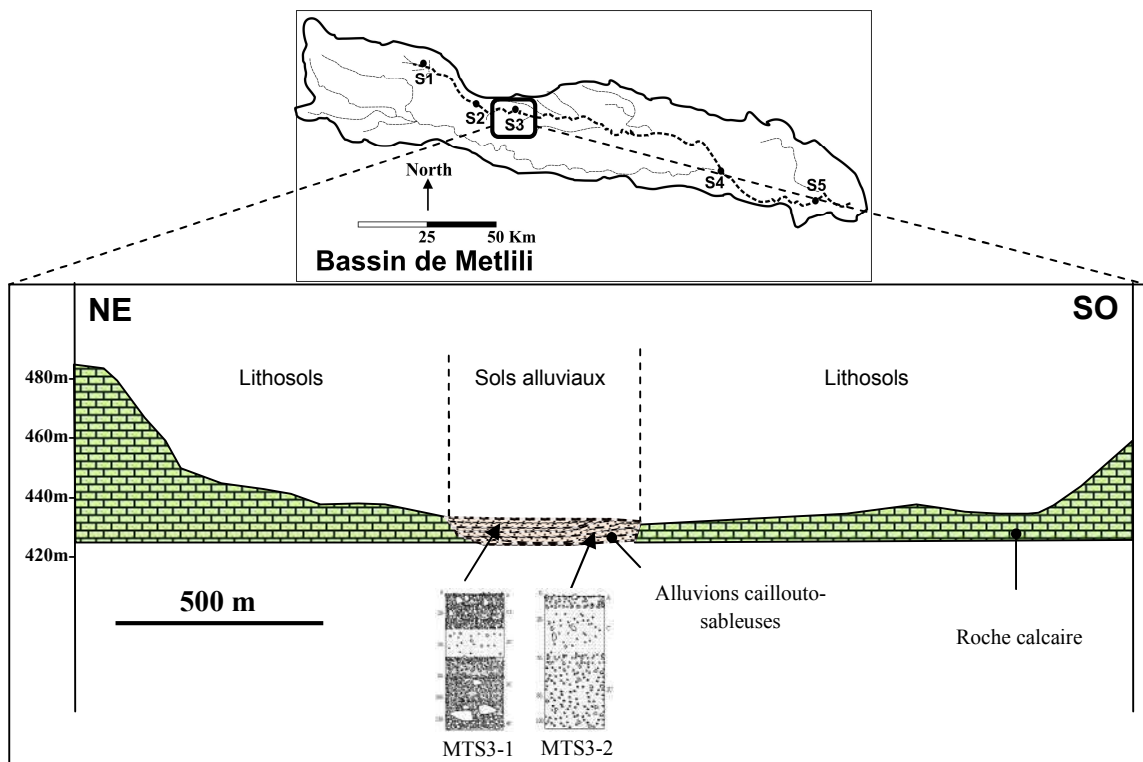


Figure III.5. 8 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 3 (bassin de Metlili)

La figure III.5.8 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 3. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solums MTS3-1 et MTS3-2 dont leur étude détaillée est comme suivant :

III.5.3.1 - Solum MTS3.1 et Solum MTS3.2

Ces solums sont localisés dans lit mineur. L'état de surface autour de ces solums est caractérisé par la présence des cailloux et des voiles sableux. La végétation est dominée par

des plantes herbacées clairsemées, principalement par *Cleom arabica*, ou buissonneuses par *Retama retam*.

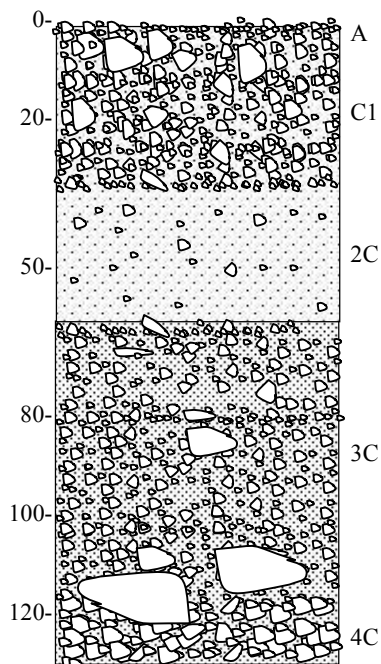


Figure III.5. 9 - Solum MTS3-1

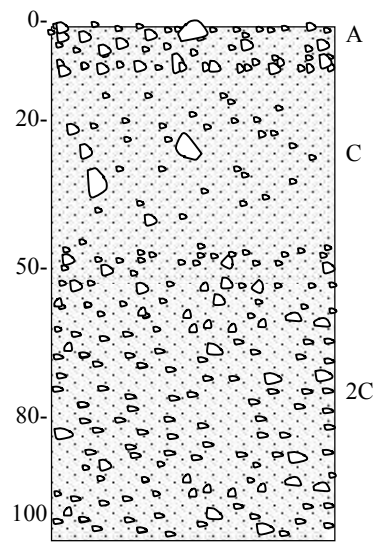


Figure III.5. 9 - Solum MTS3-2

L'étude morphologique des ces solums (Figures : III.5.9 et III.5.10, planche IV et annexe I) montre que le sol est généralement peu à très peu profond. Il présente une charge grossière très importante dès la surface surtout pour le solum MTS3-1. Les éléments grossiers ont une forme émoussée, arrondie, sub-arrondie ou aplaté, qui reflète une origine allochtone. Les solums se présentent sous forme d'une stratification de couches caillouteuses et sableuses. L'horizon superficiel A ou (A) est constitué d'une terre fine sableuse influencée par des apports éoliens, formant des voiles sableux, dans certains endroits, ils sont remaniés par les eaux des crues ou accumulés sous forme des buttes. La structure du solum MTS3-1 est de type poudingue (planche IV) car le limon colmate la charge grossière. Ce colmatage inhibe le drainage, ce qui favorise le ruissèlement lors des crues. La structure du solum MTS3-2 est de type particulière, vue l'importance de la texture sableuse dans la matrice du sol.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableaux : III.5.4 et III.5.5) montre que la texture des sols est sableuse à équilibrée. Alors qu'en surface (2 à 4 cm), la texture est sableuse, influencée par les apports sableux d'origine éolienne. Les résultats montrent aussi que les sols sont non salés, moyennement calcaires, moyennement alcalin et pauvre en matière organique.

Tableau III.5.4 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS3-1

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-35	2,2	1,2	0,1	31,7	64,8	Caillouto-Sableux	83	7,8	0,20
C1	35-60	2,9	0,2	0,1	17,7	79,1	Sableux	25	8,19	0,12
C2	60-120	4,7	0,4	12	62,3	20,6	Caillouto-Sablo-loameux	75	7,92	0,11
C3	120-130	12,5	0,4	0,3	23,8	63	Sablo-limono-Caillouteux	53	7,91	0,16

Tableau III.5.5 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS3-2

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-10	2,6	0,2	1,7	44,4	51,1	Sablo-caillouteux	46	7,94	0,18
C1	10-45	2	0,2	0,9	26,1	70,8	Sableux	15	7,98	0,10
C2	45-105	8,6	0,6	0,3	50,4	40,1	Sablo-caillouteux	43	7,99	0,17

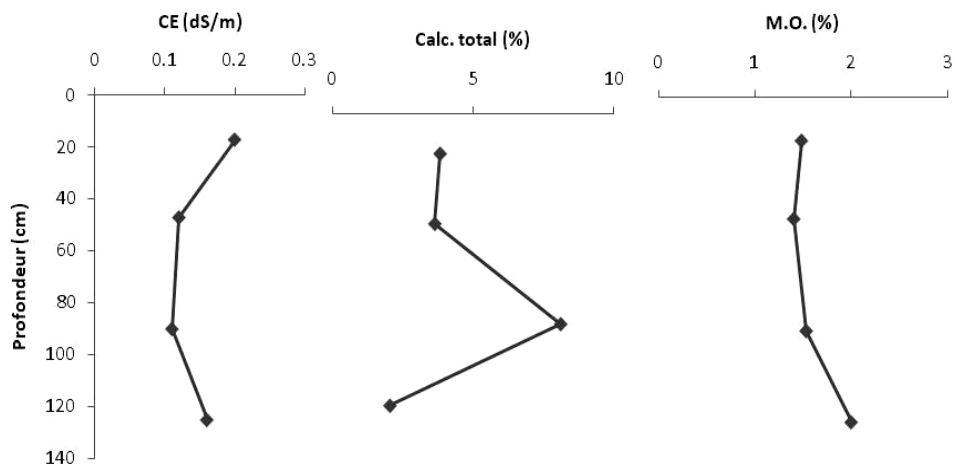


Figure III.5.10 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS3-1

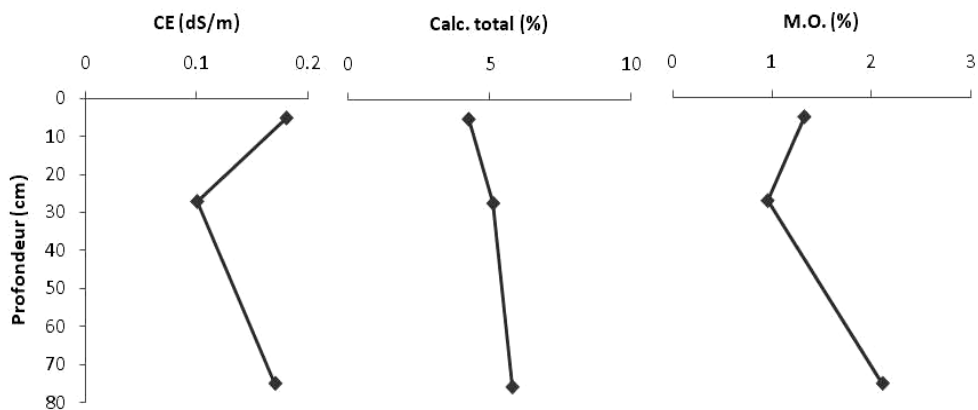


Figure III.5.11 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS3-2

U

Classification des sols

L'étude morphologique des solums a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher les sols de ces solums, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions calcaires grossièrement caillouteuses ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUT, charge grossière, caillouteux, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Skeletic Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.5.4 – Site 4

Ce site est situé environ 43 Km au sud-est de la région de Zelfana, 80 Km à l'est de la région de Metlili. Les terrains autour de ce site sont dominés par des surfaces dénudées par l'érosion hydrique et éolienne. Ce sont des formations sédimentaires gréseuses datées de Pontien (Mio-Pliocène), les dépressions et les cours d'eau sont recouverts par des accumulations sableuses d'origine éolienne.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier deux types de sols alluviaux. Le reste des paysages (plateaux et glacis) sont dominés par des Regosols et des sols d'apport colluvial ou éolien.

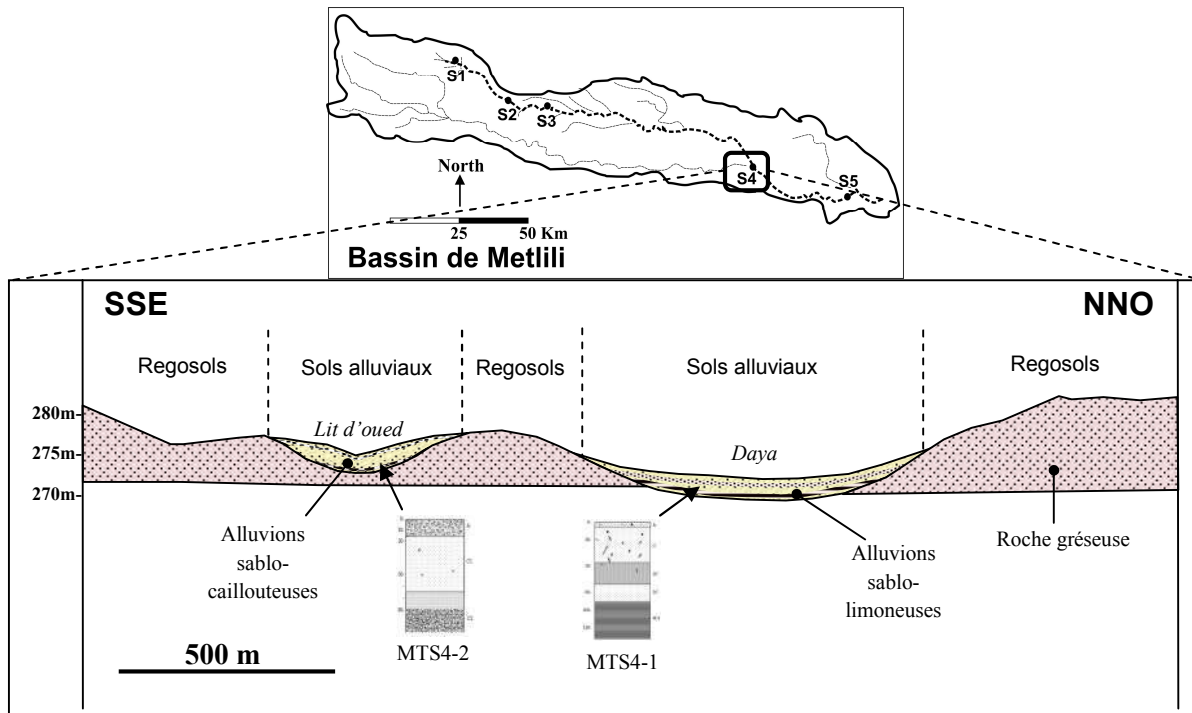


Figure III.5.12 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 4 (bassin de Metlili)

La figure III.5.13 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 4. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par les solums MTS4-1 et MTS4-2, dont leur étude détaillée est comme suivant :

III.5.4.1 - Solum MTS4-1

Ce solum est localisé dans la Daya de Ghalga. Il s'agit d'une dépression ou petit bassin endoréique, relié avec le réseau hydrographique de bassin de Metlili. Cette dépression est alimentée par les alluvions fines des crues de l'oued Metlili. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence d'un réseau des polygones démantelés formés par des dépôts d'alluvions limoneuses (structure écaillée) ce qui reflète une sédimentation très lente des eaux des crues. Les accumulations sableuses d'origine éolienne sont observée loin du profil dans les bordures de la daya. La végétation est dominée par des buissons et des herbes principalement par *Retama retam* et *Pergularia tomintosa* (Ghalga).

L'étude morphologique (Figure III.5.14, Planche IV et Annexe I) montre que le sol est profond. Constitué d'une stratification de couches alluviales de nature texturale fine, limoneuses et sableuses. La structure des couches limoneuses est de type feuilleté lamellaire qui reflète un régime de sédimentation très lente avec une sous-structure polyédrique anguleuse. Alors que la structure des couches sableuses est de type continu. Ces dernières apparaissent striées, qui reflètent probablement une origine éolienne plus ou moins remaniée ou entremêlée avec les alluvions limoneuses. L'activité biologique et la matière organique sont abondantes, surtout dans les couches sableuses les plus proches de la surface.

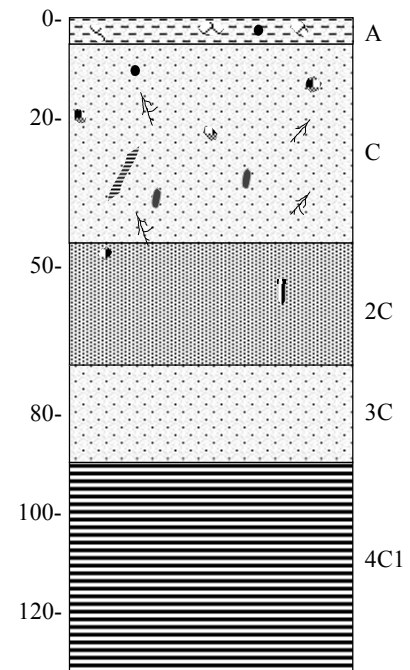


Figure III.5.13 - Solum MTS4-1

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.5.6) montre que la texture du sol est de type limoneux ou sableux, ce qui reflète un régime de sédimentation des alluvions très lent. Le sol est non salé ($< 0,5$ dS/cm), avec un profil salin d'une tendance ascendante, le pH est légèrement à moyennement alcalin, le calcaire total est moyennement élevé, atteint plus de 19 %. Alors que la matière organique est faible (Figure III.5.15).

Tableau III.5.6 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS4-1

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-5	15,5	16,5	7,1	59,9	1	Loamo-sableux	0	7,06	0,49
C	5-45	5	0	0	80,5	14,5	Sableux	0	7,89	0,17
2C	45-70	12,3	1,3	0,5	78,5	7,4	Sablo-loameux	0	8,07	0,13
3C	70-90	3,8	1,6	0,5	68,5	25,6	Sableux	0	8,02	0,14
4C1	90-150	21	0,5	0,3	72,7	5,5	Loamo-argileux sableux	0	8	0,11
4C2	>150	23,6	6,9	6,8	61,2	1,5	Loamo-argileux sableux	0	7,92	0,13

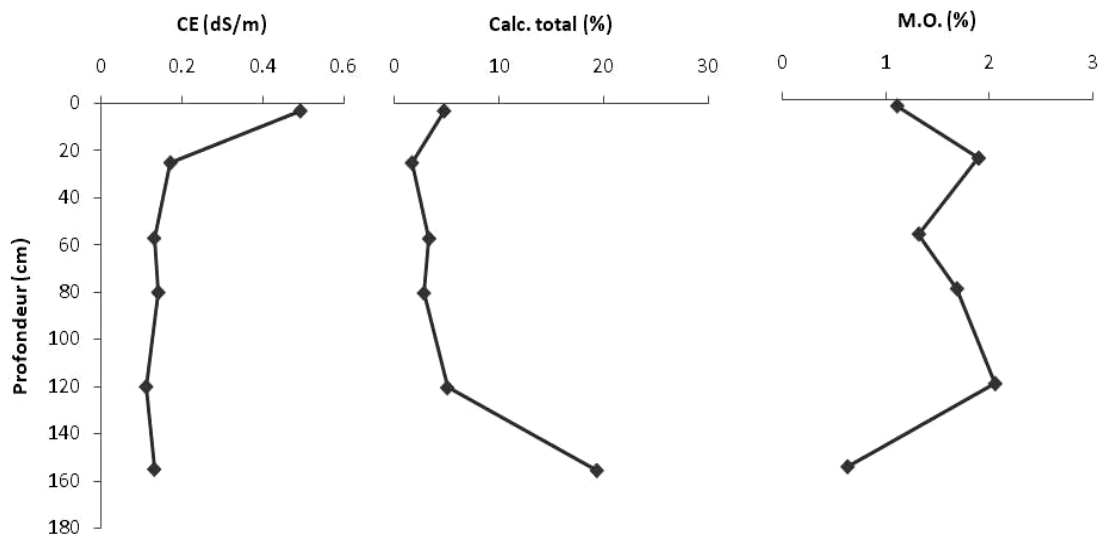


Figure III.5.14 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS4-1

U

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé la présence d'un horizon de surface très peu évolué "Js". Donc, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions calcaires à texture fine ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL JUVENILE limoneux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torrifuvents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Loamic).

III.5.4.2 - Solum MTS4-2

Ce solum est localisé au fond du lit d'oued (lit mineur). L'état de surface autour de ce solum est dominé par des surfaces graveleuses et sableuses et une végétation naturelle dominée par : *Retama retam* et *Anabasis articulata*.

L'étude morphologique (Figure III.5.16, Planche IV et Annexe I) montre que le sol est constitué d'une stratification de couches alluviales de nature texturale variable : limoneuse, sableuse et graveleuse. Les graviers ont une forme arrondie. La structure du sol est continue (consolidée) qui reflète un régime de sédimentation variable.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.5.7) montre que la texture du sol est de type sableux. Le sol est non salé (< 0,2 dS/cm), avec un profil salin d'une tendance ascendante, légèrement alcalin et le calcaire total est moyennement élevé. Alors que la matière organique est faible à moyenne (figure III.5.17).

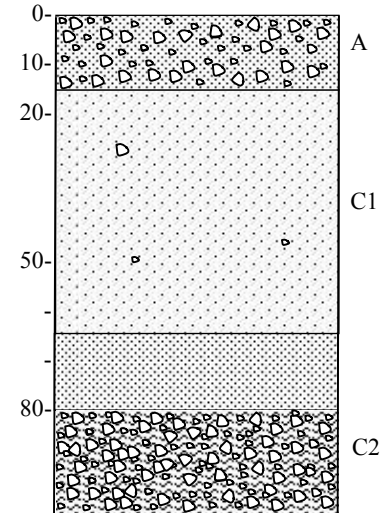


Figure III.5.15 - Solum MTS4-2

Tableau III.5.7 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS4-2

Horz (cm)	Prof (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-15	9,7	0,2	2,9	68,9	18,3	Sablo-loameux-graveleux	25	8,06	0,16
C	15-65	6,7	1,4	0,4	75,5	16	Sableux	5	8,12	0,13
2C1	65-80	11,7	0,1	0,2	83	5	Sablo-loameux	2	8,02	0,13
2C2	>80	10,1	3,5	1,6	73,9	10,9	Sablo-loameux-graveleux	30	7,95	0,14

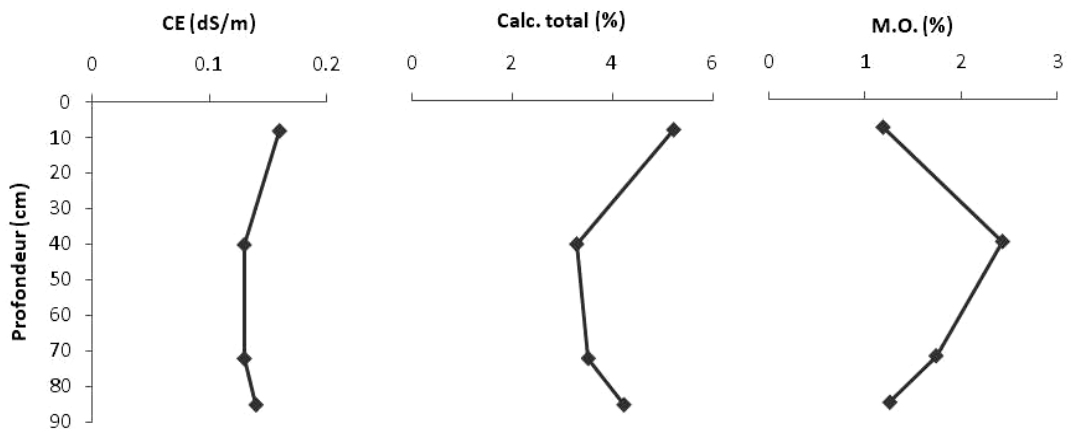


Figure III.5.16 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS4-2

U

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUT sableux, graveleux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA, 2014** : Typic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).

III.5.5 – Site 5

Ce site est situé environ 56 Km à l'ouest de la région de Ouargla. Il s'agit d'une dépression ou daya nommée Dayet Remtha (peut être en référence à la présence de plante *Haloxylon scoparium*). C'est exutoire final actuel de l'oued Metlili. Les terrains autour de ce site sont dominés par des surfaces dénudées par l'érosion hydrique. Ce sont des formations sédimentaires gréseuses datées de Pontien (Mio-Pliocène). Les dépressions et les ravins sont recouverts par des accumulations sableuses d'origine éolienne, alors que la surface des plateaux et des glacis présentent l'aspect d'un pseudo-reg.

La prospection sur terrain suivie par des sondages à la tarière ont permis d'identifier deux types de sols alluviaux. Le reste des paysages (plateaux et glacis) sont dominés par des Regosols et des sols d'apport colluvial ou éolien.

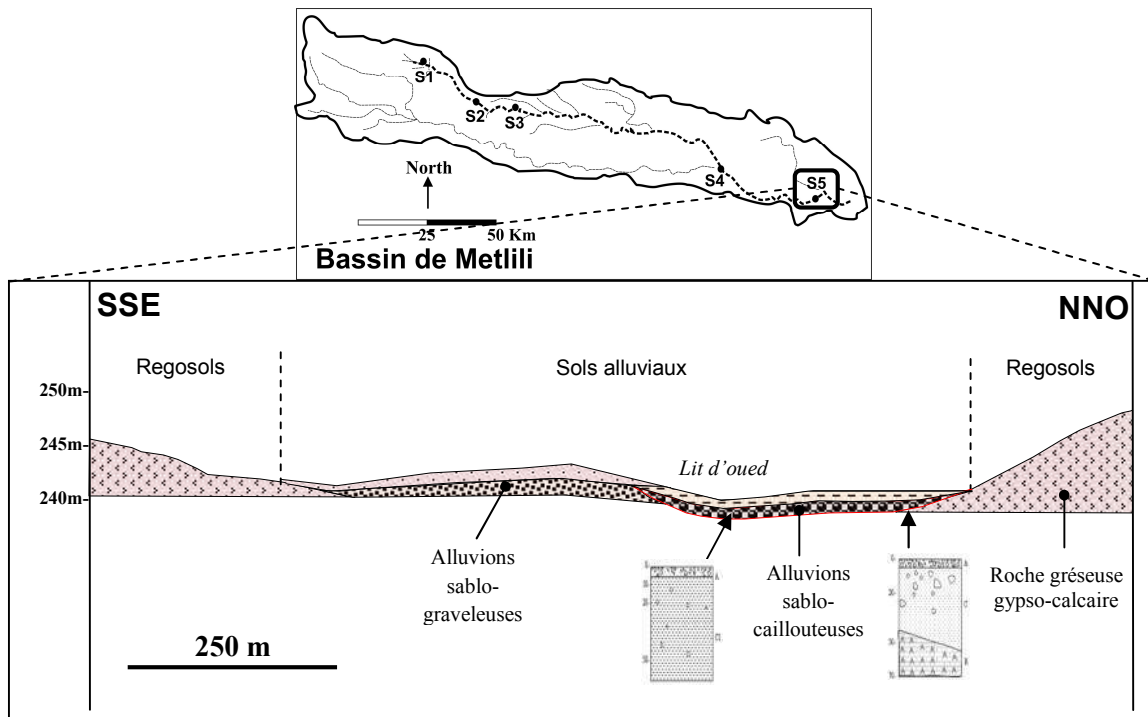


Figure III.5.17 - Coupe schématique montrant la distribution des unités du sol dans le site 5 (bassin de Metlili)

La figure III.5.18 illustre les principales unités du sol rencontrées dans le site 5. Les sols alluviaux étudiés sont représentés par le solum MTS5-1 et MTS5-2 dont leur étude détaillée est comme suivant :

III.5.5.1 - Solum MTS5-1

Ce solum est localisé sur un glaciais alluvial, sur la rive Est de l'oued Metlili. L'état de surface autour de ce solum est caractérisé par la présence de deux types de graviers, l'un d'origine alluviale (forme sub-arrondie) et l'autre d'origine colluviale (forme anguleuse).

L'étude morphologique (Figure III.5.19, Planche IV et Annexe I) montre que le sol est peu profond car il est limité en une profondeur (40 à 60 cm de la surface) par une dalle gypso-calcaire. Le sol présente une charge grossière importante apparaisse dès la surface du sol. Puis, avec une transition nette et brutale vers une couche blanchâtre d'une structure continue et cimentée.

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.4.8) montre que la texture du sol est sableuse. Le sol est non salé ($CE < 0,4$ dS/m) malgré que la roche sous-jacente est salé. Le pH est légèrement alcalin. Le calcaire total est moyennement élevé, mais il est très élevé dans la couche R. la matière organique est faible à moyenne dans ce sol (Figure III.5.20 et Annexe II).

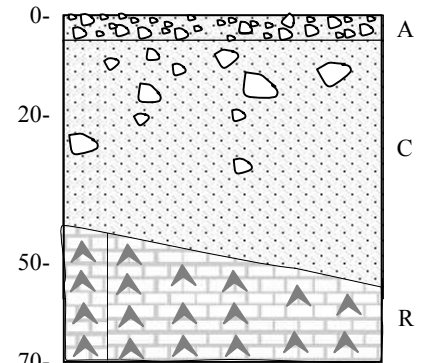


Figure III.5. 18 - Solum MTS5-1

Tableau III.5. 8 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS5-1

Horz	Prof. (cm)	Granulométrie (%)					Texture (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-5	4,7	0,2	0,3	83,1	11,7	Sableux	65	7,78	0,20
C	5-50	2,5	0,1	1,3	76,2	19,9	Sableux	35	7,77	0,34
R	>70	-	-	-	-	-	-	80	7,62	2,18

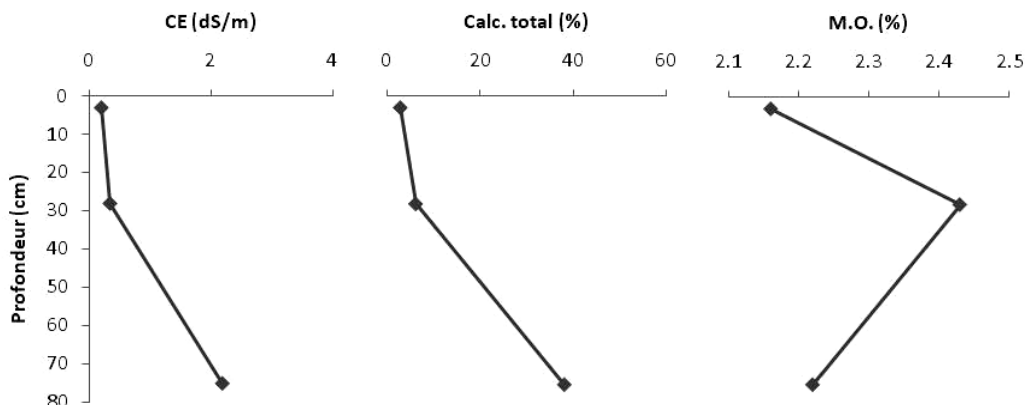


Figure III.5.19 - Profils salin, calcaire et de matière organique du solum MTS5-1

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur grès gypseux tendres ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUT colluvio-graveleux, gypso-calcaire, du glacis ;
- ❖ **USDA, 2014** : Litic Torriorthents;
- ❖ **WRB-FAO, 2014** : Gypsic Skelitic Fluvisols (Arenic)..

III.5.5.2 - Solum MTS5-2

Ce solum est localisé au fond du lit d'oued (lit mineur). L'état de surface autour de ce solum est dominé par des surfaces graveleuses et sableuses et une végétation naturelle dominée par des espèces buissonneuses : *Ephedra alata* et *Haloxylon scoparium*.

L'étude morphologique (Figure III.5.21, Planche IV et Annexe I) montre que le sol est constitué des alluvions de nature texturale variable : limon, sable et gravier. Les graviers ont une forme arrondie de nature variable (dolomite, calcaire, gypso-calcaire...). L'horizon superficiel est sableux et friable suite à l'effet des apports éoliens, alors que pour le reste du profile le sol est consolidé et peu friable avec une structure continue.

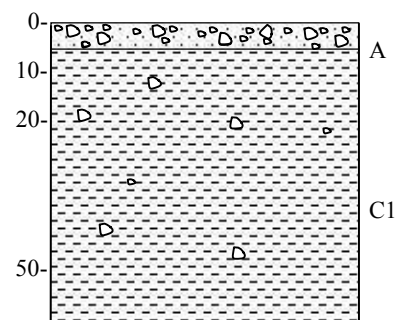


Figure III.5.20 - Solum MTS5-2

L'analyse granulométrique de la terre fine (tableau III.5.7) montre que la texture du sol est de type équilibré. Le sol est non salé ($< 0,3$ dS/cm), moyennement alcalin. Le calcaire total est moyennement élevé. Alors que la matière organique est faible dans le sol (Annexe II).

Tableau III.5.9 - Caractérisation granulométrique et physico-chimique du solum MTS5-2

Horz	Prof (cm)	Granulométrie (%)					texteur (U.S.D.A)	EG (%)	pH	CE dS/m
		A	Lf	Lg	Sf	Sg				
A	0-5	5,1	3,2	2,5	67,8	21,4	Sableux	50	7,91	0,26
C	5-50	19,2	4,4	3,6	58,8	14	Loamo-sableux	24	7,93	0,21

Classification des sols

L'étude morphologique du solum a révélé l'absence d'un horizon de diagnostique. De ce fait, on peut rattacher le sol de ce solum, selon les systèmes de classification mondiaux, comme suivant :

- ❖ **CPCS 1967** : Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal, sur alluvions à texture variable ;
- ❖ **RP 2008** : FLUVIOSOL BRUT, sableux, graveleux, calcaire, de lit mineur ;
- ❖ **USDA 2014** : Typic Torriorthents ;
- ❖ **WRB-FAO 2014** : Calcaric Fluvisols (Arenic).



a. Solum MTS1



b. Solum MTS2-1



c. Solum MTS2-2



d. Solum MTS3-1



e. Solum MTS3-2



f. Solum MTS4-1



g. Solum MTS4-2



h. Solum MTS5-1



i. Solum MTS5-2

Planche photographique III - Les solums des sols alluviaux du bassin de Metlili



a. Structure écailleuse en surface du sol (Bassin du Nsa, Site 3)



b. Butte (îlot) buissonneuse (Bassin du Nsa, Site 3)



c. Remaniement des sables éoliens par eaux des crues (Bassin du M'zab, Site 1)



d. Structure écailleuse sur des accumulations sableuses (Bassin du M'zab, Site 2)



e. Accumulations sableuses sur les collines (rive sud de l'oued Metlili site 2)



f. Accumulations sableuses dans les ravins (rive sud de l'oued Metlili site 2)



g. Sol des plateaux (Bassin de Metlili site 5)



h. Sol des glacis (Bassin de Metlili site 5)

Planche photographique IV - Paysage divers des bassins du M'zab

Chapitre IV:

Etude minéralogiques des sols alluviaux

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de l'étude minéralogique des sols étudiés, effectuée principalement sur la fraction argileuse (< 2 μm).

IV.1 – Minéralogie de la fraction argileuse (<2 μm) sur dépôt orienté

IV.1.1 – Identification des minéraux argileux

Les diagrammes de diffraction aux rayons X, de la fraction argileuse des horizons des sols alluviaux des deux bassins de Zegrir et de Nsa, sont présentés dans les figures IV.1., IV.2 et dans le travail de Djili et Hamdi-Aissa (2016 ; 2018).

La détermination des minéraux argileux est basée sur la connaissance de la distance réticulaire des plans (001) ou de leurs harmoniques (002), (003), etc... qui sont des fractions entières de la distance basale (001) (Thiry et al, 2013).

L'identification des minéraux argileux est aidée par l'application des traitements (figures IV.3) de solvatation par éthylène-glycol qui a pour effet de faire gonfler les Smectites et par chauffage à 550 °C qui a des effets variables sur certaines argiles (destruction des kaolinites et des palygorskites, fermeture des feuillets ou déshydratation des minéraux de type 2/1...).

Afin d'affiner l'identification et l'interprétation des résultats, les diffractogrammes ont fait l'objet d'une analyse par traitement numérique grâce au logiciel « X'Pert High Score ».

Les spectres de diffraction des échantillons étudiés, montrent les réflexions suivantes :

- Un pic de réflexion voisin de 14.2 Å correspondant à la chlorite.
- Une réflexion aux alentours de 10 Å qui ne varie pas avec les tests de comportement, correspondant à l'illite.
- Un pic de réflexion au alentour de 10.4 Å qui disparaît après chauffage à 550°C, correspondant à la Palygorskite.
- Un pic de réflexion voisin de 7,16 Å, très net et qui disparaît après chauffage à 550°C, correspondant à la kaolinite.
- Apparition d'un pic entre 17 Å et 18.2 Å après le test de gonflement qui est attribué aux smectites, cette réflexion se rétracte aux environs de 10 Å après chauffage à 550°C.

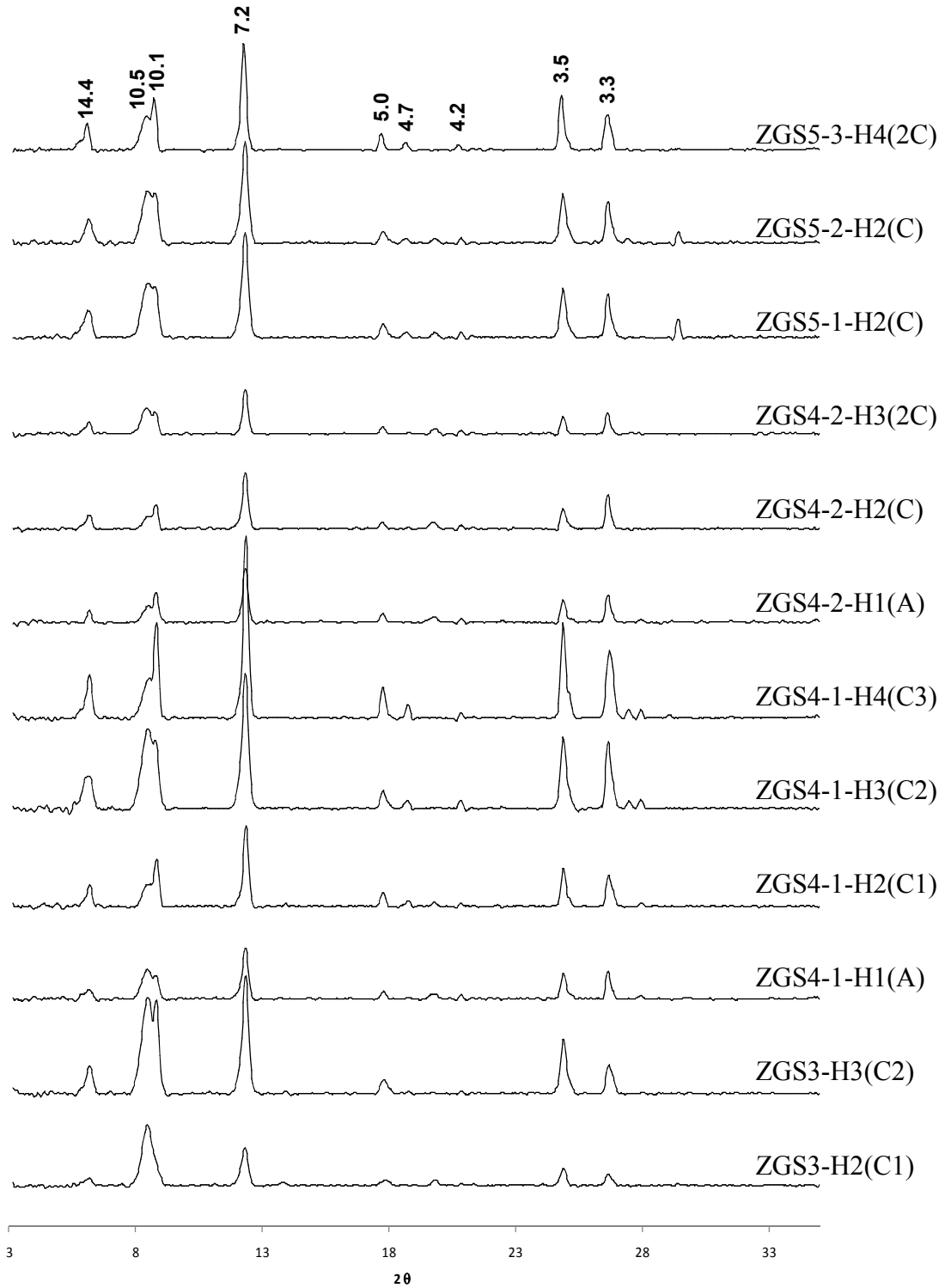


Figure IV.1 – Diffractogrammes des préparations orientées des argiles (<2µm) des sols alluviaux du bassin de Zegrir

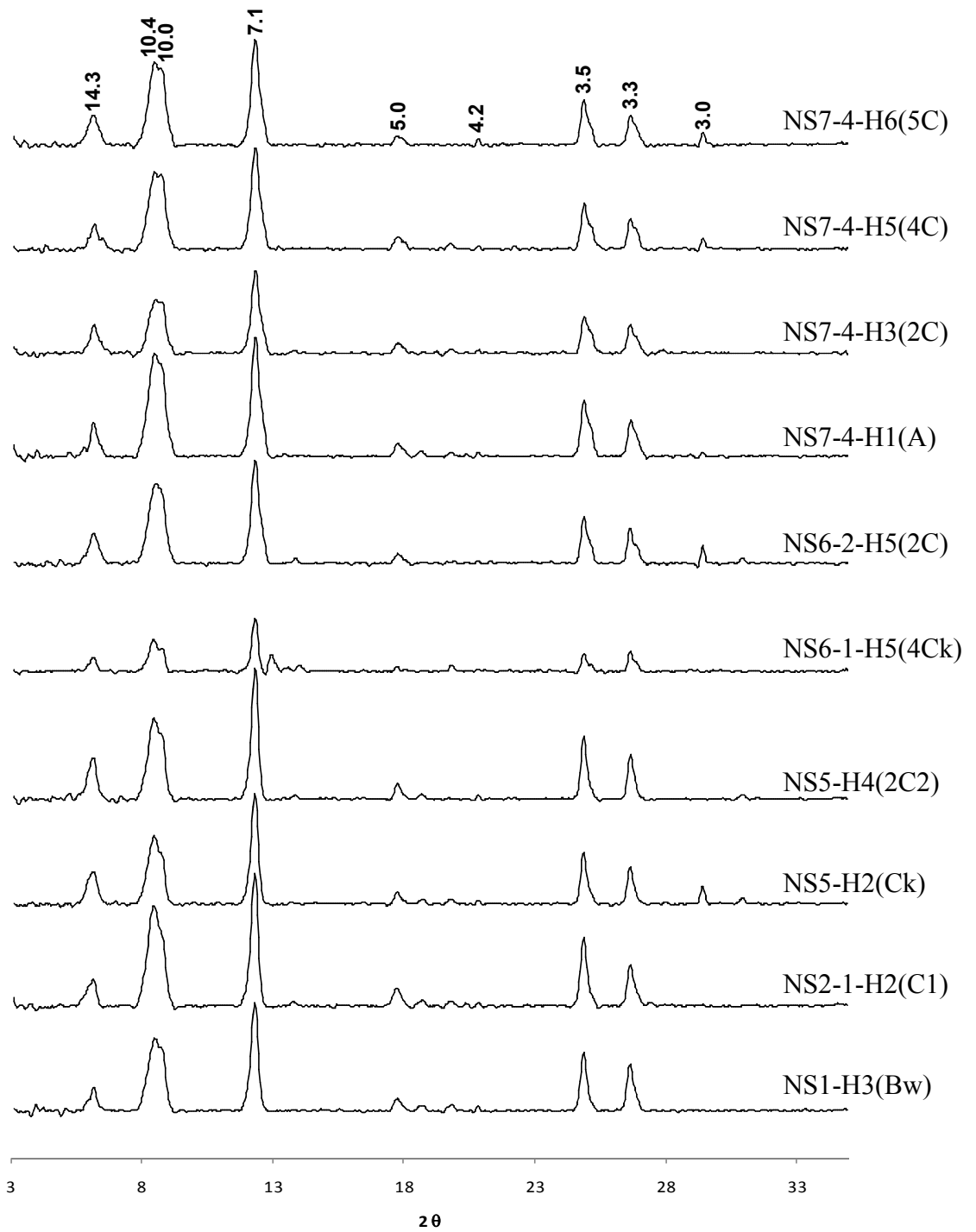


Figure IV.2 – Diffractogrammes des préparations orientées des argiles (<2 μ m) des sols alluviaux du bassin de Nsa

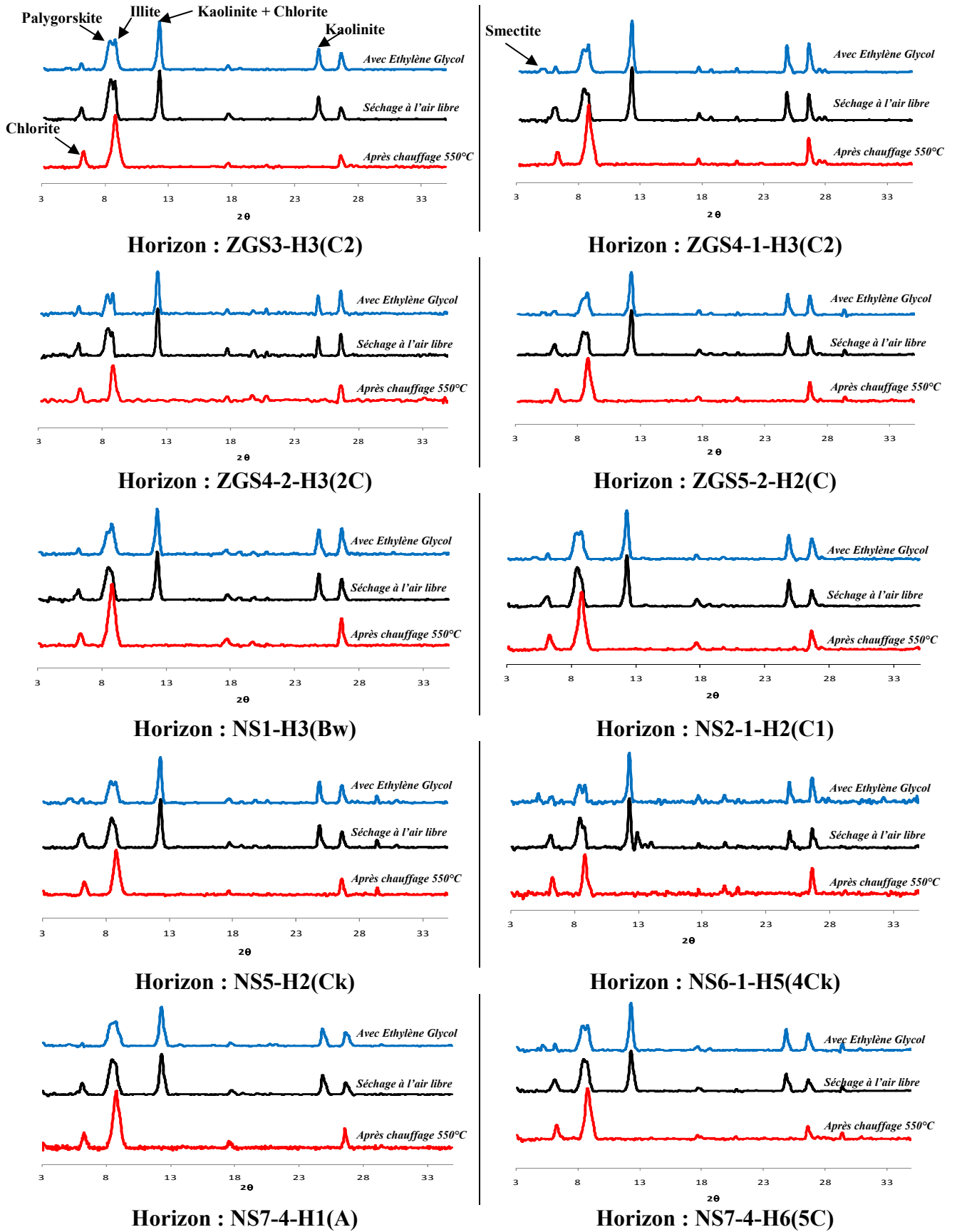


Figure IV. 3 – Test de comportement des argiles étudiées (Bassin de Zegrir et bassin de Nsa)

IV.1.2 – Analyse semi-quantitative des minéraux argileux

Les pourcentages relatifs aux micas, kaolinite, chlorite, palygorskite et de smectite sont calculés pour chaque échantillon en utilisant la méthode proposée par Holtzapffel (1985).

Les résultats de l'analyse semi-quantitative des minéraux argileux sont indiqués dans les tableaux IV-1 et IV-2.

- ❖ La Palygorskite est le type d'argile le plus abondant, les teneurs varient entre 32 et 59%. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les sols en amont du bassin de Zegrir et de Nsa. C'est une argile fibreuse typique des zones arides et semi-arides (Singer, 1984, 2002, Khormali et Abtahi, 2003) riches en Mg, fréquemment néoformées en milieux confinés (lacs, lagunes) (Foucault et Raoult, 2010).
- ❖ L'illite qui présente des teneurs varient entre 22 et 36 % dans les sols alluviaux étudiés dans le bassin de Zegrir et entre 20 et 30 % pour les sols du bassin de Nsa. Ce sont des argiles de type 2/1. La formule chimique est : $K_xAl_2[Si_{4-x}Al_xO_{10}](OH)_2$, à feuillets de 10 Å, à trois couches, à caractéristiques minéralogiques proches de celles des micas, d'où l'existence d'intermédiaires illite-mica blanc ; c'est le minéral le plus commun des argiles (Foucault et Raoult, 2010). Elles proviennent de l'altération mécanique des roches ignées et métamorphiques et permettent d'évaluer l'importance du détritisme. C'est un constituant principal de nombreux sédiments argileux (Grim et al., 1937).
- ❖ La Kaolinite présente des teneurs faibles variant de 6 à 20 dans les sols alluviaux étudiés du bassin de Zegrir et entre 9 et 15 % pour les sols du bassin de Nsa. Sa formule est : $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ à feuillets de 7 Å, à deux couches. Elle est fréquente dans les roches sédimentaires argileuses résiduelles ou détritiques, provenant de l'altération de roches acides riches en feldspath (exemple : granites) (Foucault et Raoult, 2010).
- ❖ La Chlorite varie entre 7 et 16 % dans les sols alluviaux étudiés du bassin de Zegrir et entre 8 et 14 % pour les sols du bassin de Nsa. C'est une argile de type 2/1/1, elle présente des feuillets élémentaires épais de 14 Å, hydraté et ferromagnésien (Foucault et Raoult, 2010).
- ❖ Enfin la Smectite, elle a les teneurs les plus faibles des minéraux argileux étudiés, elle varie entre 0 et 7 % dans les sols alluviaux étudiés du bassin de Zegrir et entre 0 et 13 % pour les sols du bassin de Nsa. C'est une argile de type 2/1, à teneurs variables en Na, Al, Fe, Mg, en feuillets à trois couches, de 14 Å, valeur qui varie en fonction de la teneur en eau (Foucault et Raoult, 2010).

Tableau IV. 1 - Abondance relative des minéraux argileux sélectionnés et déterminés par diffraction au rayon X (Bassin de Zegrir)

Pedon	Smectite	Chlorite	Palygorskite	Illite	Kaolinite
ZGS3-H2(C1)	+	+	++++	++	+
ZGS3-H3(C2)	+	+	++++	++	+
ZGS4-1-H1(A)	+	+	++++	++	+
ZGS4-1-H2(C1)	-	+	+++	+++	++
ZGS4-1-H3(C2)	+	+	+++	++	+
ZGS4-1-H4(C3)	+	+	++	+++	++
ZGS4-2-H1(A)	-	+	+++	+++	++
ZGS4-2-H2(C)	+	++	+++	+++	+
ZGS4-2-H3(2C)	-	+	++++	++	+
ZGS5-1-H2(C)	+	+	+++	++	+
ZGS5-2-H2(C)	+	+	+++	++	+
ZGS5-3-H4(2C)	+	+	+++	++	++

[++++: >45% ; +++: 30 to 45% ; ++: 15 to 30% ; +: 2 to 15% ; - : non-déecté]

Tableau IV. 2 - Abondance relative des minéraux argileux sélectionnés déterminés par diffraction au rayon X (Bassin de Nsa)

Horizon/couche	Smectite	Chlorite	Palygorskite	Illite	Kaolinite
NS1-H3(Bw)	-	+	++++	+++	+
NS2-1-H2(C1)	+	+	++++	++	+
NS5-H2(Ck)	+	+	+++	++	+
NS5-H4(2C2)	+	+	+++	++	+
NS6-1-H5(4Ck)	+	+	+++	++	+
NS6-2-H5(2C)	+	+	++++	++	+
NS7-4-H1(A)	+	+	+++	++	+
NS7-4-H3(2C)	+	+	+++	++	+
NS7-4-H5(4C)	+	+	+++	++	+
NS7-4-H6(5C)	+	+	+++	++	+

[++++ : >45% ; +++ : 30 to 45% ; ++ : 15 to 30% ; + : 2 to 15% ; - : non détecté]

IV.2 – Minéralogie de la poudre totale (Fraction <2 mm).

La Minéralogie de la poudre totale (Fraction < 2mm) a été effectuée sur un échantillon de croûte (argileuse) de surface, qui résulte d'une sédimentation lente des alluvions très fines dans le lit d'oued Nsa (site 3). Elle nous a permis d'avoir une idée sur le cortège minéralogique transporté en suspension par les eaux des crues.

La détermination qualitative des minéraux a été effectuée suite à un traitement numérique des diffractogrammes, grâce au logiciel « X'Pert High Score » (figure VI.4 ; Annexe VI. 5). Il nous a permis d'identifier les minéraux suivants :

- ❖ **Les silicates** : les tectosilicates (quartz (SiO_2)) et les phyllosilicates (Palygorskite, illite (*Mica*), Chlorite et Kaolinite).
- ❖ **Les carbonates** : Calcite ($CaCO_3$) et Dolomite ($CaMg(CO_3)_2$).
- ❖ **Les oxydes** : Hématite (Fe_2O_3).

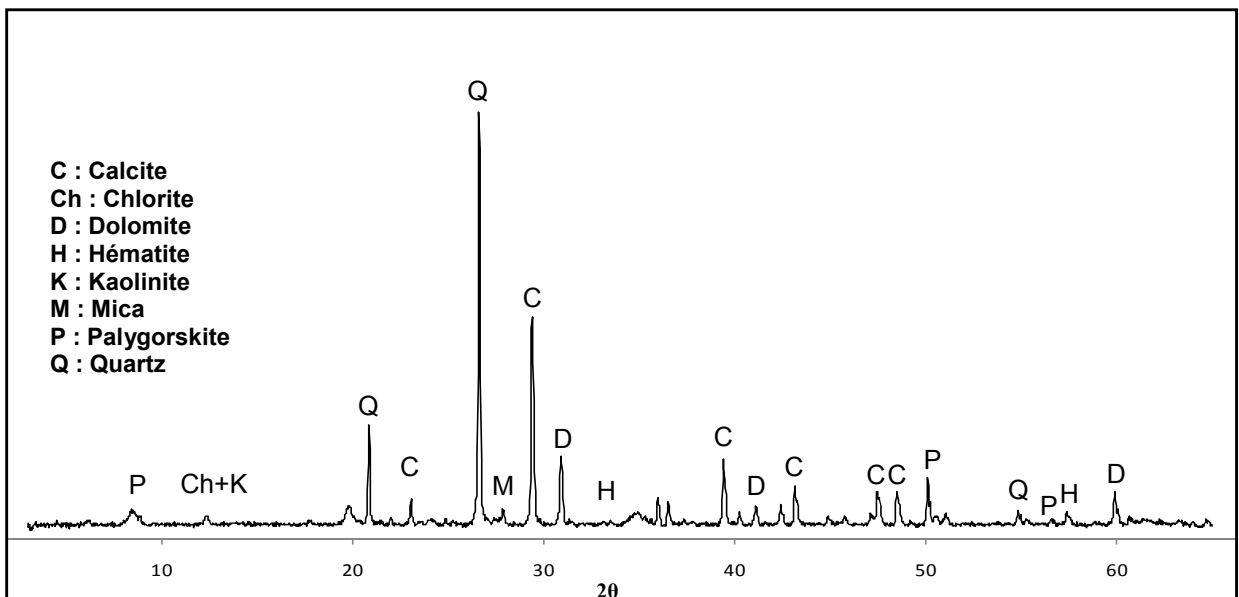


Figure IV. 4 - Diffractogramme d'une préparation désorientée d'une croûte argileuse (bassin de Nsa)

L'estimation semi-quantitative des proportions des minéraux identifiés a été réalisée en se basant sur l'intensité des réflexions la plus intenses. Elle nous a permis de trouver un taux de 49,5 % pour le quartz, 30,5 pour la calcite, 10,3 % pour la dolomite, 4,4 % pour la palygorskite, 2,3 % pour le mica (ou illite), 1,9 % pour la chlorite et la kaolinite et 1,2 pour l'hématite.

Chapitre V:

Discussion générale

V.1 – Introduction

L'étude morphologique et analytique des sols alluviaux dans les bassins du M'zab nous a permis de constater une diversité notable des ressources en sols. Nous entamons dans ce chapitre la discussion et l'interprétation de nos résultats en termes de :

- La typologie des sols alluviaux des bassins du M'zab à travers une synthèse globale des caractéristiques morpho-analytiques et des classifications des sols ;
- L'origine des minéraux dans les sols alluviaux étudiés, notamment les minéraux argileux ;
- L'organisation spatiale de la couverture pédologique alluviale dans ce milieu à climat aride à hyperaride ;
- L'intérêt environnemental des sols et des milieux alluviaux en zones arides.

V.2 - Caractérisation morpho-analytique et classification des sols

V.2.1 - *Caractérisation morphologique des sols alluviaux dans les bassins du M'zab.*

Pour le bassin de Zegrir, la nature lithologique du substrat géologique, de type gréseux très perméable, qui favorise l'infiltration des eaux, a largement orienté la pédogenèse des sols de l'amont vers l'aval. Nous retenons de l'étude de la couverture pédologique alluviale les points suivants :

- ❖ En amont, la morphologie des solums reflète un régime d'apport alluvial très lent, qui ne provoque pas un remaniement interne intense des sédiments, ce qui a permis aux processus pédogénétiques d'amorcer un début d'évolution du sol, traduit par la présence d'un horizon peu évolué de type "*cambique*" (Bw) (Soil Survey Staff, 2014 ; IUSSWG-WRB, 2014).
- ❖ La morphologie du solum variée progressivement en s'éloignant de l'amont, suite à une augmentation de l'effet de l'érosion hydrique. Celle-ci empêche l'individualisation des horizons pédogénétiques, permettant ainsi d'avoir une homogénéité dans la structure et la texture des horizons.
- ❖ En allant vers la partie en aval du bassin, la morphologie des solums devient influencée par l'interaction des deux apports : alluvial et éolien, permettant l'appariation d'une stratification bien visible des horizons (couches), qui se traduit par des différences très nettes

dans la granulométrie des différents horizons ou couches, ce qui indique que ce sont des sols encore très jeunes, où la pédogenèse est limitée.

- ❖ Le calcaire dans le sol, est faiblement mobilisé, il reste pratiquement toujours présent dans les horizons limoneux et sans transfert vers les horizons sableux sous-jacents. L'immobilisation du calcaire, reflète une forte aridité du climat qui a survécu depuis le moment du dépôt ou la formation des horizons limoneux.

Pour le bassin de Nsa, nous retenons de l'étude de la couverture pédologique alluviale les points suivants :

- ❖ En amont du bassin versant, la morphologie des solums est comparable à celle observée en amont du bassin de Zegrir. Elle reflète aussi un régime d'apport alluvial très lent, favorisé par une pente générale très faible. Les terrains autour des paysages alluviaux sont dominés par des plateaux dont la lithologie date du tertiaire (grès de Mio-Pliocène). Le sol est constitué des alluvions sablo-limoneux. La matière organique est légèrement élevée (fraîche et décomposée), son origine est liée à la richesse du lit d'oued en végétation en comparant avec celle observée sur les paysages géomorphologiques voisins (plateaux et glacis...).
- ❖ La morphologie des solums varie progressivement plus en s'éloignant de l'amont vers la partie médiane du bassin versant (cours moyen de l'oued Nsa, sites : 2, 3 et 4). Les constituants des sols sont dominés par des alluvions grossières caillouto-graveleuses, d'une forme émoussée, arrondie ou aplatie, d'une nature dolomitique ou quartzeuse, résultant d'une forte érosion hydrique et qui reflète une allochtonie et révèle un remaniement par roulement plus ou moins long (Dutil, 1971). Ces alluvions atteignent des diamètres plus ou moins grands (en blocs), surtout dans les méandres et au long des talwegs. Cette charge grossière est due à une vitesse d'écoulement très élevée, à cause des dénivellements (pentes) plus au moins importants, aggravés par l'encaissement du lit d'oued dans cette partie du bassin versant où le paysage général est dominé par la Chebka du M'zab, avec une nature lithologique de type calcaire dolomitique de créacé supérieur. Les alluvions fines sont rencontrées surtout dans des îlots sablo-limoneux (buttes) ou sur des berges influencées par des apports colluviaux et éoliens et sur des bras secondaires du lit d'oued, plus ou moins ensablés.
- ❖ Dans la partie inférieure du bassin versant (site 5, 6 et 7), la nature lithologique du paysage est dominée par des terrains gréseux datés du tertiaire (Mio-Pliocène), donnant un lit d'oued

majeur plus large, ce qui favorise un écoulement moins rapide, permettant ainsi d'avoir des alluvions plus fines entremêlées avec des apports sableux d'origine éolienne. La morphologie des solums apparaît sous forme d'une stratification comparable à celles observées en aval du bassin de Zegrir.

Pour le bassin de M'zab, nous retenons de l'étude de la couverture pédologique alluviale les points suivants :

- ❖ En amont du bassin versant, le sol est peu profond, il est dominé par des alluvions chargées d'éléments grossiers (cailloux, gravier), avec une matrice sableuse ou loamo-sableuse dont les éléments grossiers ont une forme émoussée et arrondie de nature dolomitique. Cette charge grossière est favorisée par la nature lithologique et la morphologie du paysage de la Chebka du M'Zab (calcaire dolomitique datée du turonien et un relief à pentes modérées à fortes).
- ❖ La morphologie des solums variée progressivement plus en s'éloignant de l'amont vers la partie médiane du bassin versant (site 2). Le type du sol le plus dominant est constitué de couches d'alluvions fines à très fines, pauvre en éléments grossiers. Nous rencontrons aussi des sols formés par des berges ou îlots sablo-limoneux, influencés par les apports éoliens. Notons que les sols des glacis sont dominés par des éléments grossiers et le sable, alors que les plateaux sont constitués par des blocs et cailloux qui caractérisent les terrains secondaires datés du crétacé supérieur.
- ❖ Dans le troisième site, les sols alluviaux sont fortement influencés par les apports éoliens, donnant au sol une stratification, d'horizons ou de couches bien visible. Les terrains alluviaux sont envahis par des dunes de sable (d'une hauteur qui dépasse des fois 2 m), en forme d'îlots, recouvertes par des couches de limon d'origine alluviale. Ces îlots favorisent l'installation d'une végétation buissonneuse (Tamarix, Retama, ...) qui permettent la fixation de ces îlots même lors des crues.
- ❖ Dans la partie inférieure du bassin versant (site 4), les matériaux très fins ainsi que les graviers sont transportés sous forme des dépôts récents. Le lit majeur dans cette partie de la vallée est plus large. Le sol est profond dominé par des alluvions grossières et fines en stratification avec des couches d'origine éolienne. Les graviers, les cailloux et les pierres dominent les terrasses récentes et anciennes qui sont plus proche des glacis et des plateaux dont la nature lithologique est dominée par du grès de Mio-Pliocène. L'influence des apports

éoliens se manifeste par des accumulations sableuses réparties sur tous les niveaux : lit mineur, berges, glacis, versants et plateaux.

Pour le bassin de Metlili, nous retenons de l'étude de la couverture pédologique alluviale les points suivants :

❖ Pour les Sites 1, 2 et 3, les sols sont dominés par une charge importante d'éléments grossiers (blocs, pierres, cailloux et graviers), qui ont une forme émoussée et arrondie ou allongée, de nature dolomitique. Ils sont dus principalement à la nature lithologique et la forme géomorphologique des terrains de la Chebka du M'zab (calcaire dolomitique datée du turonien et un relief à pentes, de modérées à fortes). Les sols alluviaux ont une charge grossière très importante, ressemblant à celle observée en amont de la vallée du M'zab.

❖ L'étude morphologique des profils pédologiques montre que le sol est une succession de couches superposées sous forme d'une stratification, qui se traduit par des différences très nettes dans la granulométrie, avec des limites très nettes entre les horizons, ce qui indique que ce sont des sols qui restent toujours dans la première phase de la formation du sol.

❖ Cette partie du bassin de Metlili, et ainsi que pour tout le reste de ce bassin, est soumise à des apports éoliens qui participent à la formation d'une stratification des horizons et des couches, avec ou sans remaniement local des sables accumulés.

❖ Dans la partie inférieure du bassin versant (Site 4 et 5), les sols deviennent moins chargés en éléments grossiers, et même absents au niveau de certaines Dayas (exemple : Daya de Kelga). Rappelons que les terrains autour des milieux alluviaux sont dominés par des formations gréseuses de tertiaire (Pliocène et Mio-Pliocène). La forme des lits majeurs est très ouverte, favorisant ainsi un écoulement très lent des eaux des crues et une sédimentation très lente des alluvions surtout au niveau des Dayas (telle que Daya de Remtha). La stratification des horizons est toujours observée dans cette partie du bassin, favorisée par les apports éoliens en interaction avec les apports alluviaux.

❖ L'état de surface, sableux observé dans la Daya de Remtha a aussi été signalé par Helimi (2010). Il s'agit des vastes étendues de sable fin siliceux, éolien avec une large gamme morphologique d'accumulations éoliennes (voiles, Nebkha, ghourds...).

V.2.2 – Caractérisation analytiques des sols alluviaux dans les bassins du M'zab.

Dans le bassin de Zegrir, et comme indiquent les résultats d'analyse, tous les sols sont non salés ($CE < 0,6$ dS/m). Les profils salins sont, d'une manière générale, ascendants. Les valeurs du pH varient de 7,46 à 8,52. Ils sont donc de légèrement à moyennement alcalin. Les valeurs de pH sont dans la plage normale, car ces sols ont évolué sur des roches carbonatées. Le pourcentage de calcaire varie entre 2 à 20 %, la teneur la plus élevée est dosée dans les horizons limoneux, occupant le bas-fond des Dayas. Notons que le substrat rocheux peut avoir une teneur supérieure à 32 %.

Les sols sont dominés par deux gammes de texture (figure V.1.a) : des textures "sableuses" qui comprennent le type sableux et sablo-loameux et des textures "équilibrées" qui comprennent le type loam-sableux, loam-argilo-sableux et loam. Les autres gammes de texture ne caractérisent que quelques horizons (textures limoneuses et textures argileuses). En général, la texture du sol est beaucoup plus limoneuse dans la partie en amont et beaucoup plus sableuse dans la partie en aval du bassin de Zegrir. Ceci peut être expliqué par l'influence des apports éoliens, qui entrent en interaction avec les apports alluviaux en aval du bassin.

Dans le bassin du Nsa, nous avons remarqué que la majorité des sols sont non salés à l'exception de quelques horizons qui sont peu salés ($1,3 > CE > 0,6$ dS/m). Les profils salins sont, d'une manière générale, ascendants. Les valeurs du pH varient de 7,04 à 8,47. Ils sont donc de légèrement à moyennement alcalins. Les valeurs de pH sont dans la plage normale car ces sols ont évolué sur des roches carbonatées. Le pourcentage de calcaire varie entre 1 à 27% son origine peut être allochtone transporté en suspension par les eaux des crues. La teneur en matière organique est faible tout au long de la vallée, les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les parties du bassin qui présentent une richesse en végétation naturelle.

Les sols sont dominés aussi par deux gammes de texture (figure V.1.b) : des textures "sableuses", qui comprennent le type sableux et sablo-loameux et des textures "équilibrées" qui comprennent le type loam-sableux, loam argilo-sableuse et loam. Les autres gammes de texture ne caractérisent que quelques horizons (textures limoneuses et textures argileuses). Ceci peut être expliqué aussi par l'influence des apports éoliens.

Dans le bassin du M'zab nous avons remarqué que la majorité des sols sont non salés à l'exception de quelques horizons qui sont peu salés ($1,03 > CE > 0,1$ dS/m). Les profils salins sont, d'une manière générale, ascendants. Les valeurs du pH varient de 7,15 à 8,57. Ils sont donc de légèrement à moyennement alcalins. Le calcaire total dans le sol est de faible à

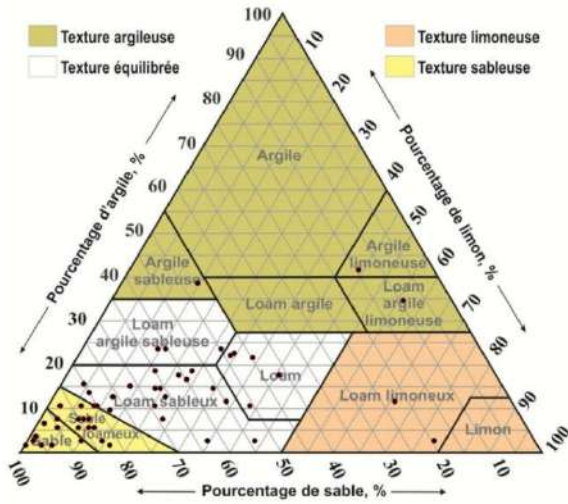
moyen, il varie entre 1 à 11,6 %. Les taux les plus élevés sont enregistrés dans les horizons qui présentent une teneur plus ou moins élevée en limon et en sable grossier. La matière organique est de très faible à faible dans tous les sols étudiés.

Les sols sont dominés aussi par deux gammes de textures (figure V.1.c) : des textures "sableuses", qui comprennent le type sableux et sablo-loameux et des textures "équilibrées" qui comprennent le type loam-sableux et loam argilo-sableux. Les apports éoliens sableux influencent l'ensemble du bassin du M'zab, de l'amont vers l'aval, avec une intensité beaucoup plus importante que celle observée pour le bassin de Zegrir et de Nsa. Ceci ne peut être expliqué que par l'augmentation de l'intensité de l'aridité du climat pour ce bassin.

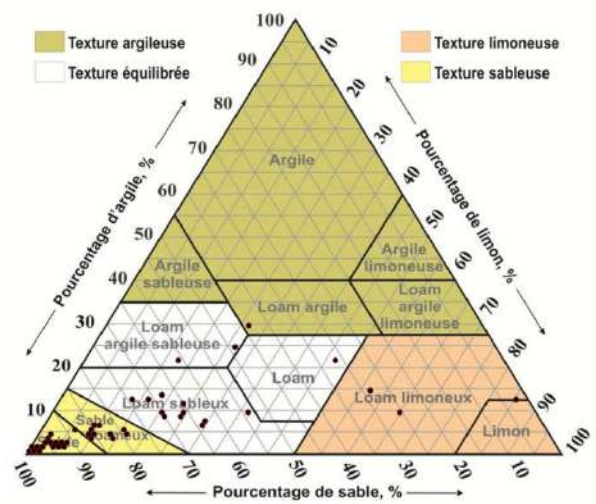
Dans le bassin de Metlili, nous avons remarqué que la majorité des sols sont non salés, la valeur de la conductivité électrique la plus élevée est de 0,49 dS/m. Le pH est de légèrement à moyennement alcalin dans la majorité des sols étudiés, il varie entre 7,62 et 8,19. Les sols sont, généralement, peu calcaires, cet aspect est toujours présent dans les horizons qui présentent une teneur plus ou moins élevée en limon ou en argile et presque nul dans les horizons sableux. Ce qui signifie que l'origine du calcaire dans les sols est due aux alluvions transportées par les suspensions des eaux des crues. La teneur la plus élevée en calcaire est de 38 % estimée en aval du bassin de Metlili au niveau de la Daya de Remtha. D'une manière générale les valeurs augmentent de l'amont vers l'aval. La matière organique est généralement faible en amont et moyenne en aval. Son origine peut être expliquée par la richesse des lits d'oued en végétation (plantes spontanées).

Les analyses granulométriques de la terre fine des sols alluviaux du bassin de Metlili (figure V.1.d), montrent une dominance de la texture "sableuse", qui comprend le type sable et sable loameux. Néanmoins la texture du sol est équilibrée au niveau des Dayas.

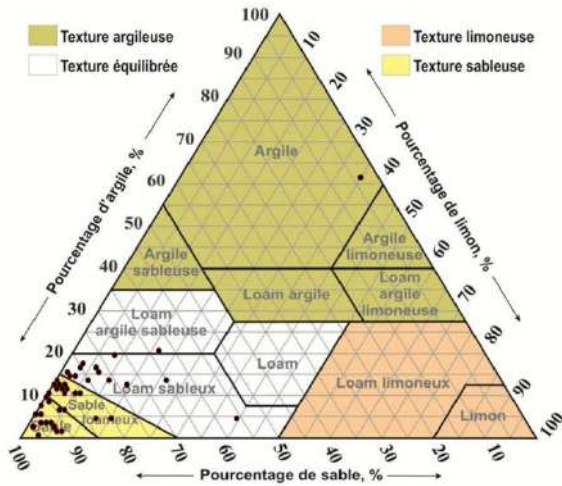
D'une manière générale et globale, les sols alluviaux des bassins du M'zab sont : non salés, contrairement aux sols des autres paysages sahariens (reg, hamada, sebkha...); légèrement à moyennement alcalins ; le taux de calcaire est de faible à moyen ; la matière organique est de faible à élevée ; la texture est de sableuse à équilibrée (figure V.1.e), influencée par les apports éoliens.



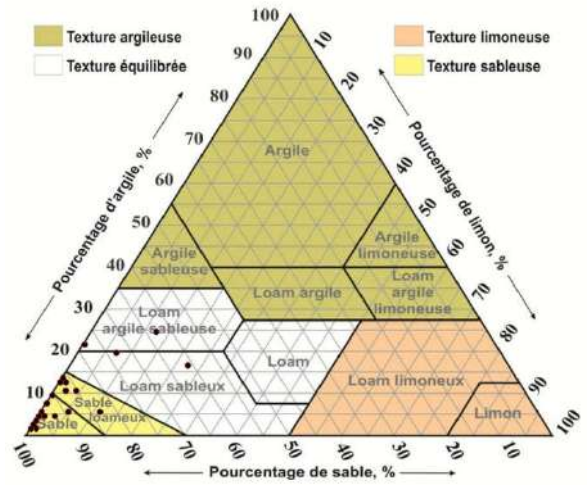
a) Classification texturale des sols alluviaux du bassin de Zegrir



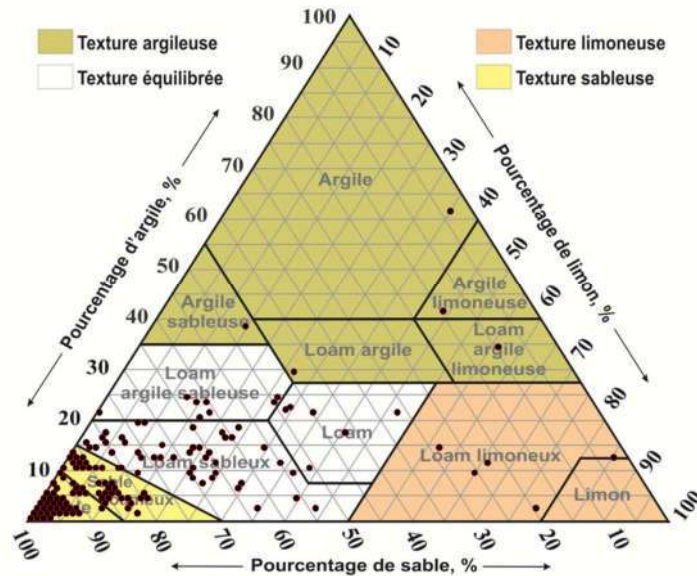
b) Classification texturale des sols alluviaux du bassin de Nsa



c) Classification texturale des sols alluviaux du bassin de M'zab



d) Classification texturale des sols alluviaux du bassin de Metlili



e) Classification texturale globale des sols alluviaux des bassins du M'zab

Figure V. 1 - Classification texturale des sols alluviaux des bassins du M'zab

V.2.3 – Interaction entre les différents paramètres étudiés

Nous présentons dans le tableau V.1 et dans les figures V.2 et V.3, les corrélations entre les paramètres étudiés du sol. Elles nous indiquent qu'il y a une forte corrélation positive significative entre le taux de la fraction très fine < 50 µm (limon + argile) et la teneur du sol en calcaire total ($r = 0,684$). Par contre la relation est très fortement négative entre le taux des sables et la teneur en calcaire du sol ($r = -0,684$).

Tableau V. 1 - Corrélation entre les différents paramètres étudiés du sol

Paramètres	Argile + limon (%)	Sable (%)	pH	CE (dS/m)	Calcaire Total (%)	M.O. (%)
Argile + limon (%)	1					
Sable (%)	-1	1				
pH	-0.116	0.116	1			
CE (dS/m)	0.018	-0.017	-0.283**	1		
Calcaire Total (%)	0.684**	-0.684**	-0.084	-0.100	1	
M.O. (%)	0.044	-0.044	-0.143*	0.071	0.014	1

On peut en déduire de ces corrélations que l'origine de la fraction très fine, est différente de celle des sables. Il s'agit d'une fraction d'origine allochtone érodée et transportée par les crues des oueds et qui reflète la nature lithologique des formations géologiques des régions traversées (Turonien, Crétacé supérieur et Pliocène). De ce fait, le calcaire contenu dans les horizons limoneux est dû principalement à un héritage et d'une façon moindre à une néoformation locale. Etant donné que la zone d'étude est soumise à un climat aride à hyperaride où les carbonatés sont moins mobilisés (Djili et Daoud, 2000).

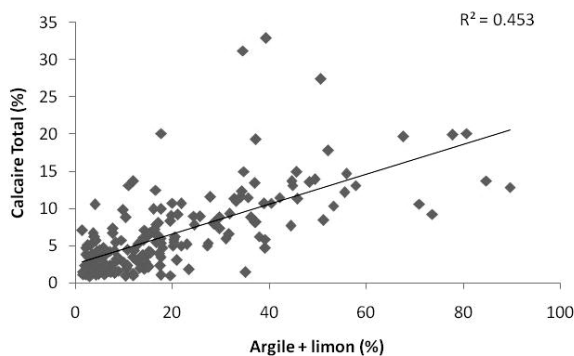


Figure V. 2 - Relation entre le taux de la fraction fine (Argile + limons) et la teneur en calcaire total du sol.

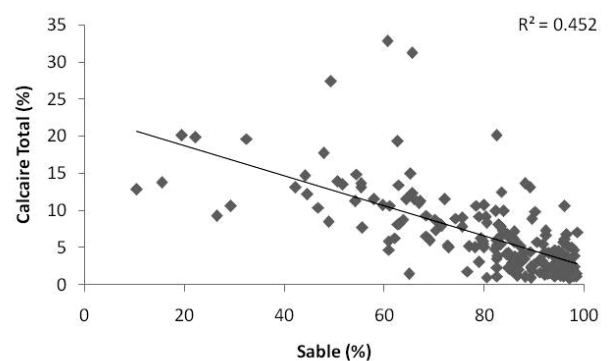


Figure V. 3 - Relation entre le taux du sable et la teneur en calcaire total du sol.

Deux autres relations négatives et significatives sont enregistrées entre le pH et la matière organique et entre le pH et la C.E. Ces relations peuvent être expliquées par l'influence de la présence des acides organiques dans la matière organique et l'effet de certains sels solubles sur l'abaissement des valeurs du pH dans le sol.

L'origine de la matière organique peut être expliquée par la richesse des lits d'oued en végétation par rapport aux autres formes géomorphologiques voisines, car en zones arides les lits des oueds sont parmi les biotopes les plus favorables à l'installation de la végétation (Vial & Vial, 1974 ; Ozenda, 1983).

V.2.4 – Classification des sols

Selon la classification des sols de CPCS 1967, la majorité des sols alluviaux étudiés dans les quatre bassins versants du M'zab sont rattachés aux **Sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal**, avec quelques différences dans les unités inférieures, à l'exception des sols alluviaux étudiés en amont des deux bassins : Zegrir et Nsa, qui manifestent un début d'évolution (existence des horizons cambiques ou calciques), de ce fait, ils ont été rattachés aux **sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial modal**.

Selon le Référentiel Pédologique (2008), les sols alluviaux étudiés dans les quatre bassins versants du M'zab sont rattachés à l'ensemble des références des **FLUVIOSOLS** qui comprend : les **FLUVIOSOLS BRUNIFIES** et **TYPIQUES** (les sols alluviaux formés en amont de bassin de Zegrir et de Nsa) ; les **FLUVIOSOLS JUVENILES** (les sols alluviaux sablo-limoneux peu évolués) ; les **FLUVIOSOLS BRUTS** (les sols alluviaux non évolués).

Selon la classification américaine des sols (U.S.D.A. Soil Taxonomy, 2014), environ 40 % des sols alluviaux étudiés sont rattachés au taxon **Typic Torriorthents** et 40 % des sols rattachés au taxon **Typic Torrifluvents**. Les autres types des sols alluviaux appartiennent aux taxons : **Typic Haplocambids** avec un horizon de diagnostic cambique et **Typic Haplocalcids** avec un horizon calcique et un épipédon ochrique, qui caractérisent les sols en amont des bassins versants de Zegrir et de Nsa où le climat est aride, ainsi que le taxon : **Typic Torripsamments** qui caractérise les sols en aval des bassins versants influencés par les apports éoliens.

Selon la classification mondiale des sols WRB (2014), la majorité des sols alluviaux étudiés dans les quatre bassins versants du M'zab sont rattachés à la Référence : **Fluvisols** avec des différenciations aux niveaux des qualificatifs principaux (Calcaric et Skelitic) et supplémentaires (Loamic, Arenic et Takyric) additionnés. Les autres types des sols alluviaux

appartiennent aux autres références : **Cambisols** et **Calcisols** (Fluvic) qui caractérisent les sols en amont des bassins versants de Zegrir et de Nsa, et **Arenosols** (Fluvic et Aeolic) qui caractérisent les sols en aval des bassins versants fortement influencés par les apports éoliens.

V.3 – Minéralogie

Les sols alluviaux des bassins du M'zab reflètent la composition chimique et minéralogique du matériau parental rocheux dont dérivent les sédiments (roches sédimentaires calcaires). Ainsi, ces sols sont classés en général comme des sols calcaires (*Calcaric Fluvisols*, selon IUSS W-G WRB, 2014.).

Cependant, nous signalons que bien que les sols alluviaux étudiés soient localisés dans une région aride à hyperaride, nous n'avons pas observé du gypse, sous aucune forme d'accumulation connue, dans les solums étudiés. Les dosages effectués par Djili (2004) dans les sols du lit de l'oued Zegrir, ont montré la présence des teneurs très faibles en gypse détectées surtout dans des couches sableuses d'origine éolienne.

V.3.1 – La calcite dans le sol

La calcite (CaCO_3) est fortement corrélée positivement à la teneur en argile+limon (Figure V.2 et V.3), cette relation confirme les travaux de Hamdi-Aissa et al. (2007) dans le bassin de Zegrir. L'existence de la calcite dans ces sols semble être liée à la nature du substrat rocheux (substratum calcaire). Néanmoins, les propriétés micromorphologiques de la calcite sont en accord avec son origine pédogénétique (Pal et al., 2003). La figure V.4 illustre cet accord par l'apparition des carbonates pédogéniques en lame mince.

En effet, l'apport de l'étude micromorphologique, effectuée sur les sols alluviaux du bassin de Zegrir (Djili et Hamdi-Aissa, 2018), montre que la calcite se présente sous forme : des *nodules* (fragments de pédoréliques de la croûte calcaire) (Figure V.4 A) ; des *remplissages et des revêtements* par les *sparites* dans les vides (figures V.4 B et V.4 C) ; ou *micromasses* (figure V.4 D). Les nodules calcitiques (de tailles variables) sont pour la plupart distribués d'une façon aléatoire sur la masse de grains de sable détritique (c'est-à-dire, tissu porphyrotopique). Les nodules ont généralement des organisations internes beaucoup plus similaires que celles des roches carbonatées et des horizons calciques (ou pétrocalciques) des sols en amont des bassins. La forme arrondie des nodules reflète leur transport et leur re-déposition par les eaux des crues; ils sont donc allochtones (Fedoroff et al., 2010, Durand et al., 2010).

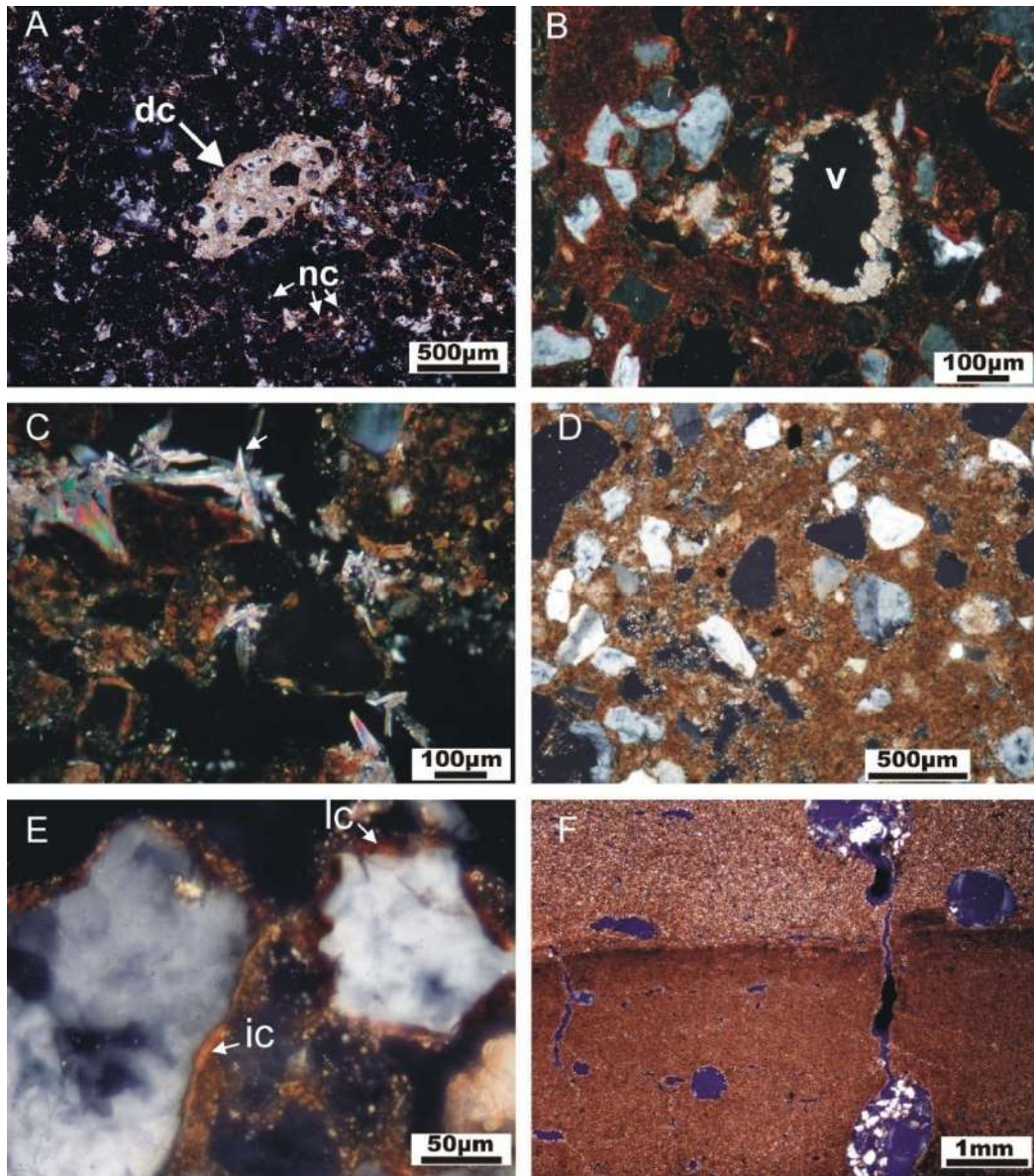


Figure V. 4 - Photomicrographes de lames minces (lumière polarisée) de certaines caractéristiques du solum ZGS6-1 (horizon Ap, C et 2Ck). (A) nodules calcitiques arrondis remaniés incorporés dans les grains de sable détritiques, (dc) détritiques calcite, (nc) calcite néoformée, (B) Sparite et microsparite calcitique dans les vides d'hypo-revêtement (v), (C) calcite aciculaire bien cristallisée (D) Tissu de micromasse se présentant sous la forme de cristaux micritiques ou microsparitiques (b-tissu cristallitique), (E) Juxtaposition d'une argile impure distincte (ic) et d'une argile limpide rougeâtre (lc) (palygorskite?) revêtements d'un grain de sable quartzéux (F) silt stratifié et matériau carbonaté argileux limoneux (Djili et Hamdi Aissa, 2018).

Les traits calcitiques (remplissages et revêtements) sont considérés comme des reliquats néoformés dans des conditions humides temporaires, résultant d'une recristallisation in situ des microsparites et des micrites, suite à l'évaporation d'une solution aqueuse saturée de carbonate et de bicarbonate de calcium. Les micromasses peuvent se développer lorsque de microcristaux de calcite précipitent graduellement dans la micromasse argileuse et lorsque

l'espace poreux entre les grains du sol est rempli progressivement par le limon et les cristaux de carbonate pédogénétique de taille d'argile (Bullock et al., 1985; Durand et al., 2010). Les micromasses, les remplissages et les revêtements sont le résultat d'une imprégnation progressive de la matrice du sol par des carbonates de calcium secondaires lixiviés à partir de l'horizon supérieur suite à l'infiltration des eaux d'inondation.

V.3.1 – Minéralogie générale des argiles des sols

Comme il est indiqué dans les résultats de l'étude minéralogique, la palygorskite, l'illite, la kaolinite, la chlorite et les smectites sont les minéraux argileux les plus dominants dans les sols alluviaux étudiés. La palygorskite et l'illite représentent 70 % de la fraction argileuse. Ils caractérisent les sols des environnements arides et semi-arides (Singer, 1984, 2002, Khormali et Abtahi, 2003, Owliaie et al., 2006, Bouza et al., 2007, Farpoor et Irannejad, 2013). Ils ont été signalés par Dutil (1971) ; Felix-Henningsen (2000) et Hamdi-Aissa (2001) dans les sols du Sahara.

La palygorskite est un minéral argileux fibreux commun dans les sols et les sédiments des zones arides et semi-arides et elle se maintient extrêmement bien dans ces zones (Elgabaly, 1962, Zelazny et Calhoun, 1977, Singer, 1989a, Khademi et Mermut, 1998, Achyuthan, 2003, Bouza et al. al., 2007, Hojati et al., 2010, Abbaslou et al., 2013). Cette argile a deux origines principales dans les sols des régions arides et semi-arides : une origine détritique (Lee et al., 1983, Shadfān et Mashhady, 1985, Shadfān et al., 1985, Badraoui et al. 1992, Farpoor et Krouse, 2008, Abbaslou, 2013), et une origine pédogénétique (Eswaran et Barzanji, 1974, Elprince et al., 1979, Monger et Daugherty, 1991, Khademi et Mermut, 1998, Kaplan et al., 2014).

S'il y a une érosion (transport et dépôt), ce minéral est hérité sans dégradation (Dutil, 1971). La palygorskite détritique est ajoutée au sol par des matériaux alluvionnaires (Khademi et Mermut, 1998, Farpoor et Irannejad, 2013) ou par des poussières éoliennes riches en palygorskite (Coudé-Gaussen et Blanc, 1985, Ugolini et al., 2008, Moreno et al., 2006, Ehrmann et al., 2007).

Sur la base des observations micromorphologiques des sols des dépressions inondables (Solum ZS6-1 et ZS7) l'argile palygorskite se présente comme un revêtement incomplet autour des grains de quartz détritiques (figure V.4 E). Enfin, selon Hamdi Aissa (2001) l'étude par microscopie électronique à balayage (MEB) du revêtement argileux autour des grains de sable montre un minéral argileux fibreux caractéristique. Ceci suggère que la palygorskite est

détritique dans ces sols, en grande partie hérité du matériel parental. L'apparition de la palygorskite dans les roches mères du Mio-Pliocène peut être le résultat d'un héritage d'origine détritique, comme cela avait été proposé par Chellat et al. (2014) dans des études antérieures sur les roches gréseuses du Mio-Pliocène dans le bas-Sahara où une analyse des spectres diffractométriques ont montré que la palygorskite est le minéral argileux le plus dominant dans ces roches avec un taux variant de 30 à 65%.

Singer (1984) a signalé que les sols ou les sédiments stratifiés composés de transitions texturales brutales, contiennent parfois de la palygorskite pédogénique. La palygorskite se produit dans ces transitions texturales (figure V.4.F) sous une forme cutanée (palygorskite).

La présence de palygorskite est souvent signalée dans les sols calcaires ou carbonatés provenant de nombreux sites calcaires dans le monde, sous forme de croûtes calcaires néoformées : en Afrique du Nord (Milot et al., 1969, 1977, Horta, 1980) ; au Moyen-Orient (Lamouroux et al., 1973, Eswaran et Barzanji, 1974, Verrecchia et Le Coustumer, 1996) ; au sud de la Turquie dans les formations calcaires du quaternaire (Kaplan et al., 2014) et à l'ouest du Rajasthan, en Inde (Achyuthan, 2003).

La palygorskite fibreuse a été décrite dans les croûtes calcaires du nord de l'Australie (Singer et Norrish, 1974), en Argentine (Bouza et al., 2007) et en Iran (Khademi et Mermut, 1998; Owliaie et al., 2006; Farpoor et Krouse, 2008, Abbaslou, 2013).

Dans les sols alluviaux en amont des bassins de Zegrir et de Nsa, la formation pédogénétique de la palygorskite semble être étroitement liée aux horizons calciques Bk et Ck. Les sols Haplocalcides, Haplocambids et Torripsammets formés sur des maritiaux parentaux de nature gypso-calcaire contenant du calcaire, marne, dolomite, gypse, anhydrite, argile et grès (des terrains datés de Crétacé, Mio-Pliocène et Pliocène). D'autre part, il est suggéré que la palygorskite peut être néoformée en aval dans des dépressions alluviales (daya) où les horizons calciques sont bien formés. Ces phénomènes ont été signalés dans des sols alluvionnaires similaires par Eswaran et Barzanji (1974) en Irak, Khademi et Mermut (1998) Farpoor et Irannejad (2013) en Iran.

En conséquence, les sols calcaires peuvent être des milieux alcalins favorables à la cristallisation de la palygorskite, car ils contiennent une teneur élevée en Mg. Ces conditions alcalines facilitent la mobilité de la silice, qui peut favoriser la formation de la palygorskite principalement dans les points de contact avec les grains de silice (Owliaie et al., 2006, Hojati et al., 2010, Abbaslou, 2013).

De plus, la formation de palygorskite ne reflète pas nécessairement les conditions climatiques actuelles. Il est possible que les périodes les plus humides du quaternaire méditerranéen (Hamann et al., 2009; Fedoroff et Courty, 2013; Kaplan et al., 2014) qui ont régnés dans cette région septentrionale du Sahara ont intensifié ces phénomènes de la même manière qu'en paysage méditerranéen actuel (Dutil, 1971, Cremaschi et Trombino, 1998, Felix-Henningsen, 2000, Moreno et al., 2006, Zerboni, 2008, Cremaschi et al., 2010, Zerboni et al., 2011, Youcef et Hamdi-Aissa, 2014. Lécuyer et al., 2016).

Le deuxième minéral argileux dominant dans ces sols est l'illite. Ce minéral est considéré comme un minéral argilo-stableux dans le pédo-environnement aride (Singer, 1988, 1989b). L'abondance de l'illite et de la chlorite (minéraux micacés) dans le sol peut être liée à leur abondance dans les roches mères. Cependant, la smectite (montmorillonite), l'illite, la Kaolinite, l'Halloysite, la Valuevite (xanthophyllite) et la chlorite représentent moins de 2% des minéraux argileux dans la roche mère du Mio-Pliocène (Chellat et al., 2014). Singer (1989b) a noté que l'accumulation et la distribution de l'illite dans les sols arides peuvent s'expliquer en partie par le processus d'illitisation et la durée et l'intensité de ce processus (nombre des cycles de dépôt-déflation/mouillage-séchage du sol).

Les smectites sont les minéraux les moins présents dans la fraction argileuse des sols étudiés. Borchardt (1989) suggère que la smectite se forme pédo-génétiquement en présence d'une concentration élevée en Si et Mg, dans une topographie basse et en mauvaises conditions de drainage. Néanmoins, Le régime hydrique extrême des sols étudiés n'est pas favorable à la néoformation de la smectite.

Khormali et Abtahi (2003) ont indiqué qu'il existe une corrélation inverse entre la palygorskite et la smectite en ce qui concerne l'humidité disponible dans le sol exprimée par le rapport Précipitation/Evapotranspiration. Si les valeurs $P/ET > 0,4$ donc la palygorskite se transforme en smectite. Dans notre zone d'étude les valeurs de P/ET calculées (Djili et Hamdi-Assia, 2018) sont inférieures à 0,4. On peut conclure que la palygorskite ne peut pas se transformer en smectite.

Enfin, les résultats de l'analyse par DRX sur un dépôt désorienté confirment les proportions des phyllosilicates obtenus pour la fraction argileuse (dépôt orienté). La présence du quartz en grande quantité reflète l'influence des apports éoliens, sableux siliceux, généralement très abondants partout dans le Sahara. Alors que, les teneurs élevées en calcite

et en dolomite reflètent l'origine détritique étroitement lié à la roche mère calcaire dolomitique située en amont du bassin versant de Nsa.

V.4 – Organisation spatiale

Dans la zone d'étude, la distribution des sols dans les bassins versants, se fait en relation avec plusieurs paramètres à savoir : la nature lithologique, les positions géomorphologiques (variation topographique), l'importance et la fréquence des apports alluviaux (les crues), l'influence des apports éoliens et enfin les résultats de l'action de l'homme sur l'écoulement des eaux (endiguement, barrage de dérivation...).

Lors des crues, il se fait un tri mécanique du matériel véhiculé de l'amont vers l'aval, donnant une distribution horizontale des sédiments qui se réalise, d'une manière générale, suivant des spectres granulométriques croissants ou décroissants selon les positions géomorphologiques.

V.4.1 - Dynamique de la couverture pédologique dans les bassins de Zegrir et de Nsa

Nous observons dans le bassin de Zegrir (figure V.5) et dans le bassin de Nsa (figure V.6) un passage progressif des sols alluviaux, plus ou moins stables et peu profonds en amont, vers des sols alluviaux profonds, fortement perturbés par les apports alluviaux cycliques et les apports éoliens en aval. Cette répartition apparaît plus ou moins rigoureuse selon l'intensité d'écoulement.

L'augmentation de la vitesse d'écoulement donne naissance à des alluvions caillouteuses, graveleuses et sableuses, dont les éléments grossiers ont une forme émoussée et arrondie ou aplatie de nature dolomitique et quartzeuse, résultant d'un roulement suite à une forte érosion hydrique et qui reflète une allochtonie et révèle une redistribution par un transport plus ou moins long (Dutil, 1971). La charge en éléments grossiers atteint son maximum dans les méandres, où le sol devient fortement caillouteux et très perméable. Cette accumulation est probablement due à un arrêt brusque de l'écoulement (Tricart et Cailleux, 1969).

Cependant, la diminution de la vitesse d'écoulement, dans un lit d'oued non encaissé ou dans une daya, donne naissance à des alluvions fines. On observe ainsi le passage progressif de formation grossière aux accumulations fines de limon ou même d'argile. En aval des bassins, et au moment des crues, il se fait un remaniement local des dépôts éoliens avec les alluvions dans le lit d'oued. Selon l'intensité des crues et l'importance des dépôts éoliens, le sol se présente sous forme d'une stratification des horizons de textures différentes : sableuse et sablo-limoneux à limoneuse. Ces sols sont beaucoup plus perméables et les eaux sont facilement infiltrées. Notons que l'épaisseur des alluvions dans les Daya varie entre 4 et 12 m.

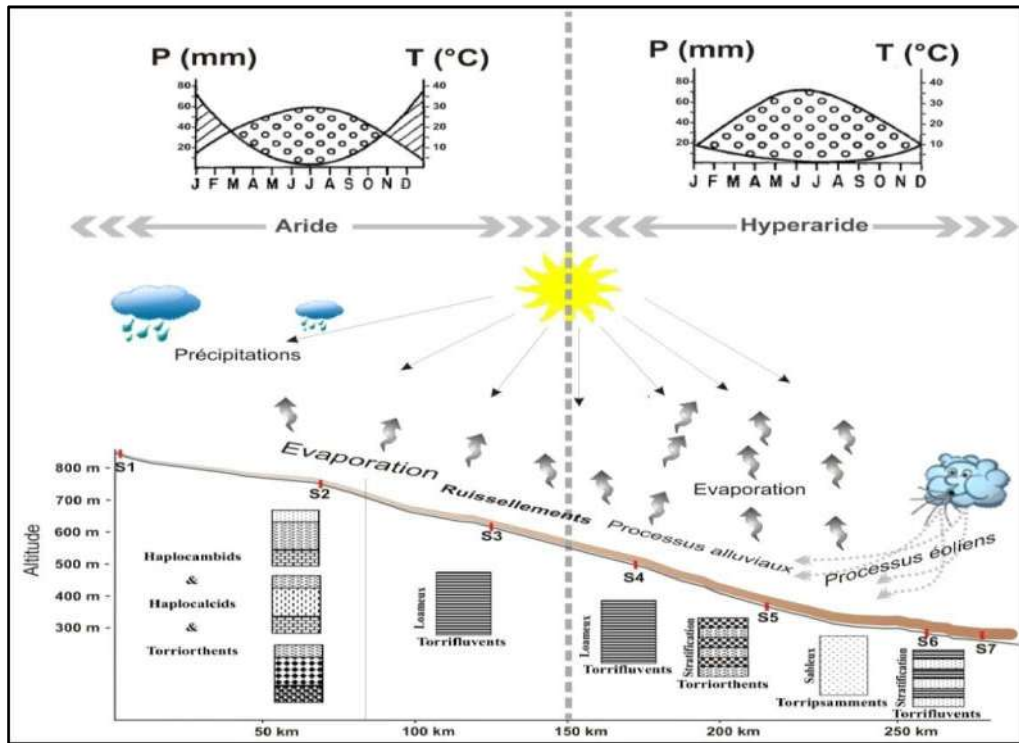


Figure V. 5 - Modèle des processus de formation des sols alluviaux le long de la toposéquence arides/hyperarides dans le Bassin du Zegrir.

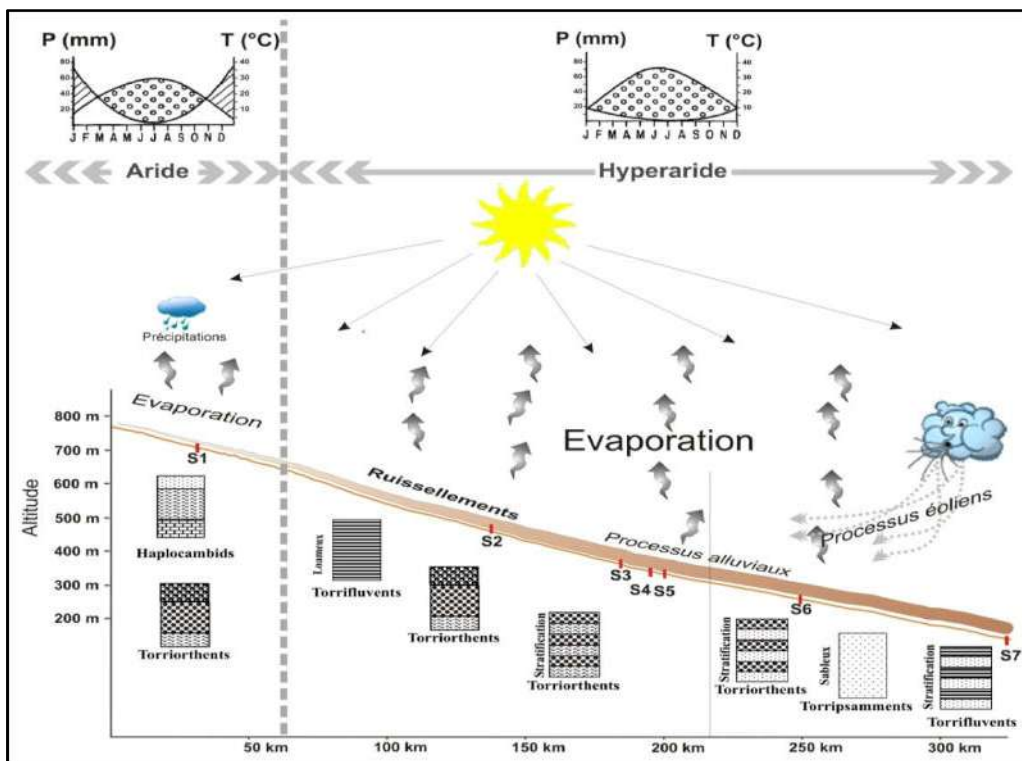


Figure V. 6 - Modèle des processus de formation des sols alluviaux le long de la toposéquence arides/hyperarides dans le Bassin de Nsa

V.4.2 - Dynamique de la couverture pédologique dans les bassins de M'zab et de Metlili

Nous observons dans le bassin de M'zab (figure V.7) et dans le bassin de Metlili (figure V.8) un passage progressif des alluvions grossières vers des alluvions moyennement fines. Le relief en amont des bassins de M'zab et de Metlili fait partie de la Chebka du M'zab, les lits d'oued sont fortement encaissés, ce qui favorise des écoulements torrentiels des crues, conduisant à une érosion intense du paysage où la lithologie est dominée par des terrains calcaires dolomitique du Turonien.

La morphologie du solum varié progressivement plus on s'éloigne de l'amont des bassins versants, suite à une diminution de l'effet de l'érosion hydrique, permettant ainsi d'avoir une diminution dans la charge grossière.

En allant vers la partie en aval des bassins, la morphologie des solums est influencée par l'interaction des deux apports alluviaux et éoliens, permettant l'apparition d'une stratification bien visible des horizons, qui se traduit par des différences très nettes dans la granulométrie des différents horizons, ce qui indique que ceux sont des sols encore très jeunes, où la pédogenèse est limitée.

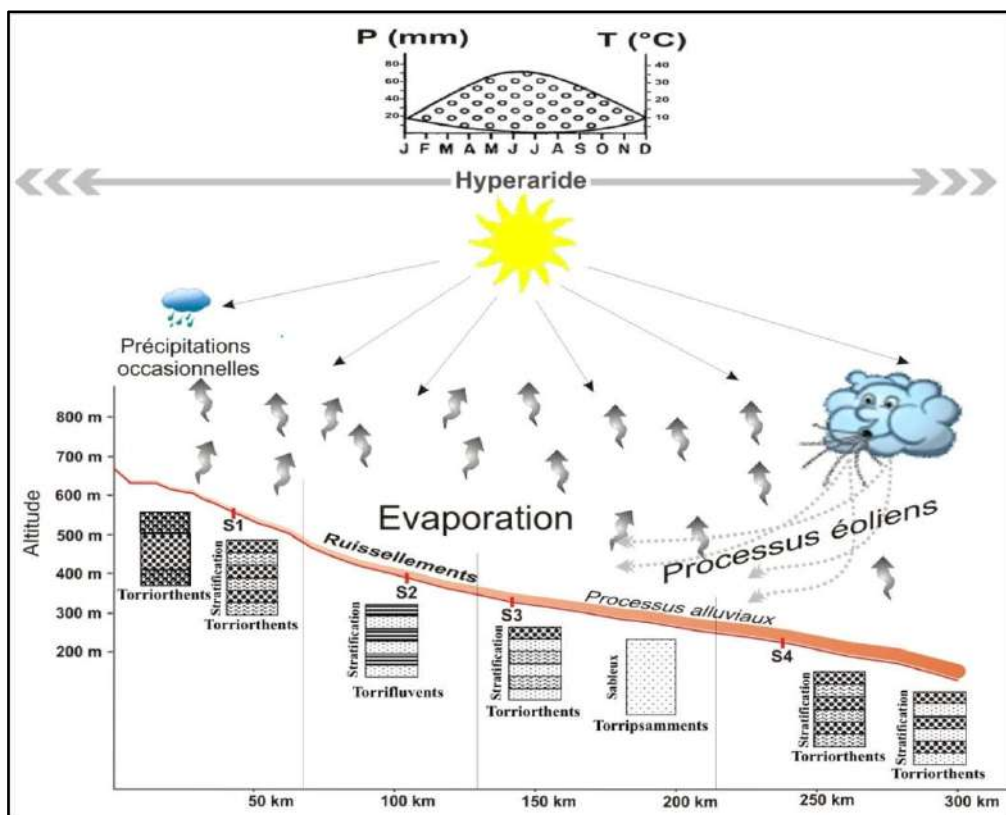


Figure V. 7 - Modèle des processus de formation des sols alluviaux le long de la toposéquence hyperarides dans le Bassin de M'zab.

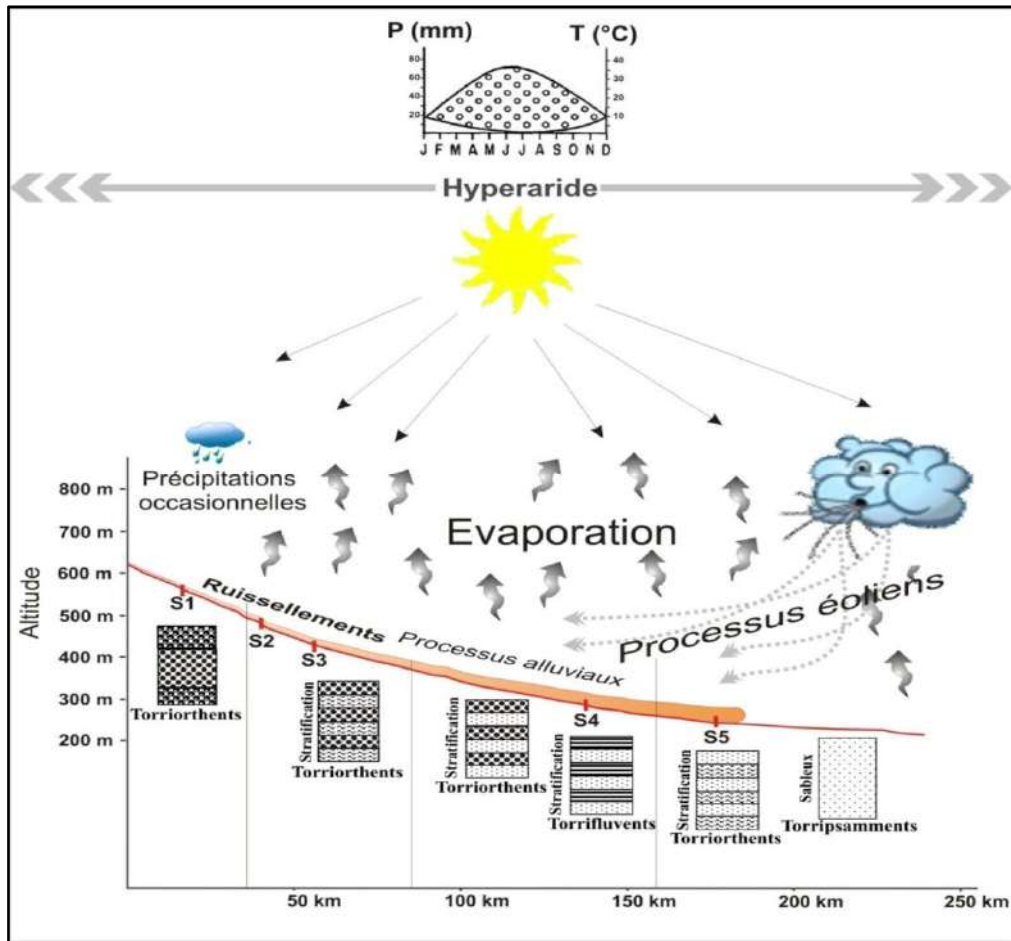


Figure V. 8 - Modèle des processus de formation des sols alluviaux le long de la toposéquence hyperarides dans le Bassin de Metlili.

V.4.3 – Organisation spatiale de la couverture pédologique alluviale dans l'ensemble des bassins du M'zab

La réalisation d'une carte pédologique des sols alluviaux, est une opération laborieuse qui demande d'une part, la disponibilité des documents de base, notamment les cartes à grande échelle : cartes géologiques, géomorphologiques, topographiques, climatiques..., et d'autre part, un effort colossal pour sa réalisation : prospection, échantillonnage, étude et analyses. Pour notre zone d'étude, cette opération est très difficile à réaliser au vu du manque de documents de base et l'hétérogénéité des couvertures pédologiques alluviales.

Dans le but de contribuer à la création d'une base de données sur les sols sahariens et par voie de conséquence à la réalisation d'une carte des sols sahariens, nous avons essayé de suivre une démarche méthodologique basée sur l'exploitation des données disponibles sur : les facteurs de formation des sols pour notre zone d'étude (lithologie, géomorphologie, climat et végétation), les résultats de l'étude morpho-analytique de tous les solums étudiés, ainsi que toutes les observations enregistrées et les sondages effectués sur terrains sur les pédopaysages

des sites visités. L'interaction de ces facteurs, par un traitement numérique des données, a permis de distinguer les unités d'organisation spatiale des couvertures pédo-paysagiques qui donnent naissance à des sols alluviaux (figure V.9) résumées comme suit :

Unités 1 : C'est l'unité pédo-paysagique la plus stable. Située en amont des deux bassins versants : Zegrir et Nsa. Elle est caractérisée par les conditions environnementales suivantes :

- ❖ **Régime climatique** : Extrême aridique thermique.
- ❖ **Nature lithologique** : Grès et sables de Mio-Pliocène et calcaire du Pliocène.
- ❖ **Relief et topographie** : Paysage général moins accidenté, constitué de : plateaux, lits d'oued faiblement encaissés (pseudo-plaines alluviales), Dayas et collines à faibles dénivelés.
- ❖ **Végétation naturelle** : Steppes buissonneuses et Dayas à Bétoum.

Ces conditions permettent la formation des sols alluviaux peu évolués dominés par les *Haplocambids* et *Haplocalcids* (Soil taxonomy, 2014) ou par les **FLUVIOSOLS BRUNIFIES** et **TYPIQUES** (RP, 2008).

Unités 2 : C'est une unité pédo-paysagique légèrement perturbée. C'est l'unité la plus dominante dans la zone d'étude. Elle est caractérisée par les conditions environnementales suivantes :

- ❖ **Régime climatique** : Extrême aridique hyperthermique.
- ❖ **Nature lithologique** : Grès et sables de Mio-Pliocène et calcaire du Pliocène.
- ❖ **Relief et topographie** : Le paysage général est moins accidenté constitué de : plateaux, lits d'oued faiblement encaissés ;
- ❖ **Végétation naturelle** : Steppes buissonneuses et Dayas à Bétoum et steppes buissonneuses claires.

Ces conditions permettent la formation des sols alluviaux dominés par les *Torrifluvents* (Soil taxonomy, 2014) ou les **FLUVIOSOLS JUVENILES** (RP, 2008) avec des solums à une morphologie homogène ou stratifiée (limon ou limon/sable).

Unités 3 : C'est une unité pédo-paysagique moyennement perturbée. Elle occupe des terrains modérément accidenté de la Chebka du M'zab. Elle est caractérisée par les conditions environnementales suivantes :

- ❖ **Régime climatique** : Extrême aridique hyperthermique ;
- ❖ **Nature lithologique** : calcaire de Crétacé supérieur et Calcaire dolomitique du Turonien ;
- ❖ **Relief et topographie** : le paysage moyennement accidenté de la Chebka du M'zab : lits d'oued encaissés, ravins, collines à forts dénivelés ... ;
- ❖ **Végétation naturelle** : Steppes buissonneuses et Dayas à Bétoum et steppes buissonneuses claires.

Ces conditions permettent la formation de plusieurs types de sols alluviaux dominés par les *Torrifluvents*, *Torriorrhents* et *Torripsammets* (Soil taxonomy, 2014) ou **FLUVIOSOLS JUVENILES** et **BRUTS** (RP, 2008).

Unités 4 : C'est une unité pédo-paysagique fortement perturbée. Elle occupe des terrains fortement accidentés de la Chebka du M'zab. Elle est caractérisée par les conditions environnementales suivantes :

- ❖ **Régime climatique :** Extrême aridique hyperthermique ;
- ❖ **Nature lithologique :** Calcaire dolomitique du Turonien ;
- ❖ **Relief et topographie :** Le paysage fortement accidenté de la Chebka du M'zab ;
- ❖ **Végétation naturelle :** Steppes buissonneuses claires.

Ces conditions permettent la formation des sols alluviaux dominés par les *Torriorthents* (Soil taxonomy, 2014) ou les **FLUVIOSOLS BRUTS torrentiels** (RP, 2008). Le profil est dominé par une charge grossière importante.

Unités 5 : C'est une unité pédo-paysagique fortement influencée par les apports éoliens. Elle est caractérisée par les conditions environnementales suivantes :

- ❖ **Régime climatique :** Extrême aridique hyperthermique ;
- ❖ **Nature lithologique :** Dunes récentes de quaternaires ;
- ❖ **Relief et topographie :** Accumulations dunaires de différentes type entremêlées avec les apports alluviaux ;
- ❖ **Végétation naturelle :** Végétation des terrains sablonneux (psamophytes).

Ces conditions permettent la formation des sols alluviaux dominés par les *Torripsamments* (Soil taxonomy, 2014) ou les **FLUVIOSOLS BRUTS sableux** (RP, 2008).

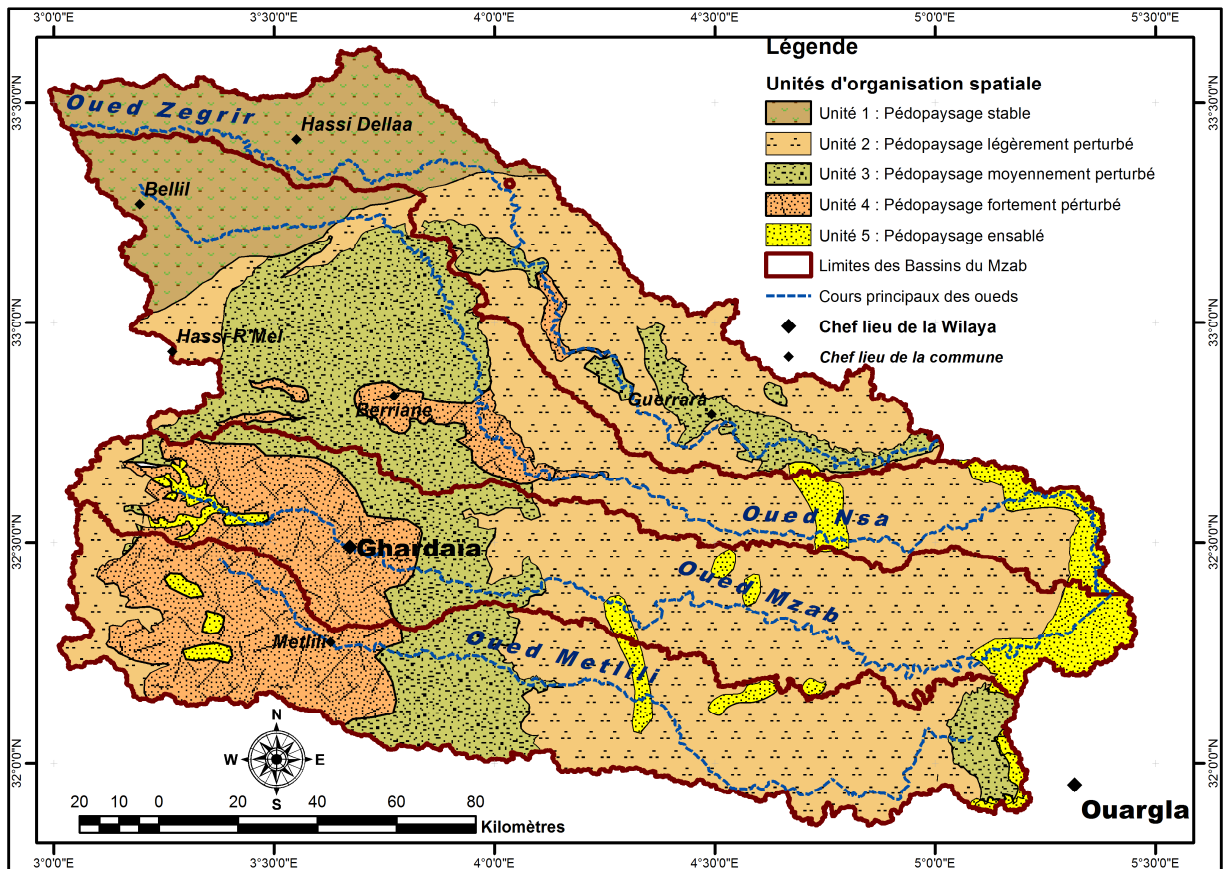


Figure V. 9 – Esquisse d'une carte d'organisation spatiale des unités pédopaysagiques générant les sols alluviaux dans les bassins du M'zab

V.5 – Intérêt environnemental

L'environnement est un ensemble de caractères d'un milieu considéré par rapport à un organisme ou un groupe d'organismes déterminés (Foucault et Raoult, 2010). C'est un objet d'intérêt tel qu'un organisme ou une population d'organismes, c'est aussi le système physico-chimique dans lequel les organismes fonctionnent (Chesworth, 2008).

Les milieux alluviaux constituent l'un des principaux systèmes écologiques des zones sahariennes. Ils présentent des particularités physiques et biologiques qui justifient une étude séparée de celle des autres écosystèmes sahariens. Ils ont, en tant qu'habitat, des traits et des intérêts environnementaux sur plusieurs plans à savoir : la biodiversité naturelle, l'utilisation par l'homme (agronomie, urbanisme...) et sur le plan de recherches scientifiques (paléo-environnement...).

V.5.1 – Intérêt sur la biodiversité végétale naturelle

Selon Baize & Girard (2009), La végétation naturelle dans un milieu alluvial (à Fluviosols bruts) n'a lieu que lorsqu'une relative stabilité permet son installation, elle y est très diversifiée. Dans un premier temps, des végétaux pionniers s'installent, de toute origine écologique puis les espèces ligneuses s'installent en second lieu. Cette végétation ayant souvent un rôle majeur dans la stabilisation des berges, et son maintien est primordial.

Lors de la prospection pédologique sur terrain et au moment de la description de l'environnement des solums, nous avons réalisé un recensement floristique, effectué sur des formes physiographiques du paysage, auprès et autour des profils pédologiques. L'objectif est de comparer entre la richesse des sols alluvionnaires avec celle des autres types de sols qui caractérisent les paysages environnants (Glacis, plateaux). Pour mettre en évidence la partie du paysage alluvionnaire la plus riche en espèces, nous avons mené des échantillonnages floristiques sur des sous-unités paysagiques alluviales, à savoir : Lit ou bras principal des cours d'eau, lit ou bras secondaire, berge, îlot (butte) et terrasse alluviale.

La figure V.10. et l'annexe V, illustrent les résultats obtenus dans les 7 sites du bassin de Nsa où les conditions naturelles sont les plus diversifiées.

L'étude floristique globale a permis de dénombrer 98 espèces végétales appartenant à 34 familles botaniques. Les familles les plus répandues sont les Astéracées, les Fabacées les Brassicaceae et les Poaceae. La richesse totale des espèces varie de l'amont vers l'aval, sous l'influence de l'altitude, de la lithologie, de la géomorphologie, des types du sol, ainsi que du

degré d'influence des apports éoliens. Les ressources ligneuses représentent 40,8 % de la flore globale recensée.

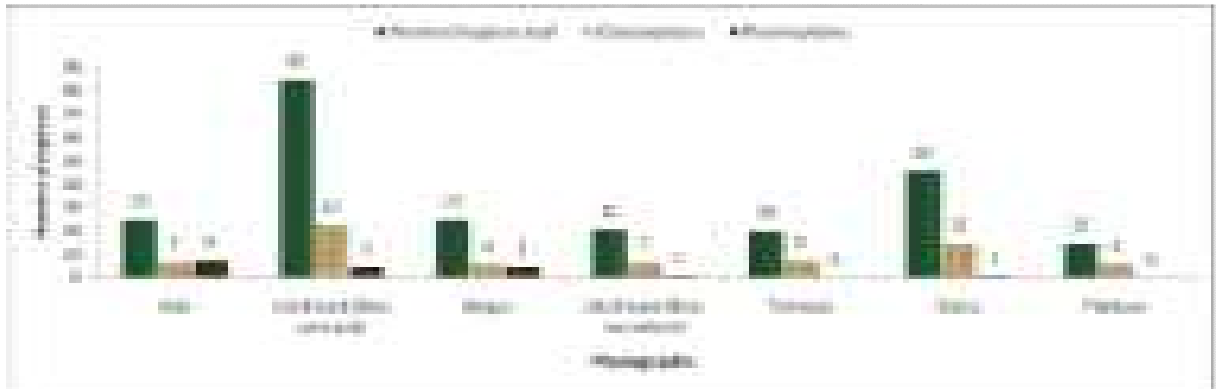


Figure V. 10 – Richesse spécifique totale en fonction de la physiographie du paysage dans le bassin versant de Nsa

Les lits mineurs (bras principal) notamment ensablés sont les milieux les plus riches en espèces (86.7 %). Il s'agit des lits d'oued sableux-limoneux ou caillouteux, ensablés par les apports éoliens durant les périodes sèches marquées par l'absence des crues. Ces sables seront remaniés par la suite au moment des crues.

Les berges ou les îlots, où le sol est de type sablo-limoneux, sont moins riches en espèces mais le taux de recouvrement est le plus important, dominé par des espèces arborescentes (Annexe III. Figure a. c. et d). Les îlots (buttes) se présentent sous forme de grands buissons qui maintiennent le sol par leurs racines contre l'érosion hydrique ou éolienne, permettant ainsi l'installation d'autres espèces ligneuses ou non ligneuses.

Les glacis, surtout ceux ensablés, permettent l'installation d'un nombre élevé d'espèces, mais ceci est en fonction de la nature lithologique de la roche mère. L'ensablement favorise l'installation des espèces psammophytes non ligneuses.

Enfin, les talwegs ou chenaux d'écoulement ne permettent aucune installation de la végétation, suite à l'effet érosif des eaux des crues qui provoque l'ablation continue du sol.

Ces résultats confirment les travaux de Chehma (2005) sur les parcours sahariens, où il a enregistré que les lits d'oueds sont les parcours les plus riches et les plus diversifiés, avec plus de 70% des espèces inventoriées. Il a noté aussi que les sols sableux et les lits d'oueds sont les parcours les plus productifs, avec des valeurs de l'ordre de 10 fois plus grandes que celles des autres parcours.

V.5.2 – Intérêt sur le plan agricole

Les habitats attractifs sur les digues des rivières et sur les parties les plus élevées des paysages marins ont été reconnus depuis l'époque préhistorique. De même les grandes anciennes civilisations ont été développées dans des paysages fluviaux (alluviaux) et sur les plaines marines. Ceci ne peut être expliqué que par la bonne fertilité naturelle de la majorité des sites alluvionnaires dans le monde (IUSS W-G WRB, 2014).

En zones tempérées, la vocation herbagère est la plus fréquente. La mise en culture des sols alluviaux est possible, en particulier en cultures tardives de printemps, en raison des risques d'inondation hivernale (Baize & Girard, 2009).

En zones sèches et arides, de nombreuses cultures sont cultivées sur les sols alluviaux, mais ceci nécessite un certain contrôle de la quantité de l'eau (IUSS Working Group WRB, 2014). Les cultures sont intensives grâce à l'irrigation. Notons enfin que, les milieux alluviaux en amont des bassins de Zegrir et de Nsa sont les seuls endroits où les nomades ou la population locale peuvent pratiquer des cultures céréalières sans irrigation.

V.5.3 - Intérêt sur le plan urbain

Selon Baize & Girard (2009), les fluviols des grandes vallées alluviales correspondent à des milieux naturels extrêmement convoités qui ont été, au cours des siècles, occupés et souvent dégradés par l'homme : mise en culture et irrigation, exploitation de granulats, urbanisation et industrialisation le long de ces axes de communication.

En zones inaptes à la construction et à l'urbanisation en raison des risques d'inondation, les terrains alluviaux sont utilisés comme parcs de délasserment ou terrains de sport, ou pour une exploitation fréquente pour l'extraction de granulats (gravières) destinés au génie civil (Baize & Girard, 2009).

Lors de la prospection pédologique, nous avons remarqué, dans les villes situées dans les bassins du M'zab (Berriane, Guerrara, El Ateuf, Metlili...), que les eaux usées sont rejetées directement ou indirectement dans les milieux alluviaux. Selon Benhedid (2014) ces rejets agro-urbains ont provoqué une dégradation des ressources hydriques souterraines. Les eaux sont devenues polluées et non potables par rapport aux normes de l'O.M.S.

V.5.4 - Intérêt sur le plan paléo-environnemental

Les sols en aval des bassins versants du M'zab présentent une stratification d'horizons bien visible. Elle résulte d'une manière générale, de l'interaction des deux apports : alluvial et

éolien, dont l'influence de chaque type est liée à son intensité et à son cycle de dépôt (Belnap et al., 2011). Chaque dépôt reflète des conditions climatiques et hydrologiques bien spécifiques.

A travers l'étude morphologique et analytique des solums qui présentent cette stratification, nous avons pu remarquer que la différence entre les horizons stratifiés se traduit non seulement par un changement dans la couleur, la texture et la structure du sol, mais aussi par des variations sensibles dans la teneur en calcaire total et en valeur des autres paramètres (matière organique, pH ...).

La distinction des transitions et la netteté des limites entre les horizons permet de dire qu'il s'agit des apports bruts conservant des données très précieuses qui peuvent être exploitées largement pour reconstituer la succession des conditions climatiques ayant régné au passé, ainsi que de reconnaître l'historique de la désertification.

Pour l'instant, nous pouvons dire que les horizons ayant une texture sablo-limoneuse à limoneuse, une couleur plus ou moins sombre et des teneurs plus ou moins élevées en calcaire total, sont influencés, notamment par les apports d'origine alluviale liés à l'écoulement de l'oued et qui reflètent des périodes pluvieuses qui ont touché une partie ou la totalité des bassins versants du M'zab, Considérant que les crues sont la conséquence première et évidente de la pluie (Claude, 1993). Alors que les horizons ayant une texture beaucoup plus sableuse (surtout en sable fin), une structure particulière, une couleur plus claire et des teneurs très faibles en calcaire total, sont influencés, beaucoup plus, par les apports d'origine éolienne qui reflètent des périodes très peu pluvieuses ou sèches.

Pour fructifier les intérêts paléo-environnementaux des sols alluviaux en zone aride, un projet de recherche a été mené, dans une partie de la zone d'étude, durant la période 2003-2007, intitulé : *Reconstitution des changements climatiques en Afrique du nord à partir des fluctuations du cycle hydrologique (Dayaclim)* (Hamdi-Aissa et Messen 2006). Parmi ses principaux objectifs : (i) utilisation des sols alluviaux en zones arides comme un outil pour apporter des éléments de prévision sur les changements climatiques, à partir des variations climatiques dans le passé. (ii) constituer une banque des données sur la pédologie, la géologie la géomorphologie et l'environnement, qui va servir comme outil d'aide aux projets de développement des régions arides. L'impact socio-économique de ce projet est la détermination des conséquences des changements climatiques sur les activités humaines (Hamdi-Aissa et al., 2004 ; Messen et al., 2004).

Les outils et les techniques qui ont été appliqués à base des sols alluviaux sont résumés dans les points suivants :

- ❖ Utilisation de la technique de datation par luminescence sur des sédiments éoliens échantillonnés dans les sols alluviaux en vue de la reconstitution des cycles hydrologiques de la Région de Guerrara (Imatoukene et al, 2007).
- ❖ Utilisation des propriétés magnétiques des oxydes de fer présents dans les couches argileuses des sols alluviaux en vue d'une reconstitution stratigraphique du remplissage du paléolac de Guerrara (Djerrab et al, 2007).
- ❖ Utilisation des apports de la micro-pédologie des sols alluviaux de la Daya d'El-Amied comme outil de reconstitution de changements climatiques (Hamdi-Aïssa et al, 2007).
- ❖ Utilisation de la technique de datation par le carbone 14 sur des sols alluviaux, en vue de la reconstitution du climat paléolithique dans un bassin sédimentaire dans le Sahara septentrional algérien (Messen et al, 2007).
- ❖ Utilisation de la minéralogie des sols alluviaux de la Daya d'El-Amied en vue de la reconstitution des changements climatiques (Aouam et Hamdi Aïssa, 2007).
- ❖ Utilisation des sols alluviaux de la Daya d'El Amied en vue de reconnaître les significations paléoenvironnementales dans le Sahara septentrional (Youcef et Hamdi-Aïssa, 2007 ; Youcef et al, 2012).

Nous disposons donc, dans la zone d'étude, d'un champ expérimental idéal pour reconstituer le paléo-environnement du Sahara septentrional et apporter des éléments d'explication aux changements climatiques et aux phénomènes de sécheresse. Mais pour atteindre ce but, nous devons exploiter tous les outils et les méthodes disponibles à savoir la datation relative ou absolue, les indices géochimiques et autres.

Conclusion

Conclusion

L'étude des sols alluviaux des bassins du M'zab contribue à la connaissance des sols sahariens, peu connus jusqu'à ce jour. Les résultats obtenus à travers cette étude mettent en évidence les caractéristiques morphologiques et analytiques des sols alluviaux dans les bassins de Zegrir, de Nsa, de M'zab et de Metlili. Ils nous ont permis de comprendre et de connaître quelques facteurs qui interviennent dans la genèse et la distribution des sols.

La distribution des sols dans les bassins versants du M'zab, se fait en relation avec plusieurs paramètres à savoir : la nature lithologique, les positions géomorphologiques, l'importance et la fréquence des apports alluviaux, l'influence des apports éoliens et les résultats de l'action de l'homme.

Les observations sur le terrain et les analyses de laboratoire nous ont conduit aux conclusions suivantes :

- ❖ Les sols ont des couches bien stratifiées, en particulier dans la partie en aval des bassins. La stratification est clairement illustrée par la variation irrégulière de la texture du sol, reflétant les interactions entre les processus alluviaux et éoliens.
- ❖ Les sols alluviaux à charge grossière se forment principalement dans la partie du bassin, localisée dans la Chebka du M'Zab. Ils caractérisent la partie en amont des bassins de M'zab et de Metlili. Ils sont caractérisés par des éléments grossiers caillouto-graveleux, dont leur forme est émoussée, aplatie ou arrondie de nature calcaire dolomitique.
- ❖ En général, la texture de la terre fine des sols alluviaux étudiés est dominée principalement par les deux classes texturales sableuses (sableuse et sablo-loameuse) et équilibrées (loamo-sableuse).
- ❖ Ces sols sont non salés à peu salés, modérément à légèrement alcalins et pauvres en matière organique avec de bonnes conditions de drainage.
- ❖ Les sols alluviaux étudiés dans les quatre bassins versants du M'zab sont rattachés :
 - Selon la classification des sols de CPCS (1967) aux *sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial modal* et aux *sols minéraux bruts non climatiques d'apport alluvial modal* ;
 - Selon le Référentiel Pédologique (2008) à l'ensemble des Références des FLUVIOSOLS (BRUNIFIES, TYPIQUES, JUVENILES et BRUTS) ;

- Selon la classification américaine des sols, Soil Taxonomy (2014) aux taxons : *Typic Torriorthents*, *Typic Torrifluvents*, *Typic Haplocambids*, *Typic Haplocalcids* et *Typic Torripsamments* ;
- Selon la classification mondiale des sols WRB (2014) aux Références : Fluvisols, Cambisols, Calcisols et Arenosols.
- ❖ Les sols étudiés sont constitués des sédiments calcaires déposés par l'eau et transportés à partir des zones situées en amont et à partir du paysage environnant.
- ❖ Deux mécanismes principaux d'accumulation des carbonates secondaires ont été distingués et qui affectent les matériaux des sols alluviaux d'une façon simultanée : Le premier est l'allochtonie, liée aux processus d'inondation où des nodules calciques individuels transportés sont incorporés dans le profil du sol ; le deuxième est la cristallisation in situ dérivant de la lixiviation du carbonate de calcium et de son accumulation progressive dans le front d'évapotranspiration.
- ❖ La palygorskite, l'illite, la kaolinite, la chlorite et les smectites sont les minéraux argileux les plus dominants dans la fraction argileuse des sols alluviaux étudiés. La palygorskite et l'illite représentent 70 % de la fraction argileuse. La kaolinite et la chlorite sont moins abondantes dans le sol, alors que la smectite se présente en quantités mineures.
- ❖ L'existence de la palygorskite à la fois dans le sol et dans les roches mères, peut être attribuée à un héritage détritique, additionnée au sol par les matériaux alluviaux et des poussières éoliennes. La transformation et la néoformation de la palygorskite (étroitement associée aux horizons calciques et aux roches mères calcaires) sont possibles pour des formes contemporaines dans les sols.
- ❖ L'étude de l'organisation spatiale a montré que ces sols alluviaux présentent des variations morphologiques commandées par la nature lithologique, leur position géomorphologique et topographique et l'influence du climat aride ou hyperaride. Ainsi, les sols présentent un début d'évolution en amont des bassins de Zegrir et de Nsa, mais ralentie par l'aridité du climat. Tandis qu'en amont des bassins de M'zab et de Metlili, où le climat est hyperaride et le paysage est dominé par la Chebka du M'Zab, les sols alluviaux présentent une charge grossière très importante. Cependant, en allant vers l'aval des quatre bassins versants, les sols présentent une stratification illustrée par des variations irrégulières principalement dans la texture du sol, qui reflète des interactions entre les processus alluviaux et éoliens.

❖ Les sols alluviaux des bassins du M'zab présentent une grande diversité pédopaysagique qui leur a attribués des intérêts environnementaux multiples favorisant : l'installation d'une biodiversité importante, l'utilisation par l'homme pour l'agriculture ou autres spéculations, l'utilisation comme un champ expérimental idéal pour reconstituer le paléo-environnement et apporter des éléments d'explication aux changements climatiques ainsi qu'au phénomène de la sécheresse.

Cette étude devra être enrichie par d'autres travaux qui expliqueraient davantage l'évolution du sol en utilisant, à cet effet, des indices d'altération géochimique, micromorphologique ou autres. De même la minéralogie des argiles mérite d'être approfondie pour de plus amples conclusions.

Enfin, la zone étudiée s'avère être un champ de recherche très intéressant pour les futures investigations. Une bonne gestion des écosystèmes alluviaux peut contribuer de manière significative dans leurs protection et à leurs préservation.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abbaslou, H., A. Abtahi, F. J. M. Peinado, H. Owliaie, and F. Khormali. 2013. Mineralogy and characteristics of soils developed on Persian Gulf and Oman sea basin, southern Iran: implications for soil evolution in relation to sedimentary parent material. *Soil Science*, 178(10):568-584.
- AFNOR., 1999a. *Qualité des sols*. Vol. 1, Ed AFNOR, Paris, 565 p.
- AFNOR., 1999b. *Qualité des sols*. Vol. 2, Ed AFNOR, Paris, 408 p.
- Achyuthan, H. 2003. Petrologic analysis and geochemistry of the Late Neogene-Early Quaternary hardpan calcretes of Western Rajasthan, India. *Quaternary International* 106–107:3–10.
- Al-Gamal, S. A. 2011. An assessment of recharge possibility to North-Western Sahara Aquifer System (NWSAS) using environmental isotopes. *Journal of Hydrology*, 398(3):184-190.
- Aouam, H., B. Hamdi-Aïssa. 2007. Apport de l'étude minéralogique sur la reconstitution des changements climatiques, cas du bassin alluvionnaire de Dayat El-Amied (Guerrara, Wilaya de Ghardaïa). Actes des Journées internationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi arides. Publication du CRSTRA. Biskra. pp. 380-381.
- Aubert G., 1978. *Méthodes d'analyses des sols*. Ed. C.R.D.P., Marseille, 191 p.
- Badraoui, M., P. R. Bloom, and R. Bouabid. 1992. Palygorskite-smectite association in a Xerochrept of the High Chaouia region of Morocco. *Soil Science Society of America Journal*, 56(5):1640-1646.
- Baize, D., et M. C. Girard. 2009. *Référentiel pédologique 2008*. Editions Quae. 405p.
- Baize, D., B. Jabiol. 1995. *Guide de description des sols*. AFES-INRA, Paris.
- Barry J.P. Faurel L., 1968. *Carte de la végétation de l'Algérie, Ghardaïa (1/500.000)*. Publiée par l'Inst. de Cart. de l'Univ. d'Alger.
- Barry J.P. Faurel L., 1973. *Notice de la feuille de Ghardaïa : Carte de la végétation de l'Algérie à 1/500.000*. Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. N. 11, 125 p.
- Belnap, J., S.M. Munson, and J. P. Field. 2011. Aeolian and fluvial processes in dryland regions: the need for integrated studies. *Ecohydrology*. 4:615–622.
- Benhedid H., 2014. *Etude de l'impact des eaux usées sur la variabilité de la pollution des aquifères superficiels à Oued M'Zab*. Mém Mag. Eco., Ouargla, 149 p.

- Berkal, I. 2006. Contribution à la connaissance des sols du Sahara d'Algérie. Mém. Magister. INA El-Harrach–Alger, 121p.
- Borchardt, G. 1989. Smectites. Minerals in soil environments. (minerals in soil). 675-727.
- Bouchet, A., Meunier, A., & Sardini, P. 2000. *Minéraux argileux: structure cristalline, identification par diffraction de rayons X* (Vol. 23). Editions Elf Exploration. 136 p.
- Bouza, P.J., M. Simón, J. Aguilar, H. Del Valle, and M. Rostagno. 2007. Fibrous-clay mineral formation and soil evolution in Aridisols of northeastern Patagonia, Argentina. *Geoderma* 139:38–50.
- Bullock, P., N. Fedoroff, A. Jongerijs, G. Stoops, T. Tursina, and C. Babel. 1985. Handbook for soil thin section description. Waine Research Publications, Wolverhampton.
- Capot-Rey R., A. Cornet, B. Blaudin De Thé. 1963. Glossaire des termes géographiques et hydrogéologiques Sahariens. Ed. I.R.S, Alger. 22p.
- Cehma, A. 2005. Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional Algérien cas des régions de Ouargla et Ghardaïa. Thèse Doct. Univ. Badji Mokhtar-Annaba, 178p.
- Chellat, S., A. Bourefis, B. Hamdi-Aïssa, and A. Djerrab. 2014. Paleoenvironmental reconstitution of Mio-Pliocenes sandstones of the lower-Sahara at the base of exoscopic and sequential analysis. *Pensee Journal*, 76:34-51.
- Chesworth, W. 2008. Encyclopedia of soil science. Encyclopedia of earth sciences series. 902p.
- Claude J., 1993. Crues et sécheresse. *Sécheresse* Vol. 4 N° 3. pp 141-142.
- Clément, M., F. Pieltain. 2003. Analyse chimique des sols: méthodes choisies. Ed. TEC&DOC, Paris, 387p.
- Cooke, R., A. Warren, A. Goudie, and J. R. Keaton. 1993. Desert geomorphology. *Engineering Geology*, 36(3):149-150.
- Coudé-Gaussen, G., and P. Blanc. 1985. Présence de grains éolisés de palygorskite dans les poussières actuelles et les sédiments récents d'origine désertique. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 1(4):571-579.
- Coyne A. 1879. Le M'Zab. Ed. Adolphe Jourdan, Libraire-Editeur Alger, 41 P.
- CPCS. 1967. Classification des sols. Grignon, France, Ecole nationale supérieure agronomique. 87 pp.
- Cremschi, M., A. Zerboni, C. Spötl, and F. Felletti. 2010. The calcareous tufa in the Tadrart Acacus Mt. (SW Fezzan, Libya): an early Holocene palaeoclimate archive in the central Sahara, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 287(1):81–94.

- Cremschi, M., and L. Trombino. 1998. The palaeoclimatic significance of paleosols in Southern Fezzan (Libyan Sahara): morphological and micromorphological aspects. *Catena*, 34(1),131-156.
- Daddi Bouhoun M., 1997 - Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : Cas du M'Zab. Thèse Magister, I.N.A., Alger, 180 p.
- Daoud, Y., A. Halitim. 1994. Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 5(3), 151-160.
- Djerrab, A., N. Messen, I. Hedley et P. 2007. Camps. Stratigraphie et propriétés magnétiques du remplissage du paleolac de Guerrara, Algérie. Actes des Journées internationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi arides. Publication du CRSTRA. Biskra. pp. 153-163.
- Djili B., 2004. Etude des sols alluviaux en zones arides. Cas de la Daya d'El-Amied (région de Guerrara), essai morphologique et analytique. Mémoire Mag. Agro., Ouargla, 81p.
- Djili B., B. Hamdi-Aissa. 2016. Characteristics and mineralogy of desert alluvial Soils: wadi Nsa, northern Sahara of Algeria. *PONTE. International Journal of Sciences and Research*. Vol. 72 No. 12.
- Djili B., B. Hamdi-Aissa. 2018. Characteristics and mineralogy of desert alluvial Soils: wadi Zegrir, northern Sahara of Algeria. *Arid Land Research and Management*, 32 (1):1-19.
- Djili, K., Y. Daoud, Y. 2000. Influence des hauteurs des précipitations sur la répartition du calcaire et du pourcentage de sodium échangeable dans les sols du Nord de l'Algérie. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 11(1), 37-43.
- Dubief J., 1953. Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Ed. Service des études scientifique, Alger, 457 p.
- Duchaufour P., 1983. Pédologie. Pédogenèse et classification. T. I, Ed Masson Paris, 491p.
- Dubost, D. 2002. Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes.. *Ed. CRSTRA, Biskra*. 423p.
- Durand, N., H.C. Monger, and M.G. Canti. 2010. Calcium carbonate features In: Stoops, G. Marcelino, V., and F. Mees. (eds). 2010. Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Elsevier, amsterdam, 149–194.
- Dutil, P., 1971. Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse doc. Univ. Strasbourg. 346 p.
- Dutil, P., C. Martinez, P. Quezel. 1959. Etude pédologique et palynologique d'un profil de formations quaternaires de la daya M'rara (W de l'Oued Rhir). *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*. 50:196-203.

- Ehrmann, W., G. Schmiedl, Y. Hamann, T. Kuhnt, C. Hemleben, and W. Siebel. 2007. Clay minerals in late glacial and Holocene sediments of the northern and southern Aegean Sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 249(1):36–57.
- Elgabaly, M. M. 1962. The presence of attapulgite in some soils of the western desert of Egypt. *Soil Science*, 93(6):387-390.
- Elgabaly, M. M. et M. Khadr. 1962. Clay mineral studies of some Egyptian desert and Nile alluvial soils. *Journal of Soil Science*, 13(2):333-342.
- Elprince, A. M., A. S. Mashhady et M. M. Aba-Husayn. 1979. The occurrence of pedogenic palygorskite (attapulgite) in Saudi Arabia. *Soil Science*, 128(4):211-218.
- Escadafal, R., Pouget, M. 1987. Cartographie des formations superficielles en zone aride (Tunisie méridionale) avec Landsat TM. Photo-interprétation i , no. 1987-4, éditions Technip, Ginoux, Paris 15:9-15.
- Eswaran, H. et A. F. Barzanji. 1974. Evidence for the neoformation of attapulgite in some soils of Iraq. *Trans Int Congr Soil Sci*.
- Fabre J., 1976. Introduction à la géologie du sahara Algérien et des régions voisines. I- La couverture phanérozoïque. Ed. S.N.E.D., Alger, 421 p.
- Fabre, J., 2005. Géologie du Sahara occidental et central, Tervuren. *Afr. Geosci. Coll.* 108, 572 p.
- F.A.O. 2006. Country Pasture/Forage Resource Profile – Algeria. FAO. 28 p.
- F.A.O./Aquastat. 2005. L'irrigation en Afrique en chiffres – Enquête AQUASTAT – Algérie. FAO.11p.
- Farpoor, M.H., and H.R. Krouse. 2008. Stable isotope geochemistry of sulfur bearing minerals and clay mineralogy of some soils and sediments in Loot Desert, central Iran. *Geoderma*, 146:283–290.
- Farpoor, M.H., and M. Irannejad. 2013. Soil genesis and clay mineralogy on Aliabbas River Alluvial Fan, Kerman Province. *Arab. J. Geosci.*, 6:921–928.
- Fedoroff, N., and M. A. Courty. 2013. Revisiting the genesis of red Mediterranean soils. *Turkish Journal of Earth Sciences*. 22(3):359-375.
- Fedoroff, N., M.A. Courty, and Z.T. Guo. 2010. Palaeosoils and relict soils. In: Stoops, G. Marcelino, V., and F. Mees. (eds). 2010. Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Elsevier, amsterdam, 623–662.
- Felix-Henningsen, P. 2000. Paleosols on Pleistocene dunes as indicators of paleo-monsoon events in the Sahara of East Niger. *Catena* 41:43–60.
- Flandrin J., 1952. Les chaines atlasiques et la bordure Nord du Sahara. *Aperçu d'ensemble*.

- Monographies régionales, série 1, Algérie n °14 , 81p
- Foucault A., J-F. Raoult. 2010. Dictionnaire de géologie. Ed. Dunod 7ed. Paris. 388p.
- Goudie, A.S. (ed.). 2004. Encyclopedia of Geomorphology. London: Routledge (2 volumes).
- Grim, R. E., R. H. Bray and W. F. Bradley. 1937. The mica in argillaceous sediments: Amer. Mineral 22, 813-829.
- Guilloré, P. 1985. Méthode de fabrication mécanique et en série des lames minces. CNRS-INA PG., Paris.
- Hacini M., Messen N., Hamdi Aïssa B., Imatoukene D., Djili B., Djerrab A., Bouragaa S. 2007. Reconstitution du climat paléolithique à partir des sols alluvionnaires. L'approche sédimentologique, géophysique et géochimique (cas de Dayet El Amied). Actes des Journées internationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi arides. Publication du CRSTRA. Biskra. pp. 165-182.
- Hamann, Y., W. Ehrmann, G. Schmiedl, and T. Kuhnt. 2009. Modern and late Quaternary clay mineral distribution in the area of the SE Mediterranean Sea. Quaternary Research 71(3):453–464.
- Hamdi-Aïssa, B. 2001. Le fonctionnement actuel et passé de sols du nord Sahara (cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique et minéralogique et organisation spatiale. PhD Dissertation, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris.
- Hamdi-Aïssa, B. et M.C. Girard. 2000. Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. Sécheresse, 3:179-188.
- Hamdi-Aïssa, B. & Messen, N. 2006. DAYACLIM: A northern Sahara desert climate change project. Past Global Changes News. 14, p.4
- Hamdi-Aïssa, B., B. Djili, F. Youcef, H. Aouam, N. Messen, M. Hacini, D. Imatoukene, A. Djerrab, A. Gaouar, F. Youef-Ettoumi, A. Benzinah. 2007. Le sol outil de reconstitution de changements climatiques: Exemple des sols alluviaux de Dayet El Amied. In : Actes des Journées internationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi arides. ed. Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides. Biskra, pp.147-152.
- Hamdi-Aïssa, B., V. Valles, A. Aventurier, and O. Ribolzi. 2004. Soils and brine geochemistry and mineralogy of hyperarid desert playa, Ouargla Basin, Algerian Sahara. Arid Land Research and Management, 18(2):103-126.
- Helimi S., 2010. Inventaire des états de surfaces des sols alluviaux en zones arides. Mémoire Mag. Agro., Ouargla, 104p.

- Hojati, S., H. Khademi, and A. F. Cano. 2010. Palygorskite formation under the influence of saline and alkaline groundwater in central Iranian soils. *Soil science*, 175(6):303-312.
- Holtzapffel T. 1985. Les minéraux argileux. Préparation, analyse diffractométrique et détermination. *Soc. Géol. Nord*, 12.
- Horta, J.D.O. 1980. Calcrete, gypcrete and soil classification in Algeria. *Engineering Geology*, 15(1):15-52.
- I.H.O. (International Hydrographic Organization). 1994. *Hydrographic Dictionary Part 1*, volume 1, Special Publication No. 32, fifth Edition, International Hydrographic Bureau, Monaco.
- Imatoukene, D., Z. Mokrani, F.Z Abdelazziz, A. Bellal, N. Messen, B. Hamdi-Aïssa and B. Djili. 2007. La Datation De Sédiments Eoliens par des Techniques de Luminescence en Vu de la Reconstitution des Cycles Hydrologiques de la Région de Guerrara. Actes des Journées internationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi arides. Publication du CRSTRA. Biskra. pp. 183-192.
- IUSS Working Group WRB. 2014. *World Reference Base for Soil Resources 2014*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, Rome.
- Kaplan, M. Y., M. Eren, S. Kadir, S. Kapur, and J. Huggett. 2014. A microscopic approach to the pedogenic formation of palygorskite associated with Quaternary calcretes of the Adana area, southern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 23(5), 559-574.
- Kassas, M., 1952. Habitat and plant communities in the Egyptian Desert: I. Introduction. *Journal of Ecology*, 40(2), 342-351.
- Khademi, H., and A.R. Mermut. 1998. Source of palygorskite in gypsiferous Aridisols and associated sediments from central Iran. *Clay Miner* 33:561–575.
- Khormali, F., and A. Abtahi. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, southern Iran. *Clay Miner*. 38:511–527.
- Kishk, F. M., H. A. El-Attar, M. N.Hassan, et H. El-Sheemy. 1976. Mineralogical and chemical composition of the clay fraction of some Nile aluvial soils in Egypt. *Chemical Geology*. 17:295-305.
- Lamouroux, M., H. Paquet, and G. Millot. 1973. Evolution des minéraux argileux dans les sols du Liban. *Pédologie*. 23(1):53-71.
- Le Houérou, H. N. 1995. Considérations biogéographiques sur les steppes arides du nord de l'Afrique. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 6(2), 167-182.
- Lécuyer, C., A.M. Lézine, F. Fourel, F. Gasse, F. Sylvestre, C. Pailles, C. Grenier, Y. Travi,

- and A. Barral. 2016. In-Atei palaeolake documents past environmental changes in central Sahara at the time of the “Green Sahara”: Charcoal, carbon isotope and diatom records, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 441: 834-844.
- Lee, S. Y., J. B. Dixon, and M. M. Aba-Husayn. 1983. Mineralogy of Saudi Arabian soils: eastern region. *Soil Science Society of America Journal*, 47(2):321-326.
- Lozet, J., C. Mathieu. 2002. Dictionnaire de science du sol. Ed. *Tec&Doc. Paris*. 575pp.
- Maignien D., 1969. Manuel de prospection pédologique. Ed. O.R.S.T.O.M. Paris. 132 p.
- Maryol, E., and C. Lin. 2015. Geochemical characteristics of soils in Fezzan, Sahara desert: Implications for environment and agriculture. *Journal of Geochemical Exploration*. 158:122-131.
- Messen N., B. Hamdi-aissa, D. Imatoukéne, A. Djerrab, M. Hassini & S. Benzineh. 2007. Etude du climat paléolithique dans un bassin sédimentaire dans le Sahara septentrional algérien. Actes des Journées internationales sur l’impact des changements climatiques sur les régions arides et semi arides. Publication du CRSTRA. Biskra. pp. 193-200.
- Millot, G., H. Paquet, and A. Ruellan. 1969. Néof ormation d'attapulгите dans les sols à carapaces calcaires de la Basse Moulouya (Maroc oriental). *Comptes Rendus Acad. Sci. Paris*, 268:2771-2775.
- Millot, G., D. Nahon, H. Paquet, A. Ruellan, and Y. Tardy. 1977. L'épigénie calcaire des roches silicatées dans les encroûtements carbonatés en pays sub-aride, Anti-Atlas, Maroc. *Sci. Géol. Bull.* 30:129-152.
- Mitchell, C. W., and S. G. Willimott. 1974. Dayas of the Moroccan Sahara and other arid regions. *Geographical Journal*, 441-453.
- Monger, H. C., and L. A. Daugherty. 1991. Neof ormation of palygorskite in a southern New Mexico Aridisol. *Soil Science Society of America Journal*, 55(6):1646-1650.
- Moreno, T., X. Querol, S. Castillo, A. Alastuey, E. Cuevas, L. Herrmann, M. Mounkaila, J. Elvira, and W. Gibbons. 2006. Geochemical variations in aeolian mineral particles from the Sahara–Sahel Dust Corridor. *Chemosphere* 65(2):261–270.
- O.N.M. 2017. Données climatiques de la région de Ghardaïa. Rapport de l'Office National de Météorologie, Ouargla, 14p.
- Ould Baba Sy, M. 2005. Recharge et paléo recharge du système aquifère du Sahara Septentrional. Faculté des Sciences de Tunis, Département de Géologie, 271p.
- Ould Mohamadou, A., A. Aventurier, L. Barbiero, R. Caruba, et V. Valles. 1999. Geochemistry of clay dunes and associated pan in the Senegal delta, Mauritania. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 13:265–280.

- Owliaie, H.R., Abtahi, A. and Heck, R.J. 2006. Pedogenesis and clay mineralogical investigation of soils formed on gypsiferous and calcareous materials, on a transect, southwestern Iran. *Geoderma*, 134:62–81.
- Ozenda, P. 1983, Flore du Sahara, 2 ed. CNRS, Paris, 624 p.
- Pal, D. K., P. Srivastava, and T. Bhattacharyya. 2003. Clay illuviation in calcareous soils of the semiarid part of the Indo-Gangetic Plains, India. *Geoderma*, 115(3) :177-192.
- Pansu M., J. Gautheyrou, A. Aventurier, C. Feller, P. Bottner. 2003. L'analyse du sol : minéralogique, organique et minérale. Paris : Springer, 1012 p. ISBN 2-287-59774-3.
- Peulvast J-P., J-R.Vanney. 2001. Géomorphologie structurale, terre, corps planétaires solides. Tome 1.Ed. BRGM. Collection géoscience. Paris. pp 435-437.
- Pouget M., 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. Ed. O.R.S.T.O.M. Paris, 555 p.
- Robert, M., and D. Tessier. 1974. Méthode de préparation des argiles des sols pour des études minéralogiques. In *Annales agronomiques*.
- Rognon, P. 1994. Biographie d'un désert. Sahara. Édit. L'Harmattan, Paris, 350 p.
- S.C.G., 1939. Notice explicative des cartes géologiques au 1/500.000. Alger-Nord. Alger-Sud. Bult. du Serv. De Cart. Géo. de l'Algérie. Alger, pp 95-99.
- S.C.G., 1952. Carte géologique d'Algérie. Feuille d'Alger Sud. (1/500.000). S.C.G., Alger.
- Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocki, E.C. Benham, and Soil Survey Staff. 2002. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie. Trav. de l'Inst. de Météo. et de Phys. Du Globe (I.M.P.G.A) de l'Algérie. Alger. 220 p.
- Servant J.M ., 1976 : Sur quelques aspects de la pédogénèse en milieu halomorphe : l'exemple des sols salés de la région méditerranéenne Française Ann. de l'INRA.vol. VI.n° 1, pp : 225-245.
- Shadfan, H., A. S. Mashhady, , J. B. Dixon, and A. A. Hussen. 1985. Palygorskite from Tertiary formations of eastern Saudi Arabia. *Clays Clay Miner.*, 33(5):451.
- Shadfan, H., and A. S. Mashhady. 1985. Distribution of palygorskite in sediments and soils of eastern Saudi Arabia. *Soil Science Society of America Journal*, 49(1):243-250.
- Singer, A. 1984. Pedogenic palygorskite in the arid environment. *In*: Palygorskite-Sepiolite occurrences, genesis and uses. A. Singer and E. Galan (ed) *Developments in Sedimentology*. 37. Elsevier Sci.169-176.
- Singer, A. 1988. Illite in aridic soils, desert dusts and desert loess. *Sedimentary Geology*,

- 59(3):251-259.
- Singer, A. 1989a. Palygorskite and sepiolite group minerals. *In: Minerals in Soil Environments*. J. B. Dixon, S. B. Weed (eds.). Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 829–872.
- Singer, A. 1989b. Illite in the hot-aridic soil environment. *Soil science*, 147(2):126-133.
- Singer, A., 2002. Palygorskite and sepiolite – The enigmatic clay minerals. *Berichte der Deutschen Ton-und Tonmineralgruppe*. 9:203-216.
- Singer, A., et K. Norrish. 1974. Pedogenic palygorskite occurrences in Australia. *American Mineralogist*. 59:508-517.
- Soil Survey Staff. 2011. *Soil Survey Laboratory Information Manual*. Soil Survey Investigations Report No. 45, Version 2.0. R. Burt (ed.). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*, 12th Ed. US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Soil Survey Staff. 2015. *Illustrated guide to soil taxonomy*, version 1.1. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska.
- Taïbi A. N. Kemmouche A. Parrot J-F., 1999. Détermination des dynamiques d'évolution morphologique et végétale combinées des "dayas" du piémont sud de l'Atlas saharien (Algérie) par télédétection. Vol. 10 N. 1 Sécheresse. pp 63-67.
- Thiry, M., Carrillo, N., Franke, C., & Martineau, N. 2013. Technique de préparation des minéraux argileux en vue de l'analyse par diffraction des Rayons X et introduction à l'interprétation des diagrammes.
- Toutain G., 1979. *Elément d'agronomie saharienne. De la recherche au développement*. Marrakech, 276 p.
- Tricart J., A. Cailleux. 1969. *Traité de géomorphologie*. VI. Le modèles des régions sèches, S.E.D.E.S., Paris 472 p
- Ugolini, F.C., S. Hillier, G. Certini, and M.J. Wilson. 2008. The contribution of aeolian material to an Aridisol from southern Jordan as revealed by mineralogical analysis. *Journal of Arid Environments* 72(8): 1431–1447.
- Unesco. 1972. *Études des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport sur les résultats du Projet REG-100*, Unesco, Paris.
- USSL (U. S. Salinity Laboratory). 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U.S.D.A., Handbook N°60, Washington, 160 p.

- Van Wambeke, A. 1982. Calculated soil moisture and temperature regimes of Africa. Soil Management Support Services Technical Monograph No. 3, USDA-SCS, Washington, D.C.
- Verhey, W. 2012. Soils of arid and semi-arid areas: land use, land cover and soil sciences. In: Encyclopedia of Life Support System (ELOSS), vol. VII.
- Verrecchia, E.P., and M.N. Le Coustumer. 1996. Occurrence and genesis of palygorskite and associated clay minerals in a Pleistocene calcrete complex, Sde Boqer, Negev desert, Israel. *Clay Minerals*, 31(2):183-202.
- Vial, Y., M. Vial. 1974. Sahara milieu vivant: guide du voyageur-naturaliste. Hatier, Paris, 223p.
- White, F. 1983. The vegetation of Africa: a descriptive memoir to accompany the Unesco/Aetfat/Unso vegetation map of Africa. Unesco, Paris, France.
- Williams, M.A.J. and H. Faure (eds). 1980. The Sahara and the Nile. Balkema, Rotterdam.
- Youcef, F. et B. Hamdi-Aïssa. 2007. La signification paléoenvironnementale des sols de bassins endoréiques du Sahara septentrional algérien: cas de la Sebkhia de Ouargla et de la Daya d'El Amied. Actes des Journées internationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi arides. Publication du CRSTRA. Biskra. pp. 384-387.
- Youcef, F., Hamdi-Aïssa, B., Djili, B. Messen, N., Hacini, M., Djerrab, A. & Imatoukéne, D. 2012. Traits pédologiques des sols de bassins endoréiques sahariens: outil de reconstitution du Paléoclimat. 136-137, In Actes du colloque sol face aux changements globaux (11^{ème} Journées d'étude des sols). ed. INRA-AFES-AgroPariTech, Versailles (France).
- Youcef, F., B. Hamdi-Aïssa. 2014. Paleoenvironmental reconstruction from palaeolake sediments in the area of Ouargla (Northern Sahara of Algeria). *Arid Land Research and Management*, 28(2):129-146.
- Zelazny, L. W., and F. G. Calhoun. 1977. Palygorskite (attapulgitite), sepiolite, talc, pyrophyllite, and zeolites. *Minerals in soil environments*, Soil Sci. Soc. Am., Madison, 435-470.
- Zerboni, A. 2008. Holocene rock varnish on the Messak plateau (Libyan Sahara): Chronology of weathering processes. *Geomorphology* 102(3):640–651.
- Zerboni, A., L. Trombino, and M. Cremaschi. 2011. Micromorphological approach to polycyclic pedogenesis on the Messak Settafet plateau (central Sahara): Formative processes and palaeoenvironmental significance. *Geomorphology* 125(2):319–335.

Annexes

Annexe I - Caractérisation morphologique des solums

I.1 - Bassin de Zegrir

I.1.1 - Solum ZGS1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : En amont de l'Oued Zegrir (33°26'52"N, 3°2'56"E, 844 m), Affluent de l'oued Ajerma région de Bellil (Hassi R'Mel, Wilaya de Laghouat) environ 1 Km à l'Est de la route N1;

Géomorphologie : Fond d'un cours d'eau, lit mineur d'un oued ;

Topographie : Légèrement incliné vers le Nord ;

Etat de surface : Sol nu, sable avec des débris végétaux et graviers ;

Végétation : *Zizyphus lotus* ;

Temps : Ensoleillé, ciel dégagé ;

Date : 31/03/2014.

Description du solum :

Ap (0 – 12/15cm) : Sec, couleur à l'état humide 7.5YR 4/6 (Brun), très friable, sablonneuse, particulière, vides (3 à 8 mm) grossiers à très grossiers (cavités d'animale et galeries), peu effervescent à l'HCl, quelques débris végétaux très peu dégradés, racines fines à moyennes, taches grises et noires (0,2-1,5 cm), transition distincte et limite irrégulière.

Bw (12/15 – 70 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun pur), friable, limono-sableux, polyédrique, taches noirâtre (0,2-1 cm), quelque débris organiques dégradés, racines mortes, trous et traces d'activité biologique, effervescent à l'HCl, taches blanches très effervescente à HCl (précipitation de la calcite), dépôts d'argile sur les pores et les galeries verticales, limite irrégulière, transition diffuse.

R (>70cm) : Frais, forte présence d'éléments grossiers (cailloux, graviers et pierres, d'une forme sub-anguleuse et de nature dolomitique, calcaire ou siliceuse) la matrice d'une couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (Brun), sablonneuse et effervescente à l'HCl.

I.1.2 - Solum ZGS2-1

Description de l'environnement

Localisation : (33°21'54"N, 3°31'1"E, 764 m), Affluent de l'oued El-Euch, 6 km au sud-ouest de la commune de Hassi Dellaa (wilaya de Laghouat) ;

Géomorphologie : Glacis alluvial (d'épandage), exposé vers le sud ;

Topographie : Terrain incliné 10 % vers le sud ;

Etat de surface : Sable et graviers (5%), débris végétaux et quelques plantules;

Végétation : *Haloxylon scoparium*, *Fagonia glutinosa* et *Plantago ciliata* ;

Temps : Ensoleillé, ciel dégagé ;

Date : 31/03/2014.

Description du solum

Ap (0 – 15cm) : Sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (Brun), très friable, sablonneuse, particulière, faible effervescent à l'HCl, quelques débris végétaux très peu dégradés, racines fines à moyennes, graviers sub-anguleux peu abondants de nature gréseuse, limite irrégulière et transition distincte.

Bw (15 – 60 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (Brun pur), peu friable, limono-sableux, polyédrique, racines mortes, trous (2 cm) et traces d'activité biologique, effervescent à l'HCl, taches blanches très effervescente à HCl (précipitation de la calcite), limite irrégulière, transition distincte.

R (>60cm) : Frais, forte présence d'éléments grossiers (cailloux, graviers et pierres, d'une forme anguleuse et de nature dolomitique, calcaire ou siliceuse), la matrice d'une couleur à l'état humide 7,5 YR 5/4 (Brun), sablonneuse et effervescente à l'HCl.

I.1. 3 - Solum ZGS2-2

Description de l'environnement

Localisation : (33°21'54"N, 3°31'1"E, 764 m), Affluent de l'oued El-Euch, 6 km au sud-ouest de la commune de Hassi Dellaa (wilaya de Laghouat) ;

Géomorphologie : lit d'oued ;

Topographie : Plane avec une légère pente orientée vers le sud ;

Etat de surface : Voiles sableux et graviers (5%), débris végétaux et quelques plantules;

Végétation : *Zizyphus lotus*, *Haloxylon scoparium*, *Fagonia glutinosa* et *Plantago ciliata* ;

Temps : Ensoleillé, ciel dégagé ;

Date : 31/03/2014.

A (0 – 10cm) : Sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), très friable, limoneuse, colonnaire, effervescent à l'HCl, quelques débris végétaux très peu dégradés, racines (fines, moyennes et grosses), graviers arrondis très peu abondants de nature gréseuse et dolomitique, limite irrégulière et transition distincte.

Bk (10 – 70 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), peu friable, limoneuse, polyédrique sub-anguleuse, racines vivantes et mortes (fines, moyennes), traces d'activité biologique, moyenne effervescence à l'HCl, quelques taches blanches vive effervescentes à HCl (précipitation de la calcite), dépôts d'argile sur les pores et les galeries verticales, limite régulière, transition graduelle.

C (70 – 120 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), limoneuse sableux, massive, sous structure polyédrique sub-anguleuse, très peu dur, moyenne effervescence à l'HCl, taches blanches et pseudo-mycélium vive effervescentes à HCl (précipitation de la calcite), dépôts d'argile sur les pores et les galeries verticales, limite ondulée, transition graduelle.

2C (120 – 140 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), limoneuse, massive, légèrement dur, faible effervescence à l'HCl.

I.1. 4 - Solum ZGS2-3

Description de l'environnement

Localisation : (33°21'46"N, 3°30'59"E, 762 m), Affluent de l'oued El-Euch, 6 km au sud-ouest de la commune de Hassi Dellaa (wilaya de Laghouat) ;

Géomorphologie : Fond d'un cours d'eau, lit mineur d'un oued ;

Topographie : Légèrement incliné vers l'est ;

Etat de surface : Voiles sableux et graviers (5%), débris végétaux et quelques plantules;

Végétation : *Zizyphus lotus*, *Haloxylon scoparium*, *Fagonia glutinosa* et *Plantago ciliata* ;

Temps : Ensoleillé, ciel dégagé ;

Date : 31/03/2014.

Description du solum

A (0 – 10cm) : Sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (Brun), très friable, sablonneuse, particulière, faible effervescent à l'HCl, quelques débris végétaux très peu dégradés, graviers sub-anguleux peu abondants (1%) de nature gréseuse et dolomitique, racines fines, limite régulière et transition distincte.

C (10 – 35 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (Brun), friable, limono-sableux, polyédrique sub-anguleuse, trous (2 cm), faible effervescence à l'HCl, graviers sub-anguleux peu abondants (3%) de nature gréseuse et dolomitique, limite régulière et transition distincte.

2Ck (35 – 85 cm) : Frais, forte présence d'éléments grossiers (graviers, cailloux, et pierres, d'une forme arrondie, émoussés et de nature dolomitique, calcaire ou gréseuse), la matrice d'une couleur à l'état humide 7,5 YR 5/4 (Brun), sablonneuse, vive effervescente à l'HCl limite régulière et transition distincte.

C(85 – 120 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 5/6 (Brun pur), friable, sablonneuse, particulière, faible effervescence à l'HCl.

I.1.5 - Solum ZGS3

Description de l'environnement

Localisation : (33°21'1"N, 3°58'18"E, 630 m), zone de Talemzane, 40 km est-sud-ouest de la commune de Hassi Dellaa-(wilaya de Laghouat) ;

Géomorphologie : lit d'un oued, dans des ravins et des collines de la Chebka du M'zab;

Topographie : Légèrement incliné vers l'sud ;

Etat de surface : pelouse d'une végétation naturelle, débris végétaux ;

Végétation : *Cynodon dactylon*, *Cotula cinera*, *Monsonia heliotropioides*, *Malva aegyptiaca*, *Odontospermum pygmaum*, *Zizyphis lotus* et *Pistacia atlantica* ;

Temps : Ensoleillé, ciel dégagé ;

Date : 19/03/2012.

Description du solum

A (0 – 7cm) : Sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), très friable, sablonneuse, polyédrique sub-angulaire, débris végétaux très peu dégradés, racines vivantes (fines, moyennes), effervescence moyenne à l'HCl, limite régulière et transition distincte.

C1 (7 – 40 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), friable, limoneuse, polyédrique sub-anguleuse, riche en, trous et vides (3 à 8 mm) grossiers à très grossiers (cavités d'animale et galeries), moyenne effervescence à l'HCl, limite régulière, transition distincte.

C2 (40 – 85 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), limoneuse, massive, légèrement dur, quelques racines vivantes de diamètre moyennes, taches grisâtres de matière organiques décomposée ($\phi = 1$ cm), faible effervescence à l'HCl.

I.1.6 - Solum ZGS4-1

Description de l'environnement

Localisation : (33° 6'57"N, 4° 6'25"E, 524 m), 50 km nord-ouest de la commune de Guerrara (wilaya de Ghardaïa), près de point de jonction de l'affluent Farah et l'oued Zegrir;

Géomorphologie : Bourrelet de berge (digue naturelle) auprès des ravins et des collines de la Chebka du M'zab;

Topographie : Légèrement incliné vers l'sud ;

Etat de surface : Surface limoneuse et végétation naturelle, débris végétaux ;

Végétation : *Cynodon dactylon*, *Haloxylon scoparium*, *Zilla macroptera*, *Farsetia hamiltonii*, *Zizyphis lotus* et *Pistacia atlantica*, *Rhamnus lycioides* et autres plantes éphémères.

Temps : Partiellement nuageux ;

Date : 05/04/2012.

Description du solum

A (0 – 25cm) : Sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), peu friable, légèrement dur, limoneuse, polyédrique sub-angulaire, débris végétaux très peu dégradés, racines vivantes et mortes (fines, moyennes), trous et vides (2 à 5 mm), cavités d'animale et galeries, taches grisâtres de matière organiques décomposée ($\phi = 2-5$ mm), effervescence moyenne à l'HCl, limite régulière et transition distincte.

C1 (25 – 58 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (Brun), peu friable, dur, limoneuse, massive, trous (5 mm), moyenne effervescence à l'HCl, quelques fines racines mortes et vivantes, limite régulière et transition distincte.

C2 (58 – 90 cm) : Frais, couleur à l'état humide 5 YR 4/4 (Brun), très peu friable, dur, limoneuse, massive, quelque trous (5 mm), taches grisâtres de matière organiques décomposée ($\phi = 2-4$ mm), moyenne effervescence à l'HCl, quelques racines vivantes, limite régulière et transition distincte.

C3 (90 – 110 cm) : Frais, couleur à l'état humide 5 YR 4/4 (Brun), très peu friable, dur, limoneuse, massive, micro-horizons de gravier déposés horizontalement, limite régulière et transition distincte.

C4 (>110 cm) : Forte présence d'éléments grossiers > 80 %, cailloux, et pierres d'une forme arrondie, émoussé et de nature dolomitique, calcaire ou gréseuse.

I.1.7 - Solum ZGS4-2

Description de l'environnement

Localisation : (33° 7'14"N, 4° 6'39"E, 431 m), 50 km nord-ouest de la commune de Guerrara (wilaya de Ghardaïa), près de point de jonction de l'affluent Farah et l'oued Zegrir;

Géomorphologie : lit l'oued Zegrir en entre les ravins et les collines de la Chebka du M'zab;

Topographie : Légèrement incliné vers l'sud ;

Etat de surface : Surface limoneuse et végétation naturelle, débris végétaux ;

Végétation : *Peganum harmal*, *Haloxylon scoparium*, *Zilla macroptera*, *Farsetia hamiltonii*, *Zizyphus lotus* et *Pistacia atlantica*, *Rhamnus lycioides* et autres plantes éphémères.

Temps : Partiellement nuageux ;

Date : 05/04/2012.

Description du solum

A (0 – 18cm) : Sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), peu friable, légèrement dur, limoneuse, massive sous-structure polyédrique sub-angulaire, débris végétaux très peu dégradés, quelques racines fines et moyennes vivantes et mortes, trous et vides (2 mm), taches grisâtres de matière organiques décomposée ($\phi = 5$ mm), effervescence moyenne à l'HCl, limite régulière et transition distincte.

C (18 – 40 cm) : sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), peu friable, dur, limoneuse, massive, trous ($\phi = 2-5$ mm) abondants, effervescence moyenne à l'HCl, nombreuses racines fines et moyennes mortes et vivantes, quelques graviers ronds et émoussés, taches grisâtres de matière organiques décomposée ($\phi = 2-5$ mm), limite régulière et transition distincte.

2C (40 – 90 cm) : sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), très peu friable, dur, limoneuse, massive, quelques trous ($\phi = 5$ mm), effervescence moyenne à l'HCl, quelques racines fines et moyennes mortes et vivantes, quelques graviers ronds et émoussés, taches grisâtres de matière organiques décomposée ($\phi = 2-5$ mm).

I.1.8 - Solum ZGS5-1

Description de l'environnement

Localisation : (32°55'28"N, 4°16'17"E, 406 m), 25 km nord-ouest de la commune de Guerrara (wilaya de Ghardaïa), au point de jonction de l'affluent Es-sedeur et l'oued Zegrir;

Géomorphologie : Embouchure d'un affluent ;

Topographie : Légèrement incliné vers l'ouest ;

Etat de surface : Voiles sableux et végétation buissonneuse et herbacée, débris végétaux ;

Végétation : *Zilla macroptera*, *Stipagrostis obtusa*, *Cotula cinera*, *Filago spathulata*, *Malva aegyptiaca*, *Plantago notata*, *Zizyphus lotus*.

Temps : Partiellement nuageux ;

Date : 20/03/2012.

Description du solum

A (0 – 7cm) : Sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (brun pur), très friable, sablonneuse, particulaire strié, faible effervescent à l'HCl, quelques débris végétaux très peu dégradés, racines fines et moyennes, mico-agrégats de nature limoneuse disposés en couche, limite ondulée et transition nette.

C (7 – 12 cm) : sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 5/4 (brun), peu friable, légèrement dur, limoneuse, laminaire sous-structure polyédrique anguleuse, effervescence moyenne avec l'HCl, racines fines et moyennes, limite ondulée et transition nette.

2C (12 – 90 cm) : frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (brun pur), sablonneuse, particulière, stratifié (couches de sable et d'autres entremêlé de débris végétaux disposés horizontalement), peu d'effervescence à l'HCl, microcouche limoneuse et effervescente à l'HCl en bas de l'horizon, limite régulière et transition distincte.

3C (90 – 110 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), sableuse, particulière, très faible effervescence à l'HCl, couches limoneuses effervescentes à l'HCl.

I.1.9 - Solum ZGS5-2

Description de l'environnement

Localisation : (32°55'25"N, 4°16'29"E, 406 m), 25 km nord-ouest de la commune de Guerrara (wilaya de Ghardaïa), au fonds du lit mineur de l'oued Zegrir ;

Géomorphologie : Talweg du lit d'oued ;

Topographie : Légèrement incliné vers le sud ;

Etat de surface : Réseau de polygones démantelés formés par des dépôts d'alluvions limoneuses ;

Végétation : Aucune végétation ;

Temps : Partiellement nuageux ;

Date : 20/03/2012.

Description du solum

A (0 – 9cm) : Sec, couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (brun pur), très friable, sablonneuse, particulière, stratifié, peu effervescent à l'HCl, mico-agrégats laminaire de nature limoneuse disposés en couche dans la partie superficielle de l'horizon, limite ondulée et transition nette.

C (9 – 14 cm) : frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), collant, limono-argileuse, massive, effervescence moyenne avec l'HCl, nombreux trous et vides, tache grisâtre ($\phi = 10$ mm, matière organique décomposée), limite régulière et transition nette.

2C (14 – 25 cm) : frais, couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (brun pur), très faible, sableuse, particulière, stratifié, pas d'effervescence à l'HCl, amas d'agrégats limoneux effervescents à l'HCl, limite régulière et transition nette.

3C (25 – 80 cm) : Frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 5/4 (brun), sablonneuse (sable fin blanchâtre lessivé), particulière, pas d'effervescence à l'HCl limite irrégulière et transition distincte.

4C (>80 cm) : Forte présence d'éléments grossiers > 80 %, cailloux, et pierres d'une forme arrondie, émoussé et de nature dolomitique, calcaire ou gréseuse.

I.1.10 - Solum ZGS5-3

Description de l'environnement

Localisation : (32°55'24"N, 4°16'32"E, 405 m), 25 km nord-ouest de la commune de Guerrara (wilaya de Ghardaïa), auprès de la jonction de l'affluent Es-sedeur et oued Zegrir ;

Géomorphologie : Bourrelet de berge (digue naturelle).

Topographie : Légèrement incliné vers le sud ;

Etat de surface : Voiles sableux et végétation buissonneuse et herbacée, débris végétaux ;

Végétation : *Zizyphus lotus*, *Zilla macroptera*, *Stipagrostis obtusa*, *Cotula cinera*, *Filago spathulata*, *Malva aegyptiaca*, *Plantago notata*.

Temps : Partiellement nuageux ;

Date : 20/03/2012.

Description du solum

A (0 – 7cm) : Sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (brun pur), très friable, sablonneuse, particulière, peu effervescent à l'HCl, débris végétaux très peu dégradés, racines très nombreuses (fines, moyennes et grosses, vivantes et mortes), trous et vides (5 à 15 mm), cavités d'animale et galeries, limite irrégulière et transition distincte.

C1 (7 – 22 cm) : Sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (brun pur), très friable, sablonneuse, particulière, faible effervescent à l'HCl, racines très nombreuses (fines, moyennes et grosses, vivantes et mortes), trous et vides (2 à 5 mm), limite régulière et transition distincte.

C2 (22 – 80 cm) : frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (brun pur), sablonneuse, particulière, pas d'effervescence avec l'HCl, racines fines, moyennes moins abondantes, trous et vides (5 mm) disposés horizontalement, limite régulière et transition distincte.

C2 (80 – 95 cm) : frais, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (brun pur), sablonneuse, massives, pas d'effervescence à l'HCl, pseudo-horizons limoneux, limite régulière et transition distincte.

3C1 (95 – 115 cm) : Idem à l'horizon 3 (C).

3C2 (115 – 170 cm) : Frais, couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (brun pur), sablonneuse, particulière, pas d'effervescence à l'HCl, quelque racines moyenne.

I.1.11 - Solum ZGS6-1 (AA-09)

Description de l'environnement

Localisation : (32°46'22"N, 4°30'23"E, 297 m), ancien périmètre phœnicicol d'El-Amied, Guerrara (wilaya de Ghardaïa) ;

Géomorphologie : dépression (Daya) ;

Topographie : plane avec une très légère pente vers l'est.

Etat de surface : Parcelle irriguée, avec quelques plantes naturelle (mauvaises herbes) ;

Végétation : palmier dattier, olivier et plantes spontanées ;

Temps : Ensoleillé, ciel dégagé ;

Date : 12/03/2003.

Description du solum

Ap (0 – 25 cm) : Couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (brun), frais, limon-sableux, polyédrique sur-structure lamellaire, vive effervescence à l'HCl, présence de quelques racines de taille moyenne d'olivier et d'autres fines de palmiers dattier et mauvaises herbes, débris végétaux décomposés, quelques gravier et cailloux émoussés de nature différente (grès, dolomite, quartz...) transition distincte et limite ondulée.

C (25 – 40 cm) : couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sableux, friable, particulière, très faible effervescence à l'HCl, quelques racines fines et moyennes déposées horizontalement, matière organique décomposée sous forme d'amas, transition distincte et limite nette.

2C (40 – 73 cm) : Couleur à l'état humide 7,5 YR 5/6 (brun clair), frais, limon-sableux, compact, structure continue dans les parties fraîches et lamellaires dans les parties sèches, forte effervescence à l'HCl, fort enracinement de taille fine et moyenne, transition distincte et limite ondulée.

3C (73– 93 cm) : Couleur à l'état humide 7,5 YR 5/8 (brun clair), frais, sableux, particulière, microlitage de texture limoneuse, quelques racines fines et moyennes, faible effervescence à HCl, quelques dépôts limoneux sous forme d'amas.

I.1.12 - Solum ZGS6-2 (AZ-18)

Description de l'environnement

Localisation : (32°46'24"N, 4°32'15"E, 294 m), Daya d'El-Amied 4,5 km au est-sud-est de la ville de Guerrara (wilaya de Ghardaïa) ;

Géomorphologie : Talweg ;

Topographie : Plane avec une très légère pente ver l'est;

Etat de surface : Croûte de battance et voiles sableuse ;

Végétation : *Oudneya africana* ; *Euphorbia guyoniana* ;

Temps : Ensoleillé, ciel dégagé ;

Date : 12/05/2003.

Description du solum

A (0 – 38 cm) : Couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sec, sableux, friable, particulière, microlité, quelques racines fines, pas d'effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

CI (38 – 100 cm) : Couleur à l'état humide 5 YR 5/6 (brun rougeâtre clair), frais, sable limoneux, agrégats polygonaux à sub-polygonaux, vive effervescence à l'HCl, accumulation calcaire en

pseudomycelium, accumulation d'argile par infiltration, taches de réduction du fer, transition distincte et limite régulière.

C2 (100 – 125 cm) : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sableux, particulaire, friable, pas effervescence à l'HCl,

I.1.13 - Solum ZGS6-3 (AD-19)

Description de l'environnement

Localisation : (32°46'41"N, 4°30'42"E, 299 m) dans l'ancien périmètre phœnicicols d'El-Amied de la commune de Guerrara (wilaya de Ghardaïa) ;

Géomorphologie : Fond d'une dépression (Daya) ;

Topographie : plane avec une très légère pente ;

Etat de surface : Parcelle non irriguée, avec quelques mauvaises herbes ;

Végétation : palmier dattier, plantes spontanées (mauvaises herbes) ;

Temps : Ensoleillé, ciel dégagé ;

Date : 12/05/2003.

Description du solum

Ap (0 – 30 cm) : Couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (brun rougeâtre), frais, limon-sableux, polyédrique, vive effervescence à l'HCl, riche en racines de taille moyenne de palmiers dattier et de mauvaises herbes, débris végétaux décomposés, poreux, transition distincte et limite régulière.

C1 (30 – 95 cm) : couleur à l'état humide 7,5 YR 4/6 (brun), frais, limoneux, compact, polygonale, très forte effervescence à HCl, transition distincte et limite régulière.

C2 (95 – 145 cm) : Couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sable, friable, texture particulaire, pas d'effervescence à l'HCl, fort enracinement, niveau de microlitage,

^{2&}

I.1.14 - Solum ZGS7

Description de l'environnement

Localisation : (32°43'56"N, 4°37'11"E, 277 m), Daya de Ben Felah 14 km au sud-est de la commune de Guerrara (wilaya de Ghardaïa) ;

Géomorphologie : Fond d'une dépression (Daya) ;

Topographie : plane ;

Etat de surface : Réseau de polygones formés par des dépôts d'alluvions limoneuses ;

Végétation : aucune végétation autour du solum ;

Temps : Ensoleillé, ciel dégagé ;

Date : 31/03/2014.

Description du solum

Ap (0 – 10 cm) : Sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun), friable, limoneuse, polyédrique anguleuse, structure lamellaire (en écaille) dans les premiers centimètres de l'horizon, effervescence moyenne avec l'HCl, limite régulière et transition nette.

C (10 – 25 cm) : sec, couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (brun pur), très friable, sableuse, particulaire strié, faible effervescent à l'HCl, taches blanchâtres, limite régulière et transition nette.

2C (25 – 45 cm) : sec, couleur à l'état humide 7,5 YR 4/4 (brun) peu friable, légèrement dur, limono-argileuse, polyédrique anguleuse, faible effervescence avec l'HCl, limite régulière et transition distincte.

3C (45 – 60 cm) : sec, couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (brun pur), peu friable, limoneuse, polyédrique anguleuse, peu d'effervescence à l'HCl, éléments grossiers 20% (graviers et cailloux, d'une forme arrondie, émoussé et de nature dolomitique, calcaire ou gréseuse), limite régulière et transition nette.

4C (60 – 90 cm) : Frais, couleur à l'état humide 5 YR 4/6 (brun pur), sableuse, particulaire, très faible effervescence à l'HCl.

I.2 - Bassin de Nsa

I.2.1 – Solum NS1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (33°11'44.56"N, 3°22'39.29"E, 730 m) En amont de l'Oued Nsa, 8 Km au Nord-Est de la ville de Tilrhamet (Wilaya de Laghouat).

Géomorphologie : fond du lit mineur de l'oued.

Topographie : légèrement incliné vers le sud-est.

Etat de surface : sol nu limono-sableux battant.

Végétation : *Zizyphus lotus*

Temps : peu nuageux.

Date : 10/03/2010

Description du solum :

A (0 – 5cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, très friable à meuble, sablonneuse, particulière, agrégats très lâche, peu effervescent à l'HCl, quelque débris végétaux peu dégradés, limite irrégulière, transition distincte.

C1 (5 – 16cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, friable, sablonneuse, polyédrique, taches noirâtre, quelque débris organiques dégradés, effervescent à l'HCl, limite régulière, transition nette.

C2 (16 – 50cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), frais, dure, limono-sableuse, massive, nombreuse racines fines (1mm), quelque taches noirâtres, forte effervescence à l'HCl.

R (> 50cm) : Roche sous-jacente de nature calcaire dolomitique.

I.2.2 – Solum NS2-1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°50'50.84"N, 3°57'57.13"E, 478m), 18 Km à l'Est-Nord-Est de la ville de Berriane près d'un pont et la route Guerrara-Berriane.

Géomorphologie : lit d'oued, Chebka du M'zab.

Topographie : légèrement incliné vers le sud.

Etat de surface : sable grossier éolienne

Végétation : *Carduus pycnocephalus* (chouk), *Cleome arabica* (nettil)

Temps : nuageux.

Date : 30/03/2010

Description du solum :

A (0 – 7cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, sableux grossier éolienne, meuble, présence des racines de 1cm, troue des insectes avec déchet des animaux, friable, particulière, stratifier, peu effervescente à HCl, limites régulière, transition nettes.

C1 (7 – 17cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/6 (Brun), sec, sablo-limoneux avec des micro-horizons sableux discontinus, particulière, présence des racines, des trous (1cm), des fissurations, compact polyédrique, très forte effervescence à HCl, limite régulière transition diffuse transition progressive.

C2 (17 – 85cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/6 (Brun rougeâtre), sec, limono-sableuse, peu compact, particulière, fort effervescence à HCl, limites régulière, transition nettes.

C3 (85 – 125cm) : couleur à l'état humide 5YR 4/8 (Brun claire), sec, sableux, peu friable, particulière, très forte effervescence à HCl, limites régulière, transition nettes.

C4 (125 – 155cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/6 (Brun rougeâtre), sec, sableuse, peu friable, particulière, forte effervescence à HCl, limite régulière transition nette brutal.

C5 (>155cm) : caillouteux graveleux de nature dolomitique, de forme différente (arrondie, aplatie, émoussée) disposé d'une façon horizontale.

I.2.3 – Solum NS2-2

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°50'44.10"N, 3°58'10.85"E, 477 m) 18 Km à l'Est-Nord-Est de la ville de Berriane près d'un pont et la route Guerrara-Berriane.

Géomorphologie : Fond de lit d'oued, Chebka du M'zab.

Topographie : Légèrement incliné vers le sud-est.

Etat de surface : Croute de battance limoneux ensablé.

Végétation : *Carduus pycnocephalus* (Chouk), *Cleome arabica* (Nettil)

Temps : Nuageux.

Date : 30/03/2010

Description du solum :

A (0 – 5 cm) : couleur à l'état humide 5 YR 5/8 (Brun claire), sec, sable éolien, friable, peu effervescente à HCl, limites régulière, transition nette.

C1 (5 – 20 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/6 (Brun), sec, croute de battance limoneuse, compact polyédrique, très forte effervescence à HCl, limite régulière, transition nette brutal (une dalle).

C5 (>20cm) : caillouteux graveleux de nature dolomitique, de forme différente (arrondie, aplatie, émoussée) disposé d'une façon horizontale.

I.2.4 – Solum NS2-3

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°50'38.84"N, 3°58'16.32"E, 477m) 18 Km à l'Est-Nord-Est de la ville de Berriane près d'un pont et la route Guerrara-Berriane.

Géomorphologie : Méandre peu ensablé, Chebka du M'zab.

Topographie : Légèrement incliné vers le sud-est.

Etat de surface : Sol limoneux battant avec quelque voile de sable et quelque gravier.

Végétation : *Carduus pycnocephalus* (chouk), *Cleome arabica* (nettil)

Temps : nuageux.

Date : 30/03/2010

Description du solum :

A (0 – 5cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/6 (Brun), sec, peu compacte, limono-sableux, feuilleté, forte effervescence à l'HCl, limites régulière, transition nettes.

C1 (5 – 20cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, peu friable, sableuse, particulaire, fort effervescence à HCl, limite ondulée, transition nette brutal.

C2 (> 20cm) : couleur à l'état humide 5YR 4/8 (Brun claire), frais, caillouteux graveleux sableux, des formes différent (aronde, aplaté, émoussée) disposé d'une façon horizontal, friable, particulaire, très forte effervescence à HCl.

I.2.5 – Solum NS3

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°38'56.56"N, 4°10'9.28"E, 379m) près de la piste Guerrara-Al-Ateuf..

Géomorphologie : fond de l'oued, (Chebka du M'zab).

Topographie : légèrement incliné vers l'est.

Etat de surface : Aspect caillouteux pierreux.

Végétation : *Pistacia atlantica*, *Nerium olender*, *Cleom Arabica*, *Zilla macroptera*, *Moricandia arvensis*, *Artrhophytum scoparium* et *Retama retam*

Temps : ensoleillé, ciel dégagé, précédant climatique venteux.

Date : 17/03/2010

Description du solum :

A (0 –12 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/8 (Brun), sec, limoneux, présence des cailloux (5%) gravier (10%) des différentes formes (enroulé et aplatis) et de nature dolomitique, ensablée, friable, feuilleté, forte effervescence à HCl, limites régulière, transition très nette.

C1 (12 – 75 cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun claire), sec, sablo-limoneux, continue, présence des racines de 2 cm, quelque graviers, compact, polyédrique, diamètre des agrégats de 1 à 5cm, très forte effervescence à HCl, limite régulière, transition nette.

C2 (75 – 100 cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), frais, sablo-limoneux stratifier, polyédrique, des agrégats de 6 à 10cm, très compacte, très forte effervescence à HCl, limite ondulée, transition très nette.

2C (>100 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun), sec, limono sableux consolidé, des agrégats de 2 à 10 cm, caillouteux graveleux des différentes formes (arrondis, aplatis et allongés) et de nature dolomitique.

I.2.6 – Solum NS4

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°38'36.61"N, 4°16'8.47"E, 355 m) Oued Nsa auprès de pont de la route Zelfana-Guerrara 32 km au sud ouest de Guerrara.

Géomorphologie : fond de l'oued (Chebka du M'zab).

Topographie : légèrement incliné vers l'Est.

Etat de surface : aspect caillouteux pierreux.

Végétation : *Cleome arabica* (nettil).

Temps : ensoleillé, ciel dégagé, précédant climatique venteux.

Date : 27/03/2010

Description du solum :

A (0 –15 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, cailleaux pierreuse aronde émoussé de nature calcaire dolomitique brèche, existe de matrice sableuse, friable, particulière, très forte effervescence à HCl, limites régulière, transition distincte.

C1 (15 – 42cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), frais, graveleux caillouteux de couleur foncé brunâtre disposition stratifié horizontal de matrice sable grossier, peu compacte, particulière, forte effervescence à HCl, limite régulière, transition nette.

C2 (>42cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), frais, sableux stratifier, constitue des graviers, présence des horizons de 1 à 2cm de façon discontinue, friable, particulière, très forte effervescence à HCl.

I.2.7 – Solum NS5

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°38'48.61"N, 4°17'43.91"E, 355 m) Oued N'Sa près de pont de la route Zelfana-Guerrara de 32 km de Guerrara.

Géomorphologie : fond de l'oued.

Topographie : légèrement incliné vers l'Est.

Etat de surface : sable éolien, des dunes.

Végétation : Drine

Temps : ensoleille, ciel dégagé, précédant climatique venteuse.

Date : 17/03/2010

Description du solum :

A (0 – 5cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun claire), sec, sableux, friable, particulaire, pas effervescence à l'HCl, limites régulière, transition distincte.

C1 (5 – 15cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/6 (Brun), sec, Limoneux, polyédrique, des agrégats de 0.5 à 7cm, stratifier avec des trous des insectes, peu compacte, fort effervescence à HCl, limite graduée, transition distincte.

C2 (15 – 35cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, Limoneux, polyédrique, des agrégats de 2 à 5cm, stratifier, présence d'un horizon de 1 à 5cm de façon discontinue (sableux), compact, très forte effervescence à HCl, limites régulière, transition distincte.

C3 (>35cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), frais, Limono sableux, polyédrique, des agrégats de 1 à 3cm, peu compact, forte effervescence à HCl.

I.2.8 – Solum NS6-1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°31'33.41"N, 4°44'14.09"E, 268 m) Ain Zirara.

Géomorphologie : Terrasse alluvial.

Topographie : plan légèrement incliné.

Etat de surface : Voile sableux.

Végétation : *Cleome arabica*.

Temps : Ensoleillé partiellement nuageux, précédent climatique de vent de sable.

Date : 01/05/2010

Description du solum :

A (0 – 4 cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, sableux meuble, particulaire, faible effervescence à HCl, limite irrégulière, transition nette.

C1 (4 – 11 cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), frais, sableux stratifier, légèrement consolidé, particulaire, faible effervescence à HCl, limite régulière, transition diffuse.

C2 (11 – 21 cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre), Idem de deuxième horizon, présence des racines de 1mm, des micro-horizons lamellaire limite interrompue, transition graduelle.

C3 (21 – 25 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun claire), frais, sablo-limoneux, présence des êtres vivant (animaux et végétaux), consolidé, particulaire, forte effervescence à HCl, limite irrégulière, transition graduelle.

C4 (25 – 35 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), frais, limoneux, peu compact, polyédrique, des agrégats de 2 cm, présence des racines de 0.5 mm, des êtres vivants (animaux et végétaux), forte effervescence à HCl, limite irrégulière, transition distincte.

C5 (>35 cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), frais, sableuse, présence des cailloux, des graviers émoussé arrondie et aplaté de nature dolomitique de taille différentes, peu compact, polyédrique, faible effervescence à HCl.

I.2.8 – Solum NS6-2

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°31'31.82"N, 4°44'16.93"E, 266 m) sur une butte (îlot).

Géomorphologie : lit d'oued.

Topographie : plan légèrement incliné.

Etat de surface : Caillouteux graveleux.

Végétation : *Cleome arabica* (nettil), *Zizyphus lotus*.

Temps : Ensoleillé partiellement nuageux, précédent climatique de vent de sable.

Date : 01/05/2010

Description du solum :

A (0 – 20cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, sableux, particulière, peu compact, forte effervescence à l'HCl, limite irrégulière transition diffuse.

C1 (20 – 35cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, sableux grossier, particulière, friable, forte effervescence à HCl, quelque racines vive fines de 2mm, limite régulière, transition diffuse.

C2 (35 – 43cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), frais, sableux, particulière, des agrégats de 1cm, peu compact, forte effervescence à HCl, limite régulière, transition diffuse.

C3 (43 – 60cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), frais, sableux, particulière, des racines morts de 0.5 à 1.5cm, peu compact, forte effervescence à HCl, limite régulière, transition diffuse.

C4 (60 – 85cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/8 (Brun rougeâtre), frais, limoneux, polyédrique, des agrégats de 2cm, compact, très forte effervescence à HCl, limite régulière, transition diffuse.

C5 (>85cm) : couleur à l'état humide 5YR 4/8 (Brun rougeâtre), humide, sableuse caillouteux graveleux émoussé de nature dolomitique de 2cm de diamètre, quelque racines morts fines de 2cm, friable, particulière, très forte effervescence à HCl, limite nette horizontal, transition distincte.

I.2.9 – Solum NS7-1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°35'15.70"N, 5°19'34.17"E, 153 m) Oued Nsa 20 km d'El Hadjira.

Géomorphologie : Glacis.

Topographie : plan légèrement incliné.

Etat de surface : Caillouteux graveleux.

Végétation : *Fagonia glutulosa*, *Aristida tipagrostice pimoda*, Alanda, Baguel.

Temps : Ensoleillé partiellement nuageux, précédent climatique de vent de sable.

Date : 08/03/2010

Description du solum :

A (0 – 5cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/6 (Brun), sec, caillouteux graveleux de nature (dolomite, quartz) de taille différente avec une matrice sableuse et présence des croutes de battance limoneux, friable, polyédrique, très forte effervescence à HCl, quelque racines morts fines, limite diffuse transmissive.

C1 (5 – 52cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, sableux grossier quelque cailloux et gravier de nature (dolomite, quartz) de taille différente, peu compacte, particulière, forte effervescence à HCl, quelque racines mortes fines, limite nette horizontal, transition distincte.

C2 (>52cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, caillouteux graveleux émoussé arondes de nature dolomite de taille différente de 80 % avec peu

de sable, présence un horizon discontinue de sable grossier, friable, particulière, très forte effervescence à HCl.

I.2.10 – Solum NS7-2

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°35'0.94"N, 5°19'28.11"E, 148 m) Oued Nsa 20 km d'El Hadjira.

Géomorphologie : Lit d'oued.

Topographie : plan légèrement incliné.

Etat de surface : croute limoneux de 2 à 4 cm, un peu des cailloute et gravier de 5 %.

Végétation : *Fagonia glutulosa*, *Aristida tipagrostice pimoda*, Alanda, Baguel.

Temps : Ensoleillé partiellement nuage, précédent climatique de vent de sable.

Date : 08/03/2010

Description du solum :

A (0 – 7 cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, croutes en écaille limoneuses, friable, polyédrique, très forte effervescence à HCl, quelque gravier de 1%, limite progressivement transmissive.

C1 (>7 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/6 (Brun), sec, caillouteux de 40 % et graveleux de 50 % de nature dolomite de taille différente avec un peu de sable fin, peu compacte, particulière, fort effervescence à HCl, quelque racines morts de 1mm.

I.2.11 – Solum NS7-3

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°34'48.65"N, 5°19'30.18"E, 144 m) Oued Nsa, 20 km d'El Hadjira.

Géomorphologie : Lit d'oued.

Topographie : presque plane.

Etat de surface : croute de battance limoneux de 2 à 4 cm avec un peu de sable.

Végétation : *Tamarix artifilata*.

Temps : Ensoleillé partiellement nuage, précédent climatique de vent de sable.

Date : 08/03/2010

Description du solum :

A (0 – 2 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/6 (Brun claire), sec, croutes en écaille limono-sableuse, peu compacte, stratifier feuilleté, très fort effervescence à HCl, quelques racines mortes fines, limite régulière, transition nette.

C1 (2 – 12 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/6 (Brun claire), sec, sableux consolidé, peu compacte, particulière, peu effervescente à HCl, limite diffuse.

C2 (12 – 90 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/6 (Brun claire), sec, sableuse, présence des racines mortes, quelque troue d'insectes, friable, particulière, pas effervescence à HCl, limites nettes, transition distincte.

C3 (90 – 120 cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), fraîche, particulière, limoneux stratifier, présence des cailloux et gravier avec des racines mortes de 2cm, présence de sous-horizons graveleux, forte effervescence à HCl.

I.2.12 – Solum NS7-4

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°34'32.20"N, 5°19'37.21"E, 147 m) Oued Nsa, 20 km d'El Hadjira.

Géomorphologie : Lit d'oued.

Topographie : presque plaine.

Etat de surface : croute de battance limoneux de 5 cm.

Végétation : *Tamarix articulata*

Temps : Ensoleillé partiellement nuage, précédent climatique : vent de sable.

Date : 08/03/2010

Description du solum :

A (0 – 5 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/6 (Brun), sec, limono-argileux, croutes en écaille, limoneuses friable, très forte effervescence à HCl, limites nettes.

C1 (5 – 13 cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire), sec, sableux striée avec de micro horizon anguleux, friable, peu particulaire, pas d'effervescence à HCl, limite nette brutal.

C2 (13 – 27 cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun claire), sec, limoneux argileux, présence des racines mortes, constitue des deux micros horizons, compacte, polyédrique anguleuses : des agrégats de grandes tailles de 1 à 2cm et des petites tailles de 2 à 3 mm, très forte effervescence à HCl, limites nettes.

C3 (27 – 35 cm) : idem au deuxième horizon avec des racines des débris végétaux peu décomposé.

C4 (35 – 45cm) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (Brun claire), sec, limoneux sableux, présence des quelques racines de 2 cm, constituée des deux sous horizon compacte de 5 cm et l'autre peu compacte, polyédrique, forte effervescence à HCl, limite transition progressive.

C5 (45 – 60 cm) : idem au troisième horizon, les tailles des agrégats de 7 mm à 1 cm avec quelques débris des racines mortes.

C6 (>60 cm) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun claire), sec, sableuse, peu friable, particulaire, pas d'effervescence à HCl, présence d'un horizon discontinue de 10 cm de diamètre de la partie supérieur de texture sableuse avec quelque gravier, friable, particulaire, peu effervescence à HCl.

I.3 - Bassin de M'zab

I.3.1 – Solums MZS1-1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°34'56" N, 3°30'44" E, 565m) Oued Al Abiod, région de Dayet Ben Dahoua près d'une grande digue (trop plein).

Géomorphologie : Glacis, exposé au sud-sud-est

Topographie : pente 13 %

Etat de surface : surface caillouteuse graveleuse

Végétation : *Farsetia hamiltonii*

Temps : ensoleillé

Date : 16/03/2011

Description du solum :

A (0 – 2 cm) : couleur à l'état humide 5YR 4/6 (brun rougeâtre), sec, graviers et cailloux, quelque débris végétaux, transition distincte et limite régulière.

C (2 – 30 cm) : couleur à l'état humide 5YR 4/6 (brun rougeâtre), frais, matrice en sable fin, graveleux caillouteaux, peu effervescence à l'HCl.

R (> 30 cm) : Roche sous-jacentes de nature dolomitique.

I.3.2 – Solums MZS1-2

Description de l'environnement

Localisation : (32°34'53 N, 3°30'38 E, 565m) 150 m au SSO du premier solum,

Géomorphologie : lit d'oued

Topographie : légèrement incliné

Etat de surface : sable gravelo – caillouteux et croûte de sédimentation

Végétation : *Temilia*

Temps : ensoleillé

Date : 16/03/2011

Description du profil

A (0 – 1,5) : couleur à l'état humide 5YR 4/6 (brun rougeâtre), sec, laminaire, limoneuse, peu effervescence à l'HCl, quelques graviers, transition distincte et limite régulière.

C1 (1.5 -20) : couleur à l'état humide 5YR 4/6 (brun rougeâtre), frais, sable, particulaire, quelque cailloux (20%), pas effervescence à l'HCl, quelque racines fines transition distincte et limite régulière.

R (> 20 cm) : Roche sous-jacentes de nature dolomitique.

I.3.3 – Solums MZS1-3

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°34'48 N, 3°30'30 E, 564 m) 190 m au SSO du deuxième solum,

Géomorphologie : lit d'oued

Topographie : incliné

Etat de surface : caillouteux graveleux

Végétation : *Farsetia hamiltonii*

Temps : ensoleillé

Date : 16/03/2011

Description du profil

A (0 - 15) : couleur à l'état humide 2,5YR 4/6(rouge), sec, sablo-limoneux, friable, effervesant à l'HCl, racine moyenne, transition distincte et limite régulière.

C1 (15 -60) : couleur à l'état humide 2,5YR5/6 (rouge), frais, matrice sableuse, mélange entre caillouteuse, gravier et pierre (forme aplatie, allongée ou arrondie et effervescence à HCl), peu d'effervescence à l'HCl, quelque racine très fin à moyenne 0,5 mm.

R (> 60 cm) : Roche sous-jacentes de nature dolomitique.

I.3.4 – Solums MZS1-4

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°34'43 N, 3°30'22 E, 564 m) 90m au SSO du troisième solum,

Géomorphologie : lit d'oued

Topographie : légèrement inclinée

Etat de surface : cailloux, graviers, pierres et blocs ;

Végétation : *Pituranthus chloranthus*

Temps : ensoleillé

Date : 16/03/2011

A (0-40) : couleur à l'état humide 2,5 YR 3/6 (rouge noir âtre), sub humide, sableuse, particulier, gravier cailloux, très peu effervescence à l'HCl, quelque racines, transition distincte et limite régulière.

R (> 40 cm) : Roche sous-jacentes de nature dolomitique.

I.3.5 – Solums MZS2

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°23'6.99"N, 3°59'51.25"E, 386 m) localisée entre Ghardaïa et Zalfana (10 km à l'ouest de Zalfana) sur oued Noumer (près d'une unité annexe de SONATRACH).

Géomorphologie : lit d'oued direction d'écoulement NW-SE

Topographie : légèrement inclinée

Etat de surface : écaille de sédimentation et rides de voiles sableux.

Végétation : *Retama retam*

Temps : ensoleillé

Date : 16/03/2011

Description du profil

A (0-5) : couleur à l'état humide 5YR 5/6 (brun rougeâtre clair), frais, sable et écailles limoneux, pas effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

C1 (5-50) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sable éolienne remanie, pas effervescence à l'HCl, quelque racine (1cm), transition distincte et limite régulière.

C2 (50-70) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/6 (brun), imbibé d'eau, argile, très peu effervescence à l'HCl.

I.3.6 – Solums MZS3-1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°20'39.18"N, 4°18'13.19"E, 329 m) 17 km à l'Est de Zelfana

Géomorphologie : lit d'oued

Topographie : ondulation

Etat de surface : généralement graveleux- caillouteux avec des îlots d'accumulation sableux-limoneuses

Végétation : *Zilla macroptera*

Temps : ensoleillé

Date : 29/03/2011

Description du profil

A (0-20) : couleur à l'état humide 5YR4/6 (brun rougeâtre clair), sec, sableux, particulière, quelques racines, débris végétaux, pas effervescence à l'HCl, trous, transition distincte et limite régulière.

C1(20-85) : couleur à l'état humide 5YR 4/6 (brun rougeâtre clair), frais, sableuse, particulière, quelque racine, débris végétaux, pas effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

C2(85-90) : couleur à l'état humide 5YR 4/6 (brun rougeâtre clair), frais, limon sableuse, très peu effervescence à l'HCl, transition distincte et limite régulière.

C3(90-100) : couleur à l'état humide 7,5 YR5/8 (brun clair), frais matrice de sable grossie, cailloux, pas effervescence à l'HCl.

I.3.7 – Solums MZS3-2

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°20'36.85"N, 4°18'9.76"E, 328 m) 12km à l'est Zelfana

Géomorphologie : lit d'oued

Topographie : plane légèrement incliné

Etat de surface : limon sol nu ondulé

Végétation : *Zilla macroptera*

Temps : ensoleillé

Date : 29/03/2011

Description du solum :

A (0-15) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sec, sable limoneuse, strié, quelque gravie 1-2%, peu dure, peu effervescence à l'HCl, transition nette et limite régulière.

C1(15-85) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais à sec, sableux, très friable, particulière, strié (sable grossier), transition diffuse et limite régulière.

C2(85-115) : couleur à l'état humide 5YR 4/6 (brun rougeâtre), frais à sec, sableux, peu friable, particulière, strié, transition nette et limite régulière.

C3(115-125) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sable avec des taches noires brun, quelque graviers émoussés arrondis, peu effervescent à l'HCl.

I.3.8 – Solums MZS3-3

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°20'33.16"N, 4°18'4.97"E, 327 m) 12km à l'est Zelfana

Géomorphologie : lit d'oued

Topographie : plane, légèrement incliné.

Etat de surface : cailloux, gravier, et quelque pierres

Végétation : *Retama retama*

Temps : ensoleillé

Date : 29/03/2011

Description du solum :

A (0-10) : couleur à l'état humide 5YR 4/6 (brun rougeâtre), sec, sableux, particulière, cailloux et gravier, transition distincte et limite ondulée.

C1(10-22) : couleur à l'état humide 2,5YR 4/8(rouge), frais à sec, sable fin, stries limoneuses, quelque graviers, transition distincte et limite régulière.

C2(22-26) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/6 (brun), frais, limon sableuse, liminaire, transition distincte, limite régulière

C3(26-33) : couleur à l'état humide 2,5YR 5/8 (rouge), sec, friable, sable fin, transition distincte, limite régulière

C4(33-35) : couleur à l'état humide 7,5YR 4/6(brun), idem que la troisième couche, mais frais à humide, taches noires à brun, transition distincte, limite régulière

C5 (35-55) : couleur à l'état humide 5YR 4/6(brun rougeâtre), sec, sableuse, striée par de sable grossier, taches planches, transition distincte, limite régulière

C6 (55-115) : couleur à l'état humide 2,5YR 5/8(rouge), frais, sable fin, quelques racines moyennes ($\phi = 2$ mm), transition distincte, limite régulière

C7 (115-125) : couleur à l'état humide 5YR 5/6(brun rougeâtre clair), frais à sec, sable grossier, transition distincte, limite régulière

C8 (125-135) : couleur à l'état humide 5YR 4/6(brun rougeâtre), humide, sable fin, particulière.

I.3.9 – Solums MZS3-4

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°20'31.84"N, 4°17'56.88"E, 327 m) 12km à l'est Zelfana

Géomorphologie : lit d'oued

Topographie : légèrement incliné

Etat de surface : ondulé

Végétation : *Zilla macroptera*, *Tamarix gallica*

Temps : ensoleillé

Date : 29/03/2011

Description du solum :

A (0-7) : couleur à l'état humide 5YR 5/6 (brun rougeâtre clair), sec, limon, effervescence à l'HCl, friable, particulière, transition distincte, limite irrégulière

C1(7-20) : couleur à l'état humide 5YR 5/6 (brun rougeâtre clair), sec à frais, limon sable grossier, particulière, quelques racines fines moyennes (1mm), débris végétaux, tache noir crus, transition distincte, limite irrégulière.

C2(20-65) : couleur à l'état humide 5YR 5/6(brun rougeâtre clair), frais, sable fin, quelques taches noires, dépôts d'argile sur les pores, particulière, transition diffuse, limite régulière

C3(65-86) : couleur à l'état humide 7, 5YR 6/8 (brun clair), sec à frais, sable grossier strie de sable fin, transition nette, limite ondulée.

C4(86-135) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), frais, sable fin, tache noire, quelque racine, transition distincte, limite régulière

C5>135 : couleur à l'état humide 5YR 4/6 (brun rougeâtre), humide, graviers arrondis.

I.3.10 – Solums MZS4-1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°15'38.39"N, 5°11'16.38"E, 145 m) au Nord ouest de la région de Frane. (14 Km à l'Est de la route Fran –El-Hadjira).

Géomorphologie : Terrasse

Topographie : légèrement incliné vers est ouest

Etat de surface : gravelo-caillouteuse

Temps : ensoleillé

Date : 08/05/2011

Description du solum :

A (0-75) : couleur à l'état humide 5YR 5/6 (brun rougeâtre clair), sec, graviers et cailloux (>70%), quelques racines (1mm), effervescence à l'HCl, peu dur, transition distinctes, limite régulière.

C1(75-155) : couleur à l'état humide 5YR 6/6(jaune rougeâtre), sec, substrat gréseux, effervescent à l'HCl.

I.3.11 – Solums MZS4-2

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°15'46.90"N, 5°11'18.27"E, 146 m) Nord ouest de la région de Frane. (14 Km à l'Est de la route Fran –El-Hadjira).

Géomorphologie : lit de l'oued

Topographie : légèrement incliné vers l'ouest

Etat de surface : sableux graveleux

Temps : ensoleillé

Date : 08/05/2011

Description du solum :

A (0-10) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (brune pur), sec, sable grossier, cailloux, effervescence à l'HCl, transition nette, limite régulière.

C1(10-15) : couleur à l'état humide 5YR 5/8(brun rougeâtre clair), sec, gravier, peut effervescence à l'HCl, transition distincte, limite régulière

C2(15-30) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (brune pur), sec, sable grossier, quelque graviers, présence de strie, transition distinctes, limite régulière

C3(30-37) : couleur à l'état humide 5YR 5/6 (brun rougeâtre clair), sec, sable grossier, présence de gravies, transition distincte, limite régulière

C4(37-60) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (Brun rougeâtre claire),sec, sable fin, quelque racine 1mm effervescence à HCl, tache noire, effervescence à HCl subhumide, transition distincte, limite régulière

C5 (60-80) : couleur à l'état humide 7,5YR4/8 (brun), sec, sable grossier, effervescence à l'HCl, transition distincte, limite ondulée.

C6 (80-90) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (brun pur), sec, sable grossier, quelques racines 5mm, effervescence à l'HCl, présence de gravier.

I.3.12 – Solums MZS4-3

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°15'51.94"N, 5°11'21.07"E, 146 m) Nord ouest de la région de Frane. (14 Km à l'Est de la route Fran –El-Hadjira).

Géomorphologie : lit d'oued

Topographie : légèrement incliné vers l'ouest

Etat de surface : sable graveleux

Temps : ensoleillé

Date : 08/05/2011

Description du solum :

A (0-5) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (brune pur), sec, la partie supérieur graveleuse, friable, transition distincte, limite régulière

C1(5-12) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (brune pur), sec, sable grossier, quelque gravie, dure, débris végétaux, transition distincte, limite ondulée.

C2(12-30) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair), sec, sable grossier, quelques racines, dure, transition distincte, limite régulière

C3(30-45) : couleur à l'état humide 5YR 5/8 (brun rougeâtre clair),sec, gravier, dure, transition distincte, limite régulière.

C4(45-90) : couleur à l'état humide 7,5YR 5/8 (brune pur), sec, sable limon, particulière, présence de strie, tache micro-horizone, quelques graviers.

I.4 - Bassin de Metlili

I.4.1 – Solum MTS1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32° 22' 31,56"N, 3° 31' 13,19" E, 590 m) En amont de l'oud Metlili.

Géomorphologie : lit d'oued

Topographie : Plane, légèrement inclinée

Etat de surface : Caillouteux graveleux avec quelque voile de sable, (cailloux25%, gravier 60%, pierres 2%)

Végétation : *Retamaretam*, *Cleome arabica*

Temps : ensoleillé

Date : 24.03.2014

Description du solum :

A (0-15cm) : sec, cailloux et graviers plus de 70 % dont la forme est émoussée arrondie et/ou allongée et de nature en majorité dolomitique très dure et enrobés par une pellicule limono-argileuse, avec une matrice de sable grossier de couleur à l'état humide 5YR (5/6) (rouge jaunâtre), particulière, limite ondulée, dur, transition diffuse, effervescent à HCL, agrégats lâche.

C1 (15-90cm) : idem à l'horizon précédant sauf il est moins chargé en éléments grossiers.

I.4.2 - Solum MTS2-1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32° 15' 52,51"N, 3° 40' 38,83" E, 507 m) Nouveaux périmètres phœnicicole.

Géomorphologie : lit d'oued

Topographie : plane avec une légère pente.

Etat de surface : Sol nu avec quelques mauvaises herbes quelque voile de sable, cailloux.

Végétation : Rejets du Palmier dattier et mauvaises herbes.

Temps : ensoleillé, ciel dégagé.

Date : 24.03.2014

Description du solum :

A(0-20cm) : sec, cailloux et graviers plus de 60 % dont la forme est émoussée arrondie et/ou allongée et de nature en majorité dolomitique très dure, avec une matrice de couleur à l'état humide 5YR 4/6 (brun pur), sec, particulière, limite ondulée, dur, transition diffuse, effervescent à HCl, friable, transition distincte, limite ondulée.

C1 (20-35cm) : Sableux, particulière, couleur à l'état humide 5YR (5/6) rouge jaunâtre, effervescent à HCl, limite régulière, transition brutale.

C2 (35–40 cm) : sec, graviers plus de 40 % dont la forme est émoussée arrondie et/ou allongée et de nature en majorité dolomitique très dure, avec une matrice de couleur à l'état humide 5YR(5/6) rouge jaunâtre, sableuse, particulière, transition progressive, agrégats très lâche, effervescent à HCl.

C3 (40-70cm) : idem au deuxième horizon.

C4 (70-90cm) : Sableux, sec, couleur à l'état humide 5YR (5/8) rouge jaunâtre, particulière, friable, quelque élément grossier (cailloux roulés de 1 à 3 cm), limite irrégulière, effervescent à HCl.

I.4.3 - Solum de MTS2-2

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32° 15' 57,43" N, 3° 41' 9,74" E, 511 m) Environ 300 m à l'Est du solum MTS2-1

Géomorphologie : lit d'oued

Topographie : Légèrement incliné

Etat de surface : quelque voile de sable, cailloux gravier, pierre.

Temps : Ensoleillé ciel dégagé

Date : 24/03/2014

Description du solum :

A (0-20 cm) : Sec, cailloux puis graviers plus de 80 % dont la forme est émoussée arrondie et/ou allongée et de nature en majorité dolomitique très dure, avec une matrice de couleur à l'état humide 5YR (5/6) rouge jaunâtre, pas effervescent à HCl, limite ondulée, transition diffuse, sableuse.

C1 (20–40 cm) : Sec, sable strié, couleur à l'état humide 5YR (6/6) jaune rougeâtre, sableuse, particulière, effervescent à HCl, mince couche de gravier près de la limite inférieure de l'horizon, limite régulière, transition distincte.

C2 (40–50 cm) : Sable, couleur à l'état humide 5YR (4/6) brun pur, limite régulière, transition brutale. pas effervescent à HCl.

C3 (50-80 cm) : cailloux et graviers plus de 50 % dont la forme est arrondie et/ou allongée et de nature en majorité dolomitique très dure, avec une matrice de sableuse, sec, couleur à l'état humide 5YR (5/6) rouge jaunâtre, pas effervescent à HCl

I.4.4 - Solum MTS3-1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : (32°14'32,59"N, 3°47'47,69" E, 427 m) Près de la route N1 Ghardaïa - El Goléa.

Géomorphologie : Lit de l'oued

Topographie : plane légèrement incliné

Etat de surface : graveleux-caillouteux avec des voiles sableux.

Végétation : *Euphorbiaguyonana*, *Carduuspsycnocephalus*, *Retamaretam*

Temps : Ensoleillé, ciel dégagé

Date : 16.03.2014

Description du solum :

A (0-35 cm) : Sec, blocs puis graviers plus de 70% dont la forme est émoussée arrondie et/ou allongée et de nature en majorité dolomitique très dure, avec une matrice de couleur à l'état humide 7,5YR (5/8), limite sub-ondulé, transition nette, effervescent à HCl.

C1 (35-60 cm) : Sable, couleur à l'état humide 5YR (6/6) (rouge jaunâtre) sec, friable, particulière, limite irrégulière, transition distincte, effervescent à HCl.

C2 (60- 120cm) : cailloux et graviers plus de 80% dont la forme est émoussée arrondie et/ou allongée, matrice de couleur à l'état humide 5,5YR (6/6) (rouge jaunâtre) sec, transition distincte, effervescent à HCl

C3 (>120 cm) : blocs et cailloux consolidés plus de 85 % dont la forme est émoussée arrondie et/ou allongée, matrice de couleur à l'état humide 5YR (5/8) , sec, très dur, sableux, effervescent à HCl.

I.4.5 - Solum MTS3-2**Description de l'environnement du solum :****Localisation :** Près du Solum précédant (32°14'42,43"N, 3°48'05,50" E 425 m).**Géomorphologie :** Lit d'oued**Topographie :** Légèrement inclinée**Etat de surface :** Généralement graveleux-caillouteux avec des voiles sableux**Végétation :** *Oudneya africana***Temps :** Ensoleillé ciel dégagé**Date :** 16.03.2014**Description du solum :****A (0-10 cm) :** Sec, blocs et cailloux plus de 50% dont la forme est sub-arrondie et/ou allongée très dure, avec une matrice de couleur à l'état humide 5YR (4/6) rouge jaunâtre, particulière, quelques racines, limite ondulée, transition diffuse, effervescent à HCl, friable.**C1 (10-45 cm) :** Sec sableux, quelques pierres, couleur à l'état humide 7,5YR (5/8) strong brown, transition diffuse, effervescent à HCl.**C2 (45-105cm) :** couleur à l'état humide 5YR (5/6) rouge jaunâtre, sec, quelques racines, pierres et cailloux regroupé en amas, limite ondulée, transition diffuse, effervescent à HCl,**C3 (105-120 cm) :** Pierre consolidée, très dure.**I.4.6 - Solum MTS4-1****Description de l'environnement du solum :****Localisation :** Daya de Kelga (32°02'40,94"N, 4°26'10,68" E, 274 m).**Géomorphologie :** Fond du daya**Topographie :** Plane légèrement incliné.**Etat de surface :** croute polygone, écaille polygone**Végétation :** *Retama retam*, *Pergularia tomentosa***Temps :** Ensoleillé ciel dégagé**Date :** 16.03.2014**Description du solum :****A (0 - 5 cm) :** sec, couleur à l'état humide 5YR (4/6) rouge jaunâtre, polyédrique, limon argileux, stratifié, micro horizon, ondulée, très effervescent à HCL**C1 (5 -45cm) :** couleur à l'état humide 5YR (4/6) rouge jaunâtre, sec, sableuse, particulière, quelques micro horizon de sable, limoneuse, quelques racine débris végétaux, quelques trous, limite régulière, transition distincte, friable, agrégats très lâche**C2 (45 -70 cm) :** couleur à l'état humide 5YR(4/6) rouge jaunâtre, argile, beaucoup de tache de 2à 5mm gris entre 10 à 25 cm, résidu de débris végétaux (racine + tige) à diamètre 5 à 7mm, trou de 3à4 cm peu de composé, pas effervescent à HCL, limite régulière, transition prutale.**C3 (70-90cm) :** couleur à l'état humide 7.5 YR 7/8(Brun) sec, limon argileux, polyédrique, anguleuse, stratification de l'horizon, sableuse, débris végétaux morte (racines fine de 1à 2 mm), trou discontinues 45à 63 cm, 63 à70 cm couche continue limon argileux,**C4 (90-150cm) :** sableuse, sec, couleur à l'état humide 5YR (5/6) rouge jaunâtre, particulière, friable, quelque élément grossier (cailloux roulé de 1 à3 cm, émoussée), quelques racines fines mort, trou de 5mm, limite régulière, transition brutal, quelques micros horizon limono-sableux**C5 (>150cm) :** couleur à l'état humide 7,5YR (5/8) brun, dur, sec, limoneuse, agrégat sub anguleux à anguleux, très effervescent à HCL.**I.4.7 - Solum MTS4-2****Description de l'environnement du solum :****Localisation :** Fond de l'oued, point de rencontre entre oued Sebseb et oued Metlili (32°02'46,85"N, 4°25'12,75" E, 278 m).**Géomorphologie :** Lit de l'oued

Topographie : Plane légèrement incliné.

Etat de surface : Graveleux (élément grossier émoussé gravier 60 %, cailloux 5%)

Végétation : *Retam retam*, *Pergulariatentos*.

Temps : Ensoleillé, ciel dégagé

Date : 16.03.2014

Description du solum :

A (0-15 cm) : sec, couleur à l'état humide 5YR (5/6) rouge jaunâtre, graviers et cailloux (arrondis, émoussés), particulaire, quelques racines fines mortes à 1cm, limite ondulée, transition progressive, effervescent à HCl.

C1 (15 -65 cm) : sec, friable, sableux, couleur à l'état humide 5YR (5/6) rouge jaunâtre, particulaire, quelques micros horizons limoneux, des trous, quelques racines fines (1 à 2 mm), racines vivantes (1 à 2 cm), limite régulière, transition diffuse, pas effervescent à HCl

C3 (65- 80cm) : couleur à l'état humide 5YR (4/6) rouge jaunâtre, sec, sablo- limoneux, moins friable, structure sub- anguleuse, quelques racines vivantes (1 cm), transition progressive, effervescent à HCl

C3 (>80) : couleur à l'état humide 5YR (5/6) rouge jaunâtre, sec, cailloux, gravier (émoussé arrondi 60%), effervescent à HCl.

I.4.8 – Solum MTS5-1

Description de l'environnement du solum :

Localisation : Glacis, pente 18 % (31° 55' 45,61"N, 4° 43' 13,19" E, 241 m).

Géomorphologie : Bas d'un glacis (terrasse)

Topographie : Légèrement incliné

Etat de surface : Erodé, graviers 3 à 4 mm 80% couleur brune, dolomite.

Végétation : Quelques *poaceae* (graminées)

Temps : Venteux, nuageux

Date : 12.03.2014

Description du solum :

A (0 – 5 cm) : graviers sub-arrondis, matrice d'une couleur à l'état humide 5YR 5/6 rouge jaunâtre, sableuse, limite diffuse.

C1 (5 – 50cm) : couleur à l'état humide 7,5 YR (5/8) brun, sable consolidé, moyenne effervescent à HCl, taches blanchâtre 7 à 10 cm de diamètre, très effervescent, limite régulière (incliné), transition nette.

R (>70) : très dur, couleur blanc châtre gypse (dalle de gypse, tache rouge amas de sable, couleur à l'état humide 7.5YR 7/6 (jaune rougeâtre).

I.4.9 – Solum MTS5-2:

Description de l'environnement du solum :

Localisation : Au fond du lit d'oued Metlili à Daya de Remtha (31°56'2,90" N, 4° 43' 28,77" E, 240 m).

Géomorphologie : Fond du lit d'oued (Bras principal, chenal d'écoulement)

Topographie : En aval de l'oued Metlili, légèrement incliné.

Etat de surface : Gravier et sable éolien

Végétation : *Ephidra alata*

Temps : Venteux et nuageux

Date : 12.03.2014

Description du solum :

A (0 –5cm) : couleur à l'état humide 5YR (5/6) rouge jaunâtre, sec, sableuse, gravier.

C1 (5 – 50 cm) : couleur à l'état humide 5YR (4/6) (rouge jaunâtre), sable consolidé, frais, quelque racine moyenne, gravier 5 à 10% brune, friable, précipitation de calcaire (pseudo- mycéliums) effervescent à HCl.

ANNEXE II - CARACTERISATION CHIMIQUES DES SOLUMS

II.1 - Bassin de Zegrir

Solum	Horizon	Prof. (cm)	Calcaire total (%)	Matière Organique (%)
ZGS1	Ap	0-12/15	8,12	0,53
	Bw	12/15-70	12,19	0,90
	R	+70	31,23	0,95
ZGS2-1	A	0-15	8,88	0,42
	Bw	15-60	11,51	0,69
	R	+60	32,88	0,79
ZGS2-2	Ap	0-10	11,30	0,79
	Bk	10-70	17,81	0,74
	C	70-120	13,97	0,53
	2C	120-140	8,49	0,48
ZGS2-3	Ap	0-10	9,14	0,48
	C	10-35	8,38	0,32
	2Ck	35-85	20,14	0,74
	3C	85-120	13,15	0,58
ZGS3	Ap	0-7	10,68	0,79
	C1	7-40	12,33	0,16
	C2	40-85	13,15	0,16
ZGS4-1	A	0-25	10,41	1,16
	C1	25-58	11,51	0,26
	C2	58-90	10,79	0,63
	C3	90-110	10,68	0,87
ZGS4-2	A	0-18	13,70	1,57
	C	18-40	13,15	0,48
	2C	40-90	9,04	0,26
ZGS5-1	A	0-7	6,58	1,59
	C	7-12	13,77	2,16
	2C	12-90	6,85	0,37
	3C	90-110	5,51	0,79
ZGS5-2	A	0-9	3,12	0,21
	C	9-14	12,88	2,12
	2C	14-25	3,86	0,16
	3C	25-80	4,11	0,03
ZGS5-3	A	0-7	6,00	0,56
	C1	7-22	12,53	0,32
	C2	22-80	6,71	1,58
	2C	80-95	5,92	0,95

	3C1	95-115	6,16	0,02
	3C2	115-170	6,58	0,11
ZGS6-1	Ap	0-10/25	11,30	2,38
	C	10/25-40	5,96	0,93
	2Ck	40-65/73	19,93	0,42
	3C	65/73-93	5,34	1,27
ZGS6-2	Ap	0-38	2,05	0,69
	C	38-100	8,25	1,10
	2C	100-125	1,90	0,58
ZGS6-3	Ap	0-30	13,56	1,52
	Ck	30-95	20,14	1,65
	2C	95-145	3,78	0,26
ZGS7	Ap	0-10	13,70	0,97
	C	10-25	3,56	0,42
	2C	25-45	6,30	0,69
	3C	45-60	5,05	0,26
	4C	60-90	3,04	0,05

II.2 - Bassin de Nsa

Solum	Horizon/ couche	Prof. (cm)	Calcaire total (%)	Matière Organique (%)
NS1	A	0-5	7,89	2,38
	AB	5-16	6,42	2,33
	Bw	16-50	8,85	-
NS2-1	A	0-7	7,17	1,80
	C1	7-17	9,36	2,75
	C2	17-85	14,94	2,86
	C3	85-125	8,95	-
	C4	125-155	13,47	-
NS2-2	A	0-5	4,71	-
	C	5-20	9,22	-
NS2-3	A	0-5	7,38	0,74
	C	5-20	4,30	1,69
	2C	20-60	6,69	1,01
NS3	A	0-12	9,30	0,74
	C1	12-75	6,28	2,38
	C2	75-100	9,96	0,74
	2C	100-120	10,66	-
NS4	A	0-15	10,62	-
	C1	15-42	4,75	-

	2C	42-120	7,13	-
NS5	A	0-5	4,22	1,06
	Ck	5-15	19,67	2,49
	2C1	15-35	8,84	1,06
	2C2	35-80	11,57	-
NS6-1	A	0-4	4,79	-
	C	4-11	6,74	-
	2C	11-21	3,35	-
	3C	21-25	11,03	-
	4Ck	25-35	27,44	-
	5C	35-50	2,44	-
NS6-2	A	0-20	2,02	-
	C1	20-35	2,89	-
	C2	35-43	4,3	-
	C3	43-60	2,81	-
	2C	60-85	2,6	-
	3C	85-110	10	-
NS7-1	A	0-5	4,347	1,851
	C1	5-52	7,339	1,957
	C2	52-100	2,083	1,534
NS7-2	A	0-7	6,74	1,32
	C	7-50	5,78	1,75
NS7-3	A	0-2	1,90	2,01
	C1	2-12	1,16	1,80
	C2	12-90	1,16	1,90
	C3	90-120	1,71	-
NS7-4	A	0-5	15,00	1,48
	C	5-13	2,36	0,79
	2C	13-27	14,73	1,85
	3C	27-35	1,74	-
	4C	35-45	7,98	-
	5C	45-60	5,91	-
	6C	60-100	0,91	-

II.3 - Bassin de M'zab

Solum	Horizon / couche	Prof. (cm)	Calcaire total (%)	Matière Organique (%)
MZS1-1	C1	2-30	7,73	0,53
MZS1-2	A	0-1.5	8,18	0,3
	C1	1.5-20	5,23	1,43
MZS1-3	A	0-15	10,77	1,43
	C1	15-60	11,59	1,06

MZS1-4	A	0-40	5,41	1,27
MZS2	(A)	0 – 0,5	3,73	0,42
		0,5-5	1,41	0,53
	C	5-50	1,45	-
	2C	50-70	5,00	-
MZS3-1	A	0-15	2,91	0,63
	C1	15-85	2,50	0,78
	C2	85-115	3,07	-
	C3	115-125	3,50	-
MZS3-2	A	0-20	3,20	0,53
	C	20-85	1,95	1,48
	2C	85-90	3,52	-
	3C	90-100	9,88	-
MZS3-3	A	0-10	7,27	1,22
	C	10-22	2,91	1,32
	2C	22-26	5,48	0,48
	2C	26-33	2,36	-
	4C	33-35	5,45	-
	5C	35-55	2,43	-
	6C	55-115	1,82	-
	7C1	115-125	2,69	-
	7C2	125-135	2,18	-
MZS3-4	A	0-7	7,88	2,01
	C1	7-20	3,07	1,06
	C2	20-65	1,46	-
	C3	65-83	3,95	-
	2C1	83-135	2,27	-
	2C2	135-140	3,75	-
MZS4-1	(A)	0-75	4,38	0,32
	C	75-155	2,36	0,69
MZS4-2	A	0-10	1,15	0,26
	C	10-15	3,32	0,26
	2C	15-30	1,18	0,58
	3C	30-37	2,39	1,06
	4C1	37-60	1,03	0,26
	4C2	60-80	1,14	0,42
	5C	80-90	1,26	0,58
MZS4-3	A	0-5	1,68	1,06
	C1	5-12	1,38	1,16
	C2	12-30	1,52	1,22
	C3	30-45	1,65	1,06
	2C	45-90	1,05	0,73

II.4 - Bassin de Metlili

Solum	Horizon/couche	Prof. (cm)	Calcaire total (%)	Matière Organique (%)
MTS1	(A)	0-15	2,37	0,79
	C1	15-90	4,06	1,63
MTS2-1	A	0-20	2,8	0,52
	C	20-35	1,46	1,58
	2C1	35-40	3,26	1,32
	2C2	40-70	5,12	1,58
	2C3	70-90	3,88	2,59
MTS2-2	A	0-20	4,54	0,42
	C1	20-40	5,74	1,05
	C2	40-50	3,87	1,63
	C3	50-80	3,5	2,11
MTS3-1	A	0-35	3,82	1,48
	C1	35-60	3,63	1,40
	C2	60-120	8,12	1,53
	C3	120-130	2,03	2
MTS3-2	A	0-10	4,25	1,32
	C1	10-45	5,12	0,95
	C2	45-105	5,8	2,11
MTS4-1	A	0-5	4,71	1,11
	C	5-45	1,63	1,90
	2C	45-70	3,28	1,32
	3C	70-90	2,78	1,69
	4C1	90-150	5,02	2,06
	4C2	>150	19,35	0,63
MTS4-2	A	0-15	5,22	1,19
	C	15-65	3,29	2,43
	2C1	65-80	3,52	1,74
	2C2	>80	4,23	1,26
MTS5-1	A	0-5	2,9	2,16
	C	5-50	6,19	2,43
	R	>70	38,12	2,22
MTS5-2	A	0-5	4,45	0,26
	C	5-50	5,03	1,85

ANNEXE III – PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES



a. *Vue générale du lit d'oued Zegrir dans le site 4, la végétation arborescente et buissonneuse s'installe de part et d'autre du talweg dans lequel l'érosion hydrique empêche l'évolution du sol et l'installation de la végétation.*



b. *Induration des alluvions de l'oued Nsa sur des terrasses alluviales ensablées (site 6)*



c. *Lit mineur ensablé sur la rive Est du talweg de l'oued Zegrir (site 5)*



d. *Vue générale du lit d'oued Zegrir Encassement du lit mineur dans le site 5*



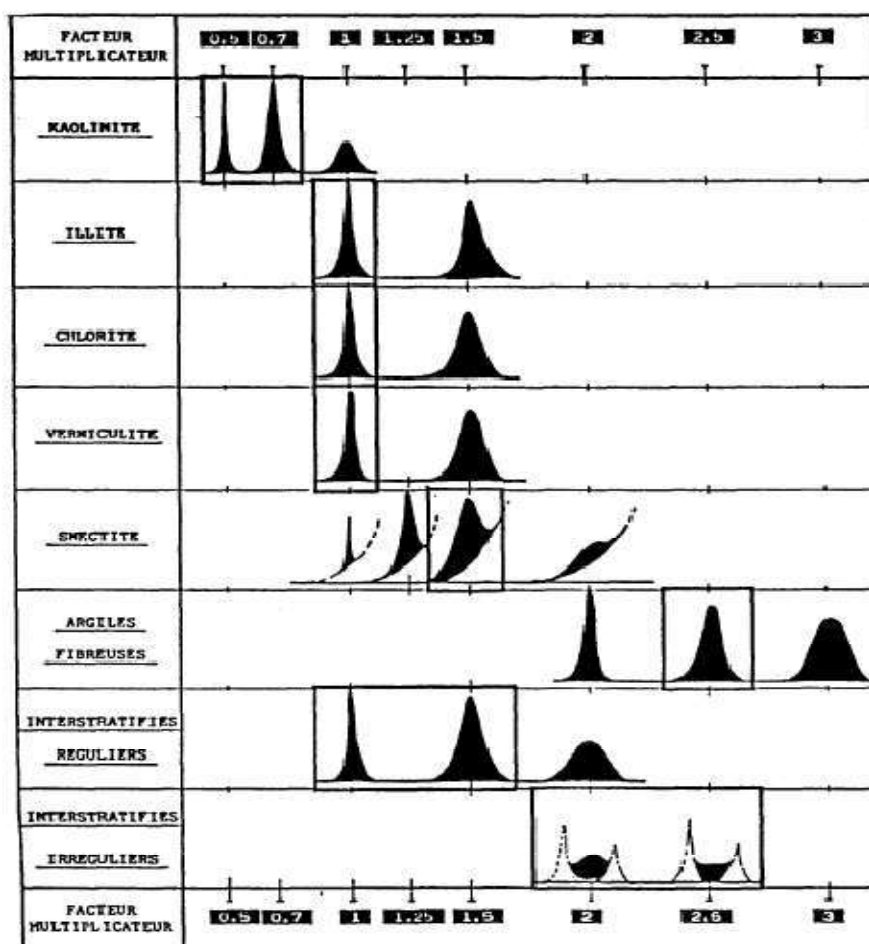
e. *Vue générale de la Daya de Ben Felah inondée (bassin de Zegrir, site 7)*

ANNEXE IV – MINÉRALOGIE

IV.1 – Valeurs des positions en Å et du facteur correctif pour les différentes argiles (Holtzapfel, 1985)

Minéral	d (Å)	Facteur correctif spécifique
Illite	10.10	1.0
Chlorite	14.40	1.5
Kaolinite	7.10	1.5
Palygorskite	10.40	2.0
Smectite	10.40	1.5

IV.1 - Estimation semi-quantitative : facteur correctif à appliquer aux intensités mesurées (Holtzapfel, 1985).

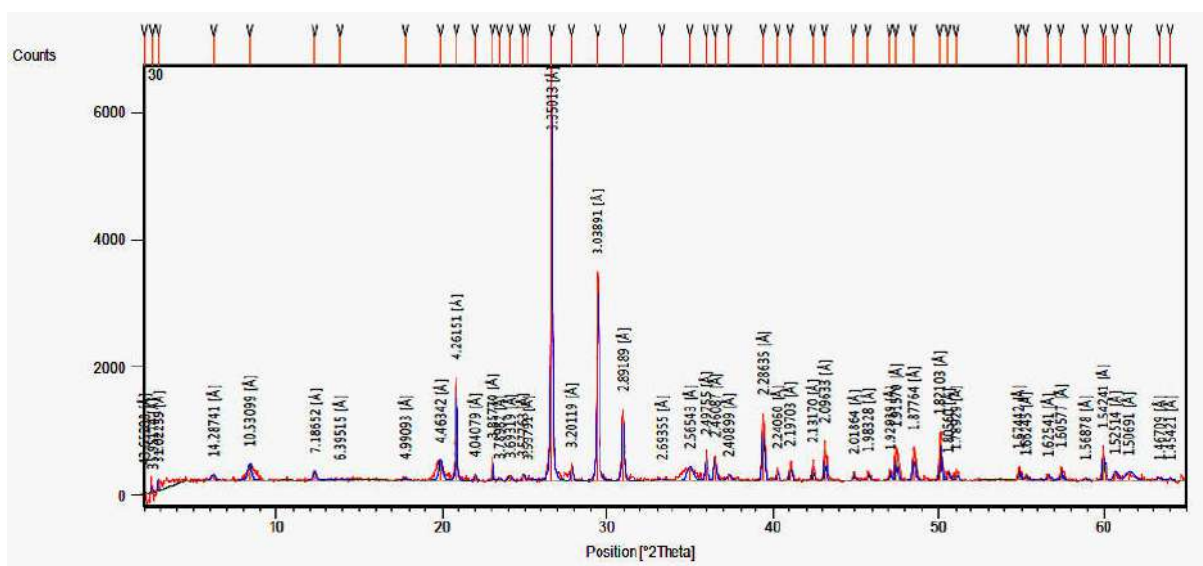


IV.3 – Abondance relative (%) des minéraux argileux sélectionnés et déterminés par diffraction au rayon X (Bassin de Zegrir)

Pedon	Smectite	Chlorite	Palygorskite	Illite	Kaolinite
ZGS3-H2(C1)	7	7	59	22	6
ZGS3-H3(C2)	2	10	50	27	12
ZGS4-1-H1(A)	2	10	48	27	14
ZGS4-1-H2(C1)	0	15	33	34	17
ZGS4-1-H3(C2)	5	12	43	26	13
ZGS4-1-H4(C3)	3	15	25	36	20
ZGS4-2-H1(A)	0	15	32	35	19
ZGS4-2-H2(C)	3	16	34	32	15
ZGS4-2-H3(2C)	0	12	50	26	12
ZGS5-1-H2(C)	6	12	40	28	14
ZGS5-2-H2(C)	5	13	43	26	13
ZGS5-3-H4(2C)	2	15	34	30	18

IV.4 – Abondance relative (%) des minéraux argileux sélectionnés et déterminés par diffraction au rayon X (Bassin de Nsa)

Horizon/couche	Smectite	Chlorite	Palygorskite	Illite	Kaolinite
NS1-H3(Bw)	0	13	46	30	11
NS2-1-H2(C1)	7	11	45	26	11
NS5-H2(Ck)	13	12	43	22	11
NS5-H4(2C2)	13	9	44	21	13
NS6-1-H5(4Ck)	12	12	44	20	12
NS6-2-H5(2C)	9	10	45	24	13
NS7-4-H1(A)	9	14	44	25	9
NS7-4-H3(2C)	10	14	43	25	9
NS7-4-H5(4C)	8	12	42	25	13
NS7-4-H6(5C)	13	8	39	24	15



VI. 5 - Diffractogramme d'une préparation désorientée d'une croute argileuse (bassin de Nsa)

ANNEXE V – Liste des espèces végétales recensées dans le bassin versant de Nsa

N°	Espèce	Famille	Type Biologique	Nombre de relevés où l'espèce est présente						
				Site1	Site2	Site3	Site4	Site5	Site6	Site7
1	<i>Abutilon muticum</i>	<i>Malvaceae</i>	Phanérophytes	0	0	1	0	0	0	0
2	<i>Adonis denta</i>	<i>Asteraceae</i>	Thérophytes	1	0	0	0	0	0	0
3	<i>Aizoon canariense</i>	<i>Aizoaceae</i>	Thérophytes	1	0	0	0	0	0	1
4	<i>Ammodaucus leucotrichus</i>	<i>Apiaceae</i>	Thérophytes	1	0	0	0	0	0	1
5	<i>Anabasis articulata</i>	<i>Amaranthaceae</i>	Chamaephytes	0	0	0	0	0	0	13
6	<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>	<i>Asteraceae</i>	Thérophytes	1	0	0	0	0	0	0
7	<i>Anthyllis henoniana</i>	<i>Fabaceae</i>	Chamaephytes	0	0	0	0	0	3	0
8	<i>Antirrhinum ramosissimum</i>	<i>Scrophulariaceae</i>	thérophyte	0	0	3	0	1	0	0
9	<i>Anvillea radiata</i>	<i>Asteraceae</i>	Chamaephytes	1	1	0	0	0	0	1
10	<i>Argyrolobium uniflorum</i>	<i>Fabaceae</i>	Chamaephytes	0	0	0	0	0	0	1
11	<i>Arthrophytum scoparium</i>	<i>Amaranthaceae</i>	Chamaephytes	2	12	5	4	1	0	0
12	<i>Asphodelus tenuifolius</i>	<i>Liliaceae</i>	Thérophytes	0	0	0	0	0	0	1
13	<i>Asphodelus refractus</i>	<i>Liliaceae</i>	Thérophytes	0	0	4	0	0	0	0
14	<i>Astragalus gombo</i>	<i>Fabaceae</i>	Chamaephytes	0	0	1	0	0	0	0
15	<i>Astragalus mareoticus</i>	<i>Fabaceae</i>	Thérophytes	1	0	0	0	0	0	0
16	<i>Astragalus tenuifolius</i>	<i>Fabaceae</i>	Thérophytes	1	0	0	0	0	0	0
17	<i>Atractylis delicatula</i>	<i>Asteraceae</i>	Hémicryptophytes	0	1	1	1	0	0	0
18	<i>Atractylis serratuloides</i>	<i>Asteraceae</i>	Chamaephytes	0	0	2	0	0	0	0
19	<i>Avena alba</i>	<i>Poaceae</i>	Thérophytes	0	0	1	0	0	0	0
20	<i>Bassia moricata</i>	<i>Amaranthaceae</i>	Thérophytes	0	0	1	0	1	0	0
21	<i>Bubonium graveolens</i>	<i>Asteraceae</i>	Chamaephytes	0	1	1	2	3	0	1
22	<i>Calligonum comosum</i>	<i>Polygonaceae</i>	Phanérophytes	0	0	0	0	0	5	3
23	<i>Carduncellus eriocephalus</i>	<i>Asteraceae</i>	Thérophytes	0	0	2	0	1	0	0
24	<i>Carduus psycnocephalus</i>	<i>Asteraceae</i>	Thérophytes	1	9	2	1	2	0	0
25	<i>Centaurea incana</i>	<i>Asteraceae</i>	Thérophytes	0	0	1	0	1	0	0
26	<i>Cleome arabica</i>	<i>Capparidaceae</i>	Thérophytes	1	8	8	3	3	2	2
27	<i>Colocynthis vulgaris</i>	<i>Cucurbitaceae</i>	Thérophytes	0	3	3	0	2	1	1
28	<i>Cotula cinerea</i>	<i>Asteraceae</i>	Thérophytes	1	0	0	0	0	0	0
29	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	<i>Poaceae</i>	hémicryptophyte	0	0	2	0	0	0	0
30	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Poaceae</i>	Géophytes	1	2	3	1	3	2	0
31	<i>Cyperus conglomeratus</i>	<i>Cypéraceae</i>	Hémicryptophytes	0	0	0	0	0	0	1
32	<i>Danthonia forskahlii</i>	<i>Poaceae</i>	Thérophytes	0	0	1	0	0	1	3

33	<i>Dipcadi sertinum</i>	Liliaceae	Hémicryptophytes	0	0	0	0	0	0	1
34	<i>Diplotaxis harra</i>	Brassicaceae	Thérophytes	0	0	0	0	0	0	1
35	<i>Echium humile</i>	Boraginaceae	Thérophytes	0	2	2	1	0	1	0
36	<i>Ephedra alata</i>	Ephédraceae	Chamaephytes	0	0	0	0	0	5	11
37	<i>Erodium triangulare</i>	Geraniaceae	Thérophytes	0	0	0	0	0	0	2
38	<i>Erodium glaucophyllum</i>	Geraniaceae	Thérophytes	0	0	0	0	0	1	7
39	<i>Eryngium ilicifolium</i>	Apiaceae	Thérophytes	1	2	1	0	1	2	0
40	<i>Euphorbia cornuta</i>	Euphorbiaceae	Thérophytes	1	1	4	0	1	0	0
41	<i>Euphorbia guyonana</i>	Euphorbiaceae	Hémicryptophytes	0	0	2	5	5	4	4
42	<i>Fagonia glutinosa</i>	Zygophyllaceae	Chamaephytes	2	11	4	4	5	0	9
43	<i>Fagonia microphylla</i>	Zygophyllaceae	hémicryptophytes	0	1	0	0	0	3	0
44	<i>Farsetia ramosissima</i>	Brassicaceae	Hémicryptophytes	0	6	4	2	5	1	0
45	<i>Filago spathulata</i>	Asteraceae	Thérophytes	0	0	1	0	0	0	0
46	<i>Gastrocotyle hispida</i>	Boraginaceae	Thérophytes	1	0	0	0	0	0	0
47	<i>Genista saharae</i>	Fabaceae	Phanérophytes	0	0	0	0	0	0	2
48	<i>Gymnocarpos decander</i>	Caryophyllaceae	Chamaephytes	0	1	0	1	0	0	0
49	<i>Helianthemum lippii</i>	Cistaceae	Thérophytes	0	2	0	0	1	1	6
50	<i>Iflago spicata</i>	Asteraceae	Thérophytes	0	0	2	0	0	0	0
51	<i>Keolpinia linearis</i>	Asteraceae	Thérophytes	1	0	0	0	0	0	0
52	<i>Launaea nudicaulis</i>	Asteraceae	Thérophytes	0	0	2	0	2	0	0
53	<i>Linaria aegyptiaca</i>	Scrophulariaceae	Chamaephytes	0	2	0	1	2	0	1
54	<i>Lotus glinoides</i>	Fabaceae	thérophytes	0	0	0	0	0	4	0
55	<i>Malcolmia aegyptiaca</i>	Malvaceae	Thérophytes	0	2	5	0	3	1	2
56	<i>Malva aegyptiaca</i>	Brassicaceae	Hémicryptophytes	2	2	1	0	1	0	0
57	<i>Marrubium deserti</i>	Lamiaceae	Chamaephytes	0	1	0	1	0	0	0
58	<i>Mathiola livida</i>	Brassicaceae	Thérophytes	1	0	0	0	0	0	0
59	<i>Medicago lactiniata</i>	Fabaceae	Thérophytes	0	0	1	0	0	0	0
60	<i>Moltkopsis ciliata</i>	Boraginaceae	Thérophytes	0	0	0	0	0	0	1
61	<i>Monsonia heliothropioides</i>	Geraniaceae	Thérophytes	0	0	0	0	0	0	4
62	<i>Moricandia arvensis</i>	Brassicaceae	Chamaephytes	0	3	5	3	3	1	2
63	<i>Nerium olender</i>	Apocynaceae	Phanérophytes	0	0	1	0	0	0	0
64	<i>Neurada procombens</i>	Rosaceae	Thérophytes	0	2	1	0	0	0	5
65	<i>Nicotiana glauca</i>	Solanaceae	Phanérophytes	0	0	0	0	1	0	0
66	<i>Odontospermum pygmaeum</i>	Asteraceae	Chamaephytes	1	0	0	0	0	0	1
67	<i>Orobanche aegyptiaca</i>	Orobanchaceae	Thérophytes (parasite)	1	0	0	0	0	0	0

68	<i>Oudneya africana</i>	<i>Brassicaceae</i>	<i>Chamaephytes</i>	0	0	0	0	4	9	3
69	<i>Paronychia chlorothyrsa</i>	<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Thérophytes</i>	0	1	0	0	0	0	1
70	<i>Peganum harmala</i>	<i>Zygophyllaceae</i>	<i>Hémicryptophytes</i>	1	3	4	1	5	3	1
71	<i>Pennisetum dichotomun</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Géophytes</i>	0	0	1	1	0	1	0
72	<i>Pentzia monodiana</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Chamaephytes</i>	1	0	0	0	0	0	0
73	<i>Pergularia tomentosa</i>	<i>Asclepiadaceae</i>	<i>Chamaephytes</i>	0	0	1	3	5	0	2
74	<i>Picris albida</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Thérophytes</i>	1	0	0	0	0	0	1
75	<i>Pistacia atlantica</i>	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Phanérophytes</i>	0	1	1	0	0	0	0
76	<i>Pituranthos chloranthus</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Thérophytes</i>	0	0	2	0	3	0	2
77	<i>Plantago albicans</i>	<i>Plantaginaceae</i>	<i>Hémicryptophytes</i>	1	0	0	0	0	0	0
78	<i>Plantago ciliata</i>	<i>Plantaginaceae</i>	<i>Thérophytes</i>	3	2	2	1	1	3	0
79	<i>Pulicaria crispa</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Chamaephytes</i>	0	0	0	0	1	0	1
80	<i>Reseda alphonsii</i>	<i>Résédaceae</i>	<i>Thérophytes</i>	0	0	0	0	1	0	0
81	<i>Retama ratam</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Phanérophytes</i>	0	5	5	1	5	3	1
82	<i>Retama sphaerocarpa</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Phanérophytes</i>	0	1	0	0	0	0	0
83	<i>Rhanterium adpressum</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Chamaephytes</i>	0	0	2	1	0	6	2
84	<i>Rhus tripartitum</i>	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Phanérophytes</i>	0	0	1	0	0	0	0
85	<i>Ricinus comunis</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Phanérophytes</i>	0	0	0	1	0	0	0
86	<i>Salvia aegyptiaca</i>	<i>Lamiaceae</i>	<i>Chamaephytes</i>	0	0	0	0	1	0	0
87	<i>Salvia verbenaca</i>	<i>Vérbenaceae</i>	<i>Chamaephytes</i>	1	0	0	0	0	0	0
88	<i>Savignya longistyla</i>	<i>Brassicaceae</i>	<i>Thérophytes</i>	0	0	0	0	1	0	0
89	<i>Scrophularia saharea</i>	<i>Scrophuulariaceae</i>	<i>Chamaephytes</i>	0	0	0	1	0	0	0
90	<i>Stipagrostis plumosa</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Hémicryptophytes</i>	0	0	0	0	0	4	8
91	<i>Stipagrostis ciliata</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Hémicryptophytes</i>	0	1	0	0	0	0	0
92	<i>Stipagrostis pungens</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Hémicryptophytes</i>	0	0	2	1	2	2	1
93	<i>Tamarix aphylla</i>	<i>Tamaricaceae</i>	<i>Phanérophytes</i>	0	0	0	0	1	2	5
94	<i>Tamarix gallica</i>	<i>Tamaricaceae</i>	<i>Phanérophytes</i>	0	0	0	0	0	2	0
95	<i>Thymelea microphylla</i>	<i>Thyméléaceae</i>	<i>Chamaephytes</i>	0	0	2	0	4	2	0
96	<i>Traganum nudatum</i>	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Chamaephytes</i>	0	0	0	0	0	0	3
97	<i>Zilla macroptera</i>	<i>Brassicaceae</i>	<i>Chamaephytes</i>	0	6	6	4	5	3	5
98	<i>Zizuphus lotus</i>	<i>Rhamnaceae</i>	<i>Phanérophytes</i>	1	2	4	2	1	0	0