

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention de Diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Agronomie

Spécialité : Protection de la Ressource Sol-Eau et Environnement

Présenté par : BENAMEUR Farid

Etude de la variabilité spatiale de quelques paramètres pédologiques en surface de sol dans la région de Ouargla

Soutenu publiquement : Le 28/05/2017

Devant le jury

M. CHELLOUFI Hamid	Professeur	Président	UKM Ouargla
Mme. SLIMANI Rabia	M.C.B	Promotrice	UKM Ouargla
M. HAMDI AISSA Belhadj	Professeur	Co- Encadreur	UKM Ouargla
M. BERKAL Ismaïel	M.C.B	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire : 2016/2017

Dédicace

*Je dédie ce travail à mes parents
A ma femme et à mes enfants*



Remerciements

*Je remercie avant tout **ALLAH** tout puissant, de m'avoir guidé toutes les années d'étude et m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.*

*Je tiens à exprimer mes reconnaissances à Madame **SLIMANI.R.** Pour la proposition de ce thème et pour son encadrement.*

*Je tiens à remercier Mr **HAMDI-AISSA.I.** Co-promoteur pour ses conseils.*

*Je porte ma gratitude à Mr **CHELOUFI. H.** Professeur à l'université d'Ouargla, pour avoir accepté de présider ce jury.*

*J'exprime ma reconnaissance à Mr **BERKALI.I.** Membre de jury qui a accepté de juger ce travail.*

Mes remerciements à tous les travailleurs de laboratoire pédagogique de la faculté des sciences de la nature et de la vie.

Mes remerciements vont aussi à tous les amis et tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Etude de la variabilité spatiale de quelques paramètres pédologiques en surface de sol dans la région de Ouargla

Résumé

Ce travail consiste à la création d'une base de données des sols dans la région de Ouargla. Elle a pour but de montrer les potentialités des systèmes d'information géographique (SIG) dans la cartographie des sols de notre région.

L'approche méthodologique consiste à faire un échantillonnage systématique de 300 échantillons de sol à partir de l'horizon de surface selon un quadrillage régulier.

Les résultats montrent que les sols de Ouargla ont une texture sableuse avec une moyenne de 97,87 %. Un taux de fraction fine observé au Nord d'origine alluvial. L'humidité des sols est de 2,29%. Le pH est neutre à légèrement alcalin, cela due à la présence de calcaire a la surface. La moyenne de la CE est de 5,13dS/cm, ceci est dû à la teneur en sels des eaux de drainage. Le calcaire total est omniprésent avec une moyenne de 3,34 %.

Ces cartes thématiques peuvent jouer un rôle important pour la compréhension des sols et leurs gestions techniques, afin de mieux gérer l'environnement.

Mots clés : Base de données, SIG, sol, variabilité spatiale, Ouargla

Study of the spatial variability of some surface soil parameters in the Ouargla region

Summary

This work involves the creation of a soil database in the Ouargla region. It aims to show the potential of Geographic Information Systems (GIS) in the mapping of soils in our region.

The methodological approach consists in routinely sampling 300 soil samples from the surface horizon in a regular grid pattern.

The results show that Ouargla soils have a sandy texture with an average of 97.87%. A fraction of fine fraction observed in the North of alluvial origin. The moisture of the soils is 2.29%. The pH is neutral to slightly alkaline, due to the presence of limestone on the surface. The average of the EC is 5.13dS / cm, this is due to the salt content of the drainage waters. The total limestone is omnipresent with an average of 3.34%.

These thematic maps can play an important role in the understanding of soils and their technical management in order to better manage the environment.

Key words: Database, GIS, soil, spatial variability, Ouargla

دراسة التباين المكاني لبعض قياسات التربة على سطح الأرض في منطقة ورقلة

الملخص

ينطوي هذا العمل على إنشاء قاعدة بيانات للتربة في منطقة ورقلة. ويهدف إلى إظهار إمكانات أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) في رسم خرائط التربة في المنطقة. الأسلوب المنهجي المتبع يتمثل في أخذ عينات من منظمة من 300 عينة من سطح التربة حسب شبكة معتدلة.

أظهرت النتائج أن التربة في ورقلة ذات طبيعة رملية بمتوسط قدره 97.87%. مع ملاحظة نسبة من التربة الغرينية في الشمال من أصل طمي. معدل رطوبة التربة هو 2.29%. معامل الهيدروجين معتدل إلى قلوي قليلا، وهذا راجع لوجود الحجر الجيري في السطح. متوسط الناقلية الكهربائية هو 5،13 ديسمنس/سم، وهذا يرجع إلى محتوى مياه الصرف من الأملاح. الحجر الجيري موجود في كل مكان بمتوسط قدره 3.34%.

يمكن لهذه الخرائط المواضيعية أن تكون مهمة لفهم التربة وتسييرها التقني من أجل أمثل للبيئة.

الكلمات الدالة: قاعدة بيانات، أنظمة المعلومات الجغرافية (SIG)، التربة، التباين المكاني، ورقلة

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre des tableaux	N° de page
1	Donnée climatique de la station de Ouargla, de période 2005-2016	20
2	Statistiques descriptives des éléments grossiers	28
3	Statistiques descriptives de l'humidité	30
4	Statistiques descriptives du pH	32
5	Statistiques descriptives de la conductivité électrique	34
6	Statistiques descriptives du calcaire total	36

Liste des figures

N° de figure	Titre des figures	N° de page
1	Délimitation de la cuvette de Ouargla(Bellaoueur ,2008).	10
2	Extrait de la carte géologique du Nord-Ouest de l'Afrique (1976).	12
3	Colonne stratigraphique du sondage J.10-580.	14
4	Coupe hydrogéologique de SASS (UNESCO, 1972).	17
5	Coupe hydrogéologique transversale du CT (UNESCO, 1972).	18
6	Délimitation de la zone d'étude.	22
7	Disposition d'échantillonnage de 300 points.	24
8	Répartition spatiale des éléments grossiers (en %) dans la cuvette de Ouargla.	29
9	Répartition spatiale de l'humidité des sols (en %) dans la cuvette de Ouargla.	31
10	Répartition spatiale des teneurs du pH des sols dans la cuvette de Ouargla.	33
11	Répartition spatiale de la conductivité électrique des sols (mS/cm) dans la cuvette de Ouargla.	35
12	Répartition spatiale du calcaire total (%) dans la cuvette de Ouargla.	37

Liste des abréviations

AEP	Alimentation en Eau Potable
CE	Conductivité électrique
ENAGEO	Enterprise Nationale de Géophysique
OMN	Office National de Météorologie
pH	Potentiel d'Hydrogène
MP	Méo Pliocène
SIG	Système d'Information Géographique
TM	Température Moyenne Maximale
Tm	Température Moyenne Minimale
Tmoy	Température Moyenne
H	Humidité
V	Vitesse du vent
Evap	Evaporation
P	Précipitation
Inso	Insolation

Table des matières

Dédicace	
Remerciements	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Table des matières	
Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur les sols	3
I.1.Définition du sol	3
I.2.constituants du sol	3
I.3.propriétés du sol	3
I.4.les sols des régions arides	5
I.5.classification des sols sahariens	5
Chapitre II : Cartographie des sols	6
II.1. La Cartographie Numérique	6
II.1.1. Système	6
II.1.2. Information géographique	6
II.2. Les Systèmes d'Information Géographique	6
II.2.1. Définition d'un SIG	7
II.2.2. Les fonctionnalités d'un SIG	7
II.3. Cartographie des sols	8
II.3.1. Définition d'une carte pédologique	8
II.3.1.2. Etapes de réalisation d'une carte pédologique	8
II.3.1.3. Importance des cartes pédologiques	8
Chapitre III : Présentation de la région	10
III.1.La localisation	10
III.2.La géologie	11
III.3.La géomorphologie	16
III.4.L'hydrogéologie	16
III.4.1. Le Continentale Intercalaire	17

III.4.2. Le Complexe Terminal	18
III.4.3. La nappe phréatique	19
III.5.Caractéristiques climatiques	20
III.5.1. Température	20
III.5.2. Pluviosité	21
III.5.3. Humidité relative	21
III.5.4. Insolation	21
III.5.5. Evaporation	21
III.5.6. Vents	21
Chapitre IV : Matériels et Méthodes	22
IV.1. Localisation de la zone à l'étude	22
IV.2. Réalisation de la carte	23
IV.2.1. Présentation du dispositif d'échantillonnage	28
IV.2.2. La maille d'échantillonnage	23
IV.3. Matériels et Méthodes d'analyses	23
IV.3.1. Matériels utilisés	23
IV.3.1.1. Sur terrain	23
IV.3.1.2. Au laboratoire	25
IV.3.2. Méthodes utilisées	26
Chapitre V : Résultats et Discussion	28
V.1. Distribution spatiale des paramètres analysés	28
V.1.1. Distribution spatiale des éléments grossiers	28
V.1.2. Distribution spatiale de l'humidité	30
V.1.3. Distribution spatiale du pH	31
V.1.4. Distribution spatiale de la conductivité électrique	33
V.1.5. Distribution spatiale du calcaire total	35
V.2. Discussion et interprétation	38
Conclusion	39
Références bibliographiques	41
Annexes	

Introduction Générale

Introduction Générale

L'importance du rôle des sols dans l'environnement et la nécessité de sa protection est de plus en plus reconnue. Cependant, un grand nombre de problèmes se posent quand on envisage l'utilisation rationnelle des terres. Il est bien évident que pour les résoudre, une connaissance complète que possible des propriétés des sols est indispensable (Benhammadi et Laagoun, 2006).

L'étude des sols d'Algérie constitue une préoccupation majeure des pédologues algériens. En effet, les grandes potentialités en terres agricoles qu'on dispose exigent une bonne connaissance de ce patrimoine en vue de le préserver et le mieux gérer (Khemgani, 2010). Cependant, il faut constater que l'Algérie n'est que partiellement couverte par des études cartographiques et pédologiques. Les données nécessaires à la mise en œuvre des politiques envisagées ne sont donc pas disponibles (Berkal, 2006).

La majorité des études pédologiques, académiques ou techniques, dans la région de Ouargla sont de type morphologique, analytique et même des fois micro-morphologiques surtout pour les études académiques et la surface recouverte par des études cartographique reste très petite par rapport à la surface totale. Les premiers travaux les plus connus dans cette région sont l'étude de Dutil (1971), les cartes des pédo-paysages établies par Hamdi-Aïssa (2001) sur une surface de 360000 ha, enrichie par une étude micro-morphologique des sols et les études cartographiques des sols sahariennes de Berkel (2006 et 2014).

Dans cette optique, on a constaté que la cartographie des sols dans cette région est à son début. Notre objectif est la réalisation des cartes de quelques paramètres pédologiques des sols dans la région de Ouargla.

Un tel travail nécessite le recours aux nouvelles technologies de l'information et de la communication, en un mot le recours aux Système d'Information Géographiques (SIG).

Les SIG sont de très bons outils d'analyse car ils permettent de recueillir et d'analyser les informations provenant de plusieurs sources.

Le présent travail réalisé à partir d'une création d'une base de données de quelques paramètres du sol est organisé en cinq chapitres :

- le premier chapitre intitulé Cadre théorique traite généralités sur les sols;

- le second chapitre, traite la cartographie des sols
- le troisième chapitre, présentation de la zone d'étude dont la localisation, les grands traits physiques (à savoir la géomorphologie, l'hydrologie et le climat);
- le quatrième chapitre présente matériel et méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail.
- enfin, le cinquième chapitre présente les résultats de ce travail et les discussions. Il s'agit essentiellement des résultats cartographiques et de leurs commentaires.

Chapitre I
Généralités sur les Sols

I. Généralités sur les Sols

I.1. Définition du sol

Le sol est la formation naturelle de surface meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous adjacente sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques (Demelon, 1960).

Pour les pédologues, le sol est une formation naturelle présentée par la couche superficielle de la roche mère, épaisse, mince ou pellicule superficielle de la terre sur la quelle peut se développer un végétal (Lasinier et Lachaise, 1973).

La définition du sol pour les agriculteurs est la couche superficielle de la terre avec une épaisseur de 0.30 m ; la couche de 0.30 à 0.60 m est le sous-sol (Afeissa, 2000).

I. 2. Constituants du sol

Le sol est un milieu dynamique qui comprend trois phases:

- ✓ **La phase solide** issue de la dégradation du substrat ; se sont les minéraux primaires et secondaires et la matière organique d'origine végétal ou animal en état de décomposition plus ou moins avancée (Benfardia et Chenine, 2014).
- ✓ **La phase liquide** représente l'eau contenue dans le sol et dans laquelle sont dissoutes les substances solubles provenant à la fois de l'altération des roches, de la décomposition des matières organiques du sol (MOS) et des apports extérieurs tels que les fertilisants et pesticides. Cette fraction est le lieu des réactions chimiques permanentes indispensables à l'évolution de la matière organique et a la croissance des végétaux (Calvet, 2000).
- ✓ **La phase gazeuse** est composée des mêmes gaz que l'air auxquels s'ajoutent certains gaz provenant de la décomposition des MOS (méthane et ammoniac) (Muriel, 2007).

I. 3. Propriétés du sol

Sur le plan physique tout sol est caractérisé par deux propriétés qui sont :

- ✓ **La texture** : la texture est définie par les proportions relatives (%) de particules argileuses, limoneuses et sableuses qui constituent la terre fine de l'horizon. Elle

permet de caractériser un sol comme étant à dominance sableuse, argileuse, limoneuse...etc. (Nemer, 2015).

- ✓ **La structure :** La structure du sol peut être définie comme étant le mode d'arrangement des différentes particules constitutives du sol (minérales et organiques). Elle est caractérisée par l'aspect que confèrent au sol, les formes, la disposition et la dimension des agrégats ainsi que leur stabilité (Duchaufour, 1994).
- ✓ **Porosité:** La porosité correspond à la mesure des vides d'un substrat. Le sol est d'abord un espace vide occupé par les phases liquides (la solution du sol) et gazeuses. Ces vides ou pores sont en contact avec les phases solides : leur forme, leur organisation participent de l'architecture du sol.
- ✓ **La densité :** La densité est un poids par unité de volume, normalement exprimée en (g/cm^3). L'eau a une densité de $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ (à $4 \text{ }^\circ\text{C}$). Deux types de mesures de densité sont utilisés généralement pour les sols. La densité réelle (d_r) correspond à la densité d'une terre sèche désagrégée; la densité apparente (d_a) correspond au poids sec d'un volume de sol dont la structure n'a pas été perturbée. (Blake et Hartage, 1986).

Sur le plan chimique, les principaux cations métalliques: calcium, magnésium, potassium, sodium :

- ✓ **Le Calcium « Ca^+ » :** Le calcium est un métal alcalino terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés.
- ✓ **Le sodium « Na^+ » :** Le sodium est toujours présent dans les eaux naturelles en proportion très variables. Il provient surtout de lessivage des formations géologiques riches en NaCl.
- ✓ **Le potassium « K^+ » :** Le potassium est beaucoup moins abondant que le sodium, sa présence est à peu près constante dans les eaux naturelles. Certains rejets industriels, en particulier de mines de potasse et d'usines d'engrais, peuvent entraîner dans l'eau des quantités de potassium relativement importantes.
- ✓ **Le magnésium « Mg^+ » :** Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1 % de l'écorce terrestre. La plupart des sels sont très solubles dans l'eau. La teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau (Djelloudi et Nouari, 2015)

I.4. Les sols des régions arides

- **Dans le monde** : Selon (WRI, 2002) La zone hyper aride couvrant environs 11 millions de Kilomètres carrés, soit 8 % des terres totales et elle correspond principalement au désert du Sahara.
- **En Algérie** : Selon Nedjraoui (2003) Le Sahara < 100 mm de précipitation, occupe 89,5 % la superficie totale de l'Algérie. La superficie des zones arides en Algérie selon le Houerou (1995) est de 2160000 Km², et 386000 Km² de zones hyper arides supérieur.
- **Au Sahara** : la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité, sa fraction minérale est constituée dans son quasi totalité de sable. La fraction organique et très faible inférieure à 1 % et ne permet pas une bonne agrégation, ces sols squelettiques sont très peu fertiles et leur rétention en eau est très faible, environ 8 % en volume d'eau disponible (Daoud et Halitim, 1994).

I.5. Classifications des sols sahariennes

Selon Berkal (2006), les sols du Sahara représentent une grande hétérogénéité pédologique et se composent essentiellement des types suivants :

A. Les sols minéraux bruts xériques : Ils représentent la grande majorité des formations superficielles du Sahara. Ils sont représentés surtout par les sols minéraux bruts d'érosions ou d'ablation sur roche dure ou sur roche meuble et les sols minéraux bruts xériques organisés d'apport, formés sur des marnes et les argiles salées et/ou gypseuses, à horizons de surfaces compactes ou pulvérulents.

B. Les sols peu évolués : Ils sont beaucoup moins répandus que les précédents. Ce sont des sols constitués d'une alternance de dépôts grossiers apportés lors du ruissellement et de dépôts fins déposés lentement par la décantation, pendant la période d'infiltration.

C. Les sols halomorphes (salins et salins sodiques) : On les retrouve surtout dans les terrains sédimentaires riches en sels, en particulier ceux du trias et du crétacé qui sont salins et gypseux. On les trouve aussi dans les zones basses et endoréiques (Sebkha et Chott) où l'évaporation intense conduit à la formation d'encroûtements gypso-salins, gypseux ou gypso-calcaires.

Chapitre II

Cartographie des sols

II. Cartographie des sols

II.1. La Cartographie Numérique

L'information géographique procède de tous les phénomènes auxquels on peut attacher une localisation. Domaine infini que l'on pourrait étendre selon sa spécialité de la molécule jusqu'à la galaxie... La cartographie limitera son champ d'exploration aux aspects naturel et anthropique de notre environnement, ce sont les données géo-spatiales au sens large du terme. Puis elle s'appliquera à concentrer sélectivement l'attention sur une partie de ces phénomènes afin de communiquer une certaine expression du Monde (Weger, 1999). Dans ces dernières années le développement des technologies informatiques permet désormais de mieux formaliser les connaissances et de modéliser les phénomènes. Par conséquence la nécessité de disposer d'informations géographiques numérisées est ressentie par un nombre de plus en plus grand d'utilisateur de services techniques, d'administrations de bureaux d'étude, d'industriels ...etc (Rata, 2010).

II.1.1. Système

Un système est un ensemble organisé globalement et comprenant des éléments qui se coordonnent pour concourir à une information et donc un système relie un ensemble d'objets et d'activités pour qu'ils interagissent dans un but unique (Rata, 2010).

II.1.2. Information géographique

Se définit comme une liaison entre un objet ou un phénomène et sa position sur la surface terrestre, c'est donc une combinaison d'information graphiques et d'informations alphanumériques (David, 1993). Elle concerne selon (Kayadjania, 2002) l'information sur les lieux de la surface terrestre, la connaissance de la localisation d'évènements et la connaissance de ce qui est à un emplacement donné. D'après Didon (1990) l'information géographique désigne toute information relative à un point ou un ensemble de points spatialement référencés à la surface de la terre. Ce qui veut dire qu'une information est qualifiée de géographique si elle réfère à la description d'objets, d'évènements ou de phénomènes localisés à la surface terrestre. On rassemble sous la dénomination d'informations géographiques, les données aussi diverses que:

- La répartition spatiale de ressources naturelles (couvert végétal, eaux, sol ...etc);

- La localisation d'infrastructures (routes, réseaux d'équipements divers, bâti, grands ouvrages, ...etc);
- Les données statistiques relatives à chaque entité ou objet spatial (Puissant et weber, 2001).

II.2. Les Systèmes d'Information Géographique

II.2.1. Définition d'un SIG

Par définition, une '*information géographique*' est une information qui peut être rattachée à des éléments dont la position est définie par des coordonnées. De façon générale ces éléments peuvent être une distribution de ressources naturelles, un point d'eau, un type de sol, un centre de santé, un quartier, un pont, un barrage, ...etc (Rata, 2010).

Le '*système*' renvoie à une unité de fonctionnement désignée pour accomplir une certaine tâche. Plusieurs définitions du SIG sont proposées dans la littérature et on peut retenir simplement que les SIG sont des outils qui permettent de **rassembler** des données de diverses sources, les **gérer**, les **analyser** et **présenter** des informations localisées contribuant à la gestion de l'espace (Robin, 2002).

Un SIG est «un ensemble d'outils (de collecte, stockage, requête, transformation, manipulation, représentation...) qui permettent à différentes disciplines d'appréhender les informations spatiales pour un ensemble de buts » (Burrough, 1986). La définition des systèmes d'information géographiques (SIG) est : " systèmes capables de stocker, partager, consulter et manipuler les objets représentés sur les cartes et les plans avec leur description géométrique, ainsi que toute l'information qui leur est attachée" (Laurini et Milleret-Raffort, 1993).

II.2.2. Les fonctionnalités d'un SIG

La fonction principale d'un SIG est de fournir des informations pouvant aider dans la prise de décision, l'évaluation, la recherche, la gestion et la planification. Les composantes d'un SIG doivent assurer les différentes opérations ou les fonctions attendues du système. Il s'agit du matériel, du logiciel, des données, du personnel et de l'organisation. Chacune de ces composantes doit être l'objet d'une analyse lors de l'étude de faisabilité. Les

équipements comprennent généralement l'ordinateur et les périphériques de saisie (tables à numériser, scanner, GPS) et de sortie (imprimantes, traceurs) (Rata M., 2010).

Les logiciels sont constitués d'un ensemble de programmes qui gèrent le système d'opération et les applications qui permettent d'assurer les fonctions du système. Quelques logiciels SIG parmi les plus courants: ArcInfo, MapInfo, AtlasGIS, GeoConcept, Idrisi, Erdas (Rata, 2010).

II.3. Cartographie des sols

II.3.1. Définition d'une carte pédologique

Une carte pédologique est un document en deux dimensions présentées sur du papier ou sur différents autres types de supports et fournissant avec un coefficient de réduction élevé, une image simplifiée de l'organisation spatiale de sols dans le milieu naturel. Cette carte est la manière la plus simple permettant de préciser la distribution relative des unités des sols (Bonneau et Souchier, 1979; Legros, 1996).

II.3.1.2. Etapes de réalisation d'une carte pédologique

D'après (Jamagne ,1967), la réalisation de la carte pédologique se fait en quatre étapes :

- 1- Une étude préliminaire
- 2- La prospection sur le terrain
- 3- L'interprétation et la mise au point des données de terrain et de laboratoire
- 4- L'établissement du document cartographique final.

II.3.1.3. Importance des cartes pédologiques

La cartographie pédologique est une activité couteuse, en effet, elle est longue et exige un personnel spécialisé ainsi que de nombreuses analyses de terres. Elle se justifie donc lorsqu'on peut démontrer son intérêt pratique. On cite dans ce qui suit certaines applications qu'elle couvre (Legros, 1996) :

- ✓ *Connaissance du milieu naturel* : il s'agit d'inventorier les sols et préciser leur distribution dans l'espace. Celle-ci servira d'orientation dans plusieurs disciplines telles que la phytosociologie, l'hydrologie.

- ✓ **Recherche scientifique** : en étudiant la liaison entre la couverture pédologique et le temps : c'est la pédogenèse.
- ✓ **Aptitude culturale** : dans ce contexte, le rôle du cartographe est double. D'une part, il doit mettre en évidence les contraintes fortes pouvant réduire la gamme de cultures possibles, telles que la profondeur du sol, la présence de la charge caillouteuse, la présence du calcaire actif impliquant des contraintes en arboriculture pour les portes greffes. D'autre part, le cartographe doit signaler et situer spatialement les risques majeurs d'une mauvaise exploitation telle l'érosion et la salinisation par exemple.
- ✓ **Aménagement agricole** : dans ce domaine, on cite :
 - **L'irrigation** : l'équipement des parcelles en vue d'être irriguées présente un cout économique considérable, en effet, l'adduction des parcelles à la source d'eau a travers des conduites doit être planifié afin d'assurer la rentabilité. Ceci est possible en tenant compte des caractéristiques des sols lors de l'exploitation.
 - **Le drainage** : l'étude pédologique préalable au drainage est indispensable, celui-ci, lorsqu'il est justifié, pose le problème du cout économique. En effet, la distance entre les drains ne doit être ni trop faible ni trop grande ce qui impliquerait à défaut, un surcout inutile dans le premier cas et une perte de l'investissement dans le deuxième cas.
- ✓ **Protection des sols** : La lutte contre l'érosion : dans certains cas, des études pédologiques ont prouvé que la pente n'est pas la principale cause de l'érosion. En effet, la texture de l'horizon de surface et le type de culture semblent jouer un rôle important dans la déclenchement de ruissellement.
- ✓ **Le dessalement** : la mise en valeur des zones salées implique la connaissance préalable, des sols, en outre, ces zones nécessitent d'abord le dessalage du sol et l'évacuation des eaux chargées. Pour sa réalisation, la cartographie demeure un excellent moyen.

En fin, la cartographie pédologique trouve d'autres applications telles que la lutte contre la pollution chimique des sols, l'étude des processus de désertification etc.

Chapitre III

Présentation de la région

III. Présentation de la région

III.1 La localisation

La région de Ouargla est située au Nord-est du grand Sahara algérien, elle est distante de 850 Km de la capitale Alger.

La grande cuvette d'Ouargla s'étend sur une superficie de 99000 Hectares ; avec une longueur de 45 Km dans la direction sud-ouest ,Nord-est et une largeur de 2 à 5 km. 32° de latitude Nord et $5^{\circ}20'$ longitude Ouest (figure III.1).

Géographiquement ; la cuvette d'Ouargla est repérée par les coordonnées (UTM ,CLARKE1880) suivantes :

X min= 710 000 ; Y min=3 530 000 et

X max=730 000 ; Y max=3 600 000

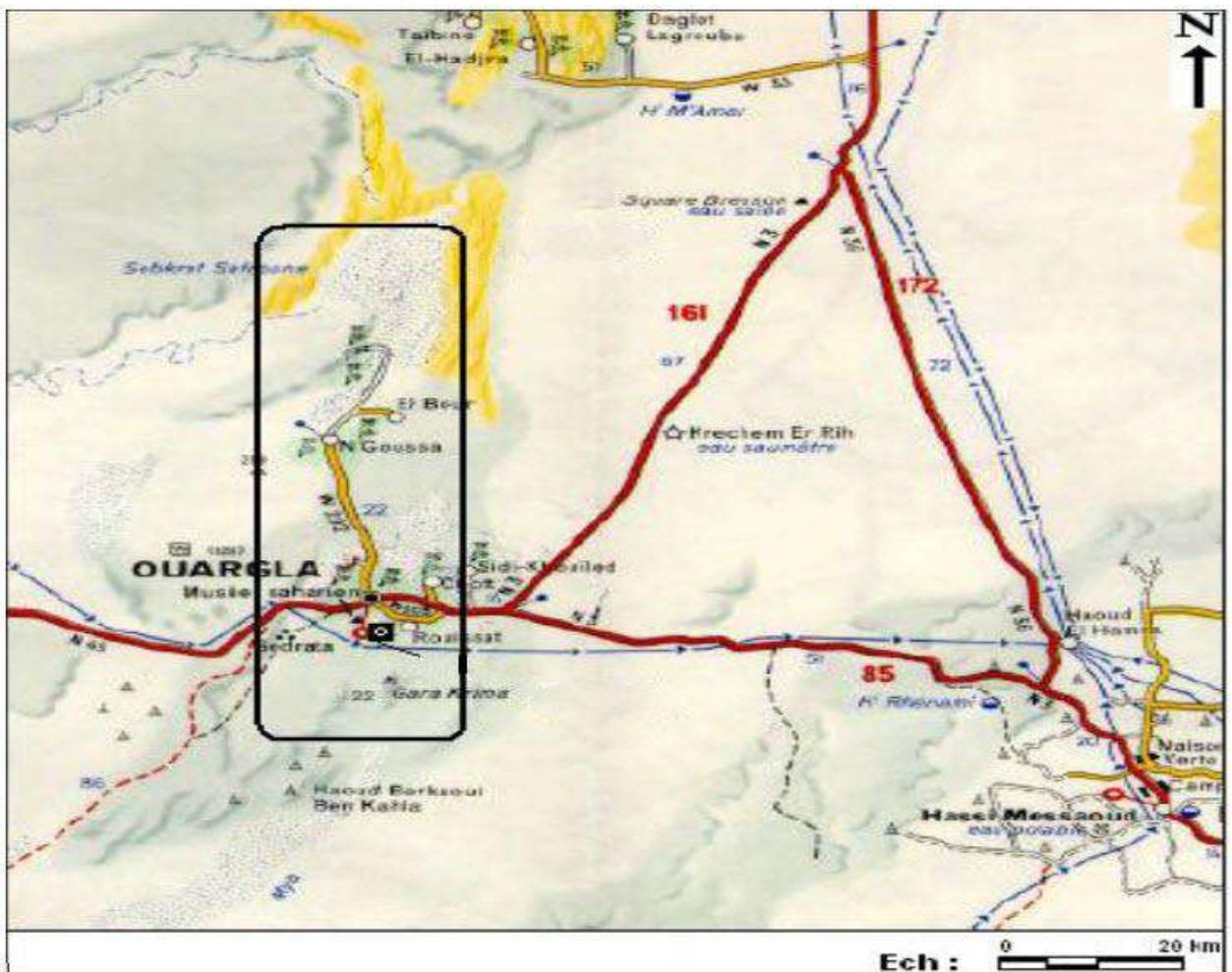


Figure III.1: Délimitation de la cuvette de Ouargla (Bellaoueur ,2008).

Elle est limitée au Nord par les wilayas de Djelfa et d'El Oued au sud par les wilayas d'Illizi et Tamanrasset à l'Ouest par les wilayas de Ghardaïa et à l'Est par la Tunisie.

La région d'Ouargla se trouve encaissée au fond d'une cuvette très large de la basse vallée de l'Oued M'ya, cette dernière est caractérisée par une dissymétrie marquée par la présence d'une falaise occidentale particulièrement nette et continue, tandis que la limite orientale est imprécise.

-A l'Ouest : un plateau calcaire surplombe la cuvette d'Ouargla à environ 230 m d'Altitude en confluence avec Oued Mzab et Oued N'sa.

-A l'Est : on constate un plateau, dont les limites ne sont pas nettes avec une altitude ne dépassant pas 160 Km. Les rebords de ce plateau disparaissent souvent sous les sables (Erg Touil, Erg Boukhezana , Erg Arifdji).

-Au Sud : un massif dunaire recouvre les ruines de Sedrata, son Altitude dépasse 155m.

-Au Nord : Zabret Bouaroua constitue au même temps la limite supérieure de Sebket Safioune et de la grande cuvette d'Ouargla (Hamdi Aissa ,2000).

III.2 La géologie

Pour étudier la géologie de la zone d'Ouargla, nous étendrons le champ d'investigation tout le Bas-Sahara, en raison de l'ampleur des phénomènes géologiques, stratigraphiques et tectoniques, caractérisant la région. Nous distinguons de bas en haut, trois ensembles (Bellaoueur ,2008) :

- Les terrains paléozoïques affleurent au sud, entre les plateaux du Tademaït et Tinhert et le massif du Hoggar,
- Les terrains du Mésozoïque et Cénozoïque, constituent l'essentiel des affleurements des bordures du bas Sahara.,
- Des dépôts continentaux de la fin du Tertiaire et du Quaternaires, occupent le centre de la cuvette (figure III.2).

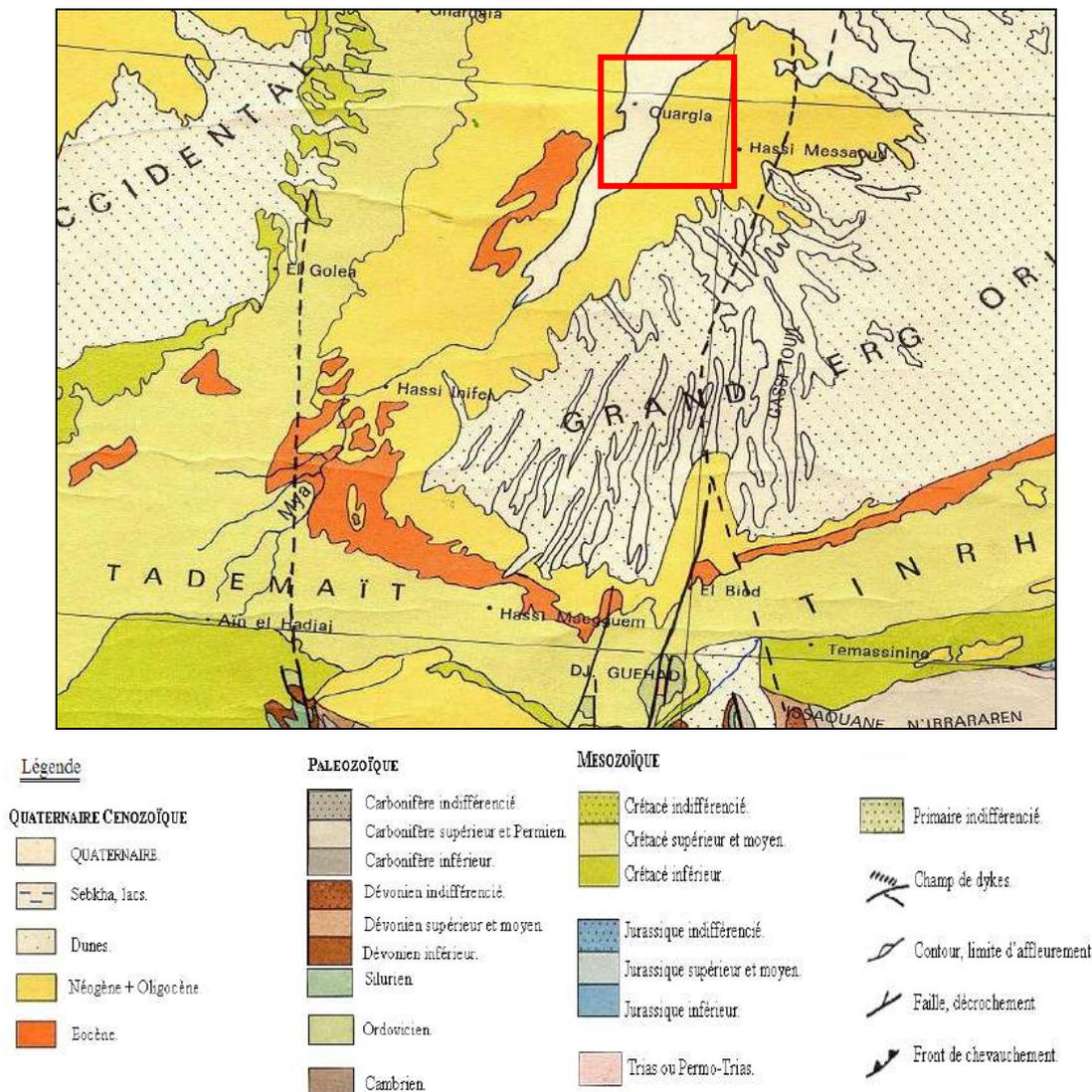


Figure III.2 : Extrait de la carte géologique du Nord-Ouest de l'Afrique (1976).

Les formations géologiques

Les formations géologiques seront décrites du plus ancien au plus récent (figure III.3):

- 1. Le Barrémien :** Capte à partir de 1500 m. Il présente une alternance de grès et d'argiles, avec des intercalations calcaro-dolomitiques.
- 2. L'Aptien :** Il est constitué par la "barre aptienne" dans la région de Ouargla, qui est formée de marnes dolomitiques, gris, verte, brunes ou blanches et de dolomies cristallines. Son épaisseur est variable, généralement inférieure à 50m.
- 3. L'Albien :** Il correspond à la série lithologique supérieure du Continental Intercalaire; Ce sont des grès, argiles et sables. L'épaisseur de ces formations est variable (>400 m). Les

éléments détritiques (non argileux) sont largement prépondérants (70à90%) et sont représentés par des grès fins avec des passées de grès moyens et parfois des intercalations de sables grossiers à limons argileux ou carbonatés. On note des passées d'argiles brun-rougeâtres, elles sont même pélitiques et sableuses dans les puits les plus septentrionaux.

4. Le Vraconien: L'intercalation albo-cénomaniennne caractérise un épisode dolomitique remarquable entre les grès de l'Albien et les argiles du Cénomanienn, il est formé de :

- ✓ Dolomies et quelques fois de calcaires dolomitiques parfois argileux contenant de rares débris de mollusques, les épaisseurs y sont de 50à100m.

- ✓ Argiles et marnes dolomitiques et des éléments détritiques.

5. Le Cénomanienn: Il est formé de deux séries (inférieure et supérieure):

- ✓ La série inférieure: est constituée par des argiles dolomitiques et des marnes grises, avec parfois des argiles brune-rougeâtres ou gris- verdâtres, son épaisseur varie entre 60 et 80m. On note aussi quelques passées de calcaires dolomitiques en particulier à la partie médiane de la série.

- ✓ La série supérieure: est formée d'une alternance d'argiles et de marnes dolomitiques grises, parfois d'argiles salifères, de bancs d'anhydrite et de quelques intercalations dolomitiques, son épaisseur est de l'ordre de 70m.

6. Le Turonien: Il se présente sous la forme d'une dalle "*barre Turonienne*" ayant une épaisseur régulière de l'ordre de 70m. Il s'agit d'une formation essentiellement calcaire: calcaire poreux blanc, parfois grisâtre, pulvérulent, quelquefois dolomitique, de calcaire beige dolomitique et de calcaire fin légèrement dolomitique.

7. Le Sénonien : Il est constitué de deux formations lithologiques superposées:

- ✓ Le Sénonien lagunaire à la base qui est constitué par une alternance irrégulière de bancs d'anhydrite, de dolomie, d'argile et de sel. Les proportions de ces formations varient d'un point à un autre:

- 1- L'anhydrite forme des bancs dont l'épaisseur peut atteindre 250m;

- 2- La dolomie constitue parfois des barres plus importantes (≈60m);

- 3- Les niveaux d'argile et de marne ne dépassant généralement pas

120 m d'épaisseur.

✓ Le Sénonien carbonaté au sommet (200m environ): Calcaire blanc, tendre à moyennement dure, parfois crayeux à vacuolaire et passées de marne gris tendre à pâteuse dolomitique.

8. Le Sénono-Eocène : Il est formé essentiellement de carbonates ayant une épaisseur comprise entre 150 et 200 m. Il s'agit de calcaires dolomitiques cristallins ou microcristallins parfois vacuolaires ou crayeux ou plus carrément argileux.

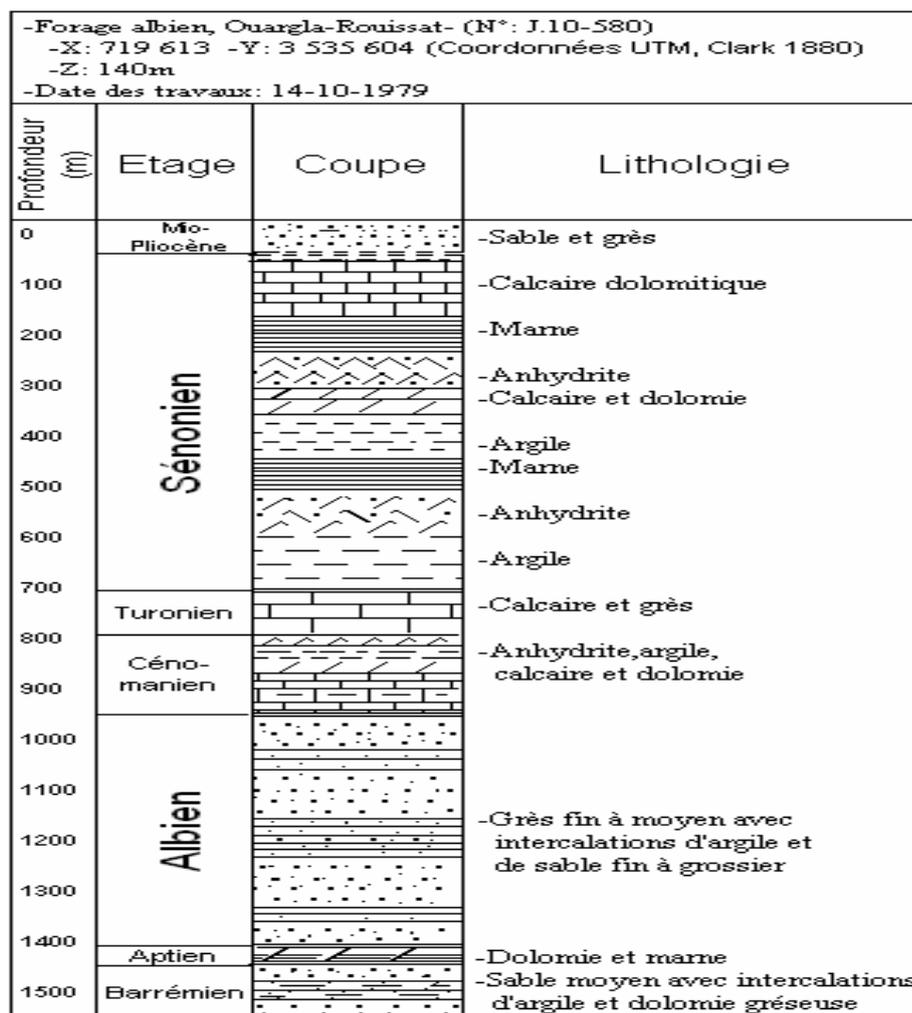


Figure III.3: Colonne stratigraphique du sondage J.10-580.

9. Le Mio-Pliocène: Il correspond au Continental Terminal tel qu'il a été défini par Kilian(1931). C'est un puissant ensemble de sables et d'argiles, qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance sur le Sénono-Eocène.

On distingue quatre niveaux différents dans le "MP" à Ouargla qui sont de bas en haut (Figure III.3):

- ✓ Un dépôt argileux peu épais (<10m) recouvrant dans la partie centrale de la cuvette et suivant une bande Nord-Sud, le Sénono-Eocène;
- ✓ Un niveau grés-sableux qui devient argileux vers le sommet, c'est le niveau le plus épais (>30m) et le plus constant;
- ✓ Un niveau argilo-sableux dont les limites inférieures et supérieures sont assez mal définies. Cette couche n'apparaît que dans certains endroits;
- ✓ Un niveau très épais (≈30m) dans la zone des chotts, à sommet affleurant sur de grandes surfaces et souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte hamadienne).

10. Le Quaternaire: A la base, il existe un niveau argilo-gréseux qui se présente comme une croûte ancienne. Le niveau le plus superficiel est constitué de sable éolien parfois gypseux et de produits de remaniement des terrains du "MP".

Les sondages superficiels effectués dans différentes localités de la cuvette, ont permis de rencontrer les ensembles suivants:

- ❖ Sur le plateau le sol est constitué d'un matériau meuble exclusivement détritique, hérité de l'altération du grès à sable rouge du "MP", c'est le sol le plus pauvre en gypse dans la région. À 10 m de profondeur, il ne présente aucun niveau d'encroûtement. En surface, entre 20 et 70 cm de profondeur, il s'agit d'un sol sableux à graviers;
- ❖ Sur les chotts et les terrains intermédiaires, l'horizon de surface est une croûte gypseuse épaisse, blanchâtre partiellement couverte de voiles de sable éolien gypso-siliceux et de nebkas associés à une végétation gypso-halophiles. De 10 à 20cm de profondeur on trouve un encroûtement gypseux pulvérulent, homogène de couleur jaune rougeâtre très claire. En dessous, on trouve un encroûtement gypseux induré de 40cm d'épaisseur. Plus en dessous un tuf présente une teneur de gypse décroissante.
- ❖ Les Sebkhass sont caractérisées par une salure extrêmement élevée, ces croûtes salines reposent sur des matériaux limono-sableux.

❖ Les dunes sont du sable éolien d'origine gréseux provenant de la Hamada Mio-Pliocène. Elles existent dans les talwegs et sur les bordures des Sebkhass.

III.3 La géomorphologie

Selon (HAMDI AISSA, 2001) d'ouest à l'est on distingue quatre ensembles géomorphologiques dans la cuvette :

- ✓ **Le Plateau :** A l'ouest la vallée est limitée par le plateau de la hamada pliocène de 200 à 250m d'altitude, il s'abaisse dans le paysage une série de buttes témoins.
- ✓ **Les glacis :** Le versant Ouest de la cuvette, présente quatre niveaux étages de glacis caractéristiques, le plus ancien recoupe le sommet de la bordure du plateau en buttes, son altitude s'abaisse de 225 m à l'Ouest jusqu'à 200 m environ à l'est.
Les glacis de 180m et 160m plus visibles se caractérisent par l'affleurement du substrat gréseux du Miopliocène, le glacis de 160m a été fortement démantelé lors de la formation du dernier glacis de 140m d'altitude environ.
- ✓ **Chott et Sebkhass :** Constituent les niveaux les plus bas du paysage (131 à 103m), le chott qui correspond aux bordures de la Sebkhass est constitué de sable siliceux et/ou gypseux et des sols gypseux à des croûtes gypseuses de surface et de sub-surface, en aval de Ouargla, en direction SSE-NNO, diverses Sebkhass alternant avec les massifs dunaires jusqu'à Sebkhass Sefioune.
- ✓ **Dunes de sable :** Formation éoliennes récentes en petites cordes, d'environ 150m d'altitude, elles occupent l'Est et le Nord-est de Ouargla et bordent les sebkhass le long de la vallée de l'oued M'ya.

III.4 L'hydrogéologie

Dans la région de Ouargla, on distingue trois grands aquifères qui sont : le continentale intercalaire, le complexe terminale et la nappe phréatique.

III.4.1. Le Continentale Intercalaire

Le réservoir du Continental Intercalaire est contenu dans les formations continentales du Crétacé inférieur (Barrémien et Albien) (Cornet et Gouscov, 1952 ; Cornet, 1964). Il s'étend sur plus de 600 000 Km² et une épaisseur de plusieurs centaines de mètres avec un volume évalué à 50 000 milliard de m³ (UNESCO ,1972 ; Margat, 1990,1992).

La profondeur du toit de l'aquifère augmente de Sud au Nord (figure. 4). Les affleurements, apparaissant au pied des plateaux de Tademaït et de Tinhert, où la nappe est depuis longtemps exploitée par les foggaras de Gourara, du Touat et de Tidikelt (Dubost, 1992). Dans le bassin Nord-est (Oued Rhir et Zi-lban) l'aquifère plonge à plus de 1500 m de profondeur (Nesson, 1978). Les eaux sont par conséquent, sous pression et artésiennes. L'eau des forages a une température de l'ordre de 60°C et une pression de 50Kg/cm² ; son débit moyen est de 50 l.s⁻¹ (Daoud et Halitim, 1994) et possède une salinité moyenne de 2,4dS.m⁻¹ (1,5 g.l⁻¹) (Guendouz *et al.*1992).

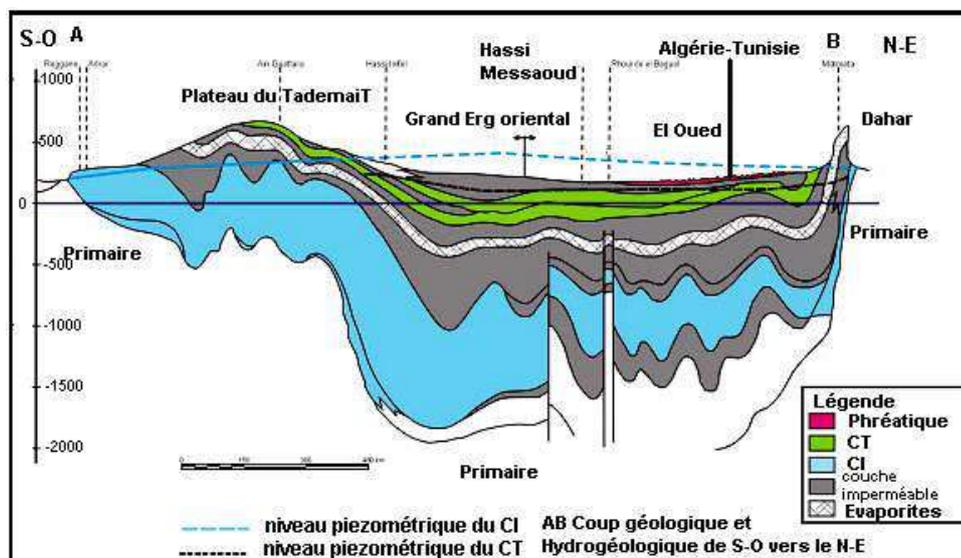


Figure III.4: Coupe hydrogéologique de SASS (UNESCO, 1972).

Les études de l'UNESCO (1972), de (Guendouz ,1985) et de Margat (1990,1992, 2000) ont démontré que le Continental Intercalaire est alimenté par le piedmont sud atlasique des plateaux du Tinhert et du Dahar (Tunisie). Cette alimentation est estimée en 1990 à 8,5 m³.s⁻¹ contre de sortie est de l'ordre de 23 m³.s⁻¹, dont 15 m³.s⁻¹ par les forages (Dubost, 1992).

L'exploitation de la nappe du Continental Intercalaire à Ouargla remonte à l'année 1960. Les forages atteignent la nappe entre 1100 et 1400 m de profondeur, avec une épaisseur près de 640 mètres, et constituée de grès fins, gris, à ciment argileux, parfois dolomitiques, avec intercalation de marnes dolomitiques et argiles sableuses. La nappe est jaillissante et exploitée par des forages destinés à l'A.E.P, leur eau faiblement minéralisée ($1,9g.l^{-1}$) est à un débit de 250 à 400 $l.s^{-1}$).

III.4.2. Le Complexe Terminal

Le système du «Complexe Terminal » groupe plusieurs aquifère situés dans des formations géologiques différentes : Turonien, Sénonien, Eocène carbonatés et Mio-Pliocène sableux (Continental Intercalaire) (Cornet, 1964, Nesson, 1978, Guendouz *et al.*1992).

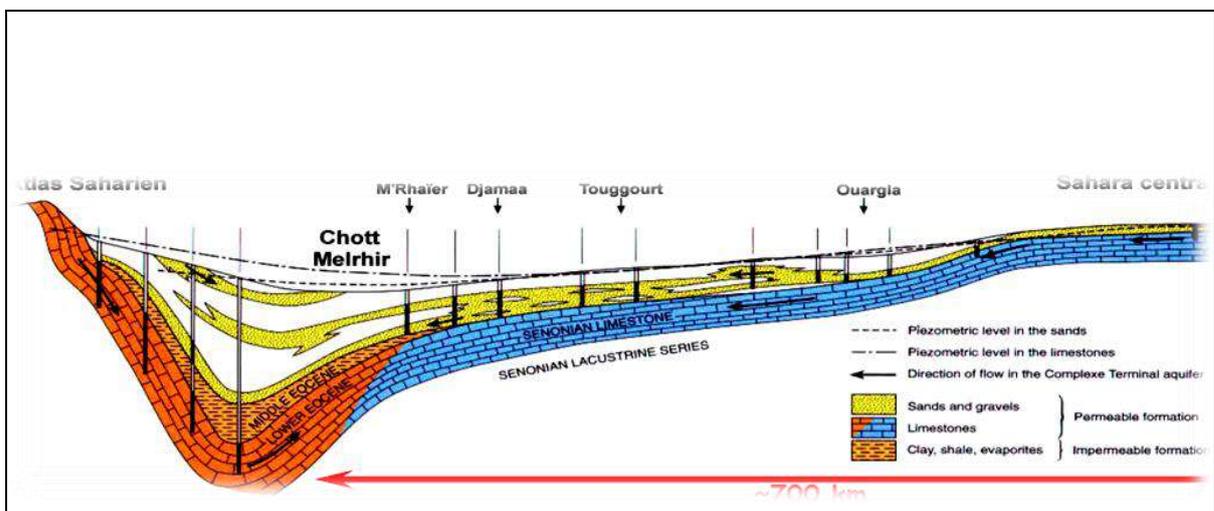


Figure III.5 : Coupe hydrogéologique transversale du CT (UNESCO, 1972).

L'étude piézométrique de la nappe du Complexe Terminal (Cornet,1964; UNESCO, 1972) a montré que les directions des écoulements sont Sud Nord et Ouest Est ainsi que la nappe peut être alimentée par les zones de bordures suivantes :entre Biskra et la frontière tunisienne, par le plateau de Tademaït et à partir de la dorsal du Mzab. Cette alimentation est évoluée à $18,5 m^3.s^{-1}$, l'exploitation en Algérie était de $9m^3.s^{-1}$ en 1970, atteindrait aujourd'hui $15 m^3.s^{-1}$ (Dubost, 1992). La salinité de la nappe est très variable ($3 dS. m^{-1}$ et plus), généralement plus minéralisée que celle du Continental Intercalaire (Nesson, 1978, Guendouz *et al.*1992).

Le complexe terminal de la région d'Ouargla se compose de deux nappes :

- ✓ **La nappe du Sénono-Eocène:** Cette nappe se situe entre 120 et 200 mètres en profondeur. Elle est formée de calcaires poreux à silex très coquilliers, gris jaunâtre, à intercalation de marnes blanches et dolomitiques. Les eaux de la nappe sont exploitées essentiellement pour l'A.E.P.
- ✓ **La nappe du Mio-Pliocène (nappe des sables) :** Cette nappe se trouve à une profondeur allant de 20 à 100 mètres. Elle est constituée de sables fins à grossiers graveleux, à intercalation de calcaires blancs tendres et marnes sableuses, d'argiles sableuses roses et passées de grès et de gypses. L'exploitation de cette nappe, remonte à une époque lointaine, par des puits traditionnels. Actuellement, plusieurs centaines de forages creusés sont exploités pour l'irrigation des palmeraies et des cultures sous-jacentes (NEZLI, 2009).

III.4.3. La nappe phréatique

La nappe couvre pratiquement toute la cuvette d'Ouargla. Les mesures les plus récentes (Guendouz *et al.* 1992, ANRH, 1994) et les observations faites par Hamdi Aissa et Federoff (1997) et Hamdi Aissa *et al.* (2000) sur quelques piézomètres indiquent que le niveau piézométrique de la nappe est aujourd'hui situé entre 130 et 135 m, c'est-à-dire >2 m dans le chott, 50 à 100 cm dans les palmeraies limitrophes de la sebkha et inférieure à 50 cm dans la sebkha jusqu'à l'affleurement au centre. Les eaux de drainage des palmeraies et les eaux usées maintiennent des niveaux piézométriques très élevés.

Les études de Le Lièvre (1969), de Nesson (1978) et de Guendouz *et al.* (1992) montrent d'une manière générale, comme d'ailleurs dans tout le Bas-Sahara que le sens de l'écoulement des eaux de la nappe phréatique suit celui de la nappe du Complexe Terminal, c'est-à-dire du Sud vers le Nord.

Cependant, la carte piézométrique établie à l'échelle de la cuvette de Ouargla par l'ENAGEO (campagne de mai 1991 et de février 1992) (Guendouz *et al.*, 1992) montre qu'il existe deux zones distinctes séparées par une ligne de partage des eaux au niveau du Hassi-Miloud, Bour el-Haicha ce qui se traduit par :

- Un écoulement vers le Nord (Sebkhat Safioune)

- Un écoulement vers l'Oued Mya et vers la Sebkhha de Ouargla.

Les eaux de la nappe sont hyper-chargées en sels (50 g.l⁻¹), soit une salinité moyenne de 32 ,27 d S.m⁻¹, à faciès chimique chloruré sulfaté (Hamdi Aissa et Fedoroff, 1997. Hamdi Aissa *et al.*, 2000).

III.5. Caractéristiques climatiques

Ouargla est située dans une zone appartenant à l'étage bioclimatique saharien.

Le climat est hyper aride, très chaud en été et froid en hiver,

Il est caractérisé par des précipitations très peu abondantes et irrégulières, par des températures élevées accusant des amplitudes journalières et annuelles importantes et par une faible humidité relative de l'air (tableau III.1).

Tableau III.1 : les données climatique de la région d'Ouargla 2006/2015 (ONM, 2016)

	T M (C°)	Tm (C°)	T.moy (C°)	H (%)	P (mm)	V (m/s)	Evap (mm)	Ins. (h)
Janvier	6,36	19,95	13,16	58,77	9,42	5,79	90,70	244,77
Février	6,29	21,48	13,89	52,50	3,16	5,34	129,15	241,84
Mars	10,00	26,46	18,23	46,11	2,93	5,87	204,51	259,09
Avril	14,48	31,69	23,09	38,95	1,78	7,08	254,53	280,90
Mai	19,51	36,11	27,81	34,18	1,61	6,62	327,61	301,03
Juin	24,24	41,05	32,64	26,24	0,79	5,24	399,75	253,20
Juillet	27,61	44,10	35,86	29,94	0,35	6,41	464,44	327,18
Août	27,25	43,32	35,28	29,35	0,56	5,81	414,58	330,68
Septembre	23,03	38,79	30,91	37,89	3,73	5,41	299,57	269,05
Octobre	16,96	32,74	24,71	44,27	4,14	4,89	230,60	265,28
Novembre	9,79	25,19	17,49	53,52	1,16	4,59	124,89	249,68
Décembre	5,50	20,02	12,76	59,78	3,78	4,34	88,80	223,28
Moyenne	15,90	31,74	23,82	42,29	2,78	5,62	252,42	270,49
Cumule					33,41			3029,12

III.5.1. Température : La température moyenne annuelle est de 23, 82 C°. Les mois les plus chauds et les plus froids sont, respectivement, celui de Juillet, avec une température moyenne de 35,86 C°. , et celui de Janvier avec une température moyenne de 13,16 C°. Mis à part les mois de Décembre et de Janvier qui sont les mois les plus froids de l'année, sur les dix autres mois.

La moyenne des températures minimales moyennes est de 23,09 C° et celle des températures maximales moyennes est de 31,71 C°.

III.5.2. Pluviosité : La précipitation est rare et irrégulière dans le temps et dans l'espace, le mois le plus pluvieux est Janvier avec 9,42 mm, et de quantités très faible (0,35 mm) peuvent être enregistrées pour le mois de Juillet, le cumul moyen des précipitations annuelles sur 10 ans (2006-2015) est de 33,41 mm.

III.5.3. Humidité relative : L'humidité relative de l'air est très faible avec une moyenne annuelle de 42,29 %. Elle diminue au mois de Janvier 58,77 % jusqu'au mois de Juillet 25,94 %, puis elle augmente pour atteindre une moyenne de 59,78 % au mois de Décembre.

III.5.4. Insolation : La durée annuelle moyenne d'insolation est de 270,49 heures par ans, avec un minimum de 241,48 heures par jour au mois de Février et un maximum de 330,68 heures par jour au mois d'Aout.

III.5.5. Evaporation : L'évaporation est un paramètre climatique important qui permet d'apprécier les pertes en eau dans l'atmosphère, la région de Ouargla est caractérisée par une évaporation très importante, son intensité étant renforcée par les vents chauds, la quantité maximale évaporée 464,44 mm au mois de Juillet par contre la quantité minimale avec 88,80 mm au mois de Décembre, le cumule annuel est de 3029,12 mm.

III.5.6. Vents : Les vents sont fréquents Durant toute l'année, avec une moyenne qui varie entre 4,34 et 7,08 m/s, les vents soufflent du Nord-Sud ou Nord-est/Sud-ouest (vent chaud sirocco).

Chapitre IV

Matériels et Méthodes

IV. Matériels et Méthodes

IV.1. Localisation de la zone à l'étude

La présente étude de la répartition spatiale de quelques paramètres du sol dans les sols de la cuvette de Ouargla sur une superficie de 99000 hectares (figure IV.1).

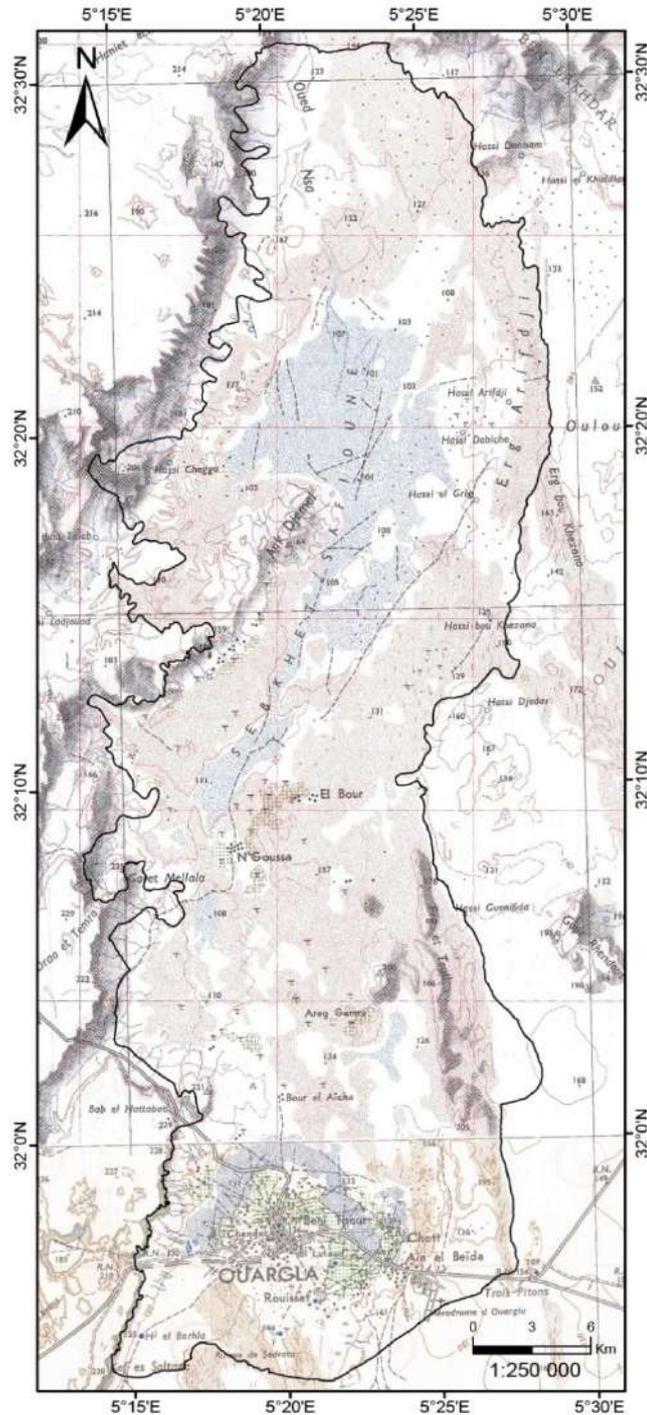


Figure IV.1 : Délimitation de la zone d'étude.

Géographiquement, l'aire d'étude se retrouve dans les coordonnées de:

- Latitude Nord: 31° 52' à 32° 31'.
- Longitude Est: 5° 13' à 5° 28'.

La zone comprend partialement les daïra et les communes suivantes (DPAT, 2001):

- N'Goussa: N'Goussa
- Ouargla: Ouargla et Rouissat
- Sidi Khouiled: Aïn el Beïda, Hassi Ben Abdellah et Sidi Khouiled

IV.2. Réalisation de la carte

IV.2.1. Présentation du dispositif d'échantillonnage

Le dispositif d'échantillonnage est illustré à la figure. Localisation des 300 points d'observation a été établie selon un quadrillage régulier aux nœuds d'une grille à mailles de 2000 m de coté (figure IV.2).

Les échantillons ont été prélevés à partir du premier horizon à une profondeur constante de 0.30 m, avec une méthode systématique.

IV.2.2. La maille d'échantillonnage

La maille de 2000 m de coté a été choisie dans le souci de répondre essentiellement aux critères de la géostatistique. On peut citer, à titre d'exemple et de façon non exhaustive, les études suivantes: Voltz et Bornand (1986); Boivin et Touma (1988); Camara et Cluis (1992).

IV.3. Matériels et Méthodes d'analyses

IV.3.1. Matériels utilisés

IV.3.1.1. Sur terrain

- ❖ Un GPS (SYGIC) installé sur un Smartphone : permet de nous guidé vers les points d'échantillonnage par l'introduction des coordonnées géographique de ces points.
- ❖ Un Véhicule: pour accédé aux points d'échantillonnages
- ❖ Tarière: pour la prise des échantillons.
- ❖ Sac en plastique: pour la conservation et le transport des échantillons.

- ❖ Marqueur et étiquettes: pour l'étiquetage des échantillons.
- ❖ Bloc-notes: pour notés toutes les remarques et les informations.
- ❖ Appareil photo numérique: pour la prise des photos (photo IV. 1).

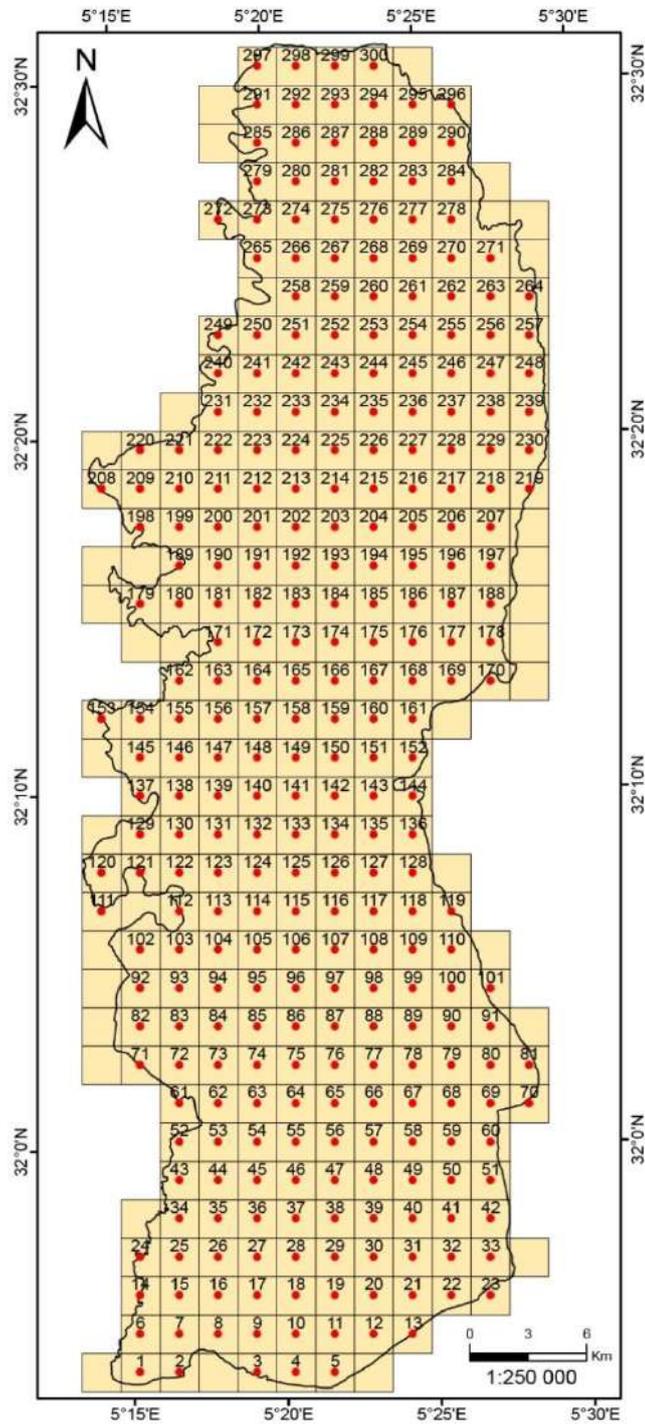


Figure IV.2 : Disposition d'échantillonnage de 300 points.



Photo IV. 1 : Illustration des matériels d'échantillonnage.

IV.3.1.2. Au laboratoire

- ❖ Agitateur rotatif : pour préparer l'extrait aqueux sol/eau.
- ❖ Une balance numérique : pour peser les échantillons.
- ❖ Un pH-mètre : pour mesurer le pH des solutions aqueuses du sol.
- ❖ Un conductimètre : pour mesurer le taux de salinité des solutions aqueuses du sol.
- ❖ Des tamis de différentes taille : pour la préparation des échantillons et pour l'analyse granulométrique (fraction grossier/fraction fine).
- ❖ Un Calcimètre de BERNARD : pour l'estimation du taux de calcaire totale.
- ❖ Une étuve : pour le séchage des échantillons du sol (photo IV. 2).



Photo IV. 2 : Séchage des échantillons à l'étuve.

IV.3.2. Méthodes utilisées

Le travail expérimental a été effectué dans les laboratoires pédologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Ouargla.

Les échantillons du sol fait l'objet des analyses granulométrique, physicochimique et chimique sont séchés à l'air libre. Ils sont alors émottés et tamisés au travers d'un tamis de 2 mm d'ouverture de mailles.

❖ **Humidité du sol** : Par la méthode gravimétrique qui consiste à prélever un échantillon de sol, à le peser à l'état humide, puis à le faire sécher dans une étuve à une température de 105°C. La teneur en eau du sol est égale à la différence entre les masses humide et sèche, divisée par la masse sèche. , elle est estimée en % (Mathieu et Pielthain, 2003).

❖ **Granulométrie** : La méthode d'analyse granulométrique utilisée est le tamisage électrique a sec qui permet de séparé les grains et de les classer par diamètre. Le diamètre des mailles des tamis définit les classes.

On a utilisé un seul tamis avec un diamètre est de 0,05 mm pour séparé la fraction sableuse de 100 g de sol. Les résultats sont exprimés en pourcent (Baize, 2000).

- ❖ **Le potentiel d'hydrogène (pH)** : est mesuré à l'aide d'un pH mètre à électrode en verre, sur un extrait de sol (sol/eau) 1/5. dès lors que l'étalonnage de l'appareil est réalisé, on rince l'électrode et on prend les valeurs (Mathieu et Pielthain, 2003).
- ❖ **La conductivité électrique(CE)** : Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre sur un l'extrait du sol dont le rapport (terre/eau) est de 1/5 à 25 C°, elle est exprimée en mS/cm (Mathieu et Pielthain, 2003).
- ❖ **Dosage du calcaire total** : Le dosage de calcaire total est réalisé par la méthode du Calcimètre de BERNARD. Son principe repose sur la décomposition du carbonate de calcium par l'acide chlorhydrique et la mesure du volume de CO₂ obtenu. Le taux de calcaire exprimé en pourcent (Aubert, 1978).

Chapitre V

Résultats et discussion

V. Résultats et discussion

Dans cette dernière partie, on va faire une analyse des résultats en se basant sur les données statistiques ainsi que sur la représentativité des paramètres du sol éléments par les cartes thématiques.

Notons que les classes numériques qui seront utilisées, pour la représentation, ont des caractéristiques variables quant à leur nombre et Zi leur amplitude. Ceci dépend de la différence entre la valeur minimale et la valeur maximale. Le nombre de classes est différent d'une variable à l'autre, ceci n'a aucun effet dans cette recherche puisqu'on ne s'intéresse pas à faire des comparaisons entre les cartes des différentes variables étudiées.

V.1. Distribution spatiale des paramètres analysés

V.1.1. Distribution spatiale des éléments grossiers

Les particules minérales constituant d'un sol peuvent être isolées, triées et classées suivant leur taille. C'est le principe de l'analyse granulométrique. Les limites de différentes classes de taille sont conventionnelles et sont choisies en fonction de l'objectif de connaissance.

La répartition des différentes fractions granulométriques permet de classer le sol dans une classe de texture, qui définit certains paramètres de comportement physiques, de rétention en eau utile, de capacité à stocker les éléments fertilisants, de risques de pertes par lessivage... (LANO, 2017).

Les sols de la cuvette de Ouargla ont des teneurs en éléments grossiers variant entre 92.5 % et 99.7 % dans les premiers centimètres de surface du sol. La moyenne se situant à 97.87 % (tableau V.1). Pour cette variable, on n'a pas utilisé de méthodes de discrétisation pour définir les limites de classes.

Tableau V.1: Statistiques descriptives des éléments grossiers

Moyenne	97,87
Médiane	98,1
Ecart type	1,12
Coefficient Asymétrie	-1,16
Minimum	92,5
Maximum	99,7
Nombre d'échantillon	300

En analysant la carte de répartition de sable (figure V.1), on remarque que cet élément est répartis en fortes concentrations dans le centre et au Sud de la vallée (concentration au de là de 95 %). Ceci est représenté par une couleur marron très vive. Les concentrations faibles sont présentées par la couleur jaune et elles sont en bas de 93 %.

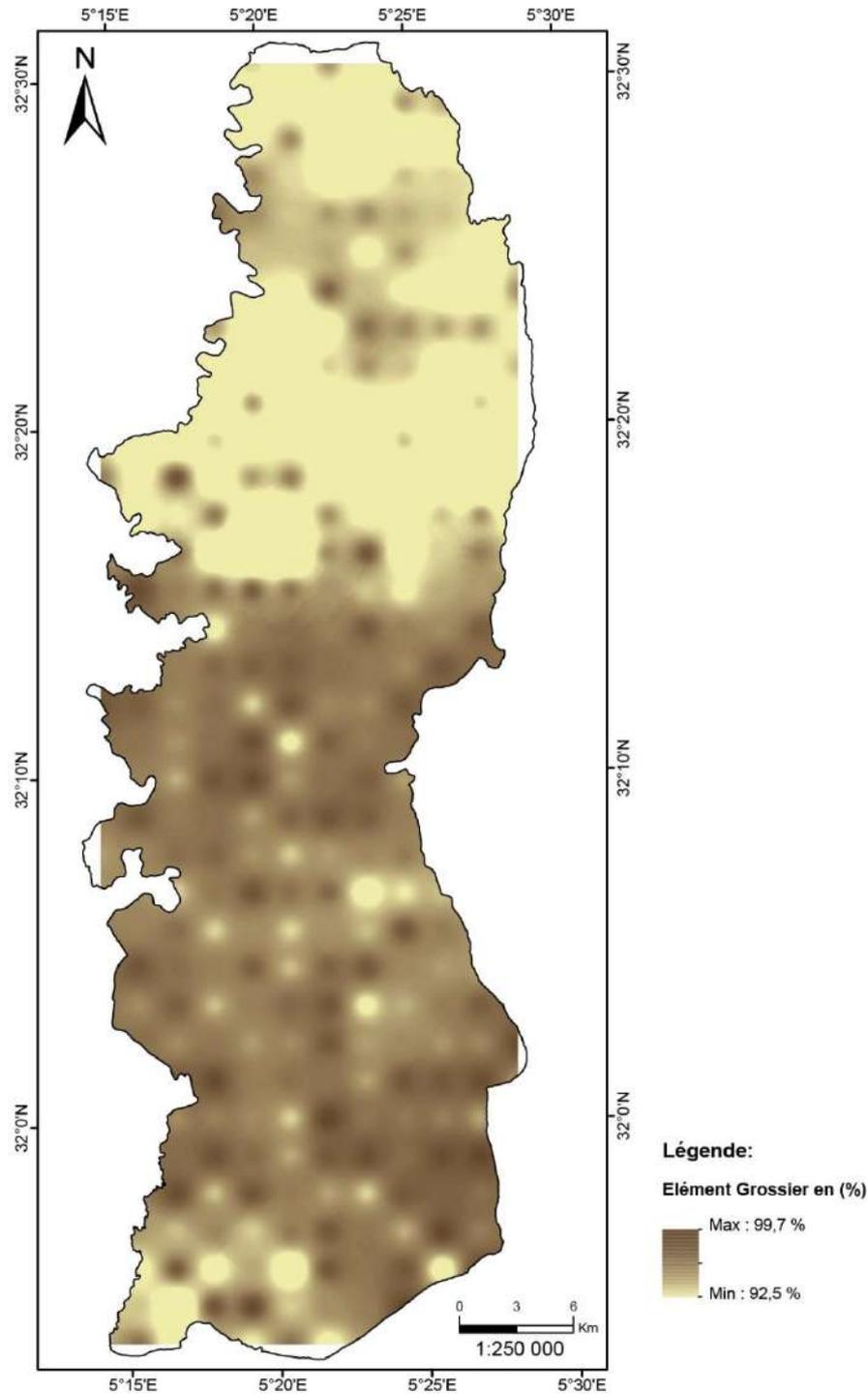


Figure V.1 : Répartition spatiale des éléments grossiers (en %) dans la cuvette de Ouargla.

V.1.2. Distribution spatiale de l'humidité

L'humidité du sol joue un rôle important dans le maintien de la vie sur la terre, sa première "utilisation" est de permettre la croissance de la végétation. Elle constitue également un paramètre d'alerte pour la désertification (CEBIO, 2016). Une surveillance continue de l'humidité du sol sur une grande échelle, donne un aperçu des modifications éventuelles du climat.

Dans la cuvette de Ouargla, le taux de l'humidité des sols varie entre 0,15% et 6,62% à la surface du sol. La moyenne se situant à 2,29% (tableau V.2)

En analysant la carte de répartition de l'humidité du sol (figure V.2), on remarquant que le taux est important au Nord, au Sud et au Centre de la cuvette. Ceci est représenté par une couleur bleu foncée. Les taux faibles sont représentés par la couleur bleu clair et elles sont en bas de 1%.

Tableau V.2: Statistiques descriptives de l'humidité

Moyenne	2,29
Médiane	2,01
Ecart type	1,36
Coefficient Asymétrie	0,79
Minimum	0,15
Maximum	6,62
Nombre d'échantillon	300

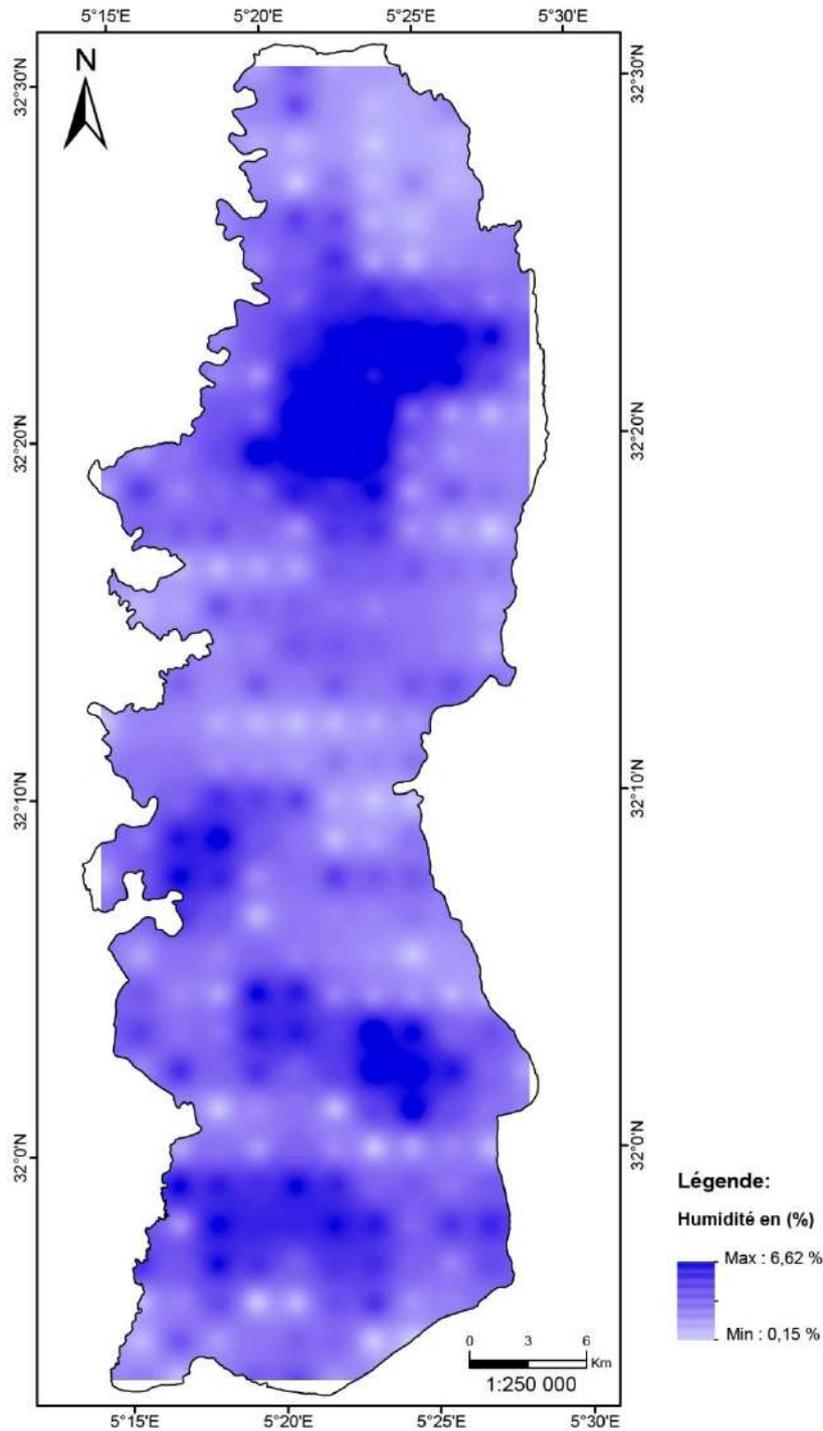


Figure V.2 : Répartition spatiale de l'humidité des sols (en %) dans la cuvette de Ouargla.

V.1.3. Distribution spatiale du pH

L'acidité du sol est exprimée par le pH. Il correspond à la quantité de cations d'hydrogène soit fixée par le complexe argilo-humique, soit en mouvement dans la solution du sol (ACH, 2017). Le pH affecte les processus de solubilisation des éléments

nutritifs et de leur assimilation par le couvert végétal et joue donc un rôle capital dans le rendement d'une culture. Chaque élément possède en effet un intervalle de pH où son assimilabilité est optimale. Par ailleurs, l'activité des bactéries est optimale entre 6 et 8.

Tableau V.3: Statistiques descriptives du pH

Moyenne	7,43
Médiane	7,4
Ecart type	0,34
Coefficient Asymétrie	0,21
Minimum	6,7
Maximum	8,2
Nombre d'échantillon	300

Les sols de la cuvette de Ouargla ont des teneurs en pH variant entre 6,7 et 8,2 avec une moyenne de 7,43 (tableau V.3).

La carte du pH établie (figure V.3) montre trois classes :

- Les sols avec des teneurs du pH compris entre 6,7 – 7,3 sont localisés essentiellement dans la partie Nord de la cuvette.
- Les sols avec des teneurs du pH compris entre 7,3 – 7,8 occupent la plus grande superficie par rapport à l'ensemble des autres teneurs et se répartissent globalement au centre vers l'Est et au Sud.
- En fin, les sols avec des teneurs du pH compris entre 7,8 – 8,4 se localisent essentiellement au Sud Ouest de la cuvette.

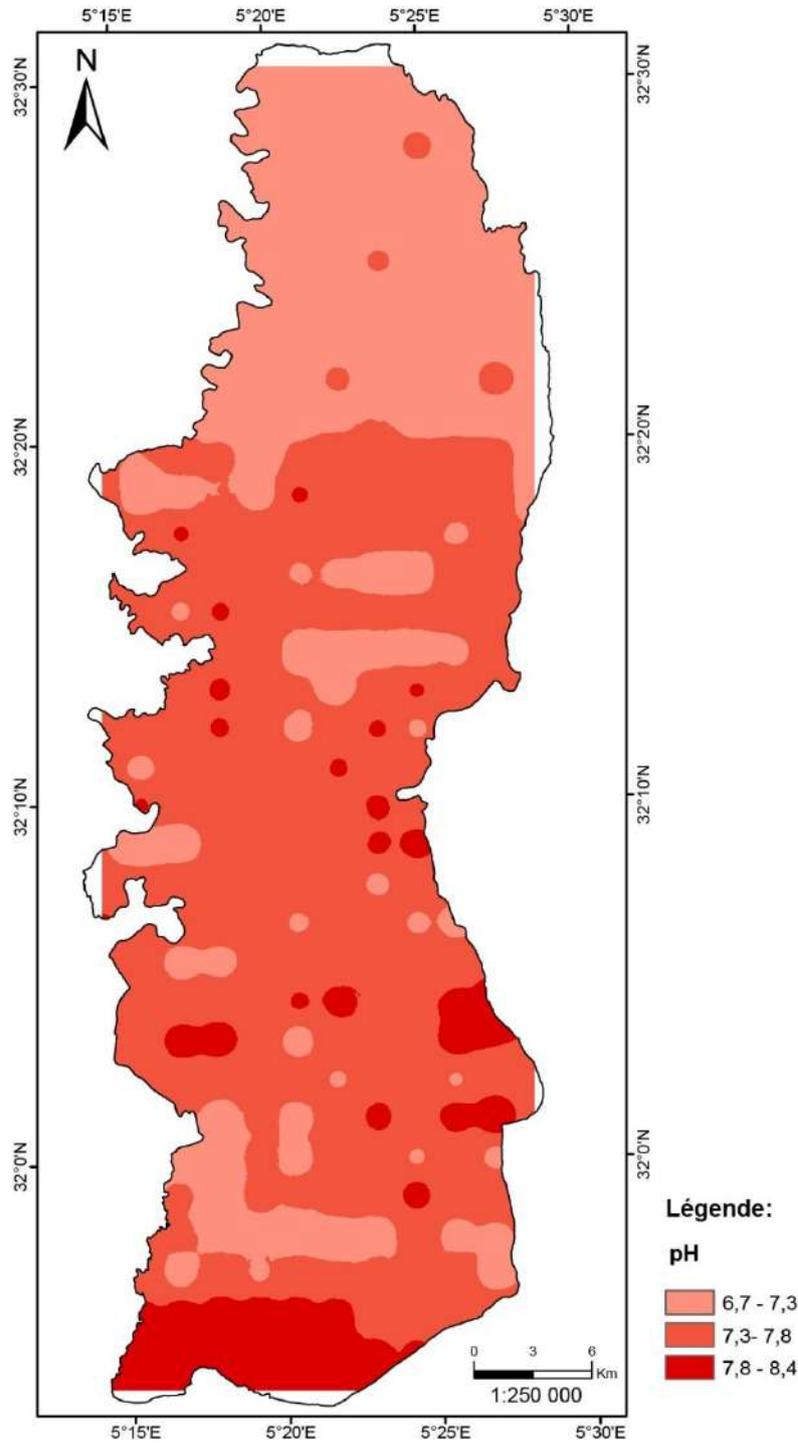


Figure V.3 : Répartition spatiale des teneurs du pH des sols dans la cuvette de Ouargla.

V.1.4. Distribution spatiale de la conductivité électrique

La conductivité électrique quantifie l'aptitude d'une solution à laisser passer un courant électrique, elle augmente avec la salinité de cette dernière et permet de juger d'une manière indirecte et globale de la concentration en sels solubles (Gatoux, 2014). La

conductivité électrique des extraits de sol par l'eau est utilisée comme diagnostic de la salinité des sols, ainsi que pour le classement d'aptitude des eaux pour l'irrigation.

Les sols de la cuvette de Ouargla ont des teneurs en C.E variant entre 0.21 dS/cm et 23.2 dS/cm. La moyenne se situant à 5.13 dS/cm (tableau V.4).

Tableau V.4: Statistiques descriptives de la conductivité électrique

Moyenne	5,13
Médiane	4,25
Ecart type	4
Coefficient Asymétrie	1,27
Minimum	0,21
Maximum	23,2
Nombre d'échantillon	300

La carte de la salinité ainsi établie (figure V.4) montre que :

- Les sols dont la salinité est entre 0 - 5 dS/cm sont localisés au Nord et au Centre de la cuvette.
- Les sols avec une salinité comprise entre 5 - 10 dS/cm sont localisés essentiellement selon l'axe Nord, Centre et quelques endroits au Sud.
- Les sols dont la conductivité électrique est comprise entre 10 - 20 dS/cm, répartissent dans la partie Sud Est, Centre et Nord.
- Les sols dont la conductivité électrique est comprise entre 20 - 40 dS/cm occupent des superficies important au Nord, au sud et au Centre de la cuvette.

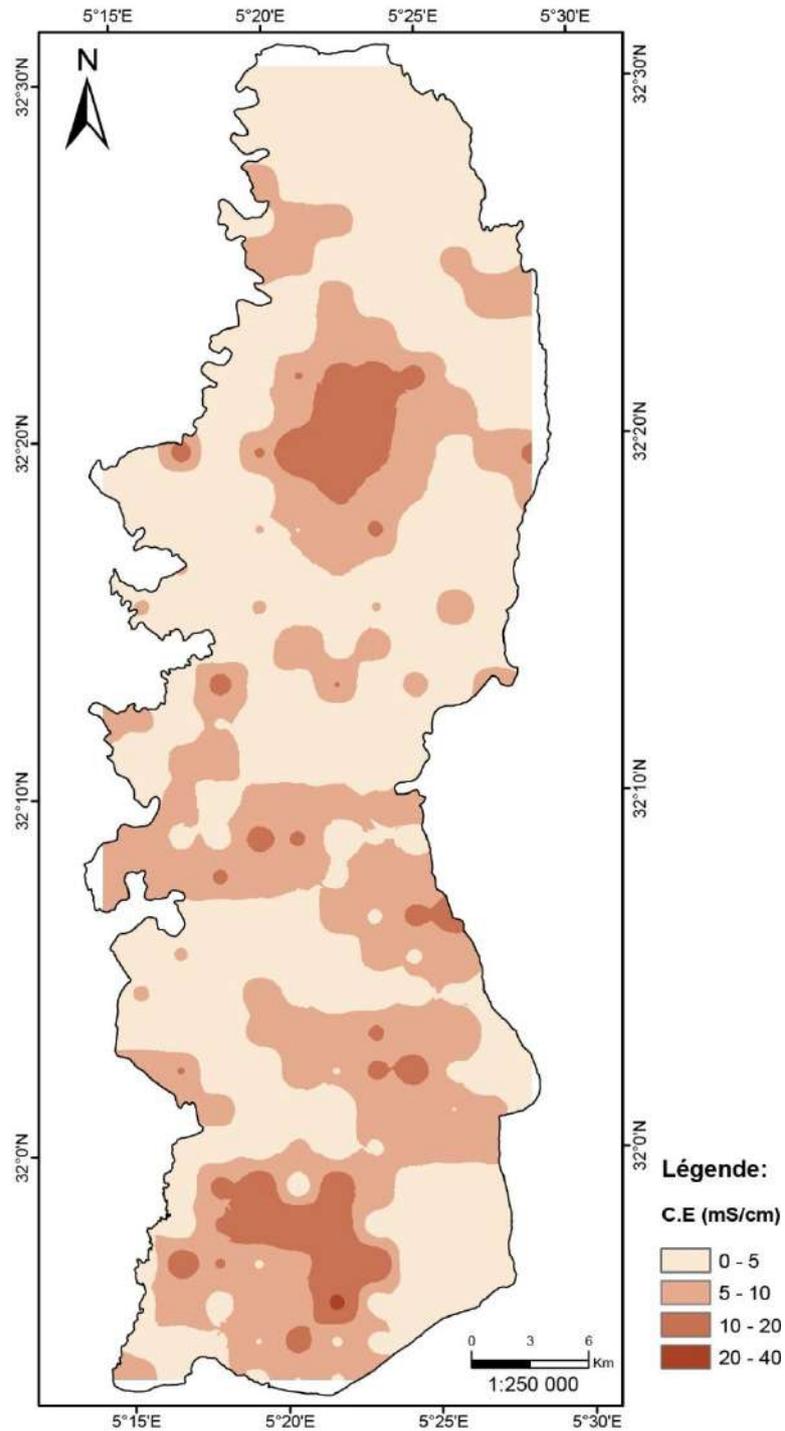


Figure V.4 : Répartition spatiale de la conductivité électrique des sols (dS/cm) dans la cuvette de Ouargla.

V.1.5. Distribution spatiale du calcaire total

Le calcaire total est une des composantes héritées du sol. La présence de calcaire confère au sol des caractéristiques spécifiques en termes de comportement physique et chimique et influe sur son activité biologique. Son absence totale a pour conséquence une

acidification progressive (LANO, 2017). L'analyse du calcaire total est nécessaire pour affiner la caractérisation des constituants du sol et améliorer les choix stratégiques en termes de chaulage. Comme la granulométrie, c'est une caractéristique stable du sol.

Les sols de la cuvette de Ouargla ont des teneurs en calcaire totale variant entre 0,26 % et 18,56 %. La moyenne se situant à 3,64 % (tableau V.5).

Tableau V.5: Statistiques descriptives du calcaire total

Moyenne	3,64
Médiane	2,67
Ecart type	3,05
Coefficient Asymétrie	1,79
Minimum	0,26
Maximum	18,56
Nombre d'échantillon	300

La carte du calcaire totale établie (figure V.5) montre deux classes :

- Les sols non ou peu calcaires dont le taux de calcaire total est entre 0 % et 5 %, représentent une partie importante des sols de la cuvette et en les trouvent au Nord, au centre et au Sud-Ouest.
- Les sols modérément calcaires dont le taux de calcaire total est entre 5 % et 25 %, se localisent au Sud Est, au Centre et au Nord de la cuvette.

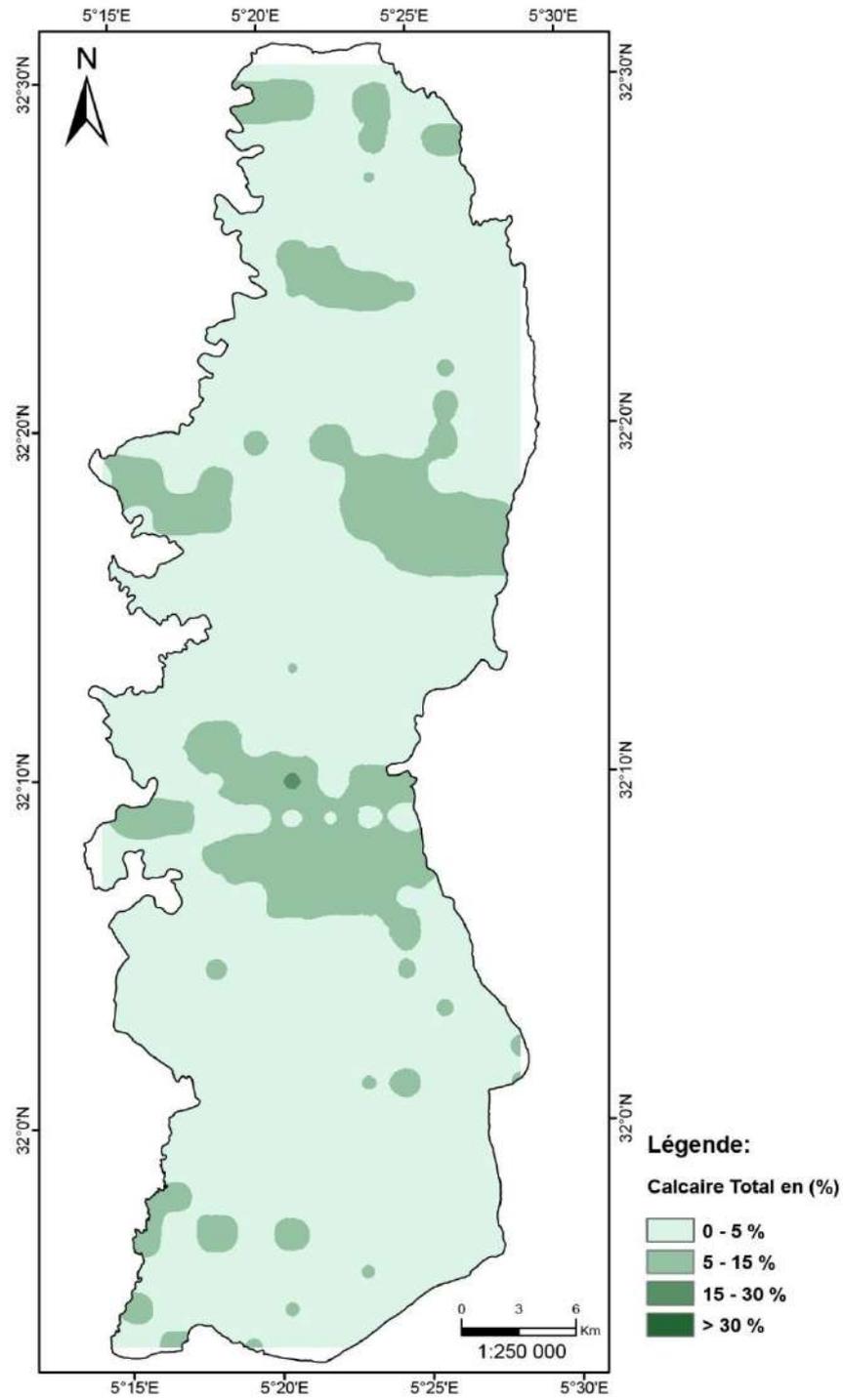


Figure V.5 : Répartition spatiale du calcaire total (%) dans la cuvette de Ouargla.

V.2. Discussion et interprétation

L'analyse granulométrique montre la dominance de la fraction sableuse dans toute la région de Ouargla. Ceci résulte de la nature géomorphologique de ces sols qui sont à minéraux bruts d'apport. Au Nord de la cuvette, le taux de la fraction grossière (sable) diminue et par conséquent, le taux de la fraction fine augmente. Cette fraction peut être d'origine alluvial apporté par Oued N'Sa et Oued M'zab.

Les taux de l'humidité les plus importants se localisent au tour des sebkhas : Sebkhha sefioune au Nord, Sebkhha Oum Erraneb au Centre et Sebkhha de Chott au sud de la cuvette. Ces dernières sont les exutoires des eaux usées de Ouargla. Dans la palmeraie les taux sont moins importants, les eaux d'irrigation sont à l'origine de cette humidité. Dans d'autres endroits, les taux sont faibles, la remontée de la nappe phréatique peut se participe à l'humidité de surface de sol.

Dans les sols calcaire, ce sont les carbonates qui contrôlent le pH (Callot et *al.*, 1982). La basicité des sols dans la région de Ouargla peut être expliquée par la présence de calcaire. A l'extrême sud, à coté de Gara Krima, le pH est basique, le calcaire affleure à la surface du sol. Au Centre et vers le Nord de la cuvette, le pH diminue progressivement et devient neutre au Nord et l'affleurement du calcaire diminue.

La conductivité électrique prend les valeurs maximales au tour des Sebkhhas à cause de la salinité des eaux usée arrivées. La forte évaporation permet l'accumulation des sels à la surface des sols. Dans les palmeraies, l'origine de la salinité peut être due à la qualité des eaux d'irrigation. La remontée de la nappe peut faire concentrer les sels à la surface du sol.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'utilisation des techniques informatisées ouvre maintenant de nouvelles perspectives. La cartographie informatisée est un outil puissant non seulement au service du cartographe, mais aussi au non cartographe. Ses avantages et/ou inconvénients dépendent de la nature des travaux et de la qualité des équipements.

Le logiciel ArcGis est un outil assez performant d'analyse de correspondance entre l'analyse statistique et le cartographe.

A la lumière de ce travail qui consiste à l'étude de la variabilité spatiale de quelques paramètres pédologiques en surface de sol dans la région de Ouargla. L'élaboration des cartes de paramètres analysés (pH, CE, calcaire totale, granulométrie et l'humidité du sol) a échelle de 1/200000 montre que :

- ✓ Le pH des sols de la région de Ouargla est moyennement alcalin à neutre, peut être due à l'existence des sels à effet alcalinisant comme le calcaire.
- ✓ La conductivité électrique des sols de la cuvette est élevée à coté des sebkhas et à la palmeraie de la ville. La salinité des eaux usées, l'évaporation et la remontée de la nappe sont la cause des valeurs élevées de la CE.
- ✓ Le calcaire est distribue d'une façon hétérogène sur la surface des sols d'Ouargla, le taux est important au sud et au centre, moins important au nord de la cuvette.
- ✓ La texture des sols de Ouargla est sableuse , un taux de fraction fine observé au nord de la cuvette, ces des alluvions de Oued N'Sa et Oued M'zab.
- ✓ L'humidité de sol est élevée à coté des sebkhas qui sont les exutoires des eaux usée d'Ouargla.

A la fin nous signalons que les paramètres analysés sont insuffisants pour étudié une surface assez grande comme la cuvette de Ouargla, l'analyse de autres paramètres peut être utile pour l'interprétation des résultats comme le dosage de gypse, les cations, les anions et la matière organique.

Nous pouvons dire que les cartes dressées vont fournir des sources d'information utiles pour des ressources d'exploration ou de gestion. Ceci vient de confirmer notre point de vue sur l'utilité de la carte comme outil d'investigation et de visualisation des données.

Il serait souhaitable de poursuivre ce travail de mieux comprendre l'évolution de la chimie des sols, plus précisément à leurs formes et leurs répartitions spatiales. La cartographie informatisée apporterait un avantage considérable en vue d'une meilleure régulation de fertilité et de la gestion des sols et ceci à une grande échelle.

Références
Bibliographiques

Références Bibliographiques

ACH, 2017. Carte médiane des pH.

<http://www.ach34.fr> consulté en Mai 2017.

Afeissa K., 2000 : Influence des différentes chaînes de matériel de préparation du sol sur la qualité de lit de semence dans la région de K'SAR SBAKHI (W. OUM EL BOUAGHI). Thèse d'ingénieur. INSA. BATNA, 95 P.

ANRH, 1994. Les ressources en eaux dans la wilaya de Ouargla. Rapport technique.

Aubert G., 1978. Méthodes d'analyses des sols. Cent. Nat. Doc. Pédag. Marseille, 185p.

Beauchamp, J., 2006. Qualité et pollution des eaux souterraines. Université de Picardie, Jules Verne, France.

Berkal I., 2006. Contribution à la connaissance des sols du Sahara d'Algérie. Mém. Mag., INA Alger, 112p

Berkal I., 2016. Dynamique spatiotemporelle de la salinité de sols sableux irrigués en milieu aride, application a une palmeraie de la cuvette de Ouargla en Algérie. Thèse. Doc., ENSA Alger.

Bellaoueur A., 2008. Etude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla Soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et perspectives de solutions palliatives (Sahara Nord-Est Septentrional - Algérie). Mém. Mag., Univ de Batna, 147p.

Benfardia H., Chenine A., 2014 Effets de la nature du sol sur l'efficacité d'un dispositif de bio dépollution a l'aide des bactéries hydrocarboruclastes. Mém. Mas., Univ de Ouargla, 43p.

Benhammadi N., Laagoun K., 2006. Inventaire sur les études pédologiques dans quelques régions de du Sud-est Algérien. Mém. Ing., Univ. de Ouargla, 59p.

Baize D., 2000. Guide des analyses en pédologie. 2ème édition INRA, Paris, 257 p.

Blake, G.R. et K.H. Hartge. 1986. Densité granulométrique. P. 363-375. Dans A. Klute (Ed.) Méthodes d'analyse des sols. Partie 1. 2ème éd. Agron. Monogr. 9. ASA Et SSSA, Madison, WI.

Bonneau M., Souchier B., 1979 Pédologie; 2, Constituants et propriétés du sol, Paris,, Masson, XVIII. 459 p.

Bornard M et Voltz M., 1986. Etude des conséquences d'un abaissement de nappe phréatique sur les transferts hydriques au sein d'une culture de Mais. Soc. Hydrotech. Fr. IV (7).

Boivin P et Touma J., 1988. Variabilité spatiale de l'infiltrabilité d'un sol mesurée par la

méthode du double anneau, a paraitre dans cahiers de pédologie ORSTOM, 1988.

Callot G.; Chamayou H.; Maertens C.; Salsac L., 1982. Les interactions sol-racine : incidence sur la nutrition minérale. Édition INRA, Paris, 325 p.

Calvet R., 2000. Le sol propriétés et fonctions, constitution et structure, phénomènes aux interfaces. Tome 1. Edition France Agricole. Paris (France). 83p

Calvet R., 2003. Le sol propriétés et fonction, contribution et structure, phénomènes aux interfaces. Tome 1 Edition France agricole .88p

Camara OA et Cluis DD., 1992. Variabilité spatiale des propriétés physicochimiques d'un champ affecté par la salinité dans le Nord-Ouest du Mexique. Pédologie 42.

CEBIO ,2016. Humidité du sol et télédétection.

<http://www.cesbio.ups-tlse.fr/> consulté en Mai 2017

Cornet A., Gouscov N., 1952. Les eaux de Crétacé inférieur continental dans le Sahara algérien (nappe dit « albien » .In : « La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie » .19ème .congrès géologique international .T .II ,30p .

Cornet A., 1964. Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Géog. Phys. Et Géol. Dyn., vol. VI, fasc. 1, 5-72.

Daoud Y., Halitim A., 1994. Irrigation et salinisation au Sahara algérien. Sècheresse, 5,151-160.

David A ., 1993 Revue génie rural n° 137-25 juin 1995. France.

Demelon A., 1960 Principes d'agronomie. Tome n° I, dynamique de sol.

Edition : DU nord. 520 P.

Didon E., 1990. Système d'informations géographiques: Concepts fonctions applications laboratoires communs de télédétection CEMAGREF/ENGREF-montpellier. France.

Djelloudi A et Nouari H., 2015 Caractéristique cartographique des sols du Bas Cheliff Cas de Station de Hmadna- Relizane. Mém. Mas. Univ de Tiaret.73p.

Dubost D., 1992. Aridité, agriculture et développement : cas des oasis algérienne. Sècheresse, 3, 85-96.

Duchauffeur P., 1994. Pédologie : sol, végétation, environnement. MASSON éditeur 120, boulevard saint germain 72380 paris cedex 06.

Dutil P., 1971. Contribution à l'étude des sols et des paléosols sahariens. Thèse. Doct., Univ.de Strasbourg.

Guendouz A., 1985. Contribution à l'étude géochimique et isotopique des nappes profondes du Sahara nord-est septentrional, Algérie. Thèse Univ .Paris-Sud, Orsay, France.

Guendouz A., Reghis Z., et Moulla A.S., 1992. Etude hydro chimique et isotopique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla. Rapport N° 1,65p.

Hamdi Aissa B., 2000. Evaluation de l'état de surface de la cuvette d'Ouargla par les images satellites. Revue SECHERESSE, 12 p

Hamdi Aissa B., 2001 Le fonctionnement actuel et passé de sols du nord du Sahara (cuvette d'Ouargla .Approches micro morphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatial, Thèse. Doct ., I.N.A.-G , Paris.

Jamagne M., 1967. Base et techniques d'une cartographie des sols. Volume 18. INRA. Paris, 142p.

Kayadjanian M., 2002. Système d'informations géographiques CESD. Luxembourg. 19

Gatoux S., 2014. Conductivité totale sur extrait 1/25 (m/v) à 25°C.

<https://www6.npc.inra.fr/...extraits...> Consulté en Mai 2017

Khemgani A., 2010. Caractérisation des sols alluviaux et de la nappe alluviale de l'oasis de Guerrara. Mém. Mag., Univ. de Ouargla, 107p

Killian C., 1931. Voir lexique stratigraphique. 1^{er} édition 1956. IV.2

Lasinier L., Lachaise A., 1973 Agronomie nouvelle. Edition : FLAMMERJON. PARIS, 317 P.

Laurini et Milleret-Raffort, 1993 Représentation de la variabilité spatiale et temporelle des données.

Le Houérou HN., 1995. Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification, options méditerranéennes, ser. B : recherches et études :396p.

Legros J-P., 1996. Cartographies des sols, de l'analyse spatiale à la gestion des territoires. 1^{ère} édition. Presse polytechnique et universitaire Romands, 321p.

LANO, 2017. Laboratoire pédologique de Normandie.

www.lano.asso.fr consulté en Mai 2017

Margat J., 1990. Les gisements d'eau souterraine. La Recherche, 221, 590-596.

Margat J., 1992. Quelles ressource en eau les grands aquifère offrent ils ?. Observatoire du Sahara et du Sahel, Le Caire, 14 p.

Margat J., 2000. Eaux souterraines et irrigation dans le monde : présent et future. In : Colloque international « Eaux Souterraines en Région Agricole ». pp. S0-14, INRS Quebec, Univ. Poitiers.

- Mathieu C.; Pielthain F., 2003.** Analyse chimique des sols : méthodes choisies. Édition Lavoisier, Paris, 387 p.
- MORAND D., 2001.** Soil landscape of the Woodburn 1:100000 sheets. Department of land and water conservation, Sydney.
- Muriel F., 2007.** Gestion des matières organiques dans les sols cultivés en région wallonne : avantages agronomiques, avantages environnementaux et séquestration du carbone. Mém. Mas. Univ Libre de Bruxelles.
- Nemer W., 2015.** Etude pédologique et floristique des différents sols selon un gradient de pollution. Mém. Mag., Univ. de Tizi-Ouzou.
- Nesson C., 1978.** L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas Sahara algérien. In: Recherche sur l'Algérie. (Ed. CNRS), pp 7-100, Paris.
- Nezli I., 2009.** Approche hydrogéochimique à l'étude des aquifères de la basse vallée de l'oued M'ya (ou3argla), pp : 4-10.
- Puissant A., Weber C., 2001.** The use of image in geographical information market: results of an inquiry on the needs of end-users in urban studies. Laboratoire image et ville, UP Strasbourg, 21 p.
www.sfpt.fr consulté en Mai 2017.
- Rata M., 2010** Variabilité spatio temporelle de la salinité des sols dans la plaine du Bas Chéelif-Etablissement d'une Banque des Données. Mém. Mag. Univ de Chéelif.142p
- Robin R., 2002** Télédétection, des satellites aux SIG. Fac Géographie. Paris, éditions Nathan
- SERVANT J., 1975.** Contribution à l'étude des sols halomorphes. L'exemple des sols salés du sud et sud-ouest de la France. Thèse Doc. D'état. Université de Montpellier.
- Soltner D., 1986 :** Les bases de la production végétale : le sol – le climat – la plante. Tome n° I, le sol. 14ème édition. Collection scientifique et techniques agricole. Edition : VANDER. BRUXELLE. PARIS, 464 P.
- UNESCO, 1972.** Projet reg 100. Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport sur les résultats du projet, UNESCO, Paris. 78p.
- Weger G 1999.** Cartographie. Sémiologie graphique et conception cartographique. Vol. 1. École national des sciences géographiques. 141p

Annexe

Echelles utilisées à l'interprétation des résultats

Tableau I : Salinité du sol (extrait aqueux 1/5) (Servant, 1975)

CE (ds/m) à 25°C	Degrés de salinité
CE < 0,25	Sol non salé
0,25 < CE < 0,5	Sol Faiblement salé
0,5 < CE < 1	Sol Moyennement Salé
1 < CE < 1,5	Sol salé
1,5 < CE < 2	Sol Fortement Salé
2 < CE < 2,75	Sol très Fortement Salé
2,75 < CE < 4	Sol Excessivement
CE > 4	Sol Hyper salé

Tableau II: pH du sol (extrait aqueux 1/5) (Morand, 2001)

pH	Sol
6,7 < pH < 7,3	Neutre
7,3 < pH < 7,8	Légèrement alcalin
7,8 < pH < 8,4	Moyennement alcalin

Tableau III: Calcaire total (BAIZE, 1988)

CaCO₃ (%)	Sol
CaCO ₃ <1	Non calcaire
1 < CaCO ₃ <5	Peu Calcaire
5 < CaCO ₃ <25	Modérément calcaire
25 < CaCO ₃ <50	Fortement calcaire
50 < CaCO ₃ <80	Très calcaire
CaCO ₃ > 80	Excessivement calcaire

Tableau VI: Granulométrie (SOLTNER, 1986)

Terre fine					Eléments grossiers	
< 2 μ	2μ- 20μ	20μ-50μ	50μ- 200μ	200μ - 2mm	2mm - 2cm	>2cm
argiles	limons fins	limons grossiers	sables fins	sables grossiers	graviers	cailloux



Photo 01 : prise d'échantillon de sol



Photo 02 : échantillonnage à côté de sebkhat sefioune



Photo 03 : échantillonnage a la palmeraie



Photo 04 : échantillonnages à l'extrémité nord de la cuvette d'Ouargla (Oued N'saa)



Photo 05 : recherche des points d'échantillonnage a Hassi Nagua (N'goussa)



Photo 06 : mesure de la conductivité électrique