



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعرييرج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi- B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences : Agronomique



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Science Agronomique

Spécialité : Aménagement Hydro-Agricole

Intitulé

**Effet de la salinité sur les propriétés mécaniques du sol
(Limite d'Atterberg)
« Sebket Melloul »**

Présenté par :

- Mihoubi Fairouz
- Zaibet Yakout

Soutenu le : 15/09/2019

Devant le jury :

Président : M^r Benaini Mohamed MAB

Encadrant : M^r Bibak Mohamed MAA

Examineur : M^r Laoufi Hadjer MAA

Année universitaire : 2018/2019

Table des matières

Titre	Page
Introduction	1
Partie bibliographique :	
Chapitre I : La structure de sol et les sols	2
I.1 Introduction	2
I.2 Principaux composants du sol	2
I.2.1 Une fraction minérale	2
I.2.2 Des organismes vivants	2
I.2.3 De l'humus	2
I.3 Caractéristiques du sol	3
I.3.1 La texture	3
I.3.2 La structure	3
I.4 Salinisation des sols	4
I.5 Définition de la salinisation	4
I.6 Définition des sols salés	5
I.7 Origine des sols salés	5
I.7.1. La Salinisation primaire ou naturelle	5
I.7.1.1 L'océan	5
I.7.1.2 La lithosphère	5
I.7.1.3 L'altération des minéraux	5
I.7.1.4 Les sels fossiles	6
I.7.2. La Salinisation secondaire	6
I.8 Salinisation des sols dans les régions arides et semi-arides	6
I.9 Les grandeurs utilisées pour caractériser les sols salés	7
I.9.1. La conductivité électrique CE	7
I.9.2. Quantité de sodium adsorbé	7
I.9.3. Le pourcentage de sodium échangeable	8
I.9.4. PH du sol	8
I.10 Répartition des sols salés	8
I.10.1 Dans le Monde	8
I.10.2 En Algérie	8
I.10.3 Dans la région de Sétif	9

I.11 Action de la salinité sur les propriétés physique du sol	10
I.11.1 Effet sur la structure	10
I.11.2 Effet sur la perméabilité	10
I.1 Définitions des essais	10
I.1.1-Limitesd'atterberg	10
I.1.2 Principe de la méthode	11
Partie Expérimentale :	
I. Présentation générale du cadre d'étude (Sebkhet Melloul (Sétif))	12
I.1 Localisation générale	12
I.1.1 Sebkhet Melloul	12
I.2 Le cadre physique	13
I.2.1 La Géologie	13
I.2.2 La pédologie	13
I.2.3 Occupation actuelle des sols	13
I.2.4 L'hydrologie	13
I.2.5 Le climat	14
Partie I : Travaux sur terrain	
I-Introduction	15
I.1 Matériel d'étude sur le terrain	15
I.2 Méthode d'étude sur le terrain	15
Partie II : Travaux dans laboratoire	
I-Définition de Laboratoire des travaux publics l'Est	16
I.1 Mode opératoire de l'essai	17
I.1.1 Matériel de laboratoire	17
I.1.2 Méthode	18
I.1.2.1 Préparation du sol	18
I.1.2.2 Détermination de la limite de liquidité	18
I.1.2.3 Détermination de la limite de plasticité	19
II- Définition de Laboratoire biologie	20
II.1Méthode,salinité	20
II.1.1 Définition de la salinité	20
II.2 Mode opératoire de l'essai	21

II.2.1 Matériel de laboratoire	21
II.2.2 Méthode	21
Résultats et discussions	
I - La limite d'Atterbreg	22
I.1. Résultats analytiques	23
I.2. Interprétation des valeurs	23
I.2.1-Limite de liquidité (WL)	24
I.2.2-Limite de plasticité (WP)	24
I.2.3- Indice de plasticité (IP)	24
II -La salinité	25
II.1 Les résultats analytiques	25
II.2 Interprétation des valeurs	25
III-Relation de la salinité avec les limites d'Atterberg	27
Conclusion	29
Références bibliographiques	
Résumé	

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Echelle granulométrique de la texture du sol

Tableau 2 : Les coordonnées des profils pédologiques ont été par GPS

Tableau 3 : Résultats analytiques des limites d'Atterberg

Tableau 4 : Résultats analytique des salinités

Tableau5 : Echelle de la salinité pour l'extrait aqueux au 1/5

Liste des figures :

Figure1 : Carte des types de sol en Algérie (FAO,2005)

Figure2 : Localisation géographique de Sebkha Melloul

Figure 3 : Réseau hydrographique de la wilaya de Sétif

Figure 4 : Prise d'échantillons sur terrain

Figure 5 : Appareil de Casagrande .

Figure 6 : Détermination de la limite de liquidité WL:

Figure 7 : Détermination de la limite de plasticité WP

Figure 8: Détermination de la salinité

Figure 9: Classification des sols fins « Diagramme de Casagrande

Figure 10 : Relation salinité limite de liquidité

Figure 11 : Relation salinité limite de plasticité

Figure 12: Relation salinité indice de plasticité

La liste d'abréviation :

CE : Conductivité électrique.

FAO: Food and Agriculture Organisation of the United Nations

pH : potentiel hydrogène

SAR : Sodium adsorption ratio

UNESCO :The United Nations Educationnel, Scientifique and Cultural
Organisation

USDA: United States Département of Agriculture

CEC : capacité d'échange cationique

ESP : pourcentage de sodium échangeable

GPS : système de géolocalisation par satellite

WL : Limite de liquidité

WP : Limite de plasticité

IP : Indice de plasticité

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, nous tenons à remercier « Allah » qui nous a données la force et la volonté pour terminer ce modeste travail.

*Nous aimerons tout d'abord à exprimer toute notre reconnaissance et notre respect à notre encadreur **M. BIBAK.M**, non seulement pour nous avoir encadrées tout le long de ce travail avec enthousiasme et dynamisme mais aussi pour ses précieux conseils, ses encouragements et son parfait sens de la responsabilité. Qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.*

Nous remercions chaleureusement tous les ingénieurs de laboratoire de travaux publics L'est pour ses précieux conseils tous au long de notre travail pratique. Merci pour votre bon humour.

Nous tenons à remercier tous les enseignants qui nous ont formés durant ces 5 années.

Nous tenons à exprimer nos sentiments de reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé à ce travail, qui ont appris beaucoup de choses et qui nous ont aidé, conseillé et soutenu à tout moment afin de réalisé ce travail.

Nous tenons à remercier les membres de jury :

Qui évalueront notre travail pendant notre soutenance.

DEDICACES

*Je remercie **ALLAH** le Généreux pour m'avoir guidé vers la lumière de la recherche du savoir et de la science.*

Je dédie ce modeste travail à :

A MON CHÈRE PÈRE : ABD ELHAFID

Qui ne cesse constamment de m'entourer de son affectation grandissant, de m'enrichir de son expérience, de me prodiguer ses conseils, et qui m'a permis de mieux comprendre la vie. Je vous dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance infinie pour les énormes sacrifices consentis à mon éducation.

A MA TRÈS CHÈRE MÈRE : AICHA DIEU REPOSE SON àme

A mes frères : Abd elmoumen, Faycel, Lotfi, Fouad, Riad. A mes chères sœurs : Nour elhouda, Ahlem

A ma famille de grande jusqu'au petit

A ma collègue : Yakout

A mes chères amies : Sifo, Salim, Hamza, Swotch, Bachir, Himo, Walid, Jalal, Omran, Sif eldine, Radia, Bouthayna, Chorouk, Samira, Ahlem, Ines, Meriem, Khalissa.

A mes connaissances et à tous qui sont chères à mon cœur.

FAIROUZ

DEDICACES

*Je remercie **ALLAH** le Généreux pour m'avoir guidé vers la lumière de la recherche du savoir et de la science.*

Je dédie ce modeste travail à :

A MON CHÈRE PÈRE : SALEH

Qui ne cesse constamment de m'entourer de son affectation grandissant, de m'enrichir de son expérience, de me prodiguer ses conseils, et qui m'a permis de mieux comprendre la vie. Je vous dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance infinie pour les énormes sacrifices consentis à

mon éducation.

A MA TRÈS CHÈRE MÈRE : SORIA

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

A mes frères :Jalal, Keis .A ma chère sœur :Aya

A ma famille de grande jusqu'au petit

A ma collègue :Fairouz

A mes connaissances et à tous qui sont chères à mon cœur.

YAKOUT

INTRODUCTION

Introduction générale

Le problème des sols salés n'est pas spécifique d'une région particulière du monde. Il est connu en Europe aussi bien qu'en zones arides. Cependant ce problème est particulièrement répandu au zones arides et semi-arides.

Tous les sols contiennent une certaine quantité de sels solubles, cependant ils ne sont pas tous considérés comme étant sales. Ils ne sont considérés comme tel que lorsque l'accumulation dans le sol des sels solubles atteint un niveau de concentration portant préjudice à la croissance des plantes.

La salinisation des sols constitue un processus important, notamment dans les zones arides et semi-arides (**Saidi, et al, 2004**), provoquant une dégradation des propriétés physiques, chimiques, et biologiques des sols.

Les conséquences de cette dégradation est la diminution de la fertilité des sols qui entraîne une réduction des rendements des cultures, et parfois la disparition du couvert végétal naturel. La salinité devient de plus en plus importante d'une année à l'autre.

Les zones humides nommées « Sebket » sont des sites de transition entre les milieux terrestres et les milieux aquatiques. Elles se distinguent par des sols engorgés d'eau et une végétation dominante composée de plantes qui exigent milieu humide.

Les propriétés mécaniques des couches supérieures du sol changent rapidement en fonction du taux de la salinité du sol, c'est-à-dire de sa texture et de structure.

Le bassin hydrographique de Sebket Melloul, localisé dans le Nord-est de l'Algérie, servira de terrain expérimental pour notre investigation et échantillonnages.

L'objectif de notre travail d'étudier l'action de la salinité sur une des propriétés physique du sol « limites d'Atterberg ». Pour cela, les démarches adoptées reposent, sur la collecte des échantillons, le traitement et l'analyse au laboratoire portant sur la salinité et les limites d'Atterberg.

Le présent document est structuré en quatre parties :

- La première partie est une généralité bibliographique sur les sols et la salinité.
- La deuxième partie explicite la méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail ainsi que le matériel utilisé.
- Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans la troisième partie .
- En fin nous terminons ce travail par une conclusion générale dans la quelle nous présentons l'essentiel des résultats et les recommandations pour l'avenir.

Partie bibliographique

Chapitre I : La structure de sol et les sols salés**I.1 Introduction :**

D'après (Stengel, et Gelin, 1999), le géologue et l'hydrogéologue appliquent le nom de sol aux couches meubles superficielles notamment à toute l'épaisseur surmontant les nappes souterraines, non saturée d'eau en permanence. C'est dans cette zone que les échanges d'eau et des solutés surviennent.

Le sol se forme par l'action directe de l'atmosphère, de la biosphère et du climat sur la lithosphère, il se situe donc à l'interface entre ces différentes composantes de l'environnement et c'est ce qui rend son rôle si important et sa pollution si dangereuse.

I.2 Principaux composants du sol :

Le sol est un système complexe formé de très nombreux composants minéraux et organiques soumis à des phénomènes physique, chimique et biologique en constante interaction. Il comprend :

I.2.1 Une fraction minérale :

Un sol est une pellicule d'altération recouvrant une roche, il est formé d'une fraction minérale et de matière organique (humus). Un sol prend naissance à partir de la roche puis il évolue sous l'action des facteurs du milieu, essentiellement le climat et de la végétation. La pédologie est l'étude des sols.

Faite de fragment de roche issus du sous sol comprenant, du plus fins au plus gros, des argiles, des limons, des sables, et d'ions comme les anions phosphate (Po_4^{3-}), sulfates (So_4^{2-}) et le nitrate (No_3^-) les silicates tels les argiles, constituent 95% des roches de la croûte terrestre ; quant au grain de sable, il s'agit d'un cristal de quarte, forme cristallines de la silice.

I.2.2 Des organismes vivants :

Racines, champignons, invertébrés, quelques vertébrés et une multitude de micro-organismes qui transforment la matière minérale.

I.2.3 De l'humus :

Matière organique en cours de minéralisation essentiellement issue de la feuille morte, cadavres, excréments.

I.3 Caractéristiques du sol :

Le sol comporte trois phases: une phase solide (qui est minérale et organique), une phase liquide ou solution du sol (qui correspond à l'eau et aux éléments dissous), et une phase gazeuse (composé principalement de l'oxygène, de méthane, de d'oxyde de carbone).

Le sol est d'abord caractérisé par une texture et une structure qui va fortement conditionner ses propriétés physiques et chimiques, notamment celle liées à l'eau.

I.3.1 La texture :

La texture du sol est caractérisée par la taille et la distribution des particules. La composition granulométrique du sol permet de déterminer sa texture. La composition s'exprime en pourcentage des trois principales fractions minérales, 2 mm de diamètre.

La texture du sol est une propriété constante dans le temps et peu variable spatialement (*Baize, et Jabial, 1995*).

Tableau 1 : Echelle granulométrique de la texture du sol

Terre fine						Terre grossière
Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sable fins	Sable grossiers	Graviers	Cailloux
<2µm	2µm à 20 Mm	20 µm à 50 Mm	50µm à 200µm	200µm à 2mm	2mm à 20mm	>20 mm

Source: (U.S.D.A., 1996).

La texture joue un rôle essentiel dans la rétention de l'eau du sol et des échanges avec les racines des plantes.

I.3.2 la structure :

La structure du sol est déterminée par l'organisation des agrégats des éléments minéraux et organiques, qui donnent lieu à la matrice poreuse du sol, au sein de laquelle ont lieu les écoulements d'eau (*Carrillo-Avila, 1995*).

La structure résulte de processus biologiques, chimiques et physiques, est donc une propriété variable temporellement et spatialement, et peut changer avec la teneur en eau ou d'autres paramètres (*Oades, 1993*). Parmi les agrégats du sol, on peut distinguer les particules

primaires libres (sable, limon ou argile), les micro-agrégats (diamètre < 250 µm) et les macroagregats (diamètre > 250 µm).

Le mode d'assemblage des constituants du sol à un moment donné résulte une structure qui influe sur la fertilité du sol, elle peut conditionner la circulation de l'air et l'eau et l'enracinement dans les vides (porosité) qu'elle délimite.

I.4 Salinisation des sols :

La salinisation a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres.

Le monde perd au moins 3 ha de terres arables chaque minute à cause de la salinité du sol (**Anonyme, 2006**).

Dans les zones arides et semi-arides du monde, des ressources hydrauliques importantes sont disponibles mais elles sont de qualité médiocre (saumâtre). La salinisation des sols dans ces régions est non seulement liée aux conditions climatiques (fort ensoleillement et faible pluviométrie) mais également au recours souvent mal contrôlé à l'irrigation, ce qui entraîne une accumulation des sels dissous en surface (**Bennaceur, et al, 2001**).

En Afrique, près de 40 millions ha sont affectés par la salinisation, soit près de 2% de la surface totale.

En Algérie, plus de 20% des sols irrigués sont concernés par des problèmes de salinité (**Douaoui, et Hartani, 2008**). En Tunisie 25% , en Afrique du Sud environ 9%. Au Proche-Orient, près de 92 millions ha sont touchés par la salinisation, soit environ 5% de la surface totale. Au Pakistan, plus de 25% des surfaces irriguées sont salinisées, aux USA 23%, en Inde près de 17%, en Chine près de 15% et (**Marlet, et al, 2005 in Anonyme, 2006**) Les pertes financières occasionnées par la salinisation des terres irriguées s'élèvent à environ 250 dollars/ha, soit environ 11 milliards de dollars de pertes totales.

I.5 Définition de la salinisation :

La salinisation est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin. La salinisation peut aussi être défini comme un processus d'accumulation des sels solubles. D'après (**Mermoud, 2006**), la salinisation est un processus d'accumulation de sels à la surface du sol et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol, il s'en suit une diminution des rendements, et à terme, une stérilisation du sol.

Ce phénomène est un terme générique caractérisant une augmentation progressive de la concentration des sels dans la solution du sol conduisant ainsi à la précipitation successive de minéraux qui modifie sa composition et détermine différentes voies d'évolution des sols en fonction de l'abondance relative des différents ions majeurs dans la solution. Ces ions majeurs sont le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), le chlorure (Cl^-), le sulfate (SO_4^{2-}) et les carbonates (HCO_3^- , CO_3^{2-}) (**Marlet, S, et Job.J,2006**).

I.6 Définition des sols salés :

Les sols salés ou sols halomorphes sont caractérisés par leur teneur élevée en sels solubles dans l'ensemble ou dans une partie du profil ou par la dégradation de la structure de l'un de leurs horizons sous l'influence de l'un des ions, provenant de ces sels en particulier du sodium (**Aubert.G, 1975**).

D'après (**Calvet, 2003**), un sol est dit salé quand la conductivité électrique CE, est supérieure à 4 dS /m. Cependant la salinité d'un sol s'apprécie plus par le comportement des plantes de sorte, que cette limite peut être très différente selon la sensibilité des espèces végétales.

I.7 Origine des sols salés :

D'après (**Cherbuy, 1991**), la salinisation d'un milieu implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire, et une salinisation anthropique, généralement liée à l'irrigation, que l'on appellera secondaire.

I.7.1 La Salinisation primaire ou naturelle :

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle, on qualifie alors la salinisation de «primaire».

Quatre sources principales de sels risquant de s'accumuler dans les sols peuvent être identifiées(**Stengel, et Gelin, 1998,in Rouahna.H,2006**).

I.7.1.1 L'océan : par l'intermédiaire de l'atmosphère, qui peut véhiculer des sels dissous dans l'eau de pluie, mais surtout de très fines particules hygroscopiques sous forme d'aérosols.

I.7.1.2 La lithosphère : du fait de l'altération des roches constituant les îles océaniques ou la croûte continentale.

I.7.1.3 L'altération des minéraux : est la source naturelle dominante (**Calvet, 2003**). Leur intensité est maximum lorsque le drainage permet de renouveler les solutions

d'attaque et d'évacuer les produits dissous (**Bourrier, et Lelong, 1994**).

I.7.1.4 Les sels fossiles : c'est l'origine principale des phénomènes de salinisation primaire observée à travers le globe. Il peut s'agir soit de niveaux évaporitique (roches), soit des solutions des sols salés emprisonnées dans des sédiments d'origine marine (**Stengel, Gelin, 1998**).

I.7.2 La Salinisation secondaire :

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique et sont qualifiées de «secondaires».

L'irrigation est la principale cause anthropique de la salinisation des sols (**Anonyme, 2006**). Dans environ la moitié des situations, le développement de l'irrigation s'est accompagné de l'apparition de processus de salinisation, sodisation ou alcalinisation des sols d'importance variable. Si les situations apparaissent très diverses en raison des caractéristiques du milieu naturel, des pratiques agricoles ou de la gestion de l'eau, ces dégradations ne sont pas inéluctables et apparaissent pour l'essentiel comme la résultante de mode de gestion inappropriée des ressources en sol et en eau. L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire; cet apport est toujours associé à un apport de sels.

En effet, même une eau douce de la meilleure qualité contient des sels dissous, et si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable (**Marlet, 2005**).

I.8 Salinisation des sols dans les régions arides et semi-arides :

En zones arides, la salinité des sols est quasiment tout le temps liée à l'irrigation des terres cultivables. Aborder le thème de la salinité dans ces zones c'est donc s'intéresser en particulier aux pratiques d'irrigation. La salinisation peut s'expliquer, entre autre par le fait que bien souvent en zones arides, les lieux d'implantation des périmètres irrigués se trouvent sur des zones où l'eau utilisée n'est pas de très bonne qualité (plus ou moins chargée en sels) ou, si elle l'est, se trouve détournée pour la consommation courante et exponentielle des villes (**Bouchoukh. I, 2009**).

Deux causes seront plus particulièrement responsables de la salinisation des sols dans la région aride et semi-aride: l'utilisation d'eau chargée en sels pour l'irrigation et le remonté de nappe par déversement excessif d'eau sur les terres à irriguer :

1. Utilisation d'eau trop chargée en sels : dans les régions arides, l'eau de pluie ne peut

pas être considérée comme étant la source principale pour la plante, ses effets étant aléatoires.

En raison de l'irrégularité du climat. La réussite des productions végétales dans ces régions dépend de l'eau souterraine (**Snoussi et Haliti, 1998**). Lorsque ce dernier est la seule source disponible pour l'irrigation, sa trop grande salinité peut causer une accumulation de sels dans la zone racinaire des cultures. Ce phénomène est généralement accentué lorsque le drainage interne du sol est restreint et que le lessivage (soit par les pluies, soit par les doses d'eau appliquées) est inadéquat.

2. Les quantités d'eau excessives déversées sur les cultures pour satisfaire leur besoin en évapotranspiration. Ces les quantités d'eau ajoutées en excès dans la nappe vont élever la hauteur de cette dernière où vont créer une nappe perchée. Dès que la hauteur de la nappe se trouve à un ou deux mètres de la surface du sol, elle peut contribuer activement à l'évaporation de l'eau du sol, et ainsi à la salinisation de la zone racinaire des cultures par accumulation de sels. Ces problèmes de salinisation peuvent être encore accentués lorsque la nappe est déjà relativement haute, ce qui est généralement le cas en zones arides (**Maillard, 2001**).

I.9 Les grandeurs utilisées pour caractériser les sols salés :

I.9.1 La conductivité électrique CE :

La présence d'ions en solution est à l'origine d'une conductivité électrique ; c'est pourquoi cette propriété est utilisée pour caractériser les sols. Plus la quantité des sels dissous est grande et plus la CE de la pâte saturée est grande (**Calvet, 2003**). Généralement, la CE s'exprime en dS /m à 25C°.

I.9.2 Quantité de sodium adsorbé :

Il représente le taux de sodium adsorbable par rapport aux autres cations (Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺), il s'agit d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau d'alcalinisation de la solution du sol.

La relation entre les trois cations est proposée par le laboratoire de Riverside (**Rihacrd, 1954**), et s'exprime comme suit :

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{++}] + [Mg^{++}]}{2}}} \text{ []: méq/l}$$

I.9.3 Le pourcentage de sodium échangeable :

Représente le pourcentage de sodium présent sur le complexe d'échange, l'E.S.P est en fonction de la C.E.C.

$$1 . \text{ESP} = [\text{Na}^+]/\text{CEC} \times 100 \quad ([\text{Na}^+], \text{CEC} : \text{exprimé en meq} / 100\text{g})$$

Les pédologues ont établi une corrélation entre l'ESP et le SAR exprimée par la Formule

$$2 . \text{ESP} = 100(0,0126 + 0,01475) \text{SAR} \sqrt{1 + (0,0126 + 0,01475) \text{SAR}}$$

I.9.4 PH du sol :

Est une notion permettant de façon précise de désigner la réaction du sol. Il augmente en corrélation avec le rapport $\text{Na}^+ / \text{C.E.C}$ (**Duchaufour, 1977**) .

I.10 Répartition des sols salés :**I.10.1 Dans le Monde :**

Les estimations de la superficie totale représentée par les sols sal sodiques dans le monde sont très variables d'un autre à l'autre : pour (**Szablocs, 1994**), elle atteint 954832 millions d'hectare, pour (**claud et al ,2005**) la superficie est estimée à environ 9.55 millions de Km, soit 6.4% des continents. Tous les continents présentent de vastes surface de sols spasmodiques.

Les sols salés ont un caractère azonal. Ils se rencontrent dans toutes les parties du monde (**servant, 1976, Durand, 1983**). D'Afrique présent de vastes régions affectées par les sels (notamment les zones arides et à proximité des grands fleuves) (**Cherbuy, 1991**).

I.10.2 En Algérie :

Selon le (**Houerou, 1993**), les sols salés occupent de vastes superficies (3.2 millions d'hectares de la superficie total). Ils sont localisés au Nord qu'au sud, ils s'expriment mieux entre les isohyètes 450 mm qui semble être la limite supérieure des sols fortement sodiques (**Djili,2000**).

Selon **FAO(2005)** Figure 1, on rencontre plusieurs types des sols salés en Algérie localisés surtout dans les étages bioclimatiques arides et semi-arides.

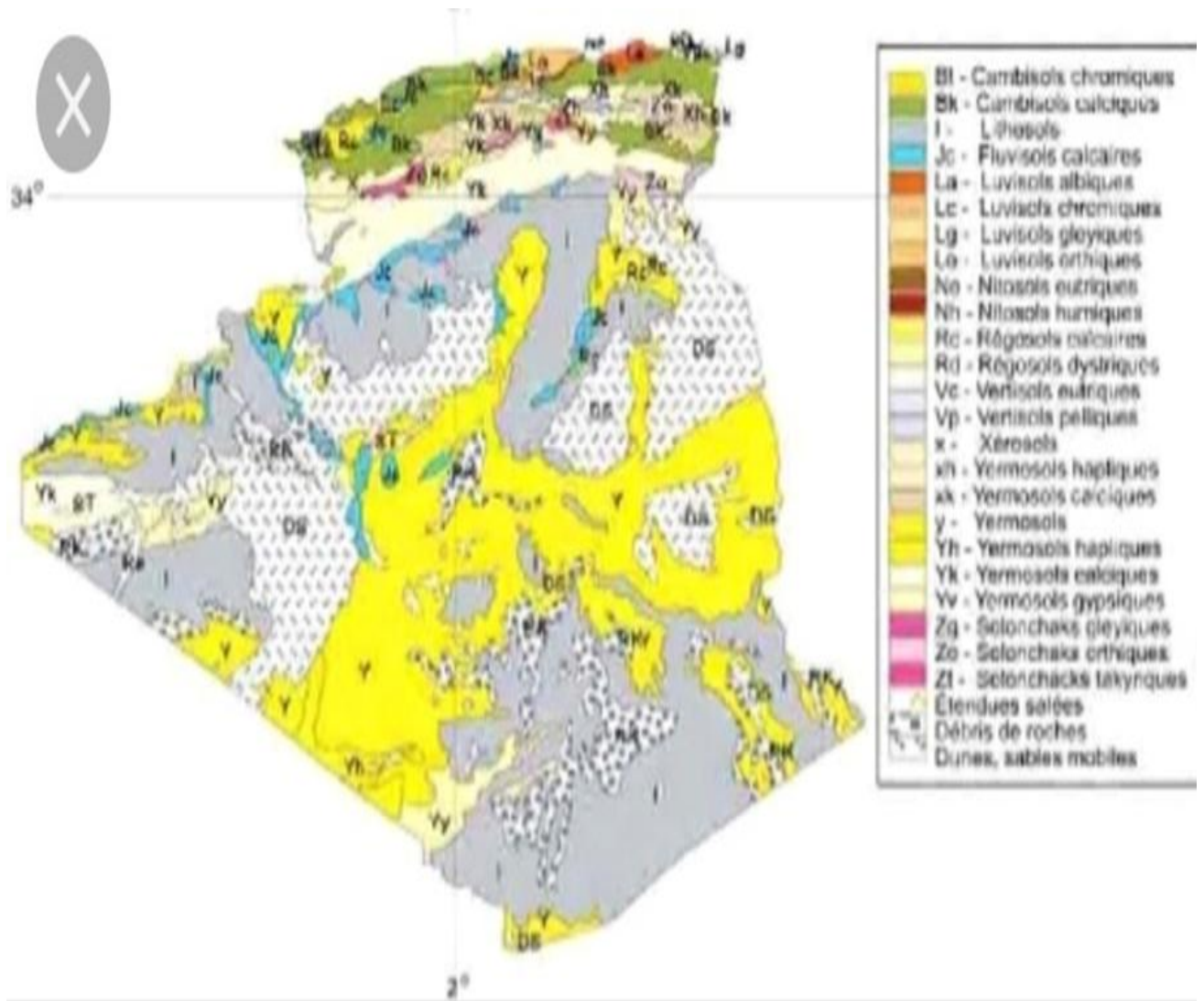


Figure1 : Carte des types de sol en Algérie (FAO,2005)

I.10.3 Dans la région de Sétif:

La région de Sétif est caractérisé par des solonchaks, souvent orthiques, couverts d'efflorescence salines plus ou moins abondantes avec de fréquentes étendues à surface poudreuse de pseudo sable (Aubert,1976), ils occupent une superficie estimée à 12400 hectares (Machane, 1990), et se localisent essentiellement dans la zone Sud-Est, bien que les sols hydromorphes ont une extension très limitée dans la région, leur présence est signalée uniquement dans les prairies et les lits l'oueds, généralement autour des sebkhas et chott (Melloul, BazerSakra, Hammam Sokhna, Guellal, Ain Lahdjar).

I.11 Action de la salinité sur les propriétés physiques du sol :

I.11.1 Effet sur la structure :

Les cations sodium tendent à provoquer la destruction de la structure en favorisant la dispersion des colloïdes minéraux. D'une façon générale, la dispersion dépend de deux facteurs :

- La quantité de cations Na^+ adsorbés (ESP) dont l'augmentation favorise la dispersion.
- La concentration de la solution saline au contact de la phase solide, dont l'augmentation limite la dispersion (Calvet, 2003).

I.11.2 Effet sur la perméabilité :

La diminution de la perméabilité des sols salés à alcalis est une conséquence directe de la dispersion des colloïdes par l'ion Na^+ (Derdour, 1981). Cette perméabilité commence à augmenter avec la salinité du fait de la formation des agrégats par l'action flocculant des sels, puis elle se maintient constante (Demelon, 1966).

I.12 Définitions des essais :

I.12.1-Limites d'atterberg :

Les limites d'Atterberg sont des paramètres géotechniques permettant d'identifier un sol et à caractériser son état grâce à son indice de plasticité. Ces limites ont donc pour but de définir les états d'humidité correspondant aux limites entre les états liquides, solides et plastiques ; l'état d'humidité du sol étant exprimé par sa teneur en eau.

Les limites d'Atterberg sont:

1. La **limite de liquidité** w_L qui traduit le passage entre l'état plastique et liquide ; c'est la teneur en eau nécessaire pour que le sol soit en état liquide
2. La **limite de plasticité** w_p traduisant le passage entre l'état solide et plastique ; c'est la teneur en eau nécessaire pour que le sol soit en état plastique.
3. Ces limites permettent de calculer l'indice de plasticité $I_p = W_L - W_p$.

I.12.2 Principe de la méthode :

1-Limite de liquidité W_L :

Méthode à la coupelle de Casagrande : Recherche de la teneur en eau pour laquelle une rainure pratiquée dans un sol placé dans une coupelle de caractéristiques imposées se ferme lorsque la coupelle et son contenu sont soumis à des chocs répétés.

2-Limite de plasticité WP :

Recherche de la teneur en eau pour laquelle un rouleau de sol , de dimension fixée et confectionné manuellement, se fissure.

Partie Expérimentale

I. Présentation générale du cadre d'étude (Sebkhet Melloul (Sétif)) :

I.1 Localisation générale :

I.1.1 La sebkha de Melloul :

Sebkhet Melloul est un grand lac d'eau salée située dans la municipalité de Guellal dans le district d'Ain ouelman. Situé dans l'État Algérie de Sétif, se trouve sur le territoire de la commune de Guellal 23 km de la ville de Sétif.

Ce site occupe une superficie de 700 ha selon **ATLAS, 1998**.

Ce plan d'eau est caractérisé par des sols alcalins dégradés et se trouve naturellement sur une nappe phréatique superficielle, actuellement sur exploitée par pompage d'eau. Ces sols sont utilisés principalement pour l'agriculture et l'élevage d'ovins et de bovins. La sebkha est alimentée principalement par Oued Guellal. (**Baazizet al, 2011**).

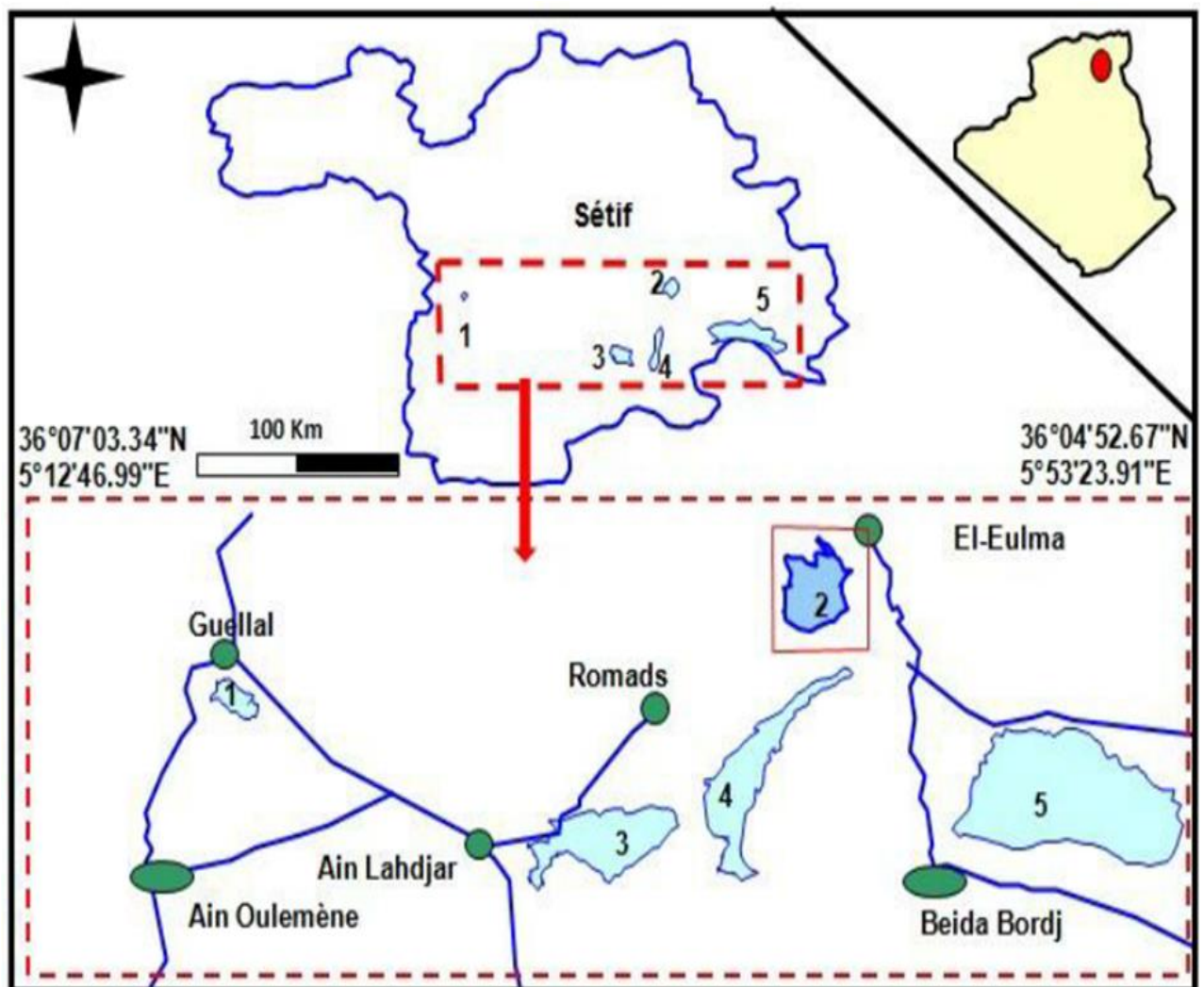


Figure2 :Localisation géographique de Sebkh Melloul

I.2 Le cadre physique :

I.2.1-La Géologie :

Le relief est relativement plat avec une pente ne dépassant pas 3 %, et formé exclusivement par des roches calcaires. Les rives présentent parfois des pentes douces mamelonnées qui se relèvent pour former un bourrelet. Le matériau constitutif provient de la déflation éolienne produite sous l'action des vents dominants.

L'altitude moyenne est de 2 m au dessus du fond de la dépression alors que la largeur est très variable. Les sols sont des terrains sédimentaires du Quaternaire, les formations sont peu ou pas tectonique. La sebkha est composé de vases salées et l'origine du sel est attribuée au traïs (DGF, 2005).

I.2.2-La pédologie :

Les sols localisés dans la sebkha sont salsodiques, avec des sols halomorphes à structure non dégradée et sols halomorphes à structure dégradée (Machane, 1990).

Le site, d'origine naturelle, occupe une basse dépression reposant sur un sol d'apport de sédiment non consolidés, il relativement plat. Les terrains avoisinants ou limitrophes sont globalement salins, à l'exception de ceux allant du Nord au Nord-Est où s'observent des xérorendzines. Les sols salins (solontchaks) occupent la partie Nord-Est et la partie Sud, les reste, formant la plus grande proportion, est composé de sols salins en association avec des xérorendzines, Ce type de sols s'observe en une seule bande allant du Nord à l'ouest et continuant jusqu'au Su (DGF, 2005).

I.2.3-Occupation actuelle des sols :

Le site est occupé par un plan d'eau salé et une bande périphérique formé par une prairie composée de plantes halophytes. Les terrains voisins, à vocation agricole, sont surtout exploités par une agriculture maraîchère. A l'échelle du bassin versant, on note l'existence de terrains incultes érodés, de terrains céréaliers et des formations forestières composé de forêts naturelles.

I.2.4-L'hydrologie :

La cuvette de sabkha est remplie d'une mince couche d'eau à partir des premières pluies d'automne. A compter de juin, des croûtes blanches de sel couvert toute la cuvette. Le régime endoréique fait que tout le réseau hydrographique est constitué de petits cours d'eau convergeant vers la dépression (DGF,2005).

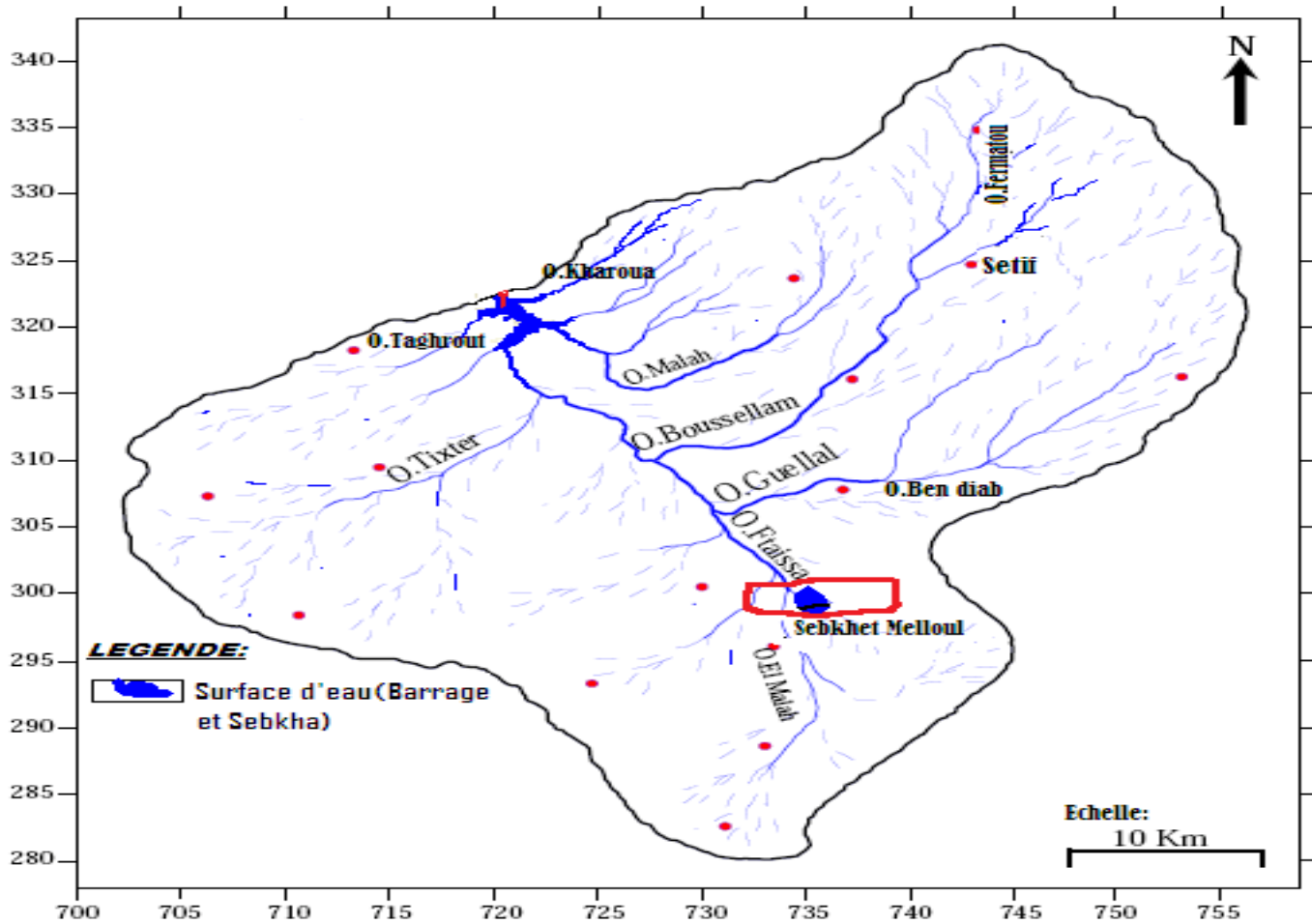


Figure 3 : Réseau hydrographique de la wilaya de Sétif

I.2.5-Le climat :

Le climat constitue un facteur essentiel qui règle l'existence et la répartition de la végétation. La connaissance des conditions climatiques d'une région nécessite de longues séries de donnée climatiques (pluie, température, vent.....), car elles permettent de voir l'évolution du climat sur la région et aussi de maîtriser fluctuation observées lors des changements climatiques et leurs effets possibles (Bensaid, 2006).

Partie I : Travaux sur terrain :**I-Introduction :**

Avant d'exposer les résultats des mesures et d'analyses physique obtenue dans les sols salés au niveau de sebkha de melloul, nous jugeons utile de présenter le matériel utilisé, ainsi que les techniques de mesure et d'analyse de échantillons.

Pour ces travaux réalisés on a utilisé le matériel suivant :

I.1 Matériel d'étude sur le terrain :

- G P S pur déterminer les points de prélèvement.
- Carte routière de localisé la zone.
- Règle incluse.
- Tarière de prélèvement.

I.2 Méthode d'étude sur le terrain :

- L'échantillonnage des sols a été effectué sur 15 échantillon (E1, E2, E3,....., E15).
- Nous avons prélevé des échantillons en tenant compte leurs cordonnées lombaire à une profondeur de 20cm ; le prélèvement a été effectué tout les 50 m on commençant au centre de Sebka et allant vers l'extérieur.



Figure 4 : Prise d'échantillons sur terrain

Tableau 2 : Les coordonnées des points entête georeferencie.

Les échantillons	Nord	Est	Erreur	Profondeur
01	36° 0' 330''	05° 20' 70''	1 yard	20cm
02	36° 0' 336''	05° 20' 655''	2.19 yard	20cm
03	36° 0.342'	05° 20.687'	1.42 yard	20cm
04	36° 0.345'	05° 20.716'	1.64 yard	20cm
05	36° 0.344'	05° 20.752'	1.75 yard	20cm
06	36° 0.344'	05° 20.790'	1.31 yard	20cm
07	36° 0.351'	05° 20.833'	1.09 yard	20cm
08	36° 0.354'	05° 20.872'	30.6 yard	20cm
09	36° 0.338'	05° 20.920'	1.10 yard	20cm
10	36° 0.331'	05° 20.944'	1.75 yard	20cm
11	36° 0.327'	05° 20.972'	2.08 yard	20cm
12	36° 0.317'	05° 21.06'	3.17 yard	20cm
13	36° 0.339'	05° 21.028'	1.86 yard	20cm
14	36° 0.359'	05° 21.046'	3.17 yard	20cm
15	36° 0.379'	05° 21.057'	3.28 yard	20cm

Partie II : Travaux de laboratoire :

I - Définition de laboratoire des travaux publics l'EST :

Créé en 1984, le laboratoire des travaux publics de l'Est (LTPEst), est le seul laboratoire public de la région Est du pays avec un nombre de 700 cadres et ingénieurs. Spécialisé dans les analyses des sols et le contrôle technique et de qualité des infrastructures des travaux publics, d'habitat et de l'hydraulique tel que logements, écoles, barrages, ports et aéroports....

Le laboratoire des travaux publics de l'est fait partie d'union LCTP du groupement GEICA qui englobe les différents bureaux d'étude et laboratoires de contrôle en Algérie tel que SETS SETA SAETI LEM.....il est réparti en 15 wilaya de l'Est de l'Algérie (du BBA à ANNABA). Il est certifié depuis 2004 par le certificat international ISO 9001, actuellement par la version 2015.

-Dans laboratoire des travaux publics l'Est :

Les échantillons prélevés au niveau de la sebka ont été acheminés au laboratoire pour réaliser les essais nécessaires, les limites de liquidité et plasticité.

I.1 Mode opératoire de l'essai :**I.1.1 Matériel de laboratoire :**

- Appareil de Casagrande.
- La coupelle .
- La spatule .
- La balance.
- Les capsules.
- L'étuve.
- Plaque lisse.
- Outil à rainurer.
- Tamis de 400 μ m.
- Les bacs.



Figure 5 : Appareil de Casagrande.

I.2.1 Méthode :

Pour réaliser un essai de limite d'Atterberg, il faut passer par les étapes suivantes:

I.2.1.1 Préparation du sol :

- Echantillonner le sol et homogénéiser le par brassage.
- Imbiber dans un récipient d'eau à la température ambiante, pendant au moins 24h, une masse de matériau $m > 200D$.
- Tamiser par voie humide au tamis au 400 μ m pour récupérer une masse $> 200g$.
- Recueillir l'eau de lavage et le tamisât dans un bac.
- Siphonner sans entraîner de particules solides après une décantation d'au moins 12h.
- Evaporer l'eau excédentaire à une température ne dépassant pas 50 °C.

I.2.1.2 Détermination de la limite de liquidité WL:

- Vérification de l'appareil de Casagrande .
- Malaxer la totalité du tamisât afin d'obtenir une pâte homogène et presque fluide .
- Répartir avec la spatule, dans la coupelle propre et sèche une masse d'environ 70 g de matériau et l'étaler en plusieurs couches .
- Partager la pâte en deux au moyen de l'outil à rainurer .
- Fixer délicatement la coupelle sur le support métallique de l'appareille de Casagrande .
- Actionner la came de façon à soumettre la coupelle à une série de choc à la cadence de 2 coups/seconde .
- Noter le nombre N de chocs nécessaire pour que les lèvres de la rainure se rejoignent sur une longueur d'environ 1 cm .
- Ne poursuivre l'essai que si N est compris entre 15 et 35 : si $N < 15$ ou $N > 35$ refaire l'essai.
- Prélever environ 5 g de pâte de chaque coté des lèvres de la rainure et au voisinage de l'endroit où elles se sont refermées afin d'en déterminer la teneur en eau .
- Placer le prélèvement dans une capsule de masse connue et pesée immédiatement avant d'être introduit dans l'étuve pour dessiccation.
- Effectuer au moins 4 fois la même opération complète sur la même pâte mais avec une teneur en eau différente à chaque fois .



Figure 6 :Détermination de la limite de liquidité WL:

I.2.1.3 Détermination de la limite de plasticité WP:

- Former une boulette à partir de la pâte préparée .
- Rouler la boulette sur une plaque lisse à la main ou éventuellement à l'aide d'une plaquette, de façon à obtenir un rouleau qui aminci progressivement jusqu'à ce qu'il atteigne un diamètre de 3 mm et une longueur d'environ 10 cm et ne doit être creux .
- La limite de plasticité est obtenue lorsque, simultanément, le rouleau se fissure et que son diamètre atteint $3 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$.

- Si aucune fissure n'apparait, le rouleau est réintégré à la boulette et reformer à nouveau .
- Prélever, une fois les fissures apparues, la partie centrale du rouleau et la placer dans une capsule de masse connue, la peser immédiatement et l'introduire dans l'étuve, afin de déterminer sa teneur en eau .
- Effectuer un deuxième essai sur une nouvelle boulette .

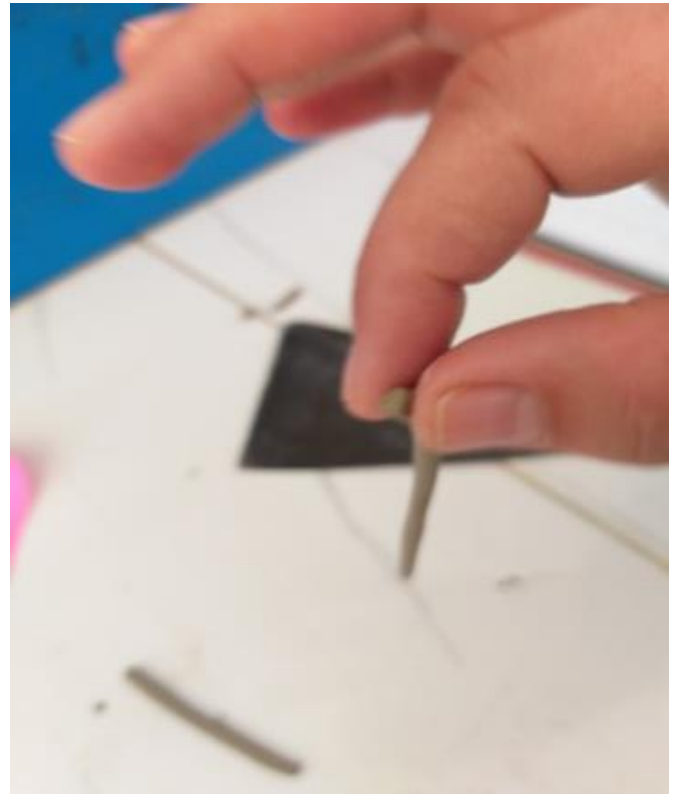
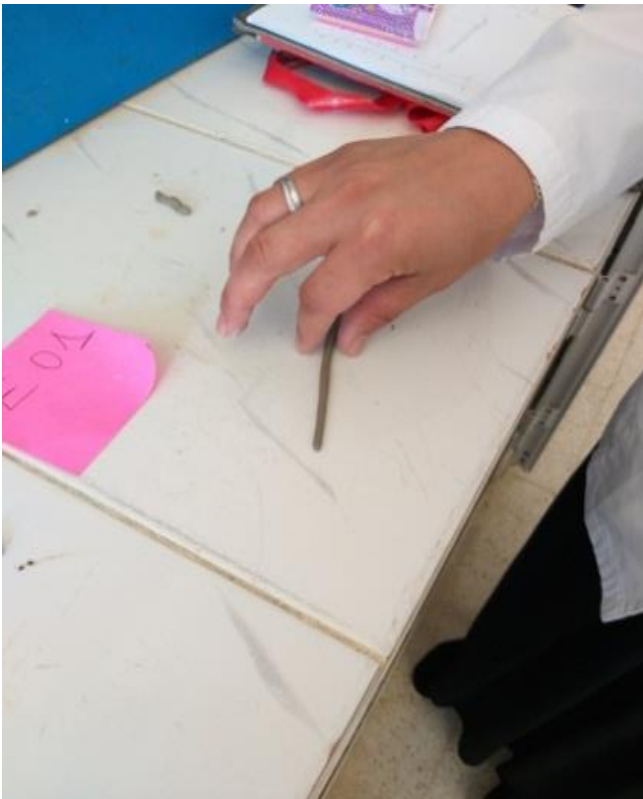


Figure7 : Détermination de la limite de plasticité WP

II- Laboratoire biologie :

II Définition de laboratoire :

Est un locale équipé de divers instruments de mesure ou sont réalisées des expériences, des analyses chimique ou biologique et des mesure physique .

II.1 Méthode, salinité :

II.1.1 Définition de la salinité :

La salinité se réfère à la quantité des sels solubles qui se trouve dans le sol (Chesworth, 2008).

La salinité du sol est décrite et caractérisée en termes de concentration et de type de sels solubles. Elle est reliée à la conductivité électrique du sol mesurée en déci siemens par

mètre($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$). Selon USSL (1954), les sols affectés par les sels sont classés en fonction de la conductivité électrique.

II.2 Mode opératoire de l'essai :

II.2.1 Matériel de laboratoire :

- Conductimètre
- Bécher.
- Balance
- Éprouvette
- Tamis de 2mm.

II.2.2 Méthode :

La caractérisation a été faite par un méthode : Mesure de la salinité de tous les échantillons de sol sur des extraits dilués 1/5 (20g de sol / 100ml d'eau distillée).

Dans notre cas, quinze (15) échantillons ont été prélevés du sebkha, où chaque échantillon tamisé par le tamis de 2mm pesé 20g, ces échantillons ont été malaxé par 100ml de l'eau distillée.

Après 2 heures d'attente, nous avons mesuré la salinité par le conductimètre et on a relevé les résultats.



Figure 8 : Détermination de la salinité

Résultats et discussions

Résultats et discussions

I – Les limites d’Atterberg :

Les limites d’Atterberg (liquidité et plasticité) du sol sont les paramètres qui font l’objet de notre travail, pour évaluer la sensibilité des sols à la dégradation physique par la salinité.

Outre WL et WP, une caractéristique très intéressante sera l’indice de plasticité IP qui se définit comme étant la différence entre WL et WP : $IP = WL - WP$.

L’indice de plasticité permet de bien caractériser un sol de point de vue mécanique. Un IP grand correspond un sol très argileux ; au contraire un IP faible caractérise un sol peu argileux.

Nb: WL, WP, et IP varient dans le même sens et donc une seule de ces valeurs peut permettre de situer un sol. On obtient une droite dite « droite de CASAGRANDE », si on porte WL en abscisse et IP en ordonnée. (**figure 9**).

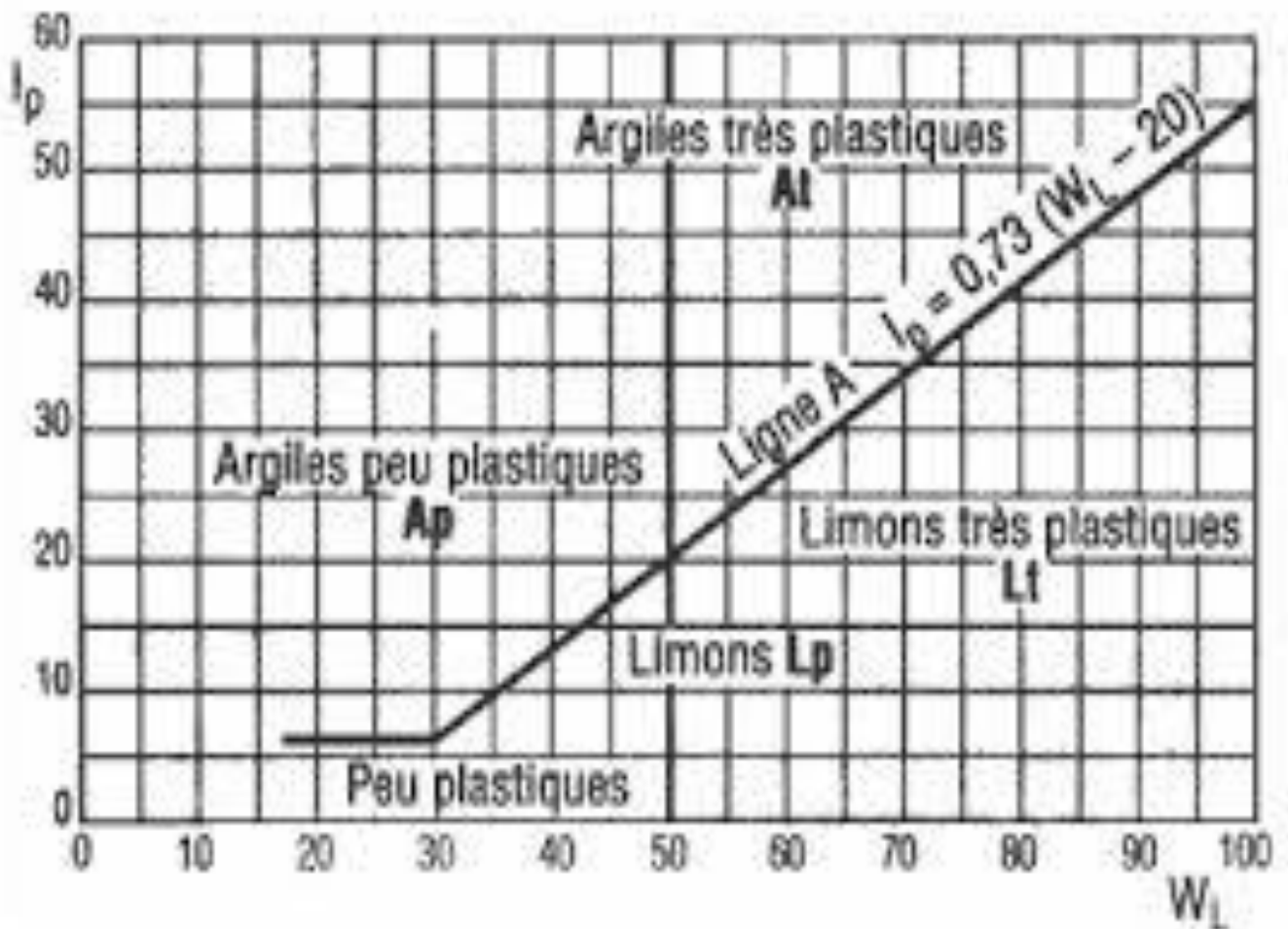


Figure 9: Classification des sols fins «Diagramme de Casagrande

I.1. Les résultats analytiques :

Les résultats analytiques des limites d'Atterberg des échantillons présent Sebket melloul son résumé dans le tableau suivant :

Identification	Limite de liquidité WL %	Limite de plasticité WP %	Indice de plasticité IP %	Classification de sol
Echantillon 01	56,61	27,87	28,74	At
Echantillon 02	58,24	29,45	28,78	At
Echantillon 03	55,58	27,65	27,92	At
Echantillon 04	43,57	22,18	21,38	Ap
Echantillon 05	55,37	27,98	27,38	At
Echantillon 06	49,45	26,15	23,29	Ap
Echantillon 07	46,34	22,91	23,42	Ap
Echantillon 08	42,54	20,88	21,65	Ap
Echantillon 09	45,62	22,09	23,53	Ap
Echantillon 10	39,62	20,06	19,55	Ap
Echantillon 11	44,66	22,36	22,29	Ap
Echantillon 12	48,51	24,07	24,43	Ap
Echantillon 13	51,31	26,08	25,22	At
Echantillon 14	41,30	20,97	20,32	Ap
Echantillon 15	39,48	19,92	19,55	Ap

Tableau 3 : Résultats analytiques des limites d'Atterberg

En utilisant le diagramme de casagrande, le sol est bariolé entre argile peu plastique (Ap) et argile très plastique (At).

I.2. Interprétation des valeurs:

I.2.1-Limites de liquidité (WL) :

D'après les résultats obtenus, on constate que les échantillons ont des limites de liquidité WL qui varient entre 39.48% et 58.24%. Cette variation des limites constatée, à tendance de se diminuer en allant vers l'extérieur du Sebka.

I.2.2- Limites de plasticité (WP) :

Les valeurs varient entre 19.92 et 29.45, nous renseigne sur le comportement du sol. Elles sont en bonne liaison avec le pourcentage des éléments fins en particulier les éléments argileux. Comme les limites d'ATTERBERG varient dans le même sens et donc une de ces valeurs peut permettre de situer un sol. Entre ces limites, WL et WP se situe l'indice de plasticité caractéristique intéressante, permet de bien situer un sol.

I.2.3-Indice de plasticité (IP) :

Les valeurs de l'IP sont entre 19.55 et 28.78 et en peut leurs donné une classe dans l'échelle de ATTERBERG, suivante :

1. $IP < 7$ pour une faible plasticité.
2. $7 < IP < 17$ sols a plasticité moyenne
3. $IP > 17$ Pour une plasticité élevée.

Résultats et discussions

II -La salinité :

II.1 Les résultats analytiques :

Les résultats analytiques de la salinité de sols salé de Sebkhet melloul son résumé dans le tableau suivant :

Echantillon	Conductivité électrique 25° dS/m
Echantillon 01	2.95
Echantillon 02	6.71
Echantillon 03	10.42
Echantillon 04	5.2
Echantillon 05	2.4
Echantillon 06	3.04
Echantillon 07	8.72
Echantillon 08	2.27
Echantillon 09	2.26
Echantillon 10	2.52
Echantillon 11	2.39
Echantillon 12	2.26
Echantillon 13	1.9
Echantillon 14	2.54
Echantillon 15	2.54

Tableau 4: Résultats analytique des salinités

II.2. Interprétation des valeurs :

Ces valeurs varient entre 1.9 et 10.42 et qui se décroissent visiblement en sortant du Sebkha vers les champs cultivés.

D'après l'échelle de la salinité pour l'extrait aqueux au 1/5 on peut diviser notre terrain en deux parties :

Une surface hyper salée qui est limité entre l'échantillon N°2 et l'échantillon N°3 et l'échantillon N°7 où la salinité est supérieure à 6.

Résultats et discussions

L'autre partie est classée comme un sol salé et fortement salé et très fortement salé où les salinités varient entre 1.9 et 5.2 est englobe le reste des échantillons...

Tableau 5: Echelle de la salinité pour l'extrait aqueux au 1/5

classes	catégories	Conductivité (mmhos/cm)
1	Faiblement salé	0.20 à 0.65
2	Moyennement salé	0.65 à 1.440
3	Salé	1.40 à 2.20
4	Fortement salé	2.20 à 3.75
5	Très fortement salé	3.75 à 6.00
6	Hyper salé	Plus de 6

Source soigner 1989

III-Relation de la salinité avec les limites d'Atterberg:

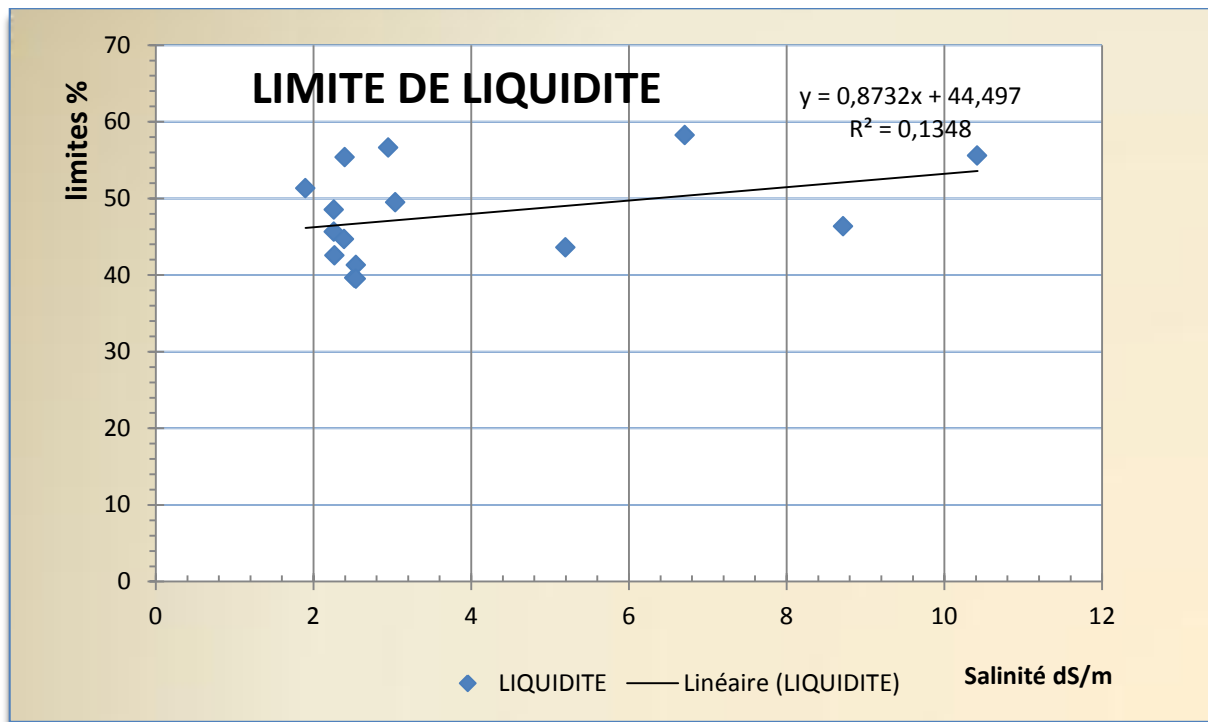


Figure 10 : Relation salinité limite de liquidité

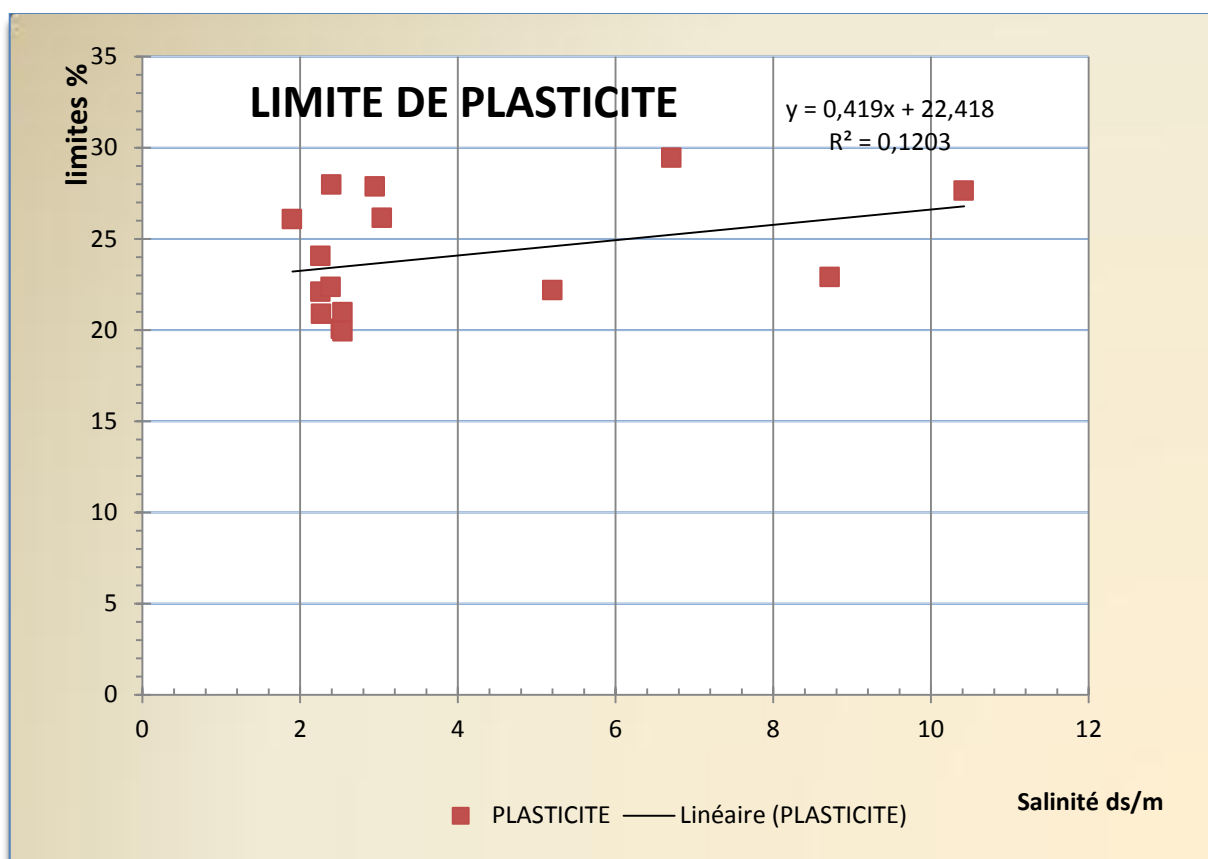


Figure 11: Relation salinité limite de plasticité

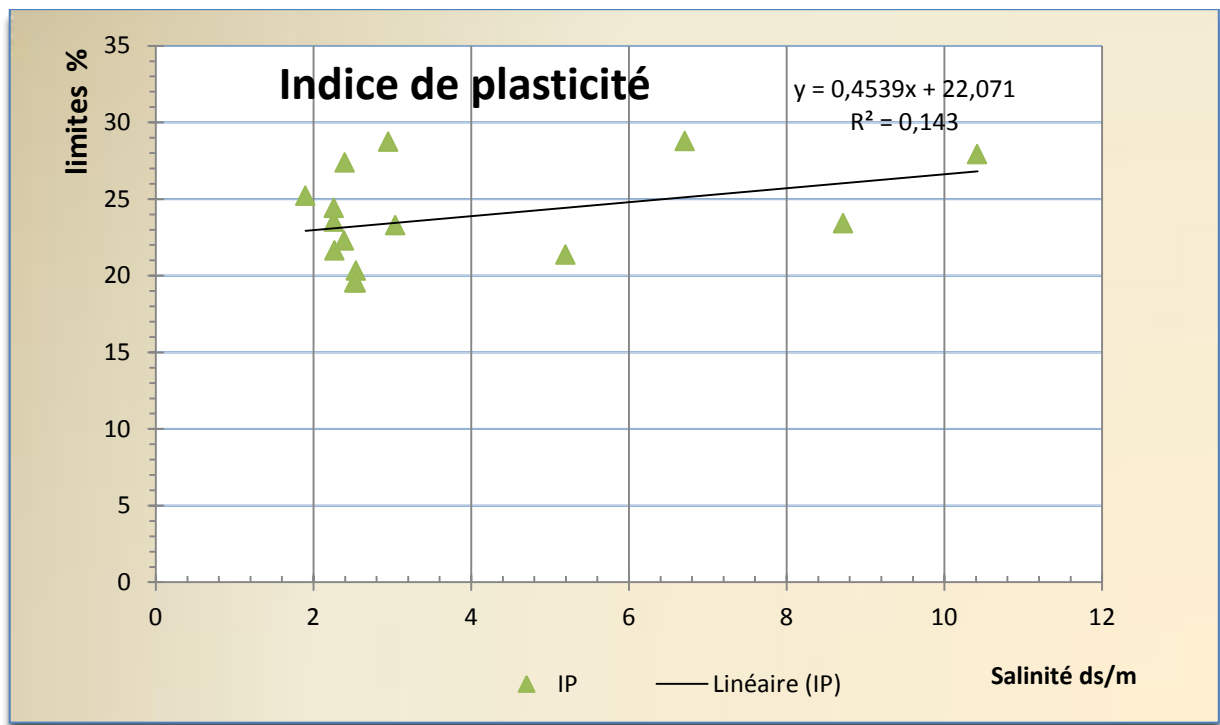


Figure 12: Relation salinité indice de plasticité

Les limites d'Atterberg semblent dépendre de la salinité au niveau de chaque échantillon, les valeurs des limites de liquidité et de plasticité et celles de l'indice de plasticité diminuent en allant vers l'extérieur du sebkha donc avec des salinités en moins.

Les résultats des essais effectués au laboratoire montrent l'existence d'une relation linéaire positive ($r=0.37$) entre la conductivité électrique (CE) et la limite de liquidité ; une relation linéaire positive ($r = 0.35$) entre la conductivité électrique et la limite de plasticité, et la même tendance est observée lorsqu'il s'agit de l'indice de plasticité IP, mais avec un r légèrement bas ($r= 0.38$).

La relation linéaire entre la salinité et la limite de plasticité, est significative, Ainsi qu'avec la limite de liquidité et aussi bien avec le IP.

L'indice de plasticité est bien corrélée, Cette relation significative explique clairement que d'autres études approfondies peuvent faire l'objet d'une meilleure estimation de la dégradation de sols en fonction de la salinité.

Conclusion

Conclusion générale :

Conclusion générale :

La salinisation du sebkha est d'abord primaire, comme pour la plupart des sols de l'Algérie, la concentration du sels dans la zone d'étude est importante, voir presque toute la surface.

On observe des teneurs élevée (1.9 à 10.42) ; des sols salés au périphérie du sebkha et des sols hyper salés au centre de cette dernière (selon l'échelle de la salinité), ce qui influe sur les propriétés mécaniques du sol.

Les limites d'Atterberg sont, plus élevées pour les cas des échantillons prélevé au centre de la sebkha voir un peut moins élever aux alentours.

Des valeurs comprises entre 39.48% et 58.24% pour les limites de liquidité et de 19.92% et 29.45 % pour les limites de plasticité, en particulier des échantillons qui on une texture argileuse plastique a très plastique. Ce qui confirme que le sol argileux a une tendance a fixé le sel plus que les autres types de sols ; notamment le sable qui perd sa consistance surtout lorsqu'il est exposé à L'eau.

La dégradation de sol par le sel nous conduit vers une texture sableuse, mais cet résultat ne peut être confirmé que par une analyse granulométrique qui peut donnée plus de valeur à ce travail.

Nos résultats obtenus peuvent être exploités comme référence pour des travaux ultérieurs ; reste à définir et à améliorer par des études approfondies sur les mêmes paramètres avec un nombre d'échantillon plus important, l'échantillonnage profond, ou par l'étude d'autre paramètres mécaniques qui peuvent faire l'objet d'une meilleure estimation de la dégradation de sols en fonction de la salinité.

Référence

bibliographique

Anonyme, 2006, Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation. Organisée et coordonnée par: IPTRID du 6 février au 6 Mars 2006, 20 p.

Aubert G, 1975, Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annale de l'INA., Alger, pp 185-195.

Aubert G, 1976, les sols sodique en Afrique du Nord Annales de l'Institut National., Alger.

Baaziz N, Mayache B, Sahe M, Bensaci E, Ounissi M, Metallaoui S, et Houhamdi M, 2011, Statut phénologique et reproduction des peuplements d'oiseaux d'eau dans l'éco-complexe de zones humides de Sétif (Hauts plateaux, Est de l'Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*. 32(2): 77-87.

Baize D, Jabial B, 1995, Guide pour la description des sols. Ed INRA.

Bennaceur M, Rahmoune C, Sdiri H, Maddahi M, et Selmi M, 2001, Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Sciences et changements planétaires/ sécheresse. Vol. 12, n° 3, pp. 74-167.

Bensaid , 2006, Sig et télédétection pour l'étude de l'ensemblement dans une zone aride : le cas de la wilaya Naama (Algérie). Thèse doctorat université josph Fourier –Grenble 1. France pp 228.

Bouchoukh I, 2009, Comportement écophysiological de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinaciasoumises* au stress salin, Thèse Magister, Univ Mentouri - Constantine, pp7-8.

Calvet, R. 2003, Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques. Tome 2. Ed. France. Agricole, 511 p.

Carrillo–Avila.1995, Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique-Arbaoui Abdellah, Mémoire de Master en Hydraulique, Etude de l'impact de la qualité des eaux d'irrigation sur la fertilité du sol, la plante et le rendement des systèmes d'irrigation, Année 2014, M^{elle} Terchi Sara, p18.

Cherbuy, B. 1991, les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique cemagraf .école Nat Reme pp 170.

Cherbuy, 1991, Les sols salés et leur réhabilitation. Rapport de l'école National supérieur d'agronomie, Rennes (Agrocontact).

Chesworth W, 2008, Encyclopedia of Soil Science, Ed. Springer Dordrecht, Berlin, 902 p.

Claud et al. 2005, sol et environnement. Dunod. Paris, pp 609 -625.

D G F 2005, Fiche descriptive sur les zones humides Ramassai Sebkheth El Hamiét (Wilaya de Sétif) pp 9.

Demelon A, 1966, Dynamique du sol. Tome 1.5ème Ed. Dunod. paris, 520p.

Derdour H, 1981, Contribution à l'étude de l'influence du taux de sodium échangeable sur le comportement des sols au compactage .Thèse Magister, I .N.A.Alger, 146p.

Djili k, 2000, Contribution à la connaissance des sols du Nord

De l'Algérie. Thèse doctorat. INA, Alger, pp 243.

Douaoui A, et Hartani, T. 2008, (2008) Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chellif. Scientifique communs. Vol. 2, no3, p. 9

Dubost, 2002, Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes Biskra C.R.S.T.R.A édition.

Duchaufour P, 1977, Pédogénèse et classification. Ed. MASSON & CIE, Paris. Pp 477.

Durand JH. 1983, Les sols irrigables, étude pédologique, Edit presses univ de France pp 339.

FAO,2005, Utilisation des engrais par culture en Algérie FAO Rome pp 61.

Le Houerou HN, 1993, Relation entre la variabilité des précipitation et celle des production primaires et secondaire en zone aride. In : l'aridité une contrainte au développement. Ed O R S T O M.col. didactiques pp 197-220.

Machane Y, 1990, Bilan d'étude sur les sols salés de Wilaya de Sétif et caractérisation des niveau de salinité de la zone pilote (guelal) Mém. D'ing D'Etat univeu Sétif pp 75.

Maillard J, 2001, Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques t recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34 p.

Marlet S, 2005, Gestion de l'eau et salinisation des sols dans les systèmes irrigués Synthèse de l'atelier du PCSI sur : Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation. CIRAD/AMIS, Montpellier, France, n°40, pp. 12-23.

Marlet S, et Job J, 2006, Processus et gestion de la salinité des sols. In : Tiercelin Jean-Robert (ed.), Vidal Alain (ed.).*Traité d'irrigation*. Paris : Lavoisier Tec et Doc, 02p.

Mermoud, 2006, Cours physique du sol, Maîtrise de la salinité des sols, 01p.

Oades, 1993 , Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique-Arbaoui Abdellah, Mémoire de Master en Hydraulique, Etude de l'impact de la qualité des eaux d'irrigation sur la fertilité du sol, la plante et le rendement des systèmes d'irrigation, Année 2014,Melle Terchi Sara, p18.

Ouastani K, 2006, Contribution à l'étude de l'influence des amendements organique sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salé et salé dans les régions sahariennes (cas de Ouargla) .Thèse Magister .Université .Ouargla187p .

Ozenda, 1983, Flore de shara 2^{ème} Ed. C N R S Paris pp 627.

Richards L A, 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soil AgisHandb N°60 voll .Us.

Rouahna H, 2006, Relation entre les nappes et la salinité dans les sols gypseux de la région de Ain Ben Noui. Biskra. Thèse Magister .Université ELHADJ LAKHDAR-BATNA, 19p.

Saidi D, Le bissonais Y, Duval O, Daoud Y, Halitim A, 2004. Effet du sodium échangeable et de la concentration saline sur les propriétés physiques des sols de la plaine du Cheliff (Algérie). Étude et Gestion des Sols, Vol. 11, pp 81-92.

Servent, 1976, Durand, 1983, Sur quelques aspects de la pédogénèse en milieu halomorphe l'exemple des sols salés de la région méditerranéenne Française.

Snoussi et haliti, 1998, Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées : cas de la tomate et du haricot. EGS. 5, 4, pp 289 – 298.

Source (U.S.D.A),1996 , Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique-Arbaoui Abdellah, Mémoire de Master en Hydraulique, Etude de l'impact de la qualité des eaux d'irrigation sur la fertilité du sol, la plante et le rendement des systèmes d'irrigation, Année 2014,Melle Terchi Sara, p18.

Stengel P, et Gelin S, 1999, Sol : interface fragile. INRA Editions. Paris, France, 214pp

Szablocs I, 1994, Prospects of soils salinity For the 21 st century trans. Int cong of soils Sc, pp 123-141.

ملخص:

سبخة ملول هي جزء من الأراضي الرطبة بمرتفعات الهضاب العليا تقع في بلدية قلال بولاية سطيف شرق الجزائر. الهدف من هذا العمل هو تقييم حساسية التربة للتدهور الفيزيائي عن طريق الملوحة لمنطقة ملول (عين ولمان- سطيف). منهجية العمل كانت عن طريق اخذ عينات من التربة. حيث أخذت 15 عينة على عمق 20سم وتبعد كل عينة على الاخرى بـ 50متر. وقد تم تحديد ملوحة التربة عن طريق اللبونة والسيولة وكذا علاقة تربة/ ماء و بعد إجراء كلا القياسات تحصلنا على النتائج التالية حيث تقدر نسبة السيولة بين 39.48 % و 58.24 % و نسبة اللبونة بين 19.92 % و 29.45 % ومؤشر اللبونة بين 19.55 % و 28.78 % وكذا الملوحة بين 1.9 و 10.42 د س / متر. كل هذه النتائج المتحصل عليها أظهرت أن ملوحة التربة تختلف من عينة لأخرى كما ساعدت على إيجاد علاقة بين التربة المالحة والسيولة واللبونة..

الكلمات المفتاحية : السبخة , الملوحة, السيولة , اللبونة , تربة.

Summary:

Sabha Meloul is part of the wetlands of the Upper Highlands located in the municipality of Qalal in the eastern Algerian state of Setif,

The aim of this work is to assess the soil's sensitivity to physical degradation through salinity of the Maloul region (Ain Welman-Setif). The methodology of work was by taking soil samples. I took 15 samples at a depth of 20 cm and each sample is 50 meters away.

Soil salinity has been determined by softness and liquidity as well as a soil/water relationship, and after both measurements we get the following results, where the liquidity ratio is estimated between 39.48% and 58.24%, the softer ratio between 19.92% and 29.45%, the softer index between 19.55% and 28.78%, as well as salinity between 1.9 and 10.42 D. X/ meter.

All of these results showed that soil salinity varies from sample to sample and has helped to establish a relationship between salty soil, liquidity and softness.

Keywords: mooring, salinity, liquidity, softness, soil.

Résumé:

Sabha Meloul fait partie des zones humides des Hautes-Terres situées dans la municipalité de Qalal dans l'État algérien de Sétif,

L'objectif de ces travaux est d'évaluer la sensibilité du sol à la dégradation physique par la salinité de la région de Maloul (Ain Welman-Sétif).

La méthodologie du travail consistait à prélever des échantillons de sol. J'ai prélevé 15 échantillons à une profondeur de 20 cm et chaque échantillon est à 50 mètres.

La salinité des sols a été déterminée par la douceur et la liquidité ainsi que par une relation sol/eau, et après les deux mesures, nous obtenons les résultats suivants, où le ratio de liquidité est estimé entre 39,48% et 58,24%, le ratio plus faible entre 19,92% et 29,45%, le plus doux indice entre 19,55% et 28,78%, ainsi que la salinité entre 1,9 et 10,42 D. X/ mètre.

Tous ces résultats ont montré que la salinité du sol varie d'un échantillon à l'autre et a aidé à établir une relation entre le sol salé, la liquidité et la douceur.

Mots-clés: amarrage, salinité, liquidité, douceur, sol.