



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

جامعة الجيلالي بونعاما خميس مليانة

Université Djillali BOUNAAMA de Khemis Miliana

كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

قسم العلوم البيولوجية

Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de Master

En Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecopédologie et Environnement

Thème

Caractéristique cartographique des sols du Bas Cheliff
Cas de Station de Hmadna- Relizane

Présenté par : DJELLOUDI Abdelwahab.

: NOUARI Hamza.

Devant le jury :

ZEDAM Miloud	MAA	Président	UDBKM
RATA Mohamed	MAA	Encadreur	UDBKM
BELLAGUE Djamel	AC	CO-Encadreur	INRAA
Hamouda Rachid	MAA	Examineur	UDBKM

Sommaire

Dédicaces

Remercient

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Listes des tableaux

Introduction générale.....	01
Chapitre 01	
1. Le sol.....	02
1.1. Définition de sol	02
1.2. Composition de sol	02
1.2.1. Les composés minéraux	03
1.2.1.1. Minéraux primaires	03
1.2.1.2. Minéraux primaires	04
1.2.2. Compositions organiques	04
1.3. La texture	04
1.3.1. Définition de la texture.....	04
1.4. La structure	05
1.4.1. Définition de la structure.....	05
1.5. Les propriétés physico-chimiques de sol	05
1.5.1. Les propriétés physiques	05
A. Porosité (indices vides/eau/air)	05
Analyse de la porosité	05
B. la densité (apparente/réelle)	05
1.5.2. Les propriétés chimiques	06
2. La salinité	07
2.1. Définition de la salinité.....	07
2.2. Les caractères des sels	07
2.2.1. La solubilité des sels.....	07
2.2.2. Le mouvement des sels	08
2.3. La genèse d'un sol salin et/ou sodique.....	08

2.4. Description de l'origine de la salinité	08
2.5. Les sols salés en Algérie	09
2.6. Causes de la salinisation des sols	10
2.6.1. Salinisation primaire	10
2.6.2. Salinisation secondaire	10
2.7. Paramètres de caractérisation des sols salés	10
2.8. Classification des sols salés	11
2.8.1. Sols salins ou Solontchaks	11
2.8.2. Sols salins a alcali	11
2.8.3. Sols à alcali	12
2.9. Effet de la salinité sur les propriétés physiques et chimiques du sol	12
2.9.1. Effets de la salinité sur les propriétés physiques du sol	12
2.9.2. Effet de la salinité sur les propriétés chimiques du	12
2.9.3. Effet de la salinité sur les plantes	12
2.10. Méthodes d'évaluation de la salinité des sols ...	13
2.11. Caractéristiques des sols salés	13
A. Les sols salins (Solontchaks)	14
B. Les sols alcalins (Solonetz)	14
2.12. La désalinisation	15
3. La Cartographie Numérique	16
3.1. Introduction	16
3.2. Définitions	17
3.2.1. Système	17
3.2.2. Information géographique	17
3.3.3. Les Systèmes d'Information Géographique	17
3.3.4. Les fonctionnalités d'un SIG	18
3.3.5. Définition de la cartographie numérique des sols	18
Chapitre 02	
1. Introduction	19
2. Localisation de la zone d'étude	20
3. Le climat	20
3.1. La pluviométrie	21
3.2. La température	22
3.3. Le vent	23
3.4. L'humidité	24
3.5. L'évapotranspiration (ETP)	24
4. Pédologie	25
5. La Géologie	27

5.1. Pliocène.....	27
5.2. Miocène.....	27
5.3. Crétacé.....	28
6. Géomorphologie.....	28
7. Les reliefs	28
8. Ressources en eau	29
8.1. Les ressources en eaux superficielles	29
8.2. Les ressource en eaux souterraines	30
8.3. Les principaux périmètres irrigués de la plaine .	30
9. Occupation du sol	31
10. La salinité dans la plaine du Bas Chéiff	32
Chapitre 03	
1. Dispositif d'échantillonnage de 86 points.....	33
1.1. Présentation du dispositif d'échantillonnage	33
1.2. Choix du dispositif	34
1.3. Justification du dispositif	34
1.3.1. La parcelle d'étude	34
1.3.2. La maille d'échantillonnage	34
1.3.3. La couche de surface et sa profondeur	34
2. Dispositif d'échantillonnage de 31 points	35
2.1. Justification du dispositif	36
3. Méthodes d'étude	36
3.1. Méthodes d'analyses au laboratoire pour les paramètres chimiques.....	36
3.1.1. Conductivité électrique	37
3.1.2. Calcium et Magnésium	37
3.1.3. Sodium et potassium	38
4. Les paramètres physiques	40
Chapitre 04	
1. La salinité	42
1.1. Etablissement du variogramme	42
1.1.1. Variogramme	42
1.1.2. Ajustement et validation	43
1.1.3. Les variogrammes directionnels	44
1.2. Le krigeage	45
2. Propriétés physico-chimiques	47
2.1. Les argiles	47
2.1.1.Etablissement du variogramme	47
2.1.1.1. Variogramme	47
2.1.1.2. Ajustement et validation	48

2.1.1.3. Les variogrammes directionnels	49
2.1.2. Le krigeage.....	50
2.2. Les paramètres physico-chimiques des zones homogènes	52
2.2.1. Les paramètres chimiques	52
2.2.2. Les paramètres physiques	55
Conclusion.....	56
Références bibliographies.....	58

Liste des figures

Figure 01	composition moyenne du sol	03
Figure 02	Localisation de la plaine du Bas-Cheliff. (RATA M ; 2002)	20
Figure 03	Histogramme de la température moyenne mensuelle (1990-2010)	22
Figure 04	Diagramme ombrothermique de la station climatique De H'madna (1990-2010)	23
Figure 05	Carte des sols (Source : Boulaine, 1956.RATA 2010)	26
Figure 06	Topographie de la plaine du Bas Chélif (Source : INSID, 1998)	29
Figure 07	Les principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas-Chélif. (Source: Douaoui, 2005)	31
Figure 08	disposition d'échantillonnage	33
Figure 09	: disposition d'échantillonnage de 31 points	35
Figure 10	Photo représentant prélèvement des échantillons (09-04-2015)	36
Figure 11	Mesure du CE au niveau de laboratoire.	37
Figure 12	courbe étalonnage de sodium	39
Figure 13	Courbe étalonnage de potassium	40
Figure 14	photo représentant l'appareil Digital Actual Volumenometer	41
Figure 15	variogramme expérimental de la conductivité électrique	42
Figure 16	ajustement de variogramme expérimental de la conductivité électrique	43
Figure 17	ajustement des variogrammes	44

	directionnels de la conductivité électrique	
Figure 18	Carte de la salinité après la classification	45
Figure 19	Répartition en pourcentage des superficies des classes de la salinité	47
Figure 20	variogramme expérimental de l'argile	48
Figure 21	ajustement de variogramme expérimental de l'argile	48
Figure 22	ajustement des variogrammes directionnels de l'argile	49
Figure 23	carte krigée du taux d'argile	50
Figure 24	Carte des zones homogènes après la classification	51
Figure 25	histogramme de concentration des sels solubles	53
Figure 26	Histogramme de la CE de la pâte saturée	53
Figure 27	histogramme de la variabilité de la densité apparente et réelle	54
Figure 28	histogramme présente la relation entre la porosité et l'argile	54
Figure 29	triangle de pourcentage des compositions du sol	55

Liste des tableaux

Tableau 01	classification des éléments minérale (A.L.S.)	04
Tableau 02	l'échelle de la classification des sols salés	13
Tableau 03	Caractéristiques principales des sols salins et sodiques (Maillard, 2001)	15
Tableau 04	Données pluviométriques (1990-2010).	21
Tableau 05	Données de L'évapotranspiration de la station météorologique de Hamadna Compagne 1990/2010.	24
Tableau 06	Synthèse des sols de la plaine du Bas-Chélif d'après la carte pédologique de Mc Donald et BNEDER (1990).	25
Tableau 07	résultats d'étalonnage de spectrophotomètre pour le sodium	39
Tableau 08	résultats d'étalonnage de spectrophotomètre pour le potassium	39
Tableau 09	superficiel des sols en fonction des différentes classes de salinité	46
Tableau 10	résultats d'analyse chimique des zones homogènes	52

Dédicace :

Je dédie ce travail en signe de respect et de reconnaissance :

A mon cher père, que Dieu le tout puissant lui garde sa santé.

A ma chère mère, qui m'a soutenu moralement à accomplir cette tâche et je prie le bon Dieu qu'il me la garde pour toujours.

A mes frères : Zaied et Oussama

A mes sœurs : Hakima, Safia, Aicha et khaoula

A mon tonton Djamel.

A ma tante Fadhila.

A ma chère fleur de la famille Sarah.

Et a toute ma famille grand et petit.

A mon binôme Hamza qui a été mon plus grand soutien

ABDELWAHAB.

Remerciements

Nous tiennes à remercier tout d'abord notre Dieu le tout puissant qui m'a donné le courage et la volonté pour effectuer ce modeste travail.

Au terme de ce travail, nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui m'ont apporté conseils, encouragement et assistantes.

Nos plus vifs remerciement tout d'abord à monsieur Ratta mohammed ,maître assistant à l'université de Djillali Bounaama. qui n'a pas cessé de nous prodiguer

ces précieux conseils avec patience et grande liberté de travail, qui, en tant qu'encadreur.

Nos remerciements également à monsieur Bellague Djamel ingénieur à la station de H'madna qui nous aide beaucoup dans la partie pratique et théorique.

Nous tiennes à remercier sincèrement le Directeur de la station de H'madna pour l'acceptation de faire le pratique au niveau de la station.

Nous remercions beaucoup l'examineur Hamouda Rachid

Et aussi nous remercions beaucoup le président ZEDAM Miloud

Nous remercions aussi toute notre promotion écopédologie et environnement 2015.

Introduction Générale :

Le sol est l'épiderme vivant et vital des continents de la terre, le support des activités humaines et le lieu de vie de nombreuses espèces végétale et animale (AFES, 2007). Il est certes renouvelable mais à des pas de temps très longs (échelle géologique). Il subit en plus des pressions et des dégradations, tels que l'érosion, la pollution et la salinisation).

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Selon la FAO et les estimations les plus récentes, elle affecte déjà plus de 400 millions d'ha, (HOUCHI et COUDRET, 1992), et en menace gravement une surface équivalente.

Elle est donc très importante quantitativement puisque, encore une fois, nous n'avons qu'un milliard et demi d'ha cultivés sur la Terre.

La salinité constitue un facteur limitant de la production agricole dans le monde en général et en Algérie en particulier. Mais les risques climatiques ne sont pas les seuls responsables de la faiblesse des productions agricoles, car il faut citer les risques de salinisation des sols.

Dans un avenir plus ou moins proche, les terres marginales devront être disponibles pour satisfaire aux besoins accrus des hommes en produits végétaux et parmi ces terres marginales, les sols salins occupent une place prépondérante.

D'ailleurs, dans certaines régions du monde à forte concentration de population, seuls les sols à salinité élevée restent disponibles pour assurer aux populations locales ou à leur troupeaux, l'alimentation, le bois d'œuvre, le combustible ou le fourrage nécessaire.

En effet, aucun phénomène n'est dévastateur à grand échelle que la sécheresse ou la salinité des sols et cette dernière ne concerne pas seulement les régions méditerranéennes, semi-aride et arides, mais également les régions tempérées où l'irrigation et l'utilisation intensive et excessive d'engrais chimiques et de pesticides peuvent conduire à une salinisation des sols cultivées.

Enfin, en subdivisant ce travail en quatre chapitres dont le 1^{er} chapitre est une recherche bibliographique, la 2^{ème} une présentation de la zone d'étude, concernant les connaissances acquises dans ce domaine et d'essayer de définir la notion de salinité, ses effets et les stratégies de tolérance ou de résistance, le 3^{ème} chapitre concerne les méthodes utilisées et les étapes de l'expérimentation et enfin le dernier chapitre représente les résultats et les discussions.

1. Le sol :

1.1. Définition de sol :

Le sol est la partie meuble de la lithosphère (Robert ,1996), et on peut le définir de manière générale comme le produit remanié et organisé de l'altération de la couche superficielle de la croûte terrestre, essentiellement sous l'action d'agents climatiques et biologique.

Le sol est appelé « couverture pédologique » dans le référentiel Pédologique (Baize et Girard, 1995). Girard (2000).

On définit la couverture pédologique comme un « Objet continu et tridimensionnel, situé entre la lithosphère et l'atmosphère, qui évolue perpétuellement (durée d'évolution) à divers pas de temps (périodicité). La couverture pédologique, formée de constituants minéraux et organiques, présents à l'état solide, liquide et gazeux, est organisée en horizons qui sont eux-mêmes des volumes. La couverture pédologique est sujette à des transformations dues à différents acteurs (agriculteurs, carriers, architectes, touristes, paysagistes), qui agissent dans le cadre de diverses réglementations, codes, lois, arrêtés, en fonction de contraintes ou soutiens financiers divers.

La couverture pédologique est toujours présente à la surface des terres émergées. Elle peut s'épaissir ou au contraire être érodée ou submergée. Certains horizons sont alors enterrés ou érodés, et une nouvelle pédogenèse se développe. Il en est de même si les conditions du milieu changent : climat, occupation des sols, morphologie. »

1.2. Composition de sol :

Le sol est un assemblage d'une grande diversité de phases. La phase gazeuse joue rôle important par les échanges de dioxygène, de dioxyde de carbone et autres gaz entre la surface et l'atmosphère.

La phase aqueuse est une phase qui représente une faible quantité des éléments chimiques hormis H et O, cependant elle est le carrefour presque obligé de la plupart des changements d'état de la matière, des échanges d'éléments chimiques entre phases et des échanges chimiques entre domaines abiotiques et le système racinaire ou les micro-organismes. (Vincent VALLES 2005-2006)

Le sol est un milieu triphasique, (solide, liquide et gazeux), poreux, organominéral dont la composition moyenne est la suivante (Robert et al.) Fig.

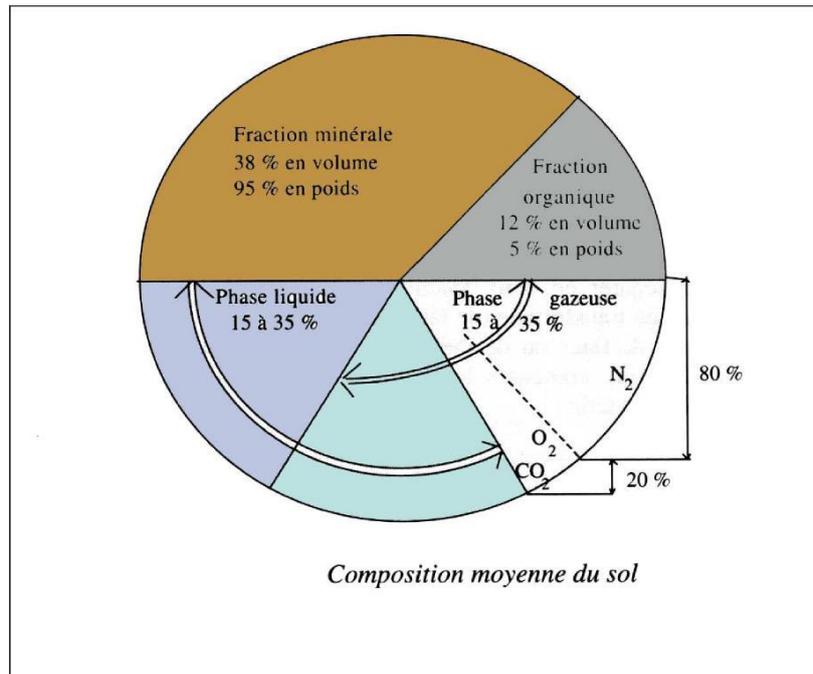


Figure 01 : composition moyenne du sol

Enfin, les phases minérales présentent une extraordinaire diversité. Lorsque l'on inclut les phases organiques, cette diversité est telle qu'il devient impossible de les décrire de manière exhaustive.

Ce qui suit s'attachera donc à présenter quelques traits généraux sur les constituants les plus fréquents du sol (Vincent VALLES 2005-2006)

1.2.1. Les composés minéraux :

1.2.1.1. Minéraux primaires :

Dans le sol, on distingue les minéraux hérités de la roche mère et qui ont résisté à l'altération. Dans un certain nombre de sols, ces minéraux sont très abondants. Ces minéraux sont dits «primaires ». Il convient de remarquer que la solubilité d'un minéral variant selon les conditions(température, aération du sol,...) les minéraux qui ont une certaine propension à résister à l'altération sont variables selon les lieux(Girard 2000).

1.2.1.2. Minéraux secondaires :

Les autres minéraux de la roche mère sont altérés. Leur dissolution enrichit la solution du sol en éléments dissous. La solubilité par rapport à d'autres minéraux peut être alors dépassée, ces derniers précipitent et s'accumulent. Les minéraux qui se sont formés dans le sol sont dits « Secondaires » (Vincent VALLES 2005-2006)

1.2.2. Compositions organiques :

La fraction solide de terre fine comprend généralement 1 à 5% de matière organique et 95 à 99% de matière minérale. La matière organique comprend tous les constituants du sol formés d'hydrates de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et, le plus souvent, d'azote. Elle donne naissance à une matière de couleur foncée, l'humus. La quantité d'humus stable obtenu à partir d'apports organiques dépend de leur teneur en matière sèche et de leur richesse en cellulose et lignine

1.3. La texture :

13.1. Définition de la texture :

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

Les classes de dimensions les plus couramment utilisées pour classer granulométriquement ces particules sont les suivantes :

Tableau 01: classification des éléments minérale (A.L.S.)

CLASSE GRANULOMETRIQUE	DIMENSIONS (en µm)
Argile	<2
Limon fin	2-20
Limon grossier	20-50
Sable fin	50-200
Sable grossier	200-2000

1.4. La structure :

1.4.1. Définition de 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 (GAUCHER, 1966).

1.5. Les propriétés physico-chimiques de sol :

1.5.1. Les propriétés physiques :

A. Porosité (indices vides/eau/air) :

Analyse de la porosité :

Elle correspond à la mesure des vides d'un substrat.

La porosité est occupée par deux fluides : l'air (essentiel à la respiration racinaire et l'eau (qui assure la fourniture pour l'alimentation hydrique).

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.

Le volume du sol se divise en volume des solides et porosité.

$$V_t = V_s + V_p$$

La porosité est occupée par les fluides, en général la phase aqueuse et la phase gazeuse dont les volumes respectifs sont V_g et V_e . Dans certains cas plus rares, cette porosité est aussi occupée par d'autres fluides (hydrocarbures lors de la pollution des sols par ces produits).

B. la densité (apparente/réelle) :

La densité apparente elle correspond à la masse de l'unité de volume à l'état sec (poids d'un litre du substrat sec).

Plus la densité apparente sèche est faible plus la porosité est forte.

On définit aussi la densité apparente sèche D_a , comme la masse volumique du sol sec divisé par 1 (masse volumique de l'eau). La densité apparente est la masse volumique du sol sec divisé par 1, avec la masse volumique du sol sec égale au rapport du poids du sol sec sur le volume total.

$$d_a = \frac{M_s}{V_s} : \text{Masse volumique apparente ou densité apparente (d)}$$

La densité réelle (d_r) du sol est la masse volumique des phases solides divisée par 1. Il s'agit de la moyenne pondérée des masses volumiques des solides du sol

- évaporation, c'est-à-dire par passage de l'eau de la phase liquide à la phase gazeuse
- transpiration, c'est-à-dire prélèvement par les végétaux qui conduisent cette eau en surface où ils la vaporisent l'humidité diminue. L'eau abandonne les pores les plus grossiers pour se cantonner aux plus fins.

$$D = \frac{\text{poids du sol sec}}{\text{volume des grains}} = \frac{M_{\text{solsec}}}{V_{\text{grains}}} \quad (\text{g/cm}^3)$$

1.5.2. Les propriétés chimiques :

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 Na Cl.

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 répons 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.

2. La salinité :

2.1. Définition de la salinité :

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 définie comme un processus d'accumulation des sels solubles. D'après Mermoud (2006), la salinisation des sols est le 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'ensuit une diminution des rendements et, à terme, une stérilisation du sol. La salinisation se produit généralement lorsque la quantité d'eau perdue par le sol par évapotranspiration dépasse celle provenant de l'infiltration des précipitations.

La salinisation entraîne un accroissement de la pression osmotique qui rend l'eau plus difficilement mobilisable par les plantes, une toxicité de certains ions pour les végétaux (Cl⁻, Na⁺, etc...) et une dégradation du sol (modifications de l'état structural, diminution de la conductivité hydraulique...)

2.2. Les caractères des sels :

2.2.1. La solubilité des sels :

La composition de la solution, le pH et la température sont les paramètres influençant la solubilité des sels. Les sels se solubilisent par des formes différentes. En effet, les chlorures sont les plus solubles, les sulfates, les carbonates et les bicarbonates sont moyennement solubles. En revanche, lorsque les sulfates et les carbonates sont associés au calcium, ils deviennent presque insolubles.

2.2.2. Le mouvement des sels :

Les sels dans le sol peuvent se déplacer d'un horizon à un autre sous l'action de divers facteurs. Les sels les plus solubles sont généralement les plus mobiles. Le mouvement des sels dépend des états physiques de l'eau du sol, du gradient de température existant dans ce sol, et de la texture des sols etc.

2.3. La genèse d'un sol salin et/ou sodique :

La formation d'un sol salin ou sodique résulte généralement de l'accumulation des sels dans les horizons de surface (CHURCHMAN et AL. 1993, NAIDU et RENGASAMY 1993, SUMNER 1993, KEREN 2000, LEVY 2000, BRADY et WEIL 2002, ESSINGTON 2004). Le régime hydrique du sol, la forme de sel, les conditions climatiques et la texture des sols sont les paramètres les plus importants qui manifestent la genèse d'un sol salin. Les sels les plus communs présents dans la solution du sol correspondent aux cations Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , et aux anions Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , NO_3^- . Egalement le bore, le sélénium, l'arsenic et le molybdène (les éléments traces) sont considérés comme d'autres sels moins courants et plus toxiques à faibles concentrations (KEREN 2000, ESSINGTON 2004). De façon analogue à la formation d'un sol salin, un sol devient sodique lorsque la proportion d'ions Na^+ dépasse celle des autres électrolytes de plusieurs ordres de grandeur (SUMNER 1993, LEVY 2000, ESSINGTON 2004). Cela dépend de la source de sels mais aussi des conditions physico-chimiques du sol. Selon BOLT et AL (1978).

2.4. Description de l'origine de la salinité

La salinisation des sols est un processus anthropogénique, alors que la salinité du sol est un élément naturel et un facteur écologique constitué par la teneur en sel (NaCl : représente un facteur limitant de première importance car, au-delà d'environ 5 pour 1 000, il interdit le développement des plantes) des eaux ou des sols. C'est un facteur limitant de nombreux écosystèmes. L'excès de sel dans les sols empêche le développement d'une végétation normale, seules quelques plantes halophiles pouvant y croître. À l'opposé, la carence en sel des sols peut entraver le développement de certaines populations animales. On a ainsi pu mettre en évidence que la déficience en chlorure de sodium édaphique s'accompagnait de très faibles densités de population de campagnols dans les prairies naturelles. (FRANÇOIS ; 2008)

La salinisation est contrôlée par un ensemble de facteurs liés aux conditions environnementales (climat, hydrologie), l'approvisionnement en eau et aux systèmes de contrôle (irrigation, drainage), et aux pratiques culturales (type et la densité du couvert végétal et les caractéristiques d'enracinement). Ces facteurs influent sur l'équilibre en eau du sol et donc le mouvement et l'accumulation de sels dans le sol.

Les études d'ABROL en 1988 sur La remontée des sels ont distingué que l'infiltration des eaux est plus fréquent le long des canaux d'irrigation, à proximité des réservoirs d'eau et les étangs de ferme, ce qui provoque la formation des croûtes de sel dans et autour des plantes. En collaboration avec l'excédent de l'eau d'irrigation appliquée au-dessus des besoins de cultures, et les mauvais entretiens des voies de drainage et les suintements contribuent à l'élévation de niveau de l'eau et qui peuvent former une nappe perchée.

NASERI(2001) a fait des recherches sur l'intrusion d'eau de mer et les eaux souterraines salines fossiles en IRAN. Il a remarqué que la surexploitation des eaux souterraines pour des usages urbains ou d'irrigation des périmètres dans la proximité des étendues d'eau salée (mer ou lac) favorise l'intrusion d'eau salée dans les aquifères de l'eau douce. L'augmentation subséquente du niveau de l'eau salée souterraine cause la salinisation du sous-sol, tandis que l'utilisation de la même eau pour l'irrigation entraîne la salinisation des sols de surface. Par exemple, l'élévation du niveau de la mer Caspienne d'eau de mer à la fin des années 1980 est à l'origine de dommage des infrastructures et les structures côtières. En revanche, l'envahissement de l'eau de mer dans les aquifères régionaux favorise également l'utilisation de l'eau pour l'irrigation.

2.5. Les sols salés en Algérie :

AUBERT (1976), signale deux types de sols en Algérie, qui sont les solontchaks et les solontchaks-solonetz.

***Les solontchaks:** sont caractérisé par l'accumulation des sels solubles à la surface à cause de la proximité de la nappe phréatique et de l'évaporation intense.

***Les solontchaks-solonetz :** sont les plus fréquents des sols salés ; caractérisés par une teneur en sels solubles et un taux élevé de sodium échangeable.

2.6. Causes de la salinisation des sols :

Bien que l'altération des roches et les minéraux primaires soit la principale source de tous les sels, les sols salés sont rarement formés par accumulation de sels in situ. Plusieurs causes sont à l'origine de ce phénomène (Maillard, 2001) :

2.6.1. Salinisation primaire :

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle, on qualifie alors la salinisation de «primaire». Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

- Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.
- Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.
- Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (Mermoud, 2006)

2.6.2. 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)

2.7. Paramètres de caractérisation des sols salés :

L'étude d'un sol sur le plan de la salinité se base sur un ensemble de facteurs

***Conductivité électrique:** La salinité est mesurée par la CE de l'extrait de pâte saturée ou l'extrait dilué du sol. Elle est exprimée en en ds/m à 25°C.

***pH du sol:** La notion du pH du sol permet de façon commode et précise de désigner la réaction du sol. Les sols salés ont un pH sensiblement égal à 7. Il augmente en corrélation avec le rapport Na^+/CEC .

***ESP** (Le taux de sodium échangeable): Ce terme permet de caractériser le stade d'alcalinisation d'un complexe d'échange, l'ESP est en fonction de la CEC exprimée en (meq/l).

***ESP= Na^+ / Quantité totale des cations absorbés**

***SAR** (Sodium absorption ratio): Il s'agit d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau de l'alcalinisation de la solution du sol.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{++})}{2} + \frac{(Mg^{++})}{2}}}$$

2.8. Classification des sols salés :

De grandes divergences existent encore entre les différents systèmes de classification. Les pédologues sont d'accord quant à l'existence de trois grands types de sols salés dont le caractère commun est de renfermer, généralement, a un moment ou à un autre de leur genèse de quantités de sels de sodium (HALITIM, 1973). Ces types sont :

2.8.1. Sols salins ou Solontchaks :

Caractérisé par une richesse en sels solubles telle qu'ils inhibent la croissance de la plupart des plantes cultivées. Le pH de ces sols est en général inférieur à 8.5. La conductivité électrique (CE) de l'extrait aqueux a saturation est supérieur à 4 dS/m à 25 °C, le pourcentage de sodium échangeable (ESP) est inférieur à 15%.

En Algérie ils sont abondants dans les basses plaines et vallées d'Oranais, vallée de Mina, près de Relizane sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine aux bords de certaines Chotts comme le chott Melrhir.

2.8.2. Sols salins a alcali :

Ils se caractérisent par un pourcentage de sodium échangeable (ESP) supérieur à 15 % et par une conductivité électrique (CE) de l'extrait de pâte saturée supérieure à 4 dS/m à 25°C leur pH est inférieur a 8.5 (U.S.S.L, 1954). Ils se trouvent dans les Oasis du sud Algérien et aussi dans la vallée du Cheliff. (AUBERT, 1983) in OULD SIDI BELLA, 2001).

2.8.3. Sols à alcali :

Ces sols se caractérisent par la présence d'une quantité importante de sodium qui dépasse les 15% de la CEC la conductivité électrique (CE) ne dépasse pas 4 dS/m a 25°C et le pH dépasse 8.5. Ils s'observent dans les vallées du tell: Mina et Cheliff. (AUBERT, 1983).

2.9. Effet de la salinité sur les propriétés physiques et chimiques du sol :

L'excès de sel dans un sol modifie les propriétés physiques et chimiques. Cette altération des conditions édaphiques constitue un stress indirect pour la croissance des plantes (GREGORY, 2005)

2.9.1. Effets de la salinité sur les propriétés physiques du sol :

Une grande quantité de sels solubles peut affecter les propriétés Pédologiques, notamment la dispersion des colloïdes, la stabilité structurale et la hute de la perméabilité hydraulique (SERVANT, 1970; CHEVERRY, 1972;AUBERT 1983; HALITIM, et al, 1988).

2.9.2. Effet de la salinité sur les propriétés chimiques du sol :

***pH (potentiel hydrogène) :**

La réaction du sol (pH) est influencée par la nature de sels .Alors que certains sels sont acidifiants (CaSO₄, KCl, MgSO₄) d'autres sont alcalinisants (NaHCO₃, CaCO₃Na₂CO₃)

***ESP (taux de sodium échangeable) :**

Le taux de sodium échangeable à une grande importance dans les sols alcalins, Vu que ces derniers retiennent de faible concentration en sels solubles et la grande quantité de sodium se trouve sous la forme échangeable. Tandis que dans les cas des sols salés la grande partie de sodium se trouve dans la solution du sol.

2.9.3. Effet de la salinité sur les plantes :

La salinité pose un problème des l'instant ou l'accumulation de sel dans la zone racinaire atteint une concentration qui provoque une baisse de rendement et ralentit la croissance des végétaux (BOULAIN, 1974; BOLYN, 1975 ; FAO, 1998 in MENACER,2009), il faut d'abord rappeler que sur les plantes spontanées ou cultivées la salinité à deux actions bien distinctes qui peuvent très souvent se produire simultanément.

L'intoxication par les sels qui provoque la décoloration (chlorose); les végétaux ne parviennent pas à absorber les quantités d'eau qui leur sont nécessaires par ce que les sels accumulés dans leur tissu ont tendance à se substituer aux substances organiques qui jouent un rôle dans le phénomène d'osmose c'est le flétrissement prématuré de la plante.

La sécheresse physiologique qui détermine la nuançations des sujets (AUBERT, 1963 in BENZAHY, 1994).

2.10. Méthodes d'évaluation de la salinité des sols :

Elles peuvent être classées en deux grands groupes :

La conductivité électrique (CE) est directement proportionnelle à la teneur en sels d'un sol. Elle est exprimée en déci siemens par mètre (ds/m) ou en millièmes par centimètre (ms/cm).

On distingue deux méthodes pour mesurer la conductivité électrique :

- L'extrait 1/5 (une masse de sols pour 5 masses d'eau) qui permet d'estimer rapidement la conductivité électrique et la salinité du sol de l'extrait de pâte réalisée en ajoutant 50 ml d'eau distillée à 10 g du sol.
- L'extrait de la pâte saturée qui est plus convenable que l'extrait 1/5

Les sols sont classés selon le tableau suivant :

Tableau 02: l'échelle de la classification des sols salés

Classification des sols	l'extrait de pâte saturé CE (ds/m)	l'extrait aqueux CE (ds/m)
Non salé	≤ 2	≤ 0.5
Légèrement salé	2-4	0.5-1
salé	4-8	1-2
Très salé	8-16	2-4
Extrêmement salé	≥ 16	≥ 4

2.11. Caractéristiques des sols salés :

La formation des sols salés est en relation étroite avec la présence de l'ion sodium Na^+ sous l'une ou l'autre de ses formes: saline (NaCl , Na_2SO_4) ou échangeable, parfois les deux.

Les sols salés sont riches en sels solubles (Sols salins) ou en sodium adsorbé (sols sodiques ou alcalins) :

A. Les sols salins (Solontchaks) :

Ont pour principales caractéristiques leur richesse en sels de sodium neutres (NaCl chlorure de Sodium, Na₂SO₄ sulfate de sodium) mais contenant également des quantités appréciables d'ions chlorites et de sulfates de sodium, calcium et magnésium.

Ces sols sont généralement dominant dans les régions arides et semi - arides.

B. Les sols alcalins (Solonetz) :

Sont riches en sodium échangeable et en revanche pauvres en sels solubles (sels alcalins, carbonates et bicarbonates de sodium, Na₂CO₃ principalement)

Les sols alcalins se trouvent plutôt dans les zones semi - aride et sub - humide.

Ces deux types de sols ont en fait des propriétés chimiques et physiques distinctes, d'où des effets sur les plantes, des traitements pour leur remise en valeur, une distribution géographique et une qualité des aquifères adjacents différents (Maillard, 2001)

Tableau 03 : Caractéristiques principales des sols salins et sodiques (Maillard, 2001)

Caractéristiques	Sols salins	Sols sodiques (alcalins)
Chimiques	- Dominés par des sels solubles neutres : chlorures et sulfates de sodium, calcium et magnésium.	- Peu de sels solubles neutres mais généralement des quantités appréciables de sels capables d'hydrolyse alcaline tel que les carbonates de sodium (Na ₂ CO ₃)
	- Le pH de l'extrait de sol saturé généralement de moins de 8,2 (8,7 dans d'autres ouvrages)	- Le pH de l'extrait de sol saturé de plus de 8,2 (ou 8,7) et atteignant souvent 9 ou 10.
	- Conductivité électrique à 25°C ; CE >4Ms/cm	- Conductivité électrique à 25°C CE <4Ms/cm
Physiques	En présence excessive de sels solubles neutres, la fraction argileuse est floculée et le sol est stable.	Un excès en sodium échangeable couplé à des valeurs de pH élevées rend l'argile dispersée et une instabilité structurale du sol.
	La perméabilité à l'eau et à l'air de ces sols est généralement comparable à ceux des sols « normaux ».	La perméabilité à l'eau et à l'air est restreinte. Les propriétés physiques de ces sols s'aggravent avec l'augmentation du pH et du sodium échangeable.
Distribution Géographique	Les sols salins dominant dans les régions arides à semi-arides.	Les sols alcalins se trouvent principalement dans les régions semi-arides et sub-humides.

2.12. La désalinisation :

Elle peut se réaliser principalement par :

_ Lessivage : consiste à éliminer les sels solubles par un lavage en utilisant des doses d'irrigations majorées d'une fraction lessivant. L'installation d'un réseau de drainage s'avère indispensable;

_ Des amendements : selon (DOGAR, 1980), l'élimination de sels solubles ne résout pas toujours le problème presque le Na⁺ échangeable habituellement persiste, pour cela il faut penser à substituer les composants chimiques en question, fixée sur le complexe adsorbant. De ce fait des produits minéraux et organiques utilisés comme source de substituant peut donner des résultats encourageant;

_ Techniques associées: il s'agit des techniques d'amélioration physique du sol (Exemple; labour profond, sous soulage etc.) dont le but est d'enlever les couches imperméables proches de la surface (croue gypseuse et dalle calcaire). Pour conséquence augmenter la couche exploitée par les racines de la plante.

3. La Cartographie Numérique :

3.1.Introduction

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).

Toute évolution technologique a ses effets pervers surtout si son rythme est accéléré alors que dire de l'impact de l'information des techniques cartographiques, surtout du point de vue d'utilisateurs du domaine de l'aménagement.

La rigidité des plans et cartes traditionnelles sur papier ou sur calque ne répond plus aux besoins d'aide à la gestion et à la décision exprimés par les uns et les autres. 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.

3.2. Définitions :

3.2.1. 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.

3.2.2. 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).

3.3.3. Les Systèmes d'Information Géographique :

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.

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 (Société Française de Photogrammétrie, 1989).

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).

3.3.4. 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). 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.

3.3.5. Définition de la cartographie numérique des sols :

La création et l'enrichissement de systèmes d'information pédologiques à références spatiales par des modèles numériques inférant les variations spatiales et temporelles des sols et de leurs propriétés à partir d'observations de sol et de données spatiales d'environnement (Lagacherie et McBratney, 2007).

1. Introduction :

En Algérie la salinité est un problème majeur qui affecte les terres agricoles en diminuant leur potentiel productif. Plusieurs études ont été réalisées notamment dans le bassin du Chélif (DURAND, 1953 ; DOUAOUI, 1992 ; DAOUD, 1993).

La zone d'étude de Hmadna , appartient au bas Chélif qui est le siège de processus importants de salinisation ; ce qui génère des problèmes de mise en valeur et de gestion dans ce type de milieu.

Les sols affecté par les sels, présentent des caractéristiques bien particulières du point de vue morphologique et physico-chimique .Ces sels sont en relation directe avec la texture du sol.

(Yacono, 1954). Il s'agit bien d'un climat très rude et très contrasté par des étés très chauds et des températures basses en hiver.

3.1. La pluviométrie :

En ce qui concerne les précipitations, on note une diminution de la hauteur des pluies, dans la vallée du Chélif d'Est en Ouest. La région d'étude a connu durant la dernière décennie des cycles de sécheresse, la plus marquée est celle qui s'étale de 1990 à 2010.

Les précipitations moyennes annuelles en pluviométrie restent inférieures à 302.44 mm. Généralement La pluie tombe sous forme d'averse de courte durée donc de forte intensité causant ainsi des inondations en quelques endroits de la plaine.

L'analyse pluviométrique sur la région du H'madna calculée sur une période s'étalant de 1990 à 2010.(tabl.02) Montre que le mois de Novembre est le mois le plus pluvieux (50.44 mm),

Tableau 04 : Données pluviométriques (1990-2010) .

Mois	P(mm) .1990-2010
Janvier	37,21
Février	35,26
Mars	29
Avril	33,55
Mai	23,59
Juin	3,1
Juillet	0,87
Août	3,36
Septembre	17,79
Octobre	33,72
Novembre	50,44
Décembre	34,55
Somme	302.44

(Source: Station de H'Madna)

3.2. La température :

Le régime thermique de la région est caractérisé par des températures élevées en été et relativement basses en hiver. Les températures les plus élevées sont enregistrées durant les mois de juillet et août, où elles atteignent un maximum de 29 °C en moyenne, ce qui correspond à une forte évaporation et une remontée capillaire de la nappe qui se trouve parfois à un mètre de profondeur.

Les basses températures se manifestent au mois de janvier avec une température moyenne de 10 °C.

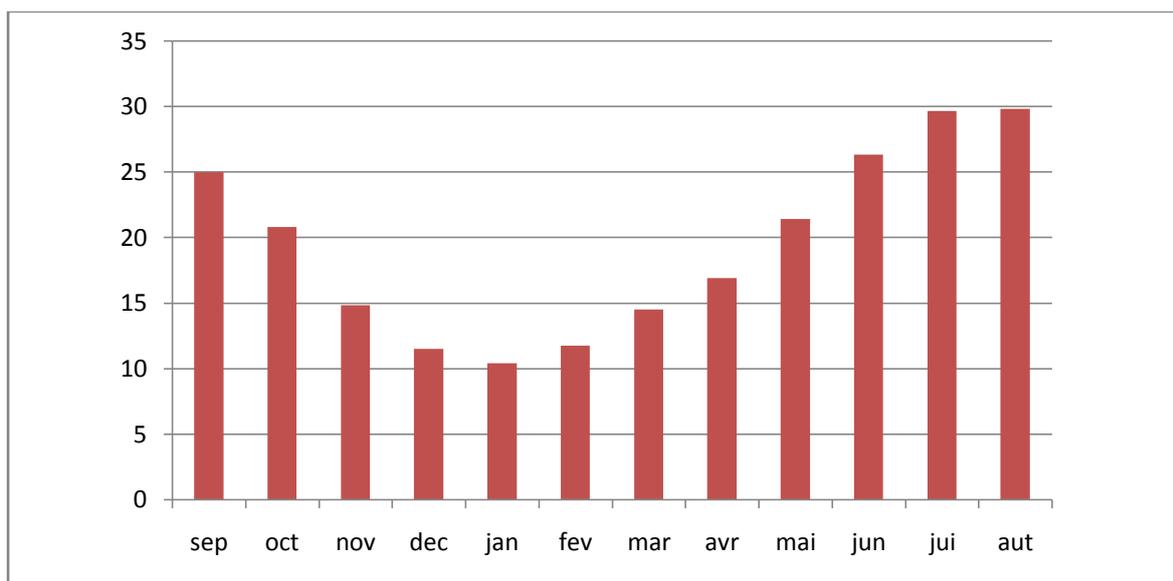


Figure 03 : Histogramme de la température moyenne mensuelle (1990-2010)

Le diagramme ombrothermique de la station climatique de H'madna entre 1990 et 2010, la Figure N° 04 montre que la période de sécheresse est très longue. Elle s'étale sur six mois. Allant de Mai à Octobre.

La période sèche :

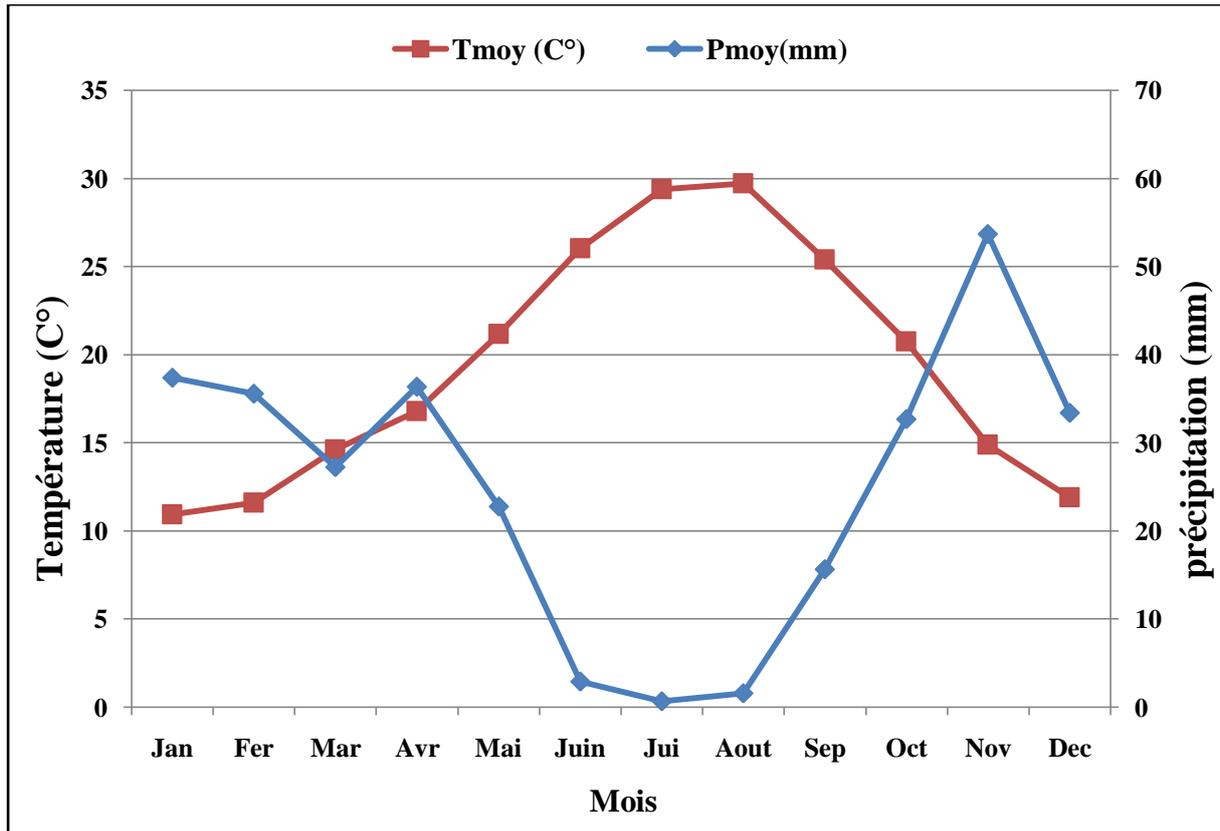


Figure 04: Diagramme ombrothermique de la station climatique De H'madna (1990-2010).

3.3. Le vent :

Selon Mokhtari. Dj. 2009 ; d'après les observations effectuées à la station de H'madna, il ressort que le vent dominant est le vent d'ouest. Sa vitesse moyenne varie de 13 à 33 Km/h, jouant le rôle de la dégradation mécanique du sol et agit sur l'amplitude de la température. Il constitue ainsi un agent d'érosion efficace dans les régions à couverture végétale faible à nulle, surtout durant la période sèche où beaucoup de sols acquièrent une structure micro-polyédrique (pseudosables) à la surface voire poudreuse dans d'autres cas (Douaoui, 2005). Les lunettes qu'on retrouve autour de la sebkhia Benziane sont dues à ce phénomène (Boulaine, 1957).

3.4. L'humidité :

L'humidité relative de l'air est généralement plus élevée le matin pour tous les mois ; elle est de l'ordre de 60 à 85 % en automne et l'hiver et entre de 35 à 60 % en printemps et l'été. Elle peut compenser en un certain degré l'absence ou la rareté des précipitations en favorisant le développement des plantes.

Le mois le plus humide est le mois de décembre et le mois le plus sec est le mois de juillet. (Douaoui, 2005).

3.5. L'évapotranspiration (ETP) :

Elle est définie comme étant la valeur maximale possible de l'évapotranspiration dans des conditions climatiques données. Elle résulte de deux phénomènes l'un physique : l'évaporation, l'autre biologique : la transpiration. L'évapotranspiration potentielle estimée selon la formule de Thornthwait est de 1000 mm/an

Tableau 05 : Données de L'évapotranspiration de la station météorologique de Hamadna Compagne 1990/2010.

Mois	ETP (mm) (1990-2010)
Sep	121.2
Oct	79.3
Nov	32.8
Déc	19.3
Jan	16.0
Fev	18.5
Mars	39.0
Avril	55.4
Mai	105.7
Juin	159.3
Juillet	215.9
Août	206.0

4. Pédologie :

La carte des sols établie par McDonald et BNEDER (Bureau National d'Etude pour le Développement Rural) (1990) selon la CPCS (1967) montre l'existence des mêmes types de sols dans la plaine (tab. 06)

Type de sol :

Tableau 06: Synthèse des sols de la plaine du Bas-Chélif d'après la carte pédologique de Mc Donald et BNEDER (1990).

Type de sol	Caractéristiques
Sols peu évolués	<p>Les sols peu évolués d'apport alluvial : avec des caractéristiques physicochimiques très variées. Textures peu argileuses, limoneuse ou sableuse. Localisé surtout aux bords des oueds.</p> <p>- Les sols peu évolués d'apport colluvial : Ils sont caractérisés le plus souvent par des dépôts de cailloux et de graviers à la surface et en profondeur du profil. Leur texture peut être très variée. Localisés au bord de la plaine</p>
Les Vertisols	<p>Riches en argiles gonflantes (smectites). C'est des sols à mauvais drainage. On les retrouve sur les alluvions des terrasses Rharbiennes. Ils présentent souvent le caractère salin avec une hydromorphie en profondeur</p>
Les sols Calcimagnésiques	<p>Des sols carbonatés, plus ou moins différenciés et présentent parfois des accumulations calcaires nodulaires ou continues sous forme d'encroûtement et de croûte. Ils montrent parfois des caractères vertiques</p>
Les sols isohumiques	<p>Moins fréquents dans le Bas-Chélif. Ils sont de couleur marron et présentent, parfois, le caractère vertique ou des accumulations discontinues de calcaire. Localisés sur les colluvions de la partie Sud de la plaine et sur le plateau de Benziane</p>
Les sols hydromorphes	<p>Des sols profonds avec un drainage imparfait dû à leur position basse. Ils forment généralement des dépressions fermées telles que les sols de la Gaa. On les rencontre un peu partout dans le Bas-Chélif.</p>
Les sols salsodiques	<p>Appelés halomorphes : sont des sols dont l'évolution est influencée par la présence de sels solubles et du pourcentage du sodium échangeable. Lorsque la conductivité électrique dépasse les 4 dS/m par la méthode de la pâte saturée, ils sont appelés sols salés (U.S.S.L.S, 1954).</p>



Figure 05 : Carte des sols (Source : Boulaine, 1956.RATA 2010)

5. La Géologie :

La plaine de Oued Rhiou occupe une partie du synclinorium intra-tellien dans lequel les phénomènes de subsidence quaternaire ont été particulièrement intenses.

Au nord et à l'Ouest, la plaine de Oued Rhiou est limitée par un grand glacis d'alluvions villa franchienne, relevé avec de forts pendages sur les flancs des plis anticlinaux qui bordent au sud le massif du dahra.

Dans la région de Ouarizane, une inflexion de l'axe des plis vers le nord a laissé subsister des surfaces plus considérables de ces formations.

Celles-ci recouvrent des grés du pliocène supérieur qui forment de beaux chevrons entre les quels apparaissent les marnes du pliocène inférieur et les formations marno-gypseus du miocène (J. Boulaine).

5.1. Pliocène:

La partie du versant sud du Dahra, immédiatement en contact avec la plaine du Bas Chélif est formé de conglomérats et de sables.

Il s'agit d'une formation constituée par une alternance de sables grossiers et de limon argileux jeune rougeâtre surmontés de conglomérats atteignant 40 m d'épaisseur.

Le pliocène inférieur forme une première bande continue constituant la première crête de collines au nord de la plaine.

Le pliocène inférieur est constitué de grés et de sables tendant à devenir de plus en plus calcaires à mesure que l'on s'avance vers l'Ouest.

5.2. Miocène:

Ce niveau étagé est représenté dans la partie supérieure des bassins versants des oueds Razzaz, Tarhia et Ouarizanz, notamment on trouve successivement rattachés à cette série du miocène les faciès lithologiques suivants:

- des calcaires marneux, qui passent latéralement à des calcaires plus compacts;
- des lentilles de gypse interstratifié;
- des marnes blanches à silex;
- des calcaires à lithothamnium;
- des grés à clypéastres;
- des poudingues à *Ostréa crassissima*;
- des argiles helvétiennes;
- des marnes blanches salées gypseuses;
- des poudingues rouges.

5.3. Crétacé:

Le crétacé supérieur est représenté à la partie tout à fait supérieure du bassin versant de l'Oued Razzaz de poudingues rouges.

6. Géomorphologie :

La plaine du Bas-Chélif est un synclinal traversé par le lit de l'oued Chlef qui occupe, à l'instar des autres plaines du Chélif, le fond de bassins de sédimentation où s'accumulent les sédiments depuis au moins le Villafranchien (Boulaine, 1957). Elle est comblée d'alluvions du quaternaire et encadrée au nord et au sud par des piémonts du Dahra et de l'Ouarsenis de l'âge Miocène et Pliocène (tertiaire), qui lui fournissent le matériau par érosion. L'existence de la sebkha de Benziane située sur le plateau de Benziane au sud-ouest de la plaine lui confère un caractère particulier.

7. Les reliefs :

La vallée du Bas-Chélif est située en aval et en contre bas du grand bassin de l'oued Cheliff. La figure N°06 présente le relief de cette vallée plat, et les pentes sont quasi nulles d'où le mauvais drainage au niveau de cette région.

Au milieu de la plaine, la pente du terrain est modérée et augmente progressivement jusqu'aux villes situées au piémonts de l'Ouarsenis et ce en partant de Hamadna, Djediouia jusqu'à Oued Rhiou sur la rive gauche. De même pour la rive droite, la pente augmente progressivement, d'une façon plus prononcée, jusqu'à la Dahra.



Figure 06 : Topographie de la plaine du Bas Chélif (Source : INSID, 1998)

8. Ressources en eau :

La plaine du Bas-Chélif offre d'importantes potentialités en eau, malheureusement l'absence d'une politique d'aménagement et de gestion rationnelle fait que la plaine n'en profite pas.

8.1. Les ressources en eaux superficielles :

Les principaux aquifères du Bas-Chélif sont :

Les deux principales ressources en eau sont constituées par deux retenues :

- Le barrage de Gargar sur l'oued Rhiou : d'une capacité de 450 millions de m³, il est l'un des plus importants barrages d'Algérie ;
- La retenue de la Merdjet Sidi Abed , un réservoir hors cours d'eau d'une capacité de 50 millions de m³, située à l'amont du périmètre existant, qui est remplie pendant l'hiver essentiellement par dérivation des eaux de l'oued Chlef. (dévasée en 2005)

En plus de ces deux ressources, le Bas-Chélif pourrait aussi être alimenté à partir des autres ressources en eau superficielles du bassin du Chélif, telles que les eaux non régularisées excédentaires du Chélif.

La qualité de l'eau des cours d'eau du bassin de Chélif est aussi variable, mais elle est en général plutôt médiocre. La salinité de l'eau dans l'oued Rhiou varie entre 0,5 g / l environ pour les débits les plus forts et 2 g / l pour les débits d'étiage. La figure 08 montre la qualité des eaux du barrage de Gargar et de Merdjet Sidi Abed pour l'année 2002.

8.2. Les ressources en eaux souterraines :

Les principaux aquifères du Bas-Chélif sont :

- le Miocène calcaire : il affleure le long de la limite sud de la plaine ; les descriptions lithologiques ont montré l'existence de zones de fracture productives entre 37 et 60 m ;
- le Pliocène marin : c'est une suite d'argiles et de marnes avec des couches minces de grès qui affleurent au nord de la plaine ; on le retrouve dans la région de Ouarizane à plus de 55 m de profondeur et dans la région de sebkhet Benziane à plus de 400 m de profondeur ;

– le Quaternaire-Pliocène continental : il est constitué de sédiments à base d’argile, de marnes et des lits de sable, de graviers et de conglomérats. La profondeur de ces forages est très variable selon les régions où elle peut aller jusqu’à 300 m alors que la moyenne est de 70 m.

8.3. Les principaux périmètres irrigués de la plaine :

La plaine du Bas-Chélif comporte plusieurs périmètres où l’irrigation est fréquente, dont les plus importants sont : le périmètre de l’oued Rhiou, le périmètre Ouarizane, le périmètre Djédouia, le périmètre Hmadna et le périmètre Guerouaou. On y trouve aussi les deux zones très connues, en l’occurrence, la zone de Benziane où se trouvent le plateau et la sebkha de Benziane et la zone de Gaa qui forme une dépression très salée où les sols sont généralement abandonnés (figure 07).

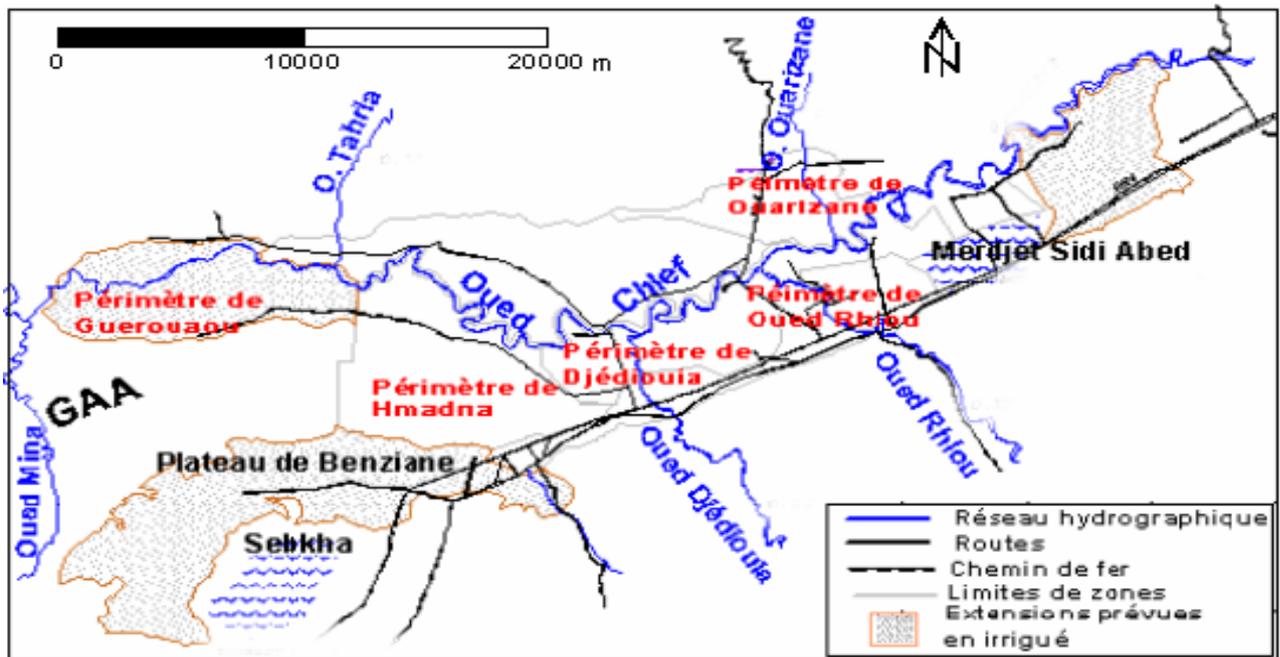


Figure 07 : Les principaux périmètres irrigués de la plaine du Bas-Chélif. (Source: Douaoui, 2005)

9. Occupation du sol :

Les sols du Bas-Chélif sont, soit occupés par l’agriculture, soit abandonnés pour être occupés par la végétation halophyte. L’agriculture concerne essentiellement :

– les vergers d’agrumes et d’oliviers dont la date de plantation remonte le plus souvent au milieu du vingtième siècle ; ces vergers sont irrigués et se localisent le plus souvent dans les périmètres des oueds Rhiou, Djédouia et Ouarizane ;

- les cultures maraîchères irriguées (melon, pastèque, artichaut, oignon...) sont cultivées dans les périmètres irrigués et se concentrent au bord des lits d'oueds ;
- les cultures céréalières en sec principalement sur les sols calcimagnésiques du plateau de Benziane.

On les retrouve également dans les périmètres irrigués ;

Selon l'étude de McDonald et Bneder (1990), ces types de cultures occupent respectivement : orge 20 %, blé 8,5 %, olivier 3,6 %, melons, pastèques et artichaut 6,7 % de la surface agricole utile. Les sols très salés abandonnés sont couverts par une végétation halophyte dont la densité de recouvrement est très variable dans l'espace et dans le temps. En été, certains types de sols, tels que ceux de la Gaa sont totalement dépourvus de végétation.

Aujourd'hui, la plupart des exploitations agricoles ont un statut juridique privé et ont un système de production maraîchage – céréale – élevage ou arboriculture -céréale –élevage.

10. La salinité dans la plaine du Bas Chélif :

La plaine du Bas Chélif est particulièrement touchée par le problème de la salinisation. Cette salinisation est d'abord primaire, comme pour beaucoup de sols d'Afrique du Nord, les sols sont des alluvions dont le matériau originel était lui-même plus ou moins salé. Les formations salifères (Trias, Miocène, Helvétien, Sahélien) qui affleurent dans l'Ouarsenis sont les principales pourvoyeurs (Gaucher et Burdin, 1974). La salinisation secondaire due principalement à l'irrigation a contribué à aggraver ce phénomène, par une augmentation spatiale et une accumulation temporelle de la salinité.

C'est ainsi que les superficies touchées par la salinité dans la plaine du Bas Chélif sont passées de 35 % dans les années cinquante à 80 % à la fin des années quatre vingt dix (Douaoui et al, 2006). La salinisation des sols, qui est à la fois un problème agricole et environnemental, a des conséquences sur les propriétés physico-chimiques des sols qui se traduisent par la présence des sols salés à structure non dégradée ,mais aussi des sols salés à structure dégradée (Qadir et Oster, 2004). Dans la plaine du Bas Chélif, les sols peuvent être sodiques ou magnésiens ou les deux à la fois (Daoud et al, 1993). Le taux du sodium échangeable peut être élevé à très élevé et atteindre 30 % à 40 % (Douaoui, 2005).

On choisie la station de Hamadna pour étudier la qualité des sols du point de vue physico-chimiques, et en même temps la variabilité de la salinité sur 72 hectares.

1. Dispositif d'échantillonnage de 86 points :

1.1. Présentation du dispositif d'échantillonnage :

Le dispositif d'échantillonnage est illustré à la figure. Localisation des 86 points d'observation a été établie selon un quadrillage régulier aux nœuds d'une grille à mailles de 100m de coté. Les échantillons ont été prélevés à partir du premier horizon à une profondeur constante de 0.20 m, avec une méthode systématique.

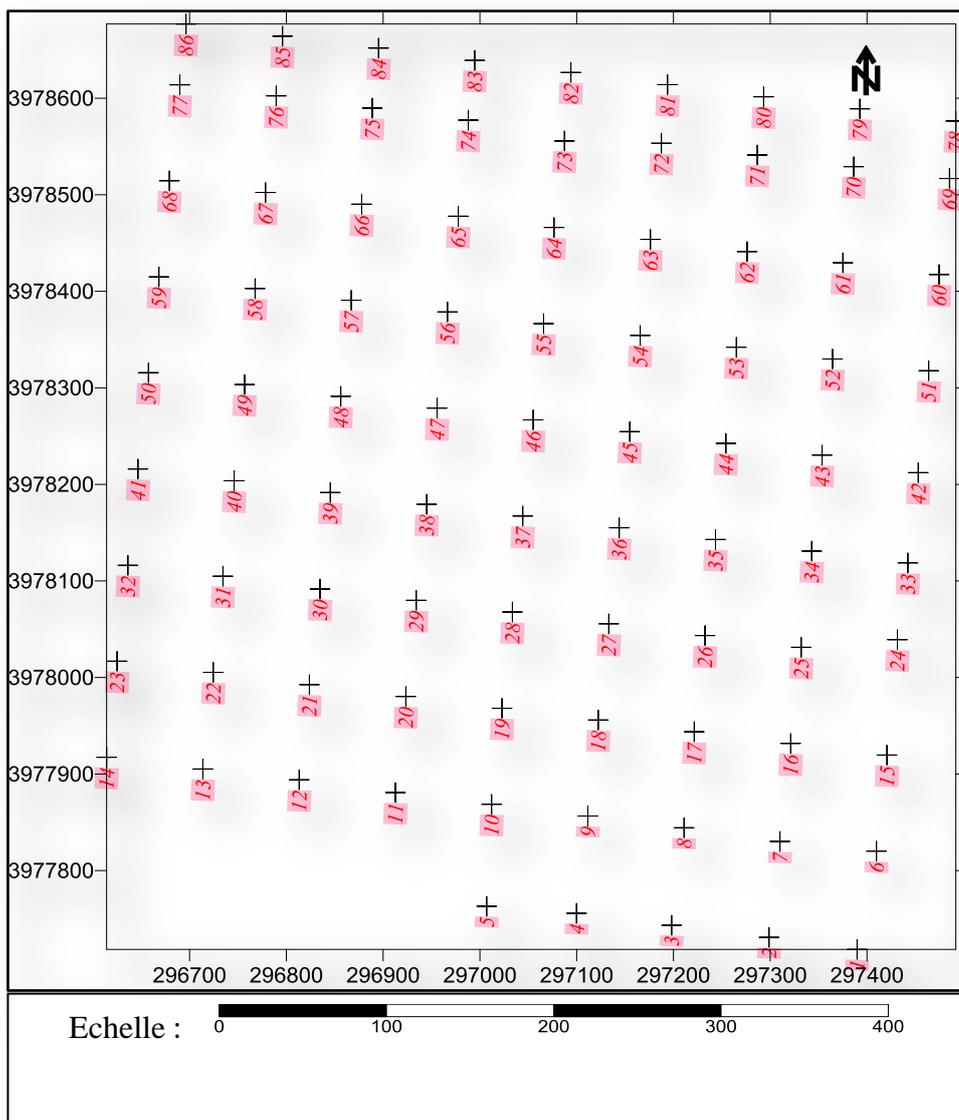


Figure 08 : disposition d'échantillonnage

Pour mesurer la conductivité électrique de toute la station de Hamadna de l'horizon (0-20 cm)

1.2. Choix du dispositif :

La parcelle d'investigation retenue a une superficie de 72 ha avec 900 m de longueur dans la direction Nord-Sud et 800 m de largeur dans la direction Est-Ouest. Elle appartient aux terres de recherche de l'INRAA.

1.3. Justification du dispositif :

1.3.1. La parcelle d'étude :

Le choix de la parcelle se justifie par le fait que cette station a expérimentaux pouvaient être appliqués et généralisés à toute la plaine, d'autant plus qu'une bonne partie appartient encore à la station expérimentale de l'INRAA de Hamadna.

1.3.2. La maille d'échantillonnage :

La maille de 100 m de côté 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.

1.3.3. La couche de surface et sa profondeur :

Ce choix est justifié pour plusieurs raisons :

1. C'est à travers de cette couche que s'effectuent les échanges entre l'atmosphère et le reste du sol.
2. Elle est très sensible à la dégradation (battance, salinité, tassement...).
3. C'est une zone déterminante pour la plante (couche arable).
4. C'est la première étape de prospection tous les 20 cm en direction de la nappe phréatique, dans un souci d'une meilleure compréhension des processus de salinisation.

2. Dispositif d'échantillonnage de 31 points :

On définit les 31 points pour mesurer les paramètres physico-chimiques de chaque zone (CE, Na^+ , k^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} de la pâte saturée et la densité apparente, la densité réelle, la porosité, taux d'argile ...etc.)

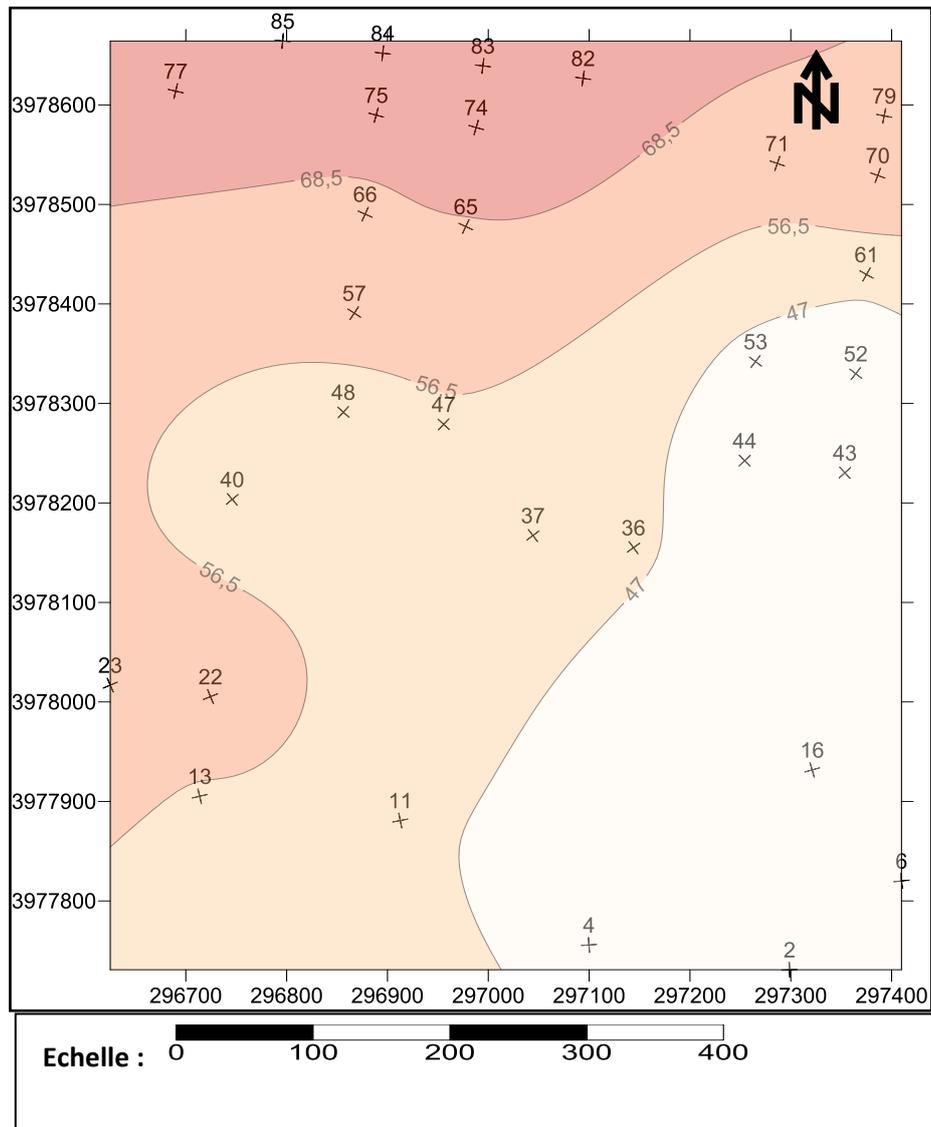


Figure 09 : disposition d'échantillonnage de 31 points

2.1. Justification du dispositif :

Pour faciliter les analyses chimiques et physiques des sols de la station, on a procédé à un échantillonnage stratifié. Pour cela, on a fait à zonage en fonction du taux argiles, quatre zones homogènes sont apparues.

3. Méthodes d'étude :

Les 86 points à échantillonner sont localisés par un GPS. Le sol pour chaque point sur une profondeur de 20cm (0-20cm) est réalisé à l'aide d'une tarière agronomique.



Figure 10 : Photo représentant prélèvement des échantillons (09-04-2015)

3.1.Méthodes d'analyses au laboratoire pour les paramètres chimiques :

Les échantillons de sols ont été séchés à l'air, tamisés à 2 mm

Les mesurés ont porté sur :

La conductivité électrique de l'extrait dilué (rapport sol/eau de 1/5) et Na^+ , K^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} de l'extrait de la pâte saturée

3.1.1. Conductivité électrique :

- Peser 10 g du sol
- Ajouté 50 ml d'eau distille
- Ajuté pondant 10 min
- Laisser le reposé pondant 30 min
- Mesure par conductivité mètre.



Figure 11 : Mesure du CE au niveau de laboratoire.

❖ La préparation de l'extrait de pâte saturée :

- Peser 200 g de sol
- Ajouter l'eau distillé jusqu'à l'obtention d'une pâte saturée
- laisser la pate reposer pendant 24 h
- Après centrifugation, on obtient l'extrait qui sera conservé

3.1.2. Calcium et Magnésium :

Pour connaitre le taux de magnésium et calcium dans le sol nous avons besoin de la solution du sol et les réactifs suivants : solution d'E.D.T.A ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) avec une normalité 0.001N, solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) avec une normalité de 2N, solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH), indicateurs colorés noir eriochrome T et le Murexide et l'eau distillée

On titré avec deux volumes V_1 et V_2

V_1 : volume de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage pour le calcium

V_2 : volume de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage pour le magnésium

(V_1) Ca^{2+} :

- prendre de l'extrait de pâte saturé dilué (1/20)
- ajouter 2 ml de NaOH à 2N.
- ajouter du murexide.
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet)

(V_2) Ca^{2+} Mg^{2+} :

- Ajouter 2 ml de NH_4OH (10,1)
- Ajouter noir eriochrome.
- Et titrer avec L'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

Les calculs se font selon les formules suivantes :

$$\text{la dureté Calcique (mg/l)} = \frac{C_{EDTA} \cdot V_1}{V_2} * 1000 * 48.08$$

V_1 EDTA : volume de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage (ml)

V_2 : volume d'échantillon dosé (ml)

C_{EDTA} : concentration de la solution d'EDTA (M)

$$\text{La dureté magnésienne (mg/l)} = [D.T(\text{mmol/l}) - D.Ca(\text{mmol/l})] * 24.30 \text{ g/mol}$$

3.1.3. Sodium et potassium :

On fait même travail (la dilution de la solution de sol) mais cette fois on passe les solutions du sol dans un appareille appelé spectrophotomètre qui a été étalonné selon les résultats enregistré dans les tableaux suivants :

Tableau 07 : résultats d'étalonnage de spectrophotomètre pour le sodium

Abs Na	0	8	14	19	23
Na (mg/l)	0	7	12	16,5	20

Tableau 08: résultats d'étalonnage de spectrophotomètre pour le potassium

Abs K	0	22	42	60	74
C(mg/l)	0	6	11	16	20

Puis on obtenir les résultats à partir des graphes suivants

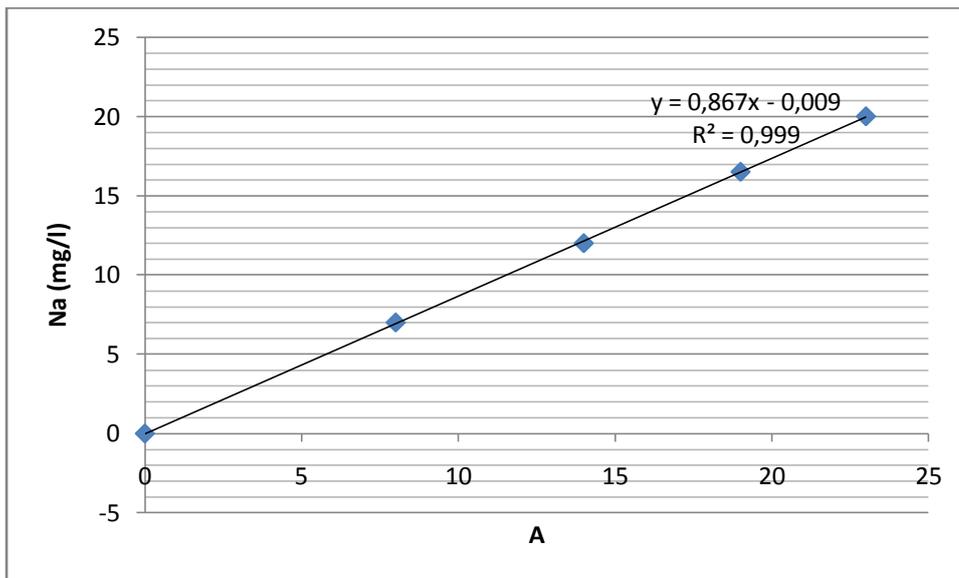


Figure 12 : courbe étalonnage de sodium

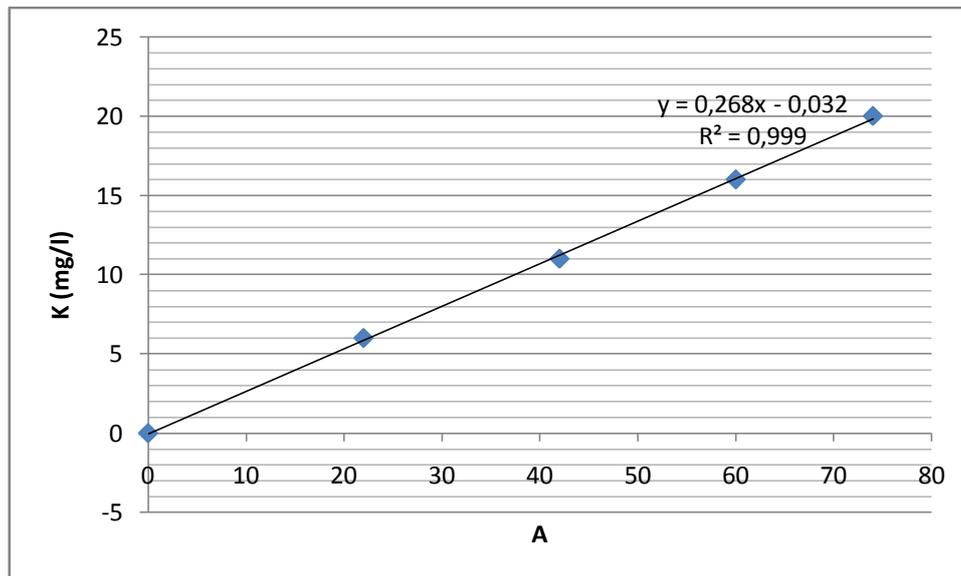


Figure 13 : Courbe étalonnage de potassium

4. Les paramètres physiques :

Pour les paramètres physiques on fait un prélèvement dans les 31 points pour déterminer quelques paramètres tel que la densité réelle et apparente, la porosité et ...etc.

L'échantillonnage fait par un cylindre métallique par les étapes suivantes :

- Placer le cylindre sur le sol et mettre le support du cylindre
- Battre verticalement par un marteau
- Creuser le cylindre par une pelle
- Enlever le cylindre
- Fermer le cylindre et conserver le sol
- Après le passage du cylindre dans une appareil appelé « Digital Actual Volumometer model : DIK-1150 » obtenir les résultats



Figure 14 : photo représentant l'appareil Digital Actual Volumeter

1. La salinité :

L'étude de la salinité est abordée par deux approches : l'établissement de variogramme et le krigeage par l'utilisation de logiciel Variowin2.2 et le Surfer version11.

1.1. Etablissement du variogramme :

1.1.1. Variogramme :

Le but de cette étude est la recherche d'un modèle structural théorique (le variogramme) utilisable lors des procédures d'interpolation par krigeage . Un variogramme robuste ne dépend pas du type d'échantillonnage en respectant les critères de robustesse.

Le calcul est fait sur la moitié de la distance maximale entre les deux points les plus éloignés qui correspondent à la dernière classe. Le pas de calcul est de 70m, les classes retenues sont au nombre de 7, et le nombre de couples par classes est supérieur à 50.

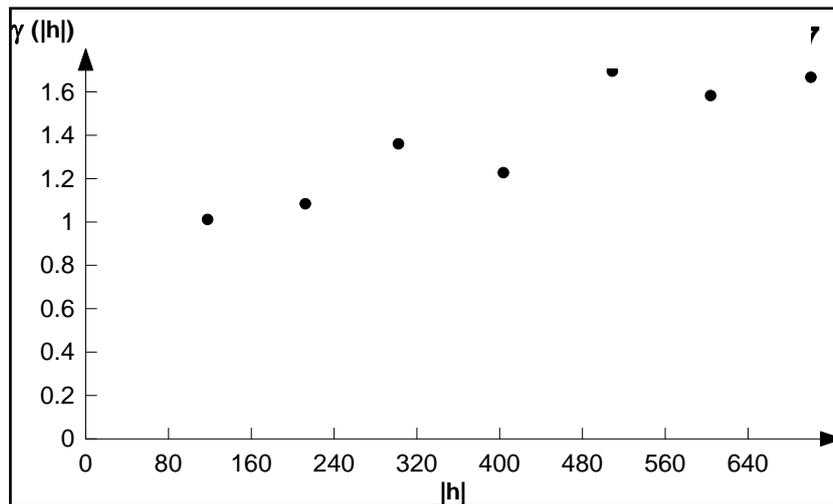


Figure 15 : variogramme expérimental de la conductivité électrique

1.1.2. Ajustement et validation :

Une fois le variogramme expérimental robuste établi, il faut ajuster à un modèle théorique qui lui convient le plus. Quatre modèles sont proposés :

- Le modèle linéaire
- Le modèle sphérique
- Le modèle exponentiel
- Le modèle gaussien

Il n'est pas toujours facile de trouver le modèle théorique qui correspond au meilleur ajustement, surtout lors d'un ajustement non automatique, où il faut faire plusieurs répétitions en utilisant chaque fois la validation pour tirer la meilleure fonction d'ajustement.

Dans notre cas, l'ajustement se fait graphiquement en s'orientant grâce à l'indice IGF (Indicative Goodness Fit) calculé automatiquement en prenant en compte les paramètres du variogramme (cas de programme VARIOWIN). C'est un nombre sans unité indiquant un bon ajustement lorsqu'il est proche à zéro.

Le modèle qui s'ajuste le mieux au variogramme expérimental retenu correspond au modèle linéaire. Avec une $IGF=9.63 \times 10^{-3}$

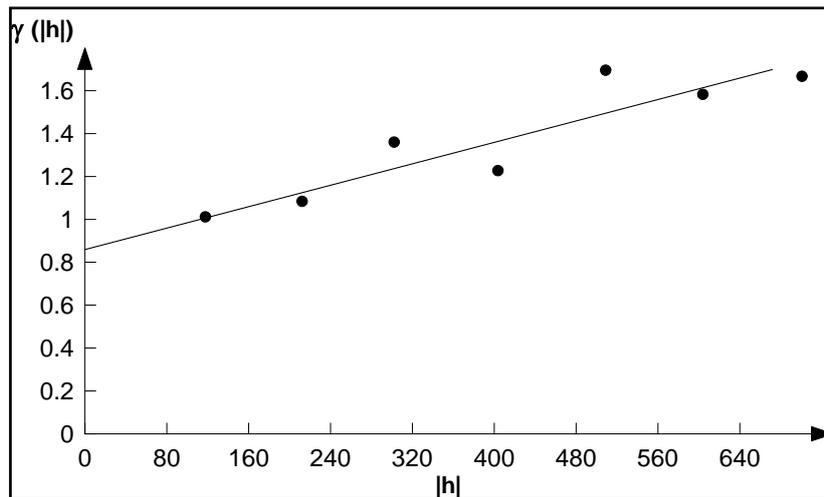


Figure 16 : ajustement de variogramme expérimental de la conductivité électrique

Le variogramme possède une pente 0.001 qui correspond généralement à la variance globale de l'échantillon, cette pente met en évidence l'existence de variables infinies. Un effet de pépite dû soit à la variabilité qui a lieu à des distances plus petites que l'intervalle d'échantillonnage, soit à l'erreur expérimentale. Dans notre cas, l'effet de pépite 0.86.

1.1.3. Les variogrammes directionnels :

Le **VARIOWIN** permet l'identification de la direction principale d'évolution du phénomène étudié par l'établissement du variogramme expérimentale de surface qui montre une continuité maximale dans la direction 37° et une continuité minimale dans la direction 127° .

En se référant au variogramme de surface qui donne deux directions principales d'anisotropie (Nord-Ouest) et (Sud-Est), l'établissement des variogrammes en fonction de ces directions permet de déterminer le rapport d'anisotropie après leurs ajustements qui présente un paramètre important pour le krigeage.

Pour cela, il faut tracer le deux variogrammes expérimentaux directionnels selon les deux directions d'anisotropie (127° et 37°), pour leur caler ensuite deux variogrammes directionnels théoriques dans le but de déterminer le rapport d'anisotropie.

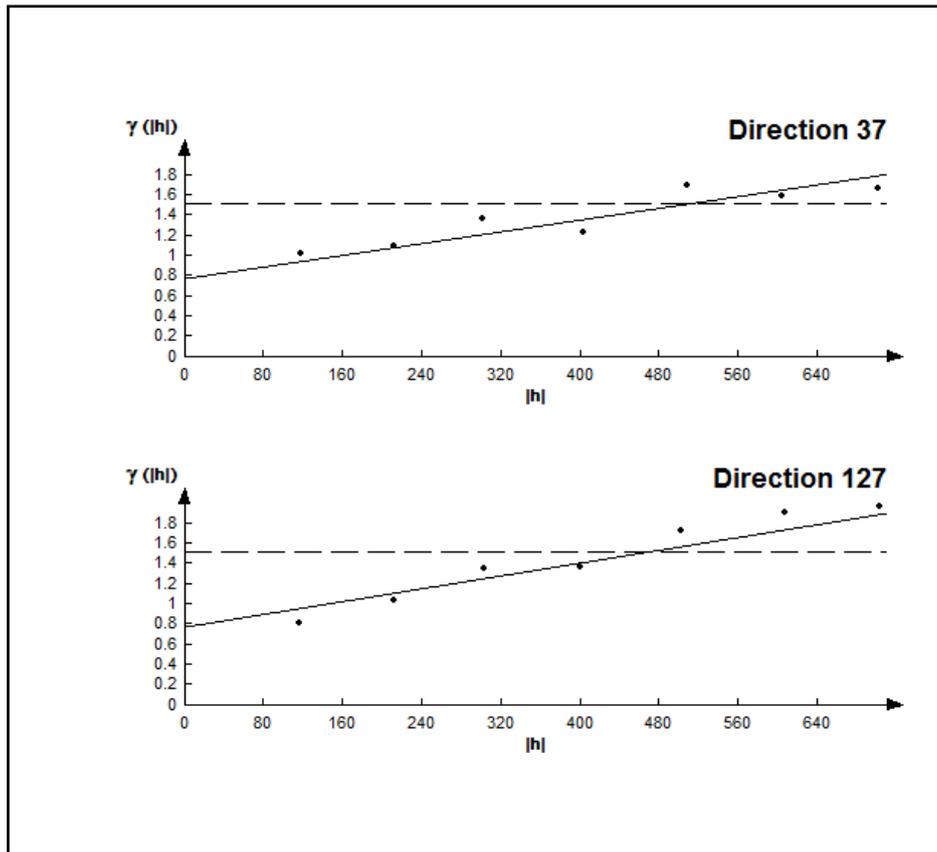


Figure 17 : ajustement des variogrammes directionnels de la conductivité électrique

L'ajustement des variogrammes expérimentaux directionnels pour 37° et 127° donne un modèle linéaire commun d'une anisotropie de 0.93 et un effet de pépite de 0.78.

1.2. Le krigeage :

Une fois la grille d'estimation établie, le tracé des courbes d'isovaleurs peut être réalisé par une interpolation.

Le nombre de courbes d'isovaleurs et les distances entre celles-ci, ont été choisis de telle sorte à obtenir les différentes classes de la salinité correspondant au rapport 1/5 telle qu'elles sont définies dans la nomenclature selon **Richard (1954)**.

La carte de la salinité ainsi établie (**fig :18**), montre que les sols non salés dont la conductivité électrique est inférieure 0.5 ds/m sont pratiquement représentés par une grande plage dans la partie Est de la parcelle.

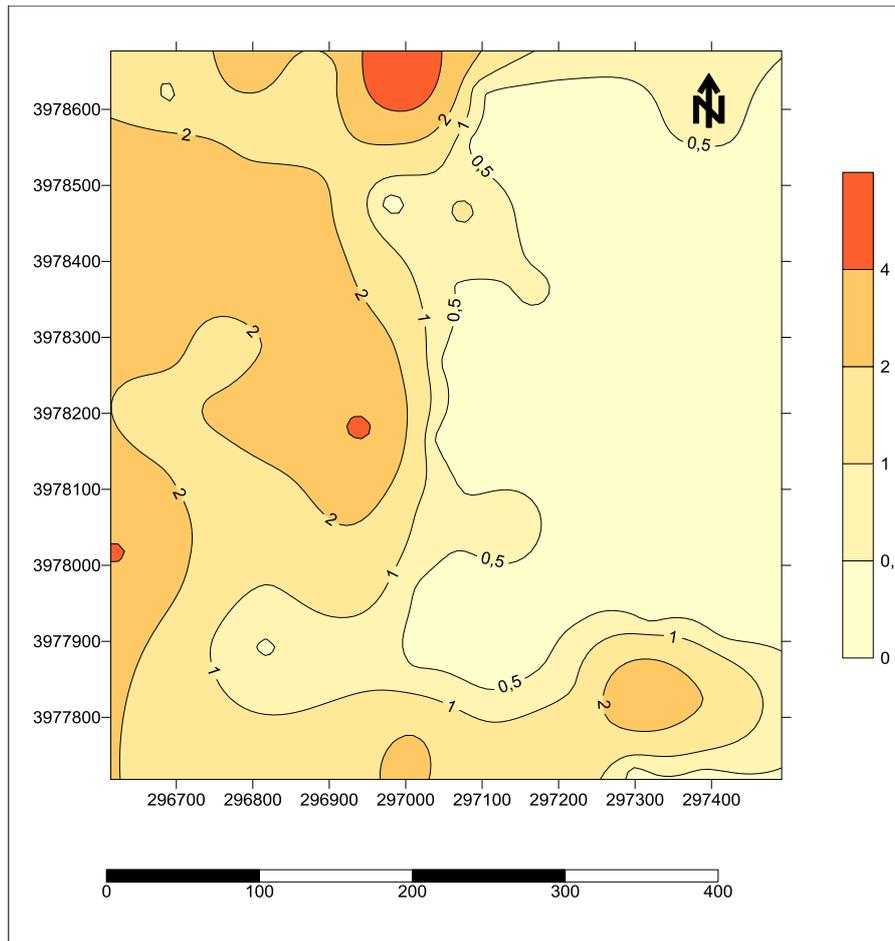


Figure 18 : Carte de la salinité après la classification

- Les sols non salins dont la salinité est inférieure à 0,5 ds/m sont localisés dans la partie Est où se trouve le système de drainage.
- Les sols légèrement salins avec une salinité comprise entre 0,5-1 ds/m sont localisés essentiellement selon l'axe sud-nord de la station et proche des sols non salins,
- Les sols salins dont la conductivité électrique est comprise entre 1-2 dS/m, répartis dans la partie Nord- Ouest et avec des surfaces très faibles au Sud.
- Les sols très salins dont la conductivité électrique est comprise entre 2-4 dS/m occupent la superficie de Nord-Ouest et Sud-Ouest où le système de drainage est dégradé et en même temps ces sols caractérisées par un pourcentage d'argile plus élevée.
- Les sols extrêmement salins dont la conductivité électrique est supérieure à 4 dS/m se localisent essentiellement au sommet de la partie Nord.

Le tableau..., représente la répartition de pourcentage des superficies en fonction des classes de la salinité.

- La classe des sols non salés occupe une superficie estimée par 34.57%.
- La classe des sols légèrement salés occupe une superficie estimée par 16.69%.
- La classe des sols salés occupe une superficie estimée par 26.07%.
- La classe des sols très salés occupe une superficie estimée par 21.74%.
- La classe des sols extrêmement salés occupe une superficie estimée par 0.92%.

Tableau 09 : superficie des sols en fonction des différentes classes de salinité

Classe	Conductivité électrique (dS/m)	La surface exprimée en pourcentage (%)
Non salin	<0.5	34,57
Légèrement salin	0.5-1	16,69
Salin	1-2	26,07
Très salin	2-4	21,74
Extrêmement salin	>4	0,92

La figure : 19 représente le diagramme sectoriel de la répartition de la répartition des classes de salinité par rapport à le pourcentage de la surface.

Il apparaît donc que le pourcentage le plus élevé revient à la classe des sols non salins 34.57%.suivi par celui des sols salins avec une valeur de 26.07%.Ensuite vient la classe des sols très salins avec une part de 21.74%.suivi par la classe des sols légèrement salins avec une valeurs de 16.69%.dernièrement la classes des sols extrêmement salins représentent une part de 0.92%.

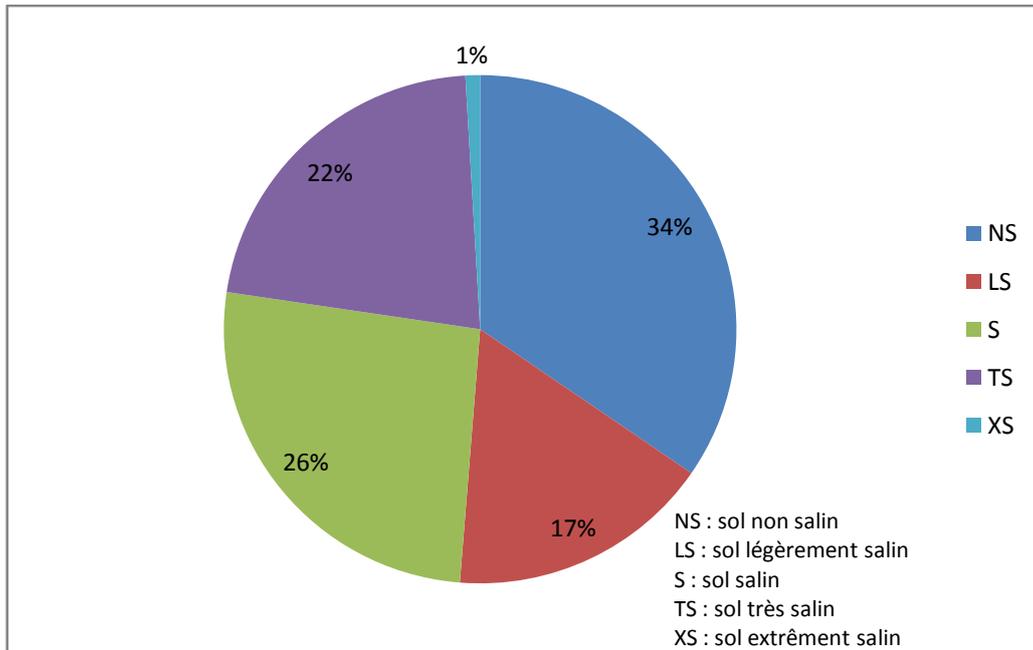


Figure 19 : Répartition en pourcentage des superficies des classes de la salinité.

2. Propriétés physico-chimiques :

2.1. Les argiles :

Concernant les données des argiles, on prendra les données qui ont été réalisées au niveau de Hmadna en 2000.

2.1.1. Etablissement du variogramme

2.1.1.1. Variogramme :

L'établissement du variogramme expérimental de l'argile se fait de la même manière que la salinité. Le pas de calcul est de 70m, les classes retenues sont au nombre de 7, et le nombre de couples par classe est supérieur à 50 **Fig :20**

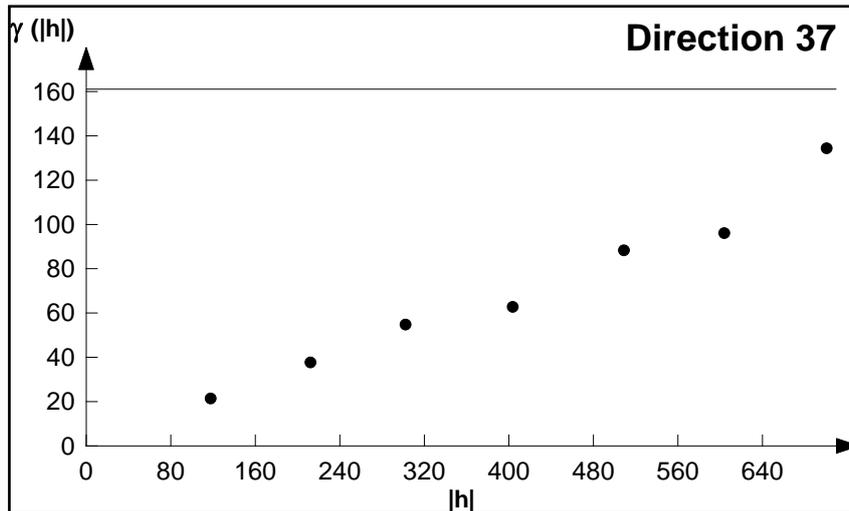


Figure 20 : variogramme expérimental de l'argile

2.1.1.2. Ajustement et validation :

Une fois le variogramme expérimental robuste établi, il faut lui ajuster un modèle théorique qui lui convient le plus. Dans ce cas le variogramme expérimental s'ajuste à un modèle linéaire avec un effet de pépité égale à 0. Cet ajustement correspond à un IGF de 2.08×10^{-3}

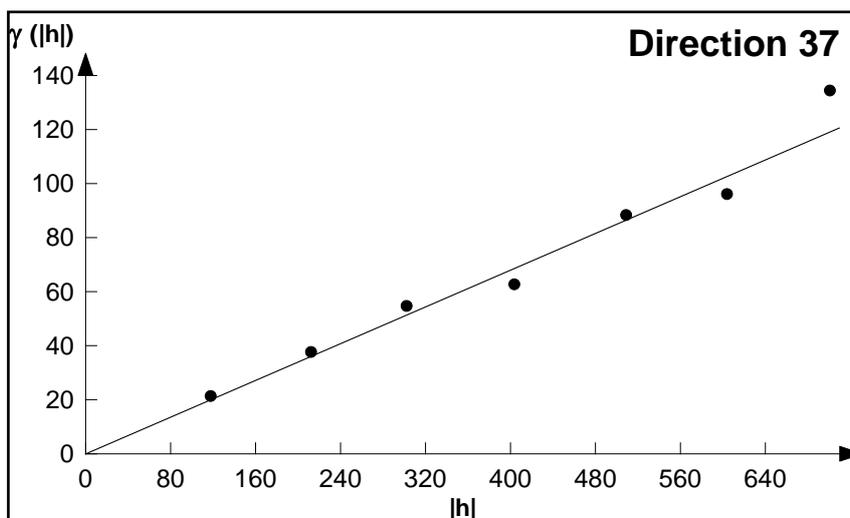


Figure 21 : ajustement de variogramme expérimental de l'argile

2.1.1.3. Les variogrammes directionnels :

Le **VARIOWIN** permet l'identification de la direction principale d'évolution du phénomène étudié par l'établissement du variogramme expérimental de surface qui montre une continuité maximale dans la direction 37° et une continuité minimale dans la direction 127° .

Donc, il faut tracer les deux variogrammes expérimentaux directionnels selon les deux directions principales d'anisotropie (127° et 37°) pour caler ensuite deux variogrammes directionnels théoriques dans le but de déterminer le rapport d'anisotropie

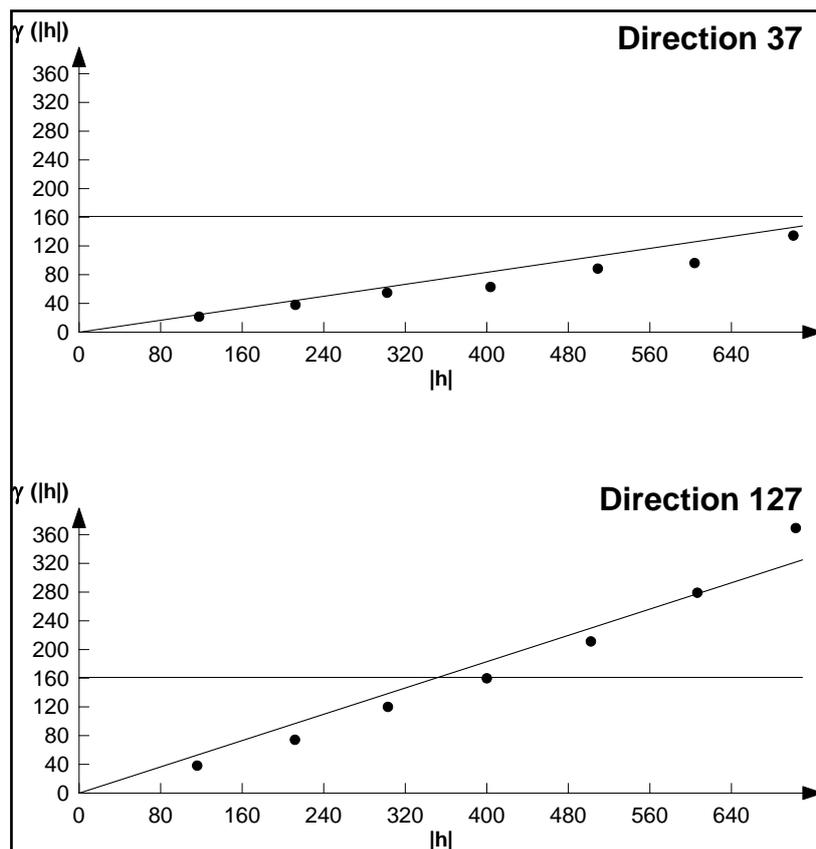


Figure 22 : ajustement des variogrammes directionnels de l'argile

L'ajustement des variogrammes expérimentaux directionnels pour les deux directions, donne un modèle linéaire commun d'une anisotropie de 0.99 et un effet de pépite zéro.

2.1.2. Le krigeage :

Une fois tous les paramètres nécessaires calculés, on peut procéder à une interpolation à l'aide du logiciel **SURFER**

Le nombre des courbes d'isovaleurs et les distances entre celle-ci ont été choisies de telle sorte à obtenir les différentes teneurs du taux d'argile, correspondants au diagramme de texture, telle qu'il est définie dans la classification américaine des textures d'après « Soil Survey Manual »

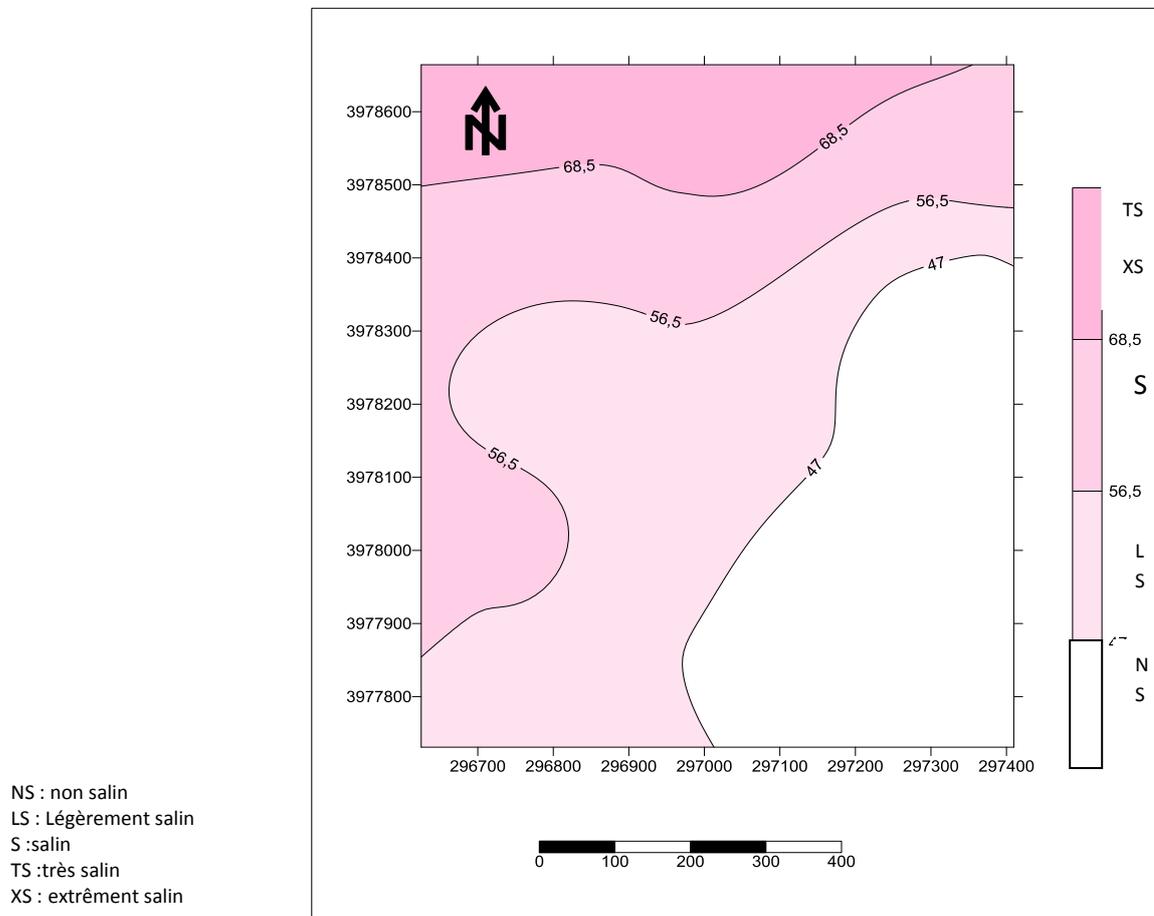


Figure 23 : carte krigée du taux d'argile

- Les sols avec un taux d'argile compris entre 15-47 % sont localisés essentiellement dans la partie Sud - Est et Nord - Est
- Les sols avec un taux d'argile compris entre 47-56.5% 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.
- Les sols avec un taux d'argile compris entre 56-68.5 % occupent une superficie assez importants vers le Nord et à l'Ouest.

- En fin, les sols avec un taux d'argile supérieur à 68.5% se localisent essentiellement au sommet de la partie Nord et Nord - Ouest.

Selon le teneur des argiles on classer la zone d'étude on quatre zones homogènes

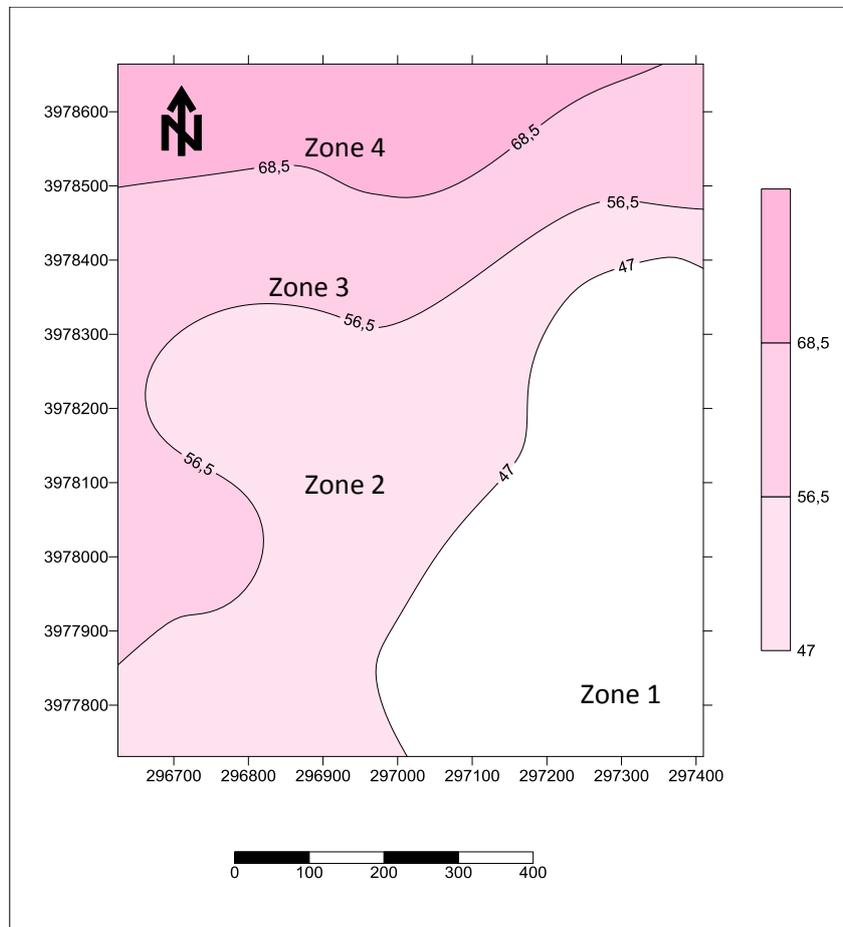


Figure 24 : Carte des zones homogènes après la classification

2.2. Les paramètres physico-chimiques des zones homogènes :

2.2.1. Les paramètres chimiques :

Pour les éléments chimiques, on a analysé des sols pour chaque zone, et en même temps faire une comparaison entre eux. Le tableau au dessus représente les résultats des analyses.

Tableau 10 : résultats d'analyse chimique des zones homogènes

		Ca ⁺² mg/l	Mg ⁺² mg/l	CE (ps) ds/m	PH	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l
Zone 1	Max	961,92	413,10	7,48	8,14	867,00	26,80
	Min	240,48	24,30	0,81	7,66	173,40	0,00
	Moy	501,00	154,91	3,41	7,92	661,09	20,10
Zone 2	Max	1002,00	437,40	7,20	8,25	1560,60	26,80
	Min	240,48	24,30	1,21	7,79	173,40	26,80
	Moy	606,21	176,18	3,97	7,99	617,74	26,80
Zone 3	Max	961,92	461,70	9,82	8,20	1387,20	53,60
	Min	280,56	48,60	1,63	7,49	260,10	0,00
	Moy	546,09	252,11	5,33	7,85	671,93	26,80
Zone 4	Max	1082,16	461,70	12,70	8,12	3121,20	80,40
	Min	280,56	121,50	5,25	7,77	520,20	26,80
	Moy	669,91	281,19	7,75	7,90	1337,66	38,29

Selon le tableau n° 10 montre que la moyenne la plus élevée de la conductivité électrique enregistré dans la zone 04 avec une valeur 7.75 ds/m par contre la plus faible se trouve dans la première région (CE=3.41 ds/m). Ces résultats expriment la variabilité des moyennes de pH dans les quatre zones.

Pour déterminer la variabilité des sels solubles au niveau de la station on établie la figure n° 26 à partir de tableau n° 11

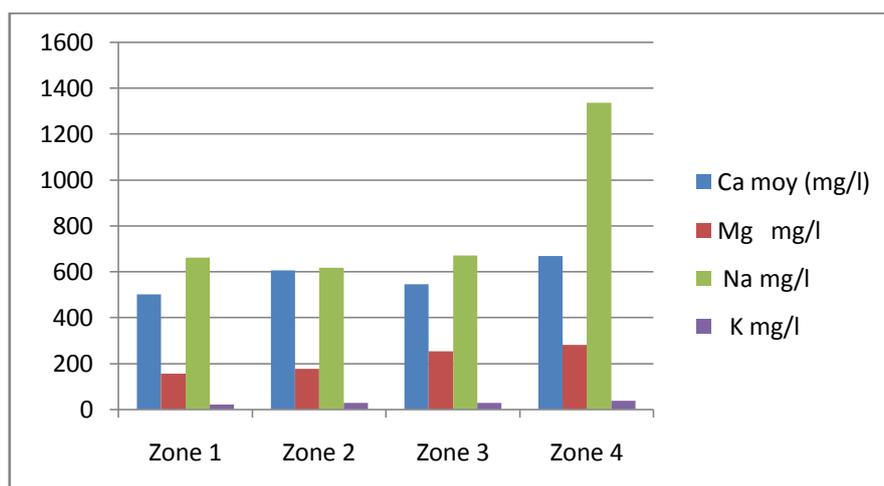


Figure 25 : histogramme de concentration des sels solubles

Selon la figure n°25 l'histogramme exprime bien la tendance de la variabilité des sels dans les quatre zones d'étude, avec l'augmentation des concentrations des sels solubles dans la solution du sol, à partir de la zone 01 vers la zone 04. Sauf la présence de sodium est plus élevé dans la zone quatre a cause de la présence le plus élève de l'argile.

La conductivité électrique :

La conductivité électrique de la pâte saturée de quatre zones a une relation directe avec le taux d'argile ; il y a une augmentation de CE à partir la zone une jusqu'à la zone quatre 4, comme la figure suivante :

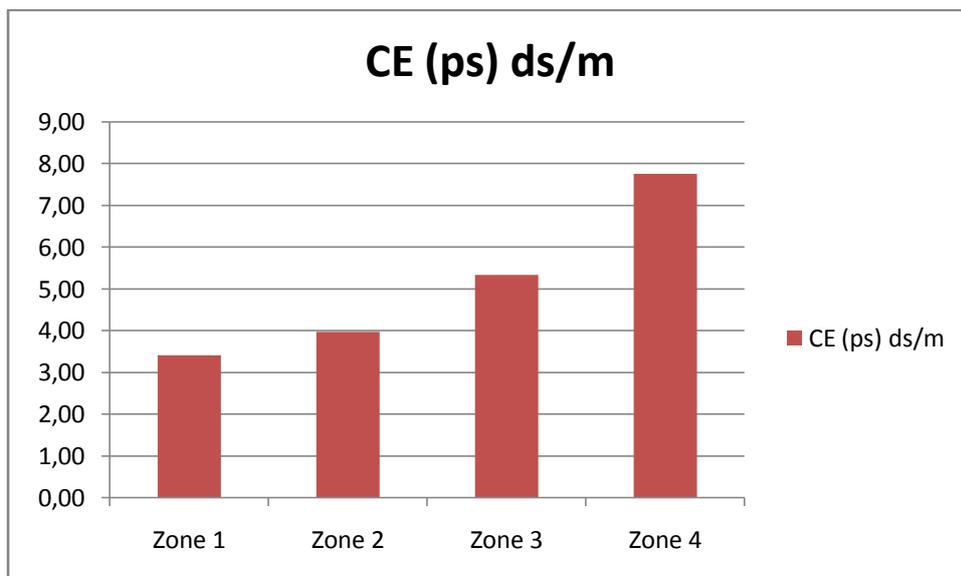


Figure 26 : Histogramme de la CE de la pâte saturée.

2.2.2. Les paramètres physiques :

Pour les paramètres physiques selon la figure n°27 on distingue que le rapport de la densité apparente et la densité réelle, il augmente de la zone 01 vers la zone 04.

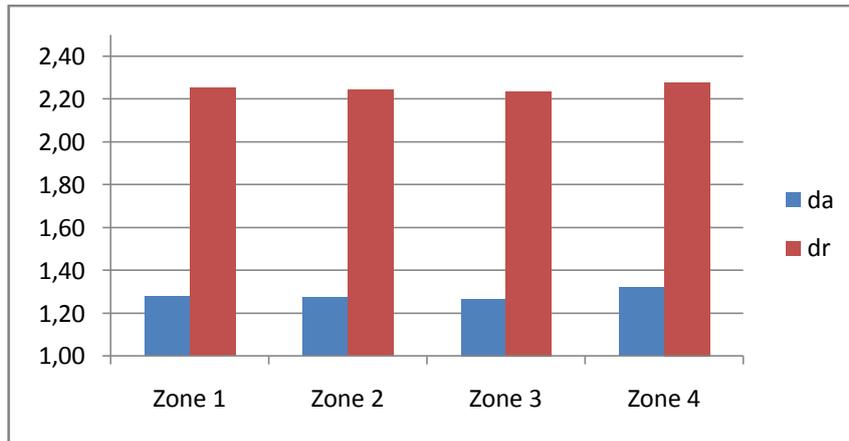


Figure 27 : histogramme de la variabilité de la densité apparente et réelle

Concernant la porosité il y a une relation contrainte entre la porosité et le taux d'argile, lorsque le taux d'argile augmente la porosité diminue la figure n°28 précise les résultats

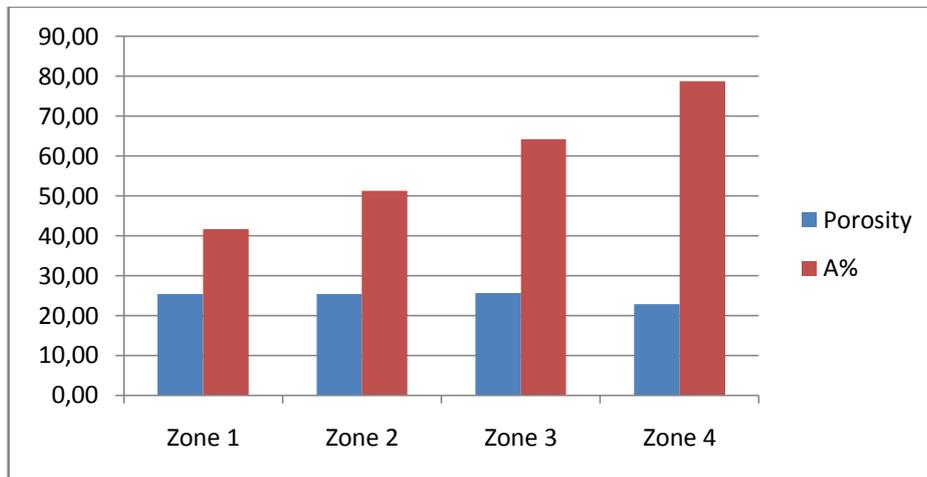


Figure 28 : histogramme présente la relation entre la porosité et l'argile

Selon le triangle de pourcentage des compositions du sol on trouve que les quatre zones homogène de la station de H'madna se caractérisent par les mêmes compositions physiques telle que : solide ration, liquide ration et air ration, comme la figure 29.

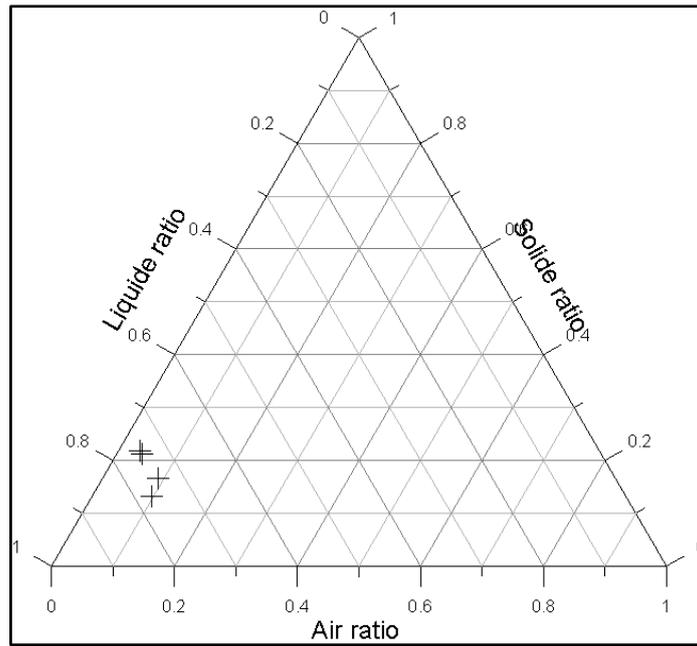


Figure 29 : triangle de pourcentage des compositions du sol

Conclusion :

Ce modeste travail à travers la cartographie de la conductivité électrique, nous avons révélé que le sol de la station de Hmadna est menacé par le phénomène de la salinité. En effet 65.42% de ses terres sont salins. Les quatre zones sélectionnées, nous ont montrés la relation étroite entre le taux d'argile est l'ensemble des paramètres étudiés (physiques et chimiques).

L'état actuel de cette Salinité nous oblige à faire face à cette contrainte environnementale pour une bonne gestion de plusieurs domaine, entre la physique et la chimie du sol par le liais des amendements minéraux et/ ou organiques.

Nous avons eu comme objectifs principaux la contribution à l'étude de la variabilité spatiale de la salinité et des teneurs en argile, et de l'indice d'instabilité qui a une relation avec la texture du sol , et l'estimation en utilisant un interpolateur efficace tel que le Krigeage.

La salinité n'a pas une remédiation totale mais on peut gérer la salinité.

Le besoin de l'homme à l'alimentation, il le laisse à utiliser par une méthode non rationnelle par l'utilisation des sols, ce dernier résulte la dégradation de la ressource naturelle telle que le sol.

Les sols de la station de H'madna sont des sols argileux ou argileux limoneux,il est très sensible à la Salinité.

- La carte de synthèse a clairement montré que la salinité continue à augmenter avec des conséquences néfastes sur l'utilisation des terres.

En effet, les observations sur terrain confirment que plus de 50% de la surface totale (72 ha) ne sont plus utilisables.

- De ce fait et pour remédier à cette situation il est préconise d'apporter des amendements minéraux telle que le gypse et le phosphogypse d'améliorer les propriété physiques du sol (stabilité structurale).

De même, il est nécessaire de faire des drainages répétés en utilisant les drains a ciel ouvert présents sur les sols de la station pour diminuer la concentration des sels solubles de la solution du sol, avec un choix de cultures très adapté.

Enfin, il serait souhaitable de poursuivre ce travail de mieux comprendre l'évolution de la salinisation dans le Bas Chélif. Des investigations complémentaires prenant en considération d'autres paramètres telles que la

profondeur du sol, la qualité d'eau d'irrigation, les cultures, ainsi que l'influence de la nappe phréatique s'avèrent indispensables.

Références bibliographies

- A.N.R.H., 2000 : Note relatives à la remontée des eaux dans la cuvette de Ouargla, 11p.
- ANONYME, 1952. Etude pédologique et hydrologique de la haute vallée de la Medjerda, secteur 2, annexes du fascicule 1. H.A.R, Sect., Spec., Et., Pédo., Hydro, n° 113.
- AUBERT, G.1976. Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annuaire de l'I.N.A El Harrach, Alger Vol VI, n°1, pp: 185-196.
- AUBERT G., 1978 : Méthode d'analyse des sols. C.R.D.P., Marseille, 546p.
- AUBERT, G. 1983: Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodiques. Cah. ORSTOM Ser. Péd., Vol. XX N°1, pp73-78.
- BAISE, D.2000. Guide des analyses en pédologie. Ed .I.N.R.A. Paris, 257p.
- BENBRAHIM F., 2001 : Etude de l'effet saisonnier de la nappe phréatique sur la dynamique des sels solubles dans un sol cultivée et non cultivée dans la cuvette de Ouargla (cas de l'exploitation de l'I.T.A.S), Mém., Ing., IAS, Ouargla, 115p.
- BENZAHI Y., 1994 : Contribution à l'étude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigué sous palmeraie. Mém., Ing., INFS/AS, Ouargla, 111p.
- BERKAL I., 2006 : Contribution à la connaissance des sols du Sahara d'Algérie. De la base de données à la valorisation des paramètres pédologiques. Mém. Mag., INA, EL Harrach, 121p.
- BERRABAH F., 2009 : Recensement des sels sur les différents horizons, mode de leurs formations : cas d'un sol nu et d'un sol cultivé dans la région d'Ouargla. Mém., Ing., I.T.A.S, Ouargla, 89p.
- BONNARD & GARDEL, 2003. Etudes d'assainissement des eaux résiduelles pluviales d'irrigation, Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Thèse BG, vallée d'Ouargla mission III A. Lausanne.
- BRABANT P., 1992 : Pédologie et système d'information géographique Comment introduire les cartes de sols et les autres données sur les sols dans les SIG, *Ca* ORSTOM, sér. Pédo., vol. XXVII, no 2: 315-34.5.
- CHEVERRY .CL., 1972. Contribution à L'étude pédologique des polders du Lac Tchad. Dynamique des sels en milieu aride continental et subaride dans les sédiments argileux et organiques. Thèse doc., Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 275p.
- CORWIN D.L., RHOADES J.D, 1990: Establishing soil electrical conductivity-depth relations form electromagnetic induction measurements. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 21, 871-901.
- DE JONC E., BALLANTYNE A.K., CAMERON D.R ET READ D.W., 1979: Measurement, of apparent electrical conductivity of soil s by an electromagnetic probe to aid salinity surveys. *Soil S c i. Soc. Am. J.* 43: 819-812.
- DEPLANHOL, A et ROGNON, P., 1970. Les zones tropicales arides et

subtropicales. Librairie Armand Colin, Paris.

DJAMAI R., 1993: Contribution à l'étude de la salinité des sols et des eaux du lac FETZARA (ANNABA). Thèse Magister, I.N.A. Alger, 78 pp.

DOGAR M A., 1980. Méthodes d'analyses des sols salés alcalins, Polycopie, I.N.E.S.A., Batna, 33p.

DUBOST, D.1992.Aridité, agriculture et développement: cas des oasis algériennes. Sécheresse, 3, pp.85-96.

DURAND J H., 1958. Recherche sur les sels apportés au sol par les pluies.

Travaux des sections pédologie et agricole. Bull n° 5, SES, Birmouradrais

DURAND J.H., 1983: Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et technique. P.U. France, 190 p.

FAO, 1988 : La qualité de l'eau en agriculture. Bulletin d'irrigation et de drainage, 29 Revel, 181 p.

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

GAUCHER G., BURDIN S, 1974: Géologie, géomorphologie et hydrogéologie des terrains salés. P.U.F. Paris, 231p.

GRATTON Y., 2002. Le Krigeage : La méthode optimale l'interpolation spatiale. INRS-Eau-Terre-Environnement. Canada, 4p.

GREGORY B., 2005. Ecophysiologie de semis de conifères ectomycorhizes en milieu Salin et sodique. Thèse de Doc, en science forestières 190p.

HALILAT M.T., 1993: Etude de la fertilisation azotée et potassique sur le blé dur (variété Aldura) en zone saharienne (Région de Ouargla). Mém. Mag, Univ. Batna, 132 pp.

HALITIM A, 1988: Sol des régions arides d'Algérie. O.P.U., Alger, 384p.

HALITIM A., 1973. Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3 eme cycle. Univ de Renne, 176 p.

HAMDI AISSA, 2001. Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (cuvette d'Ouargla). Approches micro morphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale, Thèse doct, I.N.A-P.G, Paris, 310p.

HULIN.M., 1983.Cours de drainage. Partie consacrée aux sols salés .Cours polycopié, vol 3, I.N.A.Alger, 139p.

IDDER Med A., 2006 : Mode de fixation et de cristallisation des sels dans un sol nu non irrigué dans la région de Ouargla. Mém., Mag., I.N.A. El Harrach, 100p.

JOHNSTON M.A., SAVAGE M.J., MOOLMAN J.H., DU PLESSIS H.M., 1997. Evaluation of calibration methods for interpreting soil salinity from electromagnetic induction measurements. Soil Sci. Soc. Am. J., 61, 1627-1633.

JOB J.O, HACHICHA M et Loyer J.Y., 1990: Conductivité électromagnétique et cartographie de la salinité des sols. Rapport Ministère de l'agriculture et centre ORSTOM. pp. 4,5.

JOB J.O, LOYER J.Y., AILOUL M., 1987. Utilisation de la conductivité électromagnétique pour la mesure de la salinité des sols. Cah. Orstom, sér. Pédol. 23 (2), 123-131.

- KHADRAOUI A., 2005. Eaux et sols en Algérie: gestion et impact sur l'environnement. Recueil de communications, Ouargla, 391p.
- LAHMAR H. 1992. Cartographie des sols de l'exploitation de l'I.N.F.S.A.S., (Ouargla). Etude pédologique et thématique, Thèse. Ing. l'I.N.F.S.A.S., Ouargla.63p.
- MAHDI H., 2008 : Cartographie de la salinité d'un sol sableux par la conductivité électromagnétique. Mém. Ing. INA, EL Harrach, 104p.
- MC NEILL J.D, 1980: Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction Tec et Doc, 275p.
- MCKENZIE R.C., CHOMISTEK W ET CLARK N.F, 1989: Conversion of electromagnetic inductance readings to saturated paste extract values in soils for different temperature, texture, and moisture conditions. *Can. J. Soil Sci.*, 69, 25-32.
- MENACER A., 2009. Essai de l'optimisation de la fertilisation organique de la culture de pomme de terre dans les conditions salines des régions sahariennes (Cas de Ouargla). Mém. Ing, Ouargla, 114p.
- MESSAITFA Z., 2002 : Impact de la salinisation du sol sur la nutrition azotée du palmier dattier dans la région de Ouargla (cas de l'exploitation de l'ex.I.T.A.S), Mém., Ing., I.T.A.S, Ouargla, 69p.
- MESSOUDI N., 2010. Contribution à l'étude de la dynamique de la salinité en milieux sableux .Cas de la palmeraie de l'université de Ouargla. Mém. Ing, Ouargla, 37p.
- MIHAI, GH.I. et DINCU, I., 1976. Influence des travaux d'amélioration des caractères des sols à excès de sels solubles. Ann., I.N.A. EL HARRACH, Vol.1, Alger, pp 195-215
- MONTOROI J.P., 1997. Conductivité électrique de la solution du sol et d'extraits aqueux de sol. Application à un sol sulfaté acide salé de Basse-Casamance (Sénégal). *Etude et Gestion des Sols*, 4 (4), 279-298.
- Références bibliographiques*
- NEZLI I.Edd., 2009. Approche hydrogéochimique à l'étude des aquifères de la basse vallée de l'oued M'ya (Ouargla). Mém., Doc., Univ, Biskra, 115p.
- NIBOUA Y., 2010. Etude comparative de la salinité dans trois situations agricoles différentes. Application à la palmeraie de l'Université. Mém. Ing, Univ de Ouargla, 69p
- N'ZI R., KOISSI C., 2010. Application des méthodes de krigeage à la prospection minéralogique: cas du permis d'exploitation artisanale de Djani-Yao (s/p Tanda). Diplôme Technicien supérieur. I.N.Polytechnique (Houphouet Boigny Yamoussoukro).
- O.N.M, 2011. Données climatiques de la région de Ouargla, 4p.
- OUMEIRI N., 1994. Contribution à l'étude de la dynamique saisonnière des sels solubles dans la cuvette d'Ouargla, Mém. Ing, Univ de Ouargla, 72p.
- OULED SIDI BELA M., 2001. Dynamique de sels solubles dans un sol irrigué et leurs impacts sur la composition minérale du palmier dattier dans la région de Ouargla, Mém., Ing., ITAS, Ouargla, 85p.

ROUAHNA H., 2007. Relation entre les nappes et la salinité dans les sols gypseux de la région d'Ain Ben Noui. Biskra. Mém. Mag, Univ de Biskra, 83p.

ROUVILOIS- BRIGOL M., (1975). Le pays de Ouargla (Sahara Algérien)". Etc... Dép. Georg, université de SORBONNE, Paris, 389p.

SAFAR T, 1983. Pédologie et géochimie des milieux salés, Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans une plaine alluviale irriguée et non daignée. Thèse .Ing . , Univ. Alep, Nancy, 200 p.

SERVANT. J.M., 1970. Etude expérimentale des conditions salines sur la perméabilité des sols, conséquences pédologiques, science du sol. p.p.85.105

SERVANT. J.M. 1978. La salinité dans le sol et les eaux. Caractéristique et problème d'irrigation drainage. Bull. B.R.G.M., Sect. III, N°2, Paris, pp 123-142.

U.S.S.L., 1954. Diagnostic and improvement of saline and alckali soils, U.S.A.D, Handbook. N°60, 160p.

WADE Mohamed El Abass., 1998 : Cartographie de la salinité dans la zone de Ngnith (Delta de fleuve Sénégal) Utilisation de la conductivité électromagnétique EM.38, Rapport de stage, I.ST DAKAR, p21.

Dr Mateugue DIACK, Dr Macoumba LOUM. CARACTERISATION PAR APPROCHE GEOSTATISTIQUE DE LA VARIABILITE DES PROPRIETES DU SOL DE LA FERME AGROPASTORALE DE L'UNIVERSITE GASTON BERGER (UGB) DE SAINT-LOUIS, DANS LE BAS DELTA DU FLEUVE SENEGAL 2014. P2

Abdelkader DOUAOUI , Amélioration de la cartographie de la salinité des sols de la plaine du Bas-Chélif (Algérie) par l'utilisation combinée du SIG, géostatistique et télédétection

Par Jean-Paul Legros , LA SALINISATION DES TERRES DANS LE MONDE .P 1

ENESAD - Unité Informatique Pédagogique *Lucie Pasquier* GUIDE DU SOL

1. Dr Mateugue DIACK, 2. Dr Macoumba LOUM
 CARACTERISATION PAR APPROCHE GEOSTATISTIQUE DE LA VARIABILITE DES PROPRIETES DU SOL DE LA FERME AGROPASTORALE DE L'UNIVERSITE GASTON BERGER (UGB) DE SAINT-LOUIS, DANS LE BAS DELTA DU FLEUVE SENEGAL

A. Douaoui, T. Hartani, M. Lakehal La salinisation dans la plaine du Bas-Chéli_ : acquis et perspectives

Weger G., 1999 : Cartographie : Introduction p 18

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

Kayadjanian M., 20002. Système d'informations géographiques CESD. Luxembourg. Doc. Pdf 19 p.

Didon E, 1990: Système d'informations géographiques: Concepts fonctions

applications laboratoires communs de télédétection CEMAGREF/ENGREF-montpellier. France.

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, doc. 21 p.

Laurini., Millerte-Raffort; 1993. Représentation de la variabilité spatiale et temporelle des Données.

ABROL. I.P. et AL. (1988), *Salt-affected soils and their management*. FAO Soils. Bulletin 39, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

AUBERT, G. 1983: Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodiques. Cah. ORSTOM Ser. Péd., Vol. XX N°1, pp73-78.

AUBERT, G.1976. Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annuaire de l'I.N.A El Harrach, Alger Vol VI, n°1, pp: 185-196.

BENZAHI Y., 1994 : Contribution à l'étude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigué sous palmeraie. Mém., Ing., INFS/AS, Ouargla, 111p.

BOLT H.M. et AL. (1978), *International Archive on Occupational Environmental Health*, 60 (3), 141-4.

CHURCHMAN G.J., SKJEMSTAD J.O. et OADES J.M. (1993), *Influence of clay minerals and different water regimes*. Tree physiology 24: 65-73.

FRANÇOIS R. (2008), *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*, Edition DUNOD, Paris, 1152 pages.

GREGORY B., 2005. Ecophysiologie de semis de conifères ectomycorhizes en milieu

KEREN R. (2000), *Salinity*. In: Sumner M.E. (Ed). Handbook of Soil Science. CRC Press, NY,USA, pp G3-G25.

NASERI M.Y. (2001), *Characterization of salt-affected soils for modelling sustainable land management in semiarid environment: A case study in the Gorgan region, northeast Iran*. ITC dissertation 52, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Enschede, the Netherlands.

Salin et sodique. Thèse de Doc, en science forestières 190p.

Revue de géographie du laboratoire Leïdi – ISSN 0851 – 2515 – N°12, décembre 2014.p2.6

SERVANT. J.M., 1970. Etude expérimentale des conditions salines sur la perméabilité des sols, conséquences pédologiques, science du sol. p.p.85.105 *Sols&terretores Réseau Mixte Technomogique Séminaire de mi-parcours 18-19 oct 2012*

SUMNER M.E. (1993), *Sodic soils: New perspectives*. Australian Journal of Soil Research 31: 683-750.

U.S.S.L., 1954. Diagnostic and improvement of saline and alckali soils,

U.S.A.D, Handbook. N°60, 160p.

Yacono X. 1955. Colonisation des plaines du Chélif (de Lavigerie au confluent de la Mina),

Tome 1, Imprimerie Imbert, Alger

Douaoui A., 2005. Variabilité Spatiale de la salinité et sa relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du Bas-Chélif .Apport de la géostatistique et de

la télédétection. Thèse Doct d'état, INA Alger, 233 p.

Boulaine J., 1957. Etude des sols des plaines du Cheliff. Thèse d'état de l'Université d'Alger,

582 p.

McDonald, BNEDER (Bureau National d'Etude pour le Développement Rural), 1990. Etude

de l'avant projet détaillé des extentions de Guerouaou et de Sebkhath Benziane et du

réaménagement du Bas Chélif.

Boulaine J., 1956. Carte des sols des plaines du Cheliff au 1/50.000e, feuilles 1 à 5. Inspection

générale de l'Agriculture du Gouvernement Général de l'Algérie