



Université Mohamed Kheider de Biskra  
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

# MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences Agronomique

Spécialité : Hydropédologie

Réf. : .....

---

Présenté par :

**Abdedaim Fatima Zahra**

## **Contribution à l'étude et la variation des teneurs en gypse sur une séquence des sols de la région de sidi Khaled**

Jury :

**Boumaraf Belkacem**

**M C A**

**Président**

**Université de Biskra**

**Khechai Salim**

**Université de Biskra**

**Boukheil Khaled**

**Université de Biskra**

**Année universitaire : 2019-2020**

# Remerciements

قال تعالى "لئن شكرتم لأزيدنكم"

قال رسول الله صل الله عليه وسلم "لا يشكر الله من لا يشكر الناس"

En premier, à la fin et à l'infini je remercie Allah tout puissant de m'avoir permis d'arrivé à ce stade, de m'avoir octroyé courage, patience et santé pour achever ce modeste travail. Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur Monsieur **Belkacemboumaraf**. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé. J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et tous les personnes qui, par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions. Enfin, je remercie mes Ami(e)s de la promotion sols et Eaux : 2019/202020 pour leur soutien inconditionnel et leur encouragement.

# *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail à :

Aux plus chers à mon cœur : Ma mère **Massoud**, symbole de sacrifices de tendresses et d'amour, qui m'a toujours encouragé,

Mon support dans ma vie, mon père **Lakhdar**.

A ma grand –mère que dieu la repose et la met au paradis **khadra**

A ma grand- père **chahba**

A tous mes frères et sœurs : Imad Eddine, Salah Eddine,  
Abdelhamid, Ahmed, AbdeRazzak, Khaled Amir, anis,  
Reudaina et Rachida

Mon coté gouache et mon ange **Basset**

Sans oublier de mentionner le conjoint de mon oncle et oncles  
: anfal hadia arahman la famille Abdedaim et Goubi

A mes amies : Zahira, Gamra, Ahlam, Salima,nabila , Rokia ,Khawla  
,Fatma , Tona, Marzaka, Meraime



# Table des matières

Introduction général.....	01
Première partie étude bibliographique	
Chapitre 1 <b>Les sols gypseux</b>	
1- Les sols gypseux.....	03
2-Classification des sols gypseux.....	03
2-1 -La classification Française.....	03
2-2-La classification Américaine.....	04
2-3-La classification FAO.....	04
3- Distribution des sols gypseux dans le monde.....	05
4- Répartition des sols gypseux en Algéri.....	05
5- Origine du gypse dans les sol.....	06
5-1 Origine des nappes.....	06
5-2 Origines éoliennes.....	06
5-3 Origines colluvionnaires.....	06
6- Le processus de la dissolution du gyps.....	06
6-1 Les facteurs géologiques.....	07
6-2 Les facteurs environnementaux.....	07
7- Les propriétés physico- chimiques des sols gypseu.....	07
7-1 Les propriétés physiques.....	07
7-1-1 La structure.....	08
7-1-2 La texture.....	08
7-1-3 Stabilité structurale.....	09
7-1-4 Résistance à la pénétration.....	09
7-1-5 Dynamique de l'eau dans le sol.....	10
7-1-5-1 La rétention en eau.....	10
7-1-5-2 Mouvement de l'eau dans le sol.....	10
7-2 Les propriétés chimiques.....	10
7-2-1 Le pH.....	11
7-2-2 La déshydratation et réhydratation du gypse.....	12
7-2-3 La solubilité du gypse.....	13
7-2-3- 1 La solubilité du gypse dans l'eau pure.....	13
7-2-3-2 La solubilité du gypse dans les solutions salines.....	14
7-2-4 Relation gypse-calcaire.....	15
7-2-5 La capacité d'échange cationique.....	16
8-Fertilité des sols gypseux.....	16
9-Effet du gypse sur le sol et la plante.....	17

## Deuxième partie

Chapitre I: Etude du milieu physique	
1- Présentation de la zone d'étude.....	19
2- Le climat.....	20
2-1 Les précipitations.....	20
2-2 Les températures.....	21
2-3 Les vents.....	22
2-4 L'humidités relatives de l'air.....	23.
2-5 L'insolation.....	26
2-6 L'évapotranspiration.....	25
3 Classification du climat .....	26
3-1 Diagramme OmbroThermique de GAUSSEN .....	27
3-2 Le climagramme pluviométrique.....	27
4 Pédoclimat.....	28
4-1 Régime hydrique.....	29
4-2 Régime thermique.....	29
5Géologie de la région d'étude.....	29
5-1 Géologie régionale.....	29
5-1-1 Stratigraphie.....	29
6- Géomorphologie.....	30
7 Hydrogéologie de la zone d'étude.....	30
7-1 Nappes phréatiques du quaternaire.....	31
7-2 Nappes des sables du miopiocènes.....	31
7-3 Nappe des calcaires de l'éocène et du sénonien.....	31
7-4 Nappe profonde.....	32
8-La végétation.....	32
Chapitre 2 analyse de laboratoire.....	34
2-Analyse physiques.....	34
Granulométrie.....	34
L'humidité.....	34
1-Analyse chimiques.....	35
PH .....	35
Conductivité électrique.....	35
Ca .....	35
Mo.....	36
Chapitre 3 : Matériel et méthode.....	37
Chapitre : 4 resulta et discution.....	38
Conclusion.....	52
Références bibliographiques	
Résumés	

# Liste des tableaux

Tableau 1 : les sols gypseux dans la classification C PCS (1967) .....	04
Tableau 2: Solubilité du gypse en présence du chlorure de magnésium $MgCl_2$ (Pouget, 1968)...	15
Tableau 3 -Précipitations moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	21
Tableau4 :l'humidité moyenne mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	21
Tableau5 : vent moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	23
Tbleu6 : température moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	24
Tableau7: vent moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	25
Tableau8: évaporation moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	26
Tableau9 : insolation moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	28.

# Liste des figures

Figure 1:Distribution générale des surfaces d'accumulation de gypse (exceptio des roches déposées) (Watson, 1985).....	05
Figure 2:Distribution des sols gypseux dans le Nord et l'Est de l'Afrique, le Sud – Ouest de l'Asie, la partie méditerranéenne de l'Europe (Van Alphen et Rios Romero, 1971).....	06
Figure 3 :Déshydratation du gypse à température croissante (Weisser et <i>al</i> 1936, in Jauzein, 1974).....	12
Figure4 :Différentes phases de la solubilité du CaSO <sub>4</sub> . n H <sub>2</sub> O dans l'eau pure en fonction de la température (Weisser et <i>al</i> 1936, in Jauzien, 1974).....	14
Fig5 : Carte Situation géographique de la zone d'étude.....	20
Fig6 : Précipitations moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	21
Figure7: température moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	22
fig 8 :l'humidité moyenne mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	23
fig9 :vents moyens mensuels pour la période de (2008– 2018).....	24.
Fig10 : évaporation mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	25
☞Fig11: insolution moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).....	26
Fig 12 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Biskra Pour la période (2008 – 2018).....	27
Fig13: Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Bisk Pour la période (2008 – 2018).....	28
fig14 :photo original.....	34



# **Introduction générale**



## Introduction générale

Les sols gypseux couvrent environ 94 millions d'hectares de terres arables dans le monde (Boyadgiev et Verheye, 1996). L'origine du gypse en quantité importante dans les sols est en relation avec la présence de roches sédimentaires gypseuses (Baize et Girard, 2008).

En Algérie, ces sols se localisent en régions arides et sahariennes où les précipitations annuelles ne dépassent pas 150 mm/an. Ils sont souvent rencontrés en zones steppiques autour des sebkhas et dans les oasis au Sahara, surtout au Nord (Oasis de Ziban, Oued-Souf, Oued-Righ). Dans ces régions les bassins sulfatés sont très fréquents, mais la genèse des sols gypseux est essentiellement due à l'activité des nappes et l'intensité de l'évapotranspiration (Halitim et Robert, 1987).

L'accumulation de gypse dans le sol a pour conséquence la baisse de la fertilité et des rendements, ceci est les résultats des propriétés physico-chimiques défavorables dans ces sols et un déséquilibre dans le prélèvement des éléments nutritifs par la plante (Van Alphen et Rio Romero, 1971). En outre, la présence de teneur élevée en gypse dans la rhizosphère affecte la teneur et la disponibilité des éléments nutritifs (Mashali, 1996).

Des travaux effectués par Sommerfeldt et *al* (1988) in Elherradi et *al* (2003), montrent une corrélation entre la quantité d'amendement organique appliqué annuellement et l'augmentation de la teneur en matière organique dans le sol. La matière organique est reconnue comme le principal indicateur de la qualité et de la fertilité du sol (Robert, 2002).

Les produits d'amendements organiques permettent non seulement l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, mais aussi constituent un réservoir important d'éléments nutritifs. Parmi ces éléments l'azote, nutriment

essentiel,

est un constituant d'importance primordiale dans la synthèse de la biomasse végétale,

et

7comme le phosphore, le potassium et à un degré moindre le soufre, cet élément

chimique exerce une grande influence sur les niveaux de rendement des espèces  
cultivés  
(Duthil 1973).

# Chapitre 1 : les sols gypseux

## 1 - Les sols gypseux

Les « sols gypseux » sont mentionnés en tant que tels dans la plupart des classifications, à différents niveaux et avec une assez grande diversité de termes et de définitions. Les « sols gypseux » (au sens large) sont largement répandus et apparaissent typiques des régions arides et semi-arides (précipitations annuelles < 300-400 mm): Tunisie, Algérie, Syrie, Irak, sud de l'ex-URSS et de l'Espagne, Texas, Mexique, sud de l'Australie, Namibie, etc (Baize et Girard, 2008).

Van Alphée et Rios Romero (1971), désigné sous le nom sol gypseux, les sols à teneur supérieur à 2% de gypse, alors que la légende révisée de la carte du sol du monde (F.A.O, 1988) définit "sol gypseux" quand il contient 5 % ou plus du gypse.

## 1 -2- classification des sols gypseux

### I -2-1-La classification française

La classification française ne fournit pas des informations supplémentaires sur la classification de certains sols qui peuvent contenir une forte teneur en gypse tels que: les sols châtaîns, sols marrons, vertical, sols sodiques, sols minéraux bruts des désertschaudset sols gris subdésertiques.

La classification française à besoin d'être amélioréecommesuit:

- Définitions plus précises des groupes et sub groupes demandés.
- Quantification des termes utilisés (exemples, encroûté, à nodules) est nécessaire. (FAO, 1990).

Selon la classification française, les sols gypseux sont classés comme suit:

**Tableau n°1:** les sols gypseux dans la classification C PCS (1967)

Classe	Sous classe	Groupe	Sous-groupe
Sols Calcimagnésiques	Sols gypseux	Sols gypseux	
		Rendziniformes	–
		Sols bruns gypseux	Modal à encroûtement gypseux
Sols isohumiques	Pédoclimat frais	Sierrozems	A croûte gypseuse
Sols hydromorphes	Minéraux à peu humifères	A redistribution de calcaire et de gypse.	A encroûtement ou à nodules.

### 2-2-La classification américaine

Pour l'identification des sols gypseux, la soil taxonomy exige la présence d'un ou deux horizons diagnostiques avec une forte teneur en gypse : horizon gypsic ou horizon petrogypsic.

Les sols gypseux sont classés en utilisant ces deux horizons dans l'ordre des Aridisols, sous ordre des Orthids, grand groupe des Gypsiorthids. Ces derniers sont subdivisés en quatre sous groupes : qui sont : Typic Gypsiorthids, Calcic Gypsiorthids, Cambic Gypsiorthids, Petrogypsic Gypsiorthids, (FAO, 1990).

La clef de la soil taxonomy :

La classification Américaine amendée par l'édition des clefs de soil taxonomy (SSS, 1996) classe les Aridisols en cinq sous ordres, parmi les quels on trouve les Gypsids qui comportent cinq grands groupes qui sont : Petrogypsids, Natrigypsids, Argigypsids, Calcids, Haplogypsids.

### 2-3-La classification FAO

La légende révisée de la carte des sols du monde (FAO, 1988) introduit à la place des yermosols et xerosols et les Gypsisols. Ces derniers regroupent les sous unités suivantes :

1\_Petric Gypsisols : ce sont ceux ayant un horizon petrogypsic à moins de 100 cm de la surface.

2\_Calciic Gypsisols : ils possèdent un horizon calcic.

3\_Luvic Gypsisols : ils présentent un horizon argillic.

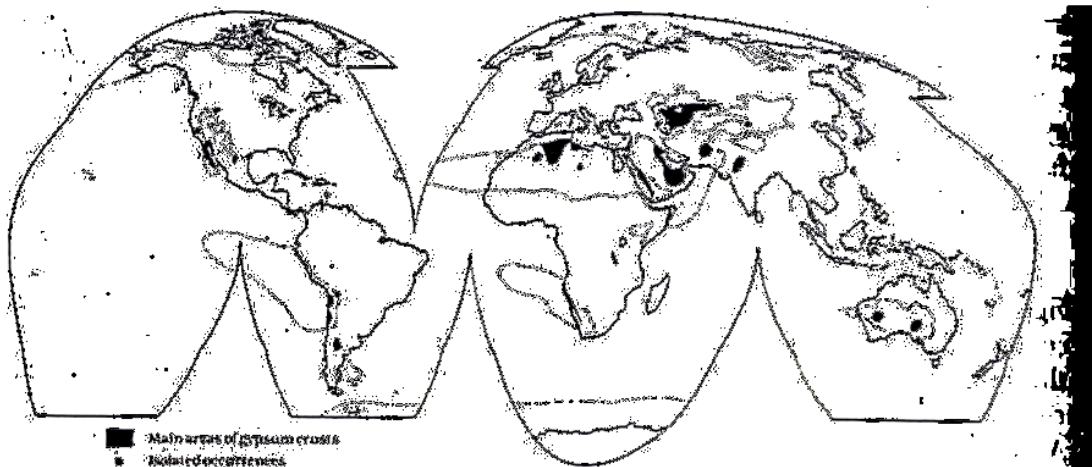
4\_Haplic Gypsisols : ils caractérisent les autres gypsisols

### 3 -Distribution des sols gypseux dans le monde

Les sols gypseux sont largement répandus dans les zones arides et semi-arides, leur surface totale est estimée de 707,000 Km<sup>2</sup> (Boyadgiev, 1985). Ils sont localisés dans les régions des déserts, avec une moyenne des précipitations annuelles inférieure à 250mm (Watson, 1983, 1985) .

Ils se rencontrent au Nord de l'Afrique, le Sud – Ouest de l'Asie, la partie méditerranéenne de l'Europe (Van Alphen et Rios Romero, 1971), l'Argentine, le Chili, et l'Australie (F.A.O, 1990) .

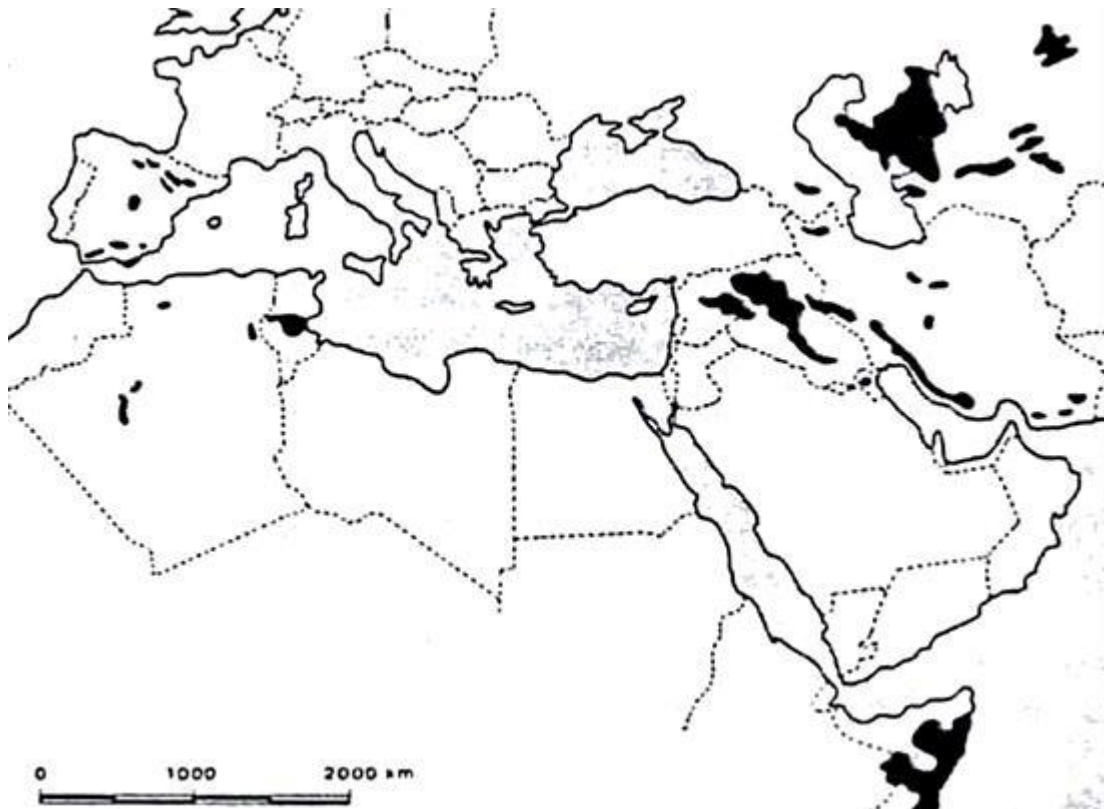
La distribution des sols gypseux au Nord et à l'Est de l'Afrique, l'Europe du sud et le Sud-Ouest de l'Asie a été cartographiée à petite échelle par Van Alphen et Rios Romero (1991) in Porta, (1998) et dans le monde par Eswaran et Zi-Tong (1991).



**Figure 1:**Distribution générale des surfaces d'accumulation de gypse (exceptio des roches déposées) (Watson, 1985).

### 4-Répartition des sols gypseux dans le Algérie

En Algérie, les sols gypseux occupent approximativement 8000Km<sup>2</sup>, qui représentant 12,2% des sols gypseux du monde (F.A.O, 1990) (Tab.4).



**Figure 2:** Distribution des sols gypseux dans le Nord et l'Est de l'Afrique, le Sud – Ouest de l'Asie, la partie méditerranéenne de l'Europe (Van Alphen et Rios Romero, 1971).

## 5 -Origine du gypse dans les sols

### 5- 1-Origine des géologique

Le gypse peut être contenu dans le substrat géologique (sédiment et roches). Ce substrat peut alimenter soit le sol qu'il supporte, soit les alluvions qui en dérivent, soit les sols des zones basses (Kadri, 1987).

### 5-2-Orrigine éoliennes

La contribution du vent à la formation des accumulations gypseuses à été étudiée par plusieurs chercheurs (Coque, 1962; Trichet, 1963; Pouget, 1968). Les croûtes résultant d'un saupoudrage intermittent de poussières surtout salines, diffusées dans l'atmosphère par le vent. La cimentation de ces dernières serait le résultat de l'infiltration des eaux pluviales dans les recouvrements



éoliens.

### **- 3-Origine hydrologique**

L'eau, quelle soit souterraine ou superficielle, contenant l'ion calcium et l'ion sulfate dissous, peut donner naissance à un dépôt gypseux par l'effet de l'évaporation et de la concentration (Pouget, 1968).

L'eau d'écoulement de montagne est la première source de gypse pour le sol (Toomanian et *al*, 2001).

## **6 -le processus de la dissolution du gypse**

### **6-1-les facteurs géologique**

**Facteurs lithologiques :** texture, la taille et la géométrie des cristaux et/ou particules, structure interne, porosité, la présence des composants non solubles.

**Facteurs stratigraphiques :** l'épaisseur des formations gypseuses, les intercalations des composés non solubles, l'existence d'une couche de halite, la présence des aquifères adjacents.

**Facteurs structural :** la structure des formations gypseuses, plaines discontinues et leurs caractéristiques géométriques (extension, largeur, densité, orientation).

**Facteurs géomorphologiques :** configuration des reliefs, le temps de développement.

**Facteurs hydrogéologiques :** le type d'écoulement (écoulement interstitiel, écoulement dans un aquifère adjacent), le régime d'écoulement (laminaire ou turbulent), le temps de résidence de l'eau dans le système karstique, la composition chimique de l'eau.

### **6 -2-Les facteurs environnementaux**

Les facteurs environnementaux sont reliés au climat, particulièrement à la précipitation et à la température. Les systèmes karstiques développés dans le gypse sont très sensibles aux variations climatiques (ELORZA et S ANTOLLALA, 1998).

## **7 -Les propriétés physico -chimique des sols gypseaux**

### **7 -1-Les propriétés physiques**

### **7 -1-1-La Structure**

Dans le sol, le gypse intervient par une action physico-chimique (augmentation de la concentration en électrolytes et le phénomène d'échange), ainsi que par une action physique au niveau des contacts argile-gypse qui intervient sur la structuration globale du matériau par cristallisation et croissance cristalline du gypse (Halitim, 1985).

La plupart des sols gypseux, ont une structure peu favorable. La structure de l'horizon de surface est dominée par une couche massive ou fine. L'horizon peut être fortement cimenté, avec formation de croûtes dures, s'opposant parfois à la circulation de l'eau et au développement des racines (F.A.O, 1990).

La présence de gypse, affecte le développement des éléments structuraux, à cause de la formation des canaux remplis de gypse, désigné gypse vermiforme (Artieda et Herrero, 1996) .

Boyadgiiev (1974) note que quand la quantité du gypse dépasse les 15 %, la structure tente à être instable. Toute fois, il a tendance à augmenter sa stabilité autant que la quantité du gypse dépasse les 25%. Il a conclu que les sols contenant 10 à 35 %de gypse sont perméables, ont une pauvre stabilité structurale et une faible capacité de rétention en eau.

### **7 -1-2-La Texture**

La texture des sols gypseux, dépend largement de la nature du matériau parental dans lequel le sol s'est développé (Van Alpen et Rios Romero, 1971). Cependant, elle est fortement influencée par la présence des teneurs élevées des cristaux de gypse.

Poch (1992 a), dans une étude sur les sols gypseux de l'Espagne, indique que la texture est étroitement liée à la teneur en gypse; à des faibles teneurs, la texture est déterminée par le matériau parental. Cependant, l'augmentation des teneurs en gypse engendre, d'une part, la formation d'une texture à dominance de limons et de sables en raison d'une cristallisation grossière, d'autre part, elle induit une diminution des teneurs en argile.

La détermination de la texture des sols gypseux avec la méthode standard de la pipette de Robinson peut poser différentes problèmes (S.C.S, 1972 in Poch, 1992 b).

Les caractéristiques du gypse sont responsables de ces problèmes, sa nature semi soluble (le gypse est un agent de floculation rend les argiles stables et la suspension n'est jamais obtenu), sa faible densité, sa forme et la présence d'eau dans sa molécule sont les problèmes de cette

technique (Vieillefon, 1979).

L'élimination du gypse, n'est possible que si la teneur en gypse est inférieure à 10%. Pour une teneur supérieure, la granulométrie établie sur une fraction seulement des constituants réels du sol, ne serait pas représentative des propriétés physiques du sol gypseux (C.I.R.A.D, 2004).

La présence de gypse dans le sol, limite la dispersion des colloïdes. Si le sol contenant moins de 10 %de gypse, le sol est lavé à l'eau. Pour les sols contenant plus de 10 %de gypse, une méthode relativement simple consiste à extraire le gypse par un traitement au chlorure de baryum et à la triéthanolamine (Hesse, 1974, modifié par Vieillefon, 1979).

Le chlorure de baryum entoure les particules de gypse d'une couche fine de BaSO<sub>4</sub> insoluble. Bien qu'efficace, la méthode ne permet pas toujours une dispersion parfaite par un seul traitement. Il s'avère parfois nécessaire de recommencer le traitement. Cette méthode a donné des résultats satisfaisantes quant elle est utilisée avec des échantillons d'horizon gypseux (Poch, 1992 a).

A cause de l'effet marqué du gypse, sur les propriétés physiques des sols, il est plus souhaitable de déterminer la texture sans enlever la fraction gypseuse (F.A.O, 1990).

En outre, la granulométrie d'un matériel riche de gypse doit considérer les particules de gypse comme un composant actuel du sol, et pas comme un sel qui doit être enlevé, comme il peut être fait par la dissolution quand le taux de gypse est faible (Porta et *al*, 1986 in Poch, 1989).

### **7-1-3-Stabilité structural**

Les résultats des travaux de Poch, (1992 a) sur la stabilité structurale des sols gypseux divisent les échantillons du sol étudiés en deux groupes:

- Horizons hypergypsiques faits de gypse pulvérulent, ont une stabilité élevée; fournie probablement par un fort enchaînement des particules de gypse.
- Horizons hypergypsiques faits de gypse microcristalline, et les échantillons possèdent un taux de gypse inférieur à 50%, ayant une faible stabilité.

Herrero et *al* (1992) considèrent que la faible stabilité de gypse microcristalline dans l'eau, a été considérée comme un processus de formation de flux de boue, le long de la pente dans les paysages gypseux.

La F.A.O (1990), trouve qu'une pauvre stabilité est attribuée aux matériels avec l'augmentation du taux de gypse sans spécifier leur type.

### **7 -1-4 -Résistance à la pénétration**

L'étude de la résistance à la pénétration de 20 horizons gypseux, dans sept profils irrigués, qui se

caractérisé par un taux de gypse qui varient entre 0 et 900 g Kg<sup>-1</sup>, semble que l'augmentation de la résistance à la pénétration, est due au remplissage des pores préexistants avec les cristaux de gypse, ce qui réduit le volume des vides réguliers et continus nécessaires pour la croissance de racine (Poch et Verplancke, 1997).

L'augmentation de la résistance à la pénétration avec l'augmentation du taux de gypse, est observée dans les horizons qui contiennent <50 % de gypse, il est peut être dû au remplissage des pores avec le gypse (Poch, 1992 a).

## **7 -1-5-Dynamique de l'eau dans le sol**

### **7 -1-5-1-La rétention en eau**

La capacité de rétention en eau peut augmenter ou diminuer selon le taux de gypse dans le sol (Boyadgiev, 1974).

D'après Van Alphen et Rios Romero (1971), la capacité de stockage de l'eau disponible dans les couches à accumulations gypseuses pulvérulentes dépend du pourcentage de l'argile et la taille des cristaux de gypse.

Selon Poch (1989) la disponibilité en eau dans les sols gypseux, est en relation avec la texture et la forme d'accumulation de gypse dans le matériau. Les horizons qui possèdent une texture moins grossière ayant une capacité de rétention élevée, par contre les horizons qui possèdent une texture plus grossière ayant une faible capacité de rétention.

Heinze et Fielder (1984) trouvent dans leurs études sur différents profils gypseux à différentes textures et degrés de maturité, que les sols gypseux ont un grand volume de pore, particulièrement les pores de taille moyenne, et une teneur en eau comparable aux sols calcaires ou silicatés de texture et degré de maturité pareil.

L'énergie de rétention de l'eau, dans le cas des sols gypseux, est considérée selon de nombreux travaux, semblables à celle des autres sols. L'eau utilisable par les plantes évoluée dans la gamme des pressions allant de 0,3 à 15 bars (F.A.O, 1990).

Mousli (1980) mentionne que l'humidité disponible dans la Balikh et Maskaneh Bassins en Syrie varie entre 9 et 15%. Elle dépend de la texture et le taux de gypse des sols. Cependant, quand le gypse est sous la forme des cristaux dans la taille de sable grossier à très grossier, l'humidité disponible devient faible et pourrait être inférieur à 5 % par volume.

Poch et *al* (1998) déclarent, que les horizons hypergypsiques ayant une texture grossière, possèdent une quantité élevée d'eau retenue à la capacité au champ et une faible quantité au point de flétrissement. La faible quantité d'eau retenue au point de flétrissement est due à la faible quantité d'argile dans ces horizons, à l'exception des horizons superficiels qui enregistrent des quantités élevées d'eau retenue point de flétrissement, malgré leurs textures grossières. Ceci est probablement dû à l'irrégularité de distribution des particules, avec l'abondance des agrégats argileux (isles), ces horizons portent plus d'eau aux potentiels matriciels faibles que les horizons homogènes ayant la même texture.

#### **7-1-5-2-Mouvement de l'eau dans le sol**

Le mouvement interne d'eau, dans la plupart des sols gypseux, est normalement modéré à rapide, sauf où le gypse est sous forme des couches incrustées, donc empêchant le mouvement de l'eau vers le bas (F.A.O, 1990).

Dans les Oasis de Gabès en Tunisie, Ammami cité par Van Alphen et Rios Romero (1971) note que la conductivité hydraulique varie entre 200 et 250 cm/jr dans les horizons de surface contenant du gypse alors qu'elle est de 60 à 150 cm/jr dans les horizons souterrains.

Le taux d'infiltration est bon à élevé, il varie entre 0,1- 2,00 m/j, selon la texture et la structure du sol (Florea et Al- Joumaa, 1998). Le gypse peut réduire la conductivité hydraulique quand il est très fin ( $< 44 \mu\text{m}$ ) et bouche les macropores des sols à texture fine (Keren et *al*, 1980).

Norton (1997) montre que le gypse améliore l'infiltration et diminue l'érosion. En outre les amendements gypseux contribuent à augmenter la conductivité hydraulique des sols en diminuant les effets du sodium échangeable (Chauhuan, 1992).

### **7 -2-Les propriétés chimiques**

#### **7 -2-1-Le pH**

Le pH influe aussi sur la solubilité du gypse, en raison de l'attachement des ions  $\text{H}^+$  sur les anions  $\text{SO}_4^{--}$ . La solubilité est élevée à pH bas (Artieda et Herrero, 1996). Mais ce phénomène ne peut guère intervenir car dans tous les sols gypseux étudiés le pH est toujours supérieur à 7 (Pouget, 1968)

### 7-2-2-La Déshydratation et réhydratation du gypse

Le gypse est un sel soluble (sulfate de calcium hydraté). Sa solubilité est de 2,6 g/l dans l'eau pure à 25°C et à une pression de 1 atmosphère (Herrero et Porta, 1990). Il constitue la forme la plus répandue du sulfate de calcium dans le sol (Eswaran et *al*, 1981).

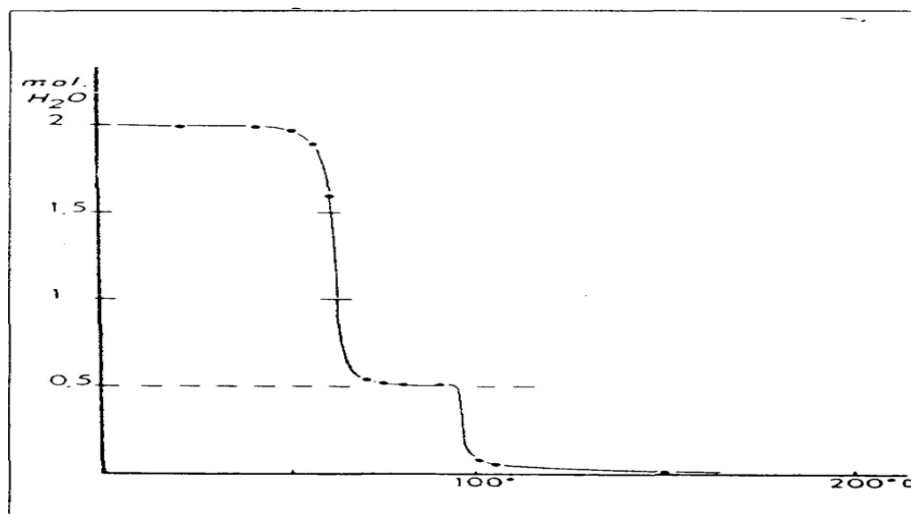
Weiser et *al* 1936 in Jauzein (1974) suggèrent que la déshydratation de gypse soit accélérée à 60°C sous une pression de vapeur d'eau de 23,6mm; c'est-à-dire la tension de vapeur saturée à 25°C (figue. 4), laissant 0,01 mol d'H<sub>2</sub>O pour chaque mol de CaSO<sub>4</sub> à 200°C. Cette anhydrite réversible a une capacité d'hydratation assez forte en fonction de la température de déshydratation au cours du temps

#### Propriétés chimiques des sols gypseux

##### . Formes hydratées et déshydratées du sulfate de calcium

Le gypse est un sel soluble (sulfate de calcium hydraté). Sa solubilité est de 2,6 g/l dans l'eau pure à 25°C et à une pression de 1 atmosphère (Herrero et Porta, 1990). Il constitue la forme la plus répandue du sulfate de calcium dans le sol (Eswaran et *al*, 1981).

Weiser et *al* 1936 in Jauzein (1974) suggèrent que la déshydratation de gypse soit accélérée à 60°C sous une pression de vapeur d'eau de 23,6mm; c'est-à-dire la tension de vapeur saturée à 25°C (figue. 4), laissant 0,01 mol d'H<sub>2</sub>O pour chaque mol de CaSO<sub>4</sub> à 200°C. Cette anhydrite réversible a une capacité d'hydratation assez forte en fonction de la température de déshydratation au cours du temps.



**Figure 3** :Déshydratation du gypse à température croissante (Weisser et *al* 1936, in Jauzein, 1974)

Les principales formes des états du  $\text{CaSO}_4$  sont les suivantes (Vieillefon, 1979):

- **Phase hydratée** : gypse, monoclinique
- **Phase semi-hydratée** : hemihydrate

\* naturel : bassanite

\* artificiel :

Variété  $\alpha$  : préparé en solution ou en autoclave

Donc en présence d'un excès d'eau sous forme liquide ou vapeur.

Variété  $\beta$  : préparé en absence d'eau.

- **Phase anhydre** : anhydrite

\* naturel: orthorhombique

Température °C

Mol  $\text{H}_2\text{O}$

\* artificiel :

- Anhydrite « réversible » ou anhydrite III obtenu par chauffage au-dessous de  $200^\circ\text{C}$  et non réhydratable.

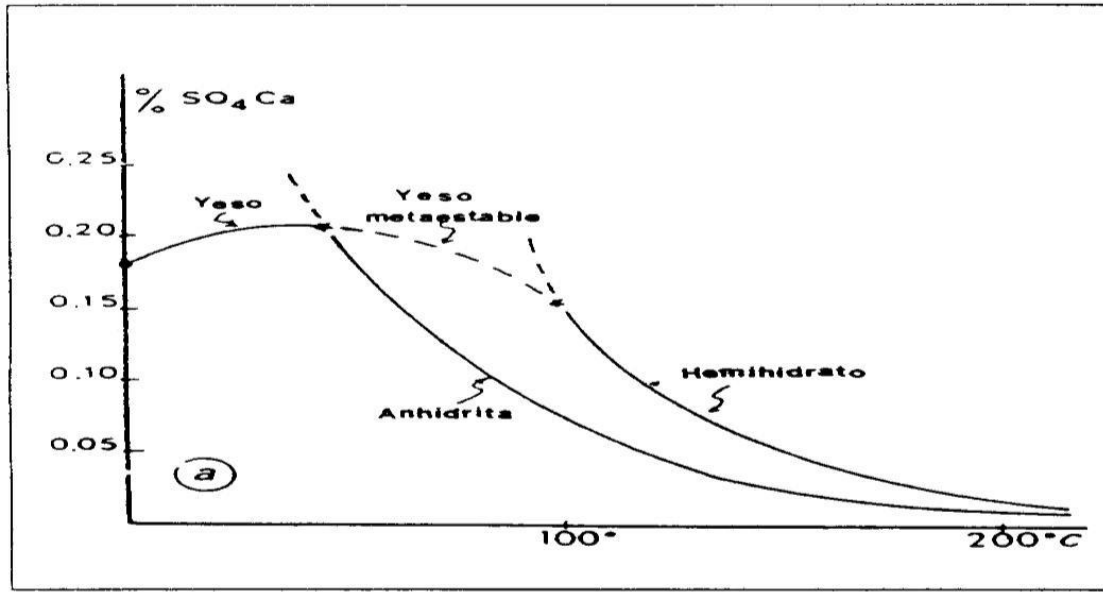
-Anhydrite « irréversible » ou anhydrite II obtenue au dessus de  $2000^\circ\text{C}$  et non réhydratable.

-Plâtre surcuit ou  $\gamma - \text{Ca SO}_4$ , obtenu au dessus de  $1000^\circ\text{C}$ .

### **VII -2-3-LA solubilité du gypse**

#### **VII -2-3-1-La solubilité du gypse dans l'eau pure**

Jauzein (1974), basé sur d'autres recherches, donne un graphe de la solubilité du gypse, bassanite et anhydrite, en fonction de la température (fig.2).



**Figure4** :Différentes phases de la solubilité du  $\text{CaSO}_4 \cdot n \text{H}_2\text{O}$  dans l'eau pure en fonction de la température (Weisser et al 1936, in Jauzien, 1974)

### VII -2-3-2-La Solubilité du gypse dans les solution salines

Le gypse est un électrolyte faible, sa solubilité est modifiée lorsque la solution contient des électrolytes forts ayant ou non des ions communs avec lui (Pouget, 1968 ; Sonnenfeld, 1984).

La solubilité du gypse dans une solution aqueuse salée contenant  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , et  $\text{SO}_4^{2-}$  a été examinée expérimentalement en employant des voies différentes pour calculer les

Température °C  $\text{CaSO}_4$  %  
coefficients d'activités d'ion monovalents et différents ions bivalents. Une approche d'analyse de sensibilité peut être employée pour déterminer qui est la meilleure équation d'adaptation pour représenter le coefficient d'activité d'ion simple et quels ions pairs sont nécessaires pour être inclus (Arslan et Dutt, 1993).

La présence de  $\text{NaCl}$  dans la solution peut augmenter considérablement la solubilité du gypse (Schreiber et Schreiber, 1977).

Kovda (1965) indique que la solubilité du gypse augmente avec la présence des chlorures, particulièrement les chlorures de sodium et de magnésium. Les tableaux 6 et 7 expliquent la relation entre le gypse et les sels solubles.



**Tableau 2:** Solubilité du gypse en présence du chlorure de magnésium MgCl<sub>2</sub> (Pouget, 1968).

**Concentration en g/l dans la solution**

MgCl <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
0	2,08	997,9
8,5	4,26	996,5
19,18	5,69	994,5
46,64	7,59	989,1
121,38	8,62	992,2
206,98	6,57	949,9
337	2,77	908,7
441,1	1,39	978,6

**4 -2-3 Action du pH sur la solubilité du gypse**

Le pH influe aussi sur la solubilité du gypse, en raison de l'attachement des ions H<sup>+</sup> sur les anions SO<sub>4</sub><sup>--</sup>. La solubilité est élevée à pH bas (Artieda et Herrero, 1996). Mais ce phénomène ne peut guère intervenir car dans tous les sols gypseux étudiés le pH est toujours supérieur à 7 (Pouget, 1968).

**VII -2-4-Relation gypse– calcaire**

Plusieurs travaux (Boyadgiev, 1974 ; F.A.O, 1990 ; Florea et Al-Joumaa, 1998) ont montré que l'augmentation du taux de gypse entraîne la diminution de la teneur en calcaire et vis versa.

Florea et Al-Joumaa (1998) présenté la relation suivante :

$$\text{CaCO}_3 = 23,12 - 0,174 \text{ gypse ou gypse} = 75,04 - 2,117 \text{ CaCO}_3$$

Pour l'horizon C, le coefficient de corrélation R<sup>2</sup> = 0,368

L'étude microscopique en zone aride de l'Algérie faite par Halitim et Robert (1987) montre qu'un envahissement de l'accumulation calcaire par le gypse avec une désintégration et une

Taux de gypse en %

Solubilité en g/dm<sup>3</sup>

dilution au niveau du calcaire. Ils pensent que ce phénomène est dû à la pression de cristallisation du gypse qui est de l'ordre de 1,100 Kg/Cm<sup>2</sup> qui détruit les individualisations calcaires par suite de l'arrivée continue des solutions sulfato- calciques, et leurs précipitations à ce niveau.

### **7 -2-5-La capacité d'échange cationique**

La capacité d'échange cationique des sols dépend, généralement de la teneur en matière organique, de la texture du sol et le type des minéraux argileux. La plupart des sols gypseux sont pauvres en matière organique et en conséquence la contribution des colloïdes organiques à l'élévation de la capacité de rétention est faible (F.A.O, 1990).

Poch (1992 a) trouve dans son étude dans la vallée de l'Ebro en Espagne, que les valeurs de la CEC sont faibles, variant entre 1,04 et 21,5 meq/100g. Dans les horizons hypergypsiques, la CEC est plus faible (1 à 8 meq/100g) que dans le reste des échantillons, à l'exception des échantillons qui contiennent des taux élevés en matière organique. La fig 7 représente la variation des valeurs de la CEC avec la variation du taux de gypse. Elle a remarqué qu'avec un faible taux de gypse la CEC est fortement variable, en outre l'augmentation du taux de gypse dans le sol provoque la diminution des valeurs de la CEC.

### **8-Fertilité des sols gypseux**

Dans les sols gypseux, le gypse affecte les taux d'éléments nutritifs, aussi bien que leurs disponibilités pour les plantes (la fertilité des sols). Son effet dépend de plusieurs facteurs tels que sa nature, la solubilité des éléments, leur forme, leur distribution horizontale et verticale et l'emplacement des couches de gypse dans le profil (Mashali, 1996).

Les sols gypseux en Syrie, ont une basse fertilité, en raison du manque des précipitations et la faible teneur d'humus et en éléments nutritifs. La teneur élevée du gypse affecte la mobilité et la disponibilité de P, K, Mg, Fe, Mo, Zn pour les plantes (Florea et Al-Joumaa, 1998).

Concernant la disponibilité en éléments fertilisants majeurs, Van Alphen et Rios Romero (1971) rapportent que les teneurs en azote des sols gypseux dans les horizons de surface en Espagne sont, généralement, inférieures à 0,25%, dans ceux de la Syrie elles varient entre 0,05 et 0,14%, en ce qui concerne le massif de Kirovabad (URSS) elles oscillent entre 0,07 et 0,26%.

Les micro-éléments nutritifs, doivent être appliqués aux sols gypseux, quant ils ont en besoin. Le teste régulier de tel sol est nécessaire, pour connaître les éléments indispensables et leurs taux d'applications. Cependant, la couverture des insuffisances en micronutriments par l'addition de différents fertilisants est limité par certains facteurs tels que: le type de sol, les procédures de gestion de l'eau, les systèmes d'agriculture et reliée aux pratiques agronomiques et environnementales (Mashali, 1996).

Al Rawi et *al* (1983) de leurs études dans les conditions de serre, ont annoncé que le millet a montré une grande réponse aux engrais organiques dans les sols gypseux. Les engrais organiques ont amélioré le taux d'humidité disponible et ont diminué la solubilité de gypse.

Hazzah et *al* (1986) concluent que, les engrais organiques dans les quantités de 12 à 24 t/ha, ont amélioré les propriétés chimiques et physiques des sols gypseux, avec une augmentation significative de la production des cultures (le millet). Ils ont annoncé que l'engrais de volaille avait plus d'effet sur la croissance végétative, tandis que l'engrais de bétail avait plus d'effet sur les propriétés physiques des sols et sur la croissance des racines. Les deux engrais ont donné de meilleurs résultats que les déchets de ville ou l'engrais minéral.

## **9 -Effet du gypse sur le sol et la plante**

Dans les régions arides et semi-arides, où le gypse se comporte comme un constituant semi-soluble dans le sol et où sa présence au-delà d'un certain seuil, affecte la croissance des plantes et leurs productivités (F.A.O, 1990).

Herrero et *al* (1996) déclarent que, le développement de la végétation gypsophile est relié au développement des sols. Quand le sol est constitué de roches gypseuses peu profondes, la végétation est pauvre, quant il est plus évolué la biomasse et la végétation qui couvre le sol est plus développée. Les communautés typiquement gypsophiles des régions méditerranéennes et subméditerranéennes sont incluses traditionnellement dans les cortèges gypsophiles et Agropyrolygeion.

Dans les sols gypseux à profondeur modérée (horizon pétrogypsiq à une profondeur entre 1et 2m), la plupart des cultures irriguées peuvent grandir normalement. La profondeur des sols (horizon pétrogypsiq à une profondeur supérieur à 2m) est appropriée pour plusieurs types de cultures et d'arbres (F.A.O, 1990).

Mardoud (1981) mentionne que, les sols modérément gypseux, avec moins de 10 %de gypse dans la couche de 25 à 45cm de profondeur et jusqu'à 35 -50 %de gypse à 60cm de profondeur, sont appropriés pour la profondeur d'enracinement des récoltes. Le blé, orge, trifolium, le coton, betterave sucrière, la pomme de terre, la luzerne, le maïs, sorgho, la tomate et le sésame ont donné des rendements très satisfaisants.

Rao et Tarafdar (1998) ont cité que *Salvadora oleoides*, *Colophospermum mopane* et *Pithecellobium dulce*, ont été identifiées comme plantes affectueuses de calcium. Toutes les espèces testées, peuvent être employées pour la réadaptation des sols à gisement de gypse.

# Chapitre 2

## Chapitre2 : Etude du milieu physique

### 1.Présentation de la zone d'étude

Sidi Khaled : une ville de sédentarisation massive des nomades

Une croissance urbaine d'abord très rapide, liée à la sédentarisation des nomades

Sidi Khaled : une société oasienne qui résiste aux changements

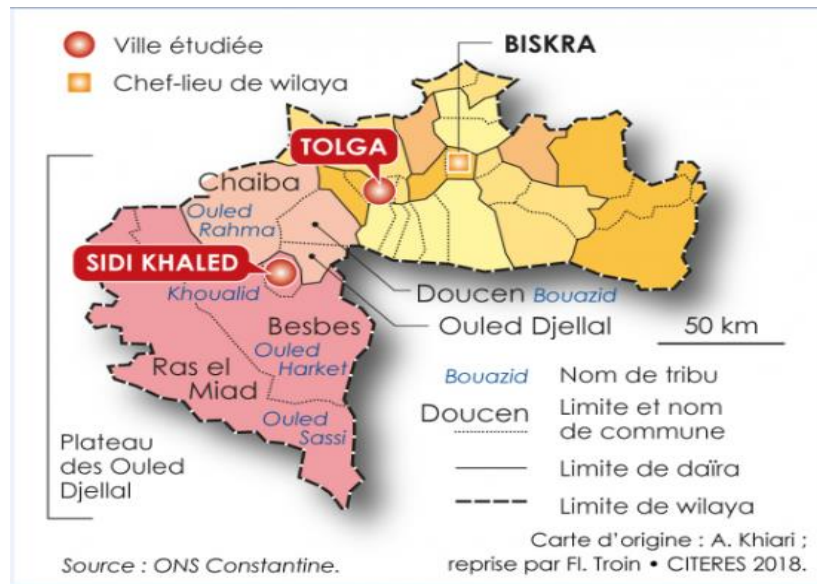
L'oued Djedi et la disposition linéaire de la palmeraie

Un faire-valoir direct qui perdure

La préservation relativement étonnante du ksar et de l'oasis

Siège de daïra, Sidi-Khaled est situé dans la wilaya de Biskra, à 100km au Sud-ouest de la ville de Biskra. Elle s'étend sur 212,60 km<sup>2</sup> et compte 43 315 habitants (recensement de 1998) pour une densité de 203,74 habitants par km<sup>2</sup>. Le nom français de la ville est Sidi Khaled. Villes voisines sont :

- Erich Ha moula ~4 km
- Chiaba~6 km
- Difel~10 km
- Bsebes~30 km
- Ouled Djalal~7 km



**Figure 1:** situation géographique de la région de Biskra

## II- Le climat

L'étude du climat définit l'état actuel de l'atmosphère comme composante déterminante du milieu géographique. L'enregistrement des données climatiques par l'O.N.M. de Biskra (Office National de Météorologie) durant la période (1999 – 2009) nous révèle ce qui suit :

### II-1-Les précipitations :

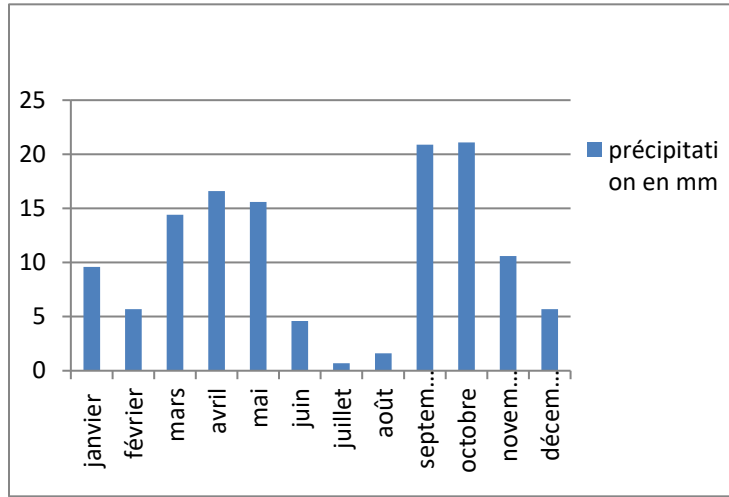
La pluviométrie est l'une des éléments les plus importants en ce qui concerne la caractérisation du climat d'une région donnée.

En région aride la productivité des végétaux augmente en forme linéaire avec l'augmentation des précipitations (Mackenzie et Ball, 2000).

Khechai, (2001), quand à lui, note que le régime de précipitations annuelles et leurs apports quantitatifs sont la résultante de l'influence de deux paramètres sur le climat de la Etude du région : le Sahara et la mer méditerranée. Dans notre région les précipitations sont très mal réparties au cours de l'année, elles sont brutales et très localisé .

**Tableau 3 -Précipitations moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).**

	janvier	février	mars	Avril	mai	Juin	juillet	août	septembre	Octobre	novembre	décembre
précipitation en mm	9,6	5,7	14,4	16,6	15,6	4,6	0,7	1,6	20,9	21,1	10,6	5,7



**Fig. 6 : Précipitations moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).**

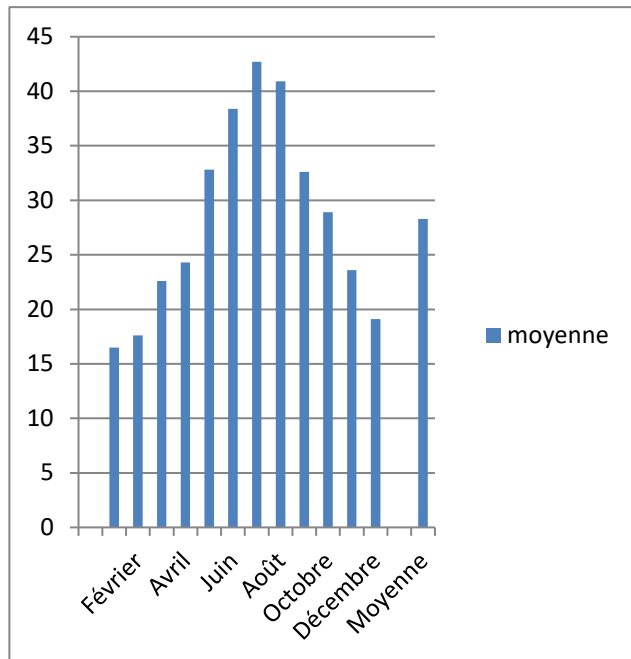
Nous remarquons que la période pluvieuse s’étend de septembre à avril avec un maximum de 21.1 mm pour le mois de et octobre . La période sèche coïncide avec la saison la plus chaude, elle présente un maximum de sécheresse en juillet de 0.7 mm. (Tableau 25, Annexe 1).

**II -2-Les températures**

La région de Biskra comme toute les autres régions des zones arides, possède des températures élevées pour une moyenne de 22,66°C, avec des fortes variations saisonnières.

**Tableau4 : température moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).**

Tmaxen°C	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
	16,5	17,6	22,6	24,3	32,8	38,4	42,7	40,9	32,6	28,9	23,6	19,1



**Figure7: température moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).**

Températures moyennes mensuelles pour la période de (1999 – 2009) (O.N.M., Biskra ; 2010) saisonnières (fig. ). La température maximale enregistrée est en mois de Juillet est de 42.7°C, par contre la minimale est de l'ordre de 16.5°C enregistrée en mois de janvier (Tableau 25, Annexe 1).récipitations sont très mal réparties au cours de l'année, elles sont brutales et très localisé

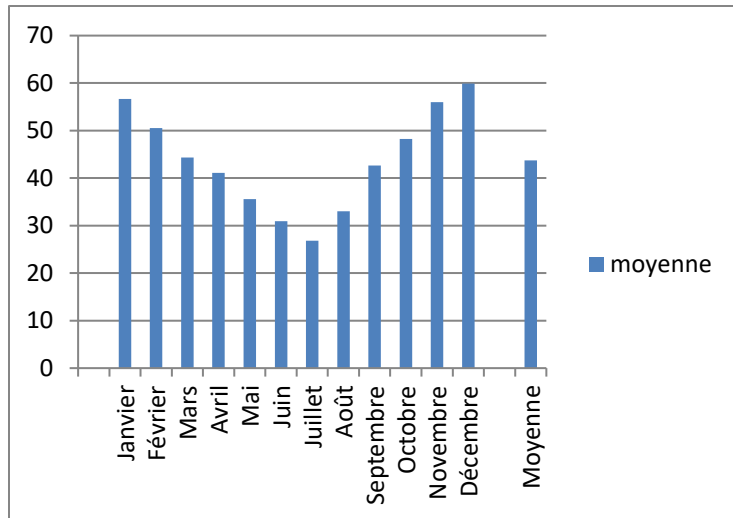
### II- 3- L'humidité

Il s'agit du rapport entre la quantité effective de la vapeur d'eau dans un volume d'eau donné et la quantité maximale possible dans le même volume et à la même température. L'histogramme suivant nous donne une idée sur la moyenne annuelle de l'humidité relative qu'est de l'ordre de 26.8% et reflète le mois le plus humide qui est dans notre cas le mois de Décembre avec une moyenne mensuelle de 59.9 % .



**Tableau5 :l'humidité moyenne mensuelle pour la période de (2008– 2018)**

Humidité	Janvier	février	mars	avril	Mai	juin	juillet	Août	septembre	octobre	novembre	décen
	56,6	50,5	44,4	41,1	35,5	30,9	26,8	33,0	42,6	48,3	56,0	59,9

**fig 8 :l'humidité moyenne mensuelle pour la période de (2008– 2018).**

Les données enregistrées et représentées par l'histogramme de la (fig. 5) de la zone d'étude appellent les remarques suivantes :

- l'humidité relative est plus élevée en hiver qu'en été ceci est dû à la température plus clémente.
- Les valeurs les plus élevées sont enregistrées en hiver, le mois de décembre (59.%) et la plus basse, le mois de juillet (26,8 %)
- La moyenne annuelle est de 41.98 % (Tableau 25, Annexe 1).

#### II-4- vents :

Dans les régions arides, les vents sont les principaux facteurs de l'édification des reliefs (dunes) et dans la dégradation des sols (vannage). Les vents sont relativement fréquents au printemps et en été. Le Sirocco est un vent chaud et sec qui souffle en été et accélère l'évapotranspiration. Les vents de sable sont fréquents surtout au printemps et en été.

Les vents jouent un rôle très important au niveau des régions arides, pour l'édification des reliefs et des sols ainsi la dégradation et la destruction de celle-ci (Halitim, 1988) d'une part ; et d'autre part dans la dissémination des grains des végétaux et les grains du pollen.

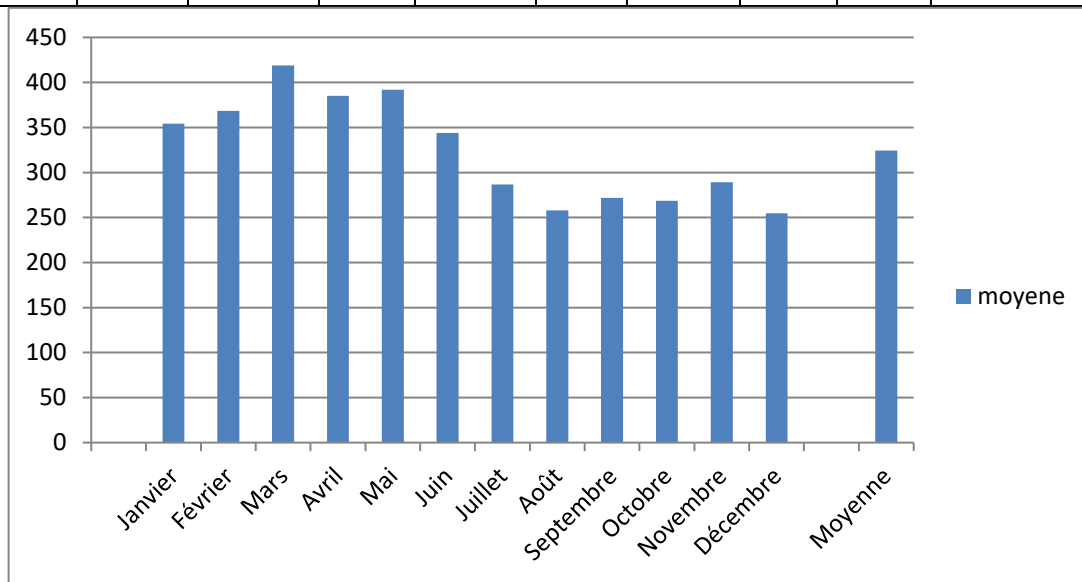
Les vents les plus dominants sont ceux des hauts plateaux du Nord Est durant l'été et du Nord Ouest durant l'automne et l'hiver. Alors que les siroccos du Sud Ouest est sont fréquent en printemps et en été où le sirocco devient très desséchant (O.N.M., 2010). La figure 6 nous indique les vitesses moyennes enregistrées pour chaque mois de l'année :

Le maximum de vitesse des vents est de 418.7 m/s est enregistré durant le mois mars.

Le minimum de vitesse est enregistré au mois de december est de 254.5 m/s (O.N.M., 2010).

**Tableau6 : vent moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).**

Vent en m/s	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
	354,4	368,4	418,7	385,0	391,9	344,0	286,6	257,8	271,7	268,7	289,0	254,5



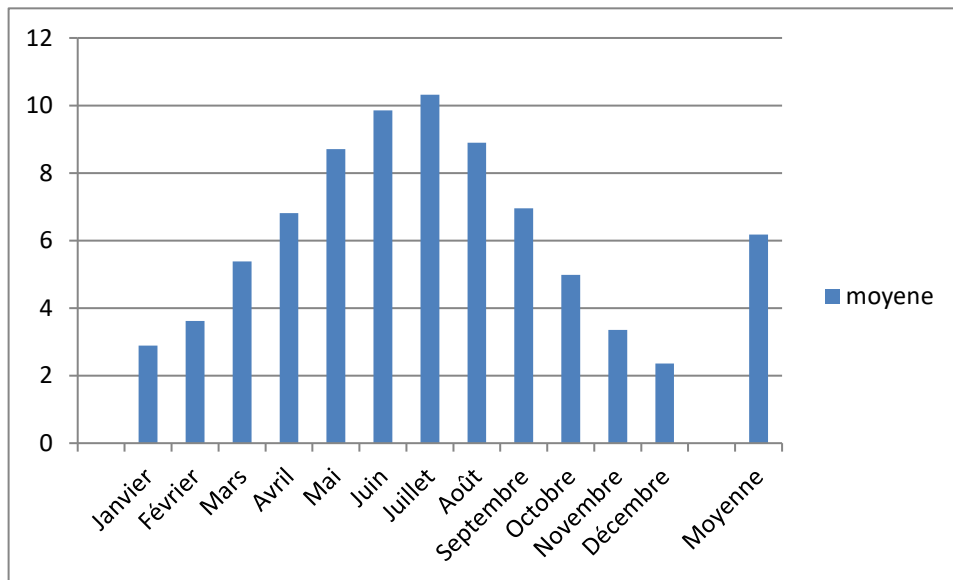
**Fig 9 : vents moyens mensuels pour la période de (2008– 2018).**

### 2-5- L'évaporation moyenne mensuelle :

Le processus de l'évaporation s'intensifie aux moments du sirocco (O.N.M., 2010) (Djellouli, 1990) cite que l'évaporation est fonction des températures ; de l'humidité ; du rayonnement solaire, la vitesse des vents, l'importance du couvert végétal et du degré d'humidité du sol.

**Tableau6: évaporation moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
ETo	2,9	3,6	5,4	6,8	8,7	9,9	10,3	8,9	7,0	5,0	3,4	2,4



**Fig10 : évaporation mensuelle pour la période de (2008– 2018).**

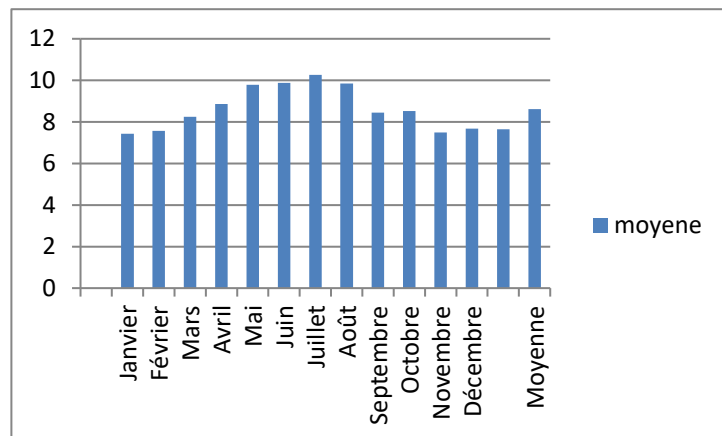
D'après l'histogramme (fig.7) ; on remarque que l'évaporation moyenne la plus élevée se concentre au mois de juillet 10.3 mm (Tableau 25, Annexe 1). L'évapotranspiration est très importante dans la région, la méthode de "Turc" nous a permis d'obtenir une valeur de 2540.85mm/an. L'intensité de l'ETP est fortement renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds (Sirocco)

## 2-6- L'insolation :

Le désert est caractérisé par une insolation qui peut atteindre 90% du minimum théorique soit 11heurs / année. En l'absence de masques montagneux la moyenne mensuelle d'insolation est plus accentuée. (Seltzer, 1946) Selon (khechai, 2006) la région de Biskra reçoit une intensité lumineuse très importante surtout pendant les grandes puretés durant toute l'année car l'atmosphère à une grande pureté durant toute l'année. Cependant l'histogramme (Fig. 8) nous indique que : - le nombre moyen annuel d'heurs d'insolation est de 16.76h. qui correspond à 9.35 h/j. La valeur minimale a été enregistrée au mois de janvier (7.4h) qui cours pour (7h/j).

**Tableau8 : insolation moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).**

insolation en h/j	janvier	février	Mars	avril	Mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décem
	7,4	7,6	8,2	8,9	9,8	9,9	10,3	9,8	8,4	8,5	7,5	7,7



**Fig11: insolation moyennes mensuelle pour la période de (2008– 2018).**

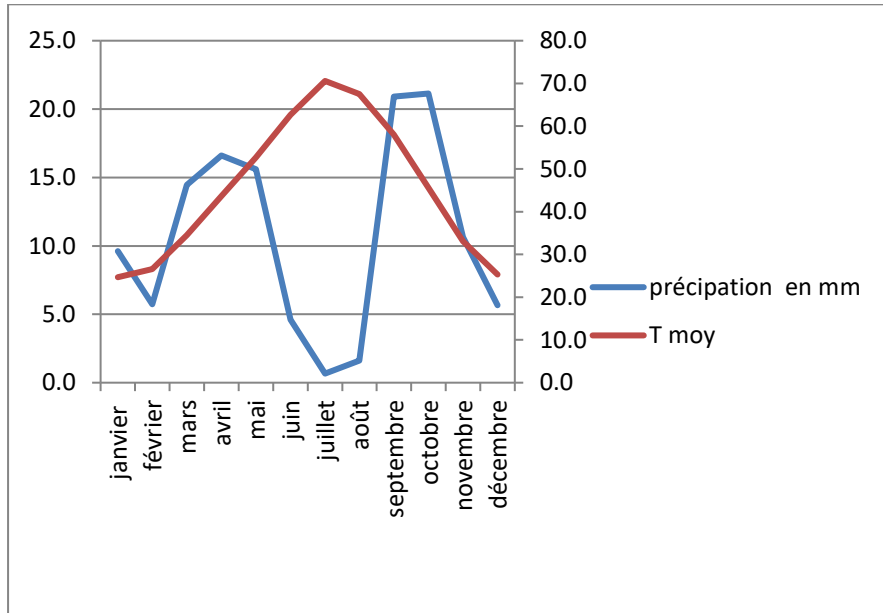
## III-Classification du climat

### III -1-Diagramme ombrothémique de gausсен

Il permet de calculer la durée de la saison sèche, il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la pluviosité est double de la température.

La saison sèche se trouve matérialisée par la zone où la courbe des températures passe au

dessus de la courbe des précipitations. Un mois sera dit biologiquement sec si la pluviosité moyenne mensuelle est égale ou inférieure au double de la température moyenne mensuelle du même mois (Seltzer, 1946)



**Fig 12 : Diagramme ombrothermique de Gausson de la région de Biskra.  
Pour la période (2008 – 2018)**

### 3-2-Le climagramme pluviométrique

Ce quotient est spécifique, au climat méditerranéen, il s'agit d'un indice climatique

visant à traduire l'aridité d'un écosystème dans l'équation.

$$Q = 1000 p / ((M+m)/2) (M-m).$$

Q : pluviosité moyenne annuelle (en millimètre)

M : température moyenne maximale du mois le plus chaud (en degré absolu : degré Kelvin).

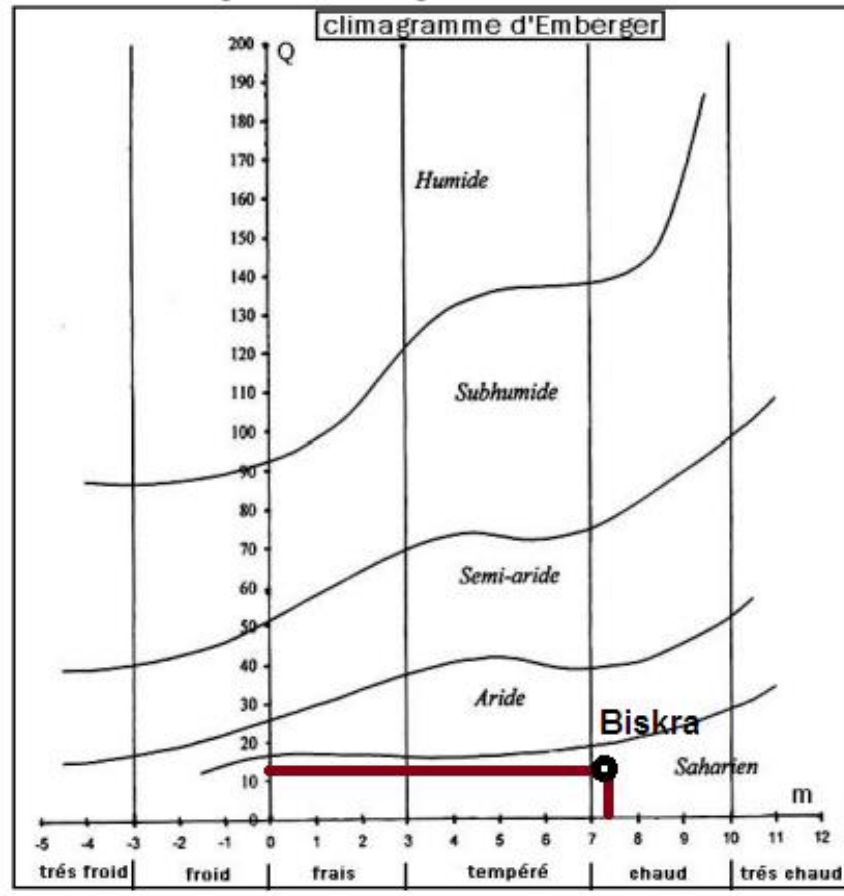
m : température moyenne minimale du mois le plus froid (en degré de Kelvin).

Stewart,(1965) in Djbaili, (1984), remarque que le quotient pluviométrique peut être réduit à la formule suivante :

P : pluviométrie moyenne annuelle (en millimètre)

$M - m$  : amplitude thermique  $M$  et  $m$  sont exprimées en degré Kelvin température moyenne annuelle (en  $C^\circ$ ).

Cet indice nous permet de classer la zone d'étude suivant les limites suivantes :



**Fig13: Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Biskra.**

**Pour la période (2008– 2018)**

#### 4 -Pédoclimat

##### 4-1-Régime hydrique

La détermination exacte du régime hydrique est difficile et exige de nombreuses détermination de l'humidité du profile pédologique pendant une dizaine d'années (sss ,1996).

Tevernier et van wambeke (1976) ,ont appliqué le modèle mathématique du newhall ,qui permet d'estimer le régime hydrique .ils donnet pour biskra un régime hydrique aridic .

#### **4 -2-Régime thermique**

D'après les travaux de verniere et van wambek (1976), le régime thermique de biskra est de type hyperthermie. Ce type de régime a pour caractéristique une température annuelle moyenne du sol supérieur à 22C° et une différence entre les moyennes de température ,à 50 cm dans le sol .pour l'état et l'hiver supérieur à 5C°.

### **5-Géologie de la région d'étude**

#### **5-1-Géologie régional**

Selon la carte géologique de la région de Biskra à 1/200 000 ; on peut conclure que cette région, sur le plan structural et sédimentaire, est transitoire entre la partie Nord constituée de montagnes et le Sud qui est un pays effondré constitué de plaines. Selon (Guoskov, 1962) elle fait partie du Sahara septentrional et d'autre part en position très inférieure apparaissent les derniers anticlinaux vers le Sud de l'Atlas Saharien. Khechai, (2001) le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de plis et de failles orientées en Ouest, appelés « flexures Sahariennes » marquées par la tectonique Atlasique. Ces deux derniers groupes ont joué un décrochement ce qui a permis aux trias de remonter. La région et ses bordures sont constituées par du calcaire et de la marne du crétacé avec des interactions gypseuses, ces derniers formant en général le cadre montagneux A.N.A.T., (2005) La majeure partie des roches est sédimentaire de type carbonaté. Le caractère essentiel dominant de ces formations est celui des sels (Calcaire, Gypse, Sels solubles). Selon A.N.R.H., (2005) les plissements de Djebel Boughzel et les lacunes locales (Sebkhat) sont engendrés par des mouvements tectoniques qui ont affecté les formations existantes de la région suivis par des phénomènes d'érosion.

#### **5-2-stratigraphiques :**

l'épaisseur des formations gypseuses, les intercalations des composés non solubles, l'existence d'une couche de halite, la présence des aquifères adjacents.

**V-3-structural** : la structure des formations gypseuses, plaines discontinues et leurs

caractéristiques géométriques (extension, largeur, densité, orientation).

### **6 -géomorphologiques de la zone d'étude :**

Notre zone d'étude s'étend du Nord de la Wilaya de Biskra où le glacis du versant Sud des Aurès se manifeste avec une altitude de 1100m (Djebel Krouchel « Daira de Ain Zaatout ») sol riche en calcaire présence d'une végétation composée d'arbres d'arbuste et de végétation herbacée, des touffes, notamment, d'armoïse et d'Alfa.

La plaine de Loutaya est une continuité de ce glacis vers le Sud, constituée des sols peu évolués d'apport alluvial et traversée par Oued el Hay et Oued Abedi, présentant une pente faible.

Au Sud du glacis de Boughzel (286m d'Altitude) on aperçoit une vaste étendue allant du piémont de Djebel Boughzel où les dépôts sableux se forment par des apports éoliens sur un support constitué de (Deb deb) « Dale calcaire – gypseuse » ensuite jusqu'à Oued Djedi qui se situe sur une plaine constitué par des sols alluvionnaires en passant par les terrasses de **Bouchoucha** sol très gypseux par la présence d'une nappe sulfatée (figure 40 Annexe 6) et les terrasses de **StahZemrir** avec une pente de 0,6% avec des accumulations de sels qui sont très

### **7 - Hydrogéologie de la zone d'étude**

Suivant la carte géologique de Biskra (fig. 2), on peut distinguer les différents oueds traversant cette région qui sont comme suit : - Oued Biskra qui prend pour son origine à partir des Oueds de Abdi et Oued El Hai. - Oued Ezriba qui possède pour son origine les Oueds de Kattan et Oued El Arabe. - Oued de Zeb Echarki, Oued El Hay et Oued de Ouled Djellal selon (Anonyme, 2007) sont caractérisés par l'irrégularité et le peu de ruissellement. - Oued Djedi, selon (Anonyme, 2007) présente une longueur de 500 km, constitué le collecteur des eaux de ruissellements du plan Sud-Est de l'Atlas Saharien. L'ensemble des Oueds sont définis par un écoulement endoréique. Selon (Durand, 1953) l'hydrogéologie de la région de Biskra est caractérisée par la présence des quatre nappes principales, où la notice explicative de la carte hydrogéologique de Biskra distingue les nappes suivantes



**7 -1-La nappe phréatique quaternaire :**

Elle se localise sur des accumulations alluvionnaires, (Mimeche, 1999 in Khechai, 2001) notent que le substratum est formé par une épaisse formation argileuse, contenant quelques niveaux de sable, de gravier et des marnes. La plupart des eaux de cette nappe sont salées ou très salées. Et c'est au niveau des palmerais qu'elles sont les mieux connues avec une profondeur comprise entre 20 et 150 m et un débit de 5 à 10 l/s. Les nappes les plus importantes dans la Wilaya de Biskra sont celles de l'Oued Biskra et de l'Oued Djedi, leur alimentation est assurée par les précipitations (A.N.A.T., 2005).

**7 -2-La nappe du miopliocène :**

Sa litho stratigraphie est mal connue avec l'alternance de couches d'argiles imperméables. A peine la formation de quelques horizons aquifères dans les terrains continentaux du tertiaire et quaternaire sont connus. Les eaux sont de mauvaise qualité, alimentées à partir des zones d'affleurement du miopliocène. La profondeur de cette nappe est de 100 à 300 m. Selon Khechai, (2001) ; l'écoulement de cette nappe se fait du Nord-Ouest vers le Sud -Est libre, semi libre et semi captif. Chapitre I Etude du milieu naturel 8 A l'Est de la Wilaya de Biskra, cette nappe se subdivise en deux aquifères séparés par une épaisse couche d'argile et d'argile sableuse, l'un profond désigné sous le nom du Pontien et l'autre moyennement profonde qui est la nappe du miopliocène connue dans cette région. Le sens d'écoulement principal de la nappe des sables est vers la zone de Chott Melghir (A.N.A.T., 2005). Elle est située dans la partie Sud de la Wilaya ; sa formation est en générale constituée d'alternance de niveaux d'argile, sable et cailloutis d'âge miopliocène. Elle est fortement exploitée dans la partie Est de la Wilaya de Biskra plus particulièrement dans les régions de M'zirâa.

**7 -3-La nappe des calcaires de l'éocène et de sénonien :**

Cette nappe est localisée dans la totalité de la région de Biskra. Son réservoir est constitué essentiellement de calcaire de l'Eocène inférieur et du Cénomaniens supérieur, avec un toit composé des formations argilo -sableuses du miopléocène au Nord et des marnes gypseuses moyennes au Sud. Elle recèle des réserves très importantes qui sont liées d'une part aux faciès et à l'état de fissuration de la roche, et d'autre part à sa recharge souterraine à partir de l'Atlas Saharien. L'alimentation de cette nappe se fait par deux zones d'affleurement de l'Eocène

inférieur, le premier à l'Ouest de Doussen et Ouled Djellal, le second au Nord de Tolga entre Foughala et Bouchegroune et les versants de la plaine de l'Outaya Anonyme, (2000) Elle est

la plus sollicitée dans les palmeraies des Ziban, où elle est appelée « Nappe de Tolga » sa profondeur est de 100 à 500m. L'A.N.A.T., (2005) note que les différents sondages réalisés au niveau de cette région montrant qu'il existe une continuité hydraulique entre la nappe de l'Eocène inférieur et celle du sénonien supérieur sous jacente. Par contre, dans la partie d'Oumeche et Mlili, ces deux nappes sont séparées par une couche de marne et de marne calcaire et où la profondeur est d'environ 900m.

#### **7 -4- La nappe profonde :**

En d'autre terme, on l'appel Albienne, généralement n'est pas exploitée dans la zone d'étude. Ses eaux possèdent une température très élevée 60°C. sa profondeur est de 1600 à 2500m (Halitim, 1985)

#### **8- La végétation**

Cette végétation est généralement bien différenciée du Nord au Sud et ce suivant le type du sol et les conditions climatiques. Le couvert végétal est très clairsemé, discontinu très irrégulier sous l'influence du climat du sol et de l'action anthropique, qui sont très rudes et qui peuvent inhiber l'apparition ou la prolifération d'une flore saharienne spontanée caractéristique sous l'existence des conditions offertes par des zones géomorphologiques spécifiques (Khechai, 2006) souligne que la végétation spontanée est due à une interaction de trois facteurs essentiels ; Climat – sol – action anthropique. L'existence des nappes souterraines a favorisé le développement des palmiers. L'exploitation agricole est fortement influencée par les conditions physiques locales, la géomorphologie, la topographie, la circulation de l'eau. Ozenda, (1982), indique que la composition des groupements des végétaux est essentiellement influencée par la nature du substrat, on peut citer le caractère physique du sol qui se traduit par la liaison entre certains plantes et type donné de texture ou structure ; espèces de roches possédant des adaptations de leurs appareil sous terrain, espèces Chapitre I Etude du milieu naturel 10 Psammophiles liées aux sables etc. et au caractère chimique tel que la salure et la teneur en matière organique. Par la suite se constitue des groupements plus hauts et plus fermés, c'est-à-dire comportant une masse de matière vivante plus grande et des racines qui pénètrent plus profondément, la végétation

intervient à son tour dans la pédogenèse par une interaction physique (dissociation par poussé des racines) ; et chimique (corrosion de la roche par les racines et surtout apport organiques à la surface du sol (Floret et Pontanier, 1982) Le surpâturage et les sécheresses ont amené à une dégradation progressive des espèces végétales non résistantes et à une prolifération des plantes épineuses comme l'Atriplex Sp et des plantes toxiques comme Peganum harmala (Anonyme, 1987). Alors qu'Anonyme, (1985) annonce que le couvert végétal varie du Nord au Sud selon les endroits où des aspects végétaux halophytes à base d'Atriplex halimus et de Salsola Sp. Qui est dominante au Sud. Les formations végétales ont subi un long processus de sélection en faveur des espèces de faible valeur nutritive résistantes au surpâturage et à la sécheresse. Certaines espèces menacées de disparition ne se trouvent que sous leur forme relique (Anonyme, 1987). La végétation naturelle dépend en grande partie des conditions hydrologiques et des sols. Il a été constaté que sur le terrain où la nappe est superficielle, on rencontre des plantes de type Salsola vermiculata, Suaeda mollis, de type Sarex pachystylis, Alors que (Maire, 1940) cite que la végétation est mieux développée et plus variée là où la profondeur de la nappe est faible. La flore est essentiellement représentée par Salsola

vermiculata, Salsola bariosha, Carex bachystilis et par des graminées.



## Chapitre 3 : Matériel et méthodes

### 1- Le choix des profils

Le sol utilisé dans ce travail est apporté de la région de Sidi Khaled, située à 100 Km Est de la wilaya de Biskra centre ville sur les coordonnées géographiques



fig14 :photo original

### Analyse du sol

Après le séchage à l'air libre, les échantillons ont été broyés et tamisés à 2mm pour les différentes analyses physiques et chimiques.

#### - La granulométrie :

par tamisage aux différentes fractions : 2mm, 500  $\mu\text{m}$ , 250 $\mu\text{m}$ , et 50  $\mu\text{m}$  et la fraction fine moins de 2 $\mu\text{m}$ .

- la texture par le triangle des textures, Henin (1969) in Dominique (1982).

Après destruction de la matière organique à l' $\text{H}_2\text{O}_2$  et du ciment calcaire par  $\text{HCl}$  (5 %), le fractionnement granulométrique a été obtenu par tamisage. Suite à la forte floculation et la perte

de poids (forte présence du gypse) la fraction fine se trouve surestimé pour cela nous avons utilisé des solutions de NaCl (3 g/l) pour le dissoudre et ramener la température de chauffage à 60°C (BELGAMAZE, 1992).

### Analyse physique

- **L'humidité** : Cette méthode consiste à sécher (passer dans un four à 105 °C) un échantillon de sol et connaître ensuite par pesée finale (ramenée à la pesée initiale) le poids d'eau contenu par l'échantillon.

**Calculs** 
$$H\% = \left[ \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 \right]$$

**Soit en g :**            **H%** : Humidité

**Ps** : Poids de sol séché à l'étuve à 105C

**Ph** : Poids Humide

### L'analyse chimique :

- PH : nous avons mesuré le pH eau du sol par lectrom trie □ l'aide d'un pH □ mètre sur une suspension du sol dans l'eau distille le rapport sol/ eau est 1/5.
- la conductiviteelectrique CE: mesure par le conductimètre avec le rapport sol/ eau est de 1/5 □ 25 □ C.

### Dosage mg ca

#### Réactifs :

- Solution volumétrique d'EDTA di-sodique 0.02N
- solution tampon ph=10 (mélange d'ammoniaque et de chlorure d'ammonium)
- indicateur, noir eriochrome T (NET)

### Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250ml, verser 50ml d'échantillon, 2ml de solution tampon pH10 et 10 gouttes d'indicateur NET.

Ajouter l'EDTA goutte à goutte jusqu'à virage de violacé au bleu franc .

## Matière organique

### Réactifs

- Le bichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  1N : peser 49.04g de  $K_2Cr_2O_7$  ajouter de l'eau distillé dans une fiole de 1l jusqu'à le traite de jaugé.
- Acide sulfurique concentré  $H_2SO_4$
- Acide ortho phosphorique ou Acide phosphorique  $H_3PO_4$  concentré
- Sulfate de fer d'ammonium  $[(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O]$  0.5M dissoudre 196g de sulfate de fer d'ammonium dans une quantité d'eau distillée ,ajoute 5ml  $H_2SO_4$  , ajoute l'eau distillée jusqu'à un litre (trait du jaugé de la fiole de 1l )
- Diphenylamine ( indicateur coloré)  $(C_6H_5)_2NH$  : dissoudre 1g de diphenylamine dans 100ml Acide sulfurique concentré .

### Mode opératoire

- Peser 1g de sol dans un bécher de 500ml
- Ajouter 10ml de bichromate de potassium 1N .
- Ajouter 20ml de l'acide sulfurique concentré.
- Laisser reposer 30min
- Ajouter 200ml d'eau distillée.
- Ajouter 10ml d'acide ortho phosphorique concentré .
- Ajouter 10-15 gouttes d'indicateur coloré déphynilamine .
- Titrer avec le sulfate de fer d'ammonium jusqu'a l'apparition d'une coloure verte.
- Préparation d'un témoin avec la même méthode mais sans sol .

Calcul : 
$$C\% = \frac{n' - n}{p} * 1 * \frac{0.3}{0.77}$$

$n'$  : volume de témoin (volume de titrage).

n : volume d'échantillon

p : poids de sol.

**La matière organique MO% = C% \* 1,72**



## Chapitre 4 : Résultats et discussion

### Résultats et discussion

#### nabka

##### Profile 1

Jours d'échantillonnage : 10 février 2020

Coordonnée : x 34°22'44 N Y= 5°0'45 E

##### Profile 2

Jours : 10 février2020

Coordonnée : 34°23'7 N 4°51'3 E

##### Profile 3

Jours : 10 février2020

Coordonnée :34°20'6 N 3°53'44

**Tableau 7** :caractéristiques physico –chimiques du sol étudié de nabka

Nabka		p1	p2	p3
l'humidité		9,88	9,9	9,96
pH (1/5)		6,77	6,99	6,8
CE dS/m à 25°C (1/5)		3,1	2	2,7
Granulométrie	Argile %	26,24	14,78	24
	Limon grossier %	4,3	1,24	7,64
	Sable fin %	41,89	36,73	41,24
	Sable grossier %	26,58	46,65	27,18
	Classe texturale	limono - sableux		
Caractéristiques biologiques	MO%	11	15	14,5
	P total en ppm	0,0314	0,1191	0,0466
Bases échangeables	ca ++	11,5	11	11
	Mg ++	12,8	13	12,2
	cl-	1,5	0,5	0,5

- D'après le tableau1 nous résolvons que la texture de sol est limono –sablons
- Dans la station de nabka et d'après les valeurs de CE on a :

P1 :CE  $\leq$ 4                    sols alcalins

P2 : CE  $\leq$ 4                    sols alcalins

P :3 CE  $\leq$ 4                    sols alcalins

#### PH

Notez que la valeur PH est constante à p1 et p2 et p3

P1=6.77

P2=6.99

P3=6.8

#### L'humidité

Notez que la valeur l'humidité est constante à 3 couche

P1=9.88

P2=9.9

P3=9.96

#### CE

On remarque que sa valeur CE augmente à mesure qu'on va vers la profondeur, elle diminue

P1=3.1

P2=2

P3=2.7

#### MO

On remarque que la valeur MO diminue dans p1 par rapport à p2 et p3

P1=11

P2=15

P3=14.5

Phosphore

Notez que la valeur de p est approximative car elle est égale

P1=0.0314

P2=0.1191

P3=0.0466

Notez que la valeur de ca est constante dans 3 bugs comme sa valeur

P1=11.5

P2=11

P3=11

Mg

On note que la valeur de Mg est proche en 3 couches de sorte que

P1=12.8

P2=13

P3=12.2

Cl

On remarque que la valeur de cl est augmentée dans P1 par rapport à P2 et P3

Plus on descend, sa valeur diminue

P1=1.5

P2=0.5

P3=0.5

Oud jdai

Profile 1

Jours :10 février2020

Coordonnée 34°23'6N 4°51'3E

Profile 2

Jours :10 février

Coordonnée : 34°23'7N 4°51'3E

Profile 3

Jours :10 février

Coordonnée : 34°23'14N 4°0'46E

**Tableau 8** :caractéristiques physico –chimiques du sol étudié de oud jdai

oud jdai	p1		p2	p3
l'humidité	9,88		9,9	9,95

pH (1/5)	6,7		6,9	6,8
CE dS/m à 25°C (1/5)		5	3	2,8
Granulométrie	Argile %	19,51		
	Limon grossier %	4,75		
	Sable fin %	63,33		
	Sable grossier %	12,18		
	Classe texturale	limino - sableux		
Caractéristiques biologiques	MO%	11,6	11,4	14,2
	P total en ppm	0,0314	0,1191	0,0466
Bases échangeables	ca ++	8	8,5	11
	Mg ++	9,4	9,5	13
	cl-	7	4	1

D'après le tableau 1 nous résolvons que la texture de sol est limono –sableux

- Dans la station de nabka et d'après les valeurs de CE on pH a :

P1 : CE  $\geq$ 4                      sols alcalins

P2 : CE  $\leq$ 4                      sols alcalins

P : 3 CE  $\leq$ 4                      sols alcalins

## PH

On remarque que la valeur du pH est proche en 3 couches

P1=6.7

P2=6.9

P3=6.8

L'humidité

Notons que la valeur de l'entité est convergente en p1, p2 et p3

P1=9.86

P2=9.9

P3=9.94

CE

On remarque que la valeur CE est augmentée à p1 par rapport à p2 et p3

P1=5

P2=3

P3=2.8

MO

Notez que la valeur MO est variable en 3 couches

P1=11.6

P2=11.4

P3=14.2

Phosphore

Notez que la valeur P est variable pour 3 couches

P1=0.0314

P2=0.1191

P3=0.0466

Ca

Notez que la valeur de ca est variable en 3 couches

P1=8

P2=8.5

P3=11

Mg

Notez que la valeur de Mg est variable de sorte qu'elle est égale

Et plus nous descendions, plus il y avait de quantité

P1=9.4

P2=9.5

P3=13

Cl

Notez que la valeur de cl dans 3 couches se situe entre

P1=7

P2=4

P3=1

Oud abied

Profile 1

Jours : 10 février 2020

Coordonnée :34°23'6 N 4°51'13E

## Profile 2

Jours : 10 février 2020

Coordonnée :33°32'7N 4°55°12E

## Profile 3

Jours : 10 février 2020

Coordonnée :33°34'7N 4°58°16E

**Tableau 9:** caractéristiques physico –chimiques du sol étudié de oudabaid

oud abide	p1		p2	p3
l'humidité	9,9		9,91	9,9
pH (1/5)	4		5,8	6,6
CE dS/m à 25°C (1/5)	2,1		3,1	2
Granulométrie	Argile %	29,99		
	Limon grossier %	2,92		
	Sable fin %	45,35		
	Sable grossier %	25,06		
	Classe texturale	limino - sableaux		
Caractéristiques biologiques	MO%	20,5	19	18,5
	P total en ppm	0,1246	0,1233	0,0594
Bases échangeables	ca ++	11	11	11
	Mg ++	12	13	9,4
	cl-	7	4	1

- D'après le tableau 1 nous résolvons que la texture de sol est limono –sableaux
- Dans la station de nabka et d'après les valeurs de CE on pH a :

P1 : CE  $\geq$ 4                      sols alcalins

P2 : CE  $\leq$ 4                      sols alcalins

P : 3 CE  $\leq$ 4                      sols alcalins



**PH**

On remarque que la valeur du pH augmente au fur et à mesure que l'on descend et sa valeur se situe entre

P1=4

P2=5.8

P3=6.6

**L'humidité**

A noter que la valeur de l'attention est fixée en 3 couches

P1=9.9

P2=9.91

P3=9.9

**CE**

Notez que la valeur CE est variable pour 3 couches

P1=2.1

P2=3.1

P3=2

**MO**

Notez que la valeur MO est variable en 3 couches

P1=20.5

P2=19

P3=18

Phosphore

On remarque que la valeur de P est variable pour les trois couches car elle est égale à

P1=0.1246

P2=0.1233

P3=0.0594

Ca

Notez que la valeur de Ca est constante dans les trois régions

P1=11

P2=11

P3=11

Mg

Notez que la valeur de Mg est variable en 3 couches de sorte qu'elle est égale à

P1=12

P2=13

P3=9.4

Cl

On remarque que la valeur de Cl change et à mesure que l'on descend elle diminue

P1=7

P2=4

P3=1

khaled ben sinan

Profile 1

Jours : 10 février 2020

Coordonnée : :33°32'16N 4°3°40E

Profile 2

Jours : 10 février2020

Coordonnée : :34°22'44N 5°0°45E

Profile 3

Jours : 10 février 2020

Coordonnée : :36°32'45N 4°55°12E

**Tableau10** : caractéristiques physico –chimiques du sol étudié de khaled ben sinan

khaled ben sinan	p1		p2	p3
l'humidité	9,94		9,98	9,9
pH (1/5)	7,36		7,6	7,25
CE dS/m à 25°C (1/5)	0,6		0,4	0,8
Granulométrie	Argile %	12,8	16,97	9,78
	Limon grossier %	1	1,5	0,93
	Sable fin %	58,3	51,73	54,31
	Sable grossier %	27,18	29,83	34,74
	Classe texturale	limono -		

		sableux		
Caractéristiques biologiques	MO%	12,5	15,5	16,2
	P total en ppm	1,4769	0,178	0,0748
Bases échangeables	ca ++	1,5	2	1,5
	Mg ++	2	2	2,2
	cl-	0,5	0,5	0,5

- D'après le tableau 1 nous résolvons que la texture de sol est limono –sabloux
- Dans la station de nabka et d'après les valeurs de CE on pH a :

P1 : CE  $\geq$ 4                      sols alcalins

P2 : CE  $\leq$ 4                      sols alcalins

P : 3 CE  $\leq$ 4                      sols alcalins

## PH

On remarque que la valeur de ph est variable, mais est proche de l'égalité

P1=7.36

P2=7.6

P3=7.25

L'humidité

A noter que la valeur de l'attention est proche des trois bugs

P1=9.94

P2=9.98

P3=9.9

CE

Notez que la valeur CE est variable pour les trois régions

P1=0.6

P2=0.4

P3=0.8

MO

Notez que la valeur Mo est variable dans les trois régions de sorte qu'elle est égale à

P1=12.5

P2=15.5

P3=16.2

Phosphore

On remarque que la p-value est variable dans les trois régions

P1=1.4769

P2=0.1780

P3=0.0748

Ca

Notez que la valeur de ca est variable, mais elle est proche dans les trois approches

P1=1.5

P2=2

P3=1.5

Mg

On remarque que la valeur du Mg est proche dans les trois régions

P1=2

P2=2

P3=2.2

Cl

On remarque que la valeur de cl est constante dans les trois régions

P1=0.5

P2=0.5

P3=0.5

# Conclusion

## Bibliographie

A.N.A.T., (2005): Etude "Schéma directeur des ressources en eau", Hyd. Wilaya de Biskra. Pp : 8-11

A.N.R.H., (2005): Etude sur un modèle mathématique de système aquifère de région de Biskra, Ministère des Ressources en Eau, Biskra, pp : 11-32.

Algérie. FAO, Rome.

and geomorphology. Academic press. London, pp 92-123.

Anonyme, (1985): Les faits de la dégradation des sols et de la végétation dans les régions arides et semi arides. Mini. Agri. Rev. Agr. Alger. 70 p. Anonyme, (1987): Rapport sur la situation de l'Agriculture dans la Wilaya de Biskra. Div. Act. Agro- Biskra, 38p Anonyme, (2000): Cours international, désertification et développement durable, cas des parcours. CRSTRA-EUR-OPA.

Boyadgiev T.G., 1975 - Les sols du Hodna, Etude des  
Boyadgiev TG., 1985 – Salty soils of arid and semi-arid regions. SCI. Revu. Aride Zone Es. Vol. 3, pp 1-47. Scientifique Publisher Jodhpur.

Bureau P., Roederer P., 1960 – Contribution à l'étude des sols gypseux du sud Tunisien : croûte et encroûtement gypseux de la partie Sud du Golf de Gabes. Bull. AFES. N°spécial, pp 150- 176.

Carter MR., 1986 - Microbial biomass and mineralizable nitrogen in solonchic soils: Influence of gypsum and lime amendments. Soil Biology and Biochemistry. Volume 18, Issue 5, 1986, pp 531–537

Catalan Depression. Excursion Guide. International symposium on soils with gypsum, Lleida comportement des sols. Thèse doctorat, Uni .Rennes, 384 p.

démonstration agricoles dans la région du Hodna,  
Durand J.H., (1953): Etude hydrogéologiques, géologique et pédologique des croûtes en Algérie SES. Alger. 269 p.

Eswaran H., Zi-Tong G., 1991 – Properties, genesis, classification, and distribution of soils with gypsum. SSSA ; special publication no. 26, pp 89-119. Soil.Soc.Amer.Madison.

Floret C. & Pontanier R., (1982): L'aridité en Tunisie présaharienne : climat, sol, végétation et aménagement. Thèse doct., Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier, 580p.

gypsiferous soils. : A review. Proc. Int. Symposium on  
Halitim A., (1985): Contribution à l'étude des sols arides (haute plaine steppique de l'Algérie.)



Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse Univer. Rennes. 384p.

Halitim A., 1985 – Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hautes plaines  
Herrero J., Poch RM., Porta J., Boixadera J., 1996 – Soils with gypsum of the Central  
in : A review. Proc. Int. Symposium on soils with gypsum. Lleida, 15-21 sep. Edicions  
le sud tunisien. Bull.Soc.Géol. Fr, pp 617-628.

Maire R., (1940): Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central., M,m. Soc. Hist. Nat. Afr.  
Nord., No 3, 3ème partie, 273-433.

Mashali AM., 1996 –Soil management for  
Masmoudi A.,2019-cours deuxième mis en valeur

Ozenda P., (1982): Les végétaux dans la biosphère, ISBN, Paris, P 421

ressources naturelles et expérimentation et  
ROUAHNA HOURIA 2007 . RELATION ENTRE LES NAPPES ET LA SALINITE DANS  
LES SOLS GYPSEUX DE LA RKhechai S., et Laadjel H., (2006): Répartition spatiale de  
végétation en fonction des sols arides cas de BKhechai S., (2001): Contribution à l'étude du  
comportement hydrophysique des sols du périmètre irrigué de l'ITDAS, dans la pleine de  
l'Outaya (Biskra). Thès. Mag. Univ. Batna,178p.iskra : communication internationale :  
C.R.S.T.R.A, Biskra. EGION DE AIN BEN NOUI. BISKRA.

Seltzer P. (1946): Les climats de l'Algérie. Trav. Inst. Mét. Phys. Glo. Algérie. Hors série.

soils with gypsum. Lleida, 15-21 sep.Edicions  
steppiques de l'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le  
Trichet J., 1963 – Description d'une forme d'accumulation du gypse par voie éolienne dans  
Universitat de Lleida. Lleida, Spain, 203p.

Universitat de Lleida. Lleida, Spain, 203p.

Verba MP., 1996 – The forms of gypsum neoformations in the soils of Central Asian Deserts  
Watson A., 1983 – Gypsum crusts.In Goudie AS., Pye K., Editors 1983. Chemical sediments

## Annexe

Annexe 01 :



Figure de l'échantillon

Annexe 02 :



Figure de Tamiseur

Annexe 03 :



Figure de dosage de MO

Annexe 04 :



Figure de mesure CE par conductimètre

Annexe 05 :

Tableau 3 : Données climatiques (2008- 2018) le prisipitation

	mm/jour									
	20082009	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Janvier	2,65	2,35	3,03	2,4	2,95	2,94	3,08	3,51	2,56	
Février	3,15	3,51	3,75	4,01	3,5	3,71	3,18	3,5	4	
Mars	6,08	4,76	5,38	4,38	4,6	5,48	4,7	5,45	6,31	
Avril	8,38	6,33	6,1	6,18	7,54	6,77	7,19	6,21	6,75	
Mai	10,41	8,68	8,61	7,1	8,16	9,11	8,65	9,49	9,33	
Juin	10,41	10,18	10,24	8,5	9,28	9,27	10	10,2	9,93	
Juillet	12,24	10,15	9,59	10,56	10,28	7,12	10,53	10,4	10,27	
Août	9,91	10,03	9,04	9,46	8,15	6,54	8,66	9,34	8,96	
Septembre	7,62	6,24	6,85	7,52	6,73	6,03	7,24	6,92	7,14	
Octobre	4,2	5,53	5,23	4,6	5,23	4,08	5,54	5,25	5,45	
Novembre	3,29	3,89	3,39	3,38	2,8	2,36	3,29	3,37	3,44	
Décembre	1,91	2,57	2,81	2,72	2,69	1,97	2,08	1,59	2,23	
Moyenne	6,69	6,18	6,17	5,9	5,99	5,45	6,18	6,27	6,36	

Tableau4: Données climatiques (2008- 2018) le insolution

Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4	Colonne5	Colonne6	Colonne7	Colonne8	Colonn
Mois	Insolation							
	heures	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2

	2008							
Janvier	8,6	5,8	8	7,3	8,2	7,5	7,4	
Février	8,7	8,1	6,3	7,5	8,6	7,6	7,6	
Mars	8,8	9,8	7,8	8,5	8	7,7	7,9	
Avril	8,9	9,8	9,1	9,4	9,4	7,8	10,3	
Mai	8,1	12	10,4	10,4	11,7	7,9	10,9	
Juin	8,11	12,1	11	11,2	9,1	7,1	10,3	
Juillet	8,12	12,1	12,3	12	11,9	7,11	9,8	
Août	8,13	11	11,1	11,8	11	7,12	9,8	
Septembre	8,14	8,5	9,1	8,7	8,6	7,13	7,6	
Octobre	8,15	10,3	9	9,2	8,2	7,14	9	
Novembre	8,16	8,7	7,5	7,4	7,3	7,15	6,1	
Décembre	8,17	7,4	7	7,7	8,4	7,16	7,1	
	8,18					7,17		
Moyenne	8,19	9,6	9,1	9,3	9,2	7,18	8,7	

**Tableau5:** Données climatiques (2008- 2018) le vent

Mois	Vent	Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4	Colonne5	Colonne6	Colonne7
	km/jour 2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Janvier	242	380	380	225	294	320	432	
Février	216	397	406	432	380	372	216	
Mars	449	346	423	363	277	415	372	
Avril	467	467	337	337	501	328	346	
Mai	588	346	449	311	285	406	354	
Juin	389	320	397	285	259	302	372	
Juillet	389	259	242	311	259	112	337	
Août	302	294	251	277	173	199	233	
Septembre	328	285	251	277	207	233	259	
Octobre	277	311	285	225	242	233	225	
Novembre	354	285	328	294	181	216	216	
Décembre	294	302	277	285	277	190	190	
Moyenne	358	333	336	302	278	277	296	

**Tableau6:** Données climatiques (2008- 2018) le l'humidité

	2008%	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Janvier	52	68	57	57	51	54	59	57
Février	46	53	54	49	48	47	49	57
Mars	39	49	46	53	42	43	48	46
Avril	31	45	49	48	39	36	36	38
Mai	33	32	36	45	31	32	34	32
Juin	30	26	34	37	24	29	30	29
Juillet	24	25	28	28	23	29	27	27
Août	31	27	33	32	25	42	30	34
Septembre	40	52	41	39	32	47	38	46
Octobre	61	47	46	50	42	45	37	53
Novembre	60	47	59	57	59	60	52	55
Décembre	70	62	50	56	55	60	60	63
Moyenne	43	44	44	46	39	44	42	45

**Tableau7:** Données climatiques (2008- 2018) le températeur

Mois	Temp Max	Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4	Colonne5	Colonne6
	°C 2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Janvier	18,7	16,5	18,2	18,4	18,1	18,1	18
Février	19,9	17,6	20	18,9	16,4	18,1	20,7
Mars	24	22,6	23,6	21,5	23,3	23,6	21,9
Avril	29,2	24,3	28	28,3	27,1	28,4	29,3
Mai	32,3	32,8	30,2	30,4	33,3	32,1	32,9
Juin	36,7	38,4	37,5		40,7	36,4	36,9
Juillet	42,5	42,7	41,4	41,2	43	40,3	40,8
Août	40,6	40,9	40,8	40,4	42,4	35,3	41,2
Septembre	34,9	32,6	34,5	36,7	35,9	32,1	37,2
Octobre	27,1	28,9	28,3	28,1	30	22,5	32
Novembre	20,4	23,6	21,9	22,5	23,6	18,1	24,1
Décembre	15,8	19,1	18,1	18,9	18,4	18,1	18,3
Moyenne	28,5	28,3	28,5	28,4	29,4	26,9	29,4

Tableau Tt max

**Tableau4:** Données climatiques (2008- 2018) le températeur min

Mois	Temp Min c	Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4	Colonne5	Colonne6	Colonne7
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Janvier	6,4	8,3	7,2	6,9	6,3	7,9	7,9	
Février	7,9	6,5	8,9	7,9	5,2	6,5	9,3	
Mars	11,8	9,7	12,8	10,5	10,9	12,8	10,7	
Avril	15,6	12,8	15,8	15	15,4	15,8	16	
Mai	20,8	19,2	18,3	18,9	19,7	19,3	20,1	
Juin	24,1	25	24,5	23,4	27,3	22,3	23,4	
Juillet	29,7	28,6	28,4	28,2	29,3	27,7	27,6	
Août	28,1	28,4	28,1	27,5	28,8	24,1	28,2	
Septembre	23,9	21,6	23,2	24,6	23	20,2	25	
Octobre	18	17,1	16,7	16,7	19,1	12,7	19,1	
Novembre	10,6	11,1	12	12,8	13	7,1	13,3	
Décembre	6,8	8	7,5	8,8	8,3	7,1	8	
Moyenne	17	16,4	16,9	16,8	17,2	15,3	17,4	

## Résumés

**Résumé :** Cette étude vise à déterminer la diversité et la répartition des sols dans la ville de Sidi Khaled. Ces expériences se sont déroulées en laboratoire sur une variété de sols et à différents endroits. Nous avons prélevé 3 échantillons à quatre endroits et concluons de cette étude théorique que la ville de Sidi Khaled est considérée comme une zone de gypse.

Les mot clé : gypse, contribution, variation .

**Abstract:** This study aims to determine the diversity of soil in the city of Sidi Khaled. These experiments were conducted in the laboratory on a variety of soil and in different places. We took 3 samples from four and when conducting laboratory analyzes on them, we conclude that Sidi Khaled is a gypsum area.

**Key word:** gypsum, contribution, variation.

**ملخص** تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تنوع التربة في مدينه سيدي خالد وجرت هذه التجارب في المختبر على مجموعه متنوعه من التربة وفي أماكن مختلفه أخذنا 3 عينات من أربع وعند إجراء التحاليل المخبرية عليها نستنتج أن منطقه سيدي خالد منطقه جبسيه.

الكلمات المفتاحيه : الجبس ؛ التنوع ؛ التوزيع ؛ دراسه

