



# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Aménagement Hydro-Agricoles

Thème :

**Caractérisation de la solution du sol de la zone  
humide El Hammam  
commune« Medjana» wilaya bordj bou arreridj**

Présenté par : Hamzaoui Ahlam

Semmed Yasmine

Soutenu le : 06 /07/2022

Devant le jury :

**Président :** M<sup>r</sup>. TIAIBA Mohamed MAB Faculté SNV-STU, Univ. Bordj Bou Arreridj

**Encadrant :** M<sup>r</sup>. AIT MECHEDAL Mouloud MCB Faculté SNV-STU, Univ. Bordj Bou Arreridj

**Examineur :** M<sup>r</sup>. BENSEFIA Sofiane MCA Faculté SNV-STU, Univ. Bordj Bou Arreridj

**Co-Encadrant :** M<sup>r</sup>. ALIAT Toufik MCA Faculté SNV-STU, Univ. Bordj Bou Arreridj

Année universitaire : 2021/2022

## Introduction

Les zones humides sont des espaces de transition entre les milieux terrestres et aquatiques. Leurs caractéristiques géomorphologiques permettent l'expression de différentes fonctionnalités : hydrologiques, écologiques, épuratrices et protectrices.

Dans les zones humides, l'eau est le facteur déterminant tant pour le fonctionnement de ces zones naturelles que pour la vie animale et végétale. La submersion des terres, la salinité de l'eau (douce, saumâtre ou salée) et la composition en matières nutritives de ces territoires subissent des fluctuations journalières, saisonnières ou annuelles. Ces variations dépendent à la fois des conditions climatiques, de la localisation de la zone au sein du bassin hydrographique et du contexte géomorphologique (géographie, topographie).

Les zones humides reconnues par la convention de RAMSAR sont aujourd'hui au nombre de 2127 zones humides réparties dans 168 pays (**Ramsar, 2014**).

L'Algérie de par la diversité de son climat et sa configuration physique originale, est riche en zones humides offrant des typologies spécifiques (**Gherzouli, 2014**).

On compte aujourd'hui en Algérie environ 1700 zones humides (**Gouga, 2014**), 50 sont classés dans la liste RAMSAR avec une superficie totale de 2 959 615 ha (**Khaznadar et al., 2009 in Aliat et Kaabache, 2013**).

Les sols peuvent être définis d'une 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 biologiques (**PANO, 2006**). Il joue un rôle essentiel pour la végétation et l'écosystème grâce à ces propriétés ; physique (structure, texture, porosité...) et chimique (pH, conductivité, capacité d'échange cationique {les cations  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Na^{+}$ ...} les anions  $Cl^{-}$ ,  $SO_4^{-}$ ,  $HCO_3^{-}$ ...}, électrique ...), biologique (biomasse microbienne, protozoaire ...). Qui permettent l'activation des nombreuses enzymes pour les plantes et la fertilité d'un sol et stabilité structurale, la capacité des rétentions des éléments nutritifs, et de capacité à protéger les eaux souterraines de la contamination par les cations, et identifie la qualité de sol.

Pour déterminer ces propriétés on utilise les analyses au laboratoire, ces analyses nous rendent compte sur l'état chimique du sol tel que le pH, la conductivité électrique, le taux de  $CaCO_3$  total et actif, le taux de carbone et matière organique, bilan ionique et tous les éléments qui peuvent exister dans le sol en leurs différentes formes.

L'objectif de notre travail est de faire une caractérisation de la solution du sol de la zone humide El Hammam « Medjana » par une étude du bilan ionique et la conductivité électrique.

Le mémoire proposé s'articule autour deux chapitres :

Le premier chapitre présente la région d'étude et les attributs étudiés.

Le deuxième chapitre s'étale sur les résultats et discussion.

Le tout complète par une conclusion et perspectives qui intègrent l'essentiel des résultats obtenus dans le cadre recherche.

## **I. MATERIELS ET METHODES**

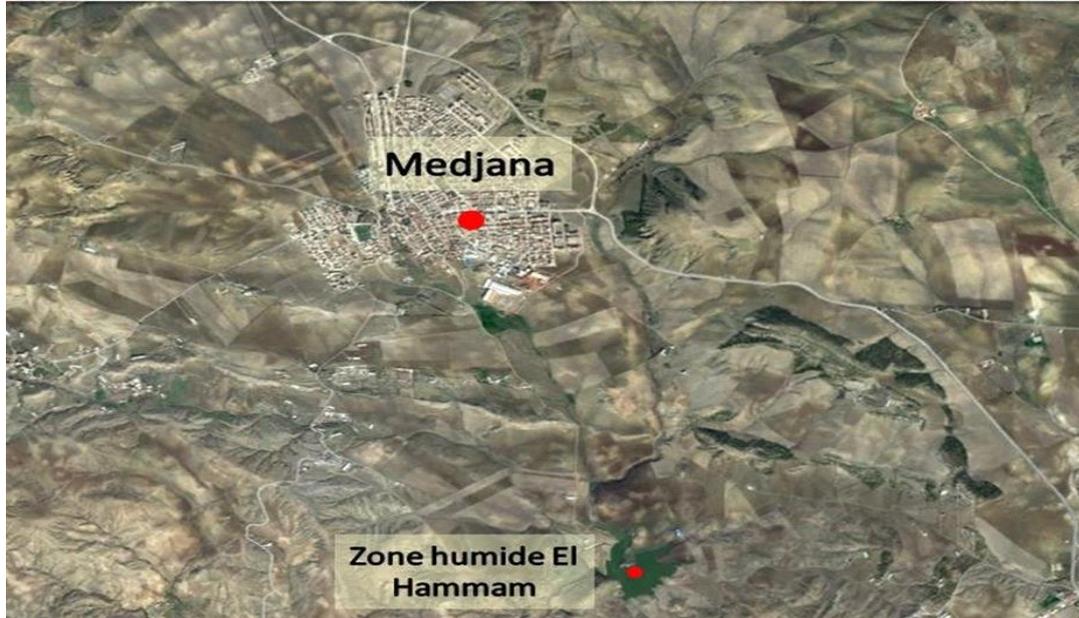
### **1. Présentation de la région d'étude**

#### **1.1. Situation géographique**

La Commune de Medjana se situe dans la partie Nord-ouest de la région de Bordj Bou Arreridj(BBA), elle est composée de quatre communes : El Achir, Teniet Ennasr, Hasnaoua et Medjana. Cette dernière est loin de chef-lieu de la wilaya de BBA par 10 Km, elle s'étend sur une superficie de 195.30 Km<sup>2</sup> pour une population de 23 489 habitants (soit une densité : 120 habitant/ Km<sup>2</sup>) **(APC, 2016)**.

Elle est limitée au nord par Colla, à l'est par Hasnaoua, au sud-est par Bordj Bou Arreridj, au sud-ouest par El Achir, à l'ouest par Teniet Ennasr et Mansoura. L'altitude de la région de Medjana varie entre 1668 m dans la montagne de Tafertaset et 800 m à oued Mhadjer **(DGF, 2016)**.

La région de Medjana renferme une retenue collinaire continentale artificielle située au sud, au point géographique X : 36° 6' 11.18'' et Y : 4° 41' 2.73'', elle existe depuis 1991, nommée « retenue El Hammam ». Elle s'étend sur une superficie de 13,40 ha, Elle est située dans des terres plates limitée par des terres agricoles et entourée par les monts de Ragouba (1125 m) et Sidi Dilmi (1142 m) au Nord, Bouchâra (1099 m) à l'Est **(DGF, 2016) (Figure 01)**.



**Figure 01.** Image satellitaire de la zone humide El Hammam -Medjana- (Google earth, modifié) (Madaci, Madadi . 2017) .

## 1.2. Géologie

La feuille de Bordj correspond en majeure partie à la région naturelle connue sous le nom de la Medjana. Cette sorte de cuvette apparait comme un plateau ou comme une plaine, selon qu'on l'aborde par l'Ouest ou le Nord ou par le Sud. La raison en est qu'elle se limite naturellement à la ligne de partage des eaux du versant méditerranéen (bassin de la Soummam) et du versant des hauts plains inters atlantique (bassin du Chott el Hodna) (**Jacob et Ficheur, 1906**).

## 1.3. Pédologie

Selon (**Durand, 1954**). La formation des sols dépend essentiellement de la nature de la roche mère ainsi que la topographie.

Les sols de notre région d'étude appartiennent aux classes suivantes :

- Les sols insaturés
- Les sols calcaires
- Les sols calciques

## 1.4. Réseau hydrologique

Il existe deux ressources en eau à Medjana : les ressources sous terraines représentées par les nappes phréatiques et les forages et les ressources superficielles représentées par les châteaux d'eau, les oueds et les retenues collinaires (**DRE, 2016**).

L'ensemble de la région d'étude se situe dans la région Est du bassin endoréique de Chott Hodna n° 05, s'élève à 25 843 km<sup>2</sup> ; sous bassin n° 09, Oued K'sob d'une superficie de 1470 Km<sup>2</sup> (**Mebarki, 2005**).

## 1.5. Climat

La région de Bordj Bou Arreridj se caractérise par un climat continental semi-aride aux hivers rigoureux et aux étés secs et chauds (**Andi, 2013**).

Le pédoclimat, selon **USDA (2006)**, est caractérisé par un régime d'humidité xérique et un régime de température thermique. Ce régime correspond à un climat semi-aride méditerranéen à hivers frais et humides et étés secs et chauds.

### • METHODES D'ETUDE

Nous avons prélevé 18 Échantillons à une profondeur de 20cm. le prélèvement a été effectué tous les 30m de bordures de barrage.

La démarche globale d'étude est réalisée en deux grandes étapes. La première étape consiste à analyser au laboratoire la totalité des échantillons prélevés. La deuxième étape, qui constitue le cœur de cette recherche, est réalisée par des traitements géochimiques des résultats des analyses.

Les échantillons de sol prélevés sont d'abord séchés à l'air libre puis tamisés à 2 mm. Pour l'obtention de La solution du sol, nous avons utilisé l'extrait de pâte saturée correspondant à la méthode de référence **l'USSL (1954)**.

Les analyses suivantes sont réalisées sur la solution du sol :

- La conductivité électrique : par conductivitémètre électrique sur un extrait de pâte saturée.
- Le pH : mesure potentiométrique au pH-mètre sur l'extrait de pâte saturée.
- Les sulfates : Le dosage des sulfates est basé sur la réaction en milieu acide, entre l'ion sulfate et le chlorure de baryum qui conduit quantitativement à la formation de sulfate de baryum, sel très peu soluble (**Van Reeuwijk, 1987**).
- Les bicarbonates : les résultats sont calculés à partir le pH.
- Les chlorures : cette analyse a été réalisée selon la méthode de Mohr ; dosage par titrimétrie au nitrate d'argent (**Rodier, 2005**).

- Le sodium et le potassium : par spectrophotométrie à flamme d'émission atomique.
- Le calcium et le magnésium : par titrage colorimétrique.
- 

## II. Résultats et discussion

Dans ce chapitre, nous présentons essentiellement une étude de la salinité et du bilan ionique par une caractérisation analytique de la solution du sol, ensuite une caractérisation des processus géochimiques dont la détermination des faciès chimiques et la saturation de la solution du sol vis-à-vis des minéraux.

### 1. Les résultats analytiques

#### 1.1. Le pH

Les valeurs de pH obtenues varient entre 7,4 pour l'échantillon 17 et 8,05 pour l'échantillon 12 (tableau 1). Les valeurs de pH montrent que les sols présentent une réaction légèrement alcaline.

Dans la solution des sols, l'alcalinité mesurée est représentée par les bicarbonates. L'équation de régression entre le pH et la teneur en bicarbonate est la suivante :

$$\text{pH} = 1,594 \text{ HCO}_3^- + 7,182 \quad R^2 = 0,846 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est hautement significative  $r$  (observé)=0,91 ;  $r$  (critique) = 0,468 pour ddl = 16 et  $\alpha= 0,05$ ). Cette relation signifie que la variation du pH augmente proportionnellement avec l'alcalinité  $\text{HCO}_3^-$ .

**Figure02.** Relation entre le pH et l'alcalinité  $\text{HCO}_3^-$ .

#### 1.2. La conductivité électrique

Les résultats obtenus montrent une variation de la conductivité électrique d'un échantillon à un autre est faible (tableau 1). Les valeurs obtenues sont comprises entre 0,664 dS/m pour l'échantillon 13 et 6,48 dS/m pour l'échantillon 6. La valeur moyenne obtenue est de 2,65 dS/m, la médiane est égale à 2,62 dS/m.

Selon les normes de l'USSL (1954), 8 échantillons sont classés non salés avec 44,44% (CE < 2 dS/m), 5 échantillons sont peu salés avec 27,77% (CE comprise entre 2 et 4 dS/m), 5 échantillons sont moyennement salés avec 27,77% (CE comprise entre 4 et 8 dS/m).

**Tableau 1. Caractéristiques de la solution des sols**

échantillons	pH	CE ds/m	Les cations				Les anions		
			Na <sup>+</sup> meq/l	K <sup>+</sup> meq/l	Ca <sup>++</sup> meq/l	Mg <sup>++</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> meq/l
1	7,647	3,28	3,6	0,26	13,14	2	0,25	17	0,67
2	7,405	4,01	3,89	0,4	15,78	10	0,15	33	0,22
3	7,399	2,68	3,21	0,39	1,86	20	0,14	35	0,39
4	7,404	5,32	5,94	0,25	22,79	5	0,14	36	0,37
5	7,799	2,62	3,07	0,37	17,32	4	0,36	22	0,46
6	7,004	6,48	0,92	0,17	34,19	6	0,06	38	0,20
7	7,354	4,24	4,19	0,29	19,42	7	0,13	29	0,37
8	7,575	1,801	1,9	0,62	8,5	8	0,22	27,5	0,53
9	7,586	4,02	2	0,63	1,68	26	0,22	34	0,65
10	7,684	0,94	1,95	0,63	1,68	5	0,28	10	0,91
11	7,483	1,635	1,95	0,57	2,42	16	0,17	22	0,25
12	8,05	1,241	1,02	0,74	2,63	18	0,65	25	0,73
13	7,693	0,664	1,02	0,73	4,84	14	0,28	22	0,77
14	7,599	1,173	0,15	0,74	5,26	22	0,23	38	0,6
15	7,552	2,94	1,12	0,75	28,64	23	0,21	43	0,48
16	7,554	2,13	1,51	0,48	19,12	6	0,21	14	0,80
17	7,4	0,953	1,8	0,84	1,78	13	0,14	22	0,58
18	7,749	1,65	1,02	0,6	3,36	10	0,32	19	0,44

**1.3. Effet de la concentration ionique de la solution du sol sur CE**

Dans ce qui suit, nous présentons l'effet du changement de la concentration des principaux cations (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> et K<sup>+</sup>) et anions (Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) présents dans les solutions du sol sur CE.

Dans l'étude de la relation entre CE et la concentration en électrolytes, l'interception est définie aux origines des axes dans les équations de corrélation, c'est-à-dire quand  $y = 0$ ,  $x = 0$  et l'équation sera de type.

### 1. 3.1. Relation entre la somme des cations et la somme des anions

L'équation de régression calculée entre la somme des cations et la somme des anions est de type  $y = ax$ . L'équation obtenue est la suivante :

$$\sum \text{anions} = 1,219 \sum \text{cations} \quad R^2 = 0,3 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est significative  $r$  (observé) = 0,54 ;  $r$  (critique) = 0,468 pour ddl = 16 et  $\alpha = 0,05$  (figure03). Le coefficient de régression obtenu est de 1,219, il est supérieur à l'unité. La somme des cations est inférieure à la somme des anions dans la solution du sol.

L'écart entre la somme des cations et la somme des anions varie entre -78,37 % et 16,92% (tableau 2).

**Figure03.** Relation entre la somme des anions et la somme des cations

**Tableau 2.** La somme des cations et des anions et leur écart

sites	Somme des cations (meq/l)	Somme des anions (meq/l)	$\frac{\sum(+)-\sum(-)}{\sum(-)} \cdot 100$
1	19,01	17,92	6,08
2	30,07	37,36	-19,51
3	25,46	40,53	-37,18
4	33,97	36,52	-6,98
5	24,75	22,82	8,46
6	41,29	38,26	7,92
7	30,9	29,5	4,75
8	19,02	58,25	-67,35
9	30,3	34,87	-13,1
10	9,99	46,19	-78,37

11	20,2	22,43	-9,94
12	21,44	26,38	-18,73
13	18,17	23,06	-21,21
14	25,51	38,83	-34,3
15	39,19	43,69	-10,3
16	17,55	15,01	16,92
17	16,53	22,73	-27,27
18	13,3	19,76	-32,69

### 1.3.2. Relation entre la conductivité électrique et la concentration en électrolytes

La somme des cations varie entre 9,99 à 41,39 méq/l (tableau 2). L'équation de régression entre la somme des cations et la conductivité électrique est la suivante :

$$CE = 0,114 \sum \text{cations} \quad R^2 = 0,895 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est significative  $r$  (observé)=0,94 ;  $r$  (critique) =0,468 pour ddl = 16 et  $\alpha=0,05$ ) (figure04).la conductivité augmente proportionnellement avec l'augmentation de la somme des cations. Elle égale à 0,114 fois la somme des cations.

**Figure04.** Relation entre la somme des cations et la conductivité électrique

La somme des anions varie entre 15,01 à 58,25 méq/l (tableau 2). L'équation de régression entre la somme des anions et la conductivité électrique est la suivante :

$$CE \text{ (ds/m)} = 0,076 \sum \text{anions} \quad R^2 = 0,702 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est significative  $r$  (observé)=0,83 ;  $r$  (critique) =0,468 pour ddl = 16 et  $\alpha=0,05$ ) (figure05).La CE varie en même sens avec la somme des anions. La conductivité égale 0,076 fois la somme des anions.

**Figure05.** Relation entre la somme des anions et la conductivité électrique

### 1. 3.3. Relation entre CE et le sodium

La concentration en sodium varie entre 0,92 à 5,94 méq/l (tableau 1). L'équation de régression entre la teneur en sodium et la conductivité électrique est la suivante :

$$CE \text{ (ds/m)} = 1,01 \text{ Na}^+ \quad R^2 = 0,749 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est significative  $r$  (observé)=0,86 ;  $r$  (critique) =0,468 pour ddl = 16 et  $\alpha=0,05$ ) (figure 06). Cette relation statistique signifie que la CE évolue proportionnellement avec l'augmentation de la teneur en sodium.

**Figure06.** Relation entre le sodium et la conductivité électrique

### 1.3.4. Relation entre CE et le potassium

La concentration en potassium varie entre 0,17 à 0,84 méq/l (tableau 1). L'équation de régression entre la teneur en potassium et la conductivité électrique est la suivante :

$$CE \text{ (ds/m)} = 3,629K^+ \quad R^2 = 0,433 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est significative  $r$  (observé)= 0,65 ;  $r$  (critique) = 0,468 pour ddl = 16 et  $\alpha=0,05$ ). (Figure 07). Cette relation signifie que la variation de la CE évolue dans un sens positif avec l'augmentation de  $K^+$ .

**Figure07.** Relation entre le potassium et la conductivité électrique

### 1.3.5. Relation entre CE et le calcium

La concentration en calcium varie entre 0,89 à 34,19 meq/l (tableau A). L'équation de régression entre la teneur en calcium et la conductivité électrique est la suivante :

$$CE \text{ (ds/m)} = 3,95 \text{ Ca}^{++} \quad R^2 = 0,84 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est hautement significative  $r$  (observé)= 0,91 ;  $r$  (critique) =0,4684 pour ddl = 16 et  $\alpha=0,05$ ) (figure08). Cette relation statistique signifie que la CE augmente avec l'augmentation de la teneur en calcium.

*Figure08. Relation entre le calcium et la conductivité électrique*

### 1.3.6. Relation entre CE et le magnésium

La concentration en magnésium varie entre 2 à 26 méq/l (tableau 1). L'équation de régression entre la teneur en magnésium et la conductivité électrique est la suivante :

$$CE \text{ (ds/m)} = 0,149 \text{ Mg}^{++} \quad R^2 = 0,454 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est significative  $r$  (observé)=0,67 ;  $r$  (critique) =0,4684 pour ddl = 16 et  $\alpha=0,05$ ) (figure 09). Ce résultat statistique signifie que La CE augmente en avec l'évolution du magnésium.

*Figur09. Relation entre le magnésium et la conductivité électrique*

### 1.3.7. Relation entre CE et le chlore

La concentration en chlore varie entre 10 à 43 méq/l (tableau 1). L'équation de régression entre la teneur en chlorure et la conductivité électrique est la suivante :

$$CE \text{ (ds/m)} = 0,097 \text{ Cl}^- \quad R^2 = 0,813 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est significative  $r$  (observé)= 0,90 ;  $r$  (critique) =0,468 pour ddl = 16 et  $\alpha=0,05$ ) (figure10). Cette relation statistique signifie que l'augmentation de la CE évolue proportionnellement avec la teneur du calcium.

**Figure10.** Relation entre les chlorures et la conductivité électrique

### 1.3.8. Relation entre CE et les bicarbonates

La concentration en bicarbonates varie entre 0,06 à 0,65 méq/l (tableau 1). L'équation de régression entre la teneur en bicarbonate et la conductivité électrique est la suivante :

$$CE \text{ (ds/m)} = 0,053 \text{HCO}_3^- \quad R^2 = 0,398 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est significative  $r$  (observé)= 0,63 ;  $r$  (critique) = 0,468 pour ddl = 16 et  $\alpha=0,05$ ) (figure11). Cette relation statistique signifie que la CE évoluée en fonction d'augmentation du bicarbonate.

**Figure11.** Relation entre les bicarbonates et la conductivité électrique

### 1.2.9. Relation entre CE et les sulfates

La concentration en sulfates varie entre 1,87 à 23,12 méq/l (tableau 1). L'équation de régression entre les teneurs en sulfates et la conductivité électrique est la suivante :

$$CE \text{ (ds/m)} = 3,80 \text{ SO}_4^{-2} \quad R^2 = 0,476 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est significative  $r$  (observé)=0,68 ;  $r$  (critique) =0,4684 pour ddl = 16 et  $\alpha=0,05$ ) (figure 12). Cette relation statistique signifie que l'évolution de la CE est dépendante de l'évolution de la concentration en sulfates.

**Figure12.** Relation entre les sulfates et la conductivité électrique

### 1.3.10. Relation entre CE et le SAR

Le SAR (sodium adsorption ratio) est une caractéristique de la solution du sol. Il se calcule selon la formule suivante :

$\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  sont les concentrations de la solution du sol exprimées en meq/l

Les résultats du tableau 3 montrent que les valeurs du SAR sont comprises entre 0,04 et 1,59. L'équation de régression entre le SAR et la conductivité électrique et de type  $y=ax$  , le calcul donne la relation suivante :

$$CE = 3,138\text{SAR} \quad R^2 = 0,186 \quad \text{et } n = 18$$

La corrélation est non significative  $r$  (observé)=0,43 ;  $r$  (critique) =0,4684 pour ddl = 16 et  $\alpha=0,05$ ).

**Tableau 3.** Les valeurs du SAR des échantillons

échantillons	SAR
1	1,31
2	1,08
3	0,97
4	1,59
5	0,94
6	0,21
7	1,15
8	0,66
9	0,54
10	1,01
11	0,65
12	0,33
13	0,35
14	0,042
15	0,26
16	0,54
17	0,68
18	0,42

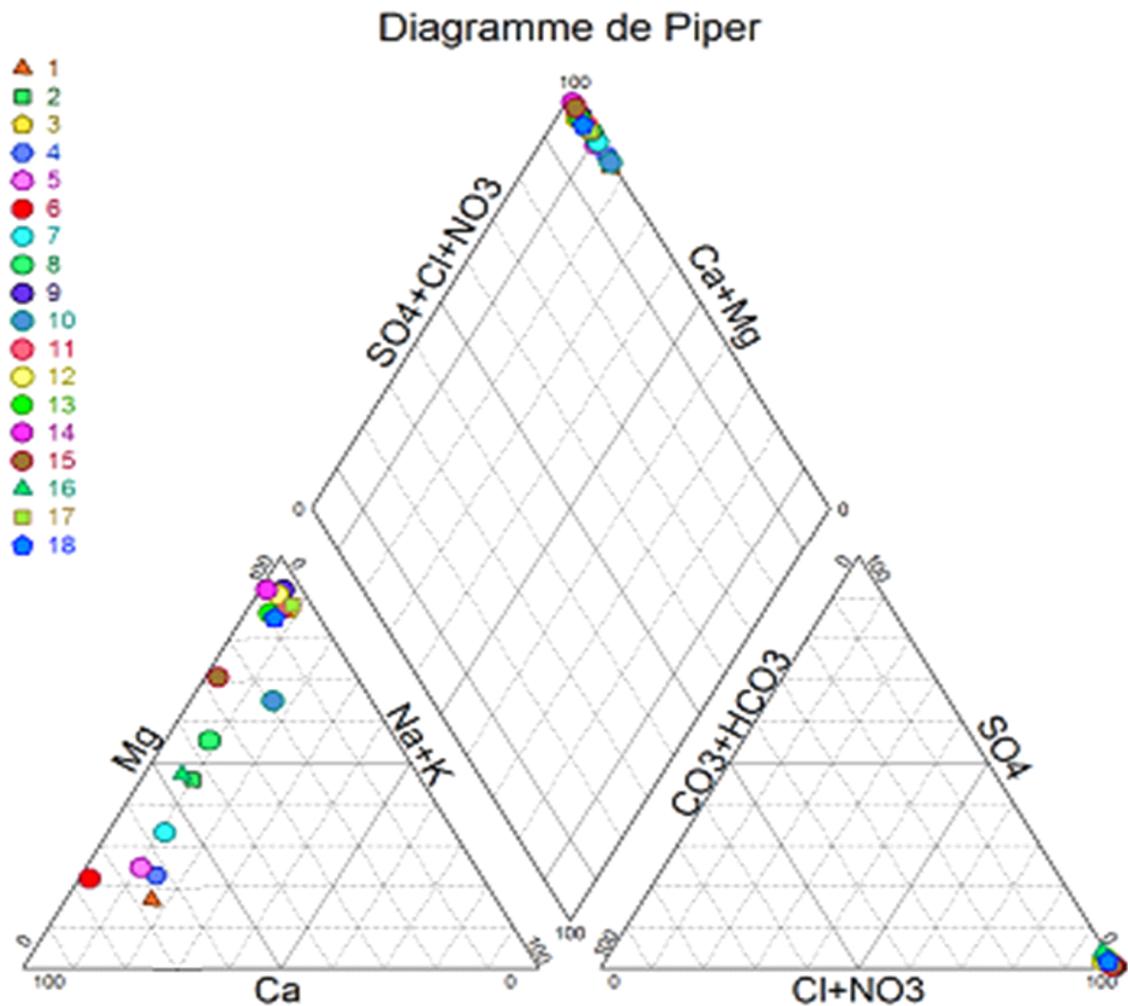
#### 1.4 Les Facies Chimiques

La détermination des faciès chimiques se base sur la proportion des cations et des anions présents dans la solution du sol.

La proportion en magnésium est comprise entre 10,52 à 86,23 % de la somme des cations. Le calcium présente une proportion de 5,38 à 82,81 % de la somme des cations. Le sodium présent un pourcentage de 0,57 à 19,48 % de la somme des cations. Enfin, la proportion en potassium varie de 0,41 à 6,26 % de la somme des cations.

Les chlorures dominent les anions présents dans la solution des sols, leur proportion est comprise entre 93,26 à 99,31 % de la somme des anions. Les sulfates ont une proportion de 0,53 à 5,36 % de la somme des anions et les bicarbonates représentent la plus faible concentration 0,35 à 2,45 % de la somme des anions. Les résultats sont présentés en figure

L'analyse des diagrammes de Piper (figure13) révèle la présence d'un faciès de type Un faciès chloruré magnésium qui domine la solution des sols représenté par les échantillons (3,8,9,10,11,12 ;13,14,15,17,18), en suite le faciès de type chloruré calcium (L'échantillon1, 4, 5, 6,7), et en denier le faciès chloruré sans dominance de l'un des cations pour les échantillons 2 et 16.



**Figure13** .Faciès chimiques des solutions

### 1.5. L'état de saturation des solutions vis-à-vis des sels peu solubles

Les deux principaux sels peu solubles qui seront testés sont la calcite et le gypse. Ces sels contrôlent assez rapidement la concentration de certains ions dans la solution du sol **(Droubi, 1976)**.

Le degré de saturation d'une solution vis-à-vis d'un minéral est testé par une comparaison de produit de solubilité ( $K_{ps}$ ) au produit ionique ( $Q$ ) des ions présents dans la solution **( Droubi, 1976 )** :

$Q = K_{ps}$  : la solution est juste à saturation vis-à-vis du minéral testé

$Q < K_{ps}$  : la solution est sous-saturée vis-à-vis de ce minéral

$Q > K_{ps}$  : la solution est sursaturée vis-à-vis de ce minéral

Le degré de saturation d'une solution vis-à-vis d'un minéral peut être testé par le logarithme du rapport entre le produit ionique (Q) et le produit de solubilité (Kps). La valeur obtenue correspondra à l'indice de saturation (IS) dont l'interprétation utilise les indications suivantes :

$IS > 0$  : solution sur saturée vis-à-vis du minéral

$IS = 0$  : solution en équilibre vis-à-vis du minéral

$IS < 0$  : solution sous saturée vis-à-vis du minéral.

### 1.5.1. Test de saturation vis-à-vis de la calcite

La réaction de dissolution-précipitation de la calcite peut être présentée ainsi :



$$K_{ps} = (Ca^{++}) \cdot (CO_3^{--}) / (CaCO_3) = 10^{-8,37}$$

$(CaCO_3)$  = activité du solide = **1 (Droubi, 1976)**

Les résultats du test de saturation vis-à-vis de la calcite montrent que  $IS < 0$  à tous les échantillons, l'exception d'échantillon 1 et 5 (tableau 4). Les solutions sont donc sous saturées par rapport à la calcite. Échantillon 1 est équilibré en calcite, et échantillon 5 ne contient pas la calcite.

La variation de l'indice de saturation vis-à-vis de la calcite par rapport à la conductivité électrique est abordée selon l'équation suivante ( $y = IS$ ,  $x = CE$ ) :

$$IS_{\text{ calcite }} = -0,0693CE - 0,6058 \quad R^2 = 0,0208 \quad \text{et } n = 18$$

La corrélation est non significative  $r$  (observé) = 0,141 ;  $r$  (critique) = 0,4684 pour ddl = 16 et  $\alpha = 0,05$ ).

### 1.5.2. Test de saturation vis-à-vis du gypse

La réaction de précipitation –dissolution du gypse s'écrit ainsi :



$$K_{ps} = (\text{Ca}^{++}) \cdot (\text{SO}_4^{--}) \cdot (\text{H}_2\text{O})^2 / (\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 10^{-4,85}$$

$(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = \text{activité du solide} = 1$  (**Droubi, 1976**).

L'activité de l'eau est considérée égale à 1 :  $K_{ps} = (\text{Ca}^{++}) \cdot (\text{SO}_4^{--}) = 10^{-4,85}$

Les résultats du test de saturation vis-à-vis du gypse montrent que  $IS < 0$  pour tous les échantillons (tableau 4). Toutes les solutions sont sous-saturées par rapport au gypse.

La variation de l'indice de saturation du gypse par rapport à la CE a été étudiée selon l'équation suivante ( $y = ax$ ) :

$$IS \text{ gypse} = 0,0014CE - 1,7331 \quad R^2 = 10^{-5} \text{ et } n = 18$$

La corrélation est non significative  $r$  (observé) = 0,0070 ;  $r$  (critique) = 0,4684 pour ddl = 16 et  $\alpha = 0,05$ ).

### 1.6. Indice de saturation et la force ionique

#### 1.6.1. Indice de saturation de calcite et la force ionique

L'équation de régression entre le IS calcite et la force ionique est selon équation suivante :

$$IS = 6,805Q - 1,431 \quad R^2 = 0,144 \text{ et } n = 18$$

La corrélation est non significative  $r$  (observé) = 0,37 ;  $r$  (critique) = 0,4684 pour ddl = 16 et  $\alpha = 0,05$ ).

### 1.6.2. Indice de saturation de gypse et la force ionique

L'équation de régression entre le IS calcite et la force ionique est selon équation suivante :

$$IS = 8,490 Q - 2,543 \quad R^2 = 0,261 \quad \text{et } n = 18$$

La corrélation est significative  $r$  (observé) = 0,51 ;  $r$  (critique) = 0,4684 pour ddl = 16 et  $\alpha=0,05$ ). Cette relation statistique signifie que le IS gypse évolue proportionnellement avec l'augmentation de la CE.

**Tableau 4.** Représentation l'indice de saturation (la calcite et le gypse) avec la force ionique

échantillons	Force ionique (mol/KGW)	IS calcite	IS gypse
1	7,11E-02	0,09	-0,57
2	3,78E-03	-3,37	-4,14
3	1,07E-01	-1,33	-2,12
4	1,32E-01	-0,27	-1,14
5	9,78E-02		-1,08
6	1,80E-01	-1,01	-1,36
7	1,22E-01	-0,42	-1,2
8	8,12E-02	-0,28	-1,23
9	1,29E-01	-1,05	-2,01
10	3,68E-02	-0,48	-1,29
11	8,31E-02	-1,17	-2,27
12	9,22E-02	-0,09	-1,84
13	7,78E-02	-0,58	-1,6
14	1,18E-01	-0,82	-1,82
15	1,72E-01	-0,26	-1,33
16	7,03E-02	-0,25	-0,97
17	6,82E-02	-1,57	-2,1
18	5,73E-02	-0,57	-1,9

## 2. Discussion

La variation de pH et des bicarbonates montrent une présence de corrélation entre ces deux paramètres, les valeurs de pH augmente proportionnellement avec l'alcalinité  $\text{HCO}_3^-$ .

La solution des sols est caractérisée par une conductivité électrique variable. La plus part des échantillons sont non salé. Les échantillons ayant une  $\text{CE} < 4$  représentent 55.54% du total, ils sont non salés selon les normes de **l'USSL(1954)**.

La somme des cations et des anions évaluent avec augmentation de la conductivité électrique. La somme des anions est égale 0,076 fois la CE, et la somme des cations est égale à 0,114 fois la CE. Ces résultats concordent avec ceux obtenues par L'USSL (1954).

L'écart entre la somme des cations et la somme des anions varie entre -78,37% et 16,92%. La loi de l'électroneutralité stipule que la somme des cations doit être égale à la somme des anions dans une solution. Les écarts relativement élevés observés entre la somme des cations et la somme des anions peuvent s'expliquer ainsi

- v Soit qu'un ou plusieurs ions présents en solution n'ont pas été quantifiés.
- v Soit que les manipulations ont engendré des erreurs d'analyses.

Les cations Mg et Ca sont des éléments dominants, avec 86,23% Mg et 82,81% Ca. Par rapport aux anions nous observons une nette dominance des chlorures avec 99,31%.

Le chlore est élément ne participe à la précipitation des minéraux que pour des valeurs de conductivité électrique extrêmement élevées, et il n'est pas affecté par les phénomènes d'échanges, un tel comportement permet de les utiliser comme un bon indicateur du facteur de concentration (**Laoufi 2010**).

Les valeurs du SAR sont variables et comprises entre 0,21 et 1,59. Ce dernier présente une évolution spécifique et indépendante de la salinité. L'augmentation de la salinité ne s'accompagne pas d'une sodisation du complexe adsorbant. L'augmentation du taux de sodium échangeable en présence d'un faible niveau de salinité entraîne une dégradation de la structure par une dispersion physico-chimique des agrégats. Cette dégradation structurale provoque une diminution du taux d'infiltration et de la conductivité hydraulique du sol (Salim et Tessier, 1998).

L'analyse du diagramme de Piper, a permis de mettre en évidence trois types de faciès chimiques de la solution des sols. Un faciès chloruré magnésium qui domine la solution des sols représenté par les échantillons (3,8,9,10,11,12 ;13,14,15,17,18), en suite le faciès de type chloruré calcium (L'échantillon1, 4, 5, 6,7), et en dernier le faciès chloruré sans dominance de l'un des cations pour les échantillons 2 et 16.

Les tests de saturation montrent que les solutions des sols sont généralement sous saturées vis-à-vis de la calcite, et le gypse. Cela veut dire que le produit ionique des solutions est inférieur au produit de solubilité de ces deux minéraux, et l'équilibre avec le minéral n'est pas encore atteint.

La corrélation entre l'indice de saturation de la calcite et la conductivité électrique est non significative selon le modèle linéaire

La corrélation entre l'indice de saturation du gypse et la conductivité électrique est non significative selon le modèle linéaire.

## Conclusion

Le travail porte sur une caractérisation de la solution du sol de la zone humide El Hammam « Medjana » par une étude du bilan ionique et la conductivité électrique. Ce travail a porté sur l'analyse et l'exploitation des données obtenues sur la solution de 18 échantillons.

Les principaux résultats montrent que :

Le pH révèle une réaction relativement alcaline des sols. La variation du pH est dépendante de la variation de l'alcalinité totale représentée par le  $\text{HCO}_3^-$ .

Les sols étudiés sont dans la plupart non salé. Les pourcentages des classes de salinité sont les suivant peu salé avec un pourcentage de 27.77% ( $2 < \text{CE} < 4$ ), en suite moyennement salé avec 27.77% ( $4 < \text{CE} < 8$ ) et en fin non salé avec 47.46% ( $\text{CE} < 2$ ) selon les normes de l'USSS (1954).

L'évolution des concentrations ioniques est généralement proportionnelle à celle de la CE.

Les valeurs du SAR sont variables et comprises entre .... Et ....Ce dernier présente une évolution spécifique et indépendante de la salinité.

Le faciès chloruré magnésien est largement dominant puisqu'il caractérise 11 échantillons. Le faciès de type chloruré calcium concerne 5 échantillon, et le faciès chloruré sans dominance est rencontré dans 2 échantillons.

Les tests de saturation montrent que les solutions des sols sont généralement sont sous-saturées vis-à-vis de la calcite et du gypse.

Cette étude qui est une contribution à une meilleure connaissance des sols de BBA, en particulier les sols Medjana (El Hammam), et elle va permettre de valoriser cette zone humide protégée selon Ramsar. Ce travail doit être approfondi par d'autre analyse physico-chimique et biologique des sols de la zone.

## Résumé

Le présent travail a porté sur une caractérisation géochimique de l'état de la solution du sol des sols de la zone EL Hammam (Medjana BBA). Ce travail a porté sur l'analyse et l'exploitation des données obtenues sur la solution de 18 échantillons.

Les résultats montrent que les sols étudiés sont dans la plupart non salé, et présentent un pH légèrement alcalin. L'évolution des concentrations ioniques est généralement proportionnelle à celle de la CE.

Le faciès chloruré magnésien est largement dominant. Les tests de saturation montrent que les solutions des sols sont généralement sous-saturées vis-à-vis de la calcite et du gypse.

**Mots clés :** salinité, géochimie, faciès chimiques, indice de saturation, Medjana.

## الملخص

ركز هذا العمل على التوصيف الجيوكيميائي لحالة محلول التربة في تربة منطقة الحمام مجانة برج بوعريبيج. ركز هذا العمل على تحليل واستغلال البيانات التي تم الحصول عليها من محلول 18 عينة.

أظهرت النتائج أن التربة المدروسة في الغالب غير مالحة ولها درجة حموضة قلوية قليلاً. يتناسب تطور التركيزات الأيونية بشكل عام مع تلك الخاصة بالملوحة.

سحنت كلوريد المغنيسيوم هي السائدة إلى حد كبير. تظهر اختبارات التشبع أن محاليل التربة بشكل عام غير مشبعة فيما يتعلق بالكالسيت والجبس.

**الكلمات المفتاحية:** الملوحة، الجيوكيمياء، السلالات الكيميائية، مؤشر التشبع، مجانة.

## Abstract

The present work focused on a geochemical characterization of the state of the soil solution of the soils of the EL Hammam area (Medjana BBA). This work involved the analysis and exploitation of the data obtained on the 18-sample solution.

The results show that the soils studied are mostly unsalted and have a slightly alkaline pH. The evolution of ionic concentrations is generally proportional to that of the EC.

The magnesium chloride facies is largely dominant. Saturation tests show that soil solutions are generally under-saturated with calcite and gypsum.

**Keywords:** salinity, geochemistry, chemical facies, saturation index, Medjana.