REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI Merbah - Ouargla

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET

DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Mémoire

PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER

Spécialité : Biologie.

Option : Ecologie saharienne et environnement.

Présenté par :

Melle : MERABET Soumia.

THEME

Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (Chott Merouane et Ain El Beida), environnement et signes de dégradation.

Soutenu publiquement le : 24/04/2011.

Devant le jury d'examen :

BISSATI Samia	**MCA Univ. de Ouargla**	**Présidente**
HACINI Messaoud	**MCA Univ. de Ouargla**	**Encadreur**
HAMDI AISSA Belhadj	**MCA Univ. de Ouargla**	**Examinateur**
BOUTAOUTAOU Djammel	**MCA Univ. de Ouargla**	**Examinateur**

Année Universitaire : 2010/2011

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI Merbah - Ouargla

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Mémoire

PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER

Spécialité : Biologie.

Option : Ecologie saharienne et environnement.

Présenté par :

Melle : MERABET Soumia.

THEME

Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (Chott Merouane et Ain El Beida), environnement et signes de dégradation.

Soutenu publiquement le : 24/04/2011.

Devant le jury d'examen :

BISSATI Samia	**MCA Univ. de Ouargla**	**Présidente**
HACINI Messaoud	**MCA Univ. de Ouargla**	**Encadreur**
HAMDI AISSA Belhadj	**MCA Univ. de Ouargla**	**Examinateur**
BOUTAOUTAOU Djammel	**MCA Univ. de Ouargla**	**Examinateur**

Année Universitaire : 2010/2011

DEDICACES ET REMERCIEMENTS

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à celui que je ne pourrais jamais remercier assez, à la mémoire de mon père.

A ma mère, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et tous mes respects pour toute son aide, son affection et son sacrifice.

A mes frères : Azzeddine, Fathallah et Sifelislame.

A mes chères soeurs : Safia, Asma, Wafa, Widad et Khaoula.

A mes neveux et nièces.

A mes amis Zoulikha, Amina, Houria et Bariza qui m'ont toujours encouragé pour terminer mes études.

A toute ma famille et tous mes amis.

A mes collègues Hafida, Nabila, Mohamed, Salim, Amin, Harone et Moustafa.

A tous ceux qu'un jour profiteront de ce travail.

Remerciements

Arrivé au terme de ce travail, je veux remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont aidée dans la réalisation de ce projet.

En premier lieu, je remercie mon directeur de thèse, M. HACINI Messaoud pour son soutien inconditionnel qui a permis la réalisation de ce travail dans les meilleures conditions.

Je remercie Monsieur Chegaar S et Betaher A, respectivement Directeur du District des forêts d'El Meghaier & chargé des zones humides au niveau des services des forêts d'EL Meghaier et de Djamâ pour son soutien et son aide morale qui m'a été très précieuse.

Je remercie Monsieur Bouzid A Maître de conférences à l'université de Ouargla pour son aide, sa disponibilité et sa gentillesse.

Je tiens également à remercier Mme Bissati Samia Maître de conférences à l'université de Ouargla, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de mémoire, ainsi que messieurs, Hamdi Aissa Belhadj Maître de conférences à l'université de Ouargla et Boutaoutaou Djammel Maître conférence à l'université de Ouargla, trouvent mes vifs remerciements de juger ce travail.

Mes remerciements vont également aux:

- Personnel de l'A.N.R.H de Ouargla;
- Personnel du laboratoire de l'hygiène d'El Meghaier ;
- Personnel de l'ENASEl d'El Meghaier ;
- Personnel de l'ONA de Ouargla ;
- Personnel de l'ITDAS d'El Arfiane- Djamaa ;
- Personnel de laboratoire d'analyses de l'ITAS ; Université de Ouargla.

Pour ses aides analytiques et documentaires utiles, pour leurs accueils et pour la mise à notre disposition de la bibliothèque et ses archives des travaux réalisés dans la région.

Je suis enfin reconnaissant envers tous les membres de ma famille qui m'ont soutenu tout au long de ces études, surtout mon frère ZaKaria.

. La liste d'abréviation

- **AEWA :** Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie ;
- **ANRH :** Agence National des Ressources Hydriques ;
- **CNRS :** Centre National de la Recherche Scientifique ;
- **DGF :** Direction Générale des Forêts ;
- **MATE :** Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement ;
- **ODE :** Observation Départemental de l'Eau ;

. La liste des figures :

Figure 01: La situation géographique des deux Chotts dans le Sahara septentrional..4

Figure 02 : Coupe géologique schématique Nord-Sud du Bas-Sahara, en partie…...6

Figure 03 : Coupe géologique dans le complexe terminal en Sahara septentrional Algériens……..11

Figure 04 : La température moyenne mensuelle……13

Figure 05 : Les précipitations moyennes annuelles……...14

Figure 06 : L'Humidité relative…….....15

Figure 07 : La vitesse moyenne annuelle des vents ……..15

Figure 08 : La durée moyenne mensuelle d'insolation en heures……16

Figure 09 : L'évaporation moyenne mensuelle……..17

Figure 10 : Diagramme Ombrothermique d'Ouargla……18

Figure 11 : Diagramme Ombrothermique d'El Meghaier……..19

Figure 12 : Climagramme d'Emberger de la zone d'étude……20

Figure 13 : Les pions d'échantillonnage dans le chott Merouane……..43

Figure 14 : L'évolution de surface d'eau dans chott Ain El Beida pendant le temps ……100

Figure 15 : La température des saumures……..104

Figure 16 : Le pH moyen des eaux……...106

Figure 17 : La conductivité électrique des saumures……108

Figure 18 : Les résidus secs des eaux……108

Figure 19 : La matière en suspension……110

Figure 20 : La teneur de calcium dans les saumures…….111

Figure 21 : La teneure de magnésium dans les deux chotts……..112

Figure 22 : Le comportement de sodium dans les saumures…….113

Figure 23 : La teneure de potassium dans les saumures……...115

Figure 24 : La teneur de chlorure dans les saumures……116

Figure 25 : La teneur de sulfates dans les saumures…….117

Figure 26 : La teneur des bicarbonates dans les saumures……118

Figure 27 : La teneur des carbonates dans les saumures……...119

Figure 28 : La teneur des nitrates dans les saumures……120

Figure 29 : Représentation des compositions chimiques des eaux des deux chotts dans un diagramme de Piper……..121

Figures 30 : L'évolution de l'oxygène dissous dans les saumures……...123

Figure 31 : La demande chimique en oxygène…….124

Figure 32 : La demande biochimique en oxygène……125

Figure 33 : L'indice de biodégradabilité……...126

Figure 34 : La variation des germes totaux dans les deux chotts……..127

Figure 35 : Evolution des éléments majeurs en fonction de la distance dans le mois de Décembre……...129

Figure 36 : Evolution des éléments majeurs en fonction de la distance dans le mois de Janvier……130

Figure 37 : Evolution des éléments majeurs en fonction de la distance dans le mois de Février……131

Figure 38 : Evolution des éléments majeurs en fonction de la distance dans le mois de Mars……132

Figure 39 : La répartition de l'inertie entre les axes……133

Figure 40 : Les cercles de corrélation des variables……..136

Figure 41 : Les cartes factorielles des stations……..138

Figure 42 : Cercles de corrélation individus-variable……...139

Figure 42 : Cartes factorielles des campagnes…….140

La liste des photos

Photo 1 : Les pions d'échantillonnage dans le chott Ain El Beida……43

Photo2 : Le spectrophotomètre……*57*

Photo 3 : Le réacteur de DCO…….57

Photo 4 : Les réactifs de DCO…….57

Photo 5 : La DBO mètre……..60

Photo 6 : Spectrophotomètre DR 2000……60

Photo 7 : Les principaux plans d'eaux, les drains et la route communale dans chott Ain El Beida…….70

Photo 8 : Les formes de sols dans chott Ain El Beida……71

Photo 9 : L'assèchement complète des plans d'eau à partir du mois de Mai……..72

Photo10 : Le plan d'eau dans chott Merouane en hiver……73

Photo 11 : Le canal de Oued Righ - région de Oued Kherof……..73

Photo12 : La position d'ENASEL dans le fonctionnement de chott Merouane…....73

Photo 13 : L'effet du remplissage et d'évaporation des eaux sur la physionomie générale de chott Merouane……74

Photo 14 : Les rivages de chott Merouane, avec la plaine des sels…….75

Photo 15 : Les groupements de végétaux autour et dans les plans d'eaux……..78

Photo 16 : L'installation des végétaux dans les drains calmes……79

Photo 18 : Les oiseaux d'eau autour du chott…….81

Photo 19 : Un terrain implanté aux périphéries du chott…….84

Photo 20 : Des insectes tués sur les rifs de sels de chott Merouane……84

Photo 21 : Forme de végétation autour de chott Merouane……84

Photo 22 : Les forme de végétation autour Oued Kherouf…….85

Photo 23: Halocnemum strobilaceum……85

Photo 24: Suaeda mollis…….85

Photo 25: Un groupement de Flamant rose - lac de Oued Kherouf……...88

Photo 26: Un drain d'évacuation des eaux usées dans chott Ain El Beida……89

Photo 27: une canalisation d'écoulement des eaux usées de drain principal vers chott Ain El Beida…….89

Photo 28 : La sédimentation des argiles avec les éléments polluants grossières sur les périphéries du chott Merouane……90

Photo 29: L'écoulement d'eau au long le canal de Oued Righ favorise l'autoépuration…….90

Photo 30: Les résidus de construction dans les bordures vides de chott Ain El Beida…….92

Photo 31: Les déchets domestiques dans les espaces verts du chott……...93

Photo 32 : Le déchargement dans les drains……...93

Photo 33 : La stagnation des eaux et la propagation des algues vertes dans les drains…… ……...95

Photo 34 : La stagnation des eaux et la propagation des algues vertes dans les étangs formées par les fuites des drains……..95

Photo 35 : La coloration rouge à cause de la propagation des algues rouges…….96

Photo 36 : Les algues vertes responsables de coloration verte des eaux…….96

Photo 37 : Des terrains secs autour du chott Ain El Beida……..98

Photo 38 : Les colonies des germes totaux dans les eaux de Chott Ain El Beida ...125

Sommaire

Introduction ……..... 01

Chapitre I : Contexte général

1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE …… 03
2. CARACTERES HYDROGRAPHIQUES…… 05
   2.1. Oued M'ya ……...…….. 05
   2.2. Oued N'sa et oued M'zab ……. 05
3. CADRE GEOLOGIQUE REGIONALE ET LOCALE..... 06
   3.1. Cadre géologique régionale…….. 06
   3.2. Cadre géologique locale……. 06
4. CARACTERES GEOMORPHOLOGIQUES…… 07
   4.1. Hamadas……. 07
   4.2. Erg……... 08
   4.3. Glacis……... 08
   4.4. Chotts et Sekhas……. 08
5. APERÇU SUR LA PEDOLOGIE…… 08
6. HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE..... 09
   6.1. Le continentale intercalaire 09
   6.2. Le continental terminal …… 10
   6.3. Les nappes phréatiques …….. 11
7. L'ETUDE CLIMATIQUE……. 11
   7.1. La température …….. 12
   7.2. Les précipitations …….. 13
   7.3. L'humidité relative …… 14
   7.4. Les vents ……. 15
   7.5. L'insolation …… 16
   7.6. L'évaporation …… 17
   7.7. Synthèse climatique…….. 18
      7.7.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen 1952 …….. 18
      7.7.2. Climatogramme d'Emberger …… 20
      7.7.3. L'indice d'aridité DEMARTONE 1925…… 22

Chapitre II : Aperçu sur les écosystèmes aquatiques sahariens

1. LES CHOTTS ET SEBKHAS……... 24
2. LE PROCESSUS DE FORMATION DES CHOTTS ET SEBKHAS……. 24

3. LES LACS SALES ……... 25
4. LA REPARTITION MONDIALE DES LACS SALES……. 25
5. ORIGINE ET TYPES DES LACS ……. 26
6. LES CARACTERISTIQUES ECOLOGIQUES DES LACS SALES…….. 27
6.1. Le milieu physique …… 27
6.2. La vie dans les lacs salés …….. 31
7. Fonctionnement de l'écosystème aquatique ……. 33
7.1. Fonctionnement trophique …….. 33
7.2. Fonctionnement thermique et hydrodynamique ……... 34
8. La dégradation des lacs salés ……... 36

Chapitre III : Matériels et méthodes de travail

1. RAPPORT DE L'ETAT DE L'ENVIRONNEMENT DES CHOTTS. 39
1.1. La prospection de terrain ……. 39
1.2. L'inventaire de la végétation ……... 39
1.3. L'inventaire de l'avifaune …… 39
2. L'EVALUATION QUALITATIVE DES EAUX …… 40
2.1 L'échantillonnage…….. 41
2.1.1. Choix de la méthode de prélèvement ……. 41
2.1.2. Choix des sites de prélèvements ……. 42
2.1.3. Matériels de prélèvements …….. 44
2.1.4. Observations au cours de prélèvement ……. 44
2.2. Les analyse ……. 44
2.2.1. Les analyse sur le terrain …….. 45
2.2.2. Les analyse au laboratoire ……. 47
2.3. Les analyses statistiques …….. 68

Chapitre IV : Résultats et discussions

I. ETAT DE L'ENVIRONNEMENT ET SIGNES DE DEGRADATION…… 69
1. La physionomie générale des chotts …… 69
2. Caractéristiques biologiques des chotts ……... 77
3. Les signes de dégradation dans les deux chotts ……. 90
3.1. L'utilisation des Chotts comme lieux de rejets des eaux usées…… 90
3.2. L'utilisation des zones humides comme lieux de décharge de matériaux ferreux, débris et ordures…….. 92
3.3. Le manque d'entretien des drains et des canaux d'évacuations…….. 95

3.4. L'assèchement du Chott de Ain El Beida…….. 98
II. L'EVALUATION QUALITATIVE DES EAUX……. 101
1. La qualité physico-chimique des eaux …….. 101
1.1. Les paramètres physico-chimiques …… 101
1.1.1. La température…… 101
1.1.2. Le pH …… 103
1.1.3. La conductivité électrique……..……. 104
1.1.3. Les résidus secs…… 106
1.1.4. La matière en suspension ……... 107
1.2. Les éléments majeurs …… 108
1.2.1. Le Calcium (Ca^{2+}) ……..……..……... 109
1.2.2. Le Magnésium (Mg2+) ……..…… 110
1.2.3. Le Sodium (Na+)……...……..... 111
1.2.4. Le Potassium (K^{+}) ……..…….. 112
1.2.5. Le Chlorure (Cl-) ……..……. 114
1.2.6. Les Sulfates (SO_4^{2-}) : …….. 115
1.2.7. Les Bicarbonates (HCO_3^{-}) ……..…… 116
1.2 .8 Les Carbonates (CO_3^{-2}) ……..…… 117
1.2 .9 Les Nitrates (NO_3^{-}) ……..…… 118
1.3. Répartition des faciès chimiques ……... 119
1.4. L'oxygène dissous ……... 120
1.5. La demande chimique en oxygène …… 122
1.6. La demande biochimique en oxygène …….. 123
2. La qualité bactériologique des eaux ……. 125
3. Evolution géochimique spatiale ……..... 127
3.1. Mois de Décembre …… 127
3.1. Mois de Janvier……. 128
3.1. Mois de Février …… 129
3.1. Mois de Mars …… 130
4. L'analyse statistique des données ……..... 131
Conclusion générale …… 141

Références bibliographiques
Annexe

Introduction

INTRODUCTION

ier article de la **c**onvention **Ramsar** en 1971 et l'article 2 de la loi française sur l'eau en 1992, ont classé les chotts et les sebkhas comme des zones humides continentaux d'eaux dormantes. Ce sont de**s** écotones ou des espaces de transition entre la terre et l'eau. Ces écosystèmes assurent diverses fonctions, à savoir la vie aquatique, les cycles hydrologiques et géochimiques. Ces écosystèmes présentent divers intérêts, soit sur le plan de l'exploitation minière ou pour l'extraction de plusieurs types de sels, en l'occurrence les sels de table (NaCl), Potassium (K), les saumures, les différents types de sels à intérêt médical, le lithium…. Il s'agit des zones de protection de la biodiversité, sont des zones favorables pour la culture des crustacés (Artémia) et plusieurs types d'algues, à savoir la spiruline.

Les zones humides sont des milieux de vie remarquables pour leur biodiversité. Au bassin méditerranéen, les lacs et les marais constituent non seulement des sites de reproduction et d'hivernage pour des millions d'oiseaux, mais ils jouent aussi un rôle d'étape pour un nombre plus important encore d'oiseaux qui s'y nourrissent et s'y reposent lors de leur migration annuelle entre l'Afrique et l'Eurasie. De nombreux mammifères y trouvent également refuge, notamment lors des périodes chaudes et sèches. Bien que la grande faune de la région ait en grande partie disparu (Lion *Panthera leo*, Bubale *Alcelaphus buselaphus*), plusieurs espèces rares survivent encore dans certains grands deltas peu perturbés (Lynx ibérique *Lynx pardina* à Doñana). La faune de poissons d'eau douce de la région nord-Méditerranée est aussi remarquable avec 249 taxa endémiques, parfois d'une seule rivière ou d'un seul lac **(Galewski, 2008).**

En Algérie, 1451 zones humides sont recensées, dont 762 naturelles et 689 artificielles. Elle compte également 42 sites classés sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, s'étendant sur une superficie de près de 3 millions d'hectares. Un classement de 18 autres sites sur la liste de Ramsar est en cours de réalisation, selon la DGF. D'après **AEWA (2007) (**Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie) ; l'Algérie occupe une position charnière dans le système de migration paléarctique. C'est une vaste zone d'hivernage pour de nombreuses espèces nichant en Europe et dont la zone méditerranée constitue les principaux quartiers d'hiver.

Ces écosystèmes sont très fragiles et menacés par l'effet anthropique. L'étude faite par **Galewski (2008)** montre que les zones humides méditerranéennes subissent cependant de fortes pressions anthropiques qui se sont nettement amplifiées au cours du 20ème siècle. Deux sortes de dégradation ont été mises en évidence. D'une part, la surexploitation de ses ressources: l'eau, la végétation, les poissons, crustacés et coquillages, les oiseaux. D'autre part, elles sont utilisées commune des exutoires des eaux excédentaires surtout dans les régions sahariennes. Cet effet anthropique a contribué à la disparition de la moitié des zones humides de la Méditerranée dans les cinquante dernières années, celles restantes souffrant généralement de dégradation et pollution d'origines diverses.

La destruction de ces habitats se répercute négativement sur les habitants qui sont actuellement menacés de chercher d'autres sites favorables ou bien de changer leur mode de vie qui diminue leur chance de survie.

L'Algérie forme un cas parmi les précédents, disposent de lacs, de chotts et de marais,… dégradés et menacés de disparition à cause de plusieurs facteurs pour protéger ces habitats il faut connaitre bien ces contraintes afin de les élimines, dans ce cadre, nous proposons ce travail qui permettra d'améliorer le niveau de connaissance et de compréhension de la structure et du fonctionnement de ces écosystèmes, diagnostic de l'état de l'environnement et la mise en évidence des signes de dégradation.

Notre zone d'étude renferme deux chotts, ceux de Ain El Beida et de Merouane qui sont des écosystèmes aquatiques au Sahara septentrional algérien, classés sur la liste de la convention de Ramsar des zones humides, d'importance internationale, remplissant plusieurs fonctions.

Nous présenterons une étude comparative a deux niveaux ; premièrement au niveau général par un diagnostic rapide basé sur l'enquête et la lecture des indicateurs physionomiques de terrain, deuxièmement, un niveau analytique basé sur l'aspect quantitatif pour déterminer la qualité des eaux.

Chapitre-01

Contexte général

1. Situation géographique

La zone d'étude englobe deux chotts différents; Chott Merouane qui fait partie de la région de Oued Righ et Chott Aïn El Beïda de Ouargla. Ces deux Chotts forment deux écosystèmes aquatiques dans le Sahara septentrional, figure. 01.

La région de chott Merouane fait partie de l'ensemble des étendues lagunaires de l'Afrique du Nord. Où les chotts Melghir et Merouane constituent avec l'ensemble des chotts tunisiens la plus grande dépression fermée **(Guddari, 1980)**. Notons aussi que les chotts algero-tunisiens sont regroupés suivants deux directions :

- Une direction SW-NE correspondant à la direction atlasique le long de laquelle sont regroupés les chotts chergui, El-Gherbi et El-Hodna.
- Une direction WNE-ESE, rassemblant les chotts El-Hodna, Melghir, El Ghersa et le chott El jerid.

Ces deux directions sont en relation avec le relief et la paléogéographie de la région.

Chott Merouane est situé au Nord-est du Sahara septentrional, qui fait partie administrativement de la Wilaya d'El-Oued et la Daïra d'El-Maghaire, situé à environ 9Km du chef lieu de la daïra, dans le village de N'sigha, de coordonnées géographiques ; 33°55'N et 06°10'E. Il est considéré comme la plus basse altitude du nord de l'Afrique (40m au dessous du niveau de la mer). Ce chott est classé parmi les zones humides, d'importance internationale, avec une superficie de l'ordre de 333, 700 ha **(Hacini, 2006).**

Pas loin, la région de Ouargla est l'une des principales oasis du Sahara Algérien. Elle se situé approximativement à 750 Km d'Alger. La ville et ses palmeraies sont installées dans une cuvette qui constitue l'aboutissement de l'artère hydrographique de l'Oued Mya **(Aumassique et al 1998 in Idder, 2007).** La ville de Ouargla chef lieu de la willaya est située a une altitude de 157m, ses longitude Est. La willaya d'Ouargla couvre une superficie de 163 233 Km². Elle est limitée:

- Au nord par les willayas de Djelfa et d'El Oued ;
- Au sud par la willaya d'Illizi et de Tamanrasset;
- A l'est par la Tunisie;
- A l'ouest par la willaya de Ghardaïa **(Kouidri, 2006).**

Le chott est une dépression saline dont la partie inondée est constituée par la Sebkha, qui se situe au milieu de la palmeraie et dans la cuvette de la ville d'Ouargla. Allonge en direction Nord-ouest, Sud-est sur une longueur de 5,3km, sa largeur varie de 1 à 1.5 km. Il est compris entre 5°22'42" à 5°21'52"E de longitude et 31°57'30" à 31°59'2"N de latitude, entre les altitudes de 142 à 146m avec une superficie de 6,853hectars **(DGF, 2004).**

Figure.01. La situation géographique des deux Chotts dans le Sahara septentrional.

2. Caractères hydrographiques

Chott Merouane est classé selon RAMSAR comme zone humide, il s'agit d'un lac éphémère, il est alimenté par trois sources principales, celle du canal collecteur de l'Oued Righ appelé couramment Oued Kherouf, les eaux souterraines de la nappe CT et les eaux de pluie qui sont généralement négligeables **(Hacini et al, 2008).**

Suivant **Hamdi Aissa (2001 in Adamou, 2006)**, dans la région de Ouargla, le réseau hydrographique est formé de différents bassins versants (M'ya, Mzab, N'Sa) qui se déversent dans la sebkha de Safioune situé au nord de la cuvette de Ouargla.

2.1. Oued M'ya

Il draine le versant Nord Est du plateau de Tademaït ; il est en forme d'une vaste gouttière relevée au Sud (800m) avec une inclinaison très faible (0,1 à 0,2%). Il est considéré comme fossile.

2.2. Oued N'sa et Oued M'zab

Ces Oueds sont fonctionnels et peuvent avoir une ou deux crues par an et n'atteignent la cuvette de Ouargla que lorsque la crue est importante. Ils drainent le versant des piedmonts Sud-est de l'Atlas saharien et coulent donc de l'Ouest vers le Sud est jusqu'à la sebkha de Safioune.

Actuellement, la Sebkha fonctionne par les eaux de drainage de la palmeraie qui provoquent la remontée de la nappe phréatique, alors que les apports dus aux ruissellements sont négligeables, ont signalé cependant que, au Néolithique, cette Sebkha fonctionnait naturellement grâce à l'apport des eaux souterraines. Durant les périodes de chaleur, les surfaces inondées en hiver s'assèchent où se réduisent considérablement sous l'effet de l'évaporation. La Sebkha se comporte ainsi, comme une véritable machine évaporatoire **(Aumassique et al 1998 in Idder, 2007).**

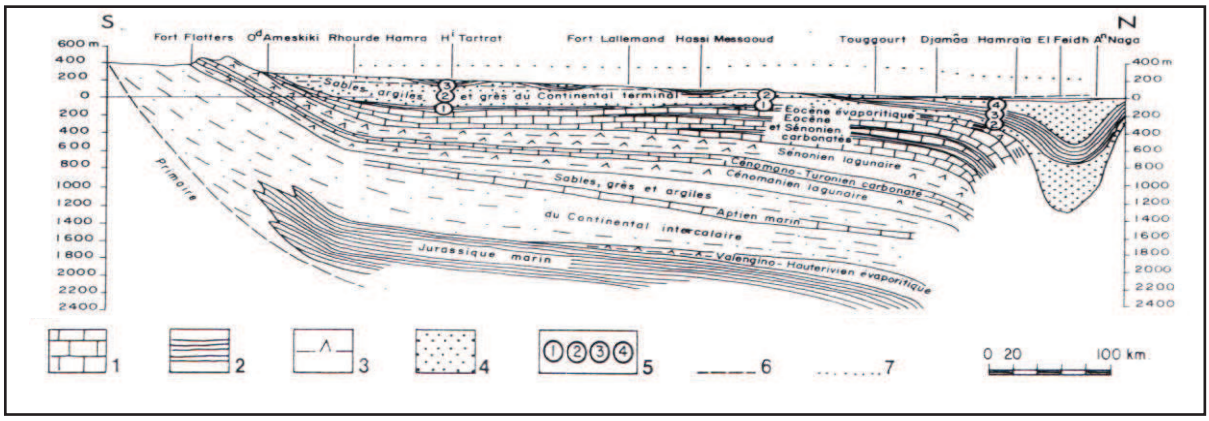
3. Cadre géologique régionale et locale

3.1. Cadre géologique régionale

La zone d'étude est une partie du Sahara septentrional où le bas Sahara qui est constitué par une série de dépôts alternativement marins et continentaux déposés dans un vaste bassin sédimentaire séparés par d'épaisses séries évaporitiques ou argileuses, soit;

L'ensemble inférieur (anti-cénomanien) contient de puissantes séries continentales d'âge du crétacé inférieur (continental intercalaire).

L'ensemble supérieur (sénonien inférieur) contient plusieurs niveaux marins et se termine par une épaisse série continentale sableuse, d'âge Mio-pliocène, Figure. 02 **(Khadraoui, 2007).**



1. Calcaire, dolomie. – 2. Marnes, argiles. – 3. Gypse, anhydrite. – 4. Sables. – 5. Niveaux stratigraphiques du Continental terminal. – 6. Niveau hydrostatique du Continental terminal. –7. Niveau hydrostatique du Continental intercalaire.

Figure.02. Coupe géologique schématique Nord-Sud du Bas-Sahara, en partie. ***(Guendouz et al, 2003)****.*

3.2. Cadre géologique locale

Dans la région de chott Merouane les formations géologiques sont en grande partie d'âge quaternaire et résultent de l'érosion continentale des dépôts Mio-pliocène. Elle est caractérisée, en surface, par des dunes consolidées de limon à sable très fin (environ 10m d'épaisseur) qui se cimentent **(Khadraoui, 2007)**, en profondeur des gypses, l'épaisseur des sables est très

important là où la végétation favorise la stabilisation des vents de désert, sous-jacent à ces sables fins, ou trouve environ 70m d'argiles qui reposent à son tour sur environ 35m de grés et sable, faisant partie de la nappe aquifère la plus importante, le complexe terminal dit CT **(Cornet, 1964 in Hacini, 2006).** Durant la période estivale, le Chott est couvert par l'halite, avec une épaisseur qui varie entre 0-20 cm. Des minéraux ont été mis en évidence par les rayons X et parfois à l'œil nu, tels que le gypse, la calcite et les minéraux argileux. L'halite surmonte une épaisse couche d'argile de 70m d'épaisseur, et la nappe du complexe terminal est située sous cette couche d'argile **(Hacini, 2006)**.

La géologie de la région de Ouargla se caractérise par formation exclusivement quaternaire. La cassure très nette des falaises qui limitent les plateaux et la présence de nombreux témoins isolés dans la plaine permet de se rendre compte facilement de la stratigraphie générale. La base est constituée par des argiles rouges, quelquefois très fines et très pures, comme à Bekrate; les argiles sont surmontées d'une carapace de tufs gypseux, d'une épaisseur de 30 à 40 m. Cette croute fendillée à la surface du sol par les agents atmosphériques est mélangée avec de nombreux rognons de silex. Les flancs des falaises ou des témoins sont presque toujours recouverts d'une couche uniforme de graviers fins **(Pézard, 1909)**.

4. Caractères géomorphologiques

Le bassin versant de l'Oued-Righ et la cuvette de Ouargla présentent les mêmes formations géomorphologiques, dayas des hamadas, regs, de dunes vives (erg), chotts à l'exception des glacis qui apparent seulement dans la seconde région.

Le relief du chott Merouane est homogène avec la présence de quelques dunes de sables et de hamada de faible hauteur. Il a la forme d'une cuvette avec une pente très accentuée vers de basse altitudes pouvant aller jusqu'à 40 mètres au dessous du niveau de la mer d'où son ancien nom de niveau de (mer intérieure) **(DGF, 2001)**.

La cuvette d'Ouargla se caractérise par les formations géomorphologiques suivantes :

4.1. Hamadas

A l'Ouest de Ouargla, la vallée est limitée par le plateau de la Hamada à 250 m d'altitude et qui date du pliocéen, appelé localement (plateau des Gantra). Il s'abaisse légèrement d'ouest en Est **(Hamdi-Aissa, 2001 in Adamou, 2006).**

4.2. Erg

En plus du grand Erg Occidental qui est limité par la région de Ouargla par l'Est et le sud, les Ergs mineurs et les petits cordons dunaires situés à l'est de la cuvette, s'allongent vers le nord et qui représentent la frontière est du grand chott de Ouargla **(Hamdi-Aissa, 2001in Adamou, 2006).**

4.3. Glacis

Le versant de la cuvette d'Ouargla présente quatre niveaux de glacis qui varient de 220m pour le premier arrivant à 140m d'altitude pour le dernier.

4.4. Chott et sebkha

Les formations quaternaires occupent tous les niveaux bas sédimentaires et forment des zones appelées sebkha (centre d'une dépression fermée et salée) ou bien chott (zone entourant une sebkha, par extension le mot désigne parfois la sebkha elle-même par exemple : chott de Ouargla, est plus important que la sebkha elle-même) ce sont de grandes zones d'épandage d'alluvions, le plus souvent sableux **(Dulix, 1971 in Adamou, 2006)** et des terrains inondés ou inondables de la sebkha qui s'allongent en forme de croissant, au nord de la ville, depuis l'ouest (128m) vers l'est (127m) (**Gautier, 1951 in Idder, 2007**).

5. Aperçu sur la pédologie

Les sols de la zone aride de l'Algérie présentent une grande hétérogénéité et ils se composent essentiellement par des sols minéraux bruts, des sols peu évolués, des sols halomorphes et des sols hydromorphe **(Halitim, 1988)**. La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique est très faible et ne permet pas une bonne agrégation. Ses sols squelettiques sont très peu fertiles et leur rétention en eau est très faible **(Daoud et Halitim, 1994 in Adamou, 2006).**

La formation et l'évolution des sols de la vallée d'Oued-Righ sont principalement conditionnées par le climat et la salinité. Les caractères pédologiques des sols se distinguent principalement par une roche mère la plus souvent gréseuse du crétacé, parfois alternée avec

des bondes argileuses à des profondeurs variables, de même que par néoformations gypso-salines (encroûtement et / ou croutes du quaternaire) observées surtout dans les dépressions **(Khadraoui, 2005)**. Dans le chott de Merouane, Le sol hydromorphe et peu humifère se distingue par quatre types de sols : gypseux doté d'une croûte avec une profondeur minimale de 0.30m et un maximum de 1.20m, salin avec une texture sable-limoneuse et salin à pseudo-gely avec présence de gypse d'une profondeur de 0.70m à 1.20m avec texture limono-sableuse. On note une évolution du sol faisant suite aux apports en matières organiques, caractérisée par la présence d'une végétation saharienne éparpillée dans les vallées et les oasis **(DGF, 2001).**

Pour ce qui est d'Ouargla, sur le plateau, les sols présentent une surface graveleuse, formant un reg à graviers, ou pierreux, un reg à pierres et des voiles éoliens, cet horizon de surface surmonte une croûte calcaire à dolomie, très dure, de 30cm d'épaisseur. On trouve ensuite un horizon calcaire, nodulaire, moins dur et fissure, entre 35 et 60cm puis, au delà de 60Cm, un horizon pétrogypsique à 57% de gypse, sur le glacis, à 140m d'altitude, le sol est constitué d'un matériau meuble, exclusivement détritique, hérité de l'altération des grés à sable rouge du miopliocène. C'est le sol le plus pauvre en gypse de la région le quel jusqu'à 8 m de profondeur, il ne présente aucun niveau d'encroûtement.

Il s'agit d'un régo-sol (sableux) à graviers saliques **(Hamdi Aissa et Girard, 2000).**

Les sols de la région d'Ouargla sont caractérisés aussi, par un pH alcalin, une activité biologique faible et une forte salinité **(Daoud et Halitim, 1994 in Adamou, 2006).**

Dans le chott, le dépôt en surface devient abondant et il se forme alors un encroûtement, constitué tantôt de calcaire, tantôt de gypse et de chlorures. Ainsi on observe souvent, au milieu des dunes de petites dépressions à fond plat revêtues d'une croûte blanche compacte de gypse et que l'on nommé communément (sebkha) **(Ozenda, 1958 in Bouzid, 2003).**

6. Hydrogéologie de la zone d'étude

La région d'étude fait partie du Sahara septentrional, qui renferme deux grandes nappes aquifères qui sont parmi les plus grandes dans le monde, celle du continental intercalaire à la base surmontée par le complexe terminal et une nappe phréatique dans les formations superficielles.

6.1. Le continental intercalaire (albien)

La nappe de continental intercalaire couvre une superficie de 600000 K^2, elle s'étend pratiquement sur l'ensemble du bassin sédimentaire du Sahara, avec une profondeur variable d'une région à une autre (en affleurement dans la région de Adrar et Temimoune et dépasse 1000 m au centre du Sahara) **(Dubost, 2002)**.

La nappe du continental intercalaire est un réservoir à eau douce, la plus grande partie de l'eau de cette ressource à été remplie pendant les périodes pluvieuses du quaternaire. La recharge de cette nappe est faible, elle est rechargée par les eaux d'infiltration aux pieds des monts de l'Atlas Saharienne. Les eaux du continental intercalaire sont caractérisées par : une température qui dépasse parfois les 60°C, la qualité chimique de eaux de cette nappe est bonne comparativement au autres nappes du Sahara la minéralisation oscille entre 0,3 g/l dans la région d'El-Menia pour arrivée à 2,5 dans le centre du Sahara septentrional.

6.2. Le continental terminal

La nappe du continental terminal couvre une partie du bassin oriental du Sahara septentrional sur environ 350 000 Km^2, sa profondeur varie de 100 à 400 m et il alimente l'essentiel des palmeraies du Bas-Sahara (Ziban, Oued Rhir, Souf et Ouargla), Figure. 03 **(Hamdi-Aissa, 2001 in Adamou, 2006)**.

Dans la région d'Oued righ**,** il**s** sont ici empilés en un système plus compliqué et plus diversifié que dans les autres régions. L'aquifère le plus profond est contenu là encore dans les calcaires du sénonien supérieur et de l'Éocène inférieur et moyen, d'abord marins puis évaporitiques. Tous ces aquifères s'écoulent du Sud vers le Nord et les niveaux hydrostatiques passent de 80m environ à El Goug à une quarantaine de mètres en bordure des chotts.

Les eaux du continental terminal sont généralement salées l'accroissement du nombre des forages a été à l'origine de baisses spectaculaires du niveau hydrostatique.

La surexploitation des nappes en aval du bassin entre Djamaà et M'raier provoque la basse des niveaux en amont au Sud de Touggourt **(Dubost, 2002)**.

En revanche le CT dans la région de Ouargla est composé de deux nappes la première est la nappe du Mio-pliocène appelée également nappe de sable. L'écoule de CT se fait du sud-Ouest vers le nord-est, en direction du chott Melghir. La salinité de cette dernière varie de 1,8 à

4,6 g/l. elle fournit les deux tiers de ressources hydrauliques disponibles de la région de Ouargla **(Hamdi-Aissa, 2001)**. La seconde qui date du sénonien est peu exploitée à cause de son faible débit. Sa profondeur varie de 140 à 200m **(Rouvillois Brigol, 1975 in Adamou, 2006)**.

6.3. Les nappes phréatiques

Par convention on désigne sous le nom de nappe phréatique les aquifères superficielles dont la profondeur n'excède pas 50 m et dont les eaux sont généralement exploitées par des puits. Cette nappe est partout présente au Sahara dans les dépressions ou les vallées; elles sont alimentées par les pluies, les crues, les écoulements diffus, les eaux de drainage et aussi très souvent par les remontées naturelles en provenance des aquifères plus profonds ou encore par les fuites dans les ouvrages exploitant ces dernières **(Dubost, 2002).**

Dans Oued Righ, s'écoule du Sud vers le Nord suivant la pente de la vallée dont la profondeur varie de 1 à 8 m en fonction du lieu et de la saison. L'analyse des eaux de cette nappe montre qu'elle est très salée, avec une conductivité électrique de l'ordre de 5ds/m parfois la 20 ds/m. **(ANRH, 1999 in Adamou, 2006)**.

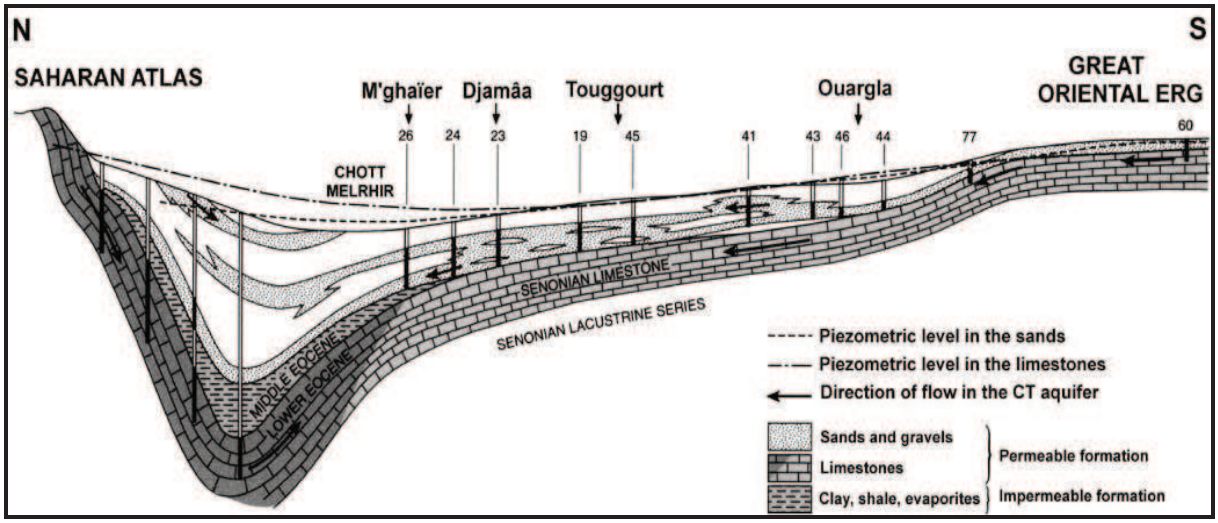


Figure. 03. Coupe géologique dans le complexe terminal en Sahara septentrional Algériens ***(Guendouz et al, 2003)***.

7. L'étude climatique

Le facteur déterminant est la pluviométrie. Les régions sahariennes connaissent des déficits pluviométriques importants. La pluviométrie est partout faible et accuse une très forte variabilité

annuelle, saisonnière et régionale. Les températures sont élevées. Le climat est aride à hyperaride avec des amplitudes thermiques importantes (**MATE, 2000**).

Chott Merouane est caractérisé par un climat de type saharien et se caractérise par des précipitations très faibles et aléatoires, de forte amplitude thermique et de faibles humidités relatives de l'air **(Khadraoui, 2005)**.

La région de Ouargla se caractérise comme l'ensemble du bas Sahara par un climat de type désertique, dont les amplitudes thermiques entre les minima et maxima sont importantes et par une pluviométrie très faible. Il est à souligner que ce type de climat se distingue par une forte insolation et une luminosité, dont la moyenne annuelle peut atteindre les 3000 heures **(Khadraoui, 2005)**.

La présente caractérisation est faite à partir d'une synthèse climatique de 20 ans (de 1982 à 2002), des données de l'Office National de Météorologie (O.N.M) de Ouargla et de la station de l'ITDAS de l'Arfiane (Djamàa), Annexe.01.

7.1. La température

Le fonctionnement biologique d'un milieu aquatique est étroitement lié à la climatologie et plus particulièrement à la température de l'air et de l'énergie solaire dont les variations saisonnières conditionnement les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des eaux.

Les radiations calorifiques sont absorbées par les couches les plus superficielles, l'eau ainsi réchauffée reste en surface puisque la densité de l'eau varie avec la température. Les vents induisent des courants, des vagues et des phénomènes de turbulence varient qui assurent un mélange plus ou moins prononcé des couches superficielles sur une certaine épaisseur **(Grosclaude, 1999)**.

L'évolution thermique mensuelle, Figure. 04, est assez uniforme dans les deux Chotts; les étés de chott Merouane sont donc moins torrides que ceux de chott Ain El Beida. Juin, Juillet et Août sont les mois les plus chauds dans les deux Chotts. Juillet est, dans les deux cas, le mois le plus chaud avec une moyenne des maxima de 38.8 °c (Chott Merouane) et 34.85°c (Chott Ain Elbeida). En hiver, il froid presque partout. Les températures les plus basses enregistrées atteignaient 9.9C° dans le Chott Merouane et 11.9c° au Chott Ain El Beida pendant le mois de Janvier, il existe donc de grands écarts de température entre l'hiver et l'été.

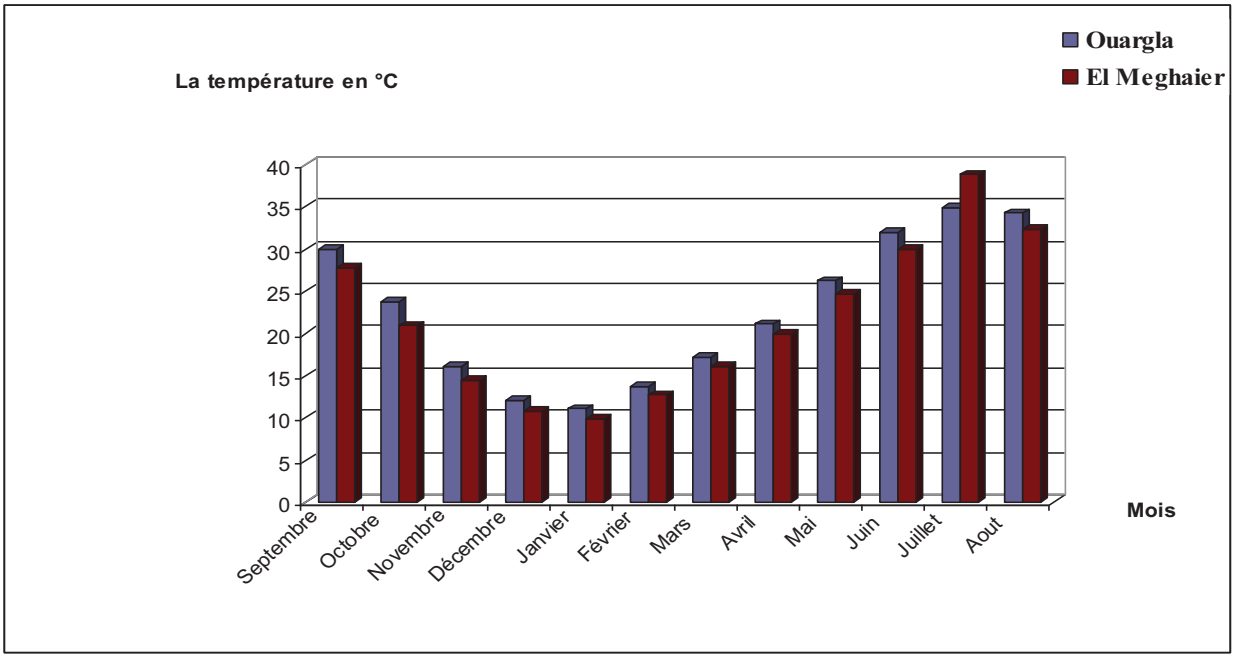


Figure. 04. La température moyenne mensuelle.

7.2. Les précipitations

D'après la figure.05, la faiblesse et l'irrégularité de la pluviosité est le caractère fondamental du climat dans les deux chotts. Ressorte aussi, que presque la totalité des pluies tombent de façon irrégulière au cours de l'automne dans Chott Ain El Beida et de l'hiver et le printemps dans Chott Merouane. On note ainsi des précipitations annuelles très faibles dans Chott Ain El Beida que de Merouane qui sont respectivement 38.85mm/an et 66.7mm/an.

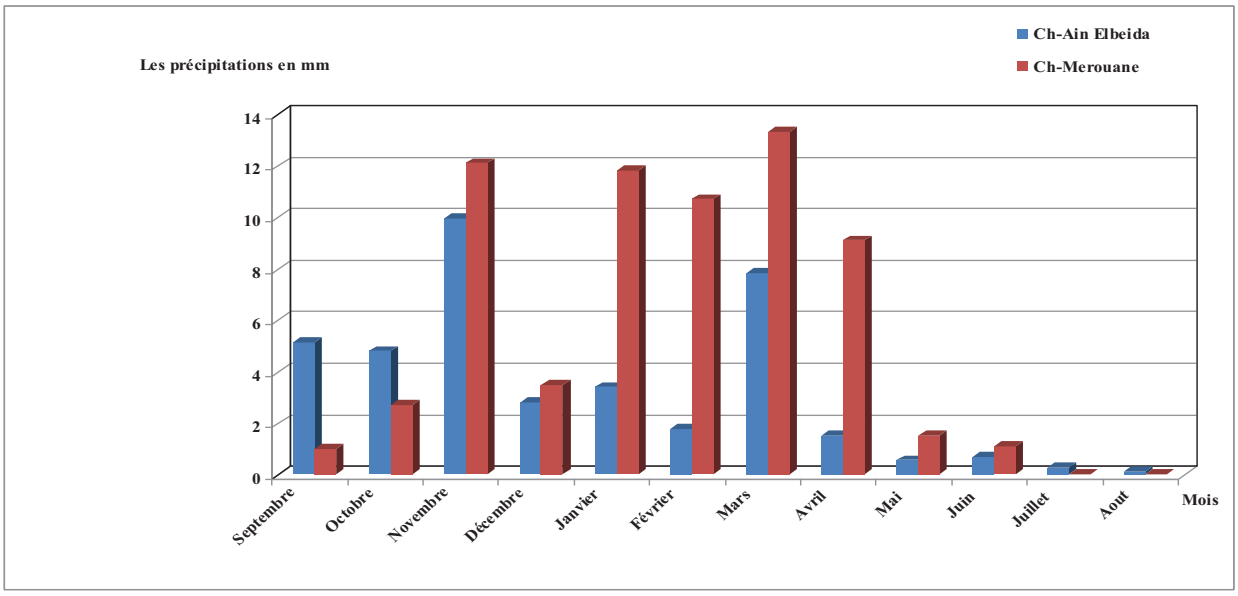


Figure.05. Les précipitations moyennes annuelles.

7.3. L'humidité relative de l'air

Le degré hygrométrique de l'air - ou humidité relative – est très faible dans les deux types de climat, figure. 06, oscille entre, 25.32 % (Juillet) et 64.25% (Décembre) dans chott Ain El Beida et entre 32% (Juillet) et 62.8% (Janvier) dans chott Merouane. Le dernier système est plus favorisé avec une humidité moyenne annuelle de 48.21% opposé de 43.7% dans le premier.

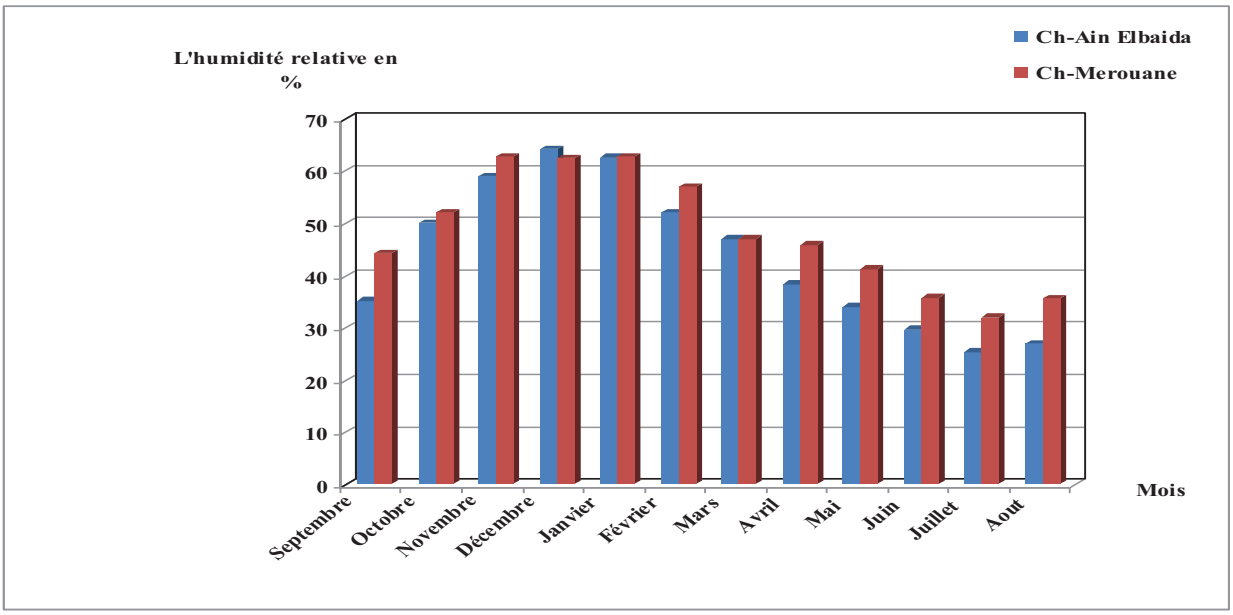


Figure.06. L'Humidité relative.

7.4. Les vents

Les vents sont fréquents dans les deux chotts avec des vitesses importantes, la vitesse maximale est de 5.1m/s durant le mois de Juin au chott Ain El Beida et de 4.30m/s durant le mois de Mai au chott Merouane. Ces vents soufflent sous forme des vents de sable et de siroco sont généralement secs et chauds qui augmentent l'évaporation et la sécheresse, Figure. 07.

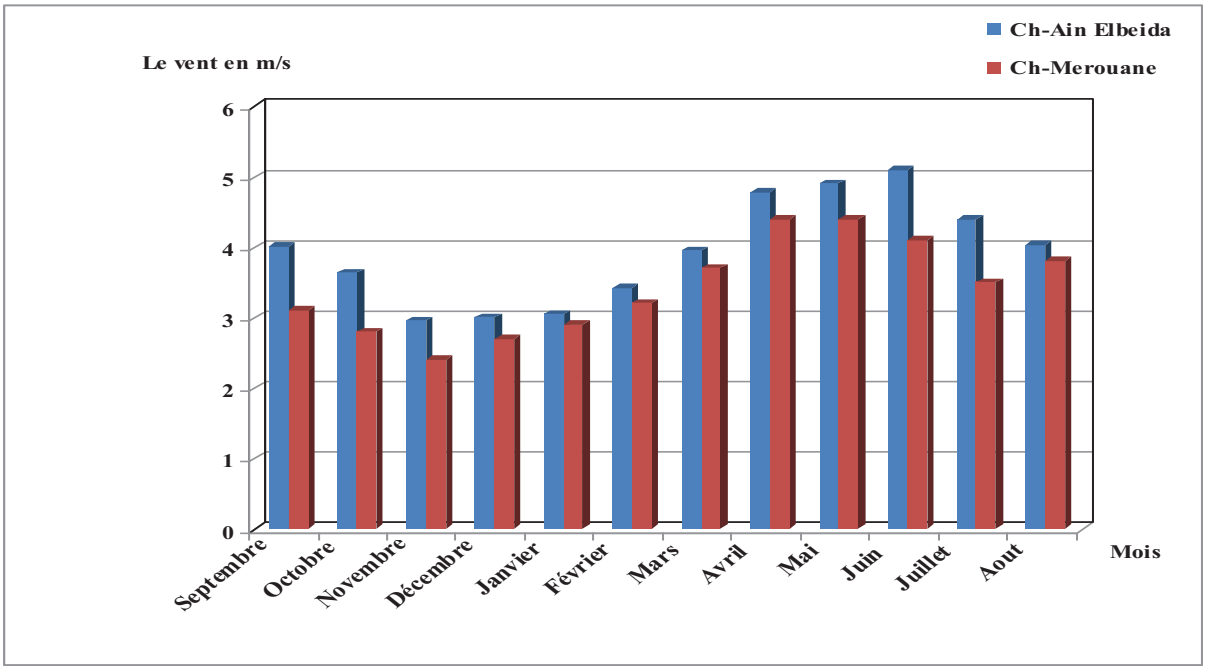


Figure.07. La vitesse moyenne annuelle des vents (m/s).

7.5 L'insolation

Le Sahara détient le record mondial de l'ensoleillement avec 3000 à 3500 heures par an contre 1600 à Paris. En saison sèche, le ciel est clair et lumineux tant que le vent ne le trouble pas, ce qui est rare. Au cours de la saison des pluies, il prend un aspect plombé et les nuages peuvent former une nappe continue d'autant plus impressionnante que les horizons sont vastes.

La figure. 08, montre que la zone d'étude reçoit en général une intensité lumineuse très importante surtout pendant les périodes les plus chaudes -Juin, Juillet et Aout- car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année, le nombre moyen annuelle d'heures d'insolation dans chott Ain El Eida est pas loin que chott Merouane avec 3191.68h opposée 3083h ce qui correspond ultérieurement a 8.74 et 8.44 heure par jour, le phénomène est régulier passant d'un minimum en Février (217.22heure) à un maximum en juillet (342.66heure) pour le premier et d'un minimum en Décembre (217.5 heure)à un maximum en Juillet (356 heure) dans le dernier. Cette valeur est directement proportionnelle à la longueur de jour et l'évaporation.

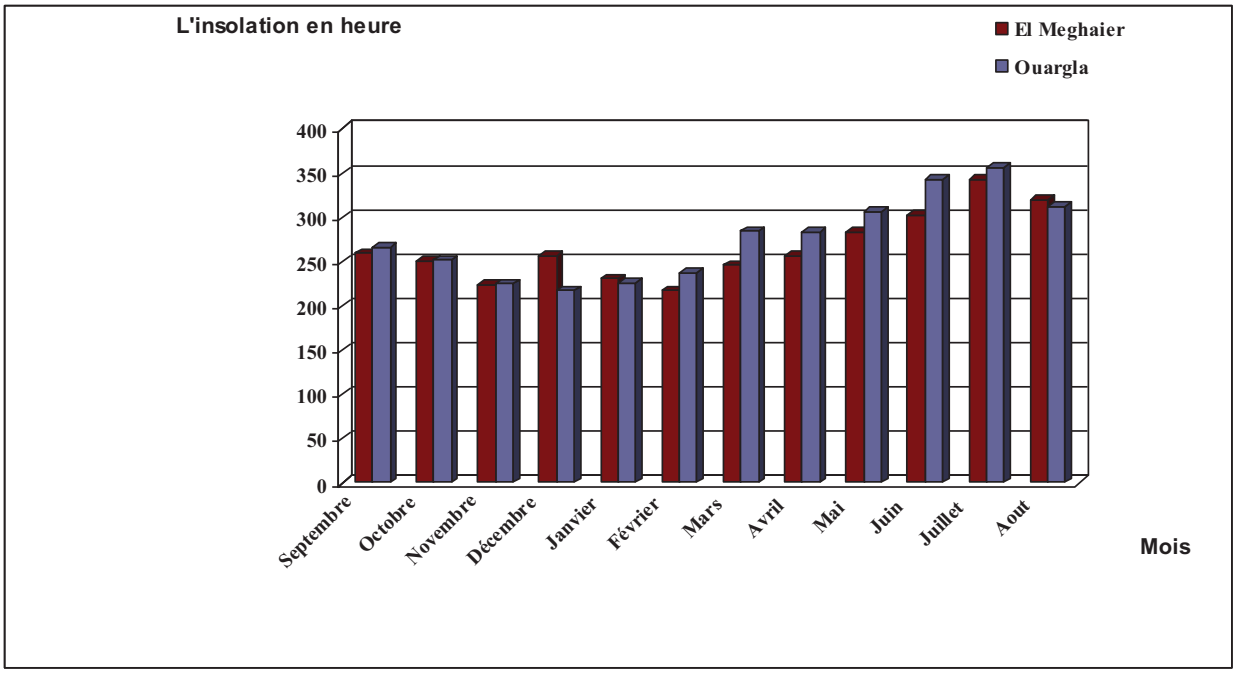


Figure.08. La durée moyenne mensuelle d'insolation en heures.

7.6 L'évaporation

En zones arides, l'évaporation et l'évapotranspiration sont les mécanismes majeurs de pertes d'eau. Dans les bassins arides fermés, ils sont les seuls modes de perte en eau. Dans le Sahara, l'évaporation atteint des valeurs considérables. Dans le cas théorique d'une nappe d'eau découverte, alimentée en permanence, la hauteur moyenne d'eau évaporée annuellement serait de 3 à 5 m, selon les localités **(Côte, 1998)**, la vitesse d'évaporation est fonction de la température de l'air, de l'insolation, de la vitesse et de la turbulence du vent (Emsalem R., 1970; Remenieras G., 1986; Mamou A., 1990; Godard A. et Tabeaud M., 1993). Les lacs d'eau (sebkhas et chotts) situés dans des zones arides présentent une forte évaporation puisque l'ensemble des facteurs se trouvent réunis; une température de l'air souvent élevée pendant les saisons sèches, une forte insolation presque continue durant toute l'année et une présence considérable de vents secs (grande vitesse) surtout durant l'automne et le printemps **(Remini, 2005)**. L'évaporation annuelle relevée près de chott Ain Elaida et de Merouane durant la période 1982-2002 est représentée sur la figure.09. L'examen de cette figure fait apparaitre que la moyenne la plus élevée de l'évaporation mensuelle rencontre au mois d'Aout avec 406.8mm pour le premier et au juillet avec 431.96mm pour le dernier et la plus faible au mois de Décembre avec 83.45 mm et 115.07mm. Dans la région de chott Merouane les données sont élevée qui atteindre 2712.64mm/an à l'opposé de 2091.81mm/an dans chott Ain El Beida, qui est plus élevée que la

précipitation moyenne annuelle, dans ce cas la différence traduit par l'effet de la nappe phréatique qui devient plus proche à la surface.

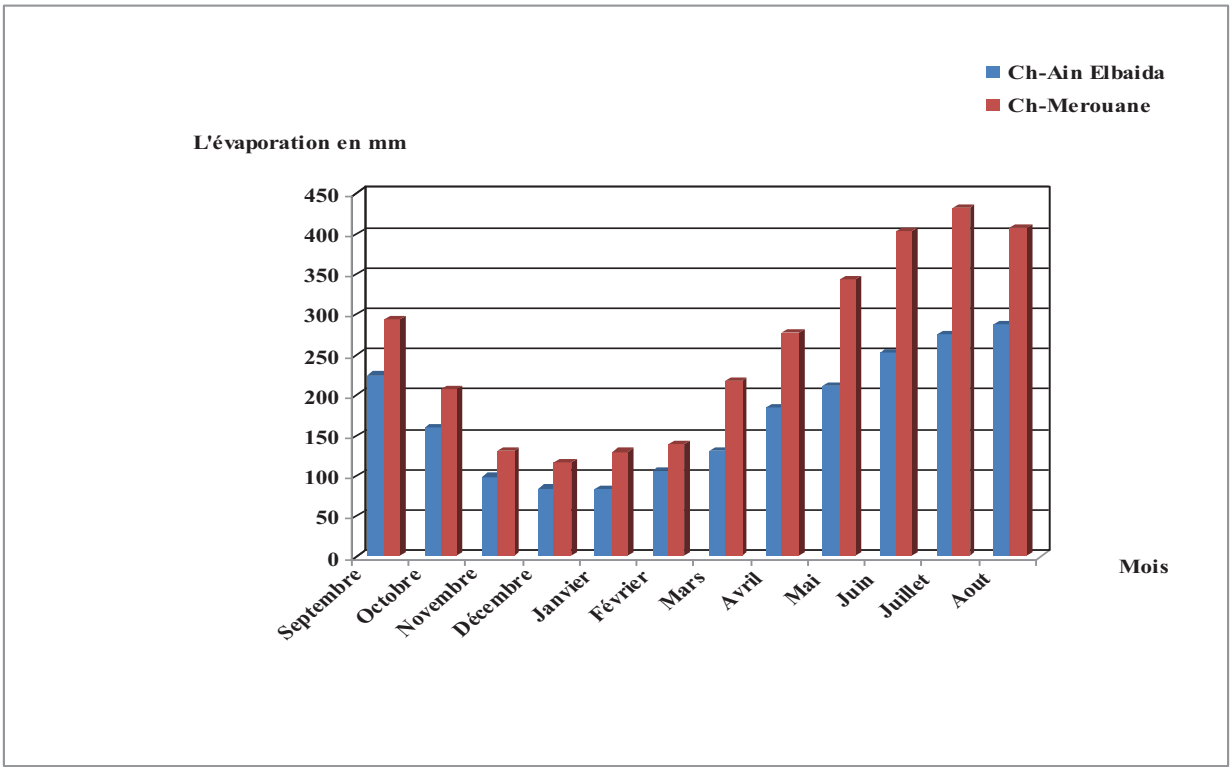


Figure.09. L'évaporation moyenne mensuelle.

7.7 Synthèses climatique

Du fait que les éléments climatiques n'agissant jamais indépendamment les uns des autres, les nombreux utilisateurs, notamment les écologues et les climatologues, ont cherché à présenter le climat par des formules intégrant ses principales variables. Les formules les plus utilisées combinent les précipitations et la température.

7.7.1 Diagramme Ombrothermique de Gaussen 1952

Pour Gaussen un mois « sec » si le quotient des précipitations mensuelles « P » exprimé en (mm), par la température moyenne « T » exprimé en (°C) est inférieur à deux (02). La représentation sur une même graphique de la température et des précipitations moyennes mensuelle, avec en abscisse les mois, permet d'obtenir les diagrammes Ombrothermique qui mettant immédiatement en évidence les saisons sèches et les saisons pluvieuse **(Gérard, 1999)**.

L'analyse de ces diagrammes, figure. 10, 11, montre que la saison sèche dans les deux régions d'étude s'étale sur la totalité de l'année avec une augmentation très remarquable de température pendant les mois de Juin, juillet et Août.

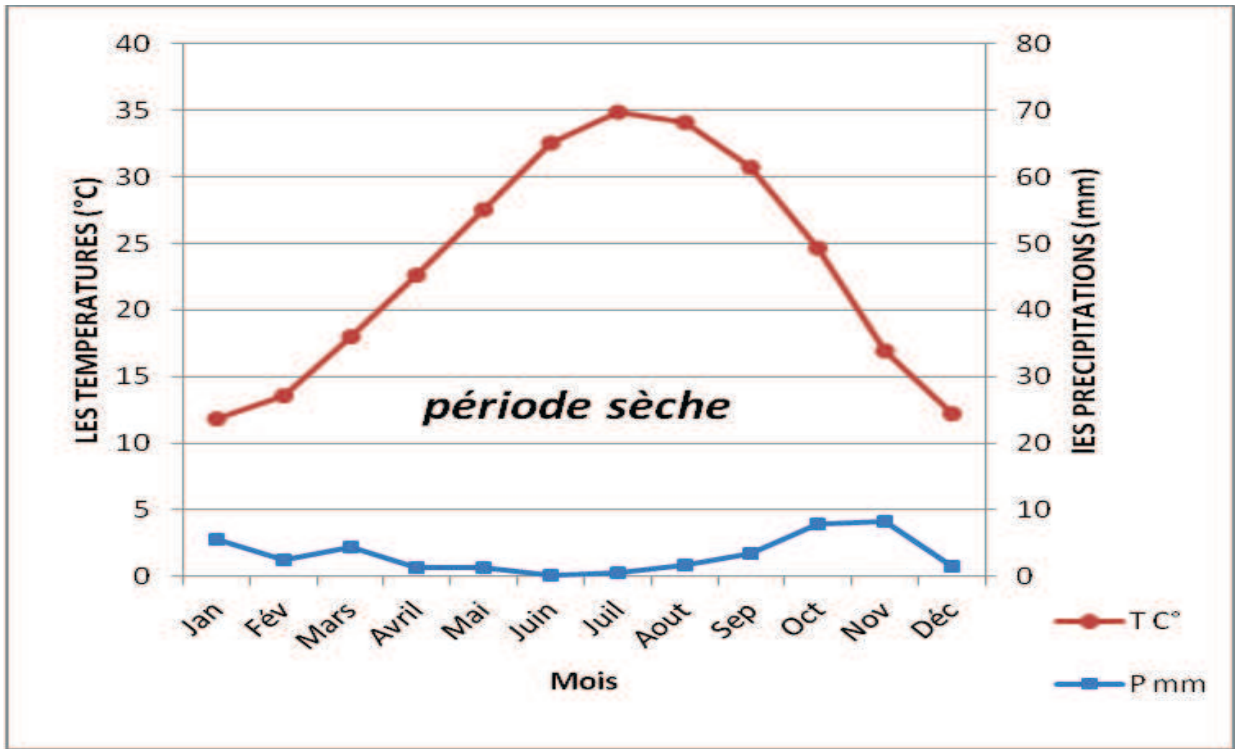


Figure. 10. Diagramme Ombrothermique d'Ouargla.

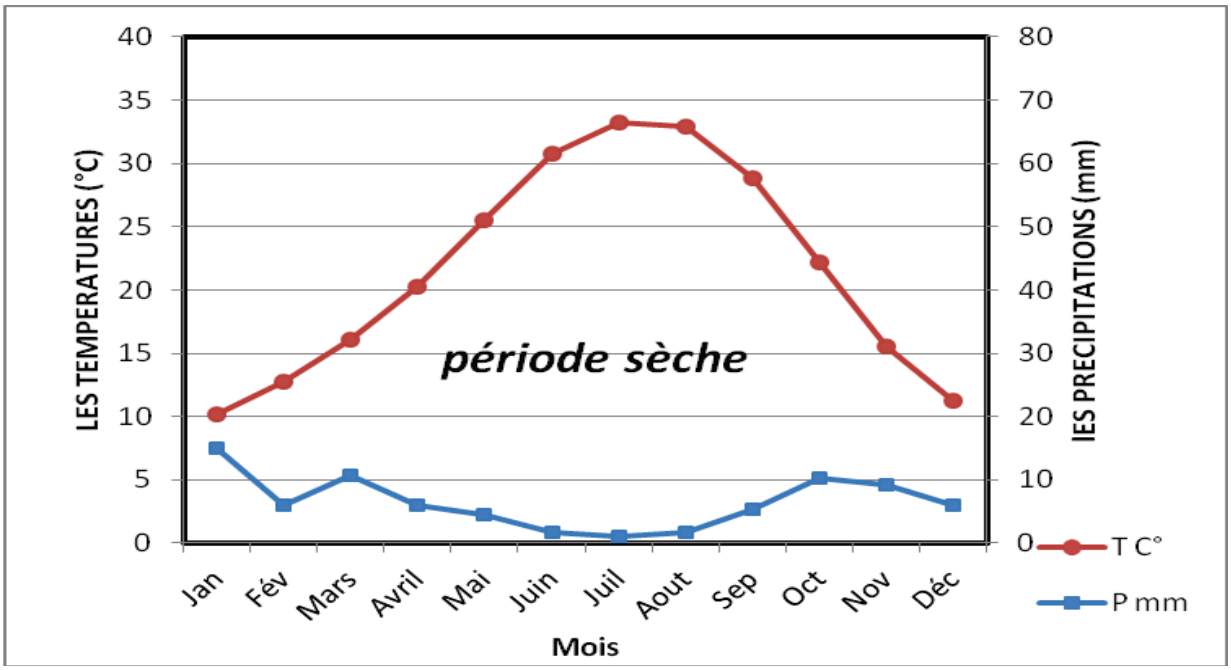


Figure. 11. Diagramme Ombrothermique d'El Meghaier.

7.7.2 Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger (Qc) élaboré en 1990 est spécifique au climat méditerranéen, il tient compte des précipitations et des températures, et nous révélé l'étage bioclimatique, la formule établit par Stewart (1989) est comme suit :

$$Q_c = 3.43 \frac{P}{M - m}$$

Avec :

Q_c : Le quotient pluviothermique d'Emberger.

P : la pluviométrie annuelle en mm

M : la température maximale moyenne du mois le plus chaud en °C.

m: la température minimale moyenne du mois le plus froid en °C.

Après l'emplacement de Q_c = sur le Climagramme pluviothermique d'Emberger, Figure. 12, Ouargla et Oued Righ est situé dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux ; mais aussi, la faible altitude tend encore à accentuer les conditions de xéricité des chotts.

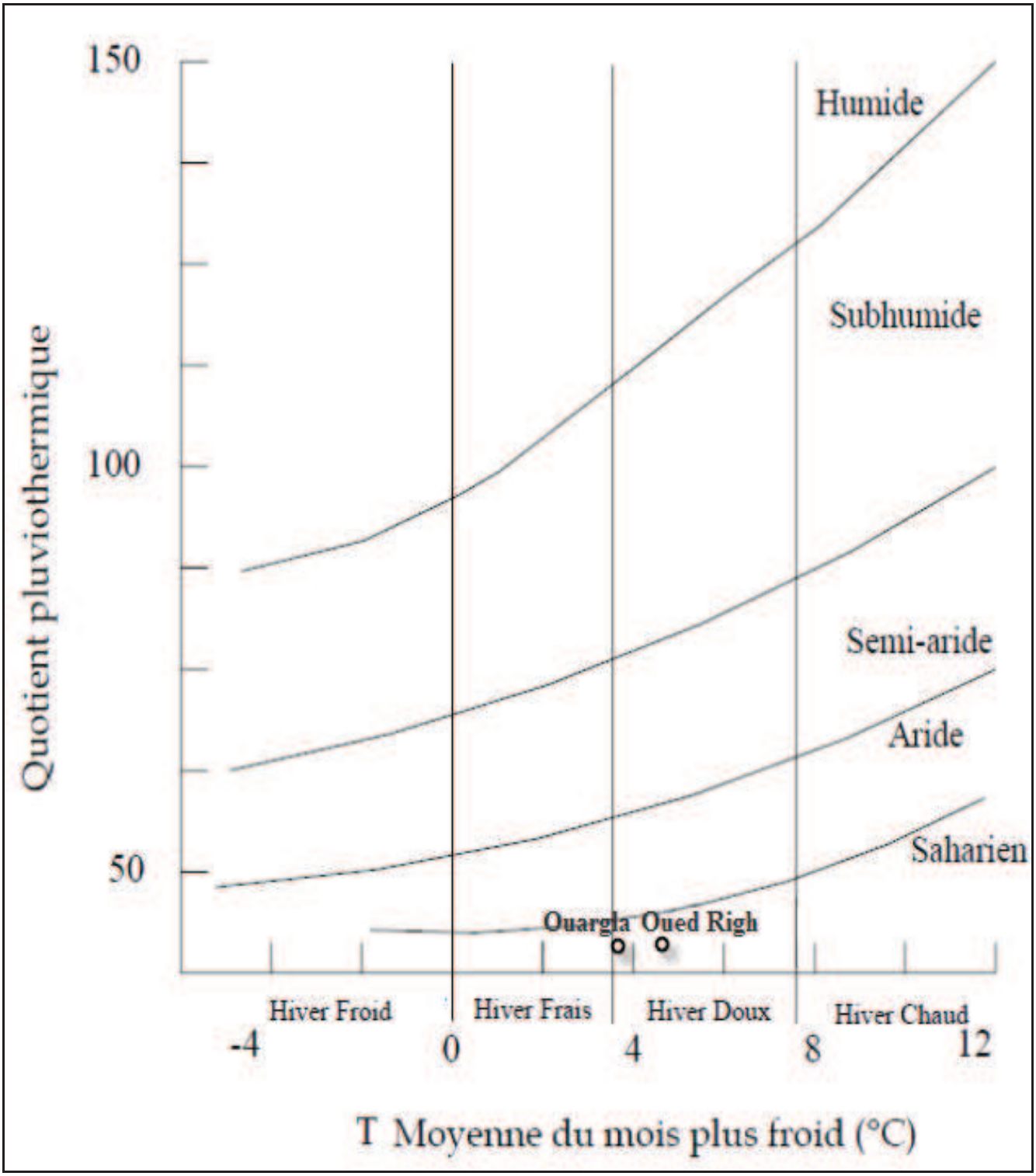


Figure. 12. Climagramme d'Emberger de la zone d'étude.

7.7.3 Indice d'aridité DEMARTONE 1925

La formule est donnée comme suit :

$$I_a = \frac{P}{T+10}$$

Avec :

P : la pluviométrie annuelle moyenne en (mm)

T : la température moyenne annuelle en (°C)

10 : chiffre ajouté afin de ne pas avoir un indice négatif le classement des régions se fait selon les limites suivant :

Climat	I_a
Aride	$I_a<10$
Semi aride	$10< I_a<20$
Sub humide	$25< I_a35$
Humide	$I_a<35$

Cet indice est d'autant plus grand que le climat et plus humide.

Après une application numérique ; l'indice d'aridité est égale 1.22 dans le Chott Ain Elbeida et 2.33dans le Chott Merouane ; donc ont un climat aride.

Après l'étude de milieu physique, chott Merouane et Ain El Beida forment deux systèmes aquatiques soumises aux conditions écologiques simultanées:

Du point de vu géographique, ils s'agissent deux point dépressionnaires dans le Sahara septentrional, l'une au Nord (le chott Merouane) et l'autre au Sud (le chott Ain El Beida), avec deux nivaux différents, le premier en bas et le seconde en haute.

La formation géologique est quaternaire dans les deux cas, elle est traduite par des roches sédimentaires sous forme de couches gypseuses, argileuses et évaporitiques en surface.

L'alimentation de ces systèmes se fait par deux sources principales; les eaux de drainage et la remonté de la nappe phréatique, ces eaux sont d'origine de complexe terminal et l'intercalaire (albien).

La structure hydrogéologique est uniforme dans les deux systèmes, où le chott Merouane forme l'exutoire des eaux souterraines.

Gémorphologiquement, ces chotts sont des dépressions fermées salées et recouvertes des sols halomorphes.

Le bioclimat est saharien dans les deux chotts, caractérisé par une température importante, un apport des pluies et humidité faibles et des vents fréquentes, ces conditions influés directement l'évaporation des eaux.

Chacune de ces conditions précédentes forme un facteur influent directement ou indirectement sur le fonctionnement de ces écosystèmes.

Chapitre-02

Aperçu sur les écosystèmes aquatiques sahariens

Dans le Sahara Algérien, l'eau de surface y est rare et insignifiante, elle est pérenne et se limite seulement dans les zones de Sebkhas, Chotts, Gueltas situées généralement dans les bas fonds des bassins endoréiques auprès des Oasis **(ANRH, 2005)**. Plusieurs surfaces dans le Sahara algérien sont classées comme des zones humides, et sont protectrice de la biodiversité, ces zones humides ont une importance majeurs soit sur le plan minier (extraction des différents types des sels) comme chott Merouane, sur le plan économiques, biologique au même environnemental, dans ce chapitre nous allons présenter la définition de quelques termes relatifs à ces zones.

1. Les Chotts et Sebkha

En pays désertique ou subdésertique, les chotts sont des terres salées ou parfois pâturage qui entoure une dépression fermée à lac éphémère (Sebkha), où les Sebkha, sont des dépressions permanentes ou presque temporairement occupées par un lac, en général salés, et où se déposent des évaporites. Les eaux proviennent du ruissellement, mais aussi des nappes souterraines (**Foucault et Raoult, 2003).**

2. Le processus de formation des chotts et sebkhas:

Au bas Sahara**,** les eaux des nappes phréatiques sont toujours très salées avec plus de 4 à 5g/l de résidu sec et bien souvent trois fois plus. Elles sont inutilisables pour l'irrigation. L'hydromorphie entrainant l'évaporation, la salinité ne fait qu'augmenter et on entre dans un processus de désertification par le sel, dû, non au manque d'eau mais à son excès .L'étape finale du processus est une sebkha dont les sédiments sont complètement stériles, noyés par quelques dizaines de centimètres d'eau en hiver et recouverts en été d'une couche blanche de sels cristallisés. Pendant la saison sèche ces zones sont soumises à l'érosion éolienne qui accentue la topographie en cuvette **(Côte, 2002)**.

3. Les lacs salés

C'est uniquement sous climat sec et chaud que se forment les lacs salés. Ils portent des noms divers : mers (morte, caspienne, Aral), Sebkhas, Chotts, Soltpans, Levirs. L'eau amenée par les cours d'eau ou les sources s'évaporent à la surface du lac. Il se fait une auto régulation, la surface du lac se réduit jusqu'à ce que le rapport évaporation/alimentation soit égal à 1**(Badoux, 1989)**.

Les eaux qui arrivent au lac sont généralement douces sous climat semi désertique, elles titrent en moyenne 0,5 à 1g de sel par litre ou plus. Ces sels vont graduellement se concentrer et commenceront à précipiter quand l'eau devient sursaturée en sels minéraux. L'ordre de précipitation étant règle par la solubilité des divers constituants, les dépôts successifs qui vont se faire rappelleront les évaporites marines. Ce seront les carbonates, puis les sulfates qui se déposeront les premiers, puis le chlorure de sodium **(Badoux, 1989)**.

Ces dépôts alterneront ou passeront latéralement à du détritique-limons, sables et graviers, amenés par les crues des rivières ou les débâcles des Oueds **(Badoux, 1989)**.

4. La répartition mondiale des lacs salés

Lorsque l'on parle de sel, on pense d'abord à la mer, portant de vastes dépôts salés se sont formées bien loin des milieux marins. Ainsi, dans une zone froide et désertique de l'Altiplano en Bolivie se cache le saler d'Uyuni, la plus grande croûte de sel du monde. Il renferme d'énormes richesses minières dont le plus grand gisement potentiel de lithium existant sur terre. Pour les scientifiques, c'est un lieu idéal pour tenter de comprendre la genèse de ces étranges écosystèmes des zones arides, connus et exploités depuis l'antiquité (**Risacher et Fritz, 1995)**.

On trouve des lacs salés et des croûtes de sel dans toutes les zones arides du globe où l'évaporation potentielle (la hauteur d'eau annuelle que peut évaporer l'atmosphère) est supérieure à la pluviosité. Cette condition climatique fondamentale règne dans quatre ceintures approximativement parallèles à l'équateur : le long des tropiques du Cancer et du Capricorne ainsi que dans les zones polaires, arctique et antarctique. Ainsi, contrairement à une idée assez répandue, la formation des évaporites n'est pas liée aux climats chauds (**Matsubaya et al, 1979 in Risacher et Fritz, 1995)**.

5. Origine et types des lacs

Selon l'échelle de temps (averse, saison, année, etc.) et l'échelle spatiale (type de dépression), on peut donc distinguer.

Les petites dépressions de surface qui se remplissent dés que l'intensité des précipitations est supérieure à la capacité d'absorption du sol. Lors d'averse suffisamment importantes, ces dépressions sont comblées et sur plus prend part au ruissellement de surface. Le volume total

d'eau pouvant être retenu dans ces dépressions de surface est appelé capacité de rétention de surface. Après l'averse, l'eau emmagasinée dans ces dépressions s'infiltre dans le sol ou est utilisée par les végétaux ou encore s'évapore directement. Ces dépressions ne sont que de petites réserves temporaires, qui peuvent cependant agir comme tampons durant une averse sur un bassin versant.

Les lacs, les étangs ou les plaines inondées sont des réservoirs d'eau de surface, naturels ou artificiels, de volume et superficie pouvant être très importantes. Ils interviennent directement dans le bilan hydraulique par les échanges d'eau avec le sol (relation eau de surface- nappe), en favorisant l'évaporation à leur surface ou encore, en retardant l'écoulement en rivière par laminage **(Musy et Higy, 2004)**.

Une classification des lacs peut se faire sur le type d'événement géologique qui a présidé à leur formation :

A. à des effondrements de la croûte terrestre, exemple : la mer morte et les grandes lacs africains.
B. à des éboulements ou glissements de terrain qui viennent barrer une vallée (éboulement et lac de Derborence).
C. lac de cratères ou de bassin fermés (lac de Joix).
D. à des surcreusements ou des vallées par les glaciers, exemple le Léman et les lacs à la bordure des alpes.

Quelle que soit leur origine, on peut répartir les lacs en deux catégories : les lacs salés et les lacs doux **(Badoux, 1989)**.

6. Les caractéristiques écologiques des lacs salés

Selon **Grosclaude et al, (1999)**, les eaux stagnantes (ou lentiques) existent un continuum entre les cours d'eau typiques, à courant plus ou moins rapide selon la pente des terrains, et les eaux dites stagnantes résultant de l'accumulation de l'eau dans une dépression naturelle ou artificielle constituent un stade intermédiaire entre les rivières à débit continu et les plans d'eau à renouvellement lent des eaux.

A la différence des eaux courantes, les eaux stagnantes sont des zones où la sédimentation intense va progressivement oblitérer la cuvette. Tout plan d'eau n'est qu'une structure passagère à l'échelle géologique, mais son évolution naturelle peut être très fortement accélérée par les rejets des activités agricoles, industrielles, et urbaines.

6.1. Le milieu physique (le biotope)

C'est l'environnement inorganique composé de l'eau en tant que support physique des éléments minéraux en suspension ou en solution (nitrates, phosphates, etc.), des gaz dessous (oxygène, azote, dioxyde de carbone) **(Grosclaude et al, 1999)**.

Les propriétés physiques de l'eau sont les suivants **(Frontier et al ; 2008)**:

a. Substances dissoutes ; De nombreuses substances sont dissoutes par l'eau, certaines y subissant une dissociation électrolytique.

Selon **Risacher et Fritz (1995),** Toutes les eaux naturelles contiennent des substances dissoutes, en général sous forme de cations et d'anions. Le cation majeur des saumures continentales est presque toujours le sodium (Na+). I1 existe très peu de saumures à magnésium (Mg++) ou calcium (Ca++) dominant et l'on ne connaît pas de saumures naturelles où le potassium (K+) soit le cation principal. Les anions majeurs sont le chlorure (Cl-), le sulfate ($S0_4^{-2}$) ou le carbonate ($C0_3^{-2}$) (**Risacher et Fritz, 1995)**.

b. La salinité; La salinité totale d'une eau est la somme des concentrations de tous ses constituants dissous. La très grande majorité doit l'essentiel de leur charge saline à deux charges. Tableau. 01. II existe ainsi des saumures à Na-CI- Ca (90% des Ca++).à Na-CO3-CI, à Na-SO4-CI, à Na-Mg-CI, a Na-Ca-CI. Le terme « sel » désigne ici un minéral très soluble.

Tableau.01. Sels et saumures.

Cl	**halite** $NaCl$ 354-357 g/kg	**sylvite** KCl 285-358 g/kg	**bischofite** $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 1120-1170 g/kg	**antarcticite** $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ 1370-1660 g/kg
SO_4	**mirabilite** $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ 91-622 g/kg		**epsomite** $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 369-695 g/kg	**gypse** $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 2,24-2,63 g/kg
CO_3	**natron** $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ 183-835 g/kg		**magnésite** $MgCO_3$ 0,15-0,07 g/kg	**calcite** $CaCO_3$ 0,08-0,05 g/kg
	Na	K	Mg	Ca

La salinisation est un mécanisme d'accumulation de matière dissoute dans un volume constant de solution. En climat non aride, comme en France, les systèmes lacustres sont ouverts. Les lacs se déversent à l'aval dans les rivières et ne **se** salinisent pas (**Risacher et Fritz, 1995)**.

c. Sels nutritifs; (également appelés nutrilites ou nutriments). Il s'agit, là encore, d'électrolytes. Ils sont présents à des concentrations très faibles, et servent d'aliment minéral aux végétaux aquatiques-qui ne peuvent assimiler les" éléments biogènes" N, P, S, Si, etc, que sous une forme ionisée. Les sels nutritifs principaux sont les anions nitrates (NO_3^-), nitrite (NO_2^-), phosphates ($PO4H_2^-$, $PO4H^{--}$, $PO4^{---}$), et le cation ammonium ($NH4^+$). Les anions carbonate et bicarbonate, indispensables à l'alimentation carbonée des végétaux, sont abondants dans le milieu liquide, mais posent d'autres problèmes. Tous sont bien sûr, non conservatifs puisque transitant en permanence dans les organismes vivants, et leurs concentrations instantanées sont le reflet des phénomènes biologiques ayant lieu dans la masse d'eau.

d. Matières organiques dissoutes; la plus grande partie de ces matières organiques est probablement "fossilisées", accumulée depuis très longtemps sous une forme dissoute non recyclable. Il en est ainsi, par exemple, des acides humiques et des acides fulviques provenant de la décomposition incomplète de la nécromasse des sols, substances très lentes à se dégrader ou même ne se dégradant jamais, une partie garde cependant une valeur alimentaire non seulement pour des bactéries hétérotrophes, mais aussi pour des animaux de très petite taille (comme beaucoup de larves planctoniques d'invertébrés), capables de les absorber à travers leur tégument (on parle d'"osmotrophie").

e. Gaz dissous; Les gaz dissous les plus importants dans les cycles écologiques sont l'oxygène moléculaire (O_2), généralement présent dans les eaux à raison de 4 à 8 ml/l, et le dioxyde de

carbone (Co_2), dont le taux est très variable, l'azote moléculaire (N_2) est prés de deux fois plus soluble que l'oxygène, mais intervient peu car il n'est assimilable exceptionnellement. Les contenus de l'eau en O_2 et en Co_2 sont régulés par des systèmes complexes faisant intervenir plusieurs phénomènes physiques (équilibre avec l'atmosphère, équilibre entre gaz dissous, carbonates et bicarbonates) et biologiques (photosynthèse, respirations, dégradation bactérienne de la matière organique).

- **Rodier et Coll (2005)**; ajoutent les principaux propriétés physico –chimiques des eaux suivants:

f. La couleur; la coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration .Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identique dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

g. La turbidité; est due à la présence des matières en suspension finement divisées: argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité.

h. L'odeur; peut être définie comme: l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ou bien la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances.une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition.

i. La densité; La masse spécifique d'un corps est la masse de l'unité de volume de ce corps. Par définition, celle de l'eau pure à 4^oC est de 1g/l.

j. La température; d'une façon générale la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde.

k. La conductivité électrique; qui varie en fonction de la température, est étroitement liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. Or, si les sels minéraux sont, dans l'ensemble, de bons conducteurs il ne faut pas perdre de vue que les matières organiques et colloïdales n'ont que peu de conductivité. En conséquence, dans les cas des eaux résiduaires, cette mesure ne donnera pas forcément une idée immédiate de la charge du milieu.

Aucun milieu aquatique d'eau stagnante ou courante, et quelle que soit sa taille (mare, étang, lac, retenue artificiel, mer océan, ruisseau, rivière, fleuve, etc.), ne peut être considéré comme une entité totalement indépendantes des autres écosystèmes. Il est directement soumis à de nombreux facteurs externes qui conditionnent ses caractéristiques physico-chimiques et biologiques et par voie de conséquence, sa productivité. Ces facteurs externes sont :

- **Climatiques**; en étroite relation avec l'altitude et la latitude: énergie solaire incidente (calorifique et lumineuse), température de l'air, hydrométrie locales ; et suivant **Never et al, (1997),** Les pertes d'eau par évaporation dépendent de la localisation géographique du plan d'eau et des conditions climatique locales ;
- **Edaphique**; en relation avec la nature, la structure et la texture de la substance géologique et du sol, qui agissent sur la composition et la circulation des eaux **(Never et al, 1997)**. Les grandes dépressions endoréiques (chott, sebkha , takyr , playa ou salar)ou les bordures maritimes (marais côtiers, vasières)forment des sites naturels de formation des sols salés .Ces derniers sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (évaporites),hydrogéologique (eaux souterraines)ou hydrologique (eau marine).Les processus de formation des sols salés sont associés à la redistribution des sels dans les pédopaysages par divers agents, l'eau mobilisant les sels à l'état dissous, le vent à l'état dissous ou cristallisé .L'accumulation des cristaux de sel est favorisée sous les climats où les processus évaporatoires dominent **(Girard et al ,2005)**.

D'autre part, les relations permanentes de tout plan d'eau avec son environnement se traduisent par des échanges plus ou moins importantes avec :

- **Le bassin versant** ; par sa taille par rapport à celle du plan d'eau et les caractéristiques d'utilisation du bassin versant (forêts, agriculture, élevage, industries, urbanisation plus ou moins intensive) jouent également un rôle important sur la quantité et la qualité des apports au plan d'eau. Le bassin versant possède en générale une structure relativement hétérogène caractérisée par la nature de son substratum géologique (calcaire, granitique), le mode de circulation des eaux (en surface ou souterraine) et la vitesse d'écoulement (percolation, circulation Karstique), la pente des terrains et l'importance de l'érosion. Par ailleurs, le bassin réel d'alimentation d'un plan d'eau peut être plus étendu que celui visible en surface lorsque des circulations d'eau souterraines sont mises en jeu. Aussi par suite de la dissolution de

la roche en place, du lessivage des terrains et de la percolation au travers des sols, le ruissellement diffus, les effluents et les éventuels apports sous-lacustres transfèrent de l'eau plus ou moins chargée en éléments dissous et en suspensions, organiques et inorganiques.

- **L'air** ; des échanges permanentes de gaz (oxygène, en hydrite carbonique, azote) ont lieu à travers l'interface air-eau. Les précipitations apportent, en plus de l'eau, des particules en suspension, des sels et des gaz dissous.
- **Les sédiments** ; ils s'enrichissent en permanence du flux de matières en provenance des couches de surface. L'interface eau-sédiment est le siège d'échanges intenses impliquant des processus physiques, chimiques ou biologiques qui concernent entre autre les éléments nutritifs (azote et phosphore**) (Never et al, 1997)**.

D'une manière générale, dans les milieux aquatiques, la composition de la phase liquide représente l'aboutissement des interactions entre l'eau et les phases minérales solides des roches. La dissolution et la précipitation des phases solides y jouent un rôle décisif, particulièrement pour la régulation de la concentration des éléments majeurs comme le calcium, les carbonates, les silicates, etc. Selon les conditions géologiques d'une région donnée, différentes, phase minérales comme le carbonate de calcium, le quartz ou les minéraux argileux sont présents en quantité plus ou moins importante détermine alors les concentrations en éléments dissous possibles dans l'eau**.** D'autre coté, la composition des eaux naturelles est fortement influencée par la croissance, la distribution et la décomposition du phytoplancton. Les éléments nutritifs C, N, P ainsi que Si et S et certains éléments traces, sont incorporés lors de la photosynthèse en proportions atomiques fixées dans la biomasse du phytoplancton. L'assimilation des composées dissous par les organismes conduit finalement à des variations spatiales et temporelles des concentrations d'éléments nutritifs. Les restes de ces organismes sédimentent sous l'influence de la gravité et sont peu à peu décomposés par oxydation **(Sigg et al, 2006)**.

6.2 La vie dans les lacs salés

La structure et la composition de la biocénose des écosystèmes aquatiques; différent selon les biotopes, est une communauté d'organismes variés : bactéries, végétaux microscopique (phytoplanctons) ou de plus grande taille (macrophytes), animaux unicellulaire (protozoaires), invertébrés (rotifères, vers, insectes à l'état larvaire ou adulte, mollusques, micro crustacés du zooplancton et du benthos, etc.) et vertébré (reptiles, batraciens, poissons). Les oiseaux et les mammifères interviennent également dans le fonctionnement de l'écosystème aquatique, en y

prélèvent leur nourriture et en y abandonnant leurs excréments. Les poissons, bien que fortement attractifs pour l'homme ne représentent cependant qu'une faible part de l'abondance et de la biomasse des organismes aquatiques.

Les organismes vivants sont susceptibles de coloniser l'ensemble du milieu aquatique en fonction de leurs exigences (lumière pour la photosynthèse, besoins respiration, ressources alimentaires) **(Grausclaude et al, 1999**).

Du point de vue biologique, les eaux douces et l'eau de mer constituent des milieux biologiques distincts ou biotopes, caractérisés par des associations d'espèces bien définies tant végétales qu'animales.

Par rapport à ces deux milieux fondamentaux, on trouve d'une part les eaux saumâtres (dont la salinité est intermédiaire entre l'eau douce et l'eau de mer), et d'autre part les saumures (dont la salinité est supérieure à celle de l'eau de mer), ces milieux particuliers où on trouve en général peu d'espèces, mais des espèces très originales et parfaitement adaptées, sont parfois appelés « milieux confinés ».

Pour les scientifiques, les lacs salés sont aussi des enregistreurs des fluctuations climatiques, de véritables laboratoires chimiques naturels et même des réserves d'êtres vivants capables de s'adapter à des conditions extrêmes de salinité jusqu'à dix fois celle de l'eau de mer. Or le nombre d'espèces végétales et animales qui y vivent diminue avec la salinité. Dans les saumures très concentrées, il ne survit plus que quelques espèces de bactéries. C'est le cas de la mer Morte. Et pourtant la biologie des lacs salés est depuis longtemps un domaine de recherches très actif. Les organismes capables de s'adapter à des conditions aussi extrêmes possèdent un métabolisme exceptionnel **(Larsen, 1980 in Risacher et Fritz, 1995)**, on a, par exemple, découvert chez les bactéries vivant dans les milieux salés (halobactteries) un mécanisme de photosynthèse qui n'utilise pas la chlorophylle. L'organisme le plus évolué qui peut vivre dans des saumures concentrées est une petite crevette appelée *Artemia.* Elle a déjà fait l'objet de plus de trois mille publications **(Sorgeloos et al, 1980 in Risacher et Fritz, 1995)** et elle irrégulièrement le thème de symposiums internationaux. Les conditions extrêmes qui règnent dans certains lacs salés pourraient être semblables à celles qui existaient dans les anciens lacs découverts par les sondes Viking sur la planète Mars **(Scott et al, 1991 in Risacher et Fritz, 1995)** Seules des bactéries auraient pu survivre dans de tels milieux. De plus, grâce aux organismes fossiles retrouves dans les sédiments de lacs sales actuels, on peut reconstituer les

caractéristiques de lacs plus anciens. Ainsi, les diatomées, algues siliceuses unicellulaires, sont à l'origine d'épais dépôts lacustres (diatomites). Or les diverses espèces de diatomées dépendent de la salinité, du chimisme, du pH et de la température des eaux. On peut ainsi par leur étude estimer les paramètres physico-chimiques des anciens lacs **(Risacher et Fritz, 1995)**.

Selon **Côte (2002)**, les chotts sont des surfaces complètements abiotiques sans contribution possible à la production de biomasse.

D'autre part, **Claudine (2002)** dit « Dans les dépressions salées, seules les rives, ou chott, des sebkhas abritent une végétation spécifique installée autour de la zone salée selon des territoires concentriques où poussent, du centre vers la périphérie des plantes de moins en moins tolérantes au sel. Ces plantes, dites halophytes ont une physiologie spécifique et appartiennent pour la plupart à la famille des Chénopodiacées dont les espèces du genre Beta nous sont familières (betterave, blette épinard). Certaines des Chénopodiacées des chotts sont pâturées et d'autres consommées. On peut citer les arroches, Atriplex, et en particulier Atriplex halimus, un excellent pâturage salé dont les graines et les bourgeons sont consommés ».

7. Fonctionnement de l'écosystème aquatique

7.1 Fonctionnement trophique

Dans les écosystèmes aquatiques, l'organisation du réseau trophique diffère selon les plans d'eau, les caractéristiques physico-chimiques du milieu et l'importance relative des différents compartiments. Il s'effectue principalement à partir de la chaîne directe de production. Lorsque le milieu reçoit peu d'apports en éléments nutritifs d'origine exogène ou endogène la production primaire est en générale peu sustenter qu'un zooplancton peu abondant utilisé à son tour par un nombre réduit de poissons. A l'opposé, dans un milieu enrichi en éléments nutritifs, l'intense production phytoplancton n'est pas entièrement utilisée par le zooplancton ; le stock de matière organique morte favorise le développement des bactéries qui recyclant, après transformation de la matière organique, des éléments nutritifs en tête du réseau trophique, contribuant ainsi à l'intensification de la production algale. Entre ces deux cas extrêmes existent tous les degrés intermédiaires de la mésotrophe.

Le milieu aquatique, grâce à la structure et au fonctionnement du réseau trophique, constitue ainsi un écosystème à la fois auto producteur et auto épurateur dont le fonctionnement repose uniquement sur l'énergie incidente et les apports du bassin versant ;

- Autoépurateur, la matière organique mortes et les déchets du métabolisme étant transformée et réutilisés sous une autre forme dans le plan d'eau lui-même grâce à la structure fonctionnelle du réseau trophique ;
- Autoproducteur, car dans ce milieu actif, la vie se développe sous des formes très variés fournissant aux différents comportement du réseau trophique la nourriture naturelle requise, tout en assurant la production d'oxygène indispensable aux animaux grâce aux végétaux aquatiques (phytoplanctons, macrophytes) et périphyton **(Grosclaude et al, 1999)**.

7.2 Fonctionnement thermiques et hydrodynamiques

Selon **Never (1997)**, le fonctionnement d'un plan d'eau est sous l'étroite dépendance du climat et, plus particulièrement, de la température de l'air et des radiations solaires dont les variations saisonnières conditionnent les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des eaux.

Tout plan d'eau reçoit des radiations calorifiques qui sont réchauffe donc par le haut. Par ailleurs, la densité de l'eau pure varie avec la température passant par une densité maximale à 4°C ; l'eau réchauffée par le soleil reste donc en surface. Les vents, en induisant des courants, des vagues et des phénomènes de turbulence varient, assurant un mélange plus ou moins prononcé des couches superficielles sur une certaine épaisseur.

La colonne d'eau présente alors une stratification thermique estivale, phénomène caractéristique des lacs qui permet de distinguer durant la saison chaude trois couches superposées :

Une couche superficielle l'épilimnion, à température plus élevée que le reste de la colonne d'eau.

Une couche profonde ou hypolimnion, d'autant plus épaisse que le lac est plus profond à température basse et relativement constante au cours de l'année.

Le métalimnion couche intermédiaire située entre ces deux structures et caractérisée par un gradient thermique très accusé (thermocline)

Dans les plans d'eau de faible profondeur par rapport à leur superficie (étangs, lacs des landes), cette stratification peut être détruite à tout moment, en particulier lors des périodes de vent, car la température (et donc la densité) des eaux profondes est relativement voisine de celle des eaux de surface. Ce sont des milieux polymathique, susceptibles d'être brassés à n'importe quelle période de l'année.

L'épaisseur et la température de l'épilimnion augmentent continuellement depuis le printemps jusqu'à à la fin de l'été sous la double influence des radiations solaires et de la température de l'air ; croissantes durant cette période.

A partir de l'automne, le refroidissement nocturne de l'air abaisse la température des eaux superficielles qui s'alourdissement et s'enfoncent jusqu'à retrouver en profondeur une couche de densité comparable.

La structure thermique des eaux, en isolant les couches supérieures chaudes de couches inférieures froides, engendre un certain nombre de phénomène, la lumière importante est utilisée par les organismes chlorophylliens qui élaborent de la matière végétale par photosynthèse à partir des sels nutritifs dissous dans l'eau. A mesure que le phytoplancton se développe, l'épilimnion s'appauvrit progressivement en éléments requis pour la croissance des algues (azote et phosphore, silice pour les diatomées). La photosynthèse induit ou du moins maintient des teneurs importants en oxygène dissous durant la période lumineuse dans la couche trophogène, zone où les processus, de production de matière organique sont plus intenses que ceux de décomposition.

Dans les étangs de faible profondeur, riches en phytoplancton et en macrophytes, la respiration nocturne de ces végétaux s'ajoute à la respiration des animaux et à l'utilisation de l'oxygène pour la minéralisation de la matière organique détritique. La teneur en oxygène dissous décroit progressivement durant la nuit, pouvant atteindre des valeurs très faibles au lever des jours, incompatibles avec la survie des poissons.

L'hypolimnion constitue au contraire une zone tropholytique dans la quelle s'accumulent par sédimentation les matières particulières en provenance de la zone superficielle. La dégradation de cette matière organique morte dans un milieu où la photosynthèse n'est plus possible entraîne une diminution progressive des teneurs on oxygène dissous, d'autant plus prononces que la durée de la période de stratification et l'apport de matière » à décomposer sont

eux-mêmes plus importants, pouvant aller dans les cas extrêmes jusqu'à l'anoxie des couches profondes.

Dans le métalimnion, la brusque diminution de la température en fonction de la profondeur se traduit par une variation importance de la densité de l'eau, entraînant en particulier un ralentissement de la vitesse de sédimentation des particules en provenance de la surface.

Certains lacs salés sont enfin des réservoirs potentiels d'énergie thermique, II s'agit de lacs stratifiés où il une couche de saumure de densité élevée est recouverte par une couche moins dense. L'interface entre les deux laisse pénétrer la radiation solaire dans la couche inférieure, mais ne la laisse pas ressortir, ce qui entraîne un réchauffement de la saumure profonde. Un exemple spectaculaire est le lac salé Vanda en Antarctique. Gelé en surface, sa température atteint 25 °C en profondeur. Ce type de lac pourrait être utilisé dans un futur lointain comme source d'énergie (**Hudec et Sonnenfeld**, **1974 in Risacher et Fritz, 1995)**.

8. La dégradation des lacs salés

Les eaux continentales peuvent subir des pollutions de divers ordres : matières organiques, matières en suspension, eutrophisation ... . Ce mauvais fonctionnement d'un milieu naturel résulte généralement de la conjonction de plusieurs phénomènes les uns naturels, les autres artificiels et introduits par l'activité humaine.

Certains phénomènes naturels sont qualifiés d'abiotiques (ils ne dépendent pas des êtres vivants): température extérieure et éclairement suffisants, eaux stagnantes ou à très faible courant, faible profondeur favorisant le réchauffement et l'éclairement ainsi que la concentration élevée des substances nutritives, faute d'une dilution dans un volume élevé.

Aux phénomènes naturels abiotiques se conjuguent des interventions humaines intempestives et malheureuses d'origine agricole ou industrielle. On peut citer :

- l'épandage abusif des pesticides toxiques pour le zooplancton, premier prédateur des algues microscopiques;
- l'épandage abusif d'engrais, capables d'agir aussi bien sur les plantes aquatiques que sur le blé ou la betterave ;
- le rejet dans les cours d'eau de matières organiques (égouts, eaux sales, fumiers, rejets industriels de l'agro-alimentaire -frites, conserveries, féculeries-...)

Les végétaux qui se développent à l'excès peuvent être microscopiques (phytoplanctons) ou macroscopiques, c'est-à-dire visibles à l'œil nu (les plantes vertes aquatiques ou macrophytes) **(Vivier, 1989)**.

Les interventions anthropiques (apports d'engrais minéraux ou organiques dans les étangs de production, diversement d'eaux résiduaires dans les lacs et les cours d'eau pesticides et métaux lourds), peuvent selon leur nature et leur importance contribuer à l'amélioration de la productivité de l'écosystème aquatique ou du contraire altérer plus ou moins fortement la qualité des eaux et le fonctionnement du réseau trophique **(Neveu et al, 1997)**.

Dans le Sahara, les principales menaces qui pèsent sur les zones humides sahariennes les suivants:

- Utilisation des zones humides comme lieux de rejets des eaux usées et décharge de matériaux ferreux, débris, gravats et ordures;
- Dégradation de ces milieux par le manque d'entretien et la poussée de roseaux, phragmites et algues (**ANRH, 2005)**.

Chapitre 03

Matériels et méthodes de travail.

Les études d'interactions fluide-roche ont pour but de décrire, quantifier et prédire les changements de compositions chimiques et minéralogiques des phases solide et liquides dans des systèmes naturels au cours du temps. Ces études ont pris une importance croissante durant ces dernières années, tant du point de vue de la compréhension théorique des systèmes naturels, que par les applications très concrètes qui en résultent. Les grandes directions de ces développements sont l'exploitation des ressources énergétiques et des matières premières de la croûte terrestre, ainsi que les aspects liés à la qualité des milieux naturels (**Derron, 2000**).

Les travaux ci dissous ont deux butes principaux;

. Faire une diagnostique rapide pour l'extraction de l'état générale de l'environnement dans les deux écosystèmes; chott Merouane et chott Ain El Beida;

. La détermination de la qualité des eaux dans les deux chotts par l'évaluation de leurs caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques.

1. Rapport de l'état de l'environnement des chotts

Signifié le dessin de la structure générale de ces écosystèmes (biotope et biocénose) qui est basé sur les démarches suivants :

1.1. La prospection de terrain

De nombreux sorties ont été effectués pour déterminé les limites, les itinéraires (routes, drains, pistes …) et la physionomie générale de chotts pour l'extraction des principaux problèmes qui affectent le fonctionnement de ces écosystèmes. Ce travail demande des appareils de photographie numérique.

1.2. L'inventaire de la végétation

Pour déterminé les principaux groupements végétales des chotts on a fait un échantillonnage systématique dans les deux chotts.

Vu l'hétérogénéité des caractères de milieu et du couvert végétal caractérisant les régions d'études, nous avons été contraints de diviser chaque chotts en plusieurs stations, choisies

suivant un échantillonnage subjectif, reposant sur l'observation de l'abondance et de l'homogénéité de la végétation, à savoir :

- 03 stations pour chott Merouane;
- 04 stations pour chott Ain El Baida.

Pour faciliter les études quantitatives, dans chaque station nous avons échantillonné des sous-stations de 100 m² où nous avons appliqué les différents relevés floristiques, à partir desquels on a déterminé la liste des espèces végétales qu'elle réalisée, grâce à la méthode de l'aire minimale.

1.3 L'inventaire de l'avifaune

Basé sur le dénombrement des espèces aviennes à partir des stations d'observation choisies en fonction de la structure de plan d'eau et de la végétation :

Au niveau de chott Ain El Beida; le recensement se fait autour les principaux plans d'eaux mais aussi aux drains.

Pour chott Merouane ; on a prend quatre stations : Lac de Nsigha, Oued Nsigha, Lac Dendouga et Oued kherouf au Sud dan le canal de Oued Righ.

Le contacte visuel (la jumelle) est le seul moyen utilisé avec le guide des oiseaux dans l'identification des espèces méconnues.

Elle effectuée au matin, le moment de rassemblement des peuplements aviennes dans les plans d'eaux pour prendre leurs aliments, elle doit également être exécutée le plus rapidement possible pour éviter les erreurs dues aux déplacements des oiseaux.

Le cas de notre stations correspondant avec les conditions de la méthode de dénombrement total (absolu), qu'il s'agit de dénombrer tous les individus des populations, concernent principalement les populations d'effectif très petit **(Henry, 2001 in Adamou, 2005)**. Les populations à faible effectif (jusqu'à 1000 individus), facilement accessible et à distribution groupée, prouvent faire l'objet d'un dénombrement absolue **(Benyacoub et Chabi, 2000 in Adamou, 2005)**.

Les travaux de recensement réalisaient sous la direction des missions de la DGF (la direction générale des forêts de Ouergla et El Meghaier-Eloued) dans deux cycles; au mois de Janvier et Avril 2010.

2. L'évaluation qualitative des eaux

La préservation de la qualité des eaux de surface est un enjeu majeur du fait de leur intérêt biologique (faune, flore, ...), mais aussi compte tenu des usages de cette ressource (production d'eau potable, loisirs aquatiques…).

La qualité d'une eau est caractérisée par les diverses substances qu'elle contient, leur quantité et leur effet sur les écosystèmes aquatiques et la santé humaine. Ces substances peuvent être, soit d'origine naturelle (bicarbonates, sulfates, sodium, calcium, magnésium, potassium, azote, phosphore, aluminium, fer,...), soit découler de la présence humaine (eaux usées) ou des activités industrielles et agricoles (substances toxiques, métaux, pesticides). C'est la concentration en ces différents éléments qui détermine la qualité d'une eau et permet de savoir si celle-ci convient à un usage particulier.

Le suivi systématique de la qualité des eaux de surface et de son évolution repose sur plusieurs axes de mesure.

2.1 L'échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée **(Rodier, 2005)**.

L'évaluation des caractéristiques se fait sur des échantillons qui ont été correctement prélèves. Les analyses du laboratoire n'ont guerre de valeur, si l'échantillon n'est pas vraiment représentatif des conditions ou de la qualité existant réellement dans la pratique

Ainsi nous avons essayé de répondre aux critères suivants :

- Types des échantillons prélevés (eaux de surface …).
- Lieux d'échantillonnage (chott, sebkha…).
- Périodes d'échantillonnage (Décembre à Mai).
- Paramètres analysés sur terrain.

- Paramètres analysés au laboratoire.

2.1.1 Choix de la méthode de prélèvement

L'objectif de notre étude est de faire un suivi du fonctionnement de chott Merouane et chott Ain El Beida; au cours de leurs cycles géochimiques globaux, et la reconstitution de l'histoire des éléments chimiques majeurs pendant l'évaporation complète des Chotts, au même la détermination du niveau de la pollution organique et bactériologique qu'il existe; afin de faire une comparaison objective entre ces deux milieux. Pour cela, nous avons procédé à la méthode suivante :

- Un échantillonnage mensuelle des saumures dans les deux chotts, depuis le mois de Décembre jusqu'au le mois de Mai;
- Puis faire les analyses des échantillons au laboratoire et simulation des données par les logiciels statistiques.

2.1.2 Choie des sites de prélèvements

La localisation des stations est une étape du plan d'échantillonnage qui est déterminante pour la réussite et la validité du suivi. Le choix des sites de prélèvement, est basé sur la structure du plan d'eau et la représentativité des caractères généraux du milieu dans les deux chotts.

Notre région d'étude renferme deux zones (Chotts) distinctes, pour faciliter les travaux analytiques et suivants la structure de plan d'eau nous avons échantillonnés des stations d'études déterminées dans chaque chott:

. ***Chott Merouane;*** qui est caractérisé par un plan d'eau continue comme un grand lac d'une structure homogène, pour cela on a déterminé deux stations pour l'échantillonnage d'eau. Figure. 13.

. ***Chott Ain El Beida;*** Le plan d'eau est discontinue, il est fragmenté sous forme des étangs séparés par la route communielle de Ain El Beida et les drains d'évacuations; principale et secondaires; donc il a une structure hétérogène, pour ce là, nous avons déterminé quatre stations d'études. Photo. 01.

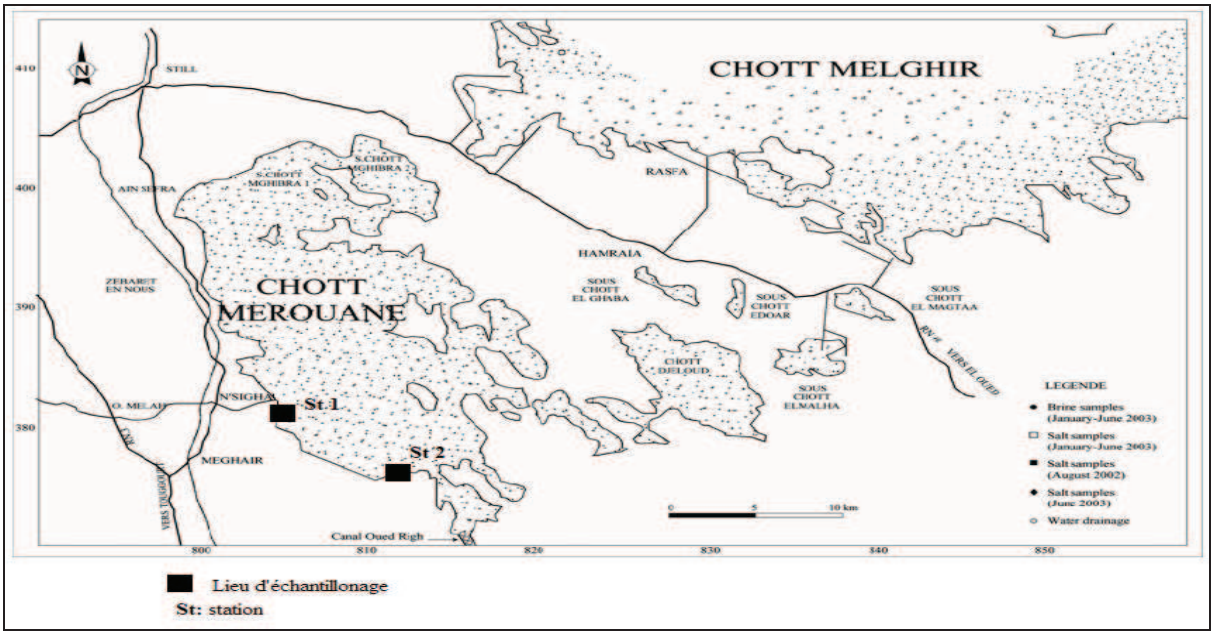
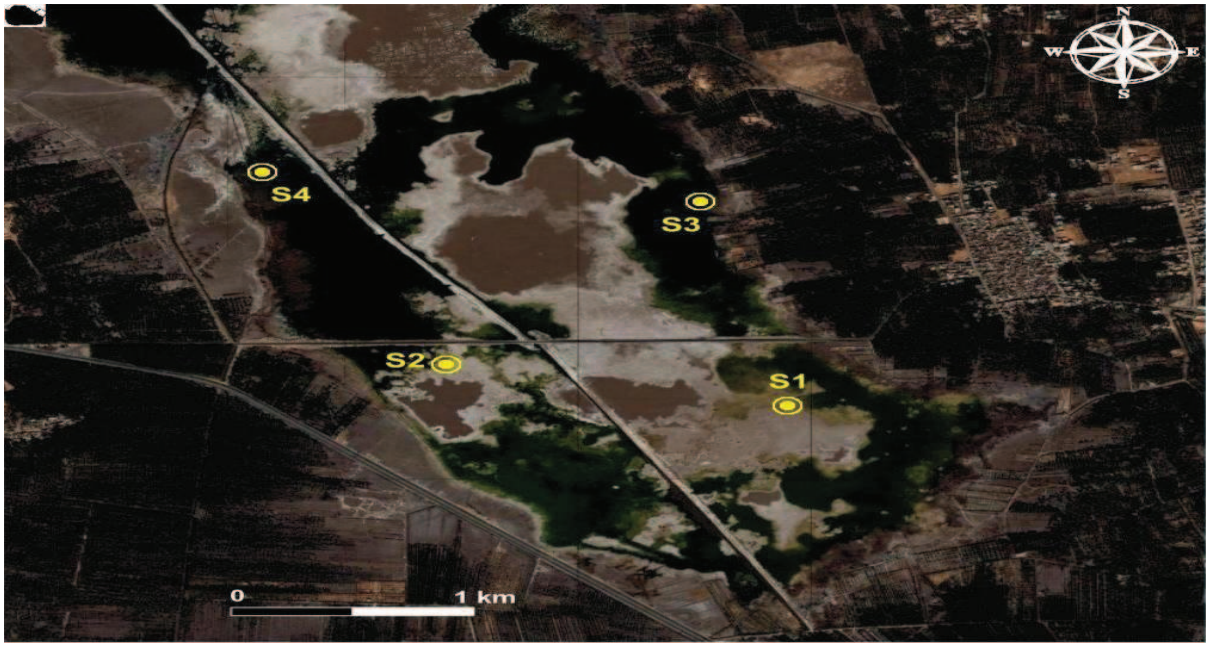


Figure.13. Les pions d'échantillonnage dans le chott Merouane.



S. Station

Photo. 01. Les pions d'échantillonnage dans le chott Ain El Beida.

2.1.3 Matériels de prélèvement

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière; qui s'adapte avec le type d'analyse procédé comme suivant :

Pour les analyses physico-chimiques; l'emploi des flocons de plastique (polyéthylène), d'un 1.5l. Avant de procéder au prélèvement des échantillons des saumures, les bouteilles seront rincées, 3 fois avec de l'eau distillé, puis elles sont rincées sur le terrain avec les saumures du chott, pour éviter toutes contaminations, avec les autres solutions, après les prélèvements les bouteilles sont fermées pour évité l'évaporation.

Pour les analyses bactériologiques, les flacons en verre seront stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120 °C pendant 1 heure, soit au four pasteur à 180°C pendant 1h30. Au moment du prélèvement, les flacons remplie jusqu'au bord bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Les échantillons sont gardés soigneusement dans l'ombre (Température ambiante de l'ordre de 4°C) avec un ticket qui indique la date et l'heur de prélèvement **(Rodier et Coll, 2005)**.

2.1.4 Observations au cours de prélèvement

L'opérateur a toujours intérêt à observer, le plus longtemps possible un rejet même quand, le prélèvement est automatique. C'est observations sensorielles lui permettront de noter :

- Les variations de la turbidité ou de la couleur ;
- La présence de gros éléments charriés par le courant d'eau et autant que possible leur nature (paquettes de graisses, chiffons, touffes de poils, fillasses etc…)
- Les odeurs (putrides, organiques….)
- Les variations de température **(Rodier et Coll, 2005)**.

2.2 Les analyse

Les paramètres choisis sont ceux qui permettent d'apprécier le mieux la qualité des eaux à savoir leur action potentielle sur le milieu aquatique et l'environnement, soit le pH, la température, la conductivité électrique, les éléments minéraux majeurs la DCO et la DBO5, etc.

Les différentes analyses des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de la région d'étude ont été effectuées aux laboratoires suivants :

- Le laboratoire d'ANRH (Agence National de Ressource Hydrique) pour le dosage des éléments majeurs.
- Le laboratoire de l'ITAS (Université de Ouargla) pour la détermination des cations (Na^+, Ca^{++}, K^+).
- Le service de contrôle de qualité de l'ENASEL (El Meghaier) pour le dosage des anions (Ca^{++}, Mg^{++}, Cl^-, HCO_3^-, $SO4^{-2}$).
- Le laboratoire de l'hygiène publique d'El Meghaier pour les analyses bactériologiques.
- Le laboratoire de l'ONA (Office National d'Assainissement) pour les analyses de la DCO, la DBO5, les résidus sec et la MES (Matières en suspensions).

Les analyses sont effectuées en deux étapes, il y à des paramètres déterminées directement pendent l'échantillonnage et autres au laboratoire après préparation préalable.

2.2.1 Les analyse sur le terrain

Le pH, la température, la conductivité électrique et l'oxygène dissous sont des paramètres doivent être appréciés au moment de prélèvement puisqu'elle change pendant le temps de transport et de conservation (Rodier et Coll, 2005). Ils sont des paramètres facilement mesurables et utiles pour la détermination de la qualité chimique des eaux **(Djidel, 2008).**

a- Le pH

Par un pH mettre portable.

Matériel nécessaire

- Un pH- mettre portable.
- Solution étalon 4.7 et 10.
- Pissette eau déminéralisé.

Procédure

- Vérifier l'étalonnage de l'appareil suivant la procédure ci jointe.
- Plonger l'électrode dans la solution a analysé.
- Lire le pH à température stable

- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.

b- La conductivité électrique et la température

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 Cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm **(Rodier et Coll, 2005)**.

Matériel nécessaire

- Conductimètre qui affiche la valeur CE directement en ms/cm.
- Pissette eau déminéralisé.
- Solution KCl (0.01 mol/L) pour l'étalonnage.

Procédure

- Vérifier l'étalonnage de l'appareil suivant la procédure ci jointe.
- Plonger l'électrode dans la solution a analysé.
- Lire la CE et la température des stabilise de celle-ci.
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.

c- L'oxygène dissous

Les mesures de L'oxygène dissous sont effectuées par l'oxy-métre portable.

Matériel nécessaire

- Un Oxymètre portable.
- Solution alcaline électrolyte pour calibrage.
- Pissette eau déminéralisé.

Principe

Il s'agit d'une mesure ampérométrique d'un lourant produit à l'intérieur d'une sonde a oxygène.

Cette sonde est constituée d'une cellule fermée par une membrane sélective à l'oxygène

2.2.2 Analyse au laboratoire

Les analyses des eaux très salées (saumures) ont demande une longue préparation des échantillons, parce que ces eaux très chargées en sels et la sensibilité des appareils de mesure sont très élevée, donc ce qui rend la dilution des échantillons plusieurs fois pour atteindre les limites de détection des appareils de mesure.

2.2.2.1 Préparation des échantillons

Pour diluer les échantillons de saumures, à forte concentration, on a utilisé les eaux désilées, l'opération on prend d'abord lg de saumures et on les met dans un pilulier, de volume 100 ml : la même opération est reprise pour la solution résultante (solution 1/100) et ainsi jusqu'à l'obtention de la dilution convenable **(Rodier et Coll, 2005)**.

2.2.2.2 Analyses physico-chimiques

A. Les éléments majeurs

a. Dosage du calcium, sodium et du potassium par photométrie de flamme

Les ions en solution sont portés, au moyen d'une flamme de température convenable à un niveau énergétique supérieur à la normal (on dit que les atomes sont excités par la flamme). Libérés de la flamme, ils restituent l'énergie acquise en émettant une radiation caractéristique de l'élément .On pulvérise donc au moyen d'un gicleur, la solution à doser dans une flamme de température déterminée par l'élément que l'on recherche. On sélectionne la radiation attendue au moyen, d'un filtre. L'intensité de la radiation est proportionnelle à la concentration de l'élément présent dans la solution. On établit donc une gamme étalon pour chaque élément dosé et l'on s'y réfère pour déterminer une concentration inconnue. Le sodium et le potassium sont dosés à partir de la même solution étalon à des sensibilités différentes du spectrophotomètre à flamme. Le calcium est dosé par sa gamme étalon propre.

.Réactifs :

. Solution mère de sodium et de potassium ;

. Dissoudre dans de l'eau distillée 25,434 g de chlorure de sodium préalablement séché à l'étuve à 100°C pendant 12 heures puis refroidi au dessiccateur.

. Dissoudre simultanément 3,823 g de chlorure de potassium préalablement séché à l'étuve a 100°C pendant 12 heures puis refroidi au dessiccateur.

. Compléter le tout à 1000ml par de l'eau distillée.

. On obtient une solution contenant 10 000 mg/l en Na^+ et 1000 mg/1 en K^+.

. Solutions étalons en Na^+ et k^+ ;

. Mettre successivement dans des fioles jaugées à 1000 ml : 50, 40, 30, 20, 15, 10, 5 et 2 ml de la solution mère en Na^+ et K^+ compléter à 1000 ml par de l'eau distillée.

. On obtient des solutions étalons contenant respectivement :

- 500, 400, 300, 150, 100,50 et 20 mg/l de Na^+.
- 100, 80, 60, 40, 30, 20, 10 et 4 mg/l de K^+.

. Solution mère de calcium

. Dissoudre dans de l'eau distillée 36,663 *g* de chlorure de calcium préalablement séché à l'étuve à 100°C pendant 12 heures puis refroidi au dessiccateur.

. Compléter à 1000 ml par de l'eau distillée.

. Solutions étalent en ca^{++}

. Mettre successivement dans des fioles jaugées à 1000 ml : 50, 40, 30, 20, 10 et 5 ml de la solution mère en $Ça^{++}$ compléter à 1000ml par de l'eau distillée.

. On obtient des solutions étalons contenant respectivement : 500, 400, 500, 200, 100 et 50 mg/l de Ca^{++}

. Appareillage :

- Photomètre à flamme. Servotrace.
- Réglage: Sensibilité du photomètre /Sensibilité du servotrace / Pression de l'Acétylène/ Pression d'air.

b. Dosage du magnésium (Mg) par complexométrie

Le sel dissodique de l'acide Ethylène Diammo Tetra Acétique cristallisé avec H_20, appelé aussi complexon ou versénate forme avec un nombre de cation des complexes dont la stabilité dépend essentiellement du pH.

. Réactifs

. Solution E.D.T.A

Dissoudre 40 g E.D.T.A, ajouter les 5 g NaOH (Soude caustique) puis ajuster avec de l'eau distillée Q.S.P 1000 ml.

Dissoudre à part 1g de chlorure de magnésium, ajuster avec de l'eau distillée Q.S.P 1000 ml.

Mélanger les 2L ainsi obtenus et y ajouter 8 autres litres d'eau distillée ce qui donne 10 litres d'E.D.T.A.

. Solution : Tampon pH =10 (Ca/Mg).

Le Tampon pH = 10 est constitué par des mélanges à volume égale des solutions A et B.

. Solution A

Peser 67 g de Chlorure d'ammonium préalablement séché 12 heures à l'étuve à 100°C puis refroidi au dessiccateur.

Ajouter 400 ml d'Ammoniaque à 28% (448 ml à 25%).

Compléter à 1000 ml par de l'eau distillée.

. Solution B

Dissoudre à 2 litres d'eau distillée 1,5 Kg environ de Tartrate double de Sodium et de Potassium appelé couramment sel de seignette. Chauffer jusqu'à dissolution totale et ajuster a 2 litres.

. Solution de soude n (ça)

40 g de Soude par litre d'eau distillée.

. Indication colore

1. **Dosage du Ca+Mg :** Mélanger intimement puis broyer au mortier 100 g de Chlorure de Sodium préalablement séché et une quantité de Noir d'Eriochrome T telle qu'on obtient un mélange de coloration mauve. On décèle la fin du virage par le Noir Eriochrome T qui vire du rosé au bleu.
2. **Dosage du Ça :** Mélanger intimement puis broyer au mortier 100 g de Chlorure de Sodium préalablement séché et une quantité de Patton et Raeder (Acide hydroxy-2 Sulfo-4 Naphtoique-3). On observe la fin du virage quand la couleur passe alors du rouge au bleu franc.

Mode opératoire

Titre de L'E.D.T.A

Le dosage de l'E.D.T.A s'impose à chaque fois que le remplissage du flacon doseur est fait.

On prépare une solution de Ca CO_3, à 1 g/l (attaque de 1 g de Ca CO_3 par H Cl dilue puis ajuster à 1 litre par de l'eau distillée. Le Ca CO_3 doit avoir été séché a l'étuve puis refroidi au dessiccateur). On prélève 10 ml qui seront dosés en même temps que les échantillons. Cette solution contient 20 mg/l de Ca^{++}.

- Les PE ayant été placés dans des béchers de 50 ml on y ajoute systématiquement 2 ml de Tampon (Ca/Mg) et 2 ml de Na OH (Ca) et une pincée d'indicateur; la solution prend une teinte rosé (Ca/Mg) et rouge (Ca).

- La solution étalon de Ca^{++} et les échantillons ainsi préparés sont alors traités de manière identique. L'E.D.T.A étant placé dans la burette, on verse jusqu'au virage du rosé au bleu en maintenant une agitation dans le bécher. On notera soigneusement le volume :

V1 d'E.D.T. A nécessaire pour faire**.** virer la solution étalon de Ca V2 d'E.D.T.A nécessaire pour faire virer les échantillons.

. Calcul de la normalité de I 'EJXTA

. 10 ml à 20 méq/l de Calcium ont été dosés par VI d'E.D.T.A

$$\text{N méq/l} = \frac{20 \times 10}{V1} = \frac{200}{10}$$

. Teneur en Calcium et Magnésium des échantillons

$$\text{X méq/1 Ca+Mg} = \text{N méq/1} \frac{V2}{PEml}$$

3. Teneur en Magnésium des échantillons

meq/l de Mg =mé/l de Ca+Mg - mé/1 de Ca

. Détermination des ions carbonate et bicarbonate

Par l'analyse volumétrique dans un milieu acide (titrage arrière) avec l'hydroxyde de sodium en présence du l'indicateur méthyle orange.

. Réactifs

- Méthyle orange MO.
- Hcl
- Hydroxyde de sodium

. Mode opératoire

Pipeter 100 ml d'aliquote dans un bécher de 600 ml , en ajout 50 ml de 1 N solution de Hcl, faire bouillir pendant 10 minutes, refroidir à 20 C° le transfère quantitativement au ballon volumétrique du 500 ml. Faire diluée avec l'eau distillée jusqu'à la marque puis agiter.

Filtrer peu plus de 100 ml a travers P.F pliée et fin, négliges les première partie de filtrat.

Dans une érlénmyer conique de 250 ml. Ajouter 3 gouttes de solution indicatrice M.O. titrer avec 1 N solution hydroxyde de sodium jusqu'à changement de couleur de rouge au jaune, noter le volume V.

Calcule

$$NaCO_3(g/l) = \frac{(50-5V)\times 53}{V(aliquot)\times 10}$$

c. Dosage des chlorures

Les chlorures, en présence du thiocyanate mercurique et de l'alun ferrique donnent en milieu nitrique acide un complexe coloré orange susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 470 nm.

.Réactifs

- Solution saturée de thiocyanate mercurique
- Solution mère de chlorures a i0g/l
- Solution d'alun ferrique
- Solutions étalons

.Mode opératoire

On place les PE (5ml) dans des érlains de 50 ml

Les PE des solutions étalons, le témoin (H_2o) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir:

On ajoute dans l'ordre 15 mi de la solution de thiocyanate mercurique préalablement diluée au 1/3 puis 15 ml de la solution nitrique d'alun ferrique également diluée au 1/6.

On agite vigoureusement les erlens pour uniformiser la coloration qui apparaît et on laisse au repos pendant 1/2 heure.

On effectue les lectures au colorimètre a la longueur d'onde de 470 nm en réglant le zéro avec te témoin.

.Expression des résultats

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en chlorures en mg/1.

d. Dosage des sulfates

Les sulfates sont précipités sous forme de sulfate de baryum par le chlorure de baryum. Le précipité ainsi obtenu, très fin est stabilise par la gélatine. On effectue sur le trouble une mesure turbidimétrique à la longueur d'onde de 495 nm.

. Réactifs

. Solution de chlorure de baryum et de gélatine

- 40 g de gélatine
- 200 g de Chlorure de baryum (dissoudre à part)
- 3 g de Phénol (pour éviter une décomposition d'origine bactérienne de la gélatine).
- Eau distillée Q.S.P 2000 ml.

. Remarque : dans le cas ou la gélatine contient des sulfates apparait un trouble de Ba $S0_4$ que l'on élimine par centrifugation.

. Solution mère de sulfate a 10 g/l

Dissoudre 13.755 g de $(NH_4)_2$ $S0_4$ préalablement desséché à l'étuve à 100°C puis au dessiccateur sous vide, dans de l'eau distillée, ajuster à 1000 ml.

. Solutions étalons

Prendre successivement : 50, 40, 30, 20, 15, 10 et 5 ml de la solution mère de $S0_4$ compléter chaque prélèvement à 1000 ml exactement pat de l'eau distillée. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 500, 400, 300, 200, 150, 100 et 50 mg/l en So_4^-.

. Mode opératoire

- On place les PE (5 ml) dans des erlens de 50 ml

Les PE des solutions étalons, le témoin (H_20) et les échantillons sont alors traités de manière identique a savoir:

- On ajoute à chaque PE, 20 ml de la solution de $BaSo_4$ et de gélatine préalablement diluée au 1/6.
- On agite pour uniformiser le trouble et on laisse au repos pendant 20 minutes jusqu'à la mesure. Une nouvelle agitation aurait comme conséquences la formation de bulles d'air et par conséquent une perturbation des mesures.
- On effectue les lectures au calorimètre à la longueur d'onde de 495 nm en réglant le zéro avec le témoin **(ANRH, 2009)**.

. Expression des résultats

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en sulfates exprimés en mg/l.

B. Détermination des matières en suspension (M.E.S)

Est la détermination de la teneur de matières en suspensions d'une eau traite. Au principe de filtrée l'eau et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée.

.Appareillage

- Balance de précision électronique (KERN. ABT).
- Filtre sous vide.
- Etuve (MEMMERT. UNB).
- Dessiccateur

. Préparation des filtres par l'eau distillée

- Laver le filtre par l'eau distillée.
- Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser

.Filtration de l'échantillon

- Placer le filtre (la partie lisse en bas) sur le support de filtration.
- Agiter le flacon d'échantillon.
- Verser un volume de 100 ml d'échantillon dans l'éprouvette graduée.
- Filtré l'échantillon.
- Rincer les parois internes de l'éprouvette graduée avec l'eau distillée
- Retirer avec précaution le papier filtre à l'aide de pinces.
- Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser le filtre.

. Expression des résultats

Le calcul de la teneur en MES est donné par l'expression suivante :

$$\mathbf{MES = 1000(M_1 - M_0)/V}$$

MES : La teneur en MES en (mg/l).

$\mathbf{M_1}$: La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150°C.

$\mathbf{M_0}$: La masse en (mg) de la capsule vide.

V : Volume de la prise d'essai en (ml).

C. Résidu sec

. Appareillage

- Balance de précision électronique (KERN. ABT).
- Etuve (MEMMERT. UNB).
- Bicher.
- Dessiccateur.

. Procédure

- Peser le Bicher vide.
- Verser un volume de 50 ml d'échantillon dans le bicher.

- Mettre le bicher dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Après constat d'évaporation totale de l'eau pesé le Bicher.

. Expression des résultats

. Elle donnée par l'expression :

$$RS = (P2 - P_1)\ 1000/\ V$$

RS : Résidu sec.

P_1 : Le poids en mg de la capsule vide.

P_2 : Le poids en mg de capsule plié.

V : La prise d'essai d'eau à analyser en ml

(Rodier, 1984)

D. La demande chimique en oxygène (DCO)

Certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromates de potassium en milieu acide et en présence de sulfates d'argent ou de mercure. L'excès de dichromate de potassium (K2Cr2O7) est dosé par les sulfates de fer et d'ammonium.

. Appareillage

- Pipette jaugée à 2 ml.
- Portoir pour tubes DCO.
- Spectrophotomètre (DR 2800). Photo.02.
- Réacteur DCO à 150°C. Photo.03.

.Réactif.

- Réactifs DCO gamme (0 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.
- Réactifs DCO gamme (150 à 1000 mg/l) pour les fortes concentrations. Photo.04.

. Procédure

- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO.
- Agiter et Placer le tube fermé dans le réacteur DCO et chauffer deux heures à 150°C.
- Laisser refroidir à température ambiante.
- Mesurer directement la DCO par spectrophotomètre DR 2800.

. Expression des résultats

La teneur en DCO est donnée en mg/l·

Photo.02. Le spectrophotomètre.

Photo.03. Le réacteur de DCO

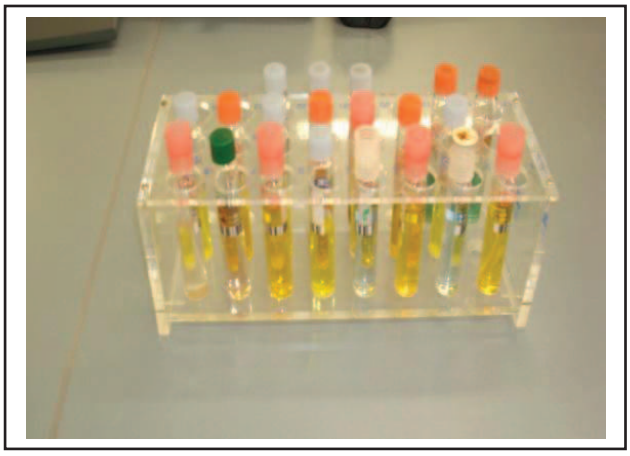


Photo. 04. Les réactifs de DCO.

b. La demande biologique en oxygène (DBO_5)

La DBO est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. Il s'agit donc d'une consommation potentielle de dioxygène par voie biologique. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau (toute matière organique biodégradable polluante va entraîner une consommation d'O_2) au cours des procédés d'autoépuration.

La DBO est mesurée au bout de 5 jours (=DBO_5), à 20°C (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'O_2) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse-parasite).

. ***Appareillage***

- Réfrigérateur conservant une température de 20°C.
- Un agitateur magnétique.
- Bouteilles brune de 510 ml.
- Pastilles hydroxyde de sodium (pour absorber le CO_2 dégager par les microorganismes)

Procédure

La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour la DBO_5.

Volume de la prise d'essai **(DBO5) = DCO(mg/l) × 0.80 ,** pour les eaux urbaine .

- Introduit la quantité de l'eau à analyser suivant le tableau (02). En fonction de la valeur de DCO.

. Tableau. 02. Volume d'échantillon d'après la DCO.

La charge	DCO (mg/l)	Prise d'essai (ml)	Facteur
Très faible	o-40	432	1
Faible	0-80	365	2
Moyenne	0-200	250	5
Plus que moyenne	0-400	164	10
Un peu chargée	0-800	97	20
Chargée	0-2000	43.5	50
Très chargée	0-4000	22.7	100

- Introduit la barre aimantée et les pastilles hydroxyde de sodium 2 pastilles.
- Visser la tète de mesure sur les bouteilles.
- Appuyer simultanément sur les touches (S+M) durant 3 secondes et apparition du message (00).
- Mettre au réfrigérant à 20°C pendant cinq jours. Photo. 05.
- Lire au bout de cinq jours la valeur affichée et appliquer le coefficient pour la valeur réelle .

. Expression des résultats

DBO5 (mg/l) = Lecteur × Facteur.

Photo.05. La DBO mètre.

E. Les nitrates

Le nitrate NO_3^- est analysés par spectrophotométrie de type *DR 2000 (HACH)*. Celles-ci se calculent à l'aide du spectrophotomètre DR/2000 HACH (méthode n° 750, Hach, 1989). Le principe fondamental de l'appareil repose sur l'absorption de lumière traversant une solution colorée, l'intensité étant proportionnelle à la concentration de l'élément cherché (loi de Lambert-Beer). La détermination de la turbidité mesure donc une propriété optique de l'échantillon d'eau qui résulte de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules de matière en suspension présentes dans l'échantillon.

En ce qui concerne l'utilisation de l'appareil, il faut d'abord régler préalablement la longueur d'onde correspondant à la méthode utilisée de chaque élément, afin de mesurer la bonne concentration **(Djidel, 2008)**

Photo. 06. Spectrophotomètre DR 2000.

Appareillage

- Spectrophotomètre DR 2000. Photo. 06.

. Réactifs

- Gélules de nitrates Ver 5.

. Procédure

- Entrer le numéro de programme mémorisé pour le nitrate concentration moyenne, réactif en gélules.
  - Presser : **353 READ/ENTER**.
  - L'affichage indique : **REGLER nm à 400**.
- Tourner le bouton de réglage de longueur d'onde jusqu'à ce que l'affichage indique **400nm.**
- Presser : READ/ENTER ; l'affichage indique : **mg/l N-NO_3^- *M*.**
- Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.
- Remplir un autre flacon colorimétrique avec 25ml d'eau dèsionisée (le blanc)
- Ajouter le contenu d'une gélule de NitraVer5 à chaque flacon Boucher
- Presser : **SHIFT TIMER**
- Agiter le flacon vigoureusement jusqu'à ce que le minuteur sonne après une minute.
- Lorsque le minuteur sonne, presser : **SHIFT TIMER**

  - **.** Une période de réaction de 5 minutes commence.
  - **. Note :** En présence de nitrate, une coloration ambre se développe.
- lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : **mg/l N-NO_3^- M.**
- Placer le blanc dans le puits de mesure .Retirer le bouchon .Fermer le capot.
- Presser: **ZERO,** l'affichage indique : **ATTENDRE.** Puis : **0,00 mg/l N-NO_3^- M.**
- Retirer le bouchon placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure Fermer le capot.
- Presser : **READ/ENTER,** L'affichage indique : **ATTENDRE.** Puis le résultat en mg/l d'azote s'affiche.

2.2.2.2 Analyses bactériologiques

Si certains microorganismes sont présents à l'état naturel dans les cours d'eau, d'autres peuvent en revanche témoigner d'une contamination d'origine fécale et de la présence éventuelle de germes pathogènes lorsqu'ils sont détectés (ex. streptocoques fécaux et coliformes).

La qualité microbiologique de l'eau fait donc l'objet d'un suivi particulier dès lors qu'elle peut entraîner des problèmes d'ordre sanitaire sur les sites où sont pratiqués des activités de loisir ou ceux utilisés pour la production d'eau potable **(ODE, 2007)**.

A. Les germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 20° et ceux franchement mésophiles soit 37°C.

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 2 fois 1ml dans deux boites de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées.

Compléter ensuite chacune des boites avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à 45±1°C.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.

Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

. L'incubation

La première boite sera incubée, couvercle en bas à 20°C, la seconde sera incubée couvercle en bas à 37°C, pendant 72 heures avec : première lecture à 24 heures, deuxième lecture à 48 heures, et troisième lecture à 72 heures.

. La lecture

Les germes totaux se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse.

. Le dénombrement

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte deux remarques suivantes :

- Ne dénombrer que les boites contenant entre 15 et 300 colonies,
- Le résultat sera exprimé par millilitre d'eau à analyser à 22° et à 37°C.

B. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux

Les coliformes se présentent sous forme de Bacilles Gram négatifs (BGN), non sporogènes, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C. Ils sont considérés comme indices de contamination fécale.

La recherche et le dénombrement des coliformes peuvent se faire selon deux méthodes de choix :

- Soit en milieu liquide sur BCPL par la technique du NPP (Nombre le Plus Probable).
- Soit par filtration sur membrane à 0,45µ en milieu solide en supposant la disponibilité d'une rampe de filtration, dans notre étude on a réalise la première méthode.

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes totaux.
- Le test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie et réservé à la recherche des Coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

a. Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham;
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham;
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

. Incubation

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

. Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche)
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP. Annexe. 02.

b. Test de confirmation ou test de Mac Kenzie

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de Coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'Escherichia coli.

Les coliformes thermotolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, comme l'indique le schéma n°3.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

. Incubation

L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

. Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

Un dégagement gazeux, et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Escherichia Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'Escherichia Coli est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

C. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux ou Streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de coccie à Gram +, sphériques à ovoïdes formant des chaînettes , ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D.

Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 48 heures à 44°C après repiquage d'une colonie sur une gélose biliée à l'esculine.

Leur recherche et leur dénombrement peut se faire de la même manière que pour les coliformes, c'est à dire à l'aide de deux méthodes distinctes selon la disponibilité ou non d'une rampe de filtration et seuls les milieux de culture changent, notre travail et basé sur la méthode de dénombrement en milieu liquide.

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- le test de présomption
- le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

a. Test de présomption.

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C, comme l'indique le schéma n° 5. Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

. Lecture Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces derniers :

- ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but d'être confirmés.

b. Test de confirmation.

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu LITSKY EVA. Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

. Incubation

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

. Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant ***à la fois*** :

- un trouble microbien, et
- une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP**.** Annexe. 01. **(Lebrese et al ; 2002)**

2.3. Analyse statistique

La variabilité observée entre stations et mois est étudiée par l'analyse en composante principale (ACP). Ces analyses ont été effectuées par le logiciel XLstat 752 (2003).

Résultats et discussion

Etat de L'environnement et signes de dégradation.

I. Etat de L'environnement et signes de dégradation.

L'importance des zones humides se mesure par rapport à leurs fonctions, leurs valeurs et leurs attributs aussi bien pour l'équilibre de l'environnement ou pour la production agricole **(Fousseni, 2000 in Issiaka, 2004).**

Toute zone humide regroupe un certain nombre de composantes physiques, biologiques ou chimiques telles que les sols, l'eau, les espèces végétales et animales et les éléments nutritifs. Au sein et entre ces composantes, divers processus prennent place et permettent aux zones humides d'accomplir certaines fonctions comme la prévention des inondations et la protection contre les tempêtes ; de générer des produits comme la faune et la flore sauvage, les ressources halieutiques et forestières **(Issiaka, 2004)**.

Dans le Sahara Algérien, la superficie globale des zones humides recensée à travers les limites du territoire du CI et CT est de 934.000 ha. Cette surface ne représente que 1,3 % de la superficie totale du Sahara septentrional. Ces zones constituent un lieu d'habitat important pour l'avifaune migratrice de la méditerranée vers le Sahara notamment en période d'hivers. Malheureusement, ces zones ne sont pas protégées et connaissent une dégradation continue de leur milieu naturel par le rejet des eaux usées, le dépôt de débris et gravats. Ce qui constitue une sérieuse menace pour la diversité biologique **(ANRH, 2005)**.

Les prospections effectuées dans chotts Ain El Beida et Merouane, permettent à constater la physionomie générale, les caractéristiques biologiques et les principaux problèmes qui affectent le fonctionnement de ces deux écosystèmes aquatiques.

I. 1. La physionomie générale des chotts

Chott Ain El Beida est une dépression peu profonde, située dans la partie Est des palmeraies de la ville de Ouargla, il était pratiquement à sec à l'exception des poches d'eau non permanentes dans sa partie médiane. Photo. 07- A, B, E, F. Proprement dit le chott s'allonge sous forme d'un archipel des étangs séparés par la route communale de Ain El Beida de Ouest-Est. Photo. 07- C, les drains d'eaux principales. Photo. 07- D. Et secondaires Sud-Nord. L'identification complète de cet écosystème demande une étude spatiale organisée suivant la distribution des étangs structuraux. La principale source d'alimentation de chott est les eaux de drainage de la palmerais par le phénomène de la remonté des eaux au période de crue; qui humidifié les points les plus proche à la nappe, mais aussi les eaux d'assainissement en

conséquence les eaux aux voisinages des drains répandent une couleur grisâtre à odeur de putréfaction.

Le niveau, la superficie et la profondeur d'eau sont des paramètres qui dépendent de la saison ; la surface immergée prend leur maximum en hiver au mois de Décembre à Février et le contraire en été où l'accentuation de l'évaporation empêche l'accumulation des eaux. Photo. 09- A et B. Les poches d'eau hébergent une végétation aquatique mixte et un peuplement aviaire diversifié. Photo. 07 - A.

Dans les différentes parties prospectées du chott, le sol est sableux gréseux de couleur verte à noire dans les parties mouillées. Photo. 08- C, recouvert d'une couche blanchâtre dans les zones les plus sèches, correspondant à la cristallisation des sels. Photo. 08 - A et B.

A. *à gauche de la route communale.*

B. *à droite de la route communale.*

C. *Le drain secondaire et la route communale Ouest-Est.*

D. *Le drain principal Sud-Nord.*

E. *A droite du drain principal.*

F. *A gauche de la route nationale N°49.*

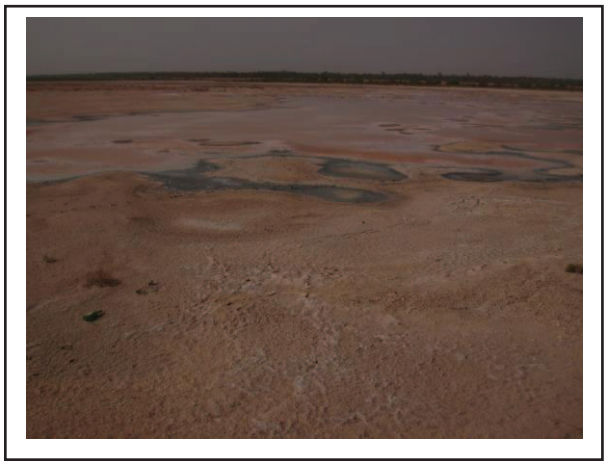
Photo. 07. Les principaux plans d'eaux, les drains et la route communale dans chott Ain El Beida.

A. *Terrains stériles durant toute la période de l'échantillonnage.*

B. *La cristallisation des sels pendant l'été.*

C. *Les sols noirs dans les terrains mouillés.*

Photo. 08. Les formes de sols dans chott Ain El Beida.



A ***B***

Photo.09. L'assèchement complète des plans d'eau à partir du mois de Mai.

La forme générale du chott Merouane donne une autre forme des écosystèmes aquatiques sahariens car il s'agit d'une grande dépression endoréique et d'un exutoire naturel du bassin versant du Sahara oriental, cette situation permet de créer des conditions spéciales. La différence principale, par rapport au chott Ain El Beida, où la structure du plan d'eau; est un lac très étendu. Photo. 10. avec des limites loin à l'agglomération humaine (environ 2 Km à la commune de Nsigha) et aux palmeraies à cause de voisinage de l'exploitation des sels (ENASEL) à l'Ouest qui s'étend sur une grande surface par sa station de pompage et ses tables d'évaporation. Photo. 12. Cette dernière joue un rôle primordial dans le fonctionnement biogéochimique du Chott. Les limites Nord et Est du lacs sont des terrains plains et vides des sols sableux cimentés qui s'étendent en grande surface. Le canal de Oued Righ au Sud. Photo. 11.

La physionomie de Chott Merouane est extrêmement variable et fonctionne essentiellement avec des phases de remplissage par les eaux résiduaires et des pertes par évaporation, d'où le plan d'eau est réduit à une petite marré médiane en période estivales. Photo. 13. le chott est généralement couvert par une couche d'halite et de gypse. Photo. 14. ces sels forment alors des croûtes et des plateformes blanchâtres parfois colorées en rose-mauve par des micro-organismes aquatiques halophiles comme des cyanobactéries et des spirulines qui donnent leur couleur rose-rouge aux eaux et aux dépôts de sels **(**Allain, 2008)**.**

Photo.10. Le plan d'eau dans chott Merouane en hiver.

Photo. 11. Le canal de Oued Righ - région de Oued Kherof. .

A. *Le canal de pompage*

B. *La station de pompage.*

C. *Une table d'évaporation.*

D. *Un espace vide entre les tables d'évaporations.*

Photo.12. La position d'ENASEL dans le fonctionnement de chott Merouane.

A. *Décembre.* → ***B.*** *Février.*

A. *Décembre*

C. *Février* ← ***B.*** *Janvier*

Photo.13. L'effet du remplissage et d'évaporation des eaux sur la physionomie générale de chott Merouane.

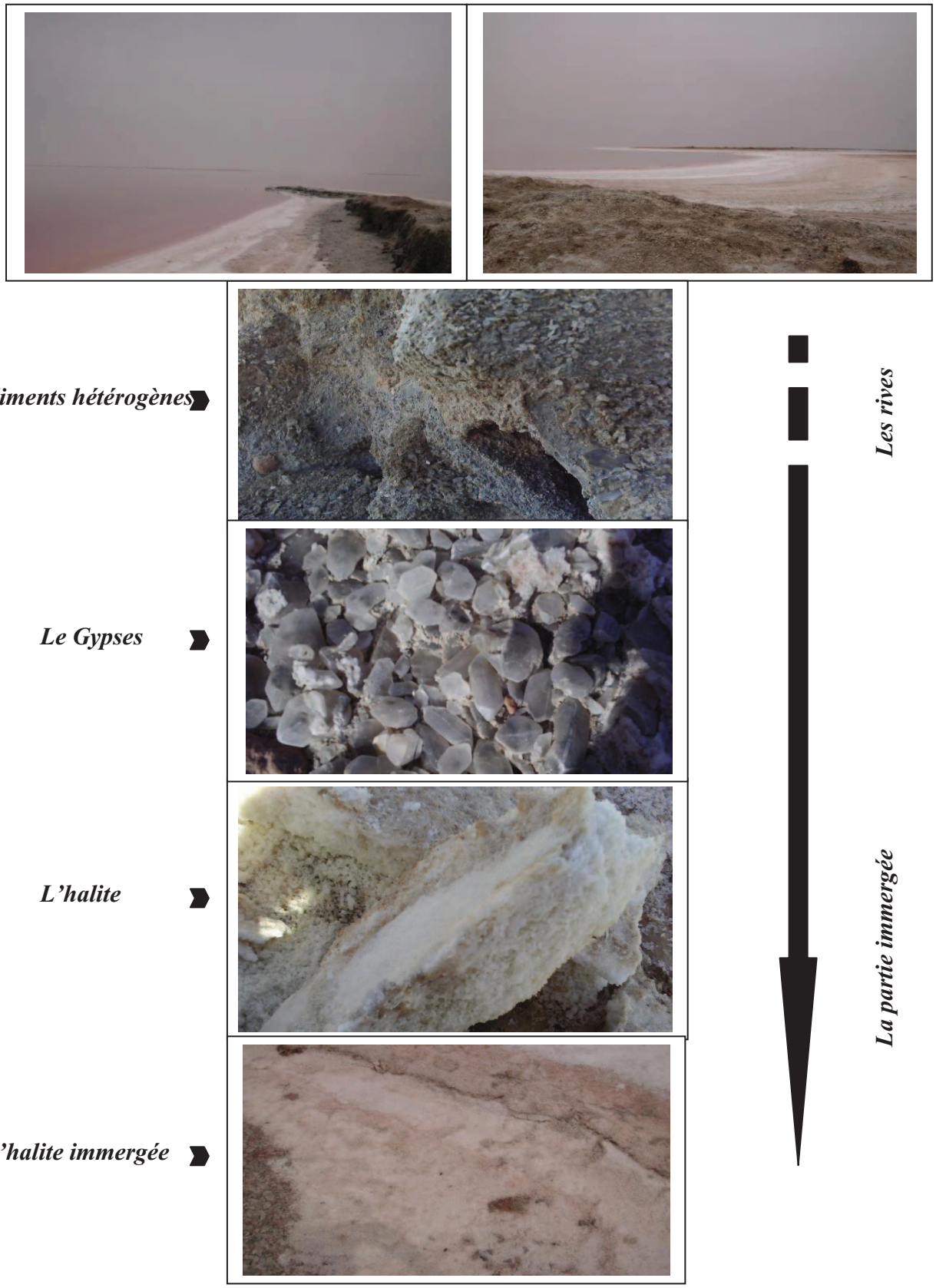


Photo. 14. Les rivages de chott Merouane, avec la plaine des sels.

I. 2.Les composantes du bilan d'eau des deux chotts

Pour évalué le bilan hydrique d'un système aquatique, il faut déterminer les entrés et les sorties d'eaux de ce système.

a. Le chott Merouane est alimenté par trois sources principales, à savoir :

- les eaux de drainage du canal collecteur de l'Oued Righ;

-les eaux de pluie;

-les eaux souterraines du complexe terminal.

L'évaluation du débit du canal de l'Oued Righ dans la dernière station de mesure de Boufeggoussa au contact du chott Merouane, montre que le débit annuel déversé dans le chott Merouane est estimé à 160.10^6 m³/an **(Hassini, 2003)**.

Les calculs effectués par l'étude EREES en 1969 ont permis d'estimer la quantité des eaux souterraines de la nappe du complexe terminal (CT) déversée. Cette estimation du débit de percolation a révélé plus 62.10^6m³/an **(Hassini, 2003)**.

L'analyse des données climatologiques de la série de 1982- 2002 montre que l'évaporation est supérieure de la précipitation. Donc il y a toujours un déficit d'eau et pratiquement la lame d'eau qui se précipite est complètement évaporée, ainsi le ruissellement et l'infiltration sont nuls. L'apport par les pluies est nul.

Donc la formule du bilan hydrique du chott Merouane comme suit : Bilan hydrique = Quantité d'eau de l'Oued Righ + Quantité d'eau des eaux souterraines – quantité d'eau d'évaporations.

$$B = Q_{Drainage} + Q_{Nappe} - Q_{Evaporation}$$

Avec:

.B : bilan hydrique

.$Q_{Drainage}$: débit de drainage du canal collecteur de l'Oued Righ;

.Q_{Nappe} : débit de drainance des eaux souterraines de la nappe du CT;

.**$Q_{Evaporation}$:** la quantité d'eau évaporée à partir le surface d'eau.

Application:

B_{chott} = 131856000 + 62345000 – 9052079.68

B_{chott} = 18,52.10^7 m^3/an

b. Le chott Ain El Beida est alimenté par deux sources principales, à savoir :

- les eaux de drainage des palmeraies de Ouargla;

-les eaux de pluie.

. Le débit de drainage au niveau du chott Ain El Beida était estimé par **Djidel (2008);** il est égal

4025,1 m^3.j^{-1} en hiver et 4174,2 m^3.j^{-1} en été.

. Les apports dus aux précipitations sont négligeables.

. Chott Ain El Beida est riche aux végétaux spontanés, donc la perte des eaux se traduit par l'évaporation plus la transpiration par les végétaux. La valeur de l'évapotranspiration potentielle annuelle (ETP) trouvée est de 1235,79mm pour un indice thermique annuel (I = 128.22) **Djidel (2008)**.

Donc la formule du bilan hydrique du chott Ain El Beida comme suit : Bilan hydrique = Quantité d'eau de drainage – quantité d'eau d'évapotranspirations potentielle annuelle.

$$B = Q_{Drainage} - Q_{ETP}$$

Avec:

.B : bilan hydrique

.$Q_{Drainage}$: débit de drainage au niveau du chott;

.Q_{ETP} : **la quantité d'eau qui pourrait être évaporée et transpirée.**

Application :

B_{chott}= 1496372,25 – 84688,69

= 14,12.10^5 m^3/an

Le bilan hydrique est positif pour les deux chotts, il est plus important dans le chott Merouane que du chott Ain El Beida. Cette différence peut liée aux ressources d'alimentation de chaque

système; le chott Merouane a deux ressources actives et mais le chott Ain El Beida a une ressource contrariée par l'évaporation.

I. 3. Caractéristiques biologiques des Chotts

Malgré que l'environnement relativement hostile qui y règne (forte chaleur, eaux chargées en **sels**), chott Ain El Beida n'est pas dépourvu de vie, il comprend des biotopes aquatiques et terrestres différents.

La zone dans laquelle se trouve chott Ain El Beida, bien que très proche des palmiers, où apparaît les problèmes de la salinité et la remonté de la nappe phréatique qui entrave l'agriculture, les terres périphériques du chott caractérisées par l'apparition des mauvaises herbes comme *Hutchinsia procumbens*. Au milieu, la différence de situation des étangs dans le chott conditionne des biocénoses spécifiques où les terrains interstitiels sont vides comme des autres milieux abiotiques à coté des centres des étangs. Les drains qui traversent le terrain forment un autre habitat, quand t'ils transportent les eaux du Sud vers le Nord, regroupent d'une végétation aquatique et halophyte à la bordure d'une grande fréquence le *Phragmites communis*, *Salsola vermiculata et Anabasis articulata.* Photo. 16. Le troisième habitat forme les poches d'eau; dans la partie centrale du chott, la caractéristique la plus importante de cet biotope réside dans la présence des **phytoplancton** et des algues qui donnent une teinte verdâtre dans la partie Sud et une bizarre coloration rougeâtre ou violette a conséquence de l'algue majoritaire ***Dunaliella salina***, la végétation représentée par les espèces suivants de *Phragmites communis, Halocnemums trobilaceum (Gurna), Juncus maritimus et Tamarix articulata*, elle a une physionomie d'une ceinture mixte large de quatre mètres environ. Photo. 15. et qui continue le long des bordures humides Ouest et Nord de la partie septentrionale de la zone humide. Tableau. 03.

Les parties sèches des croutes, à coté de la route nationale numéro 49, sont recouvertes par des pieds et des ramifications racinaires sèches de roseaux sur sols sous l'effet de la sécheresse et la forte salinité dans la période sèche. Photo. 17.

D'une manière générale les groupements végétaux dans chott Ain El Beida donnent une distribution discontinue en fonction de l'humidité et la salinité des sols donc ils sont des groupements hygrophytes et halophytes au même temps avec des formes d'adaptations très spectaculaires.

Tableau. 03. *La flore de chott Ain El Beida.*

Espèces	Les drains	Le plan d'eau	Les bordures sèches
Halocnemums trobilaceum (Gurna)	×	×	–
Tamarix articulata	×	×	–
Phragmites communis	×	×	×
Juncus maritimus	–	×	–
Salsola vermiculata	×	×	–

– ***Absent.***

× ***Présent.***

A. *Une longue ceinture de Roseau sub-immergée.*

B. *Un recouvrement important a deux strates.*

C. *une végétation herbacée immergée.*

Photo. 15. Les groupements de végétaux autour et dans les plans d'eaux.

A. *Le Phragmitess cominus et les algues verts au milieu.*

B. *Salsola vermiculata dans les pourtours.*

Photo. 16. L'installation des végétaux dans les drains calmes.

A. *L'installation de petites touffes de salsola sur les terres sèches.*

B. *Rameaux et racines sèches de roseau sur des sols à couche de sels fragiles.*

C. *Des grandes touffes discontinues sur une terre salée.*

D. *Ramification mixte des pieds secs et vert de roseau.*

Photo. 17. Les différentes formes d'adaptation à l'assèchement et l'encroutement des sols.

Les zones humides sont des habitats importants pour les oiseaux, ils les utilisent pour la reproduction, la nidification et l'élevage des jeunes. Les oiseaux utilisent également des zones humides en tant que source d'alimentation, de repos, d'abris et les interactions sociales. Certains oiseaux aquatiques, tels que les grèbes, sont adaptés aux zones humides à un point que leur survie en tant que chaque espèce dépend de la disponibilité de certains types de terres humides dans leur aire de répartition géographique. D'autres espèces, comme le canard pilet et le canard siffleur américain, vivent dans les zones humides seulement pendant certaines parties de leur vie (**Robert et Stewart, 2007).**

La présence impermanente des eaux sous forme des espaces libres et leurs phytocénose favorisent l'installation des peuplements faunistiques diversifiés; principalement les insectes et les oiseaux. Les oiseaux ou l'avifaune forment le constituant le plus important de la zone humide, de fait que l'introduction de Chott Ain El Beida dans la liste de RAMSAR est basée sur cet élément caractéristique. Photo. 18.

L'avifaune y est essentiellement composée d'oiseaux d'eau migrateurs et sédentaires représentent par 613 individus classés dans 17 espèces. Tableau. 04. Les espèces remarquables sont: le flamant rose, l'échasse blanche, le canard souchet, l'aigrette gazette et le chevalier arlrquin. Ces groupements sont concentrés autour des poches d'eau durant la journée où prennent leur source nutritive puis refuges vers la végétation voisinage où construisent leurs nids durant la nuit.

La diversité d'avifaune optimisée dans l'hiver, d'où les conditions sont idéales pour la nourriture, la reproduction et l'hébergement, en été ; au contraire ; l'assèchement des étangs actives la migration des peuplements migrateurs vers des zones mois sèches et moins chauds (l'Europe).

Photo. 18. Les oiseaux d'eau autour du chott.

Tableau. 04. *La liste des oiseaux du chott Ain El Beida* ***(la conservation des forêts de Ouargla, Janvier 2010)***.

Nom commun	**Nom Scientifique**	**Nombre**
Flamant rose	*Phoenicopterus ruber*	210
Echasse blanche	*Recurvirostra avosetta*	116
Canard souchet	*Anas slypeata*	66
Aigrette gazette	*Ardea alba*	60
Chevalier arlequin	*Tringa erythropus*	22
Tadorne casarca	*Tadorna ferruginea*	26
Héron cendré	*Ardea cinerea*	20
Sarcelle marbrée	*Marmaronetta angustirostris*	08
Chevalier aboyeur	*Tringa nebularia*	08
Avocette	*Recurvirostra avosetta*	14
Poule d'eau	*Gallinila chloropus*	06
Fligule nyroca	*Aythya nyroca*	12
Petit gravelot	*Charadrius dubius*	12
Foulque Macroule	*Fulica atra*	20
Rale d'eau	*Rallus aquaticus*	03
Busard des roseaux	*Circus aeruginosus*	02
Chevalier gambette	*Tringa tatanus*	08

Chott Merouane présente une diversité des milieux écologiques qui distribuent depuis le centre du chotts jusqu'à la région de Oued Kherouf au Sud, ils sont différemment utilisés par les végétaux et les oiseaux selon l'éloignement au centre du lac, la salinité et la profondeur de l'eau, les ressources alimentaires disponibles, la variabilité des caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac ; quatre types de milieu, bien caractéristiques et préférentiellement exploités par des groupements floristiques et faunistiques spécifiques sont distingués, du Nord vers le Sud; lac de Nsigha (secteur d'ENASEL), Oued Nsigha, lac de Dendouga et Oued Khrouf.

Le lac de Nsigha (secteur d'ENASEL) se compose de deux habitats; le premier lacustre, appelé sebkha, c'est un milieu abiotique. Photo. 19, 20. La forte teneur en sel rend l'eau inhabitable hormis pour l'artémia (Artemia franciscana), la population de cette crustacée aquatique est importante et constitue la nourriture essentielle de nombreux oiseaux migrateurs principalement le Flamant rose, alors que le second terrestre (après quelque mètres du plan d'eau), il est tapissé d'une végétation herbacée halophyte et contractés par l'installation des drains d'évacuation et des tables d'évaporation de l'ENASEL, les espèces représentées par une large bande très dispersée de *Frankenia flouda* juste à coté du lac. Photo. 21. Dans les autres parties ; le *Phragmites communis* et *Tamarix boveana* installées dans les drains d'évacuation des eaux de drainage des palmeraies de Nsigha. Les mêmes espèces caractérisent Oued Nsigha et le lac de Dendouga par ce que ces sites subissent eux mêmes conditions écologiques surtout l'hydromorphie des terres et la salinité des eaux. Dans le secteur Sud ; Oued Kherof; on rencontre une strate arbustive constituée essentiellement de *Tamarix boveana* et autre herbacée de *Phragmites communis* et *Halocnemum strobilaceum*. Photo. 22. 23. 24 / Tableau. 05. La diversité floristique et la densité de la végétation dans cette partie ont permis la mise en place d'habitats naturels variés pour les oiseaux d'eau (sédentaires et migrateurs) qui s'y rencontrent en centaines; 500 individus de flamants roses recensées au mois d'Avril.

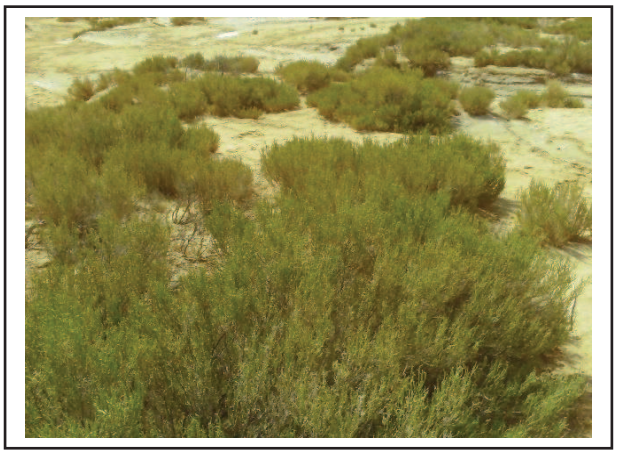
Tableau. 05. *La liste des espèces de la végétation du chott Merouane.*

Stations / Espèces	Station de Dendouga			Station de Oued khrof		Lac de Nsigha	Densité par 100 m²	Fréquence %
	A	B	C	A	B	D		
Suaeda mollis	00	07	00	00	02	00	1,5	33,33
Tamarix boveana	00	00	00	00	12	00	2	16,66
Phragmites communis	200	00	00	110	50	00	60	33,33
Zygophyllum album	00	25	00	00	00	00	4,16	16,66
Frankenia flouda	00	00	27	07	70	150	42,33	66,66
Halocnemum strobilaceum	00	00	00	00	10	00	1,66	16,66

Photo. 19. Un terrain implanté aux périphéries du chott.

Photo.20. Des insectes tués sur les rifs de sels de chott Merouane.

A. *Une Touffe de Frankenia flouda.*



B. *Un tapi discontinu de Frankenia flouda autour de chott Merouane.*

Photo. 21. Forme de végétation autour de chott Merouane.

A. *Une association de trois espèces sur les rives de Oued Kherouf.*

B. *Un tapis de végétation dense autour Oued Kherouf .*

C. *Un groupement sub-immergé dans les eaux de Oued Kherouf.*

Photo. 22. Les forme de végétation autour Oued Kherouf.

Photo. 23. Halocnemum strobilaceum.

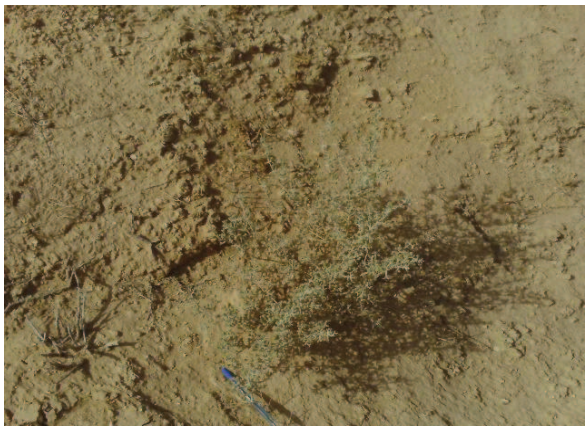


Photo. 24. Suaeda mollis.

Les travaux de recensement des oiseaux d'eau ont montré la présence d'un nombre important d'oiseaux migrateurs d'Afrique-Europe dans chott Merouane. Photo. 25. En effet, le dénombrement de Janvier a donné 858 individus dans touts les sites représentés par 21 espèces. Tableau. 06.

Les oiseaux dépendant de ces milieux sont notamment : le Flamant rose, Canard souchet, Grand aigrette, Cigogne blanche, Echasse blanche, Foulque maroule, Canard pilet, Ibis falcinal, Aigrette garzette, Héron grand bœufs, Héron cendré, Poule d'eau, Sarcelle d'hiver, Tadorne de belon et Fuligule milouin. Ils apparient en groupements spécifiques aux conditions dominantes dans chaque biotope.

Les moteurs de la distribution des groupements végétaux dans chott Merouane sont les mêmes pour Chott Ain El Beida; l'hydromorphie et l'halomorphie qui permettent l'installation sélective des hydrophytes et l'halophytes, cette sélectivité est la ressource de la faible diversité végétale dans les deux Chotts, malgré ça les deux lacs riches et diversifiées par rapport à l'avifaune qui sont migrateurs et sédentaires. Ce sont des zones de ponte et de nourrissage des oiseaux sédentaires et des zones d'hivernage des oiseaux migrateurs.

Chott Merouane bénéficié par un nombre d'individus et d'espèces importants que chott Ain El Beida, du fait de la situation des chotts, la structure de végétation et la diversité des habitats. Le chott Merouane est un écosystème isolé aux désordres humains journaliers, c'est un milieu complexe, riche en éléments nutritifs.

Tableau. 06. *La liste des oiseaux de chott Merouane* **(District des forêts d'El Meghaier, *Janvier 2010).***

Espéces	Chott Merrouane A coté ENASEL	Oued Nsigha	Lac Dendouga	Oued Kherouf	Nombre totale
Flamant rose	00	00	00	06	06
Echasse blanche	00	05	00	06	11
Canard souchet	37	90	00	75	202
Aigrette gazette	00	03	21	11	35
Grand aigrette	00	00	00	07	07
Tadorne casarca	06	02	00	00	08
Héron cendré	00	01	13	03	17
Sarcelle d'hiver	00	110	00	55	165
Chevalier aboyeur	00	00	00	02	02
Avocette	00	00	00	35	35
Poule d'eau	00	01	00	19	20
Cigogne blanche	00	00	00	25	25
Canard pilet	13	55	00	35	103
Foulque Macroule	00	00	00	44	44
Ibis falcinal	09	00	00	25	34
Busard des roseaux	00	00	00	02	02
Mouette rieuse	00	00	00	08	08
Grand cormoran	00	00	00	01	01
Tadorne de belon	12	05	00	00	17
Fuligule milouin	00	11	00	00	11
Héron a grand boeufs	00	00	06	00	06
Totale	77	382	40	359	858

Photo. 25. Un groupement de Flamant rose - lac de Oued Kherouf.

I. 4. Les signes de dégradation dans les deux chotts

Les travaux de prospection de terrain permettent de dénombrer les principales contraintes qui menacent le fonctionnement de ces deux écosystèmes :

I. 4.1 L'utilisation des Chotts comme lieux de rejets des eaux usées

Cette situation est dominante dans toutes les régions sahariennes ; du fait de l'absence des réseaux hydrographiques pour l'évacuation des eaux usées. Le risque est aggravé avec l'absence des stations d'épuration des eaux usées.

L'état des plans d'eaux (couleur, odeur); Dans chott Ain El Beida; inspirant que ces eaux à l' origine des égouts quant au chott est traversé par un réseau de drains pour canaliser et collecter les eaux des égouts et les eaux excédentaires de la nappe phréatique puis leurs évacuations vers chott Oum-Raneb situé à environ 8 kilomètres au Nord-est du chott Ain El Beida. Photo. 26. Ces conditions favorisent la possibilité des transmissions entre les drains et les dépressions juste à cotés. Photo. 27. elles transforment le chott en véritables marécages des eaux stagnantes propices aux moustiques vecteurs de maladies. La présence de communautés humaines au voisinage du chott augmente le risque d'apparition des maladies infectieuses comme la typhoïde rendant toute présence permanente de population humaine improbable.

Au niveau chott Merouane, suivant les caractères sensorielles de plan d'eaux ; ce problème pas spectaculaire; l'absence d'odeurs et la couleur blanchâtre; sauf l'existence des sédiments gris autour et dans le plan d'eau où on peut rendre à l'effet d'accumulation des éléments polluants comme produits de dégradation incomplètes. Photo. 28. La vallée de Oued Righ joue le rôle d'un bassin versant par le canal de Oued Righ sur 150Km de longueur; cette situation permet la diminution des risques de la contamination par l'introduction de phénomène de l'autoépuration des eaux de l'amont (Goug) en aval (El Meghaier). Photo. 29. le mécanisme de l'autoépuration encouragé par l'assimilation des éléments nutritifs et les sels polluants des eaux par la végétation dense dans les différentes parties du bassin versant.

Photo. 26. Un drain d'évacuation des eaux usées dans chott Ain El Beida.

Photo.27. une canalisation d'écoulement des eaux usées de drain principal vers chott Ain El Beida.

Photo. 28. La sédimentation des argiles avec les éléments polluants grossières sur les périphéries du chott Merouane.

Photo. 29. L'écoulement d'eau au long le canal de Oued Righ favorise l'autoépuration.

I. 4.2. L'utilisation des zones humides comme lieux de décharge de matériaux ferreux, débris et ordures

Cette contrainte est liée premièrement à l'absence des pouvoirs publiques dans le recouvrement des besoins des communes pour les décharges publique et deuxièmement la méconnaissance des citoyens; aussi, la distance joue un rôle primordiale dans la fiabilité de cette problématique; proche (Chott Ain Elbeida) ou loin (Chott Merouane) aux agglomérations humaines.

L'envahissement des terrains secs et humides de chott Ain El Beida par les déchets domestiques, en constituent un fléau. Le problème venant du fait que l'ensemble des riverains du chott jetaient leurs ordures ménagères dans la zone humide, devenue décharge publique par la force du temps. Photo. 30, 31, 32.

L'éloignement de chott Merouane par rapport aux habitants crée un écosystème naturel, où on constate l'absence totale de l'effet destructif direct de l'homme.

Photo. 30. Les résidus de construction dans les bordures vides de chott Ain El Beida.

Photo. 31. Les déchets domestiques dans les espaces verts du chott.

Photo. 32. Le déchargement dans les drains.

I. 4. 3. Le manque d'entretien des drains et des canaux d'évacuations

Au niveau de Chott Ain El Beida; les terrains et les drains d'évacuation des eaux usées sont contraintes par l'effet de la sédimentation continuelle, la poussée de roseaux et les fuites crées en bas durant la période du fort débit (drains), cette mauvaise situation est le résultat de manque d'entretien par les autorités publiques. Photo. 33, 34.

Par conséquent les terrains et les drains dans ce chott sont envahis par les eaux stagnantes des différentes couleurs grisâtre, vert ou rouge de mauvaise odeur qui forment un habitat pour les moustiques et les mouches transporteurs de déférentes maladies et la contamination des riverains. Photo. 35, 36.

D'autre part; ces marécages de faibles profondeurs situées juste à coté du drain principal et au milieu des drains, ils renferment des eaux chargées en éléments nutritives polluants et forment un milieu propice aux propagations des plantes aquatiques telles que les algues qui se développent de façon intensive. Par conséquent, l'eau absorbe moins de lumière et certaines bactéries aérobies deviennent plus actives. Ces bactéries abaissent les niveaux d'oxygène à un tel niveau que seules les bactéries anaérobiques peuvent être actives. Ceci rend la vie dans l'eau impossible pour les autres organismes d'autre coté les déchets qui peuvent être décomposés par des bactéries sont gourmands en oxygène,

Photo. 33. La stagnation des eaux et la propagation des algues vertes dans les drains.

Photo. 34. La stagnation des eaux et la propagation des algues vertes dans les étangs formées par les fuites des drains.

Photo. 35. La coloration rouge à cause de la propagation des algues rouges.

Photo. 36. Les algues vertes responsables de coloration verte des eaux.

Dans chott Merouane; Ce problème affecte les drains de diversement directs des eaux de drainages des palmeraies vers le chott à travers le secteur d'ENASEL dans la partie Nord, cette contrainte n'a aucune conséquence visible sur le chott car il affect préalablement les palmeraies en amont. Mais il apparait aussi dans le canal de Oued Righ au niveau de la station de Oued Kherouf, où les pourtours du canal endommagés et dégradées due à l'effet de débit de ruissellement des eaux qui prend leur maximum dans la période d'hiver permet la formation des petits à grands lacs, ces derniers représentent des milieux verts et habitats pour les poissons et les oiseaux.

I. 4.4. L'assèchement du Chott de Ain El Beida

Cette situation catastrophique; signalée par **"Bouzide, 2007**; le Chott de Aïn El-Beïda en train de disparaître de la carte suite aux travaux non raisonnés entamés par les autorités dans le but d'assainir les eaux usées qui auparavant se déversent dans ce Chott et leur évacuation vers le chott d'Oum Raneb au Nord par des drains construire à travers Chott Ain El Beida; suivant ces aménagements l'alimentation de Chott basé sur les eaux provenant des palmeraies par voie de drainage.**"**

La vue dans la structure générale du chott Aïn El-Beïda montre que la majorité de terrains est sèche même dans la période hivernale avec l'augmentation de niveau d'eau de fait que l'alimentation en eau de ces poches est assurée essentiellement par de petites résurgences qui apparaissent au fond; la nappe affleure et humidifie le sol de la Sebkha, surtout au niveau des bordures ouest et Est de celle-ci. Les eaux de pluie, exceptionnelles de région, seraient acheminées vers la Sebkha via des plans d'eau temporaires dont les plus importants arrivent du côté Ouest de la zone humide. Toutefois la Sebkha n'a jamais été vue en eau lors des différentes visites réalisées dans le site.

Photo. 37. Des terrains secs autour du chott Ain El Beida.

Pour déterminer l'effet de l'assèchement sur le fonctionnement du chott, on a étudié la succussion écologique de ce chott se fait par l'analyse comparative de différentes cartes géographiques de l'occupation des terres depuis le temps de l'aménagement du chott. Figure. 14.

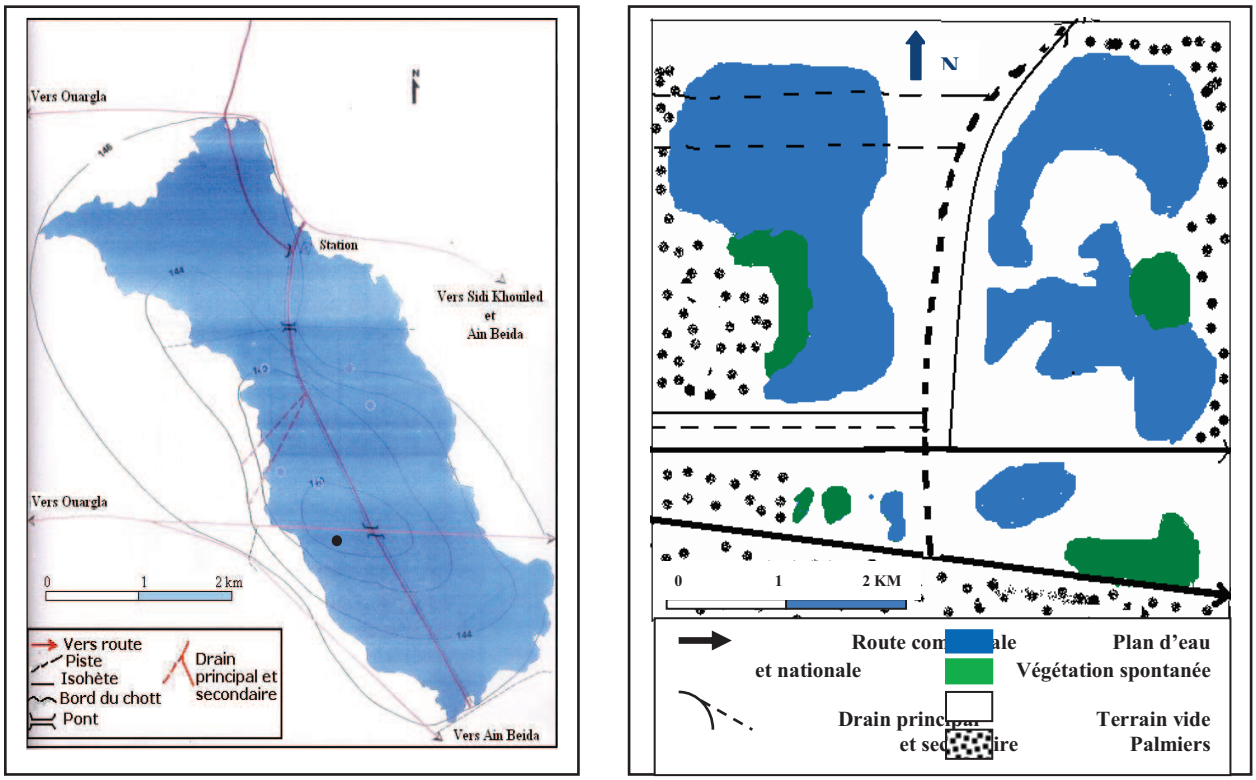


Figure. 14. L'évolution de surface d'eau dans chott Ain El Beida pendant le temps (a gauche l'état précédent par TAD, 2002 et a droite l'état actuelle).

L'état actuelle de sol dans les parties sèches forme un autre témoin de la dégradation de régime hydrique du chott; il est caractérisé par un encroûtement rigide inspirant que ces terrains ne sont pas mouillés depuis long temps, sont des terrains stériles par l'absence totale de vie même pour la formation des sels évaporitiques qui est bloquée complètement.

Ces pratiques d'assèchements sont susceptibles de faire disparaître l'ensemble des habitats de la zone humide, de modifier considérablement la dynamique hydraulique du bassin versant et de modifier dramatiquement sa richesse biologique. En comparaison, la direction générale des forêts de Ouargla (DGF, 2004), montre que la flore du chott comprend 12 familles, 27 genres et 30 espèces au niveau des groupements végétaux (DGF, 2004) opposé des résultats de mon échantillonnage de cette année qui ne dépasse pas 06 espèces !

Aussi l'agence de **TAD (2002),** relève 84 espèces d'oiseau dont les plus importantes sont le Flamant rose Phoenicopterus ruber .roseus, le Tadorne casarca (Tadorna ferruginea), Le Tadorne de Belon (Tadorna tadorna), La poule d'eau (Callinula chloropus), l'Echasse blanche (Himantopus himantopus), la Tourterelle des bois (Streptopelia turtur) et le Canard souchet (Anas clypeata), Du point de vue phénologique, les espèces d'oiseau du chott sont représentées par 25 espèces nicheuses (29.16 % du total), parmi lesquelles 18 espèces sont sédentaires, 4 estivantes et 3 nicheuses probables pour lesquelles le statut de nicheur mérite d'être confirmé. 35 espèces sont hivernantes (41.67 % du total), 23 migratrices de passage (27.71 % du total). Enfin, une espèce est considérée comme accidentelle (01.19 % du total), il s'agit du Goéland brun (Larus fuscus), par contre mon dénombrement représente 17 espèces ! Cette diminution peut être expliquée par les conditions écologiques dominantes qui reviennent peu à peu défavorables à toute installation.

Résultats et discussions

L'évaluation qualitative des eaux

II. L'évaluation qualitative des eaux.

Après les études analytiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux des Chotts Merouane et Ain El Beida durant 6 Mois (du décembre à Mai 2010), les résultats obtenus ont fait l'objet d'un traitement graphique et statistique, dont le but d'interpréter ces résultats et comprendre le fonctionnement géochimique de ces écosystèmes aquatiques et de tirés les signes de dégradation de ces derniers.

II.1. La qualité physico-chimique des eaux

Les paramètres physico-chimiques fournissent des indicateurs sur la qualité de l'eau, mais elles sont sujettes à des variations par les activités anthropiques qui modifient les caractéristiques d'une eau (**Karrouch**, **2007)**.

1.1. Les paramètres physico-chimiques

II.1.1.1. La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision .En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques et du point de vue industrielles pour les calcules d'échanges thermiques **(Rodier et Coll, 2005)**.

Les résultats de suivi spatio-temporels de la température dans chott Ain El Beida et chott Merouane sont représentés dans la figure. 15.

Les températures des saumures oscillent entre 29°C au mois de Mai et 13.5°C au mois de Décembre dans Chott Ain El Beida, ces valeurs assez élevées par rapport à celles des saumures de Chott Merouane qui variée entre 22°C au mois de Mai et 15°C au mois de Janvier. L'allure des courbes de la température en fonction du temps montre les mêmes comportements ; le premier entre les mois de Décembre et Mars dans le quel la température est largement fluctuées, le deuxième commence a partir du mois de Mars, où la température de l'eau devient de plus en plus importante jusqu'à la fin de cycle géochimique qui contribue à

l'intensification de l'évaporation. Globalement, la température de l'eau des sites étudiés suit celle de l'air qui dépend du climat régional de type saharien.

La différence enregistrée est le résultat d'effet thermique de l'atmosphère qui devient très remarquable dans les saumures de Chott Ain El Beida quand le volume des eaux présents est faible suite à l'aménagement hydraulique de site par la construction des drains d'évacuation des eaux vers le chott de Oum Ranneb au Nord, mais aussi la période du prélèvement de saumure joue un rôle important. La température étant un facteur très important pour le fonctionnement des ces écosystèmes, sa variation entre 24 °C et 29 °C agira sans doute sur les réactions métaboliques qui se produisent dans l'eau du lac.

D'autre part, lorsque la température est élevée s'accompagne d'une modification de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface, d'une diminution de la solubilité des gaz. L'augmentation de la température favorise aussi l'auto épuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épuration. Les élévations de température peuvent être nuisibles pour les poissons, favoriser la mortalité de certaines espèces et le développement d'autres **(Djermakoye, 2005).**

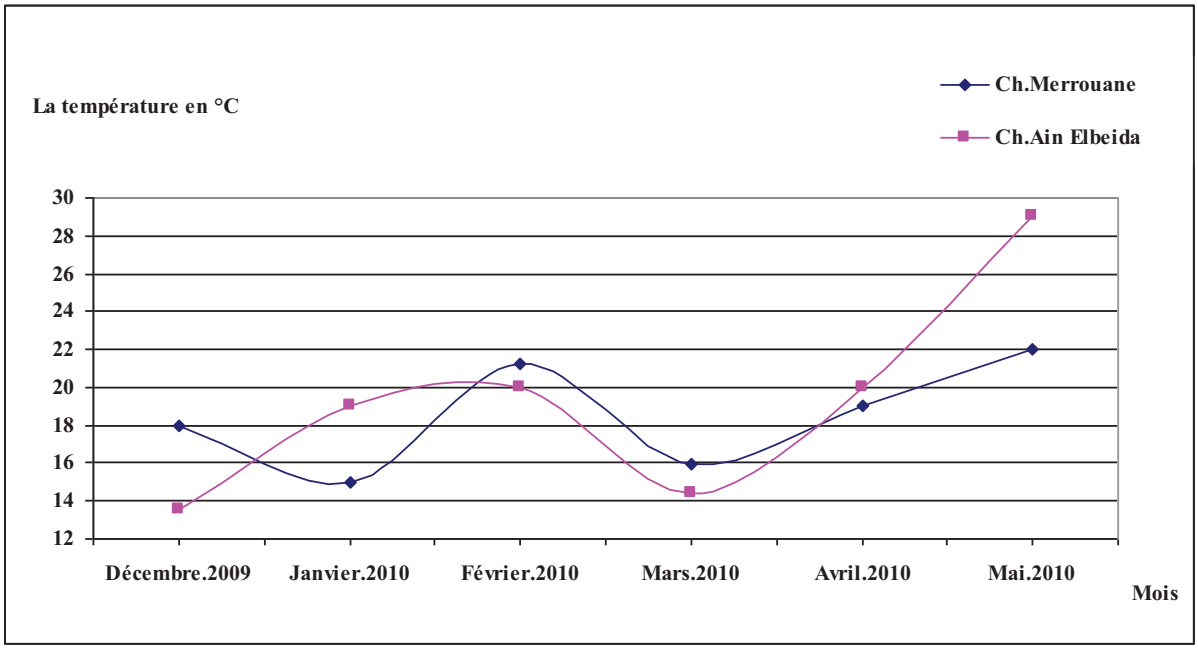


Figure.15. La température des saumures.

II.1.1.2 Le pH (Potentiel d'Hydrogène)

La mesure du pH aura deux applications à considérer séparément: le suivi de la qualité des eaux, d'une part, et les études thermodynamiques des équilibres chimiques, d'autre part **(Amiont et Kerouel, 2004)**.

Le pH est un paramètre important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans ces phénomènes avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité, la température… Le pH est un indicateur de la qualité de l'eau (**Djermakoye, 2005).**

Le pH est correspond à la concentration d'ion hydrogène, il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau. Le pH est un paramètre primordial pour connaître la nature de ces saumures; il s'agit d'un paramètre déterminant pour tracer le scénario de l'évolution géochimique de tels types de saumures dans chaque Chott.

La représentation du pH des saumures dans les deux chotts. Figure.16. montre que le pH de l'eau est alcalin pour les deux Chotts. Il varie entre 7.98 au mois de Mai et 9.04 au Mars pour Chott Ain El-Beida. Dans Chott Merouane ; les valeurs de ce paramètre restent relativement élevées ; de l'ordre de 7.35 au Avril et 8.07 au Février. Les deux types de saumures montrent un pH variable dans le temps avec les fluctuations probables de la salinité qui suivent le cycle géochimique et probablement les fluctuations de la charge en CO2 suivant la photosynthèse, d'où les valeurs du pH les plus élevées ont été observé durant les hautes eaux; pour les deux types de saumures; sous l'effet de la dilution liée aux apports des rejets de ruissellement du canal du Oued Righ pour chott Merouane et l'augmentation de niveau de la nappe phréatique avec des eaux très chargés, les plus faibles enregistrées au période sèche de fait de l'évaporation et la formation des évaporites.

Suivant **Diallo (1996),** Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH dépend de l'équilibre calco –carbonique : Ca (HCO3)2 Ca CO3 + CO2 + H20 ;

Les eaux riches en calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH voisin de 7.

Donc l'alcalinité des eaux des deux chotts peut expliquer par la nature géologique des terrains traversés riche des carbonates et les bicarbonates et l'effet tampon des eaux de drainages.

L'alcalinité le plus remarquable dans Chott Ain El Beida, peut lier aux effets anthropiques par l'évacuation des eaux usées et de drainage chargées en engrais, mais aussi a la faible charge de Co_2 par l'accentuation de la photosynthèse durant le temps de prélèvement (la matinée).

L'examen des valeurs de pH obtenues montre que les valeurs enregistrés dans chott Merouane comprises dans l'intervalle de la norme de qualité admise (6,5 - 8,5) et seraient favorables au développement des espèces aquatiques par contre les valeurs supérieurs des saumures de chott Ain El Beida forment un risque sur la vie aquatique.

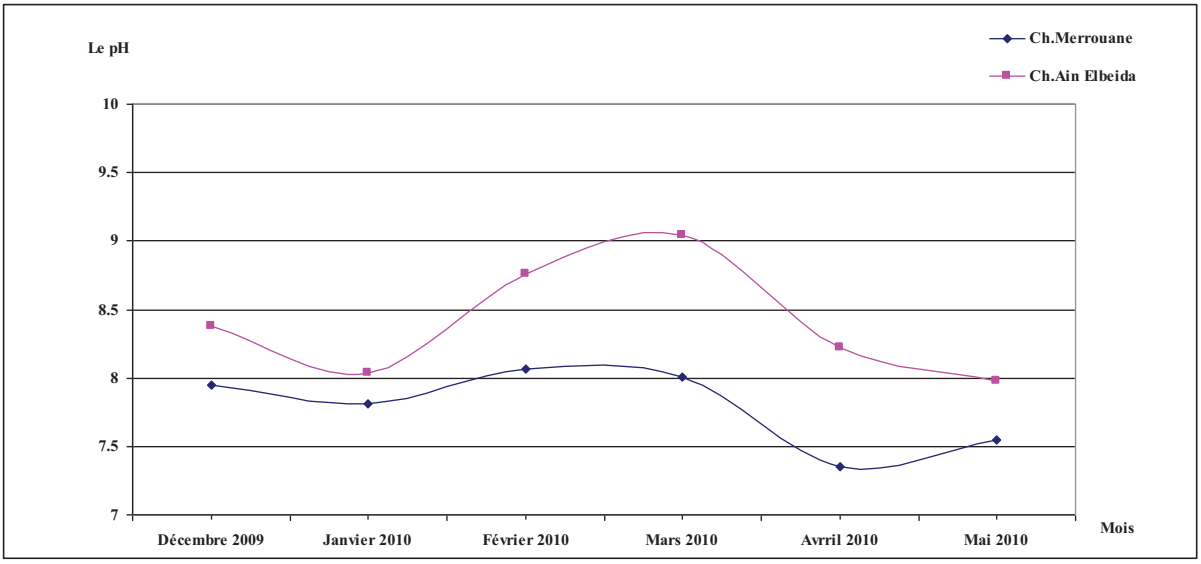


Figure.16. Le pH moyen des eaux.

II.1.3. La conductivité électrique CE

La conductivité électrique indique le degré de la salinité ou bien la concentration des sels dissous dans l'eau, donc la conductivité électrique est l'inverse de la résistivité. L'eau peut être considérée comme une solution électrolytique, car presque tous ses constituants dissous, majeurs et mineurs, sont présents sous forme ionique. Grâce à la présence de ces ions, l'eau devient susceptible de se laisser traverser par un courant électrique (la salinité). Les teneurs en sels dissous sont très élevées, exprimées à travers la conductivité.

Cette mesure peut être plus intéressante dans le domaine de l'eau potable que dans celui des eaux usées. On peut citer des valeurs moyennes de 900 à 1300µs/cm pour les eaux résiduaires brutes .Pour une même eau potable distribuée, tout rejet polluant s'accompagne d'un accroissement de la conductivité et on peut obtenir des relations DCO-CE pour différents types d'eaux résiduaires (CRSTRA, 2009) .

Suivant les valeurs de la conductivité électrique enregistrées, les eaux de deux Chotts sont très chargées. Figure.17. mais d'une manière remarquable dans Chott Merouane où les valeurs de la conductivité électrique de l'ordre de 184.2 ms/cm au Février à 172ms/cm au Mai, Cette minéralisation élevée est surtout due à la nature du terrain gypseux de la cuvette (dépression). La variation mensuelle de la conductivité électrique de chott Merouane, dessiné deux comportements; au début de cycle géochimique, de Décembre à Février une augmentation des valeurs ,on peut expliquer cette augmentation par la salinité très élevée des eaux du chott liée a la dissolution des sels préexistants dans le chott, puis une diminution de Février à Mai où la valeur minimale est enregistrée, cela expliqué par l'augmentation du processus de cristallisation des sels sur les rives sous l'effet de l'évaporation. Figure. 53.

Dans Chott Ain EL Beida, les valeurs de la conductivité électrique sont moins forte que celles de chott Merouane mais plus variés ; au cours de la période de l'échantillonnage; de 93ms/cm au mois de Mai pour le minimum à 171.20ms/cm au mois de Janvier pour le maximum. Plusieurs facteurs interviennent dans ces variations ; au Mai, la forte évaporation augmente la concentration des sels dans les saumures avant leurs précipitations, en revanche pendant l'hiver ; une température moins forte avec un apport important favorise la dilution des saumures.

La diminution totale du taux de salinité enregistrée au chott Ain El Beida s'explique par les apports faibles en eau ; par rapport au surface totale du chott ; pour la dissolution des sels et l'épuisement historiques des gisements de sels. La baisse de la salinité ; dans ce chott; favorise la prolifération des espèces aquatiques plus précisément les algues verts qui en se développant empêchent la pénétration des rayons solaires dans l'eau et contribuent à la raréfaction de l'aération de l'eau ce qui est une menace pour les autres êtres vivants aquatiques.

L'eau de chott Merouane serait inapte à la plupart des usagers et pourrait constituer une menace pour la vie aquatique et l'environnement.

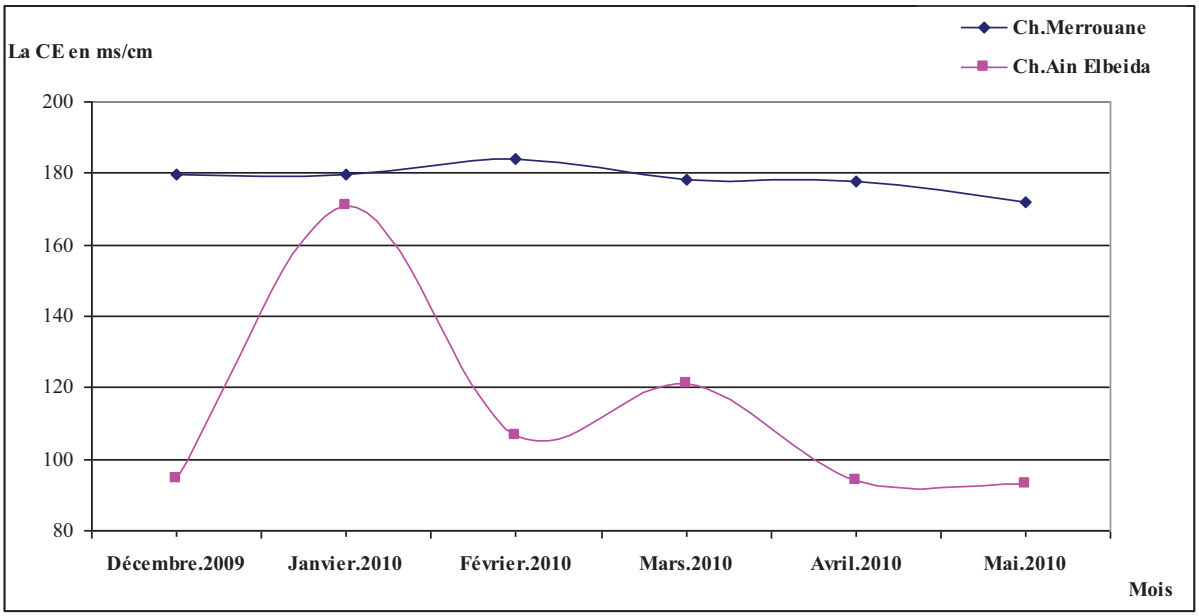


Figure.17. La conductivité électrique des saumures.

II.1.4. Résidus secs

La figure.18. Montre l'homogénéité quantitative des résidus secs dans les deux chotts; de Merouane et de Ain El Beida ; les fortes teneurs en résidus secs est liées à la nature de la couverture pédologique des deux cuvettes qui caractérisés par un épaisse croute salin entraîne une importante quantité des éléments résiduaires.

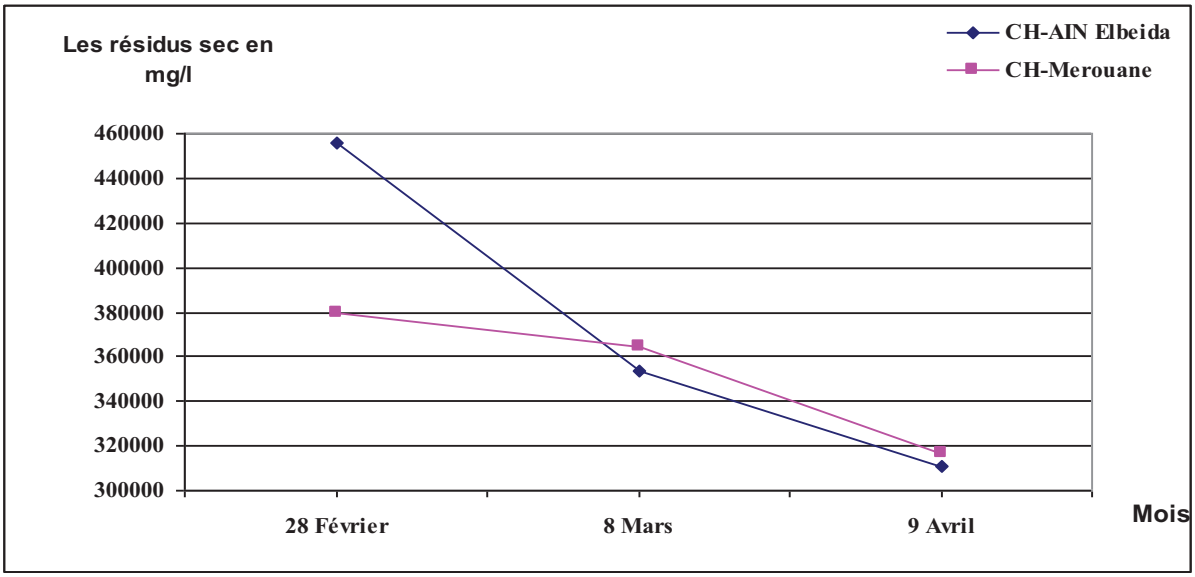


Figure.18. Les résidus secs des eaux.

II.1.5. La Matière en Suspension

Ces analyses des MES permettent donc de connaître la quantité de matière non dissoutes, quelles soient organiques ou minérales, présentes dans un échantillon **(SARL, 2009)**. Elles caractérisent la teneur en gramme/litre des éléments non dissous de diverses granulométries transportées par l'eau. Ces matières peuvent être minérales et inertes ou plus ou moins actives vis a vis de l'oxygène. La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés et de la saison des rejets **(Djermakoye, 2005)**.

Les résultats de la figure.19. Montrent que pour Chott Merouane, les MES sont de 1594mg/l dans le mois de Mars et 1315mg/l dans le mois d'Avril, le pH et la conductivité électrique enregistrés ci-dessus indiquant une prépondérance des matières minérales par rapport aux matières organiques dissoutes. Pour chott Ain El Beida, la teneur en MES s'étale entre 1549mg/l dans le mois de Mars et 1243mg/l dans le mois d'Avril; ce qui expliquerait l'excès de matière organique et inorganiques insolubles justifié par la nature même des eaux de rejets et la nature des éléments constituants des couches pédologiques de la cuvette.

L'allure générale des courbes des matières en suspensions des deux variétés de saumure prend le même comportement; une augmentation de Février à Mars puis une diminution de Mars à Avril; comme l'évolution temporels des apports.

Pour les eaux usées domestiques les teneurs de Matières en suspension totales sont normalement de 200 mg/l **(SARL, 2009)**, la teneur en MES mesurée au deux saumures d'étude dépasse celle de la norme. Ceci témoigne d'une pollution à ces endroits par les activités anthropiques et de grandes parties par la richesse des bassins versants et des cuvettes par les éléments minéraux. Cependant ces teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration des rayons solaires, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique ; l'asphyxie des poissons, par colmatage des branchies. D'une façon générale, les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'absorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes. En particulier, les argiles et les particules organiques ayant, une large surface d'adsorption constituent un support idéal pour les ions, les molécules diverses et les agents biologiques. De ce fait, ils peuvent constituer un vecteur pour la pénétration de ces produits dans l'organisme **(Djermakoye, 2005).**

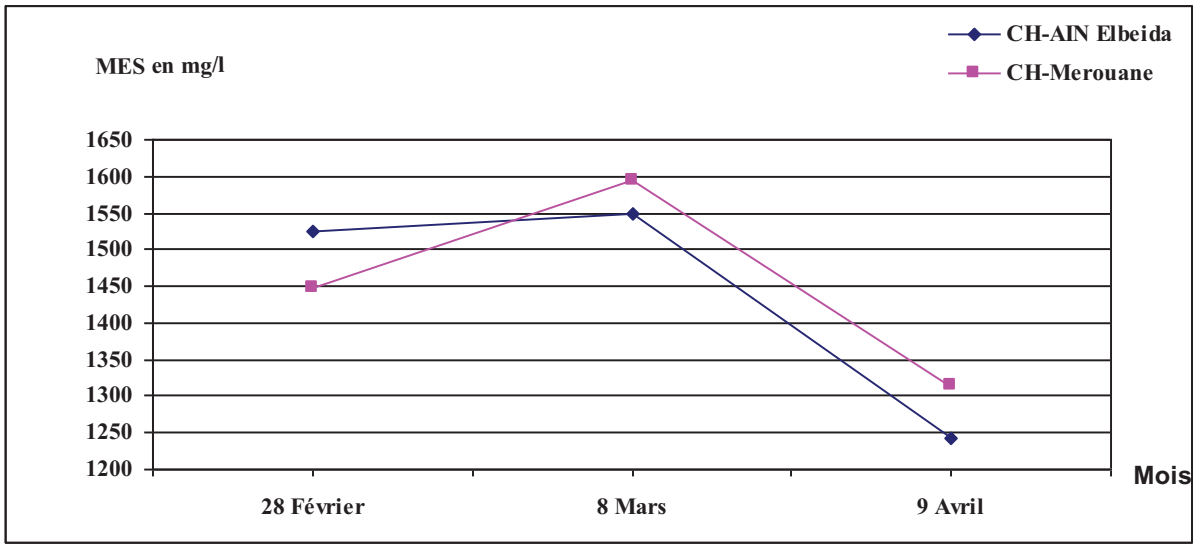


Figure.19.La matière en suspension.

II.1.2 Les éléments majeurs

II.1.2.1 Le Calcium

Le calcium est l'un des éléments qui contribuent à la minéralisation des eaux. Les résultats enregistrés de la teneur de calcium représente l'importance de cet élément dans les saumures des deux chotts, mais la concentration du calcium est plus importante dans le Chott Merouane que celle du chott Ain El Beida, le Calcium montre le même comportement géochimique dans les deux chotts, d'où dans chott Merouane, leur concentration augmenté à partir du Décembre à Février, progressivement de 132.5mg/l à 18000mg/l, cette dernière valeur réduit directement au mois de Mars à 2920mg/l et à partir de ce point l'augmentation de la teneur en calcium jusqu'à 13500mg/l au mois de Avril, pour le mois de Mai le calcium prend une concentration faible. Figure. 20. cela est expliqué par l'effet conjugue de dissolution /précipitation; le premier mois, le volume d'eau dans le chott est minimal, par conséquent la teneur en calcium est basse. Avec l'augmentation de volume d'eau, la dilution contribue a l'évolution de la teneur de calcium en quantité plus importante aux mois de Janvier et Février, une diminution de nouveau dû à l'évaporation, on remarque que le concentration du calcium est important au début de cycle géochimique vers la fin ; la concentration devient moins importante cela expliqué par la précipitation précoce des minéraux calcique, ou l'occurrence la calcite **(Eugstre et hardie, 1978 in Hacini et al 2008)**.

Dans chott Ain El Beida ; ce comportement varier dans un intervalle différent qui prend leurs valeurs entre 14500mg/l enregistré au mois de Février et 1980mg/l au Mars.

L'origine du calcium liée généralement au terrain traversé et les eaux d'alimentation. Plusieurs types des formations géologiques sont à l'origine du calcium parmi les quelles nous citons : les roches carbonatées et les roches gypseuses. Les roches carbonatées libèrent le calcium par l'attaque des eaux en présence de gaz carbonique (CO2) et par dissolution dans le cas des roches gypseuses **(Lechaari, 1990)**.

$$CO2 + H2O + CaCO3 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2HCO3.$$

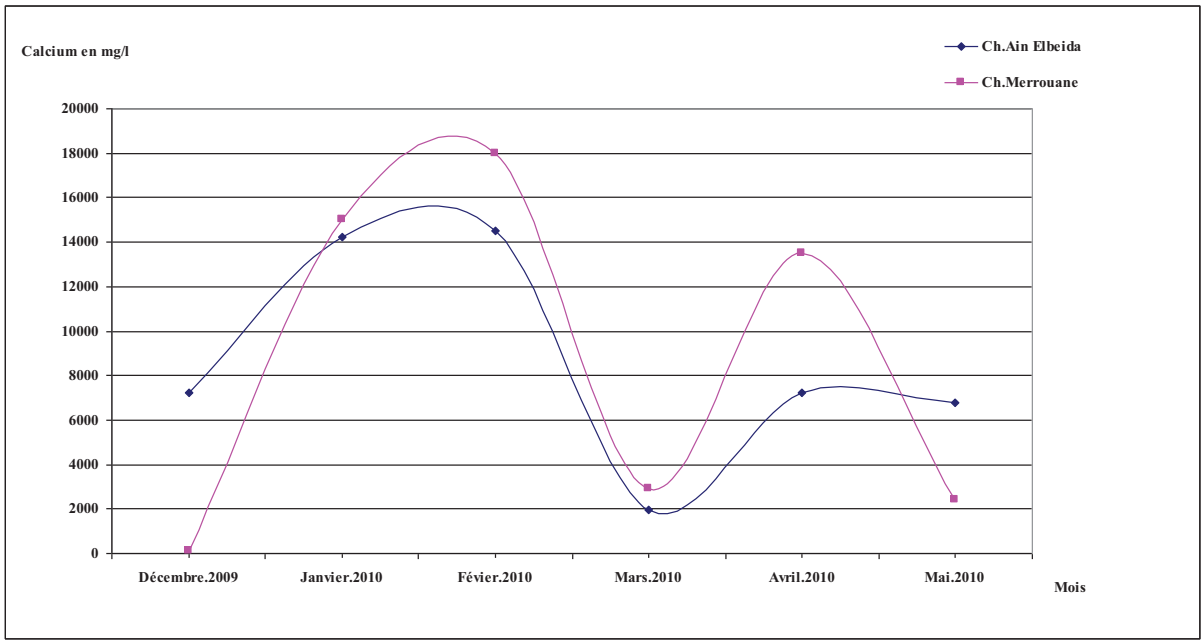


Figure.20. La teneur de calcium dans les saumures.

II.1.2.2. Le Magnésium

Suivant les courbes représentées dans la figure. 21. la concentration de magnésium est très importante dans les deux chotts mais les saumures de chott de Ain El Beida sont plus chargées en sels de magnésiums; ses origines des sels magnésiens comparables à celle du calcium, car il provient:

- Soit de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite).
- Soit des formations salifères riches en magnésium « $MgSO_4$ ».

L'évolution temporel de concentration du magnésium dans les saumures du chott Merouane est de celle des saumures du chott Ain El Beida, cette évolution est passe par deux phases : au début, la réduction à la moitié des concentrations de Mg entre le mois de Décembre et le mois Janvier; de 13056mg/l à 8499.2m/l, cela est due à l'effet de la dilution par les eaux d'apport. Puis leur augmentation jusqu'à la fin de mois de Mai, elle atteint une valeur de 9154.2mg/l sous l'effet de l'évaporation.

Dans les saumures de chott Ain El Beida **;** L'allure générale de la courbe de Mg^{+} en fonction du temps. Figure. 21. représente trois phases d'évolution :

- De Décembre à Janvier, la diminution de la concentration de Mg de10752mg/l à 8412,8 mg/l, un fiable volume d'eau avec une forte concentration due certainement à l'effet de dilution.
- De Janvier à Mars représente une phase d'augmentation; dans la quelle la concentration du magnésium multipliée à 17583mg/l (Mars) sous l'effet de dissolution des anciens sels.
- A partir a Mars, on remarque que la valeur réduite progressivement vers 6264mg/l sursaturation des saumures vis à vis des minéraux magnésiens (précipitation).
- au mois de Mai de fait de l'augmentation du taux d'évaporation, contribue à la sursaturation des saumures vis à vis des minéraux magnésiens (précipitation).

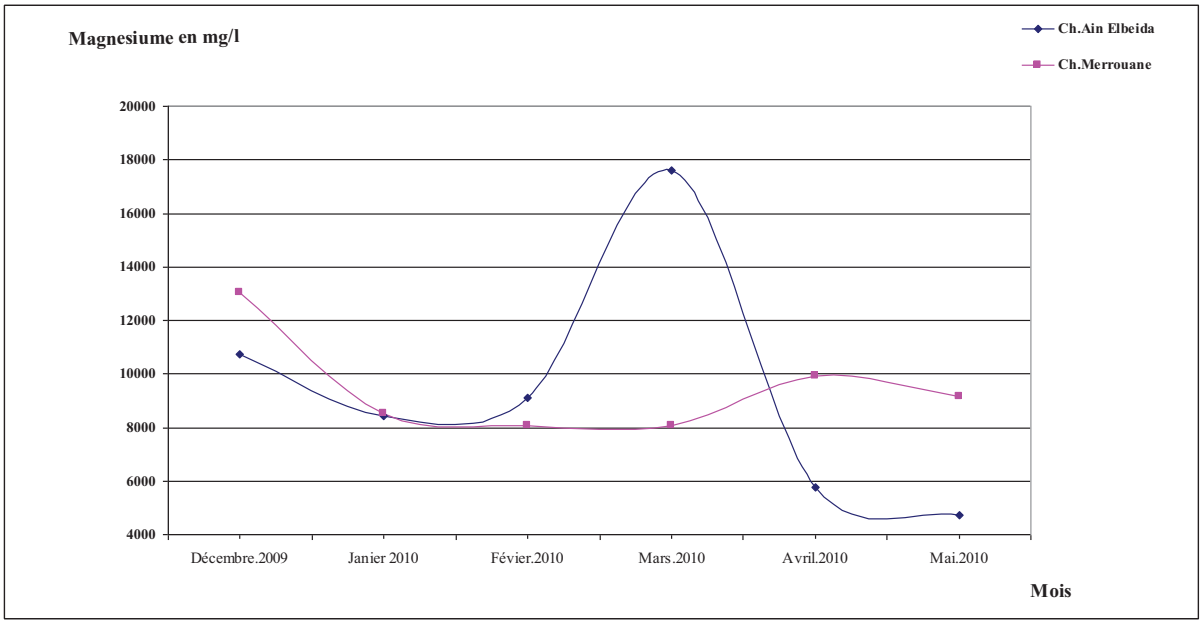


Figure.21. La teneure de magnésium dans les deux chotts.

II.1.2.3. Le sodium

La représentation graphique des variations quantitatives de sodium dans le temps. Figure. 22. montre que le sodium est un élément plus dominant dans les deux chotts mais avec des valeurs très importantes dans chott Merouane à causes géologiques au premier lieu mais aussi le comportement de sodium est gérée sensiblement par plusieurs facteurs ; climatiques (température élevée, évaporation intense) et hydrologiques.

Ainsi**,** La concentration de cet élément dans chott Merouane prend des valeurs variées dans un très court intervalle par apport à celle de chott Ain El Beida (légère fluctuation), d'où les concentrations oscillent entre 101360 mg/l et 112000 mg/l. Cela signifié que les concentrations maximales de Na est remarqué durant le mois de Mars, dés le mois de Décembre (101750mg/l) les teneurs de sodium commencent une augmentation graduelle, pour atteindre les fortes concentrations au mois de Mars puis une diminution; à partir de ce mois; à la fin du cycle géochimique.

L'évolution quantitative du sodium en fonction du temps dans Chott Ain EL Beida a une forte fluctuation sur un long intervalle, d'où les concentrations allant de 4606mg/l et

95625mg/l. Ces dernières valeurs caractérisent progressivement les mois de Mai et Janvier. Durant le cycle géochimique, le comportement de sodium connu une série des variations de augmentation-diminution sous l'effet de dissolution et précipitation.

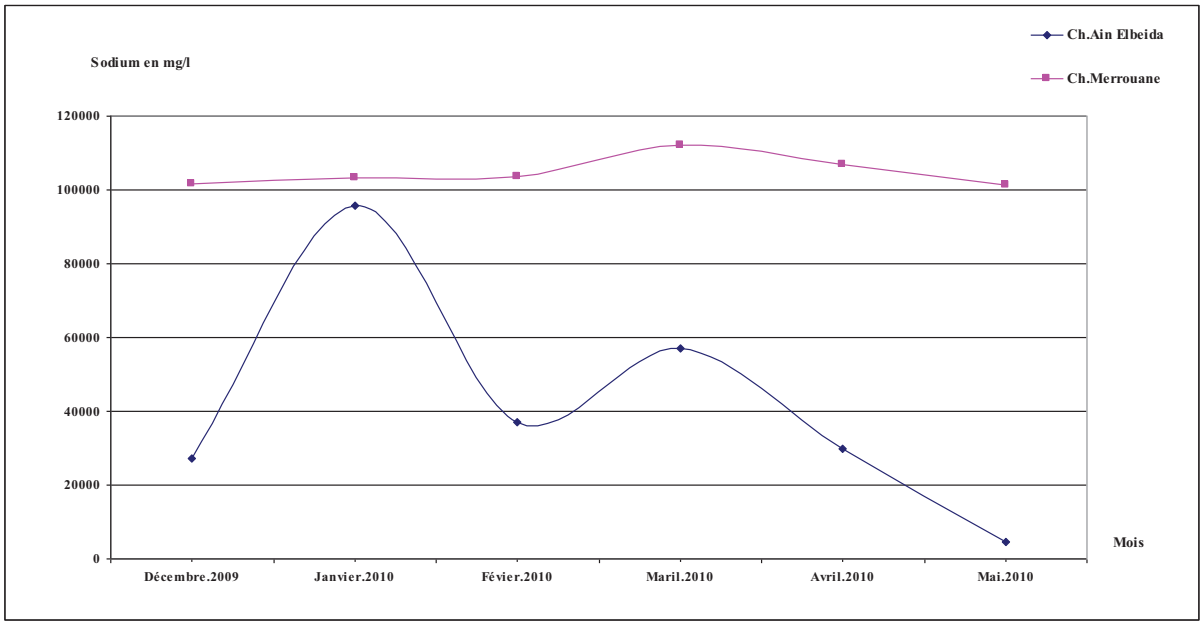


Figure.22. Le comportement de sodium dans les saumures.

II.1.2.4. Le potassium

La représentation de variation temporelle du potassium. Figure. 23. montre que les concentrations du potassium dans les deux chotts sont très importantes durant le cycle géochimique, le comportement du potassium sont voisines dans les deux cas d'études, mais a forte concentration dans chott Ain EL Beida, où le potassium provient a deux sources, l'altération des formations argileuses des alluvions quaternaires et de la dissolution des engrais chimiques (NPK) retrouvées dans les eaux usées agricoles.

Dans chott Merouane; la teneur en potassium varient entre 1940mg/l pour le mois de Mars et 7589.28mg/l pour le mois de Mai. Le comportement de cet élément se fait en trois phases comme suivant :

- Une diminution de la concentration à partir de Décembre jusqu'au Mars simultanément avec la dilution de solution primaire.

- Une stabilité des concentrations de potassium jusqu'à le mois d'Avril, avec des concentrations qui augmentent d'une façon brutale, simultanément avec l'augmentation de la température.
- Le début du mois de Mai, les concentrations augmentent d'une façon très remarquable, où les concentrations passent 7000mg/l par l'accentuation de l'évaporation.

Dans chott Ain EL Beida ; les concentrations du potassium dans le saumures sont très importantes, les teneurs varient entre 1100mg/l au mois de Janvier et 8520mg/l au Mars. La Figure. 23. montre la variation temporelle du potassium; pour cela, trois comportements sont à signaler durant le cycle géochimique du Chott, à savoir :

- Une diminution des concentrations de potassium au début du cycle-de Décembre à Janvier où les valeurs oscillent entre 4250-1100mg/l jusqu'à le mois de Janvier, avec des concentrations qui diminuent d'une façon brutale, accompagnées d'une augmentation du niveau de l'eau.
- A partir du mois de Janvier, les concentrations augmentent d'une façon très remarquable, où les concentrations passent de 1100 à 8520mg/l vers le mois de Mars. La présente situation se justifie par une importante augmentation de la dissolution des formes cristallines de potassium.
- A partir le mois de Mars les teneurs commencent une nouvelle diminution vers une valeur de 3578.9mg/l dans le mois de Mai, ces variations suivant l'effet conjugué d'évaporation-précipitation.

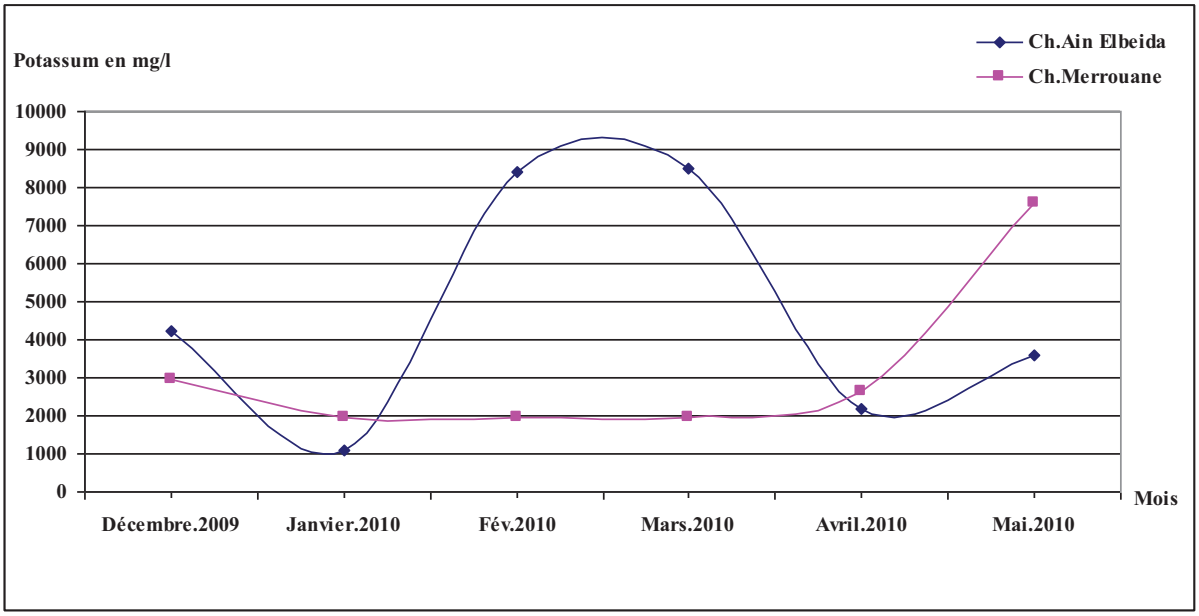


Figure.23. La teneure de potassium dans les saumures.

II.1.2.5. Le chlorure

La variation quantitative temporelle de chlorure dans les deux types de saumures. Figure.24. montre que la concentration de chlorure dans les saumures de chott Merouane égale au double de concentration dans chott Ain El Beida, qui peu liées principalement à la nature des terrains**,** provoquées par:

- un lessivage superficiel en cas de forte pluie ;

Dans les zones urbaines et industrielles par des pollutions liées a des eaux usées (mine de potasse : 1Kg de potasse donne 3Kg de sels résiduaires, réalisation de stockages pétroliers, industries chimiques) **(Rodier, 1978)**.

L'allure générale de la courbe de chlorure en fonction du temps dans Chott Merouane; prend des valeurs voisines; s'étende entre 178230mg/l au Mars et 235180mg/l au Mai avec des fluctuations peut être Interprétée, comme suit :

Au cours de premier mois le volume d'eau est minimal donc la teneur du chlorure est moyenne, lors du remplissage du chott et avec l'arrivée des eaux fortement diluées ; ce teneur commence a diminuée jusqu'à le mois de Mars, cela est le résultat du phénomène de dilution

l'augmentation de la teneur de chlorure à la fin de temps forme le résultat de processus de dissolution.

Par contre dans chott Ain EL Beida; les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées, la valeur maximale est de 146230mg/l enregistrée au mois de Février et la valeur minimale de 43605mg/l au mois de Mai.

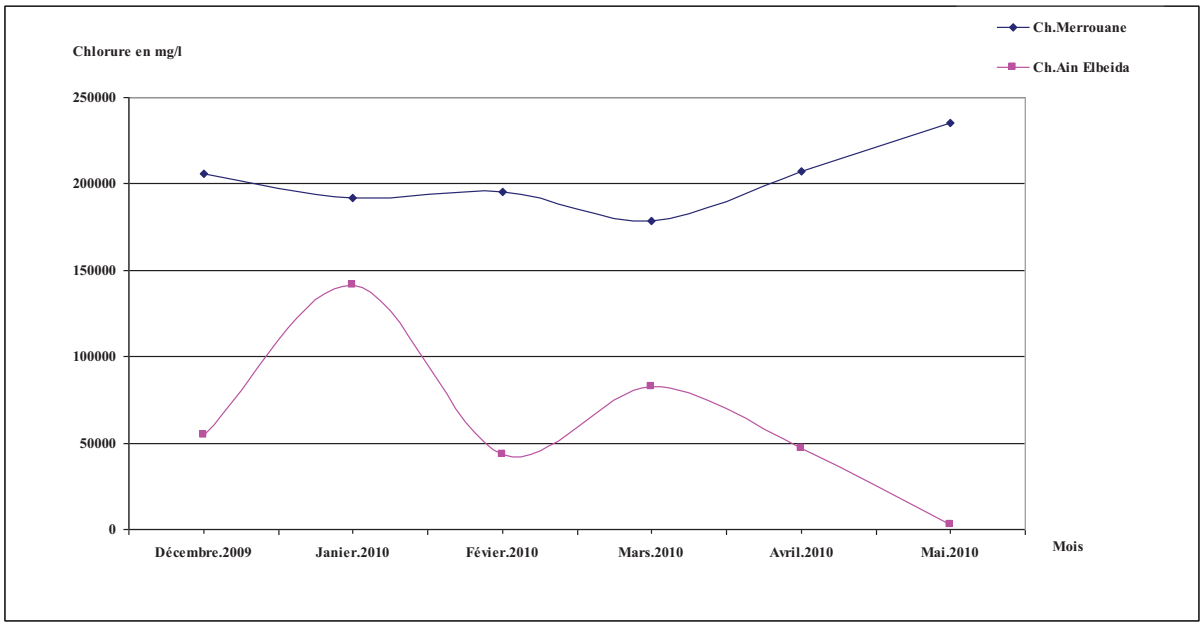


Figure.24. La teneur de chlorure dans les saumures.

II.1.2.6. Les sulfates

La représentation graphique des résultats d'analyse des sulfates dans les saumures des deux lacs, montre que chott Merouane présente de concentrations de sulfates plus faible que celle du Chott Ain El Beida. Figure.25. Alors que les eaux a deux sources d'alimentation en sulfates; par la dissolution des formations gypseux et avec des eaux résiduaire de drainage riche en sulfates.

L'évolution quantitative des sulfates en fonction du temps dans chott Ain El Beida, montrent deux phases distinctes; une augmentation des valeurs de mois de décembre jusqu'à le mois de Mars puis une diminution jusqu'à le dernier mois où ils exploitent un intervalle très long ; de 85951mg/l au mois de Mars à 35428mg/l au mois de Mai. Par contre au chott Merouane **;** Les sulfates présentent des concentrations variées légèrement dans le temps de

9931mg/l (Mars) à 19043mg/l(Décembre), Le comportement dans les chotts est géré par l'effet conjugué de dissolution-précipitation. Au début, le volume d'eau est minimal favorise la concentration des sulfates dans le bassin. Pour cela, nous pouvons déduire les éléments suivants :

- la croissance des concentrations des sulfates peut-être interprétée par une phase de dissolution des minéraux évaporitiques préexistants.
- la phase d'équilibre (dans chott Merouane ; qui s'étend jusqu'au début du mois d'avril), où les saumures deviennent saturés en sulfates, la longueur de cette période dépend à la vitesse de précipitation de sel.
- la diminution des teneurs avec une précipitation des minéraux sulfatés.

Ces comportements sont en relation avec les facteurs de température et d'évaporation.

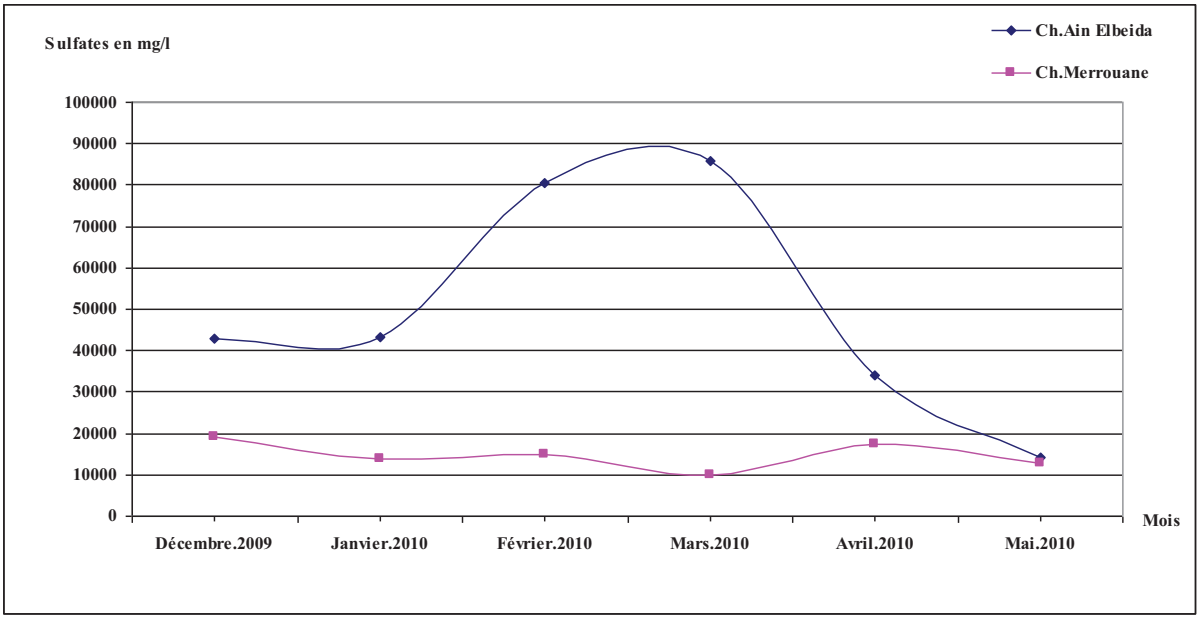


Figure.25. La teneur de sulfates dans les saumures.

II.1.2.7 Les bicarbonates

L'allure générale de la courbe des bicarbonates en fonction de temps montre que Les bicarbonates se présentent avec des teneurs plus faibles comparativement avec les autres éléments majeurs. Dans les échantillons des eaux du chott Merouane ; les bicarbonates varient avec une faible fluctuation de 439mg/l (Février) à 579.5mg/l (Décembre), en revanche les concentrations des bicarbonates dans chott Ain El Beida, montrent des fluctuations très

importantes de 464mg/l pour le mois de Mars à1723mg/l pour le mois de Mai. Figure.26. Ceci s'est manifeste sous l'effet conjugué de dilution-évaporation ; le premier, le volume d'eau dans le chott est minimal, par conséquent les concentrations des bicarbonates sont très élevées. Une augmentation de volume d'eaux, forme une diminution de la teneur puis une augmentation de nouveau dû à la dissolution des évaporites. Elles sont favorisées par une augmentation de la température qui influe directement sur le taux d'évaporation.

Dans chott Ain El Beida, les concentrations de bicarbonates sont très importantes, comparativement avec chott Merouane.

L'importance de la teneur des bicarbonates dans Chott Ain El Beida dû a la nature des eaux résiduaires et la composition des formations géologiques. D'où la présence des bicarbonates dans l'eau de la zone d'étude est due à la dissolution des formations carbonatées par des eaux chargées en gaz carbonique.

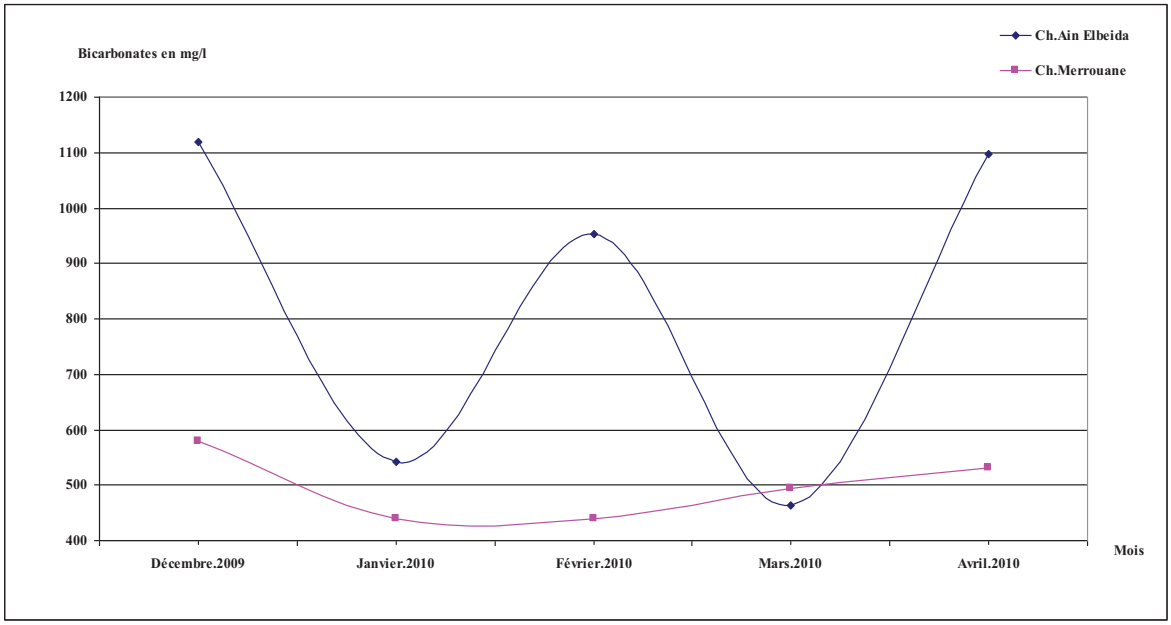


Figure.26. La teneur des bicarbonates dans les saumures.

II.1.2.8 Les carbonate

L'analyse des résultats montre des teneurs assez faibles en carbonates ; par rapport aux autres sels ; pour les deux chotts étudiés. Figure.27. L'absence complète de cet élément dans chott Merouane pourrait s'expliquer par la nature géologique des terrains de la région. En revanche, les carbonates sont présents dans chott Ain El Beida.

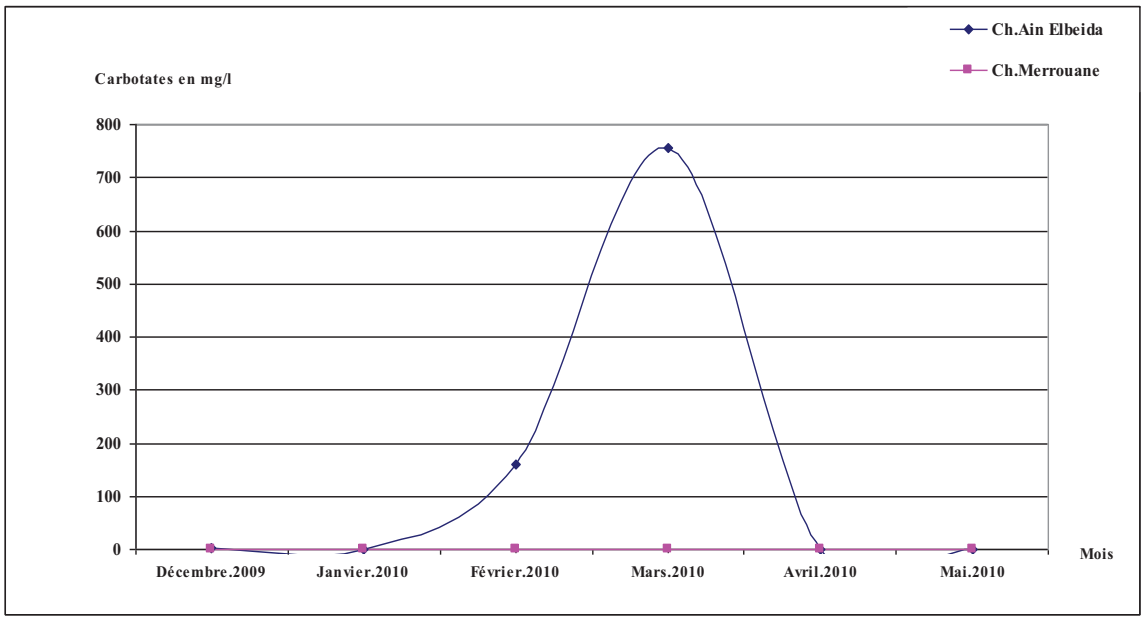


Figure.27. La teneur des carbonates dans les saumures.

II.1.2.9 Les nitrate

La pollution des eaux par les nitrates présente un double risque. Ingérés en trop grande quantité, les nitrates ont des effets toxiques sur la santé humaine. Par ailleurs, ils contribuent avec les phosphates à modifier l'équilibre biologique des milieux aquatiques en provoquant des phénomènes d'eutrophisation, voire de dystrophisation (**CNRS, 2000)**

Les nitrates sont utilisés comme indicateur de pollution. Ils jouent le rôle de fertilisant pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme NO3 **(Djermakoye, 2005)**.

Les valeurs des nitrates. Figure.28. apparaissent comme négligeables est nul dans les deux saumures durant toute la durée d'échantillonnage avec des quantités de l'ordre de 1 mg/l. Dans le cas des saumures de chott Ain Beida, les ions nitrates assimilés par les plantes aquatiques.

En signale que les nitrites et les nitrates sont des composés intermédiaires du processus de nitrification ou de dénitrification. Ils sont associés du fait que la transformation de l'un en l'autre s'opère par des bactéries (nitrobacters) du sol et de l'eau ; les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique sous l'action de bactéries nitrifiantes et les nitrites de l'oxydation incomplète sous l'action des Nitrosomonas. Les nitrates et les nitrites proviennent généralement de:

- l'utilisation des engrais ;
- l'industrie chimique ;
- l'industrie alimentaire (**Djermakoye, 2005)**, donc la faible contenue enregistrée dans le chott Merouane ne peut expliquer pas par l'absence totale de l'effet anthropique mais par la difficulté d'oxydation d'azote organique qui est activée par des bactéries aérobies autotrophes (Nitrosomona et Nitrobactère et influencée par certains facteurs ambiants tels que la température, le pH, la salinité, l'oxygène dissous,…demande des conditions de température, pH, salinité et oxygène stricte (**Chairi ,2005).**

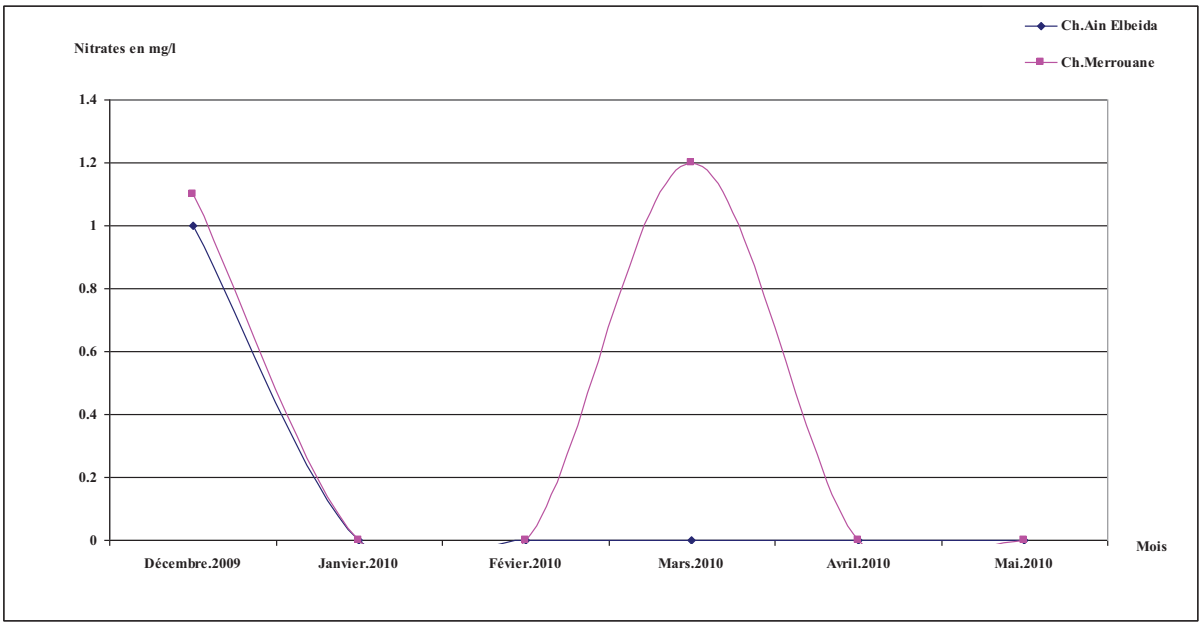


Figure.28. La teneur des nitrates dans les saumures.

II.1.3. Répartition des faciès chimiques

Le diagramme de Piper est largement utilisé pour comparer les compositions chimiques, en éléments majeurs, d'un grand nombre d'eaux. Les faciès hydrochimiques, d'après Jaeckli (1970), sont aussi fréquemment utilisés en hydrogéologie pour décrire grossièrement la composition d'eaux naturelles **(Derron, 2004).**

Pour la détermination du faciès chimique, le logiciel Diagrammes est utilisé afin d'établir le diagramme de Piper. Dans notre cas; chott Merouane et chott Ain El Beida; l'allure générale du diagramme de Piper montre un faciès chimique ***Hyper chlorurée sodique.*** Figure.29. Les teneurs en chlorure et sodium prennent la prédominance. Il est observé que les

chlorures sont dominants par leur origine géologique, précisément et à la forte évaporation des eaux.

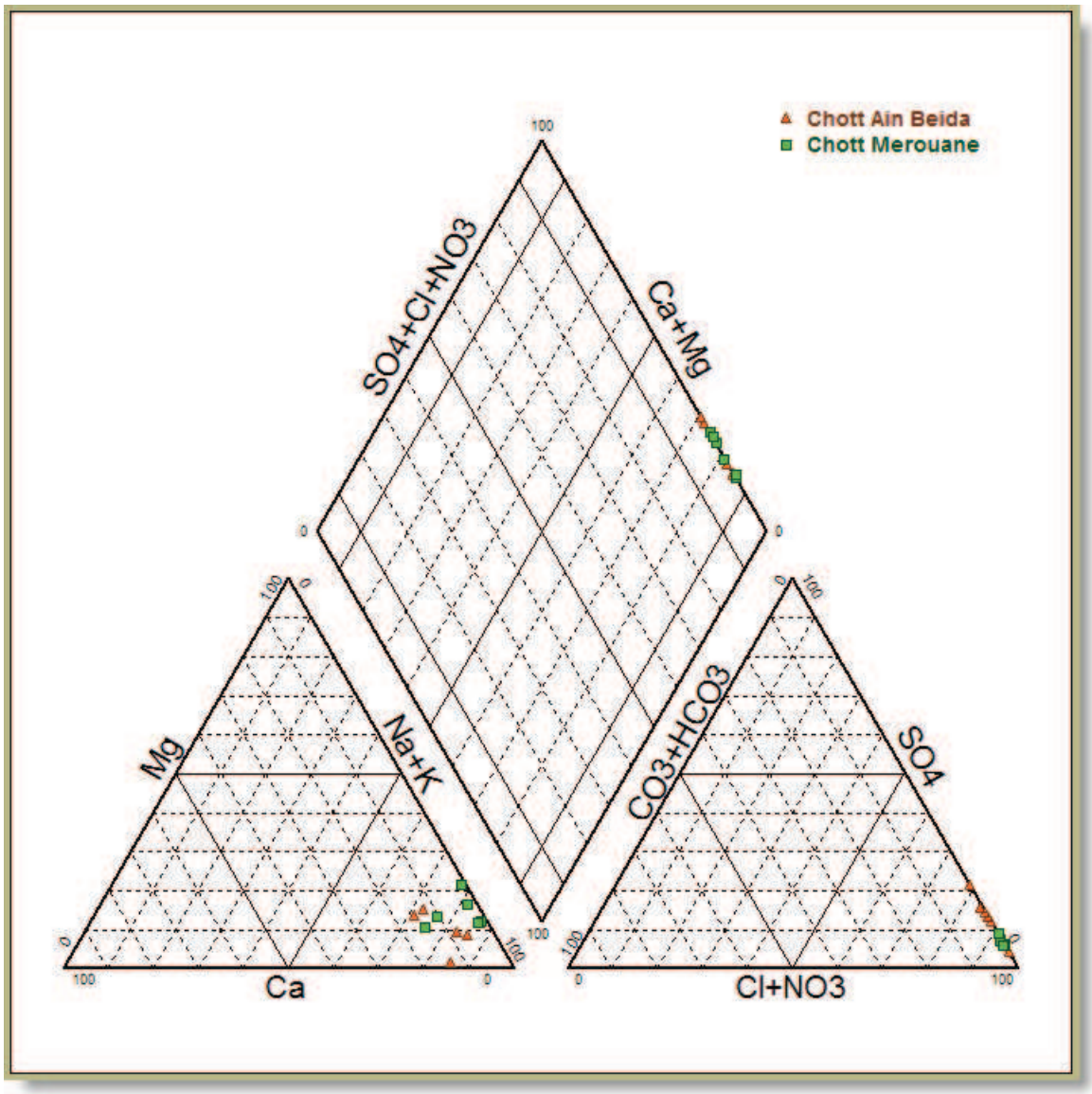


Figure.29. Représentation des compositions chimiques des eaux des deux chotts dans un diagramme de Piper.

II.1.4. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose. Sa concentration est très faible et le plus souvent proche du zéro dans les eaux résiduaires brutes, du fait des concentrations importantes en composés réducteurs et de l'activité des microorganismes présents. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. Elle est régie par la loi d'Henry qui établit une proportionnalité entre la pression partielle en O_2 dans l'atmosphère et sa concentration dans l'eau **(Rejsek, 2002).**

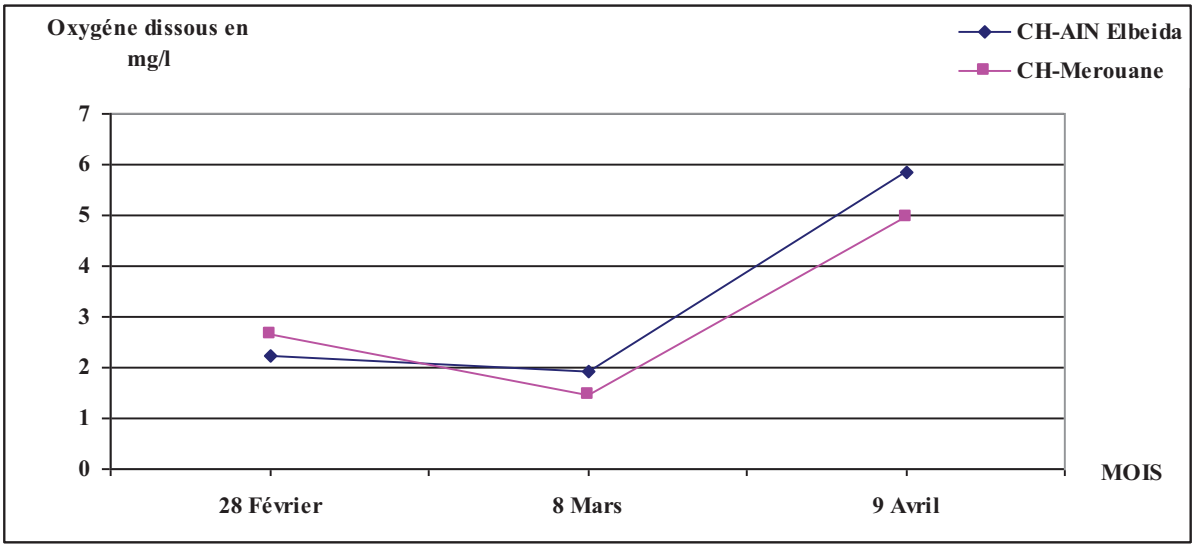
Le renouvellement de l'oxygène dans l'eau se fait de 2 manières:

- Par le contact avec l'atmosphère, surtout en cas de mouvement turbulent de la surface de l'eau ;
- Par la photosynthèse (l'excès de l'oxygène).

La consommation de l'oxygène se fait: de la respiration au cours de laquelle la molécule (matière organique) est oxydée pour dégager de l'énergie lors de la putréfaction par laquelle la matière organique morte, les bactéries réagirent avec l'oxygène **(Kahouadji, 2005)**.

L'oxygène dissous des eaux varie entre 1.94 mg/l et 5.84 mg/l au chott Ain El Beida et 1.47mg/l et 4.96mg/l au chott Merouane. Figure.30. Ces concentrations moyennes relativement faibles reflètent le taux de la charge organique existante réellement dans l'eau de chott de Ain El Beida, ceci pourrait être expliqué par la dégradation des matières organiques biodégradables déversées dans le cours d'eau par les microorganismes entraîne une consommation de l'oxygène dissous dans l'eau a ces niveaux très bas d'oxygène la fermentation des matériaux organiques s'installe et entraîne la baisse de pH. Les valeurs de l'oxygène dissous les plus élevées ont été enregistrées au mois d'Avril où les vents prend leurs vitesse maximum et assurer les mouvements de la couche superficielle, qui engendre un brassage continu de la masse d'eau et par conséquent un enrichissement de la phase dissoute mais de grand partie par la photosynthèse. Au niveau des saumures du chott Merouane, les résultats obtenus montrent des teneurs en oxygène irrégulières et faibles aussi, caractérisant

une arrivée d'eau plus pauvre en oxygène dés que les phénomènes d'auto-épuration au long de canal de Oued Righ, les faibles volumes acquérais par les mouvements des courants d'eau de lac sont exploitées dans le fonctionnement des quelques communautés halo-bactéries aérobies. Dans les deux cas l'oxygène est inferieur à la norme de qualité 7mg/l qui attestent à l'incapacité de ces milieux à maintenir la vie aquatique et à la faible assurance de l'autoépuration des charges polluantes.



Figures.30. L'évolution de l'oxygène dissous dans les saumures.

II.1.5. La demande chimique en oxygène

C'est un paramètre qui donne une indication sur les quantités de substances chimiquement oxydables présentes dans l'eau. La valeur de la DCO est une indication importante, avec laquelle on peut caractériser la pollution globale d'une eau ou d'eau usées par des composées organiques. C'est un des paramètres d'évaluation utilisé pour estimer les taxes de pollution que doivent payer les entreprises. Avec la valeur de la DCO, contrairement à la valeur de la DBO, les composés difficilement dégradables ou non dégradables biologiquement sont également mesurés **(Bliefert, 2005)**.

Les résultats d'analyse. Figure.31. montrent une forte charge exprimée en DCO pour les deux Chotts ; dans les eaux de chott Ain El Beida, correspondant à 7072mg/l en Mars (maximum) et 2581mg/l (minimum) de matières oxydables, il est à noter que ces valeurs sont

très élevées par rapport aux eaux du chott Merouane qui prend des valeurs limités entres 2024 et 398mg/L.

La DCO est largement supérieure à 80 mg /L. Cette valeur élevée de la DCO correspond à une forte teneur de matière organique présente dans le lac liée aux dépôts des eaux usées.

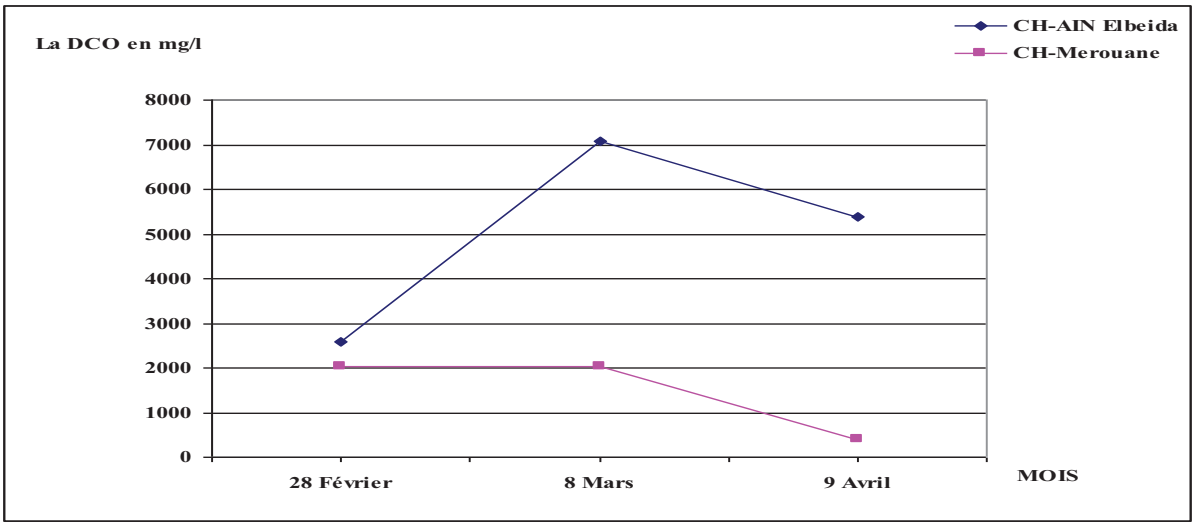


Figure.31. La demande chimique en oxygène.

II.1.6. La demande biochimique en oxygène DBO

La DBO exprime la consommation naturelle d'oxygène en g/litre des corps contenus dans l'eau, dégradés par les bactéries du milieu par une oxydation. L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation de dioxygène (O2). La mesure de cette demande en oxygène permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables, donc son degré de pollution ou sa qualité. La DBO peut-être caractérisée par les besoins des bactéries épuratrices. Cette valeur est d'autant plus intéressante que beaucoup de stations d'épuration épurent par voie biologique .L'évolution de la DBO permet donc en principe de suivre l'efficacité du traitement. La dégradation des composés glucidiques, lipidiques et protidiques se traduit dans un premier temps, par une décomposition des chaînes carbonées. Celle-ci commence immédiatement dure 20 jours et demande beaucoup de temps. Dans ces conditions il a été retenu conventionnellement d'exprimer la DBO en mg de dioxygène (O2) consommé pendant 5 jours à 20°C (DBO_5). La

DBO_5 indique l'influence probable des eaux usées sur les cours d'eau récepteurs, du point de vue de la réduction de leur teneur en oxygène.

Plusieurs facteurs influent sur la valeur de la DBO :

- Un pH hors de l'intervalle 6,5-8,5 ; la DBO mesurée ne correspond alors qu'à une fraction de la DBO réelle.
- La variation de température affecte tous les processus biologiques (**Djermakoye, 2005).**

La DBO_5 prend des valeurs très fortes dans les deux types saumures; de 100 à 500mg/l au chott Merouane et de 100 à 150mg/l au chott Ain El Beida sont significatives d'une charge organique biodégradable plus forte qui donne une indication sur la richesse des saumures aux matières organiques. Figure.32. Ces valeurs développent d'une manière différente dans les deux cas. Les teneurs enregistrées en matières organiques pourraient surtout provenir d'une pollution d'origine exogène (rejets urbains et pratiques agricoles) et très peu de pollution naturelle (végétation en décomposition).

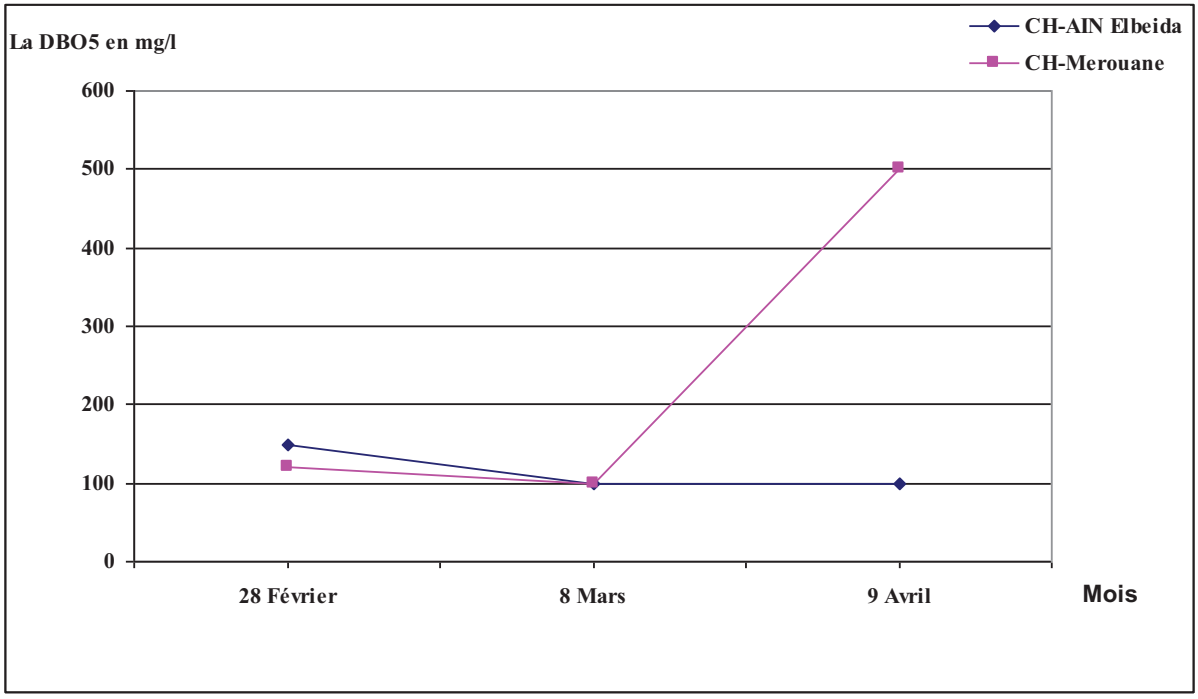


Figure.32. La demande biochimique en oxygène.

Le quotient entre la DBO_5 et la DCO ou l'indice de biodégradabilité est de 0.001 à 0.058 pour chott Ain El Beida et de 0.004 à 0.125 pour chott Merouane; indiquant une faible biodégradabilité du rejet ou d'autre manière la quantité de composés non dégradables biochimiquement est élevée. Figure.33. Celle-ci serait plus complète si le métabolisme bactérien n'était pas inhibé par la présence excessive des sels toxiques.

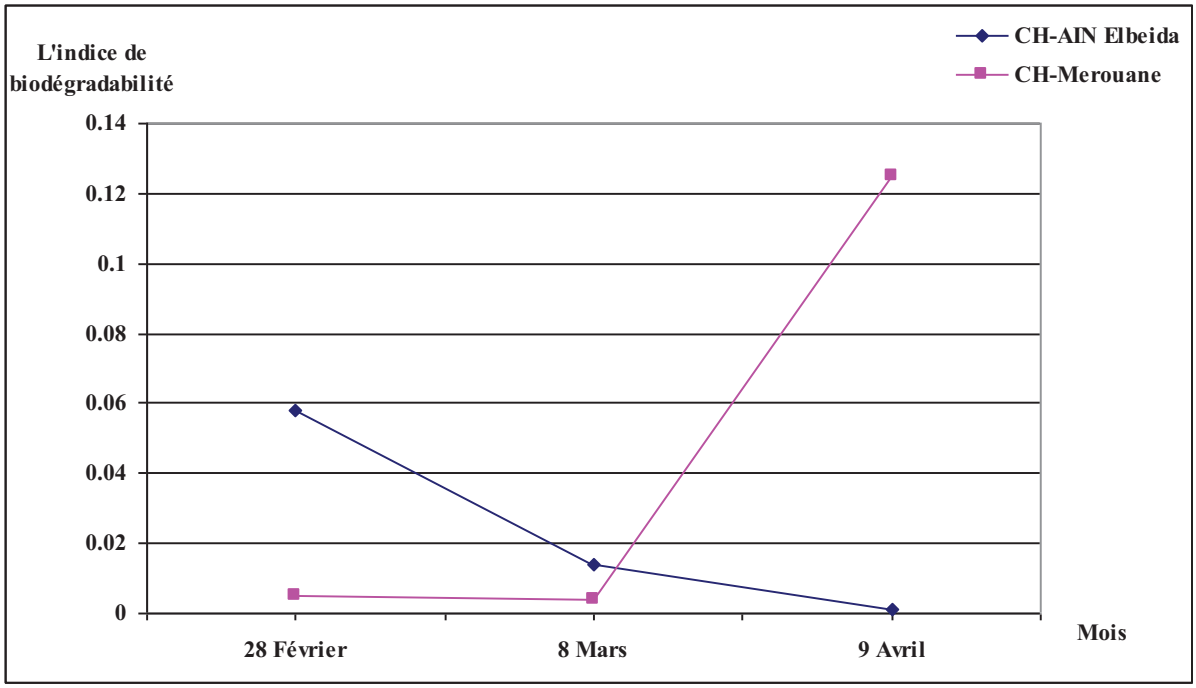


Figure.33. L'indice de biodégradabilité.

II.2. La qualité bactériologique des eaux

Sur le plan bactériologique, le problème majeur demeure dans l'introduction, dans les écosystèmes aquatiques, d'espèces bactériennes polluantes entraînant des perturbations environnementales et des risques sanitaires importants. Universellement, la pollution bactériologique de l'eau est évaluée par la recherche et le dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale dont la présence en nombre élevé indique une pollution d'origine fécale et la présence probable de microorganismes pathogènes **(Burton et al, 1987 in Aboulkacem et al, 2007)**. Selon **Djermakoye (2005)** ; La pollution microbiologique est une autre forme de pollution organique. Les déchets organiques, en particulier les excréments, contiennent des germes **pathogènes** (virus, bactéries ou parasites) véhiculés par l'eau, la pollution bactériologique du lac à des conséquences graves sur la santé des populations lacustres.

Les résultats des analyses bactériologiques. Figure. 34, Photo. 38. montrent la présence des germes totaux au mois de Février et Avril et l'absence complète de coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux dans les eaux de deux chotts, alors on peut dire, la contamination fécale est faible qui peut provient sous d'autres espèces des bactéries.

Les colonies des germes totaux énumérés à 22°C sont plus élevées que celles dénombrées à 37°C dans les deux chotts. Ceci est probablement dû au fait que les bactéries autochtones sont les composants dominants de la population totale même dans les rivières polluées **(Garnier et al, 1992 in Aboulkacem et al 2007).**

La faiblesse enregistrée au niveau des chotts peut être due à la présence de prédateurs bactériens tels que les protozoaires **(Servais et al, 1985 Aboulkacem et al, 2007)** comme elle peut être liée aux rejets de produits toxiques d'origine salique et l'effet de la salinité.

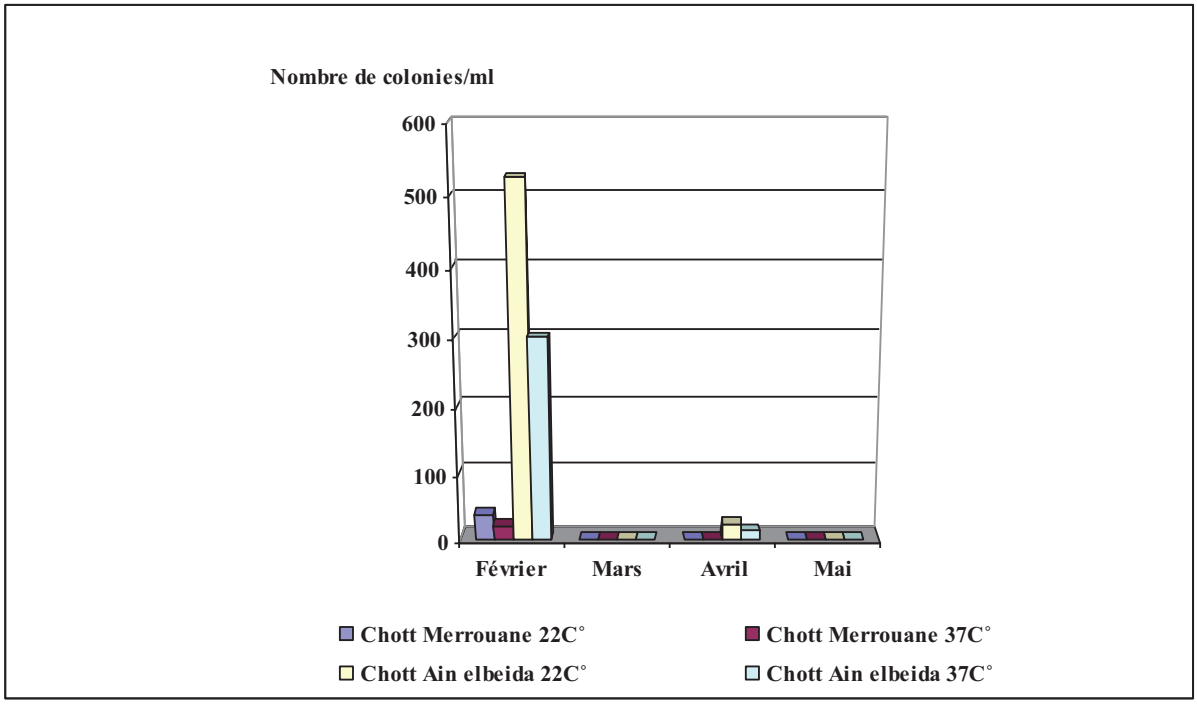


Figure. 34. La variation des germes totaux dans les deux chotts.

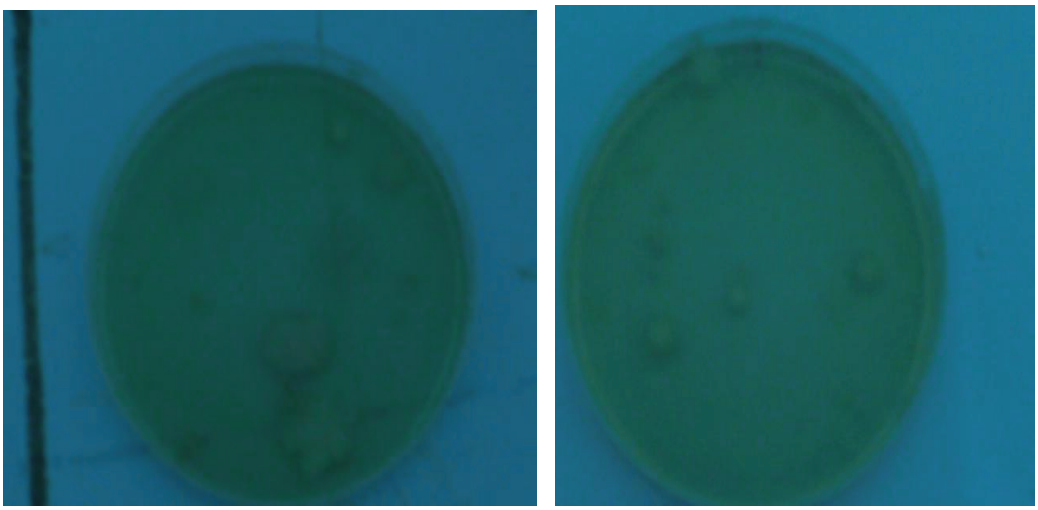


Photo.38. Les colonies des germes totaux dans les eaux de Chott Ain El Beida (à droite à 37°C et a gauche au 22°C).

II.3. Evolution géochimique Spatiale

Les résultats analytiques des saumures montrent que la composition des saumures du Chott Merouane est généralement homogène dans les deux stations de prélèvements.

Dans chott Ain El Beida, les eaux sont hétérogènes aussi bien sur le plan spatial que sur le plan temporelle.

II.3.1. Mois de Décembre

Dans le mois de Décembre nous avons remarqué que la concentration des éléments de Chlorure (Cl^-) et de Sodium (Na^+) est plus élèves dans toutes les stations de chott par rapports aux autres éléments, dans la première station les teneurs de Chlorure et de sodium sont respectivement de 224045mg/l et 113850mg/l, leurs concentrations diminuent au Sud vers le Nord. Les valeurs minimales de ces derniers éléments sont enregistrées dans la 3eme station de 22979,5mg/l pour le chlorure et à 15500mg/l pour le sodium. Par contre, les autres éléments sont très faibles que les premiers, stables et varient légèrement selon le sens d'écoulement (Sud vers Nord). Figure. 35.

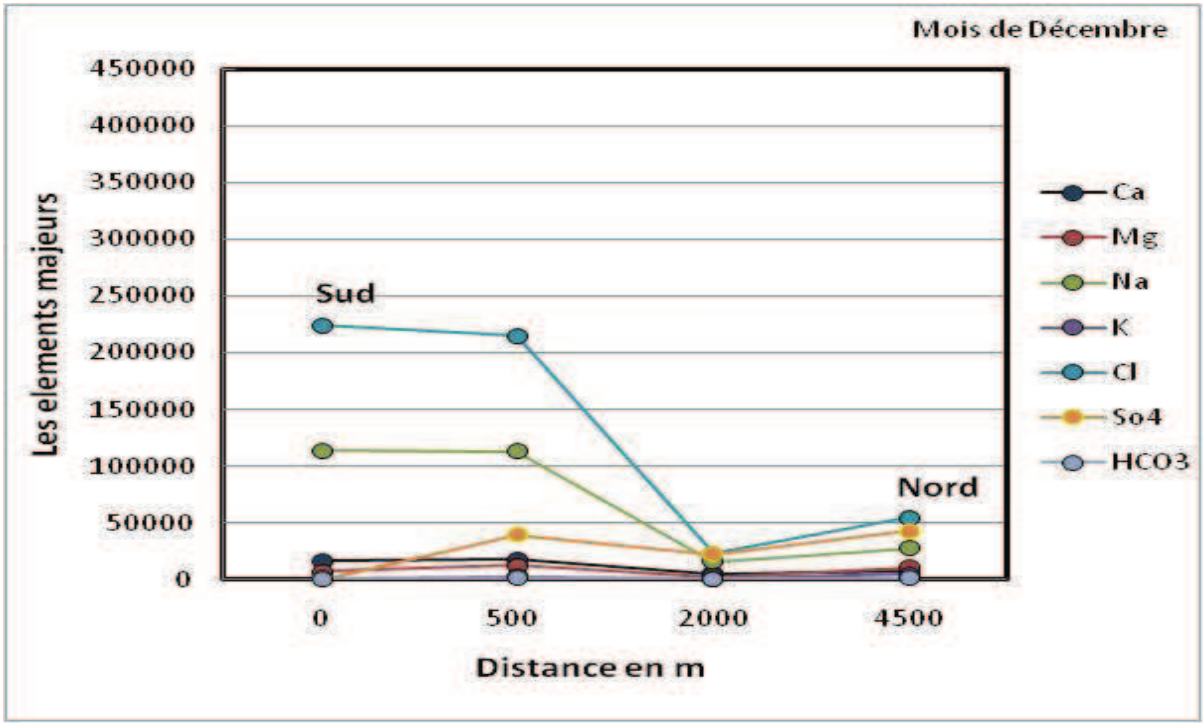


Figure.35. Evolution des éléments majeurs en fonction de la distance dans le mois de Décembre.

II.3.2. Mois de Janvier

Dans le mois de Janvier ,on remarque que le comportement de Chlorure (Cl^-) et Sodium (Na^{++}) est inversement proportionnel par rapport aux sens d'écoulement Sud vers Nord, la concentration de Chlorure augmente dans la première station où la valeur minimale est de 141613mg/l, par contre dans la quatrième station la valeur maximale de Chlorure est de 410950mg/l, le Sodium a une concentration de 95625mg/l dans la première station et 44500mg/l dans la quatrième station, les autre éléments ont une concentration plus faible et moins variés par rapport à la distance. Figure.36.

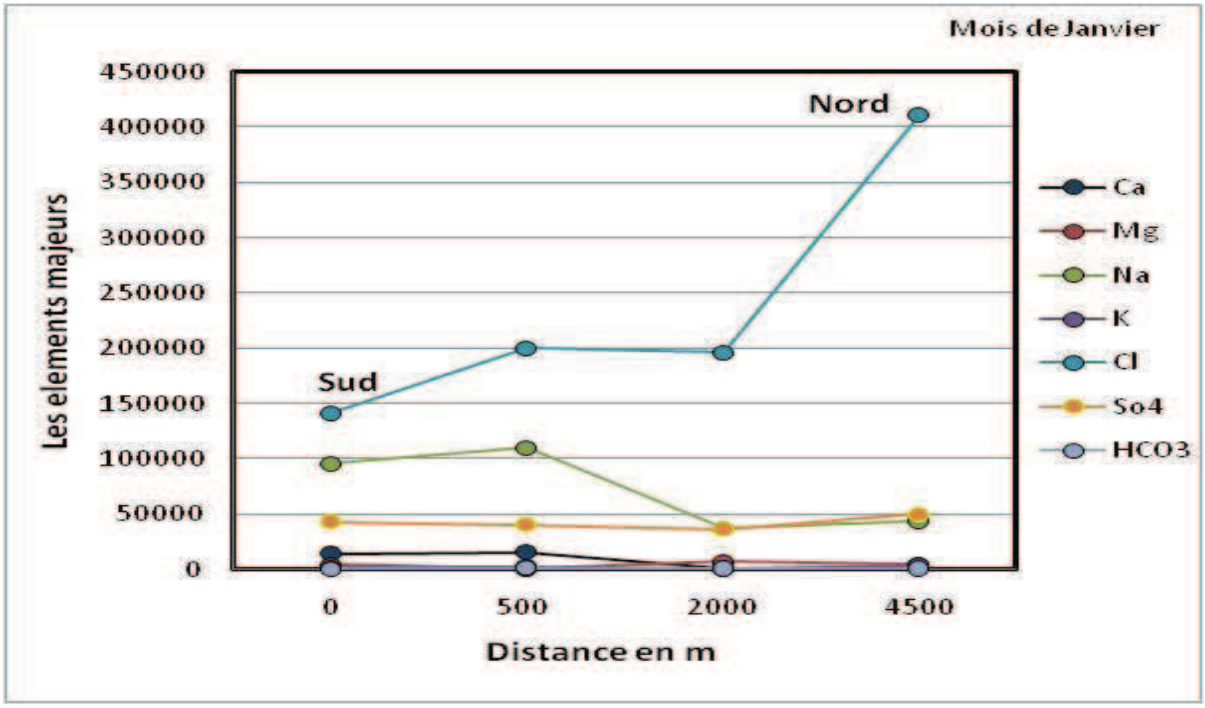


Figure.36. Evolution des éléments majeurs en fonction de la distance dans le mois de Janvier.

II.3.3. Mois de Février

Dans le mois de Février on observe que la concentration des éléments de Chlorure (Cl^-) et de Sodium (Na^+) diminue de l'amont à l'avale ; Sud vers le Nord, les valeurs maximales sont respectivement 214253mg/l et 114375mg/l dans la 1er station et les valeurs minimales dans la 3eme station est de 43605mg/l pour le chlorure et 37000mg/l pour le sodium. Figure. 37.

Les Sulfates (SO_4^-) ont leur valeur minimale dans la 2eme station est de 10033mg/l et leur valeur maximale dans la 4eme station de 80514mg/l.

Les éléments de K, Ca et HCO_3 ont des faibles concentrations dans toutes les stations.

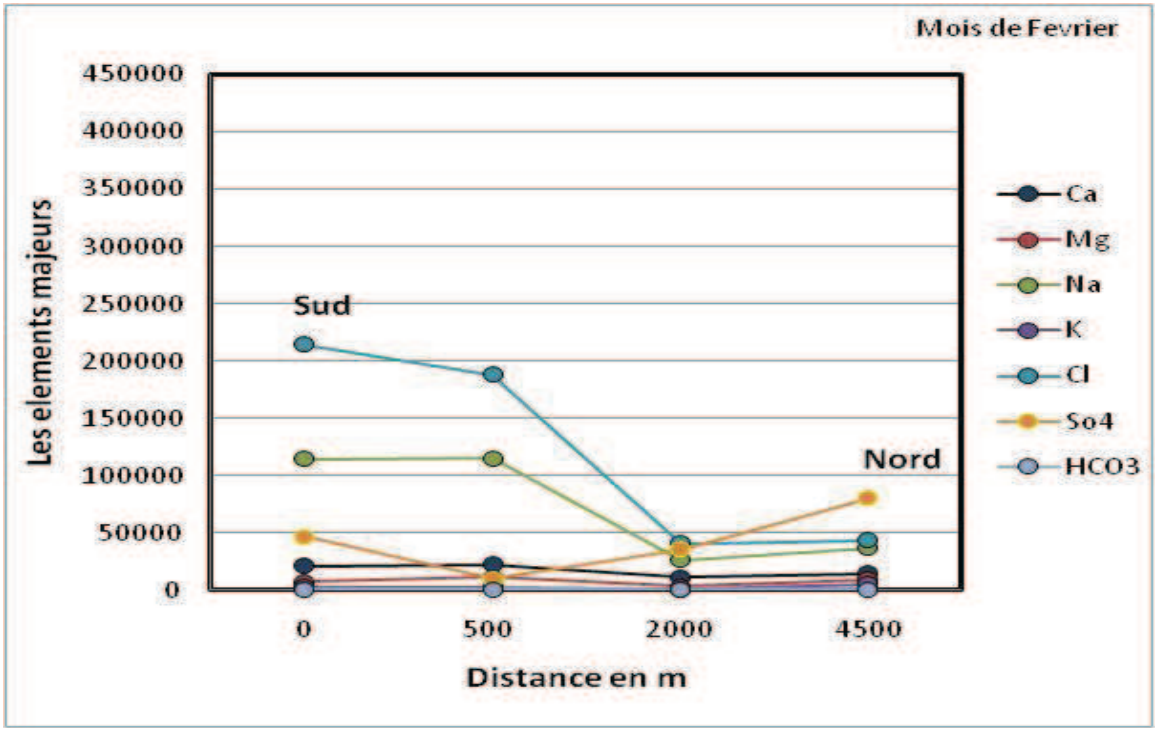


Figure.37. Evolution des éléments majeurs en fonction de la distance dans le mois de Février.

II.3.4. Mois de Mars

Dans le mois de Mars, l'orientation des courbes des éléments montres que la première station connue une diminution brutale dans la concentration des Na et Cl principales éléments (17712mg/l pour le Chlorure, 16600mg/l pour le Sodium et 21667mg/l pour les sulfates) qui sont reste ont des concentrations remarquables dans la station deux où apparait leurs valeurs maximales sont 164870mg/l pour le chlorure et 116000mg/l pour le sodium, le sulfate prend la valeur maximale dans la station quatre est de 85951m/l. Figure.38.

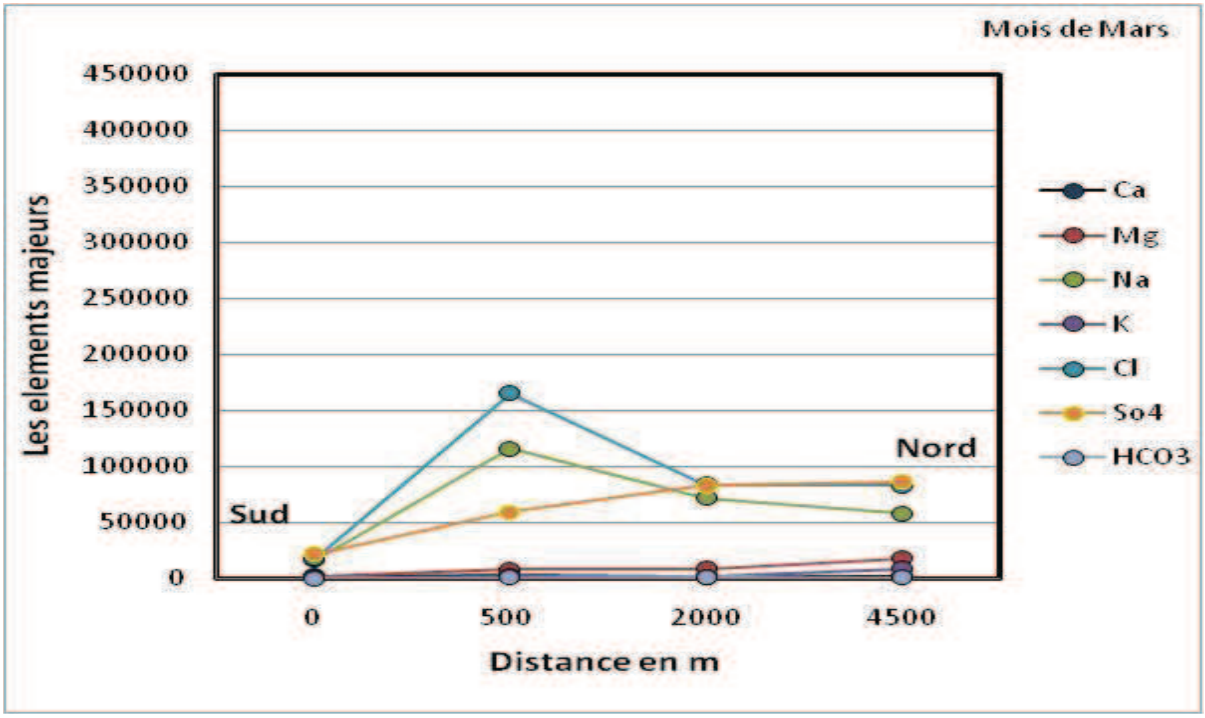


Figure.38. Evolution des éléments majeurs en fonction de la distance dans le mois de Mars.

Par conséquent, l'eau de chott Ain El Beida sont généralement hétérogène, aussi bien sur le plan spatiale que sur le plan temporel, quelques éléments montrent des concentrations importantes en amont que l'aval, selon le sens d'écoulement des eaux par exemple(Cl). D'autre, par contre se concentration dans l'avale c'est dans la partie nord du chott (SO_4), cela peut-être expliqué par des sources d'alimentation, re-concentration de quelque élément par lessivage, alors que d'autre élément devinent sur saturé dans le système et se précipite avant d'arriver a l'aval, cette répartition géochimique joue un rôle principale sur les groupements végétales.

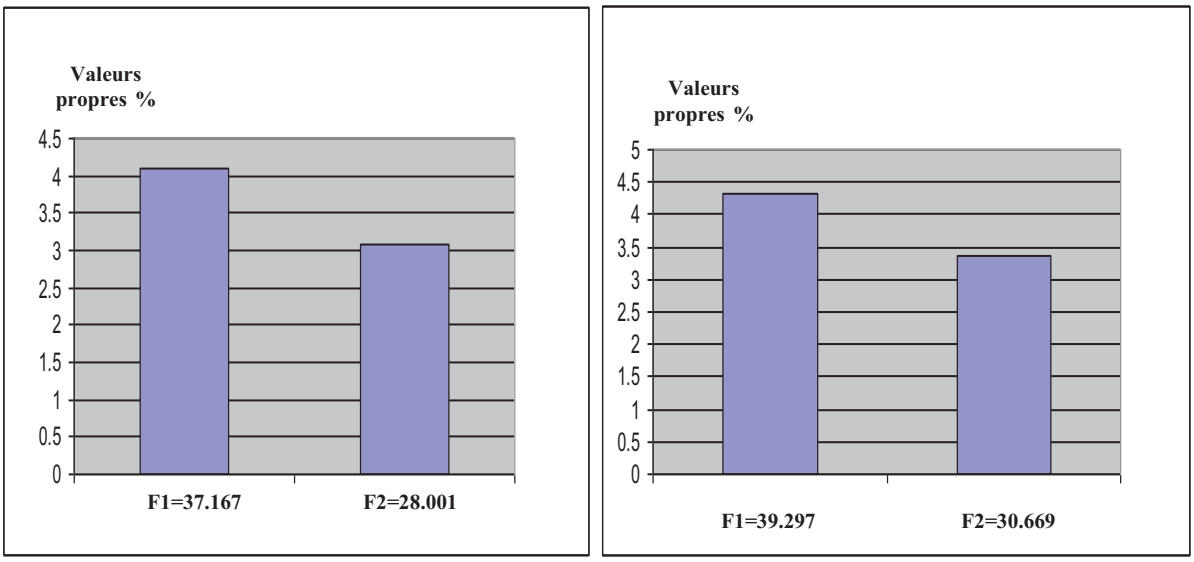
Sur le plan temporel, quelques éléments se cristallisent et s'intègre facilement dans les réseaux cristallin dans les phases précoces l'évolution géochimique (Ca, Mg), d'autres s'intègrent difficilement dans les réseaux cristallins et restent dans les eaux (Cl, Na, SO4), cela est en relation avec les produits de solution de ces éléments.

II.4. L'analyse statistique des données

L'analyse en composantes principales (ACP) effectuée nous a permis de classer et de traiter les informations relatives aux paramètres physico-chimiques et des éléments majeurs métalliques dans l'eau au cours de la période d'étude par l'établissement des corrélations

entre l'ensemble des variables dans Chott Merouane et dans Chott Ain El Beida. Cette ACP a été effectué sur une matrice des données constituée de 25 prélèvements au cours desquels les 11 variables (température de l'eau, conductivité électrique, pH, HCO3, CO3, Na, Cl, SO4, K, Ca et Mg) ont été mesurées.

Les valeurs propres des deux composantes F1 et F2 et leur contribution à l'inertie totale sont représentées dans la Figure. 39



A. Le chott Ain El Beida *B. Le chott Merouane*

Figure. 39. La répartition de l'inertie entre les axes.

Les codes des variables ayant une forte corrélation et leurs coordonnées sont représentés dans le tableau 07.

. Tableau. 07. *Codes de l'ACP et corrélations des variables avec les axes.*

STATION		CODE	Campagnes	Code	Variable	Code	Axe 1	Axe 2	Variable	Code	Axe 1	Axe 2
Chott	1	SA1	Décembre	D	Chlorure	Cl	0.931	-0.062	Carbonates	CO3	-0.189	0.899
Ain Elbeida	2	SA2	Janvier	J	Sodium	Na	0.925	0.011	Sulfates	SO4	0.428	0.718
	3	SA3	Février	F	Calcium	Ca	0.689	-0.270	Potassium	K	0.068	0.808
	4	SA4	Mars	M	Conductivité	c25°C	0.864	-0.119	Magnésium	Mg	0.555	0.766
			Avril	A	électrique							
			Mai	N		pH	-0.631	0.549				

A. Chott Ain El Beida.

STATION		CODE	Campagnes	Code	Variable	Code	Axe 1	Axe 2	Variable	Code	Axe 1	Axe 2
Chott	1	SM1	Décembre	D	Chlorure	Cl	0.944	0.139	Bicarbonates	HCO3	0.360	0.887
Merouane	2	SM2	Janvier	J	Potassium	K	0.969	-0.037	Sulfates	SO4	-0.017	0.836
			Février	F	Sodium	Na	0.899	-0.293	Magnésium	Mg	0.307	0.905
			Mars	M	Conductivité	c25°C	0.753	-0.508	Calcium	Ca	-0.365	-0.629
			Avril	A	électrique				Température	T°	0.638	-0.323
			Mai	N								

B. Chott Merouane.

Les résultats. Tableau. 07 et Figure. 39. permettent d'effectuer une première approche typologique des différentes variables selon leurs affinités et leurs regroupements sur les deux premières composantes principales à partir de leur contribution. Les deux premiers axes déterminent 65.17 % de l'information totale (37.167 % pour l'axe 1 et 28.001 % pour l'axe 2) dans chott Ain El Beida et de 69.97 % (39.297 % pour l'axe 1 et 30.669 % pour l'axe 2) dans chott Merouane.

Les valeurs propres de l'ACP, les cartes factorielles et les cercles de la corrélation sont représentés dans la figure. 40.41.42.

. Les cercles de corrélation

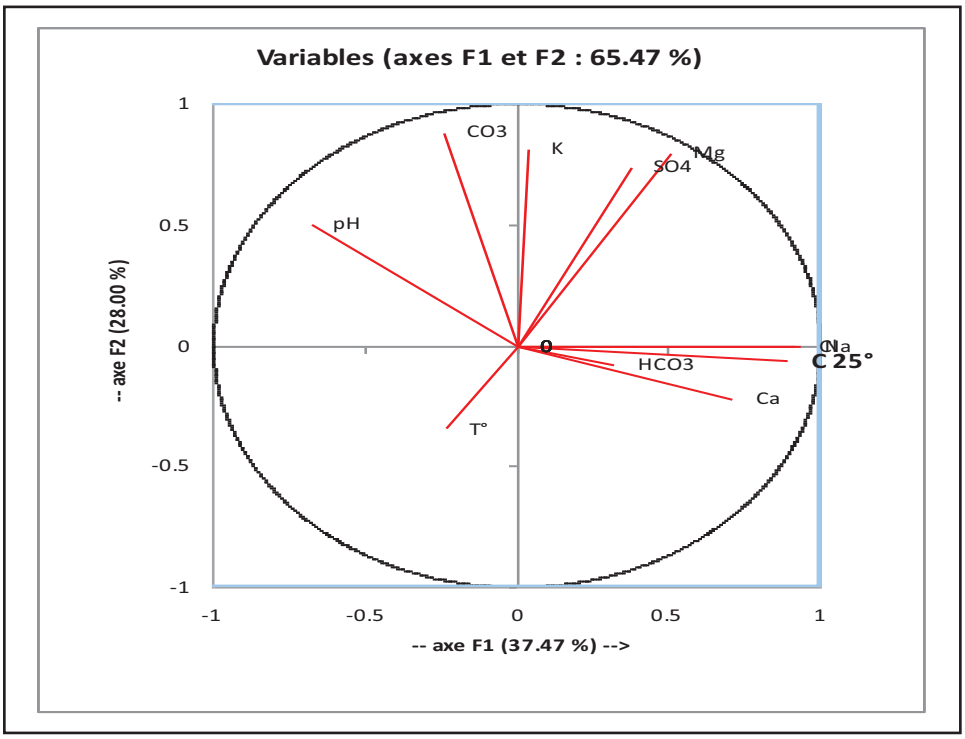
Selon le cercle de corrélation de chott Ain El Beida. Figure. 40. A. avec un seuil de 5 % ; Une corrélation positive significative a été observée entre CO_3 et K+, CO_3 et Mg, CO_3 et pH, SO_4 et K+, SO_4 et Mg, Na et Cl, CE et Cl, K et Mg, Na et Ca, Na et CE, Ca et CE. Une corrélation négativement significative a été observée entre la CE et le pH. La corrélation entre les élément couples est différents dans les saumures de chott de Merouane (Figure 40.B), d'où la corrélation significative positivement sont représentés entre HCO_3 et SO_4, HCO_3 et Mg, SO_4 et Mg, Cl et K, Cl et Na, Cl et CE, K et Na, K et CE, Na et CE, CE et T°. La corrélation significative négativement présentée par HCO_3 et Ca. Ces liaisons témoignent de l'influence salifère de la région sur le chimisme de l'eau qui forme la spéciation des systèmes évaporitiques.

Dans le plan factoriel F1 x F2

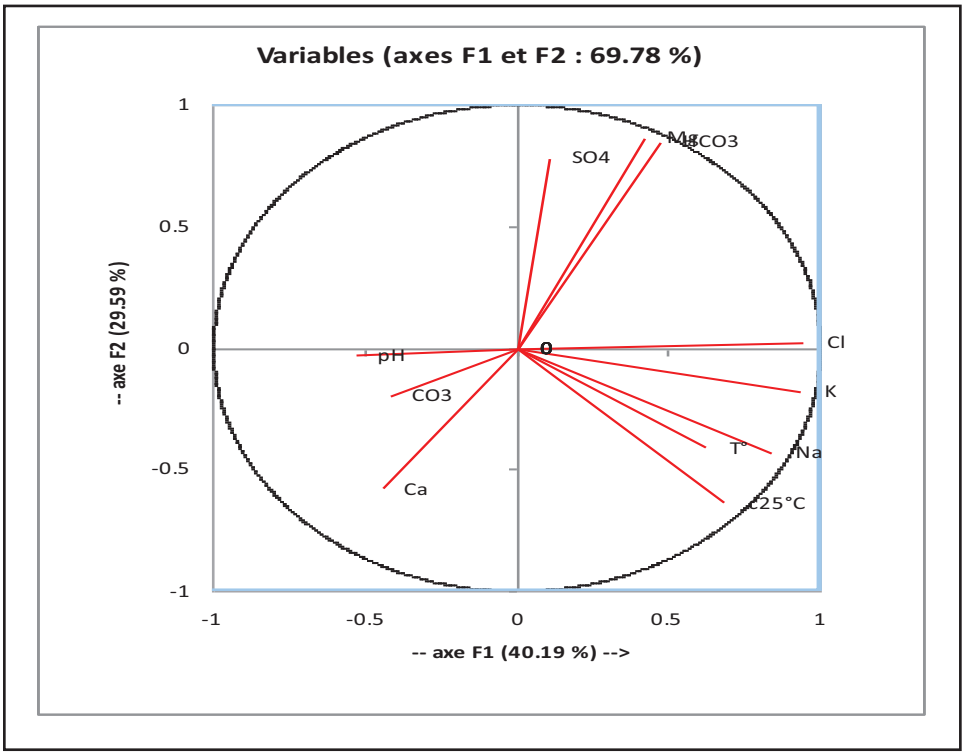
Pour chott Ain El Beida, l'axe 2 est déterminé par la chlorure (r=0,931), le sodium (r=0,925), la conductivité électrique (r=0,864) et le calcium (r=0.689) opposé au pH(r=-0,631). Il définit le gradient de minéralisation de fait que le Na, le Cl et Ca sont les éléments

responsables de la forte minéralisation des eaux. L'axe 1 est par contre représenté par les carbonates, le potassium, le magnésium, les sulfates et le pH (respectivement r=0.899, r=0.808, r=0.766, r=0.718 et r=0.549) (Figure 40.A). Il définit le gradient évaporétique d'où ces minéraux qui sont d'origine souterrain de mipliocène (gypse). En effet, l'augmentation de la concentration de Na, Ca et Cl permet l'ascendance de la salinité (conductivité) et de maintenir le pH à des valeurs moins élevées au voisinage de 7 contrairement le pH est varié sensiblement avec les carbonates, le potassium, le magnésium et les sulfates.

Pour chott Merouane, l'axe 1 est déterminé par le potassium (r=0.969), la chlorure (r=0,944), le sodium (r=0,899), la conductivité électrique (r=0,753) et la température (r=0.638) opposé au pH(r=-0,547). Il définit le gradient de minéralisation et thermique au même temps qui se traduit par des eaux froides pendant le mois de Décembre et chaudes pendant le mois de Mai donc la forte minéralisation dans cet chott pas liée au Ca. Cependant, l'influence de la saisonnalité, particulièrement la température, semble coïncide avec la conductivité électrique qui augmenté avec la concentration des K, Cl et Na. L'axe 2 est par contre représenté par le magnésium, les bicarbonates et les sulfates (respectivement r=0.905, r=0.887 et r=0.836) opposé au calcium (r=-0.629) et la conductivité électrique (r=-0.508). Figure. 85. B. Il définit le gradient évaporitique le Mg et So_4 d'origine de miopliocéne.



A. chott Ain El Beida

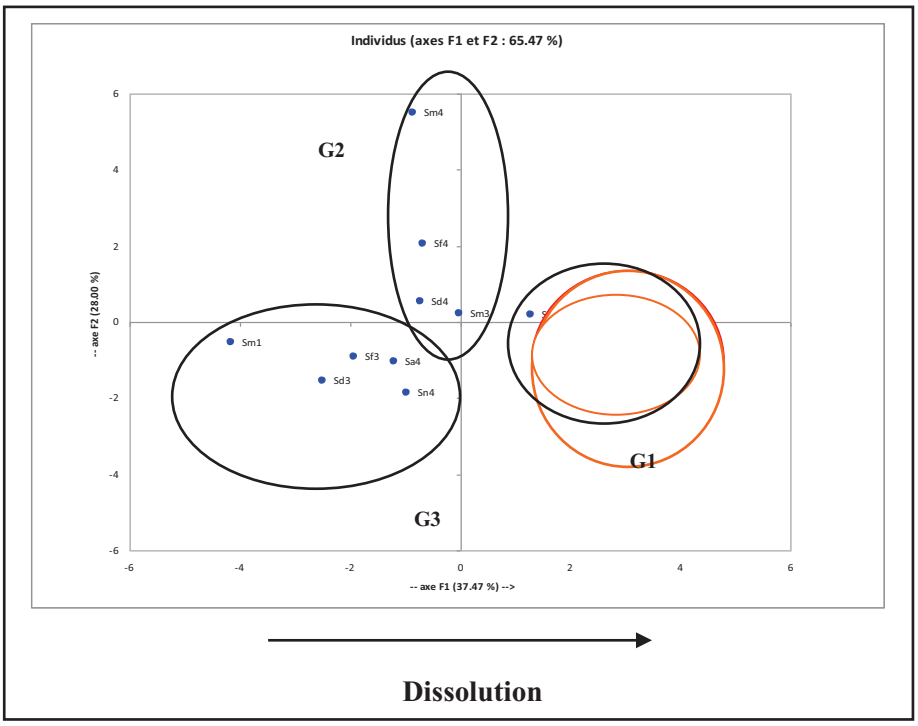


B. chott Merouane.

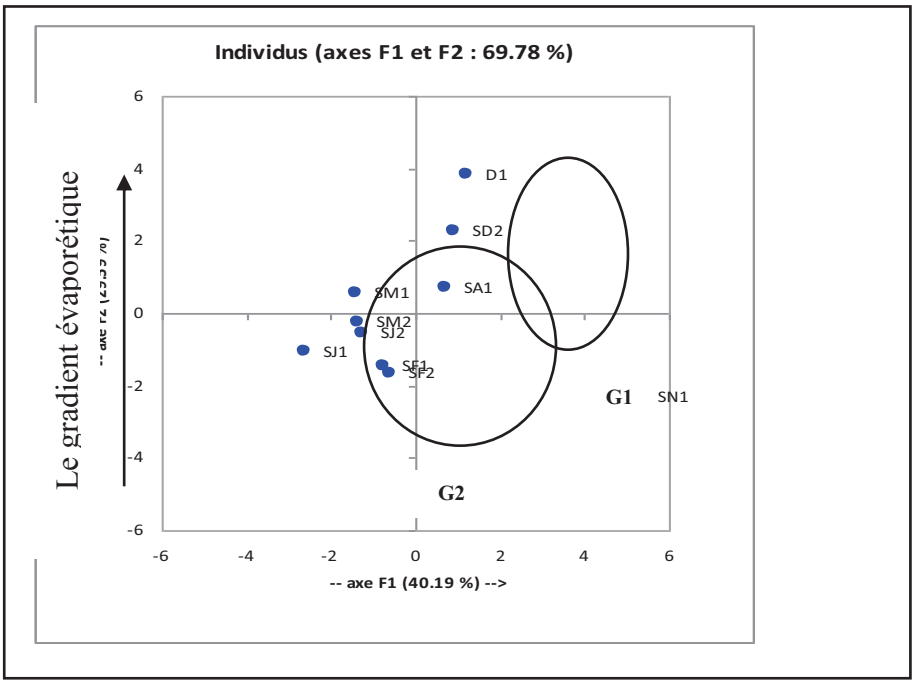
Figure.40. Les cercles de corrélation des variables

L'analyse globale de cartes factorielles des individus et des biplots permet de définir une typologie dominée par l'individualisation de trois groupes de stations GI, GII et GIII dans chott Ain El Beida et deux groupes de station dans chott Merouane. Figure. 78. Cette organisation spatiale dégage la position exacte des stations par rapport à leur situation : Le groupe I (GI) comprend la station 01 et 02; GI (Sd1, Sj1, Sf1, Sd2, Sf2, Sm2) situées en amont dans une zone à forte minéralisation durant les premiers mois d'échantillonnage (Décembre, Janvier, Février et Mars) qui se caractérise par un fort continu en Na, Cl et Ca d'origine géologique, on peut dire que ce partie est moins touché par les effets destructive de l'homme, elle conservé les caractères naturelles précédents. Ce groupe est opposé au groupe III (GIII) représenté par la station 03 pendant les mois de Décembre et Février et la station 04 durant les mois d'Avril et Mai; les plus en aval, la station 01 apparaît au mois de Mars; GIII (Sd3, Sf3, Sa4, Sn4 et Sm1). Il est caractérisé par une faible minéralisation dans toute la durée d'échantillonnage liée aux influences hydrogéologique. La présence de ces éléments pourrait être liée aux eaux de drainage. Entre les deux groupes se situe le groupe II (GII) représenté par les stations 3 dans le mois de Mars et 4 au mois de Décembre, Février et Mars; GII (Sd4, Sf4, Sm3 et Sm4), il caractérisé par la charge importante en Co3, Mg et SO_4 et une minéralisation faible par rapport aux autres groupes, le rôle de remonté de la nappe phréatique est trop remarquable dans ce groupe car ces points plus bas permets l'apparition des eaux profonds surtout dans la période de crue par l'accentuation d'irrigation (Mars, Avril).

L'organisation des stations de chott Merouane dans deux groupes inspire que le plan d'eau est homogène que le premier quand les deux stations échantillonnés repose sur un large plan d'eau sous forme d'un grand lac, l'apparition des groupes a de base évapoétique ; le premier groupe représenté par la station 01 dans le mois de Décembre et Avril et la station 02 au mois de Décembre ; GI(SD1, SD2, SA1);caractérisé par un fascié dominé par les trois éléments bicarbonate, sulfate et magnésium au début de la période d'échantillonnage quand ces éléments d'origine de Miopliocène, puis évolue vers une qualité calcique et chlorique et sodique à la fin de la durée d'échantillonnage sous l'effet de la dissolution des couches salifères par les eaux d'apport de Oued Righ représenté par le groupe 02 ; GII (SJ1, SJ2, SF1, SF2, SM1, SM2).

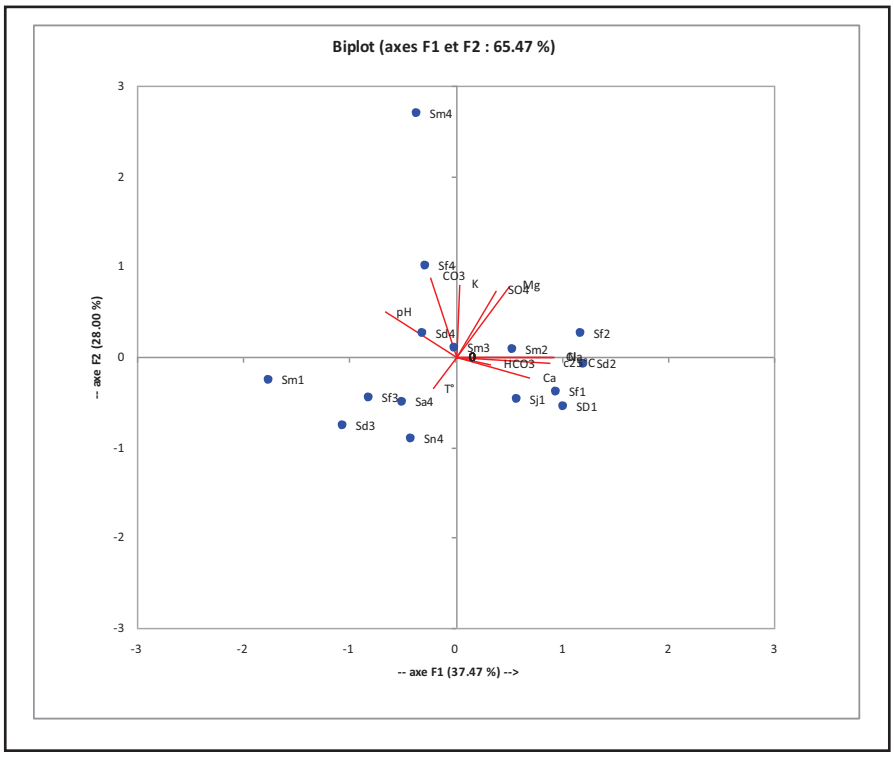


A. chott Ain El Beida

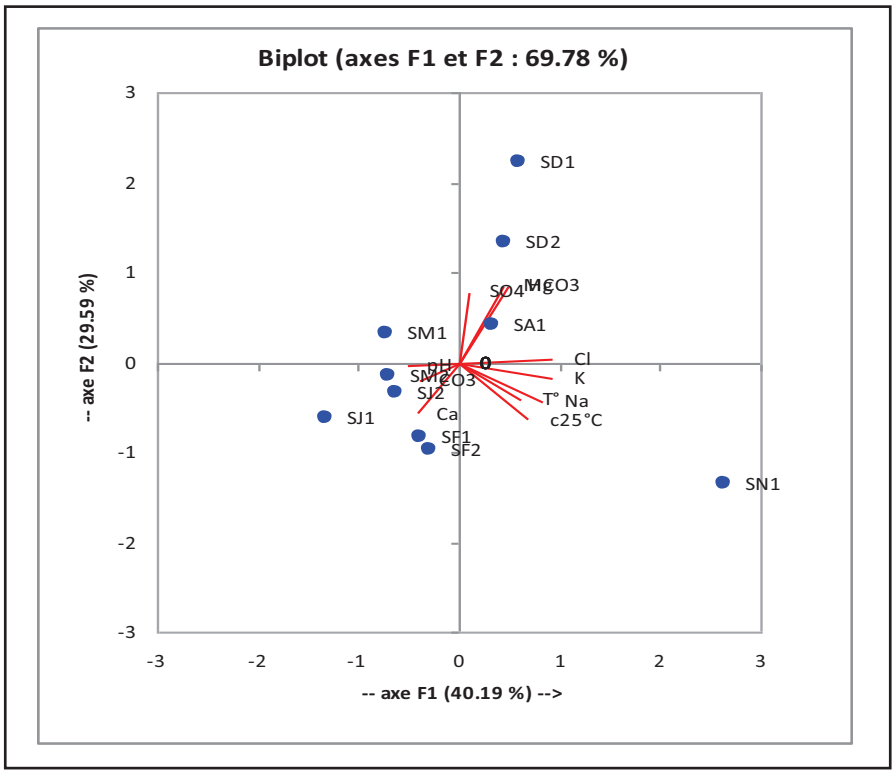


B. Le chott de Merouane.

Figure.41. Les cartes factorielles des stations.



A. Le chott de Ain Elbeida



B. chott Merouane.

Figure.42. Cercles de corrélation individus-variable.

L'hétérogénéité spatiale de chott Ain El Beida devient très remarquable sur la carte factorielle des campagnes. Figure. 43. où l'évolution des teneurs en élément augmenté ou diminué de l'amont vers l'aval traduit par le changement de la minéralisation suivant la distance, aux mois de Décembre et Février ; la minéralisation des saumures diminué de Sud vers le Nord par contre, au mois de Mars ; la minéralisation augmenté de Sud vers le Nord.

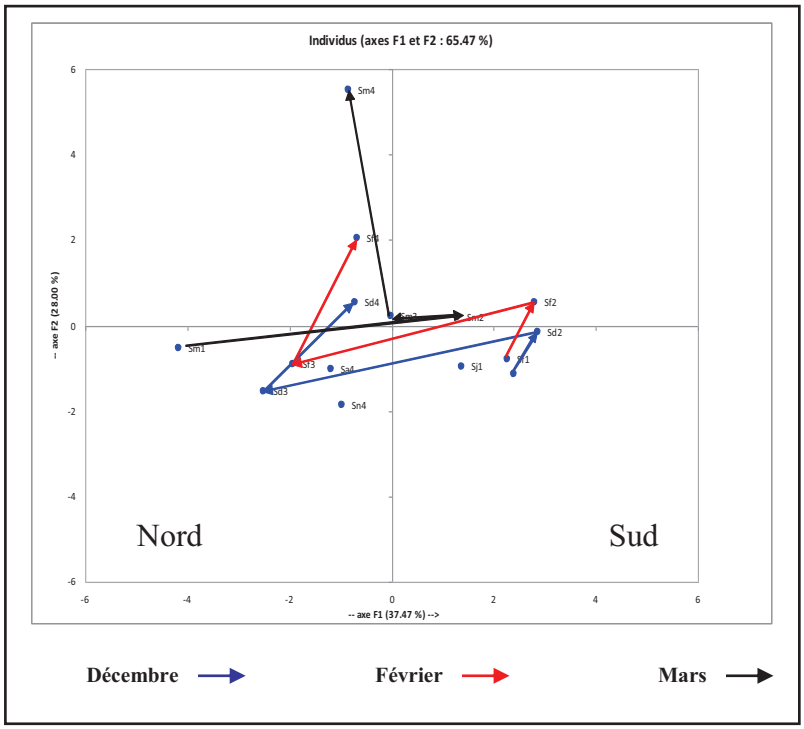


Figure. 42. Cartes factorielles des campagnes

. Les deux types de diagnostique permettent de fournir les résultats suivants :

• Chott Merouane et chott Ain El Beida forment deux écosystèmes distinctes ;

• La présence d'une relation très nette entre l'état de l'environnement, la physionomie générale, les caractéristiques biologiques et la qualité des eaux dans les deux chotts, de fait qu'ils forment des stades obligatoires aux long cycles évolutifs ;

. Les informations ci dessus basés sur les notes suivantes :

• La qualité des eaux est un facteur et résultat au même temps; le premier rôle apparaît quand les caractéristiques physicochimiques et bactériologique de l'eau déterminent la vulnérabilité des écosystèmes aux effets destructifs ; au niveau de chott Ain El Beida la pollution organique cachée tous les fonctionnements de chott par contre dans chott

Merrouane ; la présence des polluants organiques sont cachés sous les caractéristiques physicochimiques où l'effet de la nature domine que l'anthropique qui est traduit par la richesse biologique et la reproductivité de ce système par contre chott Ain El Beida perde leurs fonctionnement avec le temps, au premier par la dégradation qualitative des eaux et l'méconnaissance des habitants puis l'effets de l'assèchement qui réduit le caractère humide et géochimique de chott.

• Suivant les caractéristiques physicochimiques des eaux, les deux stations du chott Merouane montrent des eaux homogènes, alors les quartes stations du chott Ain El Beida sont hétérogènes et suive le sens d'écoulement des eaux.

Conclusion

Les Sebkhas et les chotts sont des écosystèmes fragiles, soumis à des conditions sévères. Ils sont des écosystèmes continentaux qui jouent un rôle primordial dans le fonctionnement écologique et protégeant la biodiversité. L'étude effectuée dans le cadre de ce mémoire nous a permis la comparaison de deux chotts l'un est plus touché par l'effet anthropique et l'autre est moins touché.

Elle nous a permis de déterminer avec une exactitude la situation des chotts et des sebkhas dans le cycle de vie; leurs rôles, leurs effets mais aussi l'influences des conditions du milieu sur ces patrimoines. Après cette étude et malgré que les conditions dominantes est identique, on peut toucher deux types de milieu, il y'a le milieu sain et l'autre regratte respectivement le chott Merouane et celui de Ain El Beida. La différence est visible suivant l'effet anthropique qui contrainte l'évolution écologique de ces écosystèmes, mais d'une manière remarquable dans le chott de Ain El Beida. Cela ne signifie pas l'absence de ce problème dans le chott Merouane.

L'effet destructif de l'homme dans ces milieux aquatiques se traduit par la dégradation qualitative des eaux et l'aménagement aléatoire qui perturbe le fonctionnement de ces systèmes.

Après l'étude du milieu physique, les chotts de Merouane et de Ain El Beida forment deux systèmes aquatiques soumis aux conditions écologiques similaires:

Du point de vue géographique, il s'agit deux points dépressionnaires dans le Sahara septentrional, l'un au Nord (chott Merouane) et l'autre au Sud (chott Ain El Beida), avec deux nivaux différents, le premier en bas et le second en haut.

La formation géologique est quaternaire dans les deux cas, elle se traduit par des roches sédimentaires sous formes de couches gypseuses, argileuses et évaporitiques en surface.

L'alimentation de ces systèmes se fait par deux sources principales, les eaux de drainage et la remontée de la nappe phréatique. Ces eaux sont d'origine du complexe terminal et du continental intercalaire (albien).

La structure hydrogéologique est uniforme dans les deux systèmes où le chott Merouane forme l'exutoire des eaux souterraines du CT.

Gémorphologiquement, ces chotts sont des dépressions fermés salés et recouverts de sols halomorphes.

Le climat est saharien dans les deux chotts, caractérisé par une température importante, un apport des pluies et humidité faibles et des vents fréquents. Ces conditions influent directement sur l'évaporation des eaux.

Ces conditions constituent un facteur influant directement ou indirectement sur le fonctionnement de ces écosystèmes.

L'étude effectuée montre que :

. Le chott Merouane et le chott Ain El Beida forment deux écosystèmes distincts; la différence se traduit par :

. La physionomie générale qui prend un état catastrophique dans le chott de Ain El Beida, par contre dans le chott Merouane, la structure de l'écosystème est plus convenable, il agit de stades obligatoires aux long cycles évolutifs à deux versions ; destructif pour le chott Ain El Beida et constructif pour le chott Merouane.

. Les caractéristiques biologiques ; l'état de la biodiversité est très proche dans la végétation, le chott Merouane plus riche que le chott de Ain El Beida dans l'avifaune. La liste des espèces végétales dans le chott de Ain El Beida et de Merouane représentée respectivement par 5 et 6 taxes, ils sont des halophytes. La diversité avifaunique est déterminée par 613individus réparties entre 17 espèces dans le chott Ain El Beida et par 858 entre 21éspéce dans le chott Merouane.

. La qualité physicochimique et bactériologique des eaux est identique dans certains cas et différente dans d'autres cas comme suit :

- La température des eaux varie entre 15C° à 28C°. Elle est plus élevée dans le chott Ain El Beida que celui de Merouane;
- Le pH de lac du chott Merouane est généralement neutre, oscillant entre 7,20 à 7,40, alors qu'au chott Ain El Beida le lac est neutre tendant vers une faible alcalinité, avec un pH qui oscille entre 8 et 9, influencée par les eaux d'apport;
- La conductivité électrique est généralement très forte au chott Merouane que celui de Ain El Beida, montrant ainsi une forte salinité dans ce dernier. La valeur maximale enregistrée dans ce chott est de 192 mS/cm et de 171 mS/cm a Ain El Beida ;
- Les deux chotts montrent un faciès hyper chloruré sodique, avec des concentrations très élevée de Cl, Na, SO4, Ca, Mg, K, HCO3. Le Mg, K et HCO3 montrent des concentrations plus importantes dans le chott Ain El Beida par rapport au chott Merouane ;

- Les résidus secs et la matière en suspension sont homogènes, avec des valeurs très importantes dans les deux chotts. Les chotts Merouane et Ain El Beida ; sont liée à la nature de la couverture pédologique des deux cuvettes.

- les concentrations de bicarbonates sont très importantes dans le chott Ain El Beida, comparativement avec le chott Merouane. La teneur des bicarbonates dans le Chott Ain El Beida due a la nature des eaux résiduaires et la composition des formations géologiques.

- Les valeurs des nitrates apparaissent comme négligeables est nulles dans les deux saumures avec des quantités de l'ordre de 1 mg/l. Dans le cas des saumures du chott Ain Beida, les ions nitrates assimilés par les plantes aquatiques.

- Dans les deux cas, l'oxygène est inferieur à la norme de qualité 7mg/l qui attestent à l'incapacité de ces milieux à maintenir la vie aquatique et à la faible assurance de l'autoépuration des charges polluantes.

- Le quotient entre la DBO5 et la DCO ou l'indice de biodégradabilité est faible pour les deux chotts ; indiquant une faible biodégradabilité du rejet ou d'autre manière, la quantité de composés non dégradables biochimiquement est élevée.

- Suivant les caractéristiques physicochimiques des eaux, les deux stations du chott Merouane montrent des eaux homogènes, alors que les quatre stations du chott Ain El Beida sont hétérogènes et suivent le sens de l'écoulement des eaux ;

. La présence d'une relation très nette entre l'état de l'environnement, la physionomie générale, les caractéristiques biologiques et la qualité des eaux dans les deux chotts; du fait que la qualité des eaux est un facteur et résultat en même temps. Le premier rôle apparaît quand les caractéristiques physicochimiques et bactériologique de l'eau déterminent la vulnérabilité des écosystèmes aux effets destructifs au niveau du chott Ain El Beida, la pollution organique cachée tous les fonctionnements du chott. Par contre, dans le chott Merouane la présence de polluants organiques sont cachés sous les caractéristiques physicochimiques où l'effet de la nature domine que l'anthropique qui est traduit par la richesse biologique et la reproductivité de ce système contre chott de Ain El Beida qui perde leurs fonctionnement avec le temps, en premier par la dégradation qualitative des eaux et la méconnaissance des habitants puis l'effet de l'assèchement qui réduit le caractère humide et géochimique du chott.

Enfin, les principaux problèmes qui affectent les deux chotts sont ;

. L'utilisation des Chotts comme lieux de rejets des eaux usées;

. L'utilisation des zones humides comme lieux de décharges de matériaux ferreux, débris et ordures;

. L'utilisation des Chotts comme lieux de rejets des eaux usées;

. L'assèchement de chott Ain El-Beida.

Ces problèmes peuvent être traités avec des solutions rationnelles suivant les conditions de la région sahariennes par les démarches suivantes;

.Il faut assainir le terrain durant la période d'assèchement, puis le renouvellement du système d'alimentation du chott par la création de canaux d'évacuation à partir de la station d'épuration. Cette méthode très difficile avec les pouvoirs très limités, mais très intéressante pour conserver ces chères écosystèmes.

Références Bibliographiques

1. **Aboulkacem A, Chahlaoui A, Soulaymani A, Rhazi Filali F et Benali** D **2007;** Comparative survey of the bacteriological quality of the waters of the Boufekrane and Ouislane streams at the crossing of the Meknes city (Morocco). Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. N°1. pp.10-22.
2. **Adamou A, 2006 ;** Contribution à l'étude de l'avifaune de la région de Ouargla, phénologie de la reproduction de l'Echasse blanche (Himantopus himantopus) dans le chott Ain El Beida. Mémoire magistère. Agr. Univ. KASDI MERBAH Ouargla. Pp 1-35.
3. **AEWA, 2007;** accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'afrique-eurasie. Modèle type de présentation des rapports nationaux. 9p.
4. **Amnot A et Kerouel R, 2004;** Hydrologie des écosystèmes marins ; Paramètres et analyses. Ed, Ifremer. France.336p.
5. **ANRH, 2005 ;** Zones humides au Sahara septentrional**,** Caractérisation et propositions d'aménagement. C I R E S S. Ouargla. p 4.
6. **ANRH, 2009;** Le protocole des analyses par spectrophotomètre a flamme.
7. **Badoux L, 1989;** Cours de géologie générale. DUNOD. Paris. pp144.
8. **Bouzid A ,2003.** Bio écologie des Oiseaux d'eau dans les chotts d'Ain El Beida et d'Oum-Er-Raneb (région d'Ouargla). Mémoire magistère. Agr. I.N.R.A Elharrach, Pp 7-28.
9. **Bouzide A, 2007;** Chott Ain Eleida est menacé en Algérie. CPN brabant.
10. **Chairi R, 2005 ;** Géochimie organique des eaux de surface de la zone septentrionale de la sebkha de moknine. Tunisie orientale. Larhyss Journal. ISSN 1112-3680. n° 04. LRHSS. Tunisi. pp.17-30.
11. **Chamley H, 2000;** Bases de sédimentologie, 2 édition. DUNOD. Paris. pp 33-47.
12. **Chehma A, 2006;** Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Laboratoire de protections des écosystèmes en zones arides et semi arides. Université de Ouargla. Edition, Dar El Houda. 146 p.
13. **Côte M, 2002; M**éditerranie, revue géographique des pays méditerranées. CNRS. Cote d'Asur.17p.
14. **Côte M, 1998;** Des oasis malades de trop d'eau. Revu Sécheresse n°2. vol 9. pp 123-198.
15. **Derron M, 2000 ;** Géochimie des eaux de sources et interaction eau roche dans les alpes. Quanterra. Lausanne et Genève. pp.1-18.
16. **. DGF, 2001.** Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale. Ministère de l'agriculture. Algérie. p 46.

17. **DGF, 2004;** Atlas des zones humides d'importances internationales, Wilaya de Ouargla, chott Ain El Beida. Direction générale des forêts. Alger. pp33.402.
18. **Djermakoye H, 2005;** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries; Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thés Doc Pharmacie. Univ BAMAKO.
19. **Djidel M, 2008;** Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional, Algérie). Thése Doc. Univ Annaba pp 74-147.
20. **Dubost D, 2002;** Ecologie, Aménagement et développement Agricole des oasis Algériennes. Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides. 423p**.**
21. **. Foucault A et Raoult J, 2003;** Dictionnaire de Géologie. 5ème édition. DUNOD MASSON SCIENCE. Paris. 100p.
22. **Frontier et al, 2008;** Écosystèmes; Structure, Fonctionnement et Evolution. 4 éme édition. Dunod. Paris.27p.
23. **Galewski T ; 2008;** vers un observatoire des zones humides méditerranéennes évolution de la biodiversité de 1970 a nos jours. Tour du valat. Med wet. 3p.
24. **Gerard G, 1999;** Un point sur l'eau, Tome I, milieu naturel et maîtrise. INRA. PARIS. 107p.
25. **Gerard, 1999;** Climatologie de l'environnement. cours et exercices corrigés. INRA. PARIS. 319p.
26. **Girard et al, 2005;** Sols et environnement. DUNOD. Paris. pp 365-385.
27. **Grosclaude G et al, 1999;** Un point sur l'eau Tome I milieu naturel et maitrise. INARA. Algérie. pp 89-136.
28. **Guddari M, 1980;** Géochimie des sels et des saumures du chott el Djerid (Sud tunisien).Thése doctorat. Géochimie. Univ Toulouse. 9p.
29. **Guendouz A, Moulla AS, Edmunds JM, Zouari K, Shand P, Manou A, 2003;** Hydrogeochemical and isotopic evolution of water in the Complexe Terminal aquifer in the Algerian Sahara. Hydrogeology Journal. Springer-Verlag. 485p.
30. **Hacini M, 2006;** Géochimie des sels et des saumures du chott Merouane et calcule des vitesses de précipitation de quelque minéraux évaporitiques, thèse de doctorat. Géo. Uni Badji mokhtar. Annaba. pp 37-38-39.
31. **Hacini M, Oelkers E.H et Kherici N, 2008;** Le Comportement du Lithium et du Bore Durant l'Evaporation Complète du Chott Merouane dans le Sahara Septentrional Algérie. Article. pp1-10.

32. **Halitime A, 1988;** Les sols des régions arides d'Algérie. Edition. ITOPU. Alger. 110p.
33. **Hamdi Aissa B et Girard, 2000**; Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. Science et changements planétaires. Sécheresse. Volume 11. Numéro 03. pp179-88.
34. **Idder T, 2007;** Le problème des excédents hydriques à Ouargla, situation actuelle et perspectives d'amélioration. Article scientifique. Sécheresse. pp161-167**.**
35. **Issiaka Y, 2004;** Importance des zones humides du parc national du Niger pour les oiseaux d'eau migrateurs d'afrique-eurasie. Uni Abdou Moumouni. Faculté d'Agronomie. UNESCO. BP 10960. Niamey. Niger. 9p.
36. **Kahouadji M, 2005;** Cours de pollution des eaux. Ministère de la Santé Institut de Formation aux Carrières de Santé Rabat. Maroc.pp1-28.
37. **Khadraoui A, 2005;** Eau et sols en Algérie ; Gestion et impact sur l'environnement. pp 29-32.
38. **Khadraoui A, 2007;** Eau et impact environnement dans le Sahara Algérien. T.S.B.N. 48p.
39. **Kouidri M, 2006;** Contribution à l'étude de l'avifaune de la région de Ouargla phénologie de la production du Gravelot à collier interrompu (Chardruis alexandrine Linne, 1758) dans le chott d'Ain El Beida. Mémoire Magister. Agr. Univ Ouargla. pp1-19.
40. **Lebres E, Azizi D, Hamza A, Taleb F, 2002;**Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments. pp 1-34.
41. **Lechaari M, 1990;** Contribution a l'étude hydrogéologique des nappes superposées de la région d'El-Oued. Mém. Ing. Géologie. Uni Constantine. pp60-64.
42. **MATE, 2000;** Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement. Alger. pp 100-105.
43. **Neveu A et al, 1997 ;** L'eau dans l'espace rural, vie et milieux aquatique. DUNOD. Paris. pp 51-57.
44. **ODE, 2007 ;** Qualité bactériologique des eaux superficielles. Département de l'Ain. France.
45. **ONM, 2009;** Office Nationale météorologique de Ouargla.
46. **Pézard D, 1909;** Recherches préhistoriques au cours d'une Mission topographique de 5 mois entre Touggourt et Ouargla. Bulletin de la Société préhistorique française. Tome 6. N 9. pp 463-476.
47. **Rejsek F, 2002;** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. CRDP. France. pp 35-55.

48. **Remini B, 2005;** L'évaporation des lacs de barrages dans les régions arides et semi arides, exemples algériens. Larhyss Journal. pp 81-89.
49. **Risacher et Fritz, 1995;** La genèse des lacs salés, Les mystères des lacs salés. Mensuel 276, 38. France.pp 516-522.
50. **Robert et Stewart, 2007;** Wetlands as Bird Habitat. United States Geological Survey Water Supply Paper 2425.
51. **Rodier et Coll, 2005;** l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. DUNOD. Paris. 80p.
52. **Rodier, 1978 ;** l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8eme Ed DUNOD. Paris.1380p.
53. **Sigg L et al, 2006;** Chimie des milieux aquatiques, chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement. 4edition. DUNOD. Paris. 231p.
54. **Suensson L et al, 2007;** Le guide ornitho. Delachaux et Niestlé. Paris. pp 35-200.
55. **TAD, 2002;** Etude d'un plan de gestion de la zone humide, chott de Ain Beida, Conservation des forêts. Ouargla. pp 29-42.
56. **Vivier E, 1989 ;** Les eaux de surface du Nord de la France (1985-1988), Nord Nature Environnement. bulletin n°57.
57. **Musy A et Higy C, 2004;** Hydrologie, une science de la nature. Lausanne. Italie. pp186.187.
58. **Karrouch L et Chahlaoui A**, **2007;** Bio-evaluation de la qualite des eaux de l'oued boufekrane (meknes, maroc). Biomatec Echo. Volume 3. Number 6. pp. 6 – 17.

Sites Web

. Wikimédia propose des documents multimédia libres sur les zones humides : **www.Wikimédia.dz.**

. Allain, 2008 : Lac Natorn. Sur le site *; www. Wékimédia. com.*

. **Annexe 01 :** Les donnés climatiques.

. *Tableau 01: Les données climatiques enregistrées dans la station de Ouargla entre 1982 et 2002.*

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	moyenne
Pré mm	3.4	1.75	7.85	1.52	0.55	0.7	0.25	0.12	5.15	4.8	9.96	2.8	38.85
T moy C°	11.05	13.65	17.15	21.08	26.22	32	34.85	34.26	30.02	23.7	16.12	12	21.67
H %	62.6	52.1	46.97	38.32	34.03	29.61	25.32	26.91	35.17	50.12	59.05	64.25	43.7
Eva mm	81.88	105.24	130.13	184.3	211.06	252.69	274.3	287.76	223.85	159.4	97.75	83.45	2091.81
Vent m/s	3.05	3.42	3.95	4.78	4.9	5.1	4.4	4.03	4.01	3.64	2.95	3	3.93
Ins h	230.7	217.22	246.32	257.02	282.98	303	342.96	320.16	259.45	250.54	224.13	257.2	3191.68

. *Tableau 01: Les données climatiques* enregistrées dans la station de l'ITDAS de l'Arfiane *(Djamàa) entre 1982 et 2002.*

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	moyenne
Pré mm	11.8	10.7	13.3	9.1	1.5	1.1	0	0	1	2.7	12.1	3.5	66.7
T max C°	16.5	19.2	22.5	26.5	31.1	37.2	40.5	39.8	34.4	27.8	21.1	17.7	
T min C°	4.1	6.8	9.2	13.2	17.6	22.4	24.6	24.8	21	14.6	7.8	5.1	
T moy C°	9.9	12.7	16	19.9	24.7	30	38.8	32.4	27.7	20.9	14.5	10.8	18.6
H %	62.8	56.9	47	45.8	41.2	35.7	32	35.6	44.3	52.1	62.7	62.5	48.21
Eva mm	128.7	138.24	217.21	276.7	343.48	402.9	431.96	406.8	293.83	207	129.52	115.07	2712.64
Vent m/s	2.9	3.2	3.7	4.4	4.4	4.1	35	3.8	3.1	2.8	2.4	2.7	3.41
Ins h	225.8	237.6	284.3	284.1	306.1	342.5	356	312.5	266.1	251.6	224.9	2175	3083

. Légende :

. Tmoy = Température moyenne.

. Tmax = Température maximale.

. Tmin = Température minimale.

. H % = Humidité moyenne.

. Pré = Précipitation.

. Vent (m/s) = Vitesse du vent moyen.

. Eva = Evaporation.

. Ins = Insolation.

. Annexe 02 : *Tableau de nombre le plus probable (NPP).*

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		

. Résumé :

Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (Chott Merouane et Ain El Beida), environnement et signes de dégradation.

Les chotts; Merouane et Ain El Beida; forment deux écosystèmes aquatiques dans le Sahara septentrional algérien. Ils subissent à des conditions géologiques, hydrogéologiques, hydrographiques, pédologiques, géomorphologique et bio-climatologiques identiques, mais l'étude comparative entre ces écosystèmes fait apparaître qu'ils forment deux milieux déférents. Le chott Merouane est un système naturel loin des effets destructifs anthropiques ou en équilibre par son caractère écologique ; des eaux riches en minéraux et des différents habitats formés pour l'avifaune et la flore. Par contre, le chott Ain El Beida est un système dégradé, premièrement au niveau de son régime hydrique qui contribue à faire disparaitre le caractère humide, donc la destruction finale des fonctionnements biogéochimiques de cet écosystème.

. Les mots clés : Sahara septentrional. Système aquatique. Chott. Sebkha. Environnement. Dégradation. Qualité des eaux.

. Abstract :

Comparative study of two water systems in the northern most Sahara (chott Ain El Beida and Merouane) signs of environmental and degradation.

Chotts; Ain El Beida and Merouan; form two aquatic ecosystems in the northern Algerian Sahara. They suffer in similar geological, hydrogeological, hydrographical, soil, geomorphological and climatological bio-identical, but the comparative study of these ecosystems indicates that they form two circles deferens. Chott Merouane is a natural system away from the destructive effects anthropogenic or ecological balance by its nature, water rich in minerals and different habitats for birds and flora. For cons, the Chott Ain El Beida is a gradient system, first at its water regime that helps make the character disappear wet, so the final destruction of the biogeochemical functioning of this ecosystem.

Key words: the northern Algerian Sahara, Chotts, aquatic ecosystems, Environnement, degradation**.**

. الخلاصة :

دراسة مقارنة لنظامين بيئيين مائيين في شمال الصحراء (شط مروان وشط عين البيضاء) المحيط والتدهور البيئي.

يشكل كل من شط عين البيضاء وشط مروان اثنين من النظم البيئية المائية في الصحراء الجزائرية الشمالية .بحيث يتميزان بظروف جيولوجية ، هيدروجيولوجية، هيدروغرافية ، بيدولوجية، جيومورفولوجية ومناخية متطابقة .من خلال الدراسة المقارنة لهادين النظامين تبين أن شط مروان يشكل نظام طبيعي بعيدا عن الآثار الإنسانية السلبية وقريب من التوازن البيئي ودلك بحكم طبيعة مياهه الغنية بالمعادن و ثرواته من طيور ونباتات مائية في حين أن شط عين البيضاء هو نظام مختلف عن الأول من حيث تعرضه لمختلف ألاضطرابات مما أدى إلى تدهوره وفقدانه لمختلف خصائصه الإيكولوجية والبيوجيوكيميائية.

الكلمات المضيئة: الصحراء الجزائرية الشمالية.الشط. السبخة. النظام البيئي المائي. تدهور المحيط.

. Résumé :

Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (Chott Merouane et Ain El Beida), environnement et signes de dégradation.

Les chotts; Merouane et Ain El Beida; forment deux écosystèmes aquatiques dans le Sahara septentrional algérien. Ils subissent à des conditions géologiques, hydrogéologiques, hydrographiques, pédologiques, géomorphologique et bio-climatologiques identiques, mais l'étude comparative entre ces écosystèmes fait apparaître qu'ils forment deux milieux déférents. Le chott Merouane est un système naturel loin des effets destructifs anthropiques ou en équilibre par son caractère écologique ; des eaux riches en minéraux et des différents habitats formés pour l'avifaune et la flore. Par contre, le chott Ain El Beida est un système dégradé, premièrement au niveau de son régime hydrique qui contribue à faire disparaitre le caractère humide, donc la destruction finale des fonctionnements biogéochimiques de cet écosystème.

. Les mots clés : Sahara septentrional. Système aquatique. Chott. Sebkha. Environnement. Dégradation. Qualité des eaux.

. Abstract :

Comparative study of two water systems in the northern most Sahara (chott Ain El Beida and Merouane) signs of environmental and degradation.

Chotts; Ain El Beida and Merouan; form two aquatic ecosystems in the northern Algerian Sahara. They suffer in similar geological, hydrogeological, hydrographical, soil, geomorphological and climatological bio-identical, but the comparative study of these ecosystems indicates that they form two circles deferens. Chott Merouane is a natural system away from the destructive effects anthropogenic or ecological balance by its nature, water rich in minerals and different habitats for birds and flora. For cons, the Chott Ain El Beida is a gradient system, first at its water regime that helps make the character disappear wet, so the final destruction of the biogeochemical functioning of this ecosystem.

Key words: the northern Algerian Sahara, Chotts, aquatic ecosystems, Environnement, degradation**.**

. الخلاصة :

دراسة مقارنة لنظامين بيئيين مائيين في شمال الصحراء (شط مروان وشط عين البيضاء) المحيط والتدهور البيئي.

يشكل كل من شط عين البيضاء وشط مروان اثنين من النظم البيئية المائية في الصحراء الجزائرية الشمالية .بحيث يتميزان بظروف جيولوجية ، هيدروجيولوجية، هيدروغرافية ، بيدولوجية، جيومورفولوجية ومناخية متطابقة .من خلال الدراسة المقارنة لهادين النظامين تبين أن شط مروان يشكل نظام طبيعي بعيدا عن الآثار الإنسانية السلبية وقريب من التوازن البيئي ودلك بحكم طبيعة مياهه الغنية بالمعادن و ثرواته من طيور ونباتات مائية في حين أن شط عين البيضاء هو نظام مختلف عن الأول من حيث تعرضه لمختلف ألاضطرابات مما أدى إلى تدهوره وفقدانه لمختلف خصائصه الإيكولوجية والبيوجيوكيميائية.

الكلمات المضيئة: الصحراء الجزائرية الشمالية.الشط. السبخة. النظام البيئي المائي. تدهور المحيط.