



N° d'ordre : Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 2  
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département des Sciences de la Terre

## Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade  
Master

Spécialité : Hydrogéologie

Option : Eau Souterraine & Environnement

## Thème

**Valorisation des ressources en eau et implication sur le périmètre irrigué de la plaine de la M'léta (Algérie-Nord-Ouest)**

Présenté Par : **Melle.Mekkaoui Mabrouka**

Soutenu le : **27 / 06 / 2016** devant la commission d'examen :

**Mr.FOUKRACHE M.**  
**Mr. MANSOUR H.**  
**Mr. BOURSALI.T**

Maître assistant  
Professeur  
Maître assistant (A)

Président  
Encadreur  
Examineur

Oran, 2016

# Remerciement

Avant tout, je remercie DIEU le tout puissant qui m'a donné sagesse et santé  
afin de réalisé ce modeste travail ;  
Au terme de ce travail, il m'est très agréable d'adresser mes vifs remerciements  
à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma gratitude envers Monsieur **MANSOUR  
HAMIDI** professeur à l'université d'Oran 2, mon promoteur qui m'a fait  
confiance et bien voulu m'encadrer. Je le remercie de m'avoir fait bénéficiaire de  
ses connaissances et ses critiques qui m'ont beaucoup aidé à l'amélioration de ce  
travail.

Nous tenons également à remercier Monsieur **FOUKRACHE M.**, Maître  
assistant à l'université d'Oran 2, de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.

J'adresse aussi mes remerciements à Monsieur **BOURSALI T.**, Maître  
assistant à l'université d'Oran 2, pour ses encouragements et d'avoir bien voulu  
examiner ce mémoire.

Je Remercie toutefois tout les personnages de la direction d'Hydraulique de  
la wilaya d'Oran, pour ses directives et ses conseils.

Mes vifs remerciements vont également à l'ensemble des enseignants du  
Département des Sciences de la Terre, en particulier ceux de la filière  
Hydrogéologie qui m'ont été d'une aide précieuse.



## *Dédicaces*



Je dédie ce modeste mémoire qui est la conséquence de  
longues années d'études, en premier lieu à :

\* Ma très chère MERE, à qui je dois beaucoup pour ces  
sacrifices, son amour, son aide et son soutien afin de me voir  
parvenir à ce que je suis devenu aujourd'hui.

\* Mon cher PERE qui ma donné la volonté de réaliser et de  
finir ce travail.

Mes soeurs : Zouhra, Fatima, Souad, Nacira, Asmaa, Hanaa,  
Hadile.

Mes frères : Mohammed, Rabeh, Ben Ameer, mabrouk,  
mokhtar, Abdelmalek, Abdallah, Kaddour, Slimane.

Mes très chères amies : Zahira, khadidja, Nassima, Naima,  
Asmaa, Sara, Meriem, Rachida, khaoula

Atout la famille : Mekkaoui

A tous mes collègues de la science de la terre et de l'univers.

A toute ma promotion de 2015/2016

Mabrouka



## Liste des figures

---

### Liste des figures

<b>Fig. n° 1:</b> Bassin versant de la M'léta dans sur cadre générale. ....	3
<b>Fig. n° 2:</b> Contexte géographique du secteur d'étude. ....	4
<b>Fig. n°3:</b> Carte pluviométrique de la région d'Oran pour la période 1913-1963. (Précipitations moyennes en mm d'après Chaumont M. et Paquin C., 1968) .....	5
<b>Fig. n° 4:</b> La répartition des pluies moyennes mensuelles (1990-2013). ....	6
<b>Fig. n°5:</b> Précipitations saisonnières (période 1990-2013). ....	7
<b>Fig. n°6:</b> Graphe représentant les températures mensuelles à la station d'Es-Sénia (1990 à 2013). ....	8
<b>Figure n° 7 :</b> Diagramme d'indice d'aridité d'Es-sénia (méthode de De-Martonne).....	9
<b>Fig. n°8:</b> log géologique synthétique de la région d'Oran (Hassani M.I, 1987, extrait)....	10
<b>Fig. n°9:</b> Carte géologique de la zone d'étude (in Hassani M.I. 1987). ....	11
<b>Fig. n°10:</b> Carte géologique du bassin versant de la Grande Sebka d'Oran .....	12
<b>Fig. n°11:</b> Figure n° 10 : Carte des affleurements calcaires et des forages de la plaine de la M'léta. (Hassani M.I., 1987) .....	16
<b>Fig. n° 12:</b> Log hydrogéologique de la région d'Oran. (In BOULAH A., 2012).....	18
<b>Fig. n°13:</b> Carte piézométrie de la plaine de la M'léta en périodes des basses eaux (Mai, 1990). (In HASSANI M.I., 1986).....	19
<b>Fig. n°14:</b> Diagramme de Piper, puits de P1 à P14. ....	25
<b>Fig. n°15:</b> Diagramme de Piper, puits de P16 à P32. ....	26
<b>Fig. n°16:</b> Représentation graphique des eaux sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff (puits P1 à P14).....	27
<b>Fig. n°17:</b> Représentation graphique des eaux sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff (puits P16 à P32). ....	28
<b>Fig. n°18:</b> salle de contrôle.....	36
<b>Fig. n°19:</b> Plan de station d'el karma.....	37
<b>Fig. n°20:</b> carte de limite du projet d'irrigation de la M'léta. ....	44
<b>Figure. n°21:</b> Occupation des sols du périmètre (en %)......	45
<b>Figure. n°22:</b> Schéma d'aménagement de la plaine de M'léta .....	46

## *Liste des tableaux*

---

### *Liste des tableaux*

<b>Tableau n° 1</b> : coordonnées de la station climatologique d'Es-Sénia. O.N.M.....	5
<b>Tableau n° 2</b> : représentation des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1990-2013 à la station d'Es-Sénia (données O. N. M).....	6
<b>Tableau n°3</b> : Précipitations saisonnières (1990-2013).....	6
<b>Tableau n° 4</b> : représentation des températures moyennes mensuelles (°C) de la station d'Es-Sénia 1990à 2013 (données O.N.M).....	7
<b>Tableau n° 5</b> : Résultats d'analyse physico-chimique des eaux.....	20
<b>Tableau n° 6</b> : Classification du <b>PH</b> des eaux. (In <b>HADJADJ M., 2012</b> ).....	21
<b>Tableau n° 7</b> : pourcentage d'erreur des analyses chimiques.....	22
<b>Tableau n°8</b> : Répartition des points d'eau par commune (en Nombre).....	29
<b>Tableau n° 9</b> : Différentes analyses réalisés au laboratoire de la station.....	36
<b>Tableau n° 10</b> : comparaison des charges polluantes à l'entrée de la STEP d'Oran avec les valeurs moyenne des critères caractéristiques.....	41
<b>Tableau. n°11</b> : caractéristique des eaux usées (NTK, N et phosphore totale).....	41
<b>Tableau. n°12</b> : Débits d'eaux usées à traiter par la STEP d' Oran.....	42
<b>Tableau n°13</b> : Coefficient cultural des principales cultures par régions agricoles (SOGREAH, 2009).....	45
<b>Tableau. n°14</b> : occupation des sols en situation projetée.....	49
<b>Tableau. n°15</b> : besoins en eau des cultures annuelles.....	51
<b>Tableau. n°16</b> : Besoins en eau des cultures pérennes.....	51
<b>Tableau. n°17</b> : Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation selon. (Lenntech Purification et traitement de l'eau Holding B.V. (1998-2009).....	53
<b>Tableau n°18</b> : Classification de qualité des eaux en fonction des valeurs du <b>S.A.R</b> .....	54

### *Liste des photos*

<b>Photo. n°1</b> : La station de dessalement.....	31
<b>Photo. n°2</b> : Les eaux usées domestiques.....	33
<b>Photo. n°3</b> : Les eaux usées industrielles.....	33
<b>Photo. n°4</b> : Les eaux usées pluviales.....	34
<b>Photo. n°5</b> : Les eaux usées de ruissellement agricole.....	34
<b>Photo. n°6</b> : Station d'épuration d'El Kerma.....	35
<b>Photo. n°7</b> : Dégrilleurs.....	38
<b>Photo. n°8</b> : dessableur- déshuileur.....	39
<b>Photo. n°9</b> : Décanteur primaire.....	40
<b>Photo. n°10</b> : Le décanteur secondaire (clarificateur).....	41
<b>Photo. n°11</b> : Boue de STEP.....	43

## Liste des Acronymes

---

ADE : Algérienne Des Eaux.

AEP : D'Approvisionnement en Eau Potable

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

CE : conductivité électrique

CF : Coliformes fécaux

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DSA : la direction des services agricole

DHW. Oran : Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Oran.

EU: eaux usées

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

MES : Matière En Suspension

N org: Azote organique

NTK : Azote Total Kjeldahl

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

ONID : Office National de l'Irrigation et du Drainage

ONM : Office National de la Météorologie.

PNDRA : plan national de développement rural et agricole

RS : résidu sec

SAU : Superficie agricole utile

SAR : Sodium adsorption ratio (ratio du Sodium Absorbable)

TDS: Total dissolved solids

TSS: Simulation Systems Transport

STEP: Station de traitement des eaux d'épuration

# TABLE DES MATIERES

---

## TABLE DES MATIERES

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Table des matières

Liste des Acronymes

**Introduction générale ..... 1**

### Chapitre 1 : Considérations Générales

**1-cadre géographique .....3**

**1-1- Le Bassin versant dans sur cadre générale .....3**

**1-2- Situation géographique du secteur d'étude .....4**

**2-Climatologie .....4**

**2-1-Etude des précipitations .....5**

**2-1-1-Précipitations moyennes mensuelles.....5**

**2-1-2-Précipitations saisonnières.....6**

**2-2- La Température .....7**

**2-2-1-Les températures moyennes mensuelles.....7**

**a-la température maximale.....7**

**b-la température minimale .....8**

**c-la température moyenne.....8**

**2-2-2 Indices climatiques de la région d'étude .....8**

**3-cadre géologique.....9**

**1 -Cadre géologique régional .....9**

**2-La géologie de la zone d'étude .....11**

**3- Le substratum anté à synchro nappe .....11**

**3-1-Le Trias .....12**

**3-2-Le jurassique .....12**



# TABLE DES MATIERES

---

3-3-Le Crétacé .....	13
3-4- Plio-Quaternaires .....	13
4-Aperçu structural .....	13
5-Conclusion .....	14

## **Chapitre 2 : Contribution des eaux souterraines au périmètre irrigué de la M'léta**

<b>1-cadre hydrogéologique .....</b>	<b>15</b>
1-1- L'aquifère des calcaires récifaux du Murdjadjo .....	15
1-2-.Aquifère pliocène-quaternaire de la M'léta.....	15
1-3- Caractéristiques hydrogéologiques des horizons aquifères .....	17
1-3-1-TRIAS .....	17
1-3-2-Les formations Jurassico-crétacé.....	17
1-3-3-Les dépôts continentaux rouges des Tessala.....	17
1-3-4-Les grés de base .....	17
1-3-5-Le complexe Mio-pliocène .....	17
<b>2- Etude piézométrique .....</b>	<b>18</b>
<b>3-Hydrochimie.....</b>	<b>19</b>
<b>1-Etudes des Paramètres physico-chimiques .....</b>	<b>20</b>
<b>1-1- Etude des Paramètres physiques .....</b>	<b>20</b>
1-1-1-Température .....	20
1-1-2-Potentiels d'Hydrogène (pH).....	21
1-1-3-Conductivité.....	21
1-1-4-Résidu sec .....	21
1-1-5-La Minéralisation.....	21
1-1-6-La balance ionique .....	22
<b>1-2-Etude des paramètres chimiques majeurs .....</b>	<b>23</b>
<b>1-2-1- Etude des cations.....</b>	<b>23</b>
A. Le calcium ( $Ca^{++}$ ).....	23
B. Magnésium ( $Mg^{2+}$ ).....	23
C. Sodium ( $Na^+$ ) + Potassium ( $K^+$ ) .....	23
<b>1-2-2-Etude Des Anions .....</b>	<b>23</b>
A. Les Chlorures ( $Cl^-$ ).....	23
B. Bicarbonates ( $Hco_3^-$ ).....	23
C. Sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) .....	24
<b>2-Classification des eaux .....</b>	<b>24</b>

# TABLE DES MATIERES

---

A. Diagramme de Piper .....	24
B. Diagramme de Schoeller-Berkaloff .....	26
<b>4-valorisation et rapport des eaux souterraine au périmètre irrigué de la M'léta.....</b>	<b>29</b>
4.1. Les eaux souterraines .....	29
4.1. Irrigation .....	29
<b>5-Conclusion .....</b>	<b>30</b>

## **Chapitre 3 : Apport des eaux non conventionnelles au périmètre irrigué de la M'léta**

<b>1- Introduction .....</b>	<b>31</b>
<b>2- les eaux non conventionnelles .....</b>	<b>31</b>
A- dessalement de l'eau de mer.....	31
B- déminéralisation des eaux saumâtre brédéah.....	32
C- Station d'épuration.....	32
<b>1-Définition Les eaux usées .....</b>	<b>32</b>
<b>2- Origine des eaux usées .....</b>	<b>32</b>
2.1. Les eaux usées domestiques .....	32
2.2. Les eaux usées industrielles .....	33
2.3. Les eaux usées pluviales .....	33
2.4. Les eaux usées de ruissellement agricole .....	34
<b>3-station d'épuration El kerma .....</b>	<b>34</b>
Présentation de la zone d'emprunt.....	34
3.2. Situation de la STEP.....	35
3.3. Les procédés d'épuration de la station.....	37
3.4. Description des installations de la station d'épuration.....	38
<b>A. Dégrillage.....</b>	<b>38</b>
<b>B. Dessablage- déshuilage.....</b>	<b>38</b>
<b>C. Traitement des graisses.....</b>	<b>39</b>
<b>D. Décantation primaire.....</b>	<b>39</b>
<b>E. Traitement à boue activées.....</b>	<b>40</b>
<b>F. Décantation secondaire.....</b>	<b>40</b>
<b>G. Désinfection.....</b>	<b>41</b>
3.5. La Qualité des eaux usées .....	41
3.6. Les débits d'eau usée .....	42

# TABLE DES MATIERES

---

3.7. Les Boues..	42
3.7.1. La valorisation agricole des boues	43.
<b>4-Rapport de la STEP au périmètre irrigué</b>	<b>43</b>
4.1. Définition d'irrigation	43
4.2. Irrigation de la plaine de M'léta	43
4.3. Choix du système d'irrigation	48
<b>A. L'irrigation par aspersion</b>	<b>49</b>
<b>B. L'irrigation localisée</b>	<b>49</b>
4.4. L'occupation du sol projetée	49
4.5. Les besoins en eau d'irrigation	50
4.6. Les paramètres d'irrigation	52
<b>a. Les durées d'irrigation</b>	<b>52</b>
<b>b. Les durées de pompage</b>	<b>52</b>
<b>c. Débit d'équipement, débit de pompage</b>	<b>52</b>
4.7. Qualité de l'eau d'irrigation	52
4.8. Etude de la qualité de l'eau souterraine de la M'léta pour l'irrigation	54
<b>5-Conclusion</b>	<b>55</b>
<b>Conclusion Générale</b>	<b>56</b>
<b>Références bibliographique</b>	

# Introduction Générale

---

## Introduction générale

Les eaux souterraines constituent une ressource essentielle et stratégique. En effet, bien qu'elles ne représentent qu'une infime partie du stock d'eau existant sur la planète, elles n'en constituent pas moins, pour plus de deux milliards d'individus, la seule source d'eau douce accessible quotidiennement.

La protection et la conservation des milieux naturels, en particulier la préservation de la qualité des eaux de surface et souterraines, constituent une préoccupation majeure et un objectif principal du développement durable.

Au niveau national, la pollution des eaux de surface : oued, lacs, sebkhas, plaine, etc. et des eaux souterraines reste de nos jours un problème difficile à gérer malgré la législation actuelle pour protéger ces milieux.

La région d'études de oued Tlelat fait partie de la plaine de la M'léta qui s'étend sur une superficie de 335 km<sup>2</sup> et se localise à l'extrême Ouest de la longue dépression parallèle au littoral qui s'étend sur 350 km d'Oued chellif à Oued El Maleh , en vue d'une bonne gestion et afin de préserver cette réserve, une bonne connaissance du fonctionnement du système aquifère de la région est indispensable

C'est tout naturellement le plus près possible, et de préférence au dessus de lieu d'utilisation qu'on recherchera le point le plus favorable pour l'implantation de l'ouvrage.

La recherche s'effectuera généralement de la façon suivant :

- Le premier chapitre définit la considération générale (cadre géographique climat, géologie.) de la plaine de M'leta

# Introduction Générale

---

- Le second chapitre la contribution des eaux souterraines au périmètre irrigué de la M'léta
- Le troisième chapitre Apport des eaux non conventionnelles au périmètre irrigué de la M'léta

## 1- Cadre géographique :

### 1-1-Le Bassin versant dans sur cadre générale :

Le secteur objet de cette étude fait partie du bassin versant de la Grande Sebkhia d'Oran (**Fig. n°1**). Ce grand bassin versant est situé à la proximité immédiate Sud-ouest de la ville d'Oran. Son périmètre correspond à la ligne de partage des eaux alimentant la dépression endoréique dont la Sebkhia d'Oran constitue la partie centrale.

Ce bassin versant endoréique est limité :

- au Nord par la ligne de crête de direction SW-NE des massifs littoraux d'Oran (Djebel Murdjadjo) qui l'isolent de la Méditerranée,
- au Sud, par la ligne de crête des Monts Tessala,
- à l'Est, il se raccorde au plateau d'Oran et de Boufatis suivant une ligne Es-Sénia-Ouest Tlelat,
- à l'Ouest, dans la région de l'Ouest El Malah, il est séparé du bassin de l'Ouest El Malah et de la mer par une ligne de basses collines.

Administrativement, le bassin de la Grande Sabkha d'Oran est couvert par les wilayas d'Oran, de Sidi Bel Abbés et d'Ain Témouchent.

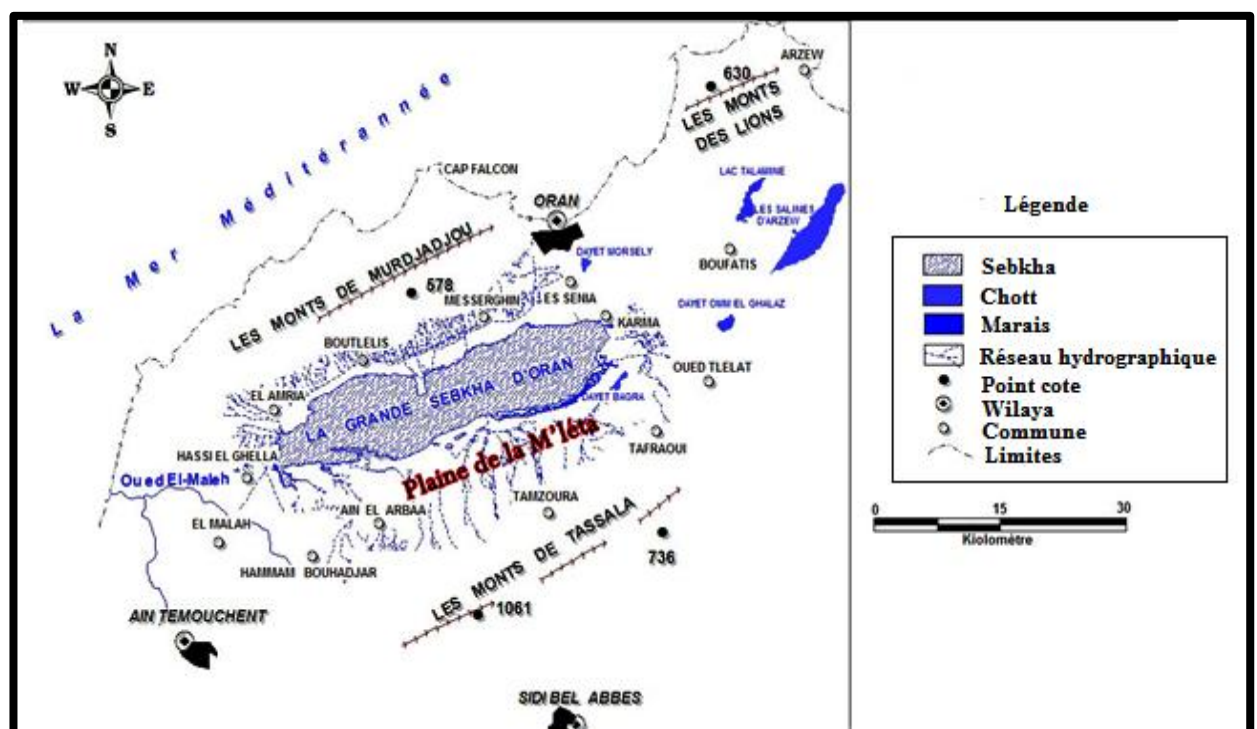


Figure n° 1 : Bassin versant de la M'leta dans sur cadre générale. . (In BOURTAL Z.G., 2010).

## 1-2- Situation géographique du secteur d'étude :

La plain de M'léta est située au sud de l'agglomération oranaise. Elle occupe la partie méridionale du sillon central du bassin endoréique de la Grande Sebkhha d'Oran (Fig. n°2). Son altitude se maintient d'une façon assez constante à une centaine de mètres. Elle est limitée :

- Au Nord : le lac salé (Sebkhha d'Oran).
- Au Sud : les monts de Tessala.
- Au l'Est : la plaine de Tafraoui – Tlelat.
- Au l'Ouest : la plaine de Hammam Bouhadjar – El Malah.

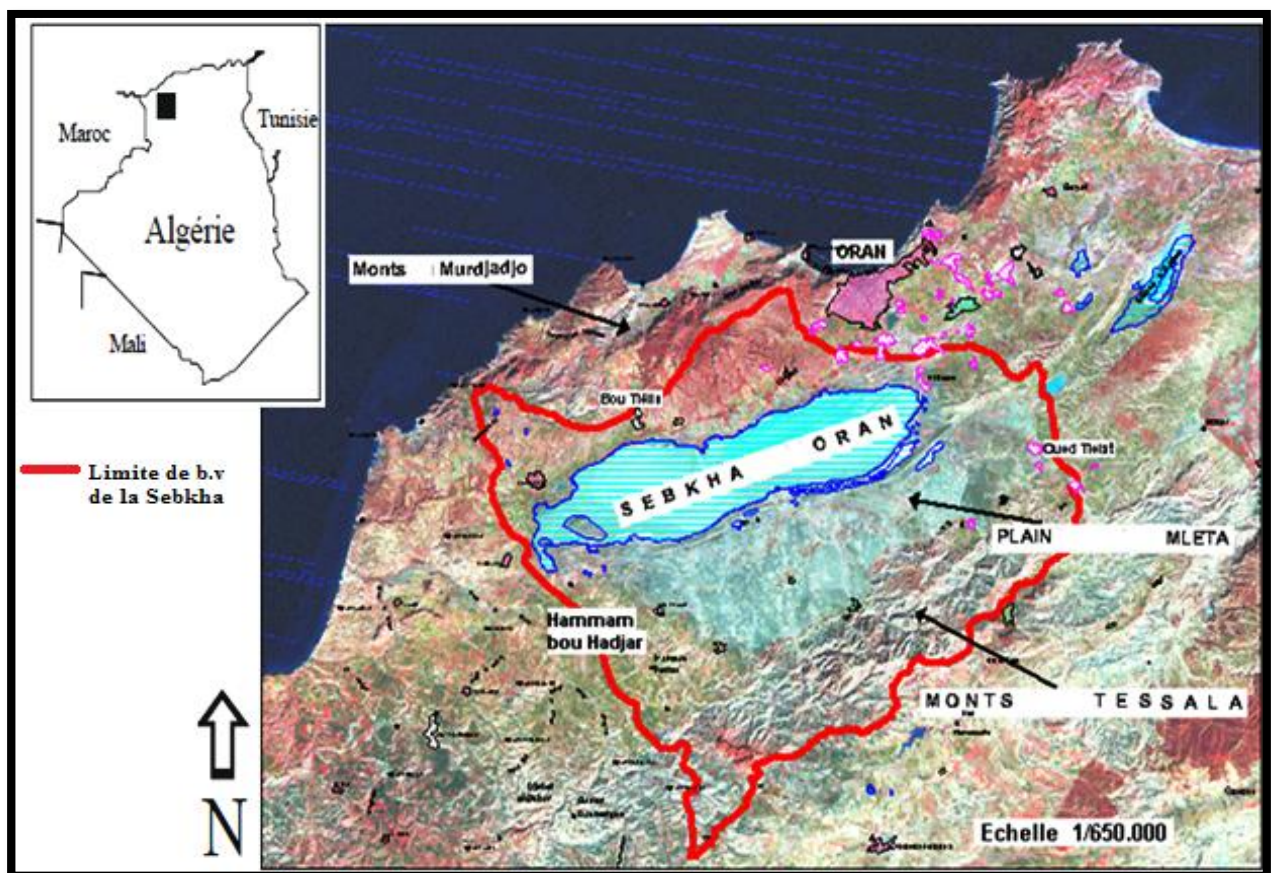


Figure n° 2: Contexte géographique du secteur d'étude. (In BOUALLA N., 2012).

## 2-Climatologie :

Le caractère climatologique général de la zone d'étude est résumé sur la base des données climatologiques relevées, sur la période 1990-2013, au niveau de la station d'Es-Sénia, située à la partie sud de la zone d'étude (tableau. n° 1).

Tableau n°1 : coordonnées de la station climatologique d'Es-Sénia. O.N.M

Station d'Es-Sénia	Altitude(m)	Longitude(E/W)	Latitude(N)	Code de la station
Coordonnées	90m	00°36W	35°38N	40402

### 2-1-Etude des précipitations :

La carte des moyennes pluviales annuelles (période : 1913-1963, figure n° 03) dressée Par Chaumont M. et Paquin C. en 1968, montre une nette variation de la pluviométrie.

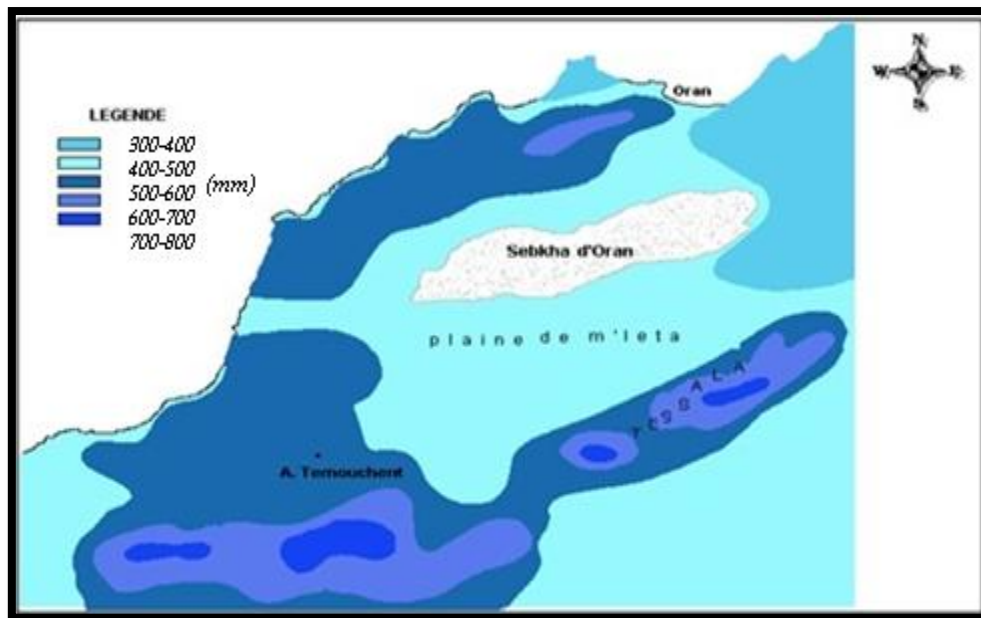


Figure n° 03 : Carte pluviométrique de la région d'Oran pour la période 1913-1963. (Précipitations moyennes en mm d'après Chaumont M. et Paquin C., 1968).

#### 2-1-1-Précipitations moyennes mensuelles :

Les précipitations moyennes mensuelles (mm), de la station climatologique d'Es-Sénia sont présentées au tableau n° 2 et figure n° 4.



Tableau n°2 : Représentation des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1990-2013 à la station d'Es-Sénia (données O. N. M).

Mois	Jan.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>P Moy. (mm)</b>	39	36	35	34	24	4	1	2	14	46	66	47

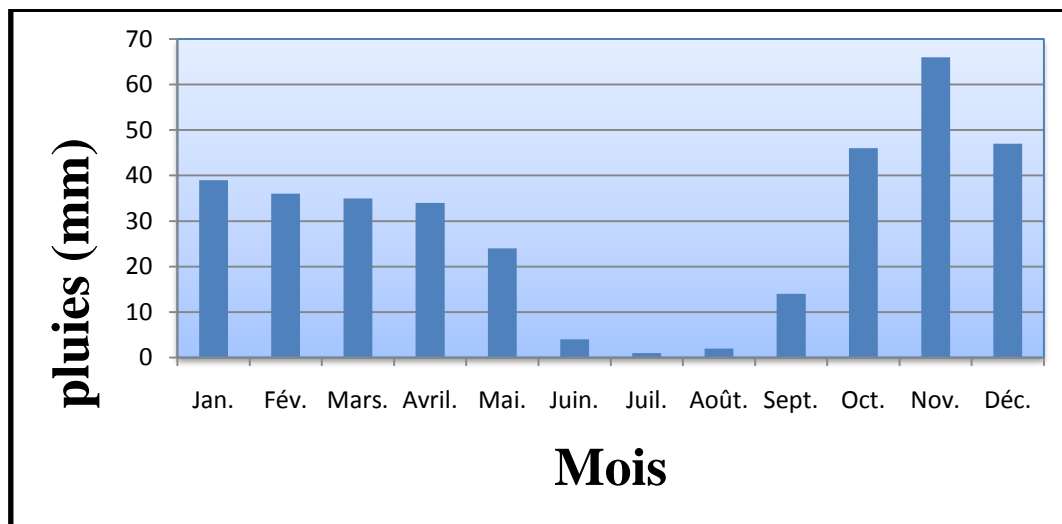


Fig. n° 4 : La répartition des pluies moyennes mensuelles (1990-2013).

Le graphe (fig. n° 4) montre qu'il y a deux saisons ; l'une est aride de mai à septembre, l'autre pluviale d'octobre à avril.

**2-1-2-Précipitations saisonnières :**

Les précipitations saisonnières sont représentées au tableau 3 et la figure 5.

Tableau n°3 : Précipitations saisonnières (1990-2013).

Saison	Hivers (H)	Printemps (P)	Été (E)	Automne (A)	Régime climatique
<b>Précipitation saisonnière (mm)</b>	122	93	7	126	A.H.P.E

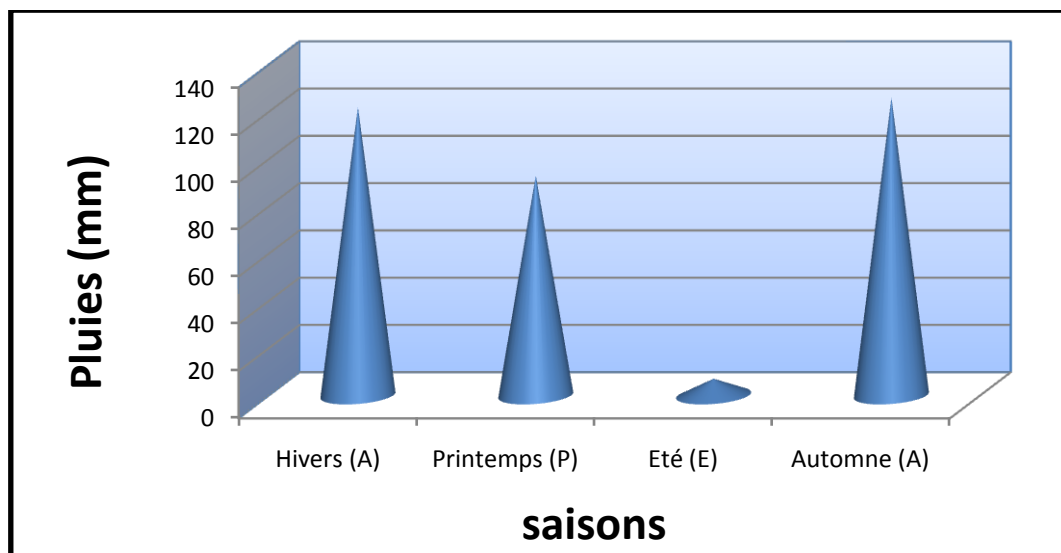


Figure n°5: Précipitations saisonnières (période 1990-2013).

Le régime climatique de région est de type A.H.P.E. Les précipitations automnales atteignent un maximum de 126 mm.

## 2-2-Température :

### 2-2-1-Les températures moyennes mensuelles :

La température est une donnée essentielle pour toute étude climatologique. Elle est également importante pour toute étude hydrochimique car elle prédétermine les conditions hydrochimiques de sub-surface. Les données relatives aux températures moyennes mensuelles, maximales et minimales sont présentées en tableau n° 4.

Tableau n°4 : représentation des températures moyennes mensuelles (°C) de la station d'Es-Sénia 1990à 2013 (données O.N.M).

Mois	Jan.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Min (°C)	5,43	6,23	8,65	10,29	13,74	17,74	20,52	20,73	18 ,07	14,3	9,79	6,69
Max (°C)	16,91	17,96	19,2	21,92	24,7	28,19	<b>31,14</b>	31,31	28,11	25,75	21	17,75
Moy (°C)	<b>11,17</b>	12,09	13 ,92	16,1	19,22	22,96	25,83	<b>26</b>	23,09	20,02	15,39	12,22

#### a- la température maximale :

Le minimum se présente au mois de janvier (16,91°C) et le maximum en août (31,31°C).

**b- la température minimale :**

Le minimum se présente au mois de janvier (5,43°C) et le maximum en août (20,73°C).

**c- la température moyenne :**

Le mois de janvier reste le plus froid de l'année avec 11,17°C, et le mois d'Aout le plus chaud avec 26°C.

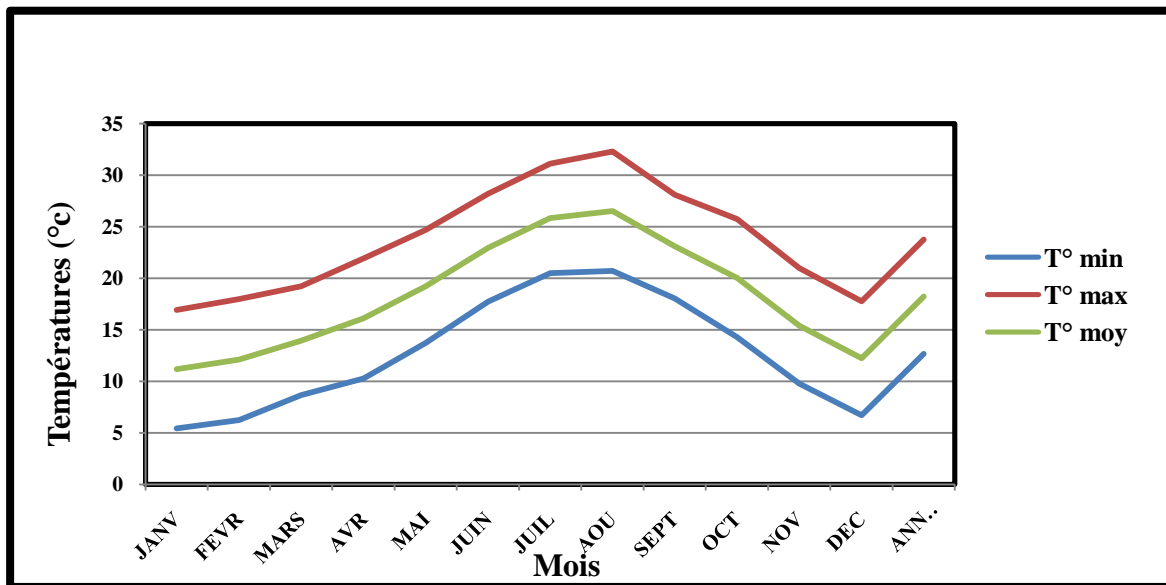


Figure n°6 : Graphe représentant les températures mensuelles à la station d'Es-Sénia (1990 à 2013).

La saison froide débute au mois de novembre ( $T < 15^{\circ}\text{C}$ ) et prend fin en avril. La saison chaude s'étend du mois de mai et à fin octobre.

**2-2-2 Indices climatiques de la région d'étude :**

L'utilisation du diagramme de Martonne détermine pour notre secteur d'étude un climat semi-aride à la limite d'un régime désertique (fig. 7 °). L'indice d'aridité, donné par la formule :  $I = P/T + 10$ , Avec :  $p = 351,4\text{mm}$ .  $T = 18,17^{\circ}\text{c}$  On a :  $I = 12,47$  (période 1990-2013).

**I**: indice d'aridité annuel.

**P**: précipitation moyenne annuelle en (mm)

**T**: température moyenne annuelle en ( $^{\circ}\text{c}$ )

Pour :  $20 < I < 30$ : climat tempéré.

$10 < I < 20$ : climat semi-aride.

$7,5 < I < 10$ : climat steppique

$5 < I < 7,5$ : climat désertique.

$I < 5$ : climat hyperaride.

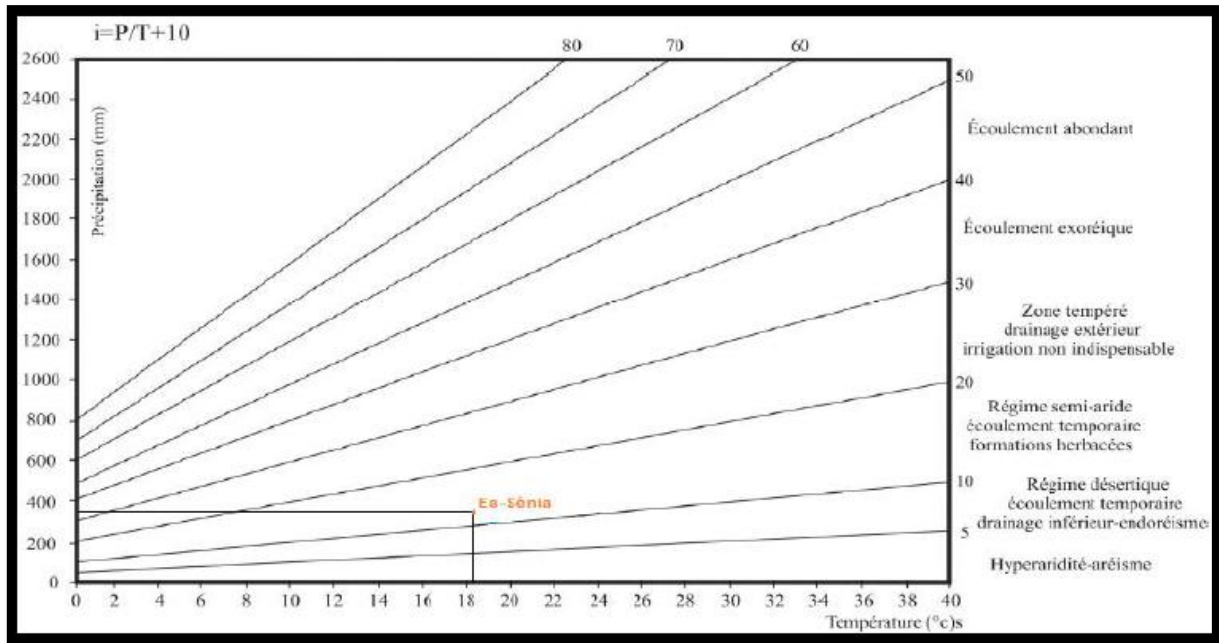


Figure n° 7 : Diagramme d'indice d'aridité d'Es-sénia (méthode de De-Martonne).

### 3-cadre géologique :

#### 1 -Cadre géologique régional :

La zone d'étude se situe dans la partie nord-occidentale du bassin Néogène sublittoral du Bas-Chélif. Elle est partie intégrante de la zone externe du Domaine Tellien de la Chaîne Alpine.

La structure géologique régionale de ce domaine détermine deux grands ensembles (G. Thomas, 1985 in Hassani, 1987) (Figure n°8) :

\* Un substratum, anti à synchro nappe : constitué dans les Djebels Khar et dans le Djebel Murdjadjo jusqu'à Madagh, par les massifs schisteux autochtones d'âge Jurassique et Crétacé.

\* Un remplissage post-nappe : dans les parties plus basses du domaine, constitué par :

- Un Miocène 1er cycle, constitué de 250 mètres de dépôts continentaux de grès et conglomérats rouges, qui affleurent au nord, dans le bassin de Mers El Kebir et au sud dans les Monts de Tessala (région de Tafraoui-Aghbal).

- Un Miocène 2ème cycle, constitué par :

- Un niveau détritique de base formé de grès marins affleurant sommairement dans les zones hautes.

- Des formations médianes constituées de marnes bleues qui prennent une grande extension sous le plateau d'Oran et dans les Monts de Tessala où ils peuvent atteindre 600 mètres d'épaisseur.

- Des formations terminales, constituées au fond du domaine, par la série des tripolis et la série des gypses alors que dans le Djebel Murdjadjo, il y a passage latéral à des formations de bordure : c'est le faciès des calcaires récifaux qui prend une grande extension dans la région.
- Un Pliocène inférieur et moyen affleurant dans les Djebels Djira et Debbi, au sud d'El Braya, où des marnes à intercalations grés - gypseuses atteignent 100 à 200 mètres d'épaisseur.
- Des formations pleisto-holocènes, correspondant à un empilement de couches subhorizontales et argilo-sableuses ou limoneuses se raccordant sur les bords avec des sédiments devenant plus grossiers.

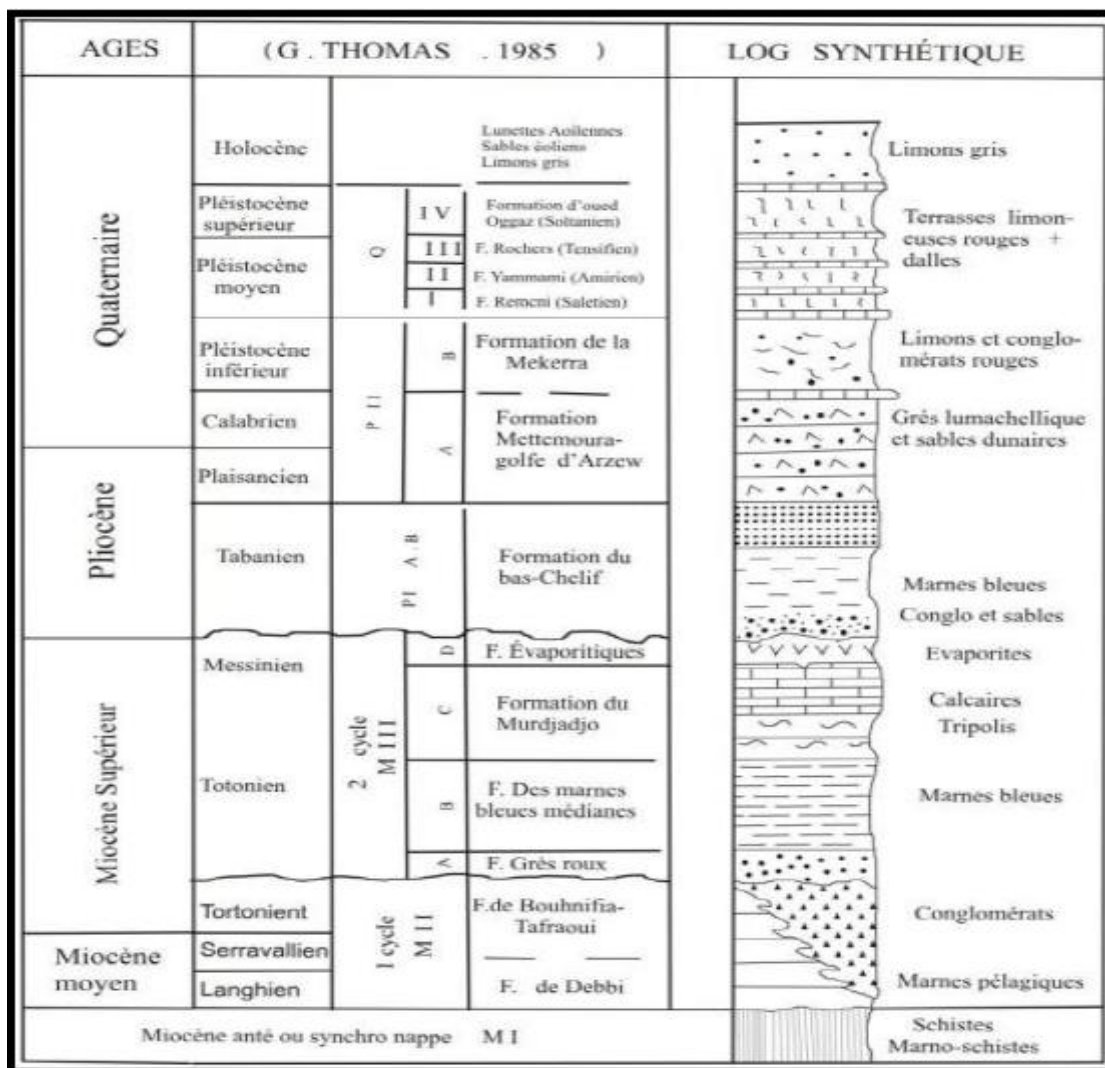


Figure n°8 : Log géologique synthétique de la région d'Oran (Hassani M.I, 1987, extrait).

## 2- La géologie de la zone d'étude :

La plaine de la M'léta occupe la partie centrale constituée essentiellement par le grand lac salin, où une importante sédimentation du Néogène et du Quaternaire s'est déposée. Le secteur d'étude est situé dans le sillon médian et s'étend selon une direction tellienne WSW- ENE (Fig. n°9

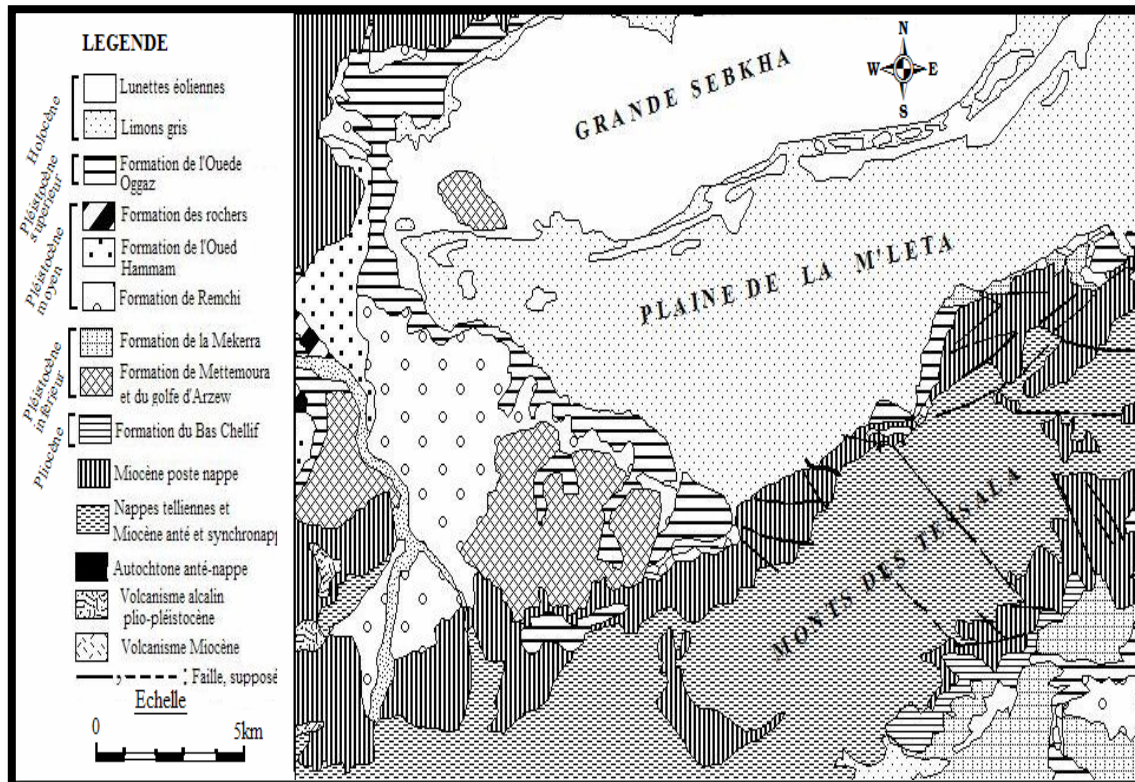


Fig. n°9 : Carte géologique de la zone d'étude (in Hassani M.I. 1987).

## 3-Le substratum anté à synchro nappe :

A proximité de l'agglomération oranaise, la série géologique débute par le substratum, anti à synchro nappe qui constitue les promontoires qui dominent la ville d'Oran (Djebel Murdjadjo). Son âge s'échelonne du Jurassique moyen au Crétacé-Barrémien (Figure. n° 10).

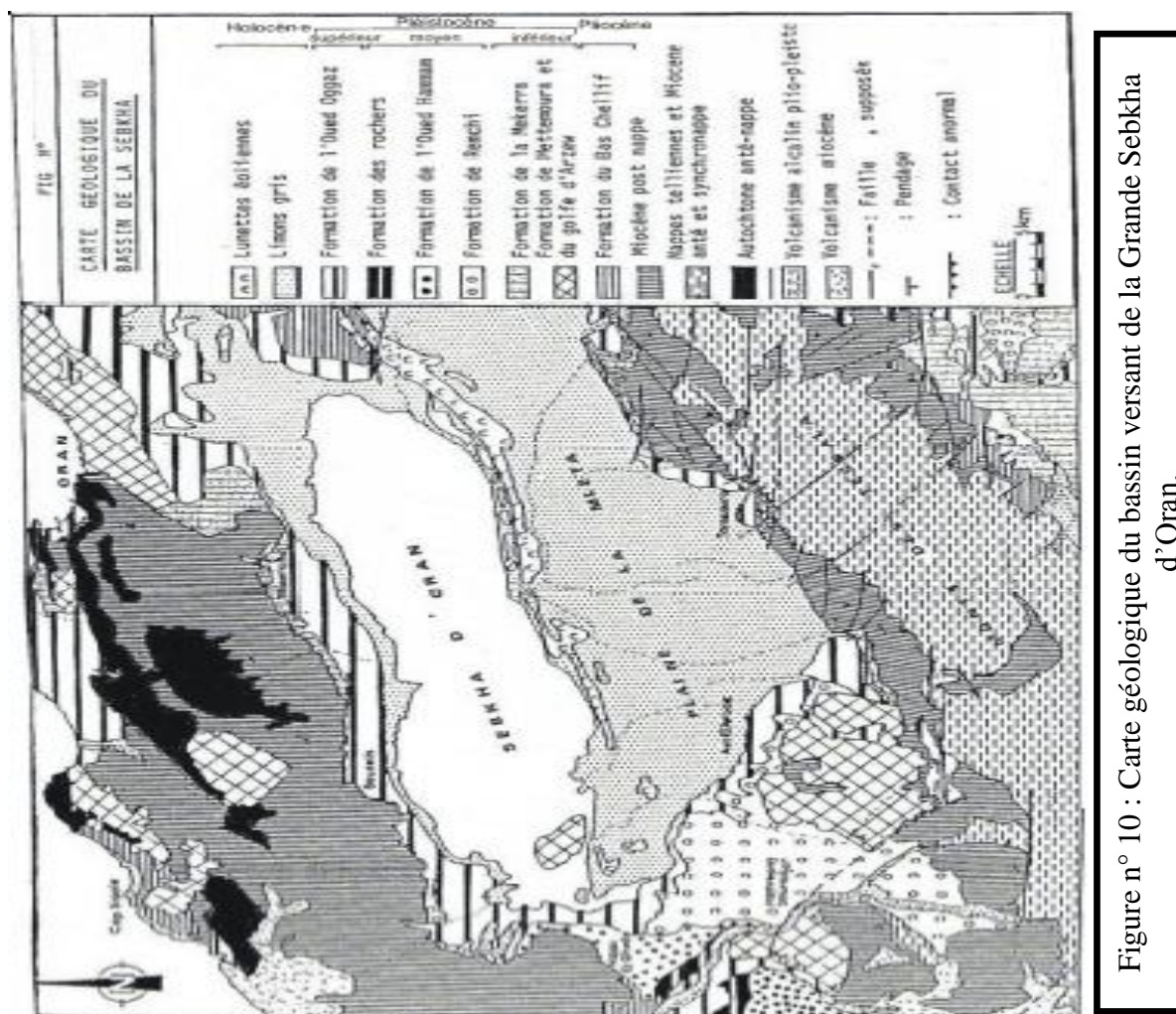


Figure n° 10 : Carte géologique du bassin versant de la Grande Sebkha d'Oran.

### 3-1-Le Trias

Affleure en structures diapirique, formée de gypses auxquelles sont associées des argiles versicolores et des éléments remaniés de l'autochtone. Le diapir d'Arbal en est l'exemple dans la région

### 3- 2-Le jurassique :

Les dépôts jurassiques atteignent 400 m d'épaisseur environ. Représentés par des calcaires liasiques bréchiques et marmorisés souvent recristallisés, ils sont observés sous forme de lambeaux autour et sur le sommet de Tafraoui.

### 3- 3-Le Crétacé :

Il est formé de marnes schisteuses, ardoisées, très fossilifères du Sénonien renfermant quelques micro-niveaux aquifères et reposants sur des marnes franches du Cénomaniens. Son épaisseur peut atteindre les 800m dans les monts des Tessala.

Pendant que les unités Tellienne finissent de se mettre en place, une sédimentation marine avec des dépôts Miocène anté ou synchro-nappe se poursuit pendant la régression générale

### **3-4- Plio-Quaternaires:**

Les affleurements de couches pliocènes gréseuses et marneuses ne sont pas très étendus aux abords de la sebkha. Ce sont surtout des limons argilo-sableux qui recouvrent la sebkha et la plaine de la M'léta, leur épaisseur est très grande (au sondage de l'aéroport d'Es- Sénia on a reconnu 70m de limons quaternaires reposant sur une grosse épaisseur (<250m) de marnes de Pliocène. Ces formations sont considérées comme étant généralement imperméables.

### **4-Aperçu structural :**

La tectonique de la région est contrôlée par des phases de cisaillement et de collision qui engendre une tectonique polyphasée. Depuis le dépôt des formations post-nappes, la compression est prédominante (Thomas, 1985).

Cette tectonique dessine les traits essentiels de la structure actuelle et s'exprime selon les directions principales N 10-20°, N50-70° et N 140°.

La partie Sud du plateau d'Oran est une zone à tectonique assez calme avec un léger pendage des formations vers le Sud en direction de la Grande Sebkha d'Oran et la Dayat Morsly.

Ce prolongement n'est toutefois pas uniforme. En effet, il peut s'inverser localement, créant des dépressions avec des points bas, où l'eau de pluie s'accumule en saison humide. Cela correspond à des ondulations tectoniques post-pléistocènes de très faible amplitude affectant les couches de ce dernier étage.

### **5-Conclusion :**

La plaine de la M'léta est une région côtière du Nord-ouest Algérien faisant partie du bassin versant de la grande Sebkha d'Oran.

Le climat qui règne sur la région étudiée est un climat semi-aride, caractérisé par une période sèche allant de la mi-avril jusqu'au mois d'octobre et une période humide allant de mois d'octobre à la mi-avril

L'étude géologique a permis ainsi de caractériser trois formations qui jouent un rôle hydrogéologique important au niveau de la plaine de M'léta. Ces formations sont représentés par les calcaires, calcaires gréseux du Mio-Pliocène, les niveaux argileux sableux à galets calcaires du Plio-Quaternaires et les alluvions récentes du Quaternaire.



La région de la plaine de la M'léta ne comprend que deux aquifères majeurs connus. Le premier forme une nappe libre irrégulièrement saturée en eau, d'une faible puissance variant de 3 à 30 m, captée par des puits à faibles débits.

Le deuxième aquifère présent dans cette région est l'aquifère du complexe moi-pliocène. Ce dernier se caractérise par des formations de grande extension, tant à l'affleurement qu'en profondeur, mais aussi par une épaisseur assez appréciable et un taux de fracturation élevé, facilitant la circulation des eaux et favorisant leur emmagasinement.

Un troisième aquifère peut être signalé dans la plaine de la M'léta, à savoir celui de la nappe intermédiaire. Cet aquifère représenté par les niveaux plio-quatérnaires pour irrigation de la plaine de M'léta reste mal connu quant à son extension et à son épaisseur. Il apparaît néanmoins que ces niveaux sont discontinus et irrégulièrement aquifères.

## 1-cadre hydrogéologique :

Le bassin hydrogéologique de la plaine de la M'léta ou bassin versant souterrain est la partie de l'aquifère du complexe du Mio – Pliocène dans laquelle les eaux souterraines s'écoulent vers les captages. Il est délimité par la ligne de partage des eaux souterraines qui, à l'encontre du bassin versant superficiel peut être migrante ; c'est l'homologue souterrain d'un bassin versant pour les eaux de surface.

### 1-1 L'aquifère des calcaires récifaux du Murdjadjo :

Les calcaires récifaux miocènes du Djebel Murdjadjo constituent un important aquifère karstique. La perméabilité est essentiellement de fissures et de chenaux.

Dans cet aquifère, on distingue trois nappes :

- Une nappe perchée : longeant une partie de la crête du djebel. Cette nappe est drainée par une série de source au nord et au sud.
- Une nappe libre intermédiaire : cette nappe est contenue dans l'aquifère calcaire qui repose, au nord, directement sur les schistes du Jurassique et du Crétacé et plus en aval, par l'intermédiaire des marno-calcaires, à tripoli, sur des marnes jaunes puis les marnes bleues du Miocène.
- Une nappe captive : en aval, à la ligne de rupture de pente du Djebel Murdjadjo, les calcaires passent sous les alluvions plio-quadernaires beaucoup moins perméables.

### 1-2- Aquifère pliocène-quadernaire de la M'léta :

C'est l'aquifère le plus profond et le plus intéressant, sa grande puissance varie entre 130 et 250 m. Il constitue avec son extension latérale un bon réservoir de type en charge.

Ce complexe Mio-Pliocène englobe les calcaires récifaux du Miocène supérieur et grés consolidés et sable fins du Pliocène marin.

L'épaisseur des calcaires récifaux atteint 60 à 75 m, mais elles peuvent aussi atteindre 150 m. Elles diminuent rapidement suivant les failles sub-latitudoinales sous les terrains récents, leur porosité est essentiellement de fissure.

Ces calcaires ont une bonne perméabilité de fissure, une bonne partie des eaux de précipitation et de ruissellement s'y infiltre, les eaux sont arrêtées vers le bas par les intercalations des niveaux marneux à tripolis ou par les marnes bleues. (Fig. n°11).

En amont la nappe est libre au niveau des affleurements (Tessala et Murdjadjo), par contre elle devient captive en plaine sous les dépôts post-nappe peu perméable (les alluvions Plio-Quaternaires).

Ces dépôts récents mettent le complexe en charge et semblent former une bonne couverture étanche qui protège la nappe profonde et empêche sa pollution et son intercommunication avec des eaux polluées de surface.

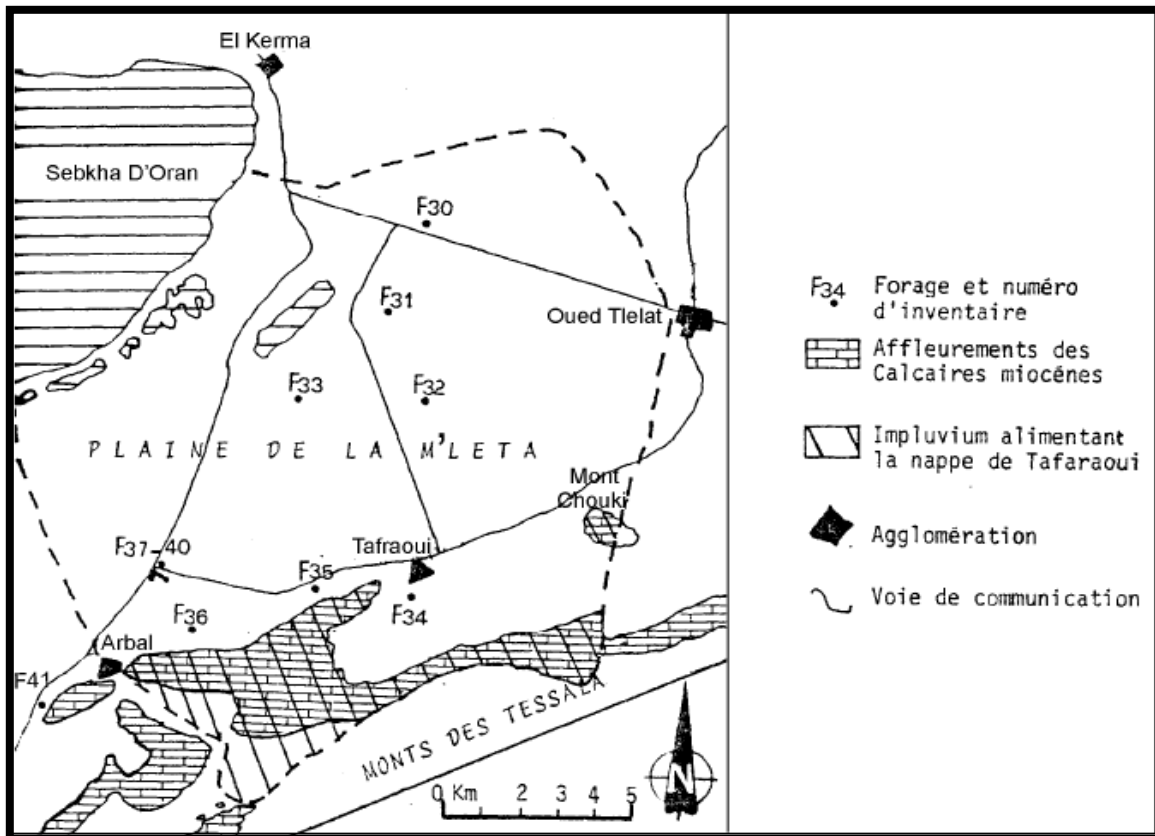


Figure n° 11 : Carte des affleurements calcaires et des forages de la plaine de la M'léta. (Hassani M.I., 1987).

Le bassin d'alimentation du captage est le lieu des points de la surface du sol qui contribuent à l'alimentation du captage et correspond à la projection en surface de la portion de nappe alimentant le captage.

En considérant que la surface située entre la crête topographique et la crête piézométrique est imperméable, le bassin d'alimentation du captage est plus réduit.

L'aquifère souterrain de la plaine de la M'léta, contenu dans les formations du Mio – Pliocène est de type milieu fissuré, qui se développe dans des formations sédimentaires de type grès fissurés, calcaires fissurés.

Dans cet aquifère à porosité de fissure, l'écoulement des eaux souterraines s'effectue de manière préférentielle et prépondérante le long des fractures, diaclases, failles, voire au niveau de limites de bancs ; le reste du massif peut être considéré comme relativement homogène, caractérisé par une porosité d'interstice (grès) et de fissures traduisant par une perméabilité moindre. Ces volumes de roches assurent la fonction capacitive de l'aquifère.

La recharge de l'aquifère s'effectue aussi bien au niveau des discontinuités principales qu'au niveau de la roche fissurée moins perméable. Finalement, l'eau captée dans la zone de décharge résulte du mélange d'eau ayant transité plus ou moins rapidement à travers les discontinuités principales et plus lentement (drainage des discontinuités principales vers les blocs fissurés moins perméables).

### **1-3- Caractéristiques hydrogéologiques des horizons aquifères :**

#### **1-3-1-TRIAS :**

Malgré la faible extension des pointements évaporitiques dans les Tessalas (Diapir d'Arbal), ils jouent quand même un rôle hydrogéologique important du fait de leur contribution à la salure des eaux et terres cultivables de la plaine, le résidu sec des eaux des sources qui sortent au contact de ces pointements est très élevé.

#### **1-3-2-Les formations Jurassico-crétacé :**

Formées essentiellement par les calcaires massifs Liasiques du pic de Tafraoui et de marnoshistes du Crétacé. Ce sont des terrains généralement imperméables où l'écoulement souterrain est négligeable.

#### **1-3-3-Les dépôts continentaux rouges des Tessala :**

Du fait de leur position morphologique, les argiles rouges conglomératiques continentales du premier cycle Miocène post-nappe présentent de mauvais aquifères.

#### **1-3-4-Les grés de base :**

Les affleurements de cette formation sont très limités. Ils ne jouent aucun rôle hydrogéologique de grande importance.

#### **1-3-5-Le complexe Mio-pliocène :**

C'est l'aquifère le plus profond et le plus intéressant, sa grande puissance varie entre 130 et 250 m. Il constitue avec son extension latérale un bon réservoir de type en charge. (Fig. n° 12).

Ce complexe Mio-Pliocène englobe les calcaires récifaux du Miocène supérieur et grés consolidés et sable fins du Pliocène marin.

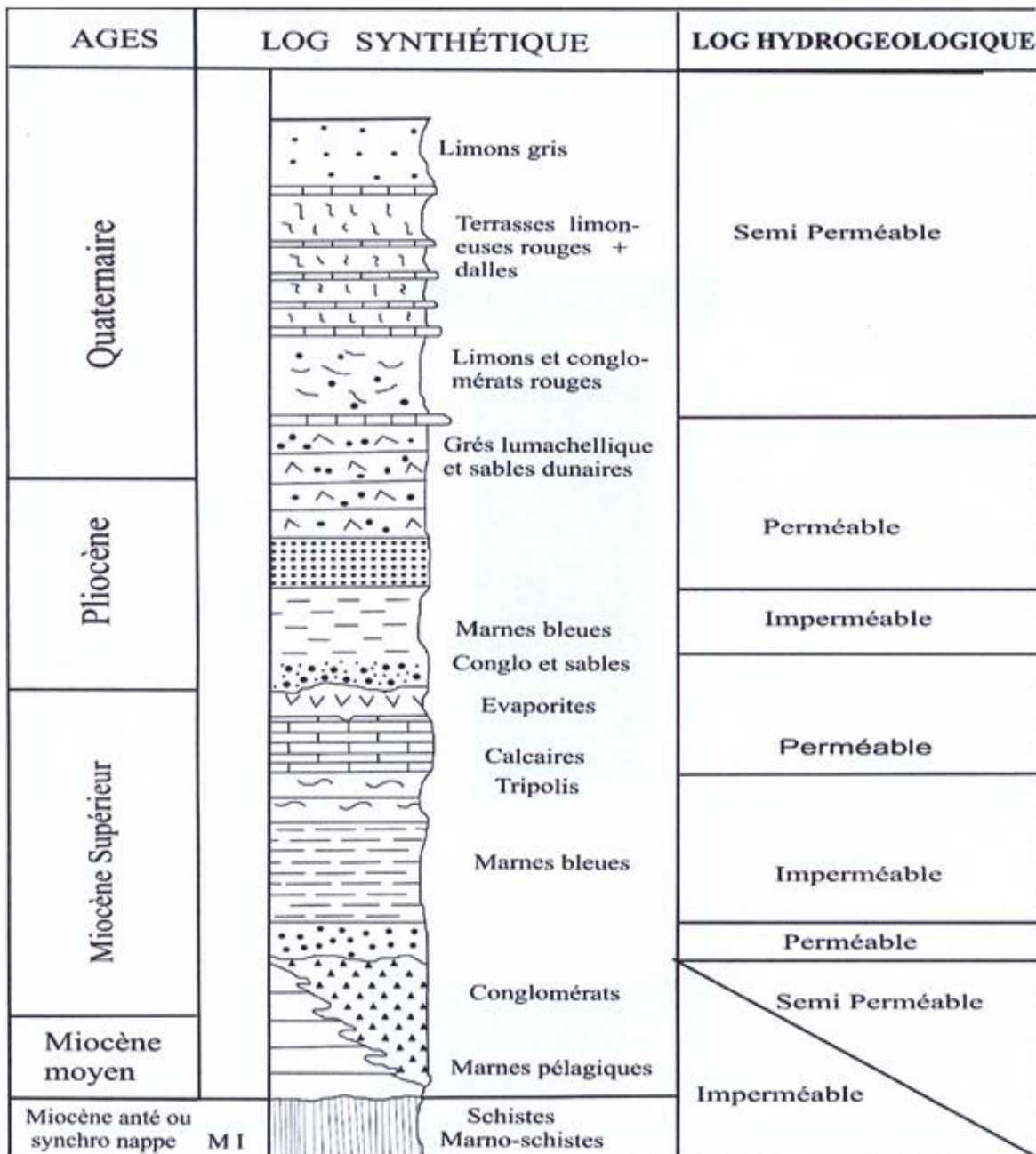


Figure n° 12: Log hydrogéologique de la région d'Oran. (In BOULAHY A., 2012).

## 2- Etude piézométrique :

Pour l'étude piézométrique, les formations alluviales présentes dans la plaine de la M'léta et ses environs demeurent intéressantes,

Une présentation de cet aquifère est faite à travers la prise en considération de la carte piézométrique de la plaine de la M'léta établie à partir des données fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) en Mai 1990 (Fig.13).

L'étude piézométrique de la plaine de la M'léta a montré que l'écoulement de la nappe alluviale s'effectue du Sud vers le Nord. C'est-à-dire, des Monts Tessala vers la Grande Sebkha en passant par la plaine. La piézométrie a également mis en évidence les principales zones d'alimentation de la nappe libre. Cette alimentation se fait, soit à partir des eaux des crues des Oueds (au niveau des cônes de déjection, là où la granulométrie est assez grossière), soit à partir des eaux météoriques (s'infiltrant dans les alluvions quand la granulométrie des terrains le permet). La recharge de la nappe libre à partir des affleurements calcaires reste assez limitée dans la plaine de la M'léta

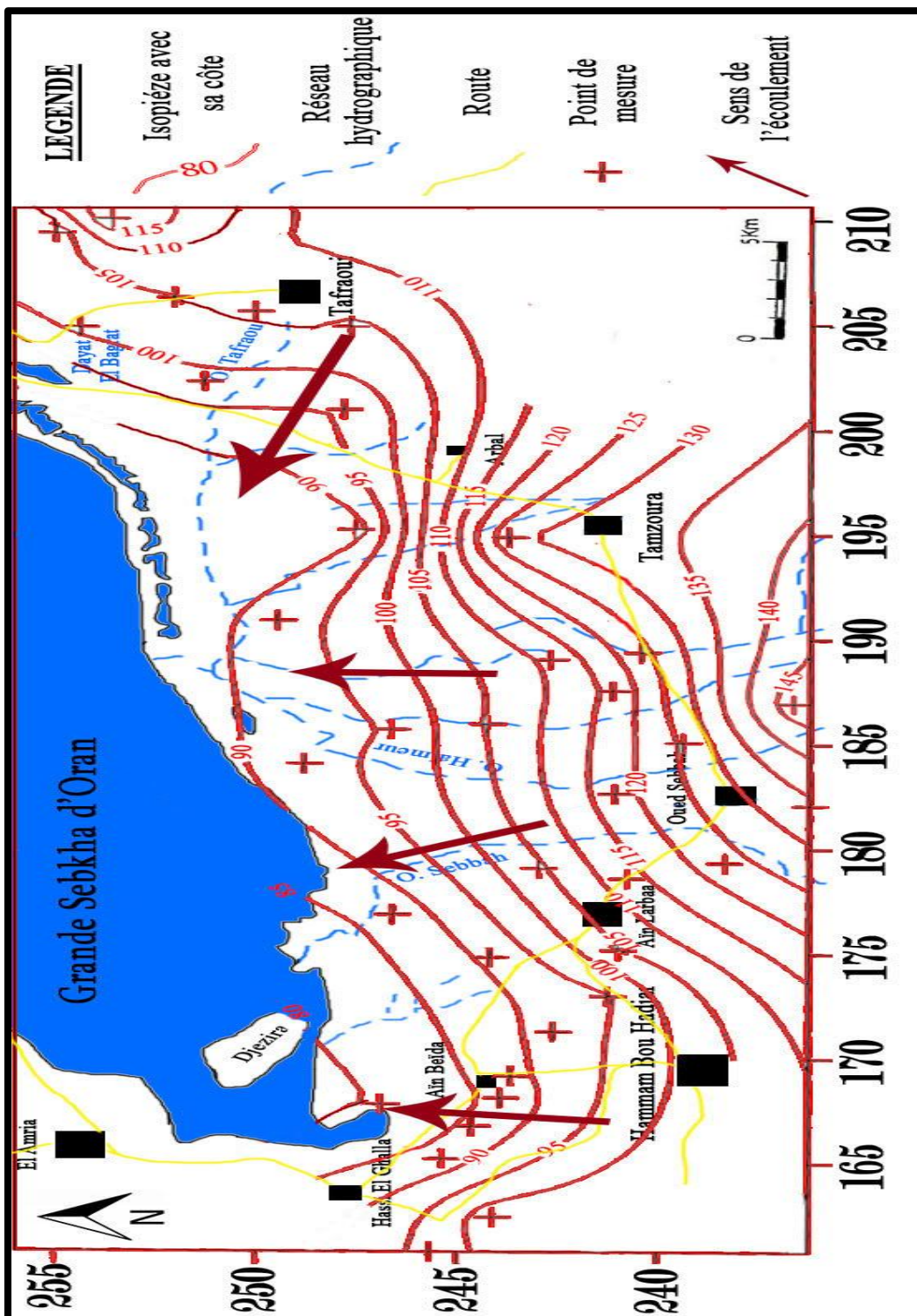


Figure 13: Carte piézométrique de la plaine de la M'léta en périodes des basses eaux (Mai, 1990). (In HASSANI M.I., 1986).

### 3-Hydrochimie :

L'hydrogéochimie a pour but la connaissance des caractéristiques chimiques ou physico-chimiques des eaux souterraines, les processus de leur acquisition et des lois qui régissent les échanges entre l'eau, le sol et le sous-sol.

L'analyse chimique a été faite sur **21** échantillons d'eau bien repartis sur toute la plaine de la M'léta, et captant la nappe du complexe Miocène-Pliocène. Ces échantillons ont été analysés au niveau du laboratoire de chimie de l'**A.N.R.H** en **Mars, 2006**. Les résultats sont regroupés dans le tableau n°5 :

Tableau n°5 : Résultats d'analyse physico-chimique des eaux.

Nom	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO3 (mg/l)	NO3 (mg/l)	SO4 (mg/l)	PH	Cd (µs/cm)	RS (mg/l)	MIN (mg/l)	TH (°F)
P1	280,4	256,85	1104,46	12,12	2277,32	264,74	32,24	455,52	7,50	82,00	82,00	5084,00	176,00
P2	280,4	240,93	1012,46	14,08	2277,32	264,74	7,44	455,52	7,50	78,00	78,00	4836,00	169,00
P3	260,4	326,83	1610,69	32,84	3184,35	633,79	32,86	815,52	7,80	113,00	113,00	7006,00	199,00
P5	189,6	186,88	782,23	10,95	1608,15	400,16	55,8	216	7,90	61,00	61,00	3782,00	124,00
P7	440,2	328,9	1127,46	21,9	2224,07	173,85	6,2	1439,04	8,00	87,00	87,00	5394,00	245,00
P9	400,2	299,86	1265,46	17,99	2277,32	253,15	16,74	1727,04	7,80	96,00	96,00	5952,00	223,00
P10	500	245,92	1311,46	39,88	1770,38	283,65	91,14	2182,56	7,80	93,00	93,00	5766,00	226,00
P11	619,8	375,8	2738,15	19,94	3106,25	206,79	58,9	3645,6	7,60	149,00	149,00	9239,00	309,00
P12	159,6	179,94	1058,46	7,04	1680,21	389,79	53,94	443,52	8,00	65,00	65,00	4030,00	114,00
P13	400,2	270,94	1173,46	14,08	1658,2	341,6	50,22	2182,56	8,00	87,00	87,00	5394,00	211,00
P14	380,2	253,93	989,46	14,08	1486,03	264,74	65,72	1583,04	8,20	75,00	75,00	4650,00	199,00
P16	159,6	200,96	943,46	8,99	1842,45	353,8	48,98	325,92	8,00	70,00	70,00	4340,00	123,00
P18	400,2	342,87	2162,92	12,12	2293,3	420,9	42,16	3310,08	7,90	121,00	121,00	7502,00	241,00
P21	239,6	285,89	989,46	39,88	1504,13	322,69	24,8	1583,04	8,00	77,00	77,00	4774,00	177,00
P22	199,6	228,9	828,46	14,08	1069,61	344,65	37,82	1463,04	8,20	57,00	57,00	3534,00	144,00
P25	209,6	341,9	909,42	14,08	1054,35	676,49	32,86	1679,04	8,50	65,00	65,00	4030,00	193,00
P26	199,6	315,9	1311,46	37,14	1664,24	494,1	34,1	1775,04	8,00	82,00	82,00	5084,00	180,00
P27	159,6	286,86	897,46	14,08	1160,49	453,84	55,8	1535,04	8,20	62,00	62,00	3844,00	158,00
P28	300,4	852,69	3244,38	35,19	4805,63	472,75	78,74	3645,6	7,80	165,00	165,00	10230,00	426,00
P30	520	1265,42	2807,15	44,96	4692,74	248,88	17,98	5180,64	7,60	178,00	178,00	11036,00	650,00
P32	400,2	503,74	2462,15	102,83	3034,18	406,87	9,92	3549,6	7,70	133,00	133,00	8246,00	307,00

### 1-Etudes des Paramètres physico-chimiques :

La température, le pH et la conductivité électrique sont mesurés in situ à l'aide d'un thermomètre, pH mètre et un conductimètre. Le résidu sec est dosé au niveau de laboratoire de SEOR.

#### 1-1- Etude des Paramètres physiques :

##### 1-1-1-Température :

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et la nature des écoulements de l'eau souterraine.

##### 1-1-2-Potentiels d'Hydrogène (pH) :

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, Le pH représente l'état de l'équilibre carbonique. Le CO<sub>2</sub> libre dissous dans l'eau forme un acide faible qui abaisse le pH ; il réagit avec les bases pour former des carbonates acides, pratiquement insolubles, et des bicarbonates très solubles.

#### ▪ Classification des eaux d'après leur PH :

Tableau n°6 : Classification du PH des eaux. (In HADJADJ M., 2012).

<b>PH&lt;5</b>	acidité forte $\Rightarrow$ présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles.
<b>PH=7</b>	PH neutre.
<b>7&lt;PH&lt;8</b>	neutralité approchée $\Rightarrow$ majorité des eaux de surface.
<b>5,5&lt;PH&lt;8</b>	Majorité des eaux souterraines.
<b>PH=8</b>	Alcalinité forte. évaporation intense.

##### 1-1-3-Conductivité :

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs.



La conductivité mesure l'aptitude de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau et par suite donner une idée sur la minéralisation totale d'une eau.

#### 1-1-4-Résidu sec :

Le résidu sec représente la minéralisation totale de l'eau, c'est-à-dire la totalité des sels dissous et les matières organiques contenus dans l'eau. Ses valeurs peuvent être recoupées à partir de la mesure de la conductivité. L'évolution de résidu sec suit l'évolution de la minéralisation.

#### 1-1-5-La Minéralisation :

La minéralisation de l'eau peut être déterminée soit par la conductivité électrique (méthode rapide), soit par la teneur en ions dissous obtenue par sommation des concentrations des anions et des cations car celles-ci sont fortement corrélées dans toutes les formations aquifères (en première approximation on peut lier la force ionique à la concentration ionique).

#### 1-1-6-La balance ionique :

La qualité des analyses testée par la balance ionique, permet de déterminer le Pourcentage d'erreur à l'aide de la relation suivante :

$$e\% = \frac{\Sigma \text{cations} - \Sigma \text{anions}}{\Sigma \text{cations} + \Sigma \text{anions}} \times 100$$

A partir du calcul du pourcentage d'erreur on distingue :

- $e < 2\%$  bonne analyse.
- $2\% < e < 5\%$  analyse acceptable.
- $e > 5\%$  mauvaise analyse.

Les résultats obtenus sont données dans le tableau n°7:

Tableau n° 7 : Pourcentage d'erreur des analyses chimiques.

Point d'eau	E%	Type d'analyse
<b>P1</b>	3,08	acceptable
<b>P2</b>	0,08	bonne
<b>P3</b>	-2,36	bonne
<b>P5</b>	1,62	bonne
<b>P7</b>	1,58	bonne
<b>P9</b>	-2,13	bonne
<b>P10</b>	0,88	bonne

<b>P11</b>	3,92	acceptable
<b>P12</b>	3,88	acceptable
<b>P13</b>	-2,5	bonne
<b>P14</b>	1,86	bonne
<b>P16</b>	0,37	bonne
<b>P18</b>	0,51	bonne
<b>P21</b>	-0,93	bonne
<b>P22</b>	-1,26	bonne
<b>P25</b>	1,43	bonne
<b>P26</b>	0,77	bonne
<b>P27</b>	-1,41	bonne
<b>P28</b>	1,52	bonne
<b>P30</b>	1,76	bonne
<b>P32</b>	1,45	bonne

### 1-2-Etude des paramètres chimiques majeurs :

Les éléments chimiques qui ont fait l'objet de cette étude sont : le Calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{--}$ ), les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) et les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).

#### 1-2-1- Etude des cations :

##### A-Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) :

Une eau potable de bonne qualité renferme de **100 à 400 mg/l** de calcium. Les eaux qui dépassent une teneur de **200 mg/l** de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières.

##### B-Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) :

Il provient de la dissolution de dolomie (carbonate de magnésium), notamment à partir des formations carbonatées du flanc sud du Djebel Murdjadjo. Leur norme de potabilité ne dépasse pas les 50mg/l.

##### C- Sodium ( $\text{Na}^+$ ) + Potassium ( $\text{K}^+$ ) :

L'origine de sodium et potassium semblable à celle des chlorures, lié aux minéraux argileux. Il peut être échangé contre les ions  $\text{Ca}^{+2}$  et  $\text{Mg}^{+2}$  par les minéraux argileux ou les substances organiques et provenir de l'hydrolyse des silicates.

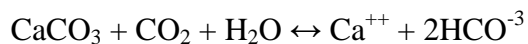
#### 1-2-2-Etude Des Anions :

**A-Les Chlorures (Cl<sup>-</sup>) :**

Les chlorures peuvent avoir deux origines : les apports atmosphériques et la dissolution des évaporites salées. Les eaux de pluie peuvent également apporter des chlorures d'origine maritime qui s'accumulent en surface puis entraînés dans les aquifères. La dissolution de certaines catégories d'évaporites est facile et peut fournir de grandes concentrations dans les eaux.

**B-Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Les ions HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> prennent naissance à partir de la dissolution des carbonates par le CO<sub>2</sub> des eaux de pluie et de percolation, selon l'équation chimique :



Les bicarbonates des eaux de surface peuvent présenter des valeurs importantes dues à la décomposition de matière organique provoquant l'augmentation de la pression de CO<sub>2</sub>, par conséquent, une élévation du PH ce qui confère l'agressivité à l'eau, d'où une augmentation en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

**C-Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) :**

Les sulfates peuvent avoir une origine météorique. Ils peuvent également provenir de l'activité agricole ou biologique naturelle, ou bien des usages domestiques (détergents) ou de la présence d'évaporites (gypse) dans le milieu naturel.

**2-Classification des eaux :**

Pour mieux préciser les principaux aspects hydro chimique, il convient d'interpréter les résultats de représentation graphique celle de diagramme de Schoeller-Berkaloff et le diagramme de Piper.

**A-Diagramme de Piper :**

La méthode consiste à reporter sur deux triangles les pourcentages des quantités en réaction de chaque cation et anion. Ces sont représentées sur le losange en un seul point qui indique la famille chimique. Ce diagramme permet de regrouper en grand nombre d'analyse sans pour autant faire une subdivision précise.

La majorité des eaux de la nappe du complexe Miocène-Pliocène de la plaine de la M'léta sont regroupées en deux principales familles (**Fig.14 et fig.15**) :

- ✓ Chloruré sodique,
- ✓ Sulfatée sodique

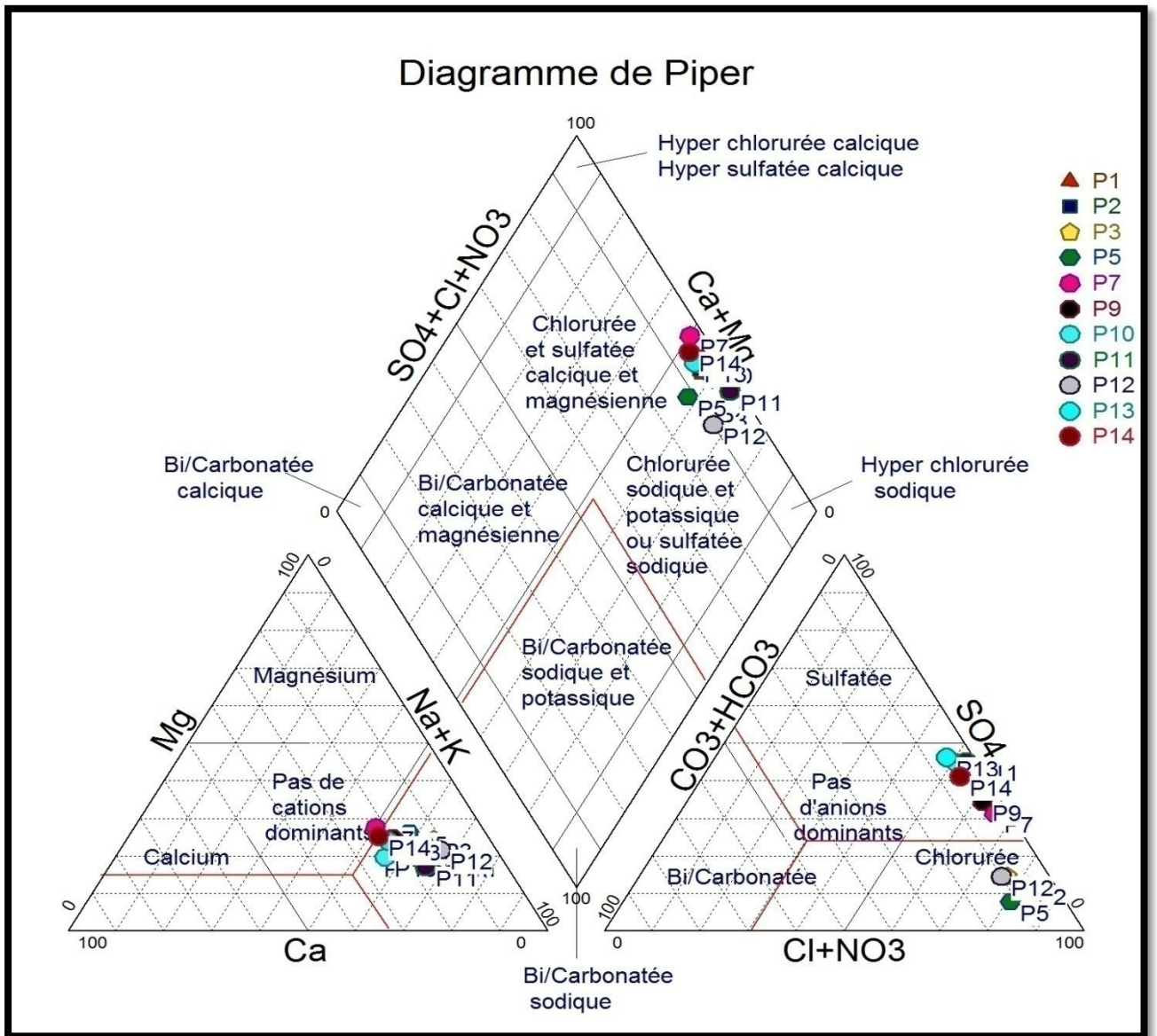


Figure n° 14 : Diagramme de Piper, puits de P1 à P14.

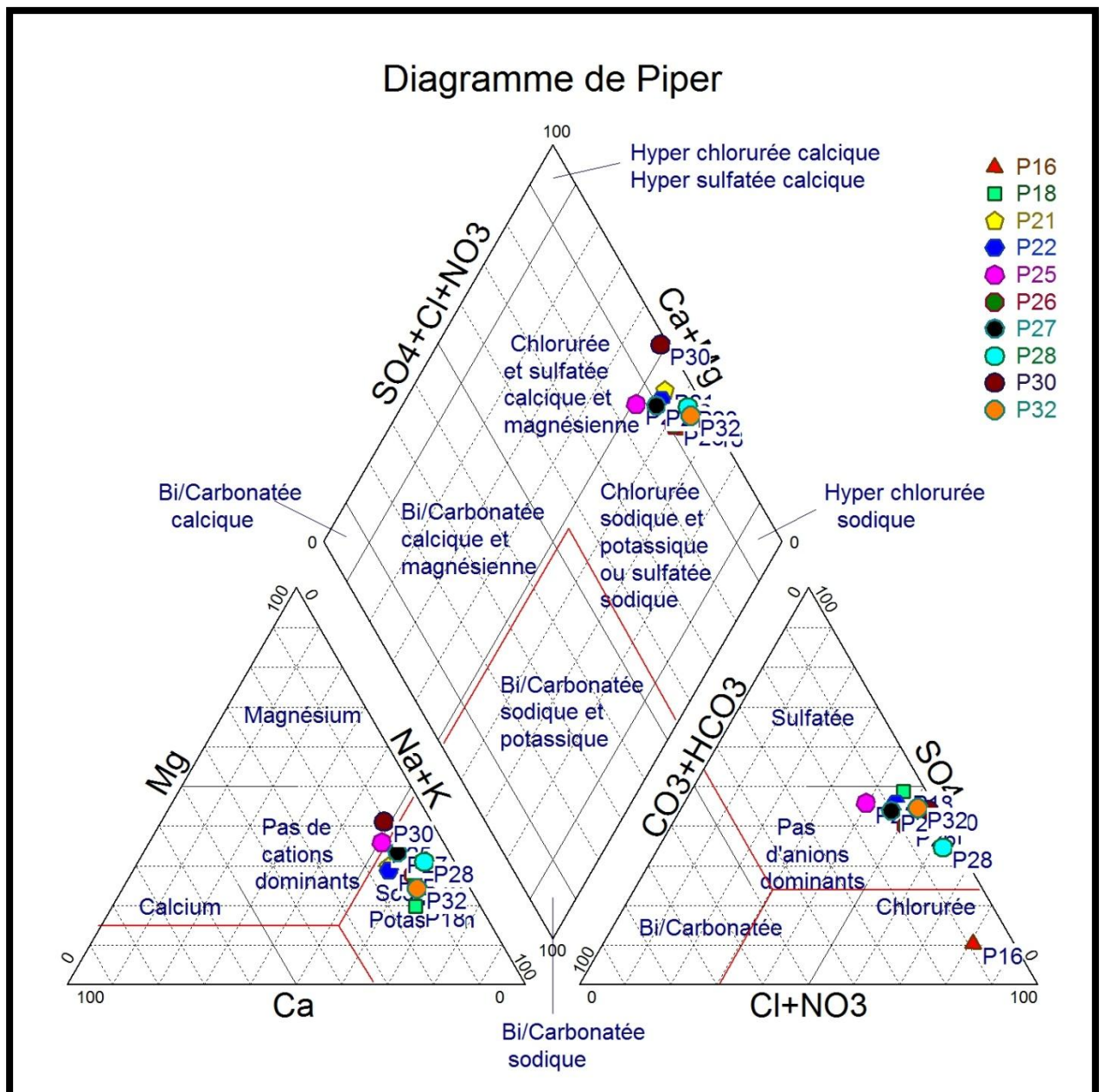
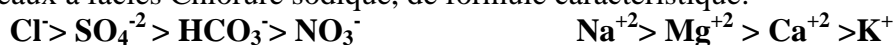


Figure n°15: Diagramme de Piper, puits de P16 à P32.

**B-Diagramme de Schoeller-Berkaloff :**

Ce diagramme à échelle logarithmique, permet de distinguer par lecture des échelles, les concentrations des ions dominants et donc de déduire rapidement les différentes familles chimiques. Le report des teneurs sur le diagramme, permet de distinguer deux grandes familles d'eaux :

\* Des eaux à faciès Chloruré sodique, de formule caractéristique:



\* Des eaux à faciès Sulfaté sodique, de formule caractéristique :



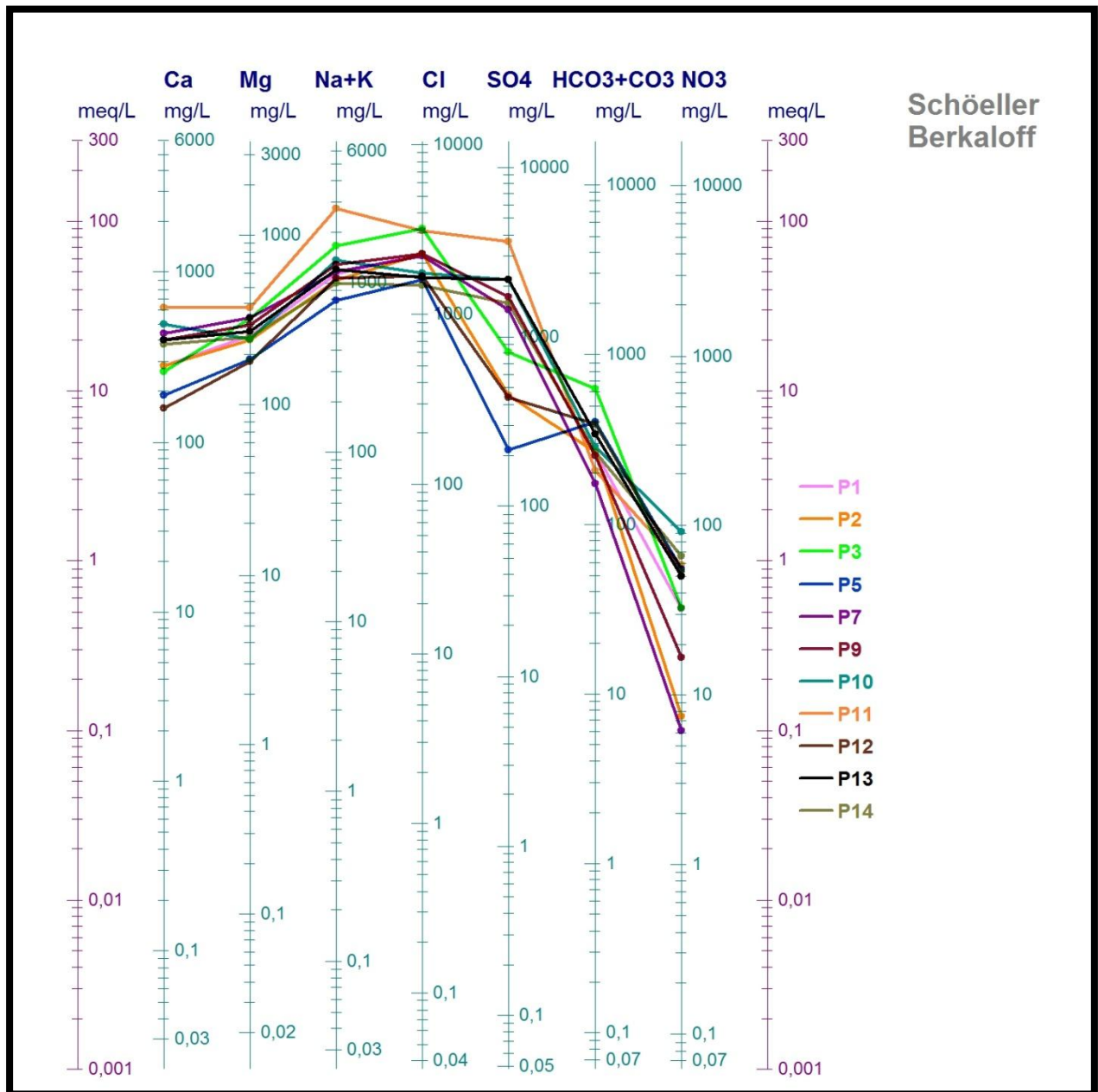


Figure n° 16: Représentation graphique des eaux sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff (puits P1 à P14).

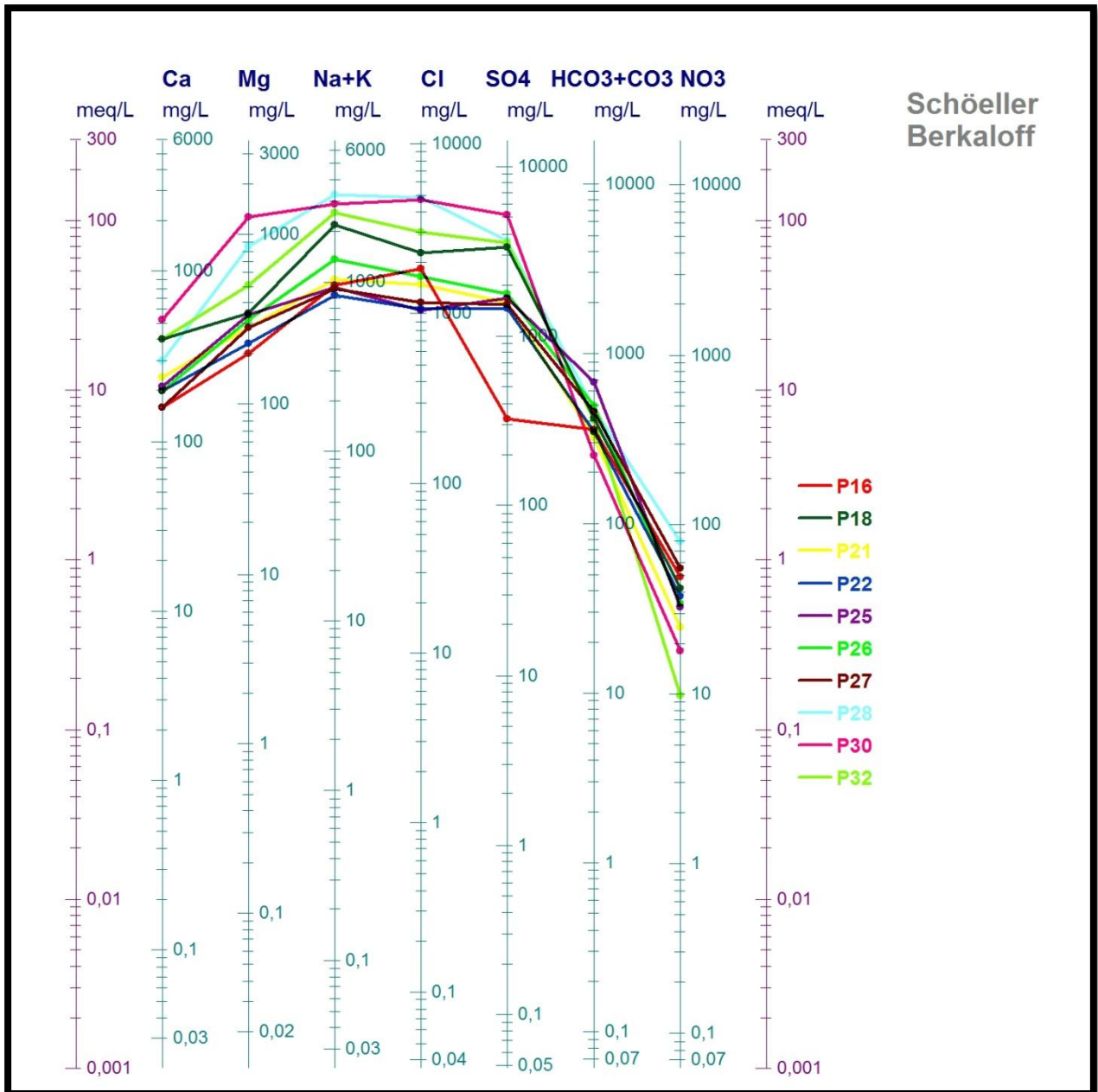


Figure n°17: Représentation graphique des eaux sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff (puits P16 à P32).

#### 4-valorisation et rapport des eaux souterraines au périmètre irrigué de la M'léta :

##### 4.1. Les eaux souterraines :

Les études géologiques structurales et les études géophysiques récentes menées en septembre 2003 nous en permis de distinguer deux types de nappe phréatique dans la zone d'étude

- Nappes quaternaires : elles sont proches du sol et utilisées essentiellement pour l'irrigation. Les suivis effectués sur ces nappes montrent que la minéralisation à

tendance à augmenter. Cette situation ne pourra que s'aggraver si le déficit de recharge perdure. De plus, il existe dans certains secteurs des échanges entre nappes quaternaires et nappes pliocènes; dans ces zones, toute sollicitation et baisse de pression des nappes pliocènes (nappe captive) par augmentation des pompages en nappe captive, aura pour effet d'accroître les échanges nappes quaternaires — nappes pliocènes

Les nappes proches du sol ; leurs minéralisations à tendance à augmenter.

- nappes profondes (de 140m à 340m) : contenues dans des grès pliocènes marins localement en continuité hydraulique avec des faciès calcaires Miocène de type Murdjadjo. elles contiennent des réserves considérables (750 Hm<sup>3</sup>). Le renouvellement de cette ressource est faible (5 Hm<sup>3</sup>) en raison du caractère endoréique du bassin. Les eaux des nappes profondes présentent des minéralisations acceptables (1 à 2.5 g/l).

Toutefois, il faut signaler que les analyses n'ont pas couvert les autres caractéristiques physico-chimiques (EC, Sodium Adsorption Ratio, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ML qui peuvent présenter des risques d'empoisonnement.

#### 4.1. Irrigation :

L'irrigation dans la zone d'étude se fait à partir de la mobilisation des ressources souterraines par le biais des puits et forages, La zone d'étude possède 83 puits et 13 forages

**Tableau n°8** 1: Répartition des points d'eau par commune (en Nombre)

Source d'irrigation	communes		Zone du projet
	Oued Tlelat	Tafraoui	
Puits	62	21	83
Forages	4	9	13
Total	66	30	96

L'eau d'irrigation des puits et forages est conduite vers des bassins d'accumulation pour être desservie aux parcelles.

La plupart des agriculteurs ont recours à ces bassins d'accumulation, ce mode de desserte est dû au faible débit et au mode d'irrigation pratiqué.

Les modes d'irrigation pratiqués par les agriculteurs est le goûte à goûte (utilisé surtout pour les cultures arboricoles telles que les plantations d'olivier) ou l'irrigation par rigole.

#### 5-Conclusion :

Dans le cadre hydrogéologique, la description des formations géologiques nous a permis de définir les principaux aquifères mio-plio-quaternaires.

Au sud de la Sebka :



- la formation carbonatée karstique du Miocène supérieur, qui constitue la nappe principale de la région qui repose sur la formation anté-synchro-nappe est formé par les marnes bleues formant l'assise imperméable.
- L'aquifère alluvionnaire qui se développe dans la plaine est compris entre les Monts des Tessala et la Sebkha d'Oran.

L'étude piézométrique de la plaine de la M'léta a montré que l'écoulement de la nappe alluviale s'effectue du Sud vers le Nord. C'est-à-dire, des Monts Tessala vers la Grande Sebkha en passant par la plaine. La piézométrie a également mis en évidence les principales zones d'alimentation de la nappe libre. Cette alimentation se fait, soit à partir des eaux des crues des Oueds (au niveau des cônes de déjection, là où la granulométrie est assez grossière), soit à partir des eaux météoriques (s'infiltrant dans les alluvions quand la granulométrie des terrains le permet). La recharge de la nappe libre à partir des affleurements calcaires reste assez limitée dans la plaine de la M'léta.

L'étude hydrochimique a été réalisée afin de déterminer les différentes caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines et superficielles de la région. Ces dernières sont généralement chlorurées sodiques.

### 1. Introduction :

L'Algérie est confrontée à des besoins en eau considérables. L'évolution de la population, son urbanisation rapide, les exigences du développement économique et l'amélioration du niveau de vie auxquelles doit faire face le pays sont autant de facteurs qui induisent une progression rapide de la demande tant en eau potable et industrielle que celle du secteur de l'agriculture irriguée.

La sécheresse qu'a connue la Wilaya d'Oran a affecté le niveau des ressources mobilisables de manière importante. Les installations de transfert, de stockage et de distribution ont été exploitées à moins de la moitié de leur capacité en raison du déficit enregistré dans les bilans hydriques. Les programmes d'urgences qui ont été mis en œuvre ont porté, en plus des transferts externes, sur la mobilisation de nouvelles ressources locales et notamment le dessalement de l'eau de mer et l'épuration des eaux usées.

### 2. Les eaux non conventionnelles:

Le recours à l'utilisation des différents procédés de valorisation des eaux non conventionnelles (deminéralisation des eaux saumâtres, dessalement de l'eau de mer, épuration des eaux usées) est une solution supplémentaire pour atténuer les déficits en eau et mieux couvrir les besoins futurs. Jusqu'à ce jour, seules quelques expériences ont été introduites à Ghazaouet (20 l/s d'eau de mer dessalée), les projets de la déminéralisation des eaux de Brédéah et de dessalement d'Arzew et d'Oran.

#### A- dessalement de l'eau de mer : (Arzew : 40.000 m<sup>3</sup>/j - Oran : 100.000 m<sup>3</sup>/j)

Le dessalement de l'eau de mer est devenu indispensable pour sécuriser l'alimentation en eau potable des populations des villes côtières et ce compte tenu de l'accroissement rapide de la demande en eau dans les secteurs de l'agriculture et de l'industrie.



Photo. n°1 : La station de dessalement

### **B- déminéralisation des eaux saumâtre brédéah :**

La station de déminéralisation Brédéah, se trouve à 25km de la ville d'Oran. Elle a été mise en service en 2005 avec une capacité de production de 25 000 m<sup>3</sup>/j. Toutefois, en raison de la baisse du niveau de la nappe, le débit fourni actuellement est de 18 000 m<sup>3</sup>/j. Les eaux produites sont injectées au réservoir 2x50 000 m<sup>3</sup> par une conduite de Ø 700 mm.

### **C- Station d'épuration**

#### **1. Définition Les eaux usées :**

Les eaux de surfaces constituent un écosystème où règne une communauté d'êtres vivants qui établissent des relations et interactions entre eux et leur milieu. Dans ce fragile équilibre, un seul facteur de l'écosystème est modifié, et c'est l'équilibre qui est perturbé.

C'est ainsi que la présence ou la surabondance d'un élément dans un écosystème dont il est normalement absent constitue une pollution. Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants. Ces polluants s'ils se retrouvent directement dans les milieux naturels perturbent les écosystèmes.

Les eaux usées nécessitent d'être traitées avant leur évacuation dans le milieu récepteur, la protection de l'environnement en dépend.

#### **2. Origine des eaux usées :**

Les eaux usées résultent de la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines, qu'elles soient domestiques, industrielles ou agricoles. Ces eaux proviennent de quatre sources principales :

##### **2.1. Les eaux usées domestiques :**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollutions organiques. Elles se répartissent en eau ménagère qui a pour origine les salles de bain et les cuisines, elles sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, et de débris organiques. Il s'agit aussi des rejets des toilettes, chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau est évaluée entre :

- 70 à 90 grammes de matières en suspension.
- 60 à 70 grammes de matières organiques.
- 15 à 17 grammes de matières azotées.

- 4 grammes de phosphore.
- plusieurs milliards de germes pour 100 ml.



Photo. n°2 : Les eaux usées domestiques

### 2.2. Les eaux usées industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles contiennent également des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures.



Photo. n°3 : Les eaux usées industrielles

### 2.3. Les eaux usées pluviales :

Normalement les eaux pluviales ne sont pas forcément polluées. Elles ne sont considérées comme des eaux usées que si elles sont mélangées avec des effluents urbains au niveau des

égouts de type unitaire. Elles sont de même nature que les rejets domestiques et peuvent contenir en plus des éléments toxiques.



Photo. n°4 : Les eaux usées pluviales

### **2.4. Les eaux usées de ruissellement agricole :**

Il s'agit de rejets liquides agricoles issus du ruissellement d'eau d'irrigation qui entraîne des engrais, des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dus à un élevage important.



Photo. n°5 : Les eaux usées de ruissellement agricole

## **3. Station d'épuration d'El Kerma :**

### **3.1. Présentation de la zone d'emprunt :**

Le bureau d'études français SOGREAH a été retenu dans le cadre d'un appel d'offres lancé en 2002 pour une étude d'aménagement intégré de la Grande Sebkhia d'Oran, celle-ci a été pendant plusieurs années le milieu récepteur de 84 millions de mètres cubes d'eau dont plus de 52 millions de mètres cubes d'eaux usées provenant des galeries d'assainissement .

Située près de la décharge publique d'El Kerma, cette station d'épuration prendra en charge toutes les eaux usées du groupement urbain d'Oran qui comprend les communes d'Oran, Es-Senia, Bir El-Djir, Sidi Chahmi et El-Kerma. Au total, près de 274.000 m<sup>3</sup>/j d'eaux usées déversées seront traitées, ce qui confère à cette station le rang de la plus grande STEP du pays. Les eaux usées récupérées par les différentes stations de pompage seront réutilisées pour l'irrigation de la plaine de la M'léta, dans la région de Tafraoui.



Photo. n°6 : Station d'épuration d'El Kerma

### 3.2. Situation de la STEP :

- Wilaya : ORAN, Commune : Kerma,
- Zone géographique : au sud de la wilaya
- Région hydrographique : au bord de la Sebkhia d'Oran
- Nom de la STEP : Station d'épuration du groupement urbain d'Oran
- Les agglomérations raccordées à la STEP : partie d'Oran, Bir El Djir, Es Senia et El Kerma

La station d'épuration d'el kerma se compose de deux directions Wabag (elle fait la réalisation des ouvrages) et le gestionnaire de la STEP avec la direction Hydraulique.

*A. Laboratoire de la station :* des analyses quotidiennes sont réalisés pour deux échantillons.

L'eau usées (brute) et l'eau après le traitement.

Tableau n°9 : Différentes analyses réalisés au laboratoire de la station

Désignation	Signification / Méthode de mesure
<b>MES (g ou mg/L) Matières en suspension</b>	Particules retenues par filtration sur 0.45 à 1.2 $\mu\text{m}$ , évaporation a 105°C.
<b>DCO (mgO2/L) Demande Chimique en Oxygène</b>	Quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables dans des conditions d'oxydation chimique forte (bichromate de K, H2SO4, catalyseur Ag, ébullition 2H).
<b>DBO5 (mgO2/L) Demande Biologique en Oxygène</b>	Quantité d'oxygène consommée par les bactéries aérobies pour dégrader les composés biodégradables en 5 jours (pollution carbonée essentiellement), à 20°C, dans l'obscurité.
<b>NTK (mgN/L) Azote Total Kjeldahl</b>	Azote réduit (organique et ammoniacal), mesuré après minéralisation et entraînement à la vapeur en présence de soude.
<b>NO3- et NO2- (mgN/L, mg/l) Nitrates et Nitrites</b>	Azote sous forme oxydée.
<b>NGL (mgN/L)</b>	Azote global (somme du NTK, des nitrates et nitrites)
<b>Pt (mgP/L, mg/L) Phosphor total</b>	Phosphore organique, polyphosphates et orthophosphates mesurés après minéralisation.

B. Sale de contrôle : nous donne une vue générale sur la station. Le schéma synoptique (fig. n°18), qui nous indique l'état de fonctionnement de chaque étape de la station relié aux ordinateurs avec un logiciel de base.

- Si il y a un problème dans la station il y aura un signale rouge sur le schéma.
- la couler jaune : certaines vannes leur apparait sont fermées.
- la couler verte : les équipements sont ont marche.



Figure n°18: Salle de contrôle

**3.3. Les procédés d'épuration de la station :( Fig. n°19) :**

La station d'épuration d'Oran est prévue pour traiter les eaux usées du groupement urbain d'Oran en Algérie.

Les débits, les charges polluantes et les objectifs de traitement sont donnés dans la suite et forment la base du dimensionnement.

Pour parvenir aux objectifs de traitement, il a été prévu la réalisation d'une station d'épuration biologique à moyenne charge avec une stabilisation des boues.

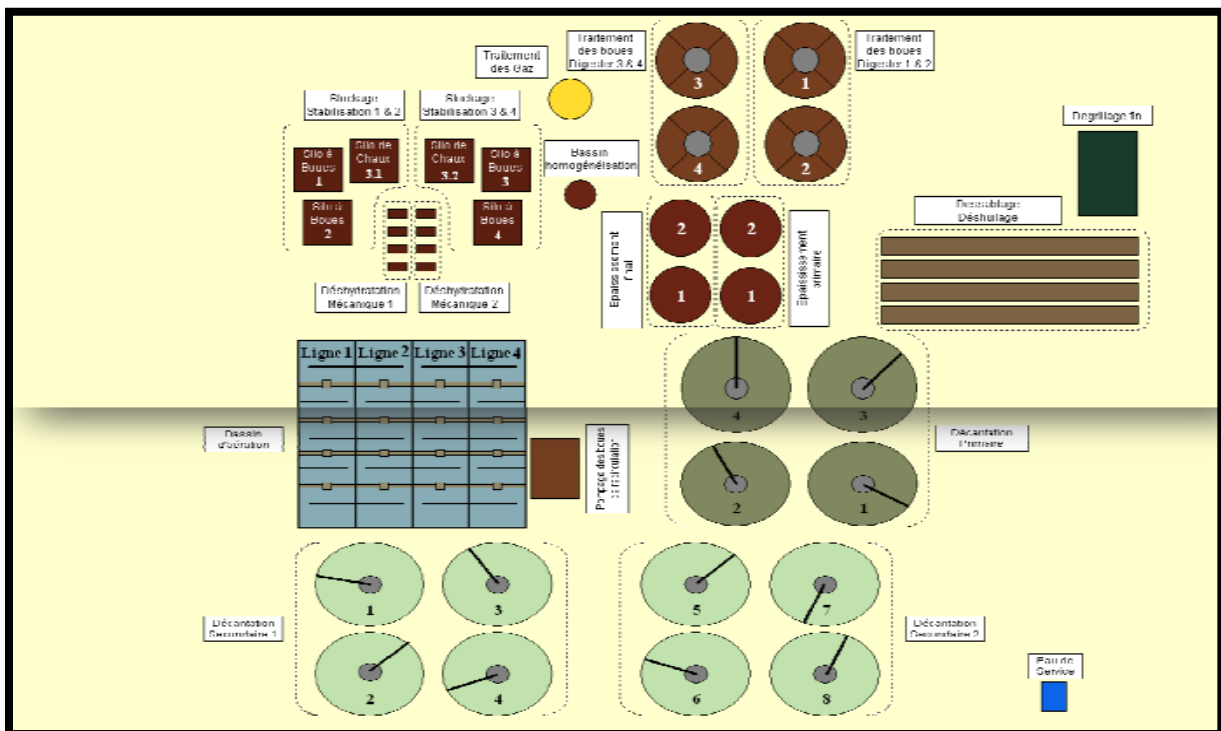


Figure .n°19: Plan de station d'el karma

Le prétraitement est composé des étapes suivantes :

- Dégrillage
- Dessablage- déshuilage
- Décantation primaire

Le traitement des résidus récupérés par dégrillage et dessablage- déshuilage est composé de :

- Classification et lavage des sables récupérés par dessablage
- Compactage des refus de dégrillage, ensachage et stockage dans une benne

Le traitement biologique est réalisé avec le procédé des boues activées par :

- Un ensemble de bassins d'activation biologique
- Un ensemble de décanteurs secondaires



Une désinfection des eaux traitées au chlore est prévue.

Le traitement des boues est composé de :

- L'épaississement gravitaire des boues primaires
- L'épaississement mécanique des boues activées en excès
- La digestion anaérobie
- Le stockage des boues digérées
- La déshydratation mécanique des boues digérées et le stockage des boues déshydratées
- Le chaulage des boues déshydratées et le convoyage des boues chaulées.

### 3.4. Description des installations de la station d'épuration :

#### A. Dégrillage :

Le dégrillage est composé de quatre chenaux de dégrillage équipés des dégrilleurs fins (espacement entre les barreaux = 10 mm)

Les grilles mécaniques sont inclinées de 75 ° offrant une grande surface de passage ; leur nettoyage se fait d'une manière très simple par une racle rigide qui épouse la forme des barreaux de la grille.

L'opération automatique des dégrilleurs est contrôlée par une mesure différentielle du niveau d'eau en amont et en aval du dégrillage.

Les dégrilleurs seront couverts et l'air pollué sera traité par le biofiltre.



Photo. n°7 : Dégrilleurs

#### B. Dessablage- déshuilage :

Un chenal de sortie fait suite au poste de dégrillage en amenant les eaux dégrillées vers quatre chenaux de dessablage- déshuilage.

C'est la lame de débordement, à la sortie des dessableurs, qui impose la cote du plan d'eau vers l'amont, et notamment dans le chenal d'amenée assurant une équi-répartition du débit entre les ouvrages lorsqu'ils sont utilisés en parallèle.

L'entrée des dessableurs- déshuileurs est équipée de batardeaux.

Chaque dessableur- déshuileur a une longueur de cinquante mètres (50m), exécuté en béton armé de section trapézoïdale avec un baffle ajouré, commun aux deux ouvrages et un autre étant pentu du côté extérieur.

L'autre zone située à l'opposé de l'axe d'installation des rampes d'air est séparée de la zone de dessablage par un baffle ajouré installé sur toute la longueur de l'ouvrage.



Photo. n°8 : Dessableur- Déshuileur

#### **C. Traitement des graisses :**

Les matières flottantes et les graisses s'accumuleront à la surface du déshuilage et seront raclées jusqu'à l'entrée d'un puits à graisses. Ces matières peuvent au besoin avec un clapet être entreposées dans le puits. Les matières peuvent être régulièrement retirées de ce puits dans un réservoir mobile (tonne à lisier) et transportées vers les digesteurs. Cette boue grasse est transportée à l'aide d'une pompe à vis excentrée vers le système d'envoi vers les digesteurs.

Dans les digesteurs une grande partie organique est transformée de façon anaérobie en biogaz.

#### **D. Décantation primaire :**

Les eaux troubles provenant du traitement des boues sont envoyées après le dessablage/déshuilage. L'eau usée coule ensuite vers une décantation primaire. Une partie des MES se déposent et réduisent donc la charge massique de DBO5 et DCO.

Il existe quatre décanteurs primaires, équipés de ponts racleurs. Les décanteurs primaires sont dimensionnés pour une charge hydraulique de 1,5 m/h, éventuellement 2,5 m/h.

Les eaux à la sortie des décanteurs primaires sont dirigées vers deux puisards communs ou seront également collectées les boues de retour des décanteurs secondaires.

Le taux d'élimination estimatif dans la décantation primaire est : DBO5 = 33% DCO = 29%  
MES = 63%



Photo. n°9 : Décanteur primaire

#### **E. Traitement à boues activées :**

Afin d'assurer les objectifs de traitement, il a été prévu un traitement par boues activées à moyenne charge. La règle de base dans le dimensionnement est de respecter la charge massique. Cette charge est calculée sur la masse totale de boues présentes dans le bassin d'aération et permet de parvenir aux objectifs de rejet dont la réduction de la pollution azotée en période d'été par la mise en place de la nitrification.

#### **F. Décantation secondaire :**

Le but de cette opération est la séparation de l'eau épurée des boues qu'elle contient. La liqueur mixte est introduite en son centre ; l'eau clarifiée déborde en périphérie dans une double goulotte de reprise et les boues décantées se déposent sur le radier et seront raclées vers le centre de l'ouvrage où elles s'épaississent légèrement.



Photo. n°10 : Le décanteur secondaire (clarificateur).

**G. Désinfection :**

La désinfection des effluents a pour objectif principal d'améliorer la qualité bactériologique de l'effluent épuré afin de protéger la zone de rejet.

Le bassin de contact présente un volume utile de 7700 m<sup>3</sup>.

**3.5. La Qualité des eaux usées :**

Les charges polluantes attendues au niveau de STEP pour l'année 2015, pour un débit de pointe par temps de pluie de 16200 m<sup>3</sup>/h ; d'après l'étude de dimensionnement de la STEP d'Oran, sont reportées dans les tableaux suivants :

Tableau. n°10 : comparaison des charges polluantes à l'entrée de la STEP d'Oran avec les valeurs moyenne des critères caractéristiques

Paramètre	Concentration en kg/j	Concentration en mg/l	Valeur moyennes en mg/l
DBO <sub>5</sub>	91560 kg/j	235 mg/l	360 mg/l
DCO	228910 kg/j	588 mg/l	700 mg/l
MES	96860 kg/j	249 mg/l	400 mg/l

Tableau. n°11 : caractéristique des eaux usées (NTK, N et phosphore totale)

paramètre	Concentration en kg/j	Concentration en mg/l
NTK	16786 kg/j	43,17 mg/l
N <sub>org</sub>	4578 kg/j	11,77 mg/l
Phosphore total	2747 mg/j	7,06 mg/l

### 3.6. Les débits d'eau usée :

Ils correspondent à la totalité des eaux usées du groupement urbain d'Oran.

Les débits ont été ensuite détaillés dans l'étude d'APS du transfert pour arriver aux valeurs données par le tableau ci-dessous pour les horizons 2005 et 2015.

Tableau. n°12 : Débits d'eaux usées à traiter par la STEP d'Oran

Débit	Horizon 2005	Horizon 2015
Débit moyen annuel	141000 m <sup>3</sup> /j	201400 m <sup>3</sup> /j
Débit de pointe saisonnière total	169200 m <sup>3</sup> /j	241700 m <sup>3</sup> /j
Débit de pointe hebdomadaire total	189000 m <sup>3</sup> /j	270100 m <sup>3</sup> /j
Débit de pointe horaire totale	10980 m <sup>3</sup> /j	15580 m <sup>3</sup> /j

### 3.7. Les Boues :

Les boues d'épuration sont les sédiments résiduaires issus du traitement des eaux usées ; les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un pré-traitement obligatoire.

Les eaux usées sont collectées puis acheminées vers les stations d'épuration où elles sont traitées. En fin de traitement, à la sortie de la station, l'eau épurée est rejetée vers le milieu naturel et il reste les boues résiduaires qui sont composées d'eau et de matières sèches contenant des substances minérales et organiques.

Les boues résiduaires représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes).



Photo. n°11 : Boue de STEP

#### **3.7.1. La valorisation agricole des boues :**

La valorisation agricole des boues résiduares peut être considérée comme le mode de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimique (C, N, P..), pour la protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique dû à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges. Les boues résiduares peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais coûteux

### **4. Apport de la STEP au périmètre irrigué :**

#### **4.1. Définition d'irrigation :**

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides.

#### **4.2. Irrigation de la plaine de M'léta :(figure. n°20)**

La zone d'étude couvre une superficie brute d'environ 10 000 ha. Elle est située à l'Est de la sebkha d'Oran, à une vingtaine de Km au Sud de la ville d'Oran et à 7 Km du site de la station d'épuration d'El Kerma.

### Chapitre 3 Apport des eaux non conventionnelles au périmètre irrigué de la M'léta

L'objet de l'étude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de M'léta est la préparation des éléments de définition, de justification et de mise en œuvre du projet d'aménagement d'un périmètre irrigué d'une superficie de 8.100 Ha .

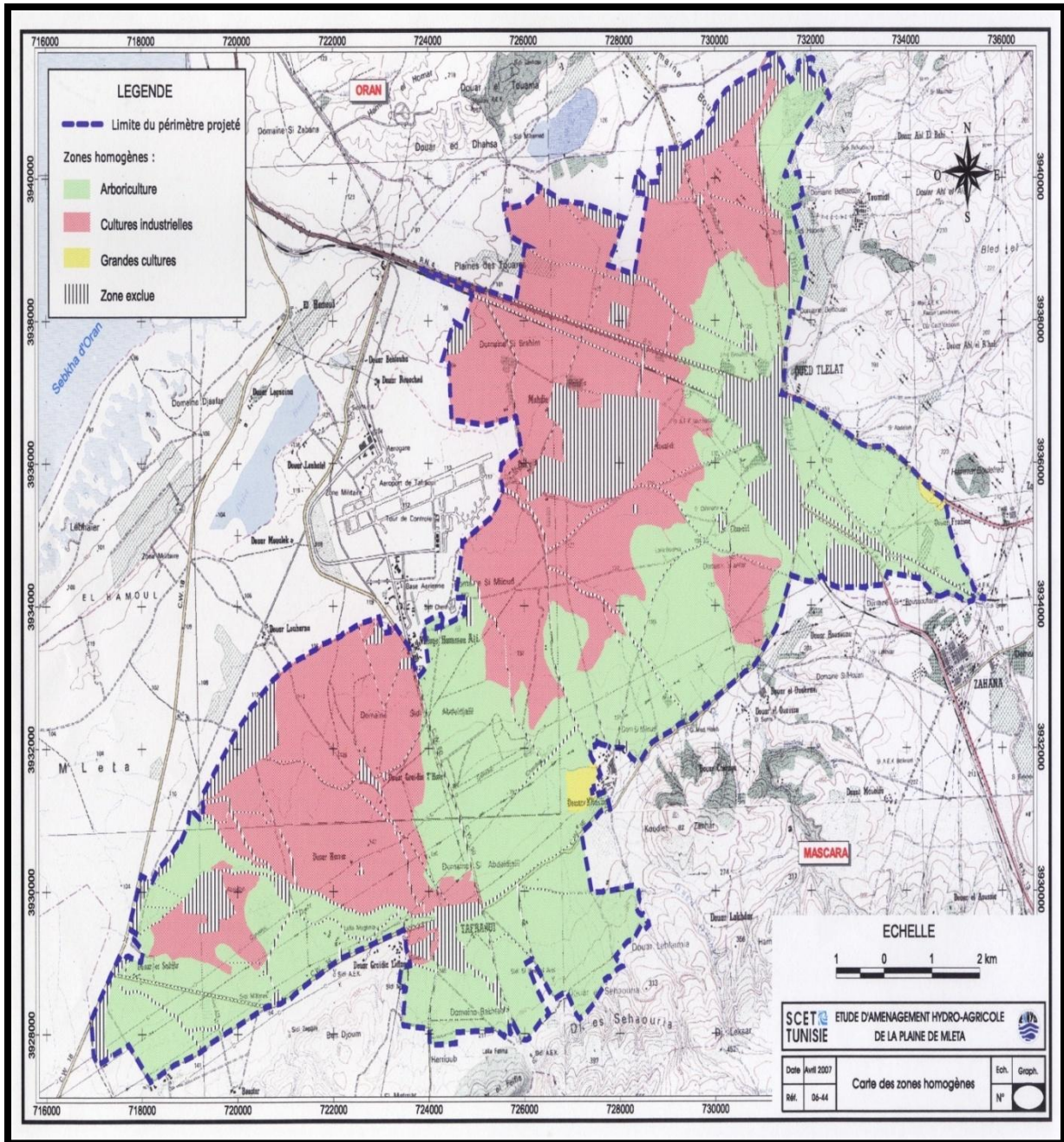


Figure. n°20 : Carte de limite du projet d'irrigation de la M'léta.

Les eaux seront transférées de la station de traitement d'El Kerma pour irriguer de la plaine de M'léta (Tableau. n°13).

### Chapitre 3 Apport des eaux non conventionnelles au périmètre irrigué de la M'léta

Tableau n°13: Coefficient cultural des principales cultures par régions agricoles (SOGREAH, 2009).

Communes	Superficie irriguée (ha)	Etc (mm/an)	Besoin d'eau annuel (en m <sup>3</sup> )
Oued Tlelat	171	447	764,108
Tafraoui	97	531	515,326

Après des concertations internes au sein de l'ONID et discussions entre Bureau d'études et ONID, il a été convenu que l'étude portera sur l'aménagement de 8.100 ha, conformément aux termes de référence, tout en prévoyant deux tranches d'aménagement complémentaires :

- Une 1ère tranche s'étalant sur environ 4862 ha
- Une 2ème tranche comportant les 2832 ha restants.

Ce projet accorde une place privilégiée pour les plantations arboricoles (26 % des surfaces cultivées, soit 35 % de la SAU du périmètre) suivi de très près par les céréales. Les cultures destinées à l'alimentation animale (fourrages d'hiver et d'été et légumineuses fourragères) occupent 30 % des surfaces cultivées (figure. n°21).

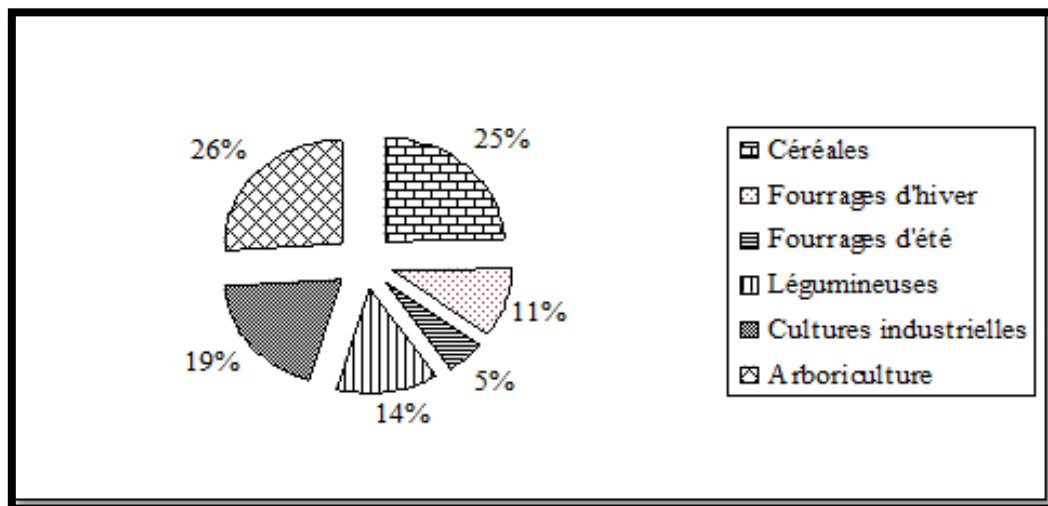


Figure. n°21: Occupation des sols du périmètre (en %)

Le principe du schéma retenu est de disposer de deux sources d'alimentation interconnectées, dominant la totalité du périmètre. (figure. n°22)



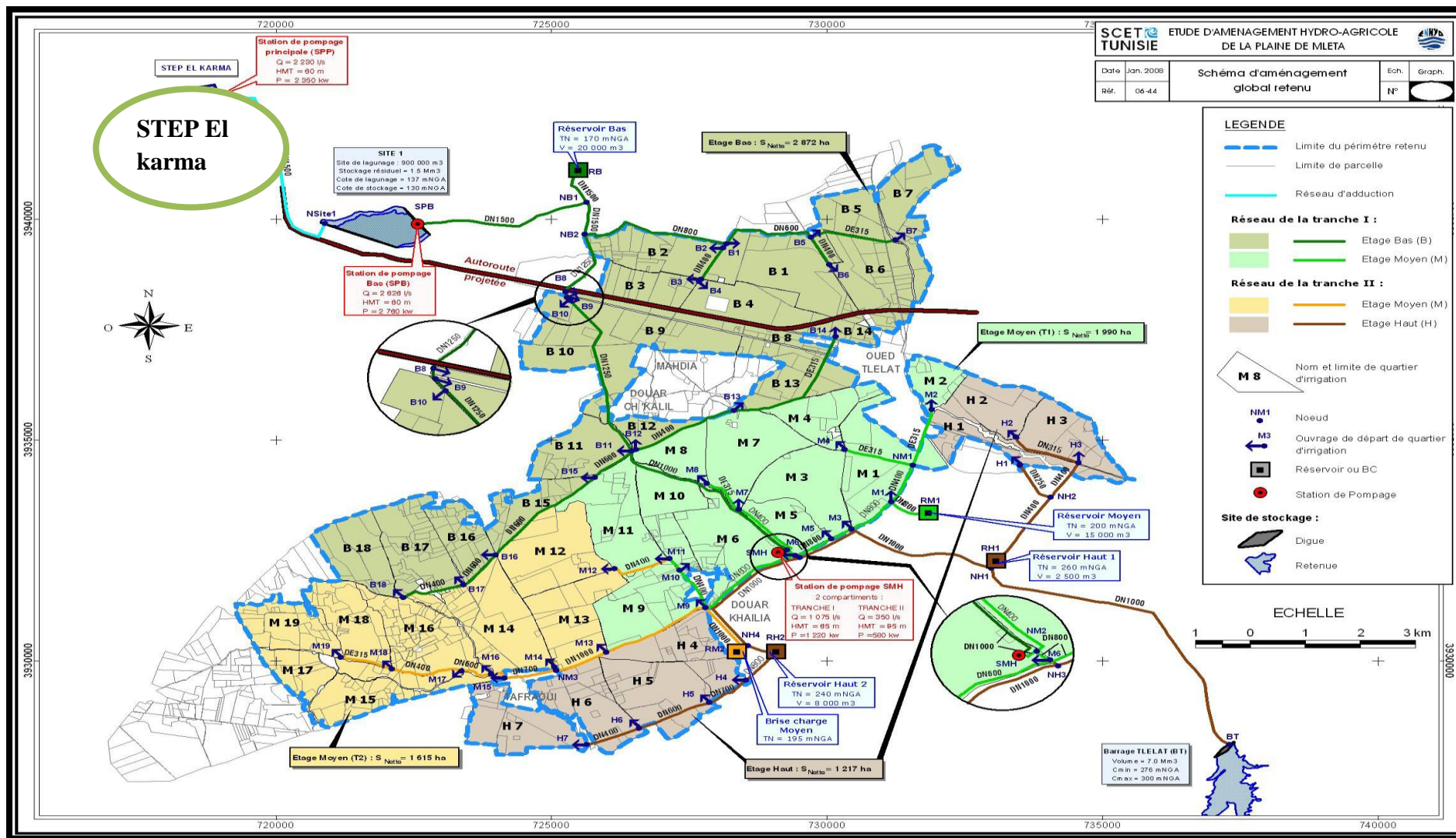


Figure. n°22: Schéma d'aménagement de la plaine de M'léta

- La première source, est le site 1 conçu comme site de lagunage-stockage. Toute l'eau distribuée passe par le lagunage puis par le stockage. Ce site jouera également le rôle d'interface de contrôle de la qualité des eaux en provenance de la STEP.
- La seconde, est constituée par la retenue de stockage de Tlélat, alimentée par une station de surpression. Cette station de surpression fonctionne pour remplir le barrage de Tlélat en dehors des mois de pointe d'irrigation.

Dans ce schéma, et à partir de l'axe d'interconnexion reliant les deux sources d'approvisionnement, nous avons les branches et blocs hydrauliques suivants :

- Le bloc dénommé « Bas B » d'une superficie de 2872 ha équipés, soit 37% de l'ensemble du périmètre, desservi par pompage du site 1 au réservoir d'extrémité RB, calé à la cote 170 m NGA, à travers une conduite adduction-distribution.
- Le bloc dénommé « Moyen 1ère tranche M » d'une superficie équipée de 1990 ha, desservi par une station de surpression (SMH) de HMT 60 m elle-même alimentée à partir du réservoir RB, refoulant vers le réservoir moyen RM1, calé à la cote 200, à travers le réseau de distribution du bloc. Le réservoir RM1 est dimensionné pour subvenir aux besoins de compensation de ce bloc.

L'ensemble de ces deux blocs constituera la première tranche de 4862 ha équipés, qui sera desservie par le site de stockage-lagunage (site 1).

La tranche 2 sera composée des blocs suivants :

- Le bloc dénommé « Moyen 2ème tranche M' » d'une superficie équipée de 1615 ha, desservi gravitairement à partir du brise charge moyen RM2 calé à la cote 195 m NGA. Le brise charge sera alimenté à partir d'un réservoir RH2 destiné également à alimenter une partie de l'étage « Haut H ».
- Le bloc dénommé « Haut H » d'une superficie équipée de 1217 ha, lui-même scindé géographiquement en deux sous-blocs distincts : le sous-bloc « Haut Nord-est » et le sous-bloc « Haut Sud-Ouest ». Le sous-bloc « Haut Nord-est » est desservi gravitairement à partir du réservoir RH1 (calé à la cote 260 m NGA), lui même alimenté gravitairement à partir du barrage Tlélat (plan d'eau variant de 276 à 300 m NGA). Le réservoir RH1 jouera un rôle de compensation (conduite gravitaire provenant du barrage fonctionnant 24h par jour par rapport à un besoin en irrigation

du sous-bloc « Nord-est », selon une courbe de modulation journalière variable), ainsi qu'un rôle de limitation de pression.

Quant au sous-bloc « Haut Sud-ouest », il sera alimenté gravitairement à partir du réservoir RH2 (calé à la cote 240 m NGA), lui-même alimenté gravitairement à partir du réservoir RH1. Le réservoir RH2 jouera également un rôle de compensation (conduite gravitaire provenant du réservoir RH1 fonctionnant 24h par rapport à un besoin en irrigation du sous-bloc « Haut Sud-ouest » et du bloc « Moyen 2ème tranche » selon une courbe de modulation journalière variable). Dans cette variante, l'étage haut n'est pas défini seulement par la situation topographique des quartiers hydrauliques, mais aussi par la capacité du barrage à alimenter une superficie d'environ 2400 ha en saison sèche (la production de la station n'est pas capable d'irriguer ces 2400 ha pendant la période sèche).

L'ensemble de la tranche 2 concerne une superficie totale équipée de 2.832 ha.

La superficie totale équipée des 2 tranches est ainsi de 7694 ha dont 63% en première tranche.

Par ailleurs, la station de surpression SMH est scindée en deux compartiments :

Le compartiment de la 1ère

- Nous tranche sert à alimenter le bloc « Moyen 1ère tranche » ainsi. Les pompes sont dimensionnées pour satisfaire la totalité des besoins de ce bloc. La HMT est calée sur la cote du réservoir RM1.
- Le compartiment de la 2ème tranche sert à remplir le barrage Tlélat en saison creuse (en hiver). En période intermédiaire (mois d'avril, mai), ce compartiment refoulera également directement vers le bloc « Haut ». l'excès de débit sera acheminé vers le barrage Tlélat. Le dimensionnement de ce compartiment est basé sur les besoins de pointe du bloc « Haut » auxquelles sont retirés les apports naturels du barrage Tlélat. La HMT de ce compartiment est calculé pour alimenter le barrage.

#### 4.3. Choix du système d'irrigation :

Distinguons par la suite deux techniques d'irrigation sous pression :

- L'irrigation par aspersion ;
- L'irrigation localisée (goutte à goutte).

**A. L'irrigation par aspersion :**

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection alimentés sous pression, choisis et disposés de façon à obtenir la répartition la plus uniforme.

Aucun nivellement de la surface à irriguer n'est nécessaire. Cependant, la pente générale ne doit pas en principe dépasser 10 % pour les grandes machines à irriguer. Tous les types de sols peuvent convenir. Bien que l'aspersion soit théoriquement considérée d'une excellente efficacité, les chiffres observés dans la pratique se situent entre 55% et 85%, essentiellement en raison de la maîtrise technique des irrigants.

L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures les plus diverses : cultures fourragères, céréales, vigne...

**B. L'irrigation localisée :**

L'irrigation goutte à goutte est à pratiquer systématiquement sur l'arboriculture ; les cultures fourragères, les cultures industrielles (le lin, le chanvre ou le coton) et les céréales

Elle se caractérise par :

- La mise en place sur la parcelle d'un réseau dense de canalisation (rampes) couvrant totalement la surface irriguée ;
- L'utilisation de faibles débits unitaires, de faibles doses avec une fréquence d'apport élevée. Une partie du sol est ainsi maintenue à une humidité proche de la capacité au champ.

**4.4. L'occupation du sol projetée :**

Compte tenu de l'affectation des sols entre la plantation et les cultures annuelles, des assolements préconisés et de la pratique des cultures sur les deux saisons (hiver et été), l'occupation des sols du périmètre de M'léta en année de croisière se présente les données par le tableau ci-dessous

Tableau. n°14 : Occupation des sols en situation projetée

	surface	
	Ha	%

<b>Cultures assolées</b>		
Culture d'hiver		
Blé dur	543	5,51%
Blé tendre	543	5,51%
Orge	1084	10,2%
Avoine	457	4,3%
Orge- bersim	569	5,3%
Vesce-Avoine (foin)	564	5,3%
Pois fourrager	1490	14,0%
<b>S/total Hiver</b>	<b>5250</b>	<b>49,2%</b>
Culture d'été		
Maïs fourrager	108	1,0%
Sorgho Fourrager	464	4,3%
Tournesol	1550	14,5%
Tabac	507	4,7%
<b>S/Total été</b>	<b>2629</b>	<b>24,6%</b>
Total	7879	73,8%
<b>Arboriculture</b>		
Pêcher	409	3,8%
Prunier	266	2,5%
Abricotier	286	2,7%
Amandier	187	1,8%
Olivier	886	8,3%
Pommier	408	3,8%
Figuier	356	3,3%
<b>S/Total Arbo</b>	<b>2798</b>	<b>26,2%</b>
<b>Totale général</b>	<b>10677</b>	<b>100%</b>

On constate que :

- L'arboriculture (culture pérenne) occupe environ 2.800 ha soit 31% de la superficie équipée du périmètre

- La superficie totale irriguée en année de croisière sur le périmètre est d'environ 10.700 ha par an pour une superficie équipée de 9000 ha, soit un taux d'intensification d'environ 120 %
- Par rapport à la superficie totale irriguée tous les ans, les cultures annuelles représentent 7880 ha environ, soit 74%

L'occupation agricole des sols (ou la superficie irriguée) en hiver est de 8000 ha soit 90% de la superficie équipée alors qu'elle est de 5400 ha en été ; soit 60% de la superficie équipée.

**4.5. Les besoins en eau d'irrigation :**

Les besoins nets théoriques en eau d'irrigation ont été en détail dans le rapport agro socio-économique de la situation projetée, sur la base de :

- Données climatique : évapotranspiration potentielle (ETP) et pluviométrie ;
- Coefficients culturaux des spéculations envisagées ;
- L'occupation des terres (répartition des cultures irriguées projetées).

Les besoins en eau d'irrigation par hectare des cultures, calculés dans les conditions de l'aire du projet se présentent ainsi :

Tableau. n°15 : Besoins en eau des cultures annuelles

Cultures annuelles		Besoins en eau (m <sup>3</sup> /Ha)
d'hiver	Blés (dur, tendre)	2690
	Orge	1730
	Avoine	1670
	Orge – bersim	2230
	Vesce-Avoine	1490
	Pois fourrager	1880
d'été	Maïs fourrager	5130
	Sorgho fourrager	5030
	Tournesol	4120
	Tabac	4620

Tableau. n°16 : Besoins en eau des cultures pérennes

Cultures pérennes	Besoins en eau (m <sup>3</sup> /Ha)
Pécher	4950
Prunier	4600
Abricotier	4050
Amandier	3540
Olivier	3670
Pommier	5670
Figuier	3600

#### 4.6. Les paramètres d'irrigation :

##### a. Les durées d'irrigation :

La durée d'irrigation journalière est un paramètre important de conception du réseau. Grosso modo, plus la durée est longue, moins le réseau coûte cher mais plus il présente de confort d'utilisation. La durée nominale d'irrigation retenue pour le dimensionnement des réseaux est de **18 H/jour**, ce qui est compatible avec le type de réseau projeté (réseau sous pression, à la demande).

##### b. Les durées de pompage :

La durée de pompage en jour de pointe retenue pour le dimensionnement des réseaux est de **18 H/jour**.

##### c. Débit d'équipement, débit de pompage :

Les calculs de besoins en eau ainsi que des débits d'équipement et de pompage qui en découlent figurent dans le dossier (allocation des eaux et délimitation du périmètre irrigué).

En tenant compte d'une efficacité de 80 % au niveau du réseau principale et de 95% au niveau de la parcelle, (soit une efficacité globale de 75%), les débits d'équipement du projet, calculés pour satisfaire les besoins du moins de pointe, seront les suivants :

- Débits fictif continu : 0,45 l/s/ha
- Débits d'équipement de distribution : 0,60 l/s/ha
- Débits d'équipement de pompage : 0,54 l/s/h

**4.7. Qualité de l'eau d'irrigation :**

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

Tableau. n°17 : Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation selon. (Lenntech Purification et traitement de l'eau Holding B.V. (1998-2009))

Paramètre	Signification pour l'irrigation avec de l'eau réutilisée	Gamme dans les effluents secondaires et tertiaires	But du traitement de l'eau réutilisée
Solides en Suspension	Des mesures de particules peuvent être liées à la pollution microbienne: elles peuvent perturber la désinfection, obstruer des systèmes d'irrigation ou générer des dépôts.	5-50 mg/L	<5-35TSS/L
Turbidité		1-30 NTU	<0.2-35NTU
DBO5	Substrat organique pour la croissance microbienne; peut apporter l'encrassement microbien et le redéveloppement bactérien dans les systèmes de distribution.	10-30mg/ L	<5-45mgDBO/L
DCO		50-150mg/L	<20-200 mg DCO/L
Coliformes totaux	Mesure du risque d'infection due à la présence potentielle de microbes pathogènes; peuvent apporter un bio-encrassement des arroseuses et des becs dans les systèmes d'irrigation.	<10-107cfu/100 mL	<1-200cfu/10mL
Métaux lourds	Certains sels de minerais dissous sont identifiés comme aliments et sont salutaires pour la croissance de plantes, alors que d'autres peuvent être phytotoxiques ou peuvent le devenir à concentration élevée. Les éléments spécifiques (Cd, Ni, Hg, Zn, etc...) sont toxiques pour les récoltes, et des limites maximum de concentration existent pour l'irrigation.		< 0.001mgHg/L <0.01mgCd/L <0.02-0.1mgNi/L
Inorganique	La salinité élevée et le bore sont nocifs pour l'irrigation de certaines récoltes sensibles.		<450-4000mgTDS/L <1mgB/L
Chlore résiduel	Recommandé pour empêcher le développement bactérien; la quantité excessive de chlore libre (> 0.05mg/L) peut endommager		0.5->5mgCl/L



	certaines récoltes sensibles.		
Azote	Engrais pour irrigation; peut contribuer à la croissance des algues et à l'eutrophisation dans des réservoirs de stockage, la corrosion (N-NH <sub>4</sub> ), ou la formation de tartre (P).	10-30mgN/L	<10-15mgN/L
Phosphore		0.1-30mgP/L	<0.1-2mgP/L

**4.8. Etude de la qualité de l'eau souterraine de la M'léta pour l'irrigation :**

Pour l'irrigation, en raison de l'effet de leurs éléments minéraux sur les végétaux, la méthode appliquée. Cette méthode fait intervenir la salinité et le risque d'alcalinisation des sols. Le S.A.R (Sodium adsorption ratio) donné par la formule :

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

La concentration de chaque ion est exprimées en méq/l. selon le taux d'absorption de sodium (S.A.R), on a la classification suivante (Tableau n°18) :

- SAR<10 : eau à faible danger d'alcalinisation des sols, (eaux excellentes).
- 10<SAR<18 : eau avec un danger d'alcalinisation assez appréciable (eaux bonnes).
- 18<SAR<26 : eau avec un danger d'alcalinisation important (eaux convenables).
- SAR>26 : eaux présentant un danger d'alcalinisation très fort (eaux médiocres).

Le **tableau n° 18** ci-dessous, englobe les résultats de calcul de **S.A.R** pour notre secteur d'étude, où nous remarquons que la majorité des points d'eau présente une qualité d'eau d'irrigation bonne à excellente, à l'exception de (4) points d'eau (**P11, P18, P28, P32**), et qui présentent un taux d'alcalinisation important.

Tableau n°18 : Classification de qualité des eaux en fonction des valeurs du **S.A.R**.

Nom	S.A. R	L'analyse
<b>P1</b>	11,46	eaux bonnes
<b>P2</b>	10,71	eaux bonnes
<b>P3</b>	15,67	eaux bonnes
<b>P5</b>	9,66	eaux excellentes
<b>P7</b>	9,90	eaux excellentes
<b>P9</b>	11,63	eaux bonnes
<b>P10</b>	11,98	eaux bonnes
<b>P11</b>	21,41	eaux convenables

<b>P12</b>	13,65	eaux bonnes
<b>P13</b>	11,09	eaux bonnes
<b>P14</b>	9,62	eaux excellentes
<b>P16</b>	11,72	eaux bonnes
<b>P18</b>	19,15	eaux convenables
<b>P21</b>	10,22	eaux bonnes
<b>P22</b>	9,48	eaux excellentes
<b>P25</b>	9	eaux excellentes
<b>P26</b>	13,45	eaux bonnes
<b>P27</b>	9,83	eaux excellentes
<b>P28</b>	21,60	eaux convenables
<b>P30</b>	15,12	eaux bonnes
<b>P32</b>	19,32	eaux convenables

**5-Conclusion :**

Malgré les contraintes des facteurs naturels limitant (ressources en eau mobilisables limitées et surface agricole utile totale et irriguée faible), de la croissance démographique et de la déperdition des terres agricoles à cause de l'urbanisation effrénée, il est possible de disposer d'un établissement opérationnel efficace et largement décentralisé pour la modernisation des périmètres d'irrigation, leur meilleure prise en charge et le rétablissement de la confiance des irrigants.

Afin de réutiliser les eaux usées épurées par filtres plantés pour l'irrigation de la plaine de M'léta

# Conclusion Générale

---

## Conclusion générale

Notre travail de recherche ayant comme objet l'étude de la gestion des eaux usées épurées d'El Kerma et l'appréciation des risques de dégradation des milieux hydro-édaphiques au niveau de quelques sites d'épandage de ces eaux, nous a permis de présenter les principaux résultats, et dégager les enseignements essentiels.

Pour cela nous avons pris comme exemple la plaine de la M'léta d'une superficie d'environ 520 km<sup>2</sup> (approximativement 52.000 hectares), fait du bassin versant d'Oran. Elle est considérée comme une des plus importantes plaines du nord-ouest algérien, faisant partie des plaines intérieures de l'Algérie occidentale, elle renferme plusieurs nappes, dont le débit est variable d'une nappe à l'autre.

Le climat de la plaine de la M'léta révèle que cette région est marquée par un climat méditerranéen, semi-aride, caractérisé par l'irrégularité des précipitations et par des variations très importantes.

L'étude géologie et hydrogéologique a permis d'identifier deux formations aquifères : les nappes de calcaire du Miocène supérieure et la nappe des grés marin du pliocène inférieure considérées comme un seule aquifère.

L'étude hydrochimique des nappes de la plaine de la M'léta montre que les eaux présentent un faciès chloruré sodique.

Dans la plupart des régions, l'irrigation est confrontée à la baisse du niveau des nappes phréatiques, à l'assèchement de lits de rivières, au taux de remplissage des barrages insuffisant, à la salinisation ou à la contamination des ressources en eau et à des conflits d'usages. Pour traiter ces problèmes, une nouvelle approche intégrée a été adoptée tenant compte de la gestion de la demande et de l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles, parmi elle, on désigne le Projet d'aménagement hydro-agricole de la plaine de M'léta dans la Wilaya d'Oran, qui s'articule autour de la création d'un périmètre irrigué à partir des eaux usées traitées de la station d'épuration d'Oran qui est en cours de construction.

# Conclusion Générale

---

La réutilisation des eaux usées est une technique en pleine expansion principalement associée à l'agriculture, cette réutilisation a pour objectif principal la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques et de trouver des sources d'eau alternatives pour l'irrigation vu la rareté croissante de l'eau. En revanche l'irrigation continue et incontrôlée par des eaux d'égouts pose de sérieux risques pour la santé, du fait que les eaux d'égouts contiennent une charge polluante chimique toxique, et sont porteuses d'excrétas pathogènes (bactéries, virus, protozoaires, vers...etc.), aussi cette irrigation peut causer des problèmes sur l'environnement

Cette étude s'inscrit dans une optique du développement durable, des matériaux recyclables et de protection de milieux naturels récepteurs en vue de minimiser ou d'éliminer les déchets tel que les effluents solides urbains traités (les boues) de la station d'épuration en vue de leur valorisation agricole.

Pour atténuer les effets négatifs et éliminer les risques potentiels de l'irrigation avec ces eaux, nous préconisons les recommandations suivantes :

- ❖ L'irrigation exclusive avec les eaux épurées est à proscrire, faute d'un traitement tertiaire approprié. Le mélange de l'eau réutilisée en irrigation avec des eaux conventionnelles moins salées est recommandé. Le mélange calculé avec des eaux claires et moins salées (**40 l/s**). En plus, il élargit l'éventail des cultures à irriguer, réduit leurs risques microbiologiques et leurs mauvaises odeurs. Ceci incite certainement les agriculteurs dubitatifs à les utiliser ;
- ❖ La réalisation d'un réseau de drainage au niveau des sites irrigués pour prévenir la remontée de la nappe phréatique ;
- ❖ La sensibilisation des agriculteurs des risques de la réutilisation des eaux usées épurées et la vulgarisation des directives de bonnes pratiques de la réutilisation des eaux usées épurées, et ceci malgré le caractère informel de cette réutilisation ;

# Conclusion Générale

---

- ❖ La programmation des suivis de la qualité des sols irrigués, des cultures et de la nappe, avec un suivi sanitaire périodique des agriculteurs réutilisant ces eaux.
  
- ❖ Concernant les éléments traces métalliques, nous supposons que les concentrations des eaux usées épurées en ces éléments ne présentent aucun risque du fait de l'inexistence d'une industrie lourde raccordée au réseau d'assainissement de l'agglomération. Aussi, la réaction basique des sols irrigués est capable d'immobiliser les éventuels métaux existants. Toutefois, une caractérisation des eaux usées épurées et un suivi de la qualité des sols irrigués demeurent des nécessités.

Nous espérons que cette étude aura un impact sur les perspectives de la valorisation de la possibilité de la réutilisation des ressources en eaux non conventionnelles telles que les eaux usées, épurées pour l'irrigation en continu des espaces verts de la plaine de la M'léta.

# Références bibliographiques

**BELLAREDJ, A. M. (2013).** Caractérisation des eaux souterraines de la plaine de la M'leta (Algérie, Nord-Ouest) par application de méthodes statistiques multivariées et modélisation géochimique. Mémoire de magister, Université d'Oran.

**BENZIANE A., BOUALLA N.1., DERRICHE Z. (2012).** Aptitude des eaux du bassin de la Grande Sebka d'Oran à l'irrigation. Journal of applied biosciences 56: pp. 4066-4074.

**BOUAZZA S. (2014).** Actualisation de l'étude hydrogéologique de la plaine de la M'leta (Algérie-Nord-Ouest). Mémoire d'ingénieur d'Etat, Université d'Oran.

**CASTANY, G. (1982).** Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edition Dunod.

**CONDOM N. (2000).** Analyse et modélisation couplée des processus hydro-géochimiques de la Salinisation des sols : Application aux sols rizicoles irrigués de l'Office du Niger (Mali). Thèse de doctorat, école nationale agronomique de Montpellier, 189 p.

**DAHINDEN M. (2006)** .Réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation. Rapport de fin d'étude (Master), Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg ,80 p.

**HASSANI, M.I. (1987).** Hydrogéologie d'un bassin endoréique semi-aride. Le Bassin Versant de la grande SEBKHA D'ORAN (Algérie). Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle. Université de GRENOBLE. 304 p.

**LAKHDARI M., KADI M.Y., HAMMADI S. (2011).** Caractérisation et état de connaissance du Bassin de la Grande Sebka d'Oran. Projet de fin d'étude (Licence), Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf d'Oran, 92p.

**MEBAREK S., ELHOUSSEYN R. (2008).** Utilisation des méthodes géoélectriques pour l'étude hydrogéologique dans les régions de Chott Chergui et la plaine de la M'leta. Mémoire d'ingénieur, Université d'Oran, 96p.

**MOUSSA K., (2012)** : Etude d'une Sebka : la Sebka d'Oran (Ouest Algérien).Thèse de doctorat. Option sédimentologie.

**OMS. (2006).** Normes internationales pour l'eau de boisson.

**RABAHI H. et BELANI T., (2014).** Etude hydrogéologique de la plaine de la M'léta (w. d'Oran). Mémoire d'ingénieur d'Etat, Université d'Oran.

**RAHOU, K. B. (2014).** Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'EL-kerma ORAN. Mémoire de master, Université d'Oran. USTO.

**SEBAA, M., RAHIM, H. (2008).** « Etude des méthodes géoélectriques pour l'étude hydrogéologique dans les régions de Chott chergui et la plaine de la M'léta ».

**SEHLI F., (2009).** Exemple de gestion de base de données hydrogéologique sous SIG (Application à la plaine de la M'léta). Mémoire d'ingénieur d'Etat, Université d'Oran.

**SOGREAH, (2004) :** étude d'aménagement intègre de la grande Sebkhah d'Oran. Mission 2 : programmes d'études complémentaires, étude hydrogéologique et géophysique.

**SOGREAH,** 'Inventaire de la Petite et Moyenne Hydraulique de la Wilaya d'Oran', Ministère des ressources en eau – 2009.

**THOMAS G., (1985) :** Géodynamique d'un bassin intra montagneux. Le bassin du Bas Chéelif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. Thèse de D'oct.E-sci. Université.

## **Webographie:**

<http://www.memoireonline.com/08/09/2463/Contribution--letude-des-parametres-physico-chimiques-et-bacteriologiques-de-lembouchure-de-l.html>

[www.twcc.free.fr/](http://www.twcc.free.fr/) : The World Coordinate Converter

[www.Wikipedia.fr/](http://www.Wikipedia.fr/)

<http://hydram.epfl.ch/docs/Irrigation-basic.pdf>

<http://www.mpl.IRD2008.fr/suds-enligne/sols/fragile/salinisation1>.

[http:// www.hydro-land.com](http://www.hydro-land.com)

<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>