



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

MEMOIRE
Pour l'obtention du diplôme de Master
en Hydrogéologie

**Relation entre les plans d'eau de surface (Sebkha
d'Oran et Daya Morsli) et la nappe phréatique
« wilaya d'Oran »**

Présenté par :

Melle Mohammedi Fatima Zohra

Melle Muzazaila Isabel Leonor

Devant le jury composé de :

Mr. MANSOUR Hamidi

Université d'Oran2

Président

Mr. FOUKRACHE Mohamed

Université d'Oran2

Encadreur

Mme. ABLAOU Halima

Université d'Oran2

Examinatrice

Année universitaire : 2020/2021

Dédicace

A la mémoire de ma chère grand-mère, décédée lors de ma préparation de ce mémoire, qui m'a constamment poussé et motivé ainsi que sa prière.

A ce qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et pour ses sacrifices, à mon père, merci, je suis très fière d'être ta fille.

A celle qui m'a donnée l'espoir au cours d'épuisement, le courage aux moments mauvais et qui m'a attendu avec patience ce jour-là, à ma chère mère.

A la famille Mohammedi, ma sœur Siham, mon frère Mohammed Amine.

A mes cousines ; Kawter, Marwa, Mahmoud, Hind, mes chères tantes et toute ma famille sans exception.

A ma chère amie Muzazaila Isabel Leonor, je suis très honoré de te rencontrer, merci pour les bons moments.

A mes collègues du département des sciences de la terre et de l'univers de l'université d'Oran 2.

Mohammedi Fatima Zohra

DÉDICACE

- ❖ Du profond de mon cœur, je remercie **DIEU** qui m'a permis d'arriver jusqu'ici ;
- ❖ A ma très Chère mère et mon très Chère père :

Leonor Muzazaila et Ernesto Moutwane Jeff

“Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, admirations, mon amour infini et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que leur bénédiction m'accompagne toujours. Puisse DIEU, le très haut, vous accorder santé, bonheur et long vie afin que je puisse rembourser tout ce que vous avez fait pour moi.”

- ❖ A **moi-même** pour la courage et détermination.

Je remercie également :

- Mes grands-parents: **Armando Nguluve** et **Recardina Nguluve** ;
- Mes oncles: **Alexandre Paulo** et **Artimisa Paulo**, Pour m'avoir fait confiance ;
- Toute **ma famille** sans exception, en particulier ceux qui vivent avec moi ;
- Ma profonde gratitude à mon binôme: **Mohammedi Fatima**
- **Janilson Fábio Muteba**, pour m'avoir toujours donné de la force et écouté mes réclamations ;
- **Mes meilleurs amis**, sans exception ;
- Mes collègues, en particulier: **Mohammedi Fatima**, **Denilse**, **Moulaye** et **Absakine**.
- **Mes voisins à la résidence**, en particulier qui a fait la même spécialité que moi ;
- Et Ceux qui m'ont aidé directement et indirectement.

Muzazaila Isabel Leonor Armando

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions **DIEU** le tout puissant qui nous donne la santé, le courage et la patience pour élaborer ce travail.

Une profonde gratitude envers **Mr FOUKRACHE Mohammed** pour avoir proposé ce sujet et de l'avoir encadré, pour ces conseils le long de préparation de cet mémoire, et pour sa patience.

Nous remercions **Mr MANSOUR Hamidi**, chargé de cours à l'université d'Oran 2 d'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Nous remercions **Madame ABLAOUI Halima**, chargé du cours à l'université d'Oran 2 d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Sans oublier les professeurs : Mme **MABROUK**, Mr. **KHENAFU**, Mr. **BOURSALI**, Mr. **SAFA**, Mr. **BAICHE**, Mr. **SAHRAOUI**, Mme **DAKKICHE**, Mme **BELKHIR**, Mr. **BENALI**.

Nos vifs remerciements s'adressent à nos collègues sans exception qui nous partagent beaucoup de moments conviviaux.

C'est avec plaisir que nous présentent nos sincères remerciements à toutes les personnes qui nous aident à réaliser ce travail.

Résumé

L'étude multidisciplinaire menée (hydrographie, géologie, géomorphologie, hydrogéologie, hydrochimie) nous a permis la détermination des conditions du milieu physique et des modalités de fonctionnement des deux espaces d'étude formés par les dépressions de la Sebkha et Daya Morsli.

L'inventaire et l'analyse des éléments géomorphologiques et des structures types ont permis de reconstituer les processus de la mise en place des dépressions étudiés. Ainsi les études sédimentologiques ont révélé que le milieu, primitivement lacustre, aurait évolué progressivement vers un environnement de la grande sebkha d'Oran. La dynamique de la sebkha d'Oran a été reconstituée à partir des éléments et structures géomorphologiques. Elle s'aligne sur un axe de drainage débouchant sur la Daya Morsli, au Nord pour continuer jusqu'à la mer.

Les formations géologiques centrées au niveau de la région étudiée et ses zones frontalières, s'échelonnent depuis les unités anté-nappes jusqu'au Mio-Plio-Quaternaire. Ce dernier constitue un système aquifère multicouche consubstantiel dont tous les niveaux sont potentiellement en relation hydraulique. La nappe phréatique du Plio-Quaternaire formée par les grès, sables et alluvions s'individualise dans l'environnement hydrogéologique des plaines bordières des plans d'eau considérés.

L'étude climatologique montre que cette région est caractérisée par un climat semi-aride. Le système aquifère de la région d'Oran constitue un ensemble hydrogéologique complexe, caractérisé par un substratum imperméable ondulé et par de fréquents changements latéraux de faciès. La nappe phréatique, sous l'effet de la gravité, s'achemine d'une manière analogue à celle des eaux superficielles dans la direction des versants. La hauteur de la surface piézométrique de la nappe est influencée, par des eaux s'infiltrant par drainance ascendante depuis là l'aquifère profond des calcaires messiniens, et par le cheminement latéral des eaux des horizons aquifères. En effet, la cartographie de l'écoulement souterrain a manifesté des conditions aux limites à potentiel imposé mettant en contact mixte les eaux de surface des plans d'eau et les souterraines de la nappe phréatique.

De même, l'observation des cartes et faciès hydrochimiques montre que la chimie des eaux affichant des eaux de type chloruré sodique prédominant, confirme cette condition hydrodynamique manifestée dans les deux secteurs considérés.

Mots clés: nappe phréatique, faciès hydrochimique, eaux superficielles, condition à potentiel imposé, climat semi-aride, Daya Morsli, Sebkha d'Oran.

Abstract:

The multidisciplinary study carried out (hydrography, geology, geomorphology, hydrogeology, hydrochemistry) allowed us to determine the conditions of the physical environment and the operating methods of the two study areas formed by the Sebkha and Daya Morsli depressions.

The inventory and analysis of geomorphological elements and typical structures made it possible to reconstruct the processes of the establishment of the depressions studied. Sedimentological studies have revealed that the environment, originally lacustrine, would have gradually evolved towards an environment of the great sebkha of Oran. The dynamics of the Oran sebkha have been reconstructed from geomorphological elements and structures. It aligns with a drainage axis leading to the Daya Morsli in the north to continue to the sea.

The geological formations centered at the level of the studied region and its border areas, range from the ante-aquifer units to the Mio-Plio-Quaternary. The latter constitutes a consubstantial multilayer aquifer system of which all levels are potentially in hydraulic relation. The Plio-Quaternary water table formed by sandstones, sands and alluvium is individualized in the hydrogeological environment of the plains bordering the water bodies considered.

The climatological study shows that this region is characterized by a semi-arid climate. The aquifer system of the Oran region constitutes a complex hydrogeological ensemble, characterized by an undulating impermeable substratum and by frequent lateral changes of facies. The water table, under the effect of gravity, moves in a manner similar to that of surface water in the direction of the slopes. The height of the piezometric surface of the water table is influenced, by water infiltrating by upward drainage from there the deep aquifer of the Messinien limestones, and by the lateral flow of water from the aquifer horizons. Indeed, the mapping of the underground flow showed boundary conditions with imposed potential putting in mixed contact the surface water of the water bodies and the underground water table.

Likewise, observation of hydrochemical maps and facies shows that the chemistry of the waters displaying predominantly sodium chloride-type waters confirms this hydrodynamic condition manifested in the two sectors considered.

Keywords: water table, hydrochemical facies, surface water, condition with imposed potential, semi-arid climate, Daya Morsli, Sebkha of Oran.

TABLE DES MATIERES

Remerciement.....	I
Dédicace.....	II
Résumé /Abstract.....	III
Liste des tableaux.....	IV
Liste des Figures.....	VI
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I : Considérations générales

Introduction.....	03
1. Cadre géographique.....	03
2. 1.1. La grande sebkha d'Oran.....	03
1.2. Daya Morsli.....	04
2. Cadre géologique.....	05
2.1. Les formations anté-nappe.....	06
a- Le Trias.....	06
b- Le Jurassique.....	07
c- Le Crétacé	07
2.2. Miocène post-nappe.....	07
2.2.1. Miocène inférieur (premier cycle post-nappe).....	08
2.2.2. Miocène moyen.....	08
2.2.3. Miocène supérieur.....	08
2.3. Pliocène.....	09
2.4. Quaternaire.....	09
a- Pliocène terminal-Calabrien.....	09
b- Pliocène moyen.....	09
c- Pliocène supérieur.....	09
d- Holocène.....	09
3. Aperçu Morphologique.....	11
4. Aperçu Climatologique.....	14
4.1. La grande sebkha d'Oran.....	14
4.1.1. Station de mesure.....	14
4.1.2. Précipitations.....	14

4.1.2.1. Précipitations moyennes mensuelles.....	14
4.1.2.2. Précipitations moyennes annuelles.....	15
4.1.3. Température.....	16
4.1.3.1. Température moyenne mensuelle.....	16
4.1.3.2. Température moyenne annuelle.....	17
4.1.4. Evaporation.....	18
4.1.5. Evapotranspiration.....	19
4.1.6. Le vent.....	20
4.2. Daya Morsli.....	21
4.2.1. Précipitations.....	21
4.2.1.1. Précipitations moyennes mensuelles.....	21
4.2.1.2. Précipitations saisonnières.....	22
4.2.2. Température.....	22
4.2.3. Evaporation.....	23
4.2.4. Le vent.....	24
Conclusion.....	25

CHAPITRE II :

Caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques

Introduction	27
I. La grande sebkha d'Oran	27
1.1. Le réseau hydrographique	27
1.2. Le contexte hydrogéologique.....	28
a. La bordure sud de la grande sebkha d'Oran.....	28
1.2.1. Classification des terrains.....	29
1.2.1.1. Les formations imperméables.....	30
1.2.1.2. Les formations à perméabilité hétérogène.....	30
1.2.1.3. Les formations perméables.....	30
- Les formations du Moi-Pliocène.....	30
- Les formations du Quaternaire.....	32
- Les formations de Pléistocène.....	32
- Les formations de l'Holocène.....	32
1.2.2. Exploitation de la nappe du complexe Moi-Pliocène.....	33
1.3. L'alimentation des horizons aquifères.....	34
1.3.1. Infiltration profonde indirecte.....	34
1.3.2. Infiltration profonde directe.....	34
1.4. Zones d'alimentation de la nappe du complexe Moi-Pliocène.....	34

1.5.	Recharge des nappes	36
1.5.1.	Nappe du Quaternaire.....	36
1.5.2.	Nappe profonde du complexe Moi-Pliocène.....	36
1.6.	Transmissivité des nappes.....	36
1.7.	La cartographie hydrogéologique	37
1.7.1.	Carte du toit du complexe Moi-Pliocène.....	37
1.7.2.	Carte de l'épaisseur du complexe Moi-Pliocène.....	39
1.7.3.	Carte des transmissivités du complexe Moi-Pliocène.....	40
1.8.	Piézométrie.....	41
1.8.1.	Carte piézométrique de l'année 1968.....	41
1.8.2.	Carte piézométrique de l'année 1996.....	42
1.8.3.	Carte piézométrique de l'année 2007.....	44
b.	La bordure Nord de la grande sebkha d'Oran.....	46
1.	Les principaux aquifères.....	46
1.1.	Calcaires et dolomies du Jurassique.....	46
1.2.	Crétacé.....	46
1.3.	Les alluvions Quaternaires.....	46
1.4.	Miocène supérieur.....	47
1.4.1.	Calcaires du Miocène supérieur.....	47
1.4.2.	Calcaires et Marnes à tripolis.....	47
1.4.3.	Calcaires Récifaux.....	47
2.	Les nappes des calcaires du Murdjadjo.....	48
2.1.	La nappe perchée des crêtes.....	48
2.2.	Nappe du versant méridional du Murdjadjo.....	48
2.2.1.	Les bassins d'alimentation.....	48
2.2.1.1.	Le Sous-bassin de Misserghine.....	48
2.2.1.2.	Le Sous-bassin de Ras-El-Ain.....	49
2.2.1.3.	Le Sous-bassin de Brédéah.....	49
2.3.	Nappe captive.....	49
3.	Cartographie de l'écoulement souterrain (piézométrie).....	50
-	Carte piézométrique (mars 1996).....	50
4.	La relation hydrodynamique entre les piémonts sud du Murdjadjo et la grande sebkha d'Oran.....	51
II.	Daya Morsli.....	52
1.	Le réseau hydrographique.....	52
2.	Le contexte hydrogéologique.....	52
2.1.	L'aquifère des calcaires récifaux du Murdjadjo.....	52
2.1.1.	Une nappe perchée.....	52

2.1.2. Une nappe libre intermédiaire	52
2.1.3. Une nappe captive.....	53
2.2. L'aquifère du Calabrien	53
2.3. L'aquifère alluvionnaire	53
3. Piézométrie.....	54
Conclusion	54

CHAPITRE III :

Caractéristiques hydrochimiques

Introduction.....	57
I. La grande sebkha d'Oran.....	57
1.1. La cartographie hydrochimique.....	58
1.1.1. La carte des isoteneurs en bicarbonates.....	59
1.1.2. Carte d'isoteneurs en magnésium	60
1.1.3. Carte d'isoteneurs en Sodium	61
1.1.4. La carte d'isoteneurs en sulfates	61
1.1.5. La carte des résidus secs	62
1.1.6. La carte des nitrates	63
1.2. Qualité des eaux souterraines	64
1.2.1. Représentation graphique des analyses d'eau	64
1.2.2. La qualité des eaux	64
II. Daya Morsli.....	68
1. Inventaires des points de prélèvement	68
2. Interprétation des résultats	69
3. Evolution des paramètres physico-chimiques	70
3.1. La température	71
3.2. La conductivité	71
3.3. Le PH.....	72
3.4. Résidu sec	72
4. La cartographie hydrochimique.....	73
4.1. Carte des teneurs en Calcium Ca^{++}	73
4.2. Carte des teneurs en Magnésium Mg^{++}	74
4.3. Carte des teneurs en Potassium k^+ et en Sodium Na^+	75
4.4. Carte des teneurs en Chlore Cl	76
4.5. Carte des teneurs en Sulfate SO_4	76
4.6. Carte des teneurs en Bicarbonate HCO_3	77

5. Etude des faciès hydrochimique.....	78
6. Représentation graphique des analyses.....	79
6.1. Représentation graphique de Piper.....	80
- Interprétation.....	80
6.2. Représentation graphique de Schoeller-Berkaloff.....	81
- Interprétation.....	81
Conclusion	82
Conclusion générale.....	83
Références bibliographiques.....	84
Annexes.....	87

LISTE DE FIGURES

Chapitre I

Figure 01 : Situation géographique de la grande sebkha d'Oran.....	04
Figure 02 : Vue générale d'agglomération oranaise et situation de la Daya Morsli (image Google Earth).....	05
Figure 03 : Cartographie montrant l'occupation des sols entourant la Daya (D'après SOGREAH- 16344/O.M.N/BCN/2340020 2A-2h-Fevrier 2004).....	05
Figure 04 : Los géologique synthétique de la région d'Oran (Hassani M.I. 1987 extrait).....	10
Figure 05 : Carte géologique du bassin de la Sebkhah d'Oran (SOGREAH, 2004).....	11
Figure 06 : Un profil montrant l'allure du relief d'Oran (Hassani .M.I. 1987).....	12
Figure 07 : La répartition des précipitations moyennes mensuelles (1925-2001).....	15
Figure 08 : La répartition des précipitations moyennes annuelles (1925-2001).....	15
Figure 09 : Température moyenne mensuelle (1997-2008).....	17
Figure 10 : La répartition des précipitations moyennes annuelles (1997-2008).....	18
Figure 11 : Précipitations moyennes mensuelles (1990-2010) O.N.M.....	21
Figure 12 : Précipitations saisonnières (1997-2010).....	22
Figure 13 : Température moyenne mensuelle (1997-2010).....	23

Chapitre II

Figure 14 : Carte du réseau hydrographie et des sources d'eau de la région d'étude (logiciel Map info version 7.0).....	28
Figure 15 : Log Hydrogéologique de la région d'Oran (Hassani, M.I.1987).....	29
Figure 16 : Carte des zones d'alimentation du complexe Mio-Pliocène.....	35
Figure 17: Carte du toit du complexe Mio-Pliocène (HYDEX-Consult, 2007).....	37
Figure 18 : Carte de l'épaisseur du complexe Mio-Pliocène.....	39
Figure 19 : Carte des transmissivités (HYDEX-Consult, 2007).....	40
Figure 20: carte piézométrique de l'année 1968(HYDEX-Consult, 2007).....	41
Figure 21 : Carte piézométrique de l'année 1996.....	43

Figure 22 : Carte piézométrique de l'année 2007 (HYDEX-Consult 2007).....	44
Figure 23 : Coupe schématique hydrogéologique de Murdjadjo (Hassani .M.I.1987).....	49
Figure 24 : Carte piézométrique de la région d'étude (Mars 1996) d'après Mr Foukrache (Modifie).....	50

Chapitre III

Figure 25 : Carte d'isoteneurs des bicarbonates de la partie orientale de la plaine de la M'léta (HYDEX-Consult, 2007).....	59
Figure 26 : Carte d'isoteneurs au Magnésium de la partie orientale de la plaine de la M'léta (HYDEX-Consult, 2007).....	60
Figure 27 : Carte d'isoteneurs en Sodium.....	61
Figure 28 : Carte d'isoteneurs en Sulfates.....	62
Figure 29 : Carte des résidus secs.....	63
Figure 30: Carte d'isoteneurs en Nitrates.....	64
Figure 31 : Diagramme de Piper des analyses chimiques des eaux des forages.....	66
Figure 32 : Diagramme de Schoeller-Berkaloff.....	67
Figure 33 : Localisation des points de prélevés (Daya Morsli)	68
Figure 34 : Représentations graphique des variations de Température (2001 et 2015).....	71
Figure 35 : Représentations graphique des variations de PH (2001 et 2015).....	72
Figure 36: Représentations graphique des variations du résidu sec.....	73
Figure 37: Carte des Teneurs en Calcium.....	74
Figure 38: Carte de Teneurs en Magnésium.....	75
Figure 39: Carte de Teneurs en Chlorures.....	76
Figure 40: Carte de Teneurs en Sulfates.....	77
Figure 41: Carte de Teneurs en Bicarbonates.....	78
Figure 42 : Diagramme de Piper des analyses des eaux de la Daya Morsli.....	80
Figure 43 : Diagramme de Schoeller-Berkaloff des eaux de la Daya Morsli.....	81

LISTE DE TABLEAUX :

Chapitre I

Tableau 01 : Tableau récapitulatif des caractéristiques physiographiques du bassin versant de la Sebkhah d'Oran.....	13
Tableau 02 : Coordonnées de la station climatologique O.N.M.....	14
Tableau 03 : Les précipitations moyennes mensuelles (1925-2001).....	14
Tableau 04 : Température moyenne mensuelle (1997-2008).....	16
Tableau 05 : Température moyenne annuelle (1997-2008)	17
Tableau 06 : Evaporation moyenne mensuelle (1990-2001) O.N.M.....	18
Tableau 07 : Evaporation moyenne annuelle (1990-2001) O.N.M.....	18
Tableau 08 : Evapotranspiration de référence par commune (en mm/j et en 1000m ³ /an) (A.N.R.H, 2003).....	20
Tableau 09 : La vitesse moyenne mensuelle du vent (1990-2002).....	20
Tableau 10 : précipitations moyennes mensuelles (1990-2010) O.N.M.....	21
Tableau 11 : Précipitations saisonnières	22
Tableau 12 : Température moyenne mensuelle (1997-2010).....	23
Tableau 13 : Evaporations moyenne mensuelle (mm) à la station d'Es-Sénia de 1990 à 2001 (données O.N.M).....	24
Tableau 14 : Représentation des évaporations annuelles (mm) à la station d'Es-Sénia de 1990-2002.....	24
Tableau 15 : Représentation des vitesses moyenne mensuelle du vent à la station d'E-Sénia de 1990 à 2002.....	24

Chapitre II

Tableau 16 : Ressources mobilisées de la partie orientale de la plaine de la Mléta (2007).....	33
--	----

Chapitre III

Tableau 17 : Résultats des analyses physico-chimiques des points d'eau de la nappe du complexe Mio-Pliocène.....	58
Tableau 18 : Faciès chimique des eaux des forages.....	65
Tableau 19 : Représentation des points de mesure, lieux et coordonnées Lambert de chaque échantillon	69
Tableau 20 : Les résultats chimiques des échantillons prélevés au cours de campagne 28/01/2001	70
Tableau 21 : Résultats des analyses des paramètres mesurés in situ (2001 et 2015).....	70
Tableau 22 : Représentation des résultats des analyses chimiques des éléments majeurs des points B3, P2 et P3 prélevés lors de la campagne du 28/01/2001.....	79

INTRODUCTION GENERALE

Les liaisons entre les eaux de surface et les eaux souterraines jouent un très grand rôle en hydrogéologie. Si les liaisons nappe-lac et nappe-mer sont généralement peu évolutives, les liaisons cours d'eau-nappe sont par contre plus complexes, variant au cours des saisons. L'influence d'un cours d'eau sur une nappe s'observe facilement par des mesures piézométriques à différentes distances du cours d'eau. Dans le cadre de travail, nous avons étudié la relation entre les plans d'eau et la nappe phréatique. Ce travail est subdivisé en trois chapitres.

Le premier chapitre comprend : l'intérêt de la situation stratégique des plans d'eau (particulièrement la grande sebkha d'Oran et Daya Morsli), le contexte géologique mentionnant les différentes formations géologiques encadrant ces plans d'eau, et enfin le cadre morphologie suivi d'un aperçu climatologique de chaque secteur.

Le deuxième chapitre s'est consacré à la détermination des caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques des zones limitrophes dans le but d'identifier la relation entre ces plans d'eau et la nappe phréatique. Ceci a été mené à partir d'une cartographie de la morphologie piézométrique de la nappe et ses conditions aux limites.

Le troisième chapitre a engendré un volet hydrochimique plus au moins détaillé portant sur les résultats d'analyses chimiques d'échantillons prélevés principalement en bordure de ces plans d'eau, et épaulé par une cartographie hydrochimique mettant en évidence l'évolution de la chimie des eaux souterraines en relation avec les eaux de surface.

Chapitre I: Considérations générales

Introduction

Le premier secteur d'étude c'est la grande sebkha d'Oran, le terme « sebkha » est utilisé par les géomorphologues pour désigner une dépression à fond plat, généralement inondable, où les sols salés limitent la végétation. Une sebkha désigne un bassin occupant le fond d'une dépression à forte salinité et plus ou moins séparé d'un milieu marin, dans des régions arides (milieu supratidal). Néanmoins, il peut être toujours en contact avec le milieu marin par un très faible filet d'eau (bassin d'eau profonde), ou au contraire par des infiltrations (bassins d'eau peu profonde). Dans ce dernier cas, il peut se produire des débordements périodiques d'eau vers le bassin. Dans les deux cas il va y avoir une augmentation de la salinité, une évaporation importante, l'apparition d'une saumure et la précipitation d'évaporites au fond du bassin si la profondeur est faible, ou à une extrémité si la profondeur est importante.

Le deuxième site c'est « Daya Morsli », anciennement appelée Morselli (Pallary, 1892), ce site appartenant au complexe des zones humides de l'Ouest algérien est également un écosystème important pour l'hivernage des oiseaux migrateurs. D'après le rapport national de la COP11 de Ramsar (Ramsar, 2012), il présente une des 10 zones humides d'Algérie à restaurer en priorité et à classer comme aire protégée par le Ministère chargé de l'Environnement.

Dans ce chapitre on procède la situation géographique des sites d'étude, le cadre géologique, les caractéristiques morphologiques et physiographiques et l'aperçu climatologique.

1. Le cadre géographique

L'histoire géologique des bassins sédimentaires algériens s'inscrit dans le processus de la géodynamique globale de la tectonique des plaques. Le Nord de l'Algérie est un tronçon de la chaîne alpine dont la nature et la structure du substratum seraient probablement hercyniennes.

2.1. La grande sebkha d'Oran (figure 01)

Le bassin versant de la grande sebkha d'Oran est situé immédiatement au Sud-Ouest de la ville d'Oran. L'ensemble du bassin versant est situé sur plusieurs cartes topographiques tel que la carte topographique à 1/50000° d'Oran (153). La surface déterminée est comprise en gros entre la longitude 3°14' et 3°80'W, et les latitudes 39°15' et 39°66'N.

Le bassin 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 plaine de la M'leta et les monts de Tessala.
- A l'Est, il s'accorde au plateau d'Oran et de Boufatis suivant une ligne Es-Sénia- Oued Tlélat.
- A l'Ouest, dans la région de l'Oued El Malah, une ligne de basses collines sépare le bassin de la sebkha du bassin de l'Oued El Malah et de la mer.



Figure 01 : situation géographique de la grande sebkha d'Oran

2.2. Daya Morsli (figure 02)

Située dans la partie méridionale de l'agglomération oranaise, la Daya Morsli constitue l'un des systèmes endoréiques qui parsèment l'entité géomorphologique du "Plateau d'Oran". Elle est située dans la commune d'Es-Sénia à 5 km au Sud d'Oran, et à 8 km de la mer. Elle est limitée au Sud par le 4^{ème} périphérique et à l'Ouest par la zone industrielle N°3 appartenant à la commune d'Es-Sénia occupant 424,9ha. Ce site est entouré par un terrain vague, des constructions (Douar Cheklawa) et une décharge sauvage.



Figure02 : Vue générale de l'agglomération oranaise et situation de la Daya Morsli (image Google Earth).

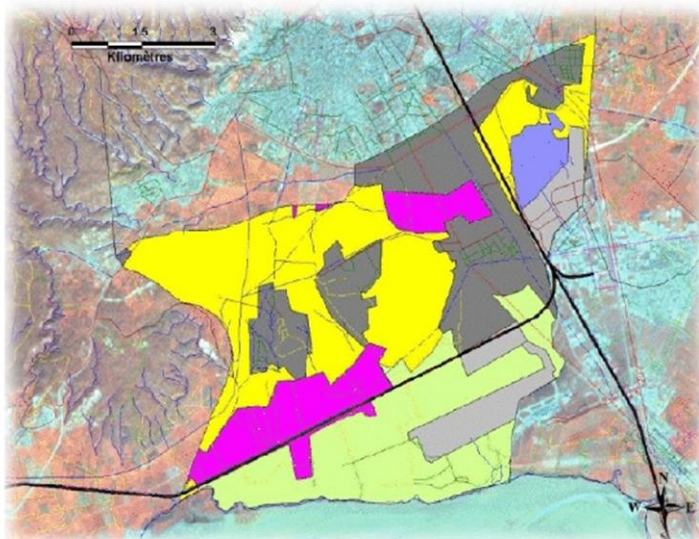


Figure03 : cartographie montrant l'occupation des sols entourant la Daya Morsli (D'après SOGREAH-16344/DMN/BCN/2 340020 2A - 2H –Février 2004. extrait).

	Classes	ha
	Zones urbaines	1274.8
	Zones industrielles	424.9
	Plans d'eau	146.5
	Sols nus &/ou peu végétalisés	
	Cultures à domicile céréalière	1684.2
	Forêt &/ou maquis dense	
	Forêt &/ou maquis peu dense	
	Garrigues	1130.7
	Zones brûlées	
	Maraîchage et arboriculture	599.6
	Parcelles non cultivées/ labourées	
	Vignes	

3. Cadre géologique

Sur le plan géologique, la partie littorale de l'Algérie est la plus récente, la plus instable et là où il y a le plus de diversité de substrats géologiques.

Il se produit donc un creusement de la dépression lors de l'enfoncement de la nappe, ainsi qu'une accumulation corrélative du matériel enlevé sur les bordures de la dépression, à l'opposé des directions des vents dominants. Au cours de la saison pluvieuse, le lessivage immédiat des sels détruit les conditions physico-chimiques du

transport éolien. Les anciennes topographies que l'on peut observer autour de la sebkha d'Oran semblent correspondre à trois phases d'activité particulièrement intenses de la déflation et de l'accumulation corrélative. Le plus haut niveau correspond à la plaine de la M'leta d'une altitude moyenne de 96 à 100 m. Elle se poursuit vers l'est par une série de petites dépressions résiduelles Dayet el Bagra et dayet Sidi M'hamed et Dayet oum el ghelaz (Bahi, 2012). Cette dernière est bordée au sud-est par un cordon de lunettes assez hautes (50 m au-dessus de la dépression). Un niveau intermédiaire semble être conservé entre El kerma et Hassi Bou-Nif. Enfin la grande sebkha d'Oran, dont le niveau actuel est à 80 m en moyenne, constitue la surface la plus récente, encore active. Elle est bordée au sud-est par des lunettes anciennes, assez élevées (40 m en moyenne). A l'est de la dépression se rencontre des lunettes récentes, ainsi que des butes subactuelles de 1 à 2 m de haut (Boulaine, 1957). Les formations alluviales sont représentées par des terrasses, étagées ou non, qui se rencontrent dans les vallées des principaux oueds de la région.

Le remplissage essentiel de la dépression par des matériaux fins s'était déroulé pendant le Pliocène quand probablement toute la dépression avait le caractère de lagune et quand elle était en contact avec la mer par l'isthme à travers la Macta.

Sur le plan lithostratigraphique, il est possible donc de distinguer dans la région les formations suivantes :

3.1. Les formations anté-nappes

Dans les monts des Tessalas, le substratum correspond à l'allochtone tellien avec ses différentes nappes, ainsi qu'au Miocène anté à synchro-nappe. Ils sont essentiellement marno-schisteux. Tous les étages allant du Trias à l'Oligo-miocène sont présents indifféremment dans les différentes unités. Toutes les unités sont d'origine septentrionale et leur mise en place dans le sillon sud-tellien s'achève à la fin de la deuxième phase alpine (Hassani M. I, 1987).

a. Le Trias

Formé essentiellement de masses de gypse auquel sont associées des argiles versicolores et des éléments remaniés de l'autochtone en blocs allogènes. Ces formations du fait de leur affleurement en structure diapirique percent à travers les diverses formations géologiques et n'occupent ainsi jamais une position stratigraphique normale.

Certains auteurs (R. CUSZAK, 1985) attribuent ce complexe chaotique gypseux à un olisthostrome intrasenonien dont la mise en place se situerait entre la Santonien et le

Campanien supérieur du fait de son intercalation au sein des marnes néo-crétacées. Ce complexe ayant été mobilisé pendant et après les phases tectogéniques paroxysmales alpines.

b. Le Jurassique

Les dépôts jurassiques se notent en lambeaux autour et sur le pic du sommet de Tafraoui. Ils sont représentés par des calcaires liasiques en dalles, ocreux et marmoréens par place. L'épaisseur des dépôts jurassiques atteint 400 m environ.

c. Le Crétacé

Les dépôts crétacés prennent une grande extension dans les monts des Tessalas où ils forment le substratum sur lequel viendront se déposer plus tard les formations autochtones miocènes. Ils sont représentés par des formations marno-schisteuses allant de Néocomien au Sénonien. L'épaisseur de cette formation peut atteindre 850m.

Pendant que les unités telliennes achèvent de se mettre en place dans le bassin synchro-nappe sud-tellien (Tessalas), la sédimentation marine se poursuit encore un certain temps avec dépôt de Miocène anté ou synchro-nappe.

Ce cycle est étroitement lié aux phases ultimes et paroxysmales de l'orogénèse alpine. Ce cycle est suivi par un nouveau grand cycle sédimentaire marqué par une nouvelle transgression succédant à la régression générale de la fin du Miocène inférieur, c'est le miocène post-nappe.

3.2. Le Miocène post-nappe

La transgression n'envahit que très progressivement les massifs littoraux (Djebel Murdjadjo) ainsi que les monts des Tessalas où se développent des dépôts littoraux aux faciès entièrement variés et d'épaisseur souvent réduite.

Y.GOURINARD (1957) s'intéressant plus particulièrement aux horsts littoraux d'Oran, définit le miocène supérieur avec de bas en haut :

- Un faciès pélagique marneux antérieur à la surrection des horsts ;
- Un faciès détritique ou saumâtre, (apparition des horsts) ;
- Un faciès postérieur à la surrection représentée sur le littoral oranais au large des horsts par des marnes à tripoli et près de ces structures par des calcaires crayeux puis calcaires à lithothamniées.

Pour DELFAUD et *al.*, (1973), la succession classique du Chélif de A.PERRODON correspond à la mégaséquence 2 dans laquelle trois séquences sédimentaires ont été définies :

- A la base, une séquence transgressive se terminant par des marnes bleues.
- La deuxième débute par des cinérites et se poursuit par les horizons à Tripoli.
- Le cycle s'achève par une séquence calcaire et gypseuse à tendance régressive.

3.2.1.Miocène inférieur (Premier cycle post-nappe)

Dans le versant Nord du Tessala affleurent près de 250 m de dépôts continentaux rouges constitués d'alternance de conglomérats à fragments de schistes et grès oligocènes et crétacés et de marnes rouges entrecoupées parfois de diaclases injectées de gypse.

Pour B.Fenet (1975) ces formations, qui constituent une suite d'affleurements pratiquement ininterrompue depuis l'Oued El Malah jusqu'au Sud de la région de Sig, reposent toujours sur l'allochtone.

Dans la partie dépressionnaire du Bassin de la Mléta la présence de ces formations rouges continentales n'a pas été atteinte par forage ; par contre plus à l'Est, ces assises continentales passent verticalement et latéralement à des séries marines comportant essentiellement des marnes à intercalations détritiques.

3.2.2.Miocène moyen

c'est une série qui débute par des argiles conglomératiques rouges, bien visibles au contre bas de la source thermale de Ain-Franine, reposant sur des argiles noires du Crétacé (Bessedik et *al.*, 1990). A Marsa El-kebir, le miocène moyen est surmonté en discordance par des marnes grises à gypses. Il se termine par une importante sédimentation argilo-conglomératique.

3.2.3.Miocène supérieur (Deuxième cycle post-nappe)

Il comprend trois grandes séries :

- ✓ La série d'Oran représentée par trois faciès : Marnes grises versicolores, grés à balances et bivalves, et marnes à diatomites.
- ✓ La série de Saint-André comptant deux faciès : Marnes grises (versicolores au sommet) et Marnes à éléments conglomératiques.
- ✓ La série du Murdjadjo comprenant cinq faciès : calcaires à algues, grés de base, marno-calcaires blancs avec ou sans diatomites, grés fins à Spatangides jaunes, silex et calcaires à quelques lumachelles. Ces faciès se complètent par une extension de la sédimentation vers Misserghin.

3.3. Le pliocène

Les terrains qui composent le Pliocène correspondent à des sables deltaïques évoluant vers le haut en des formations lacustres à fluvio-lacustres et lagunaires. Latéralement, ces terrains passent à des grés sableux très peu consolidés.

3.4. Le Quaternaire

Les affleurements quaternaires sont caractérisés de bas en haut par :

- a. **Pliocène terminal – Calabrien** : le pliocène sommital d'abord lumachellique ou conglomératique passe progressivement à des grés dunaires souvent entrecoupés d'argiles continentales.
- b. **Pliocène moyen** : les quelques témoins marins du Pléistocène moyen affleurent entre Bouseville et Montecristo. Ils présentent par endroits des lambeaux de grés de plage conglomératique à faune banale (Thomas, 1985).
- c. **Pliocène supérieur** : les dépôts du Pléistocène supérieur, le long du littoral oranais, se présentent sous forme de terrasses et glacis d'accumulation formé de limons sableux ou argileux rubéfiés. Au niveau d'Ain El-Beida et Brédéah, des affleurements de tufs et travertins liés à d'anciennes sources d'eau douce existent.
- d. **Holocène** : sur le littoral, l'Holocène est représenté par un complexe dunaire consolidé. Les anciennes dunes affleurent en général le long de la côte, et sont formées par des sables jaunes consolidés à stratifications entrecroisées d'origine éolienne. Les dunes récentes jaunâtres et nettement moins consolidées, occupent une position médiane par rapport aux anciennes dunes.

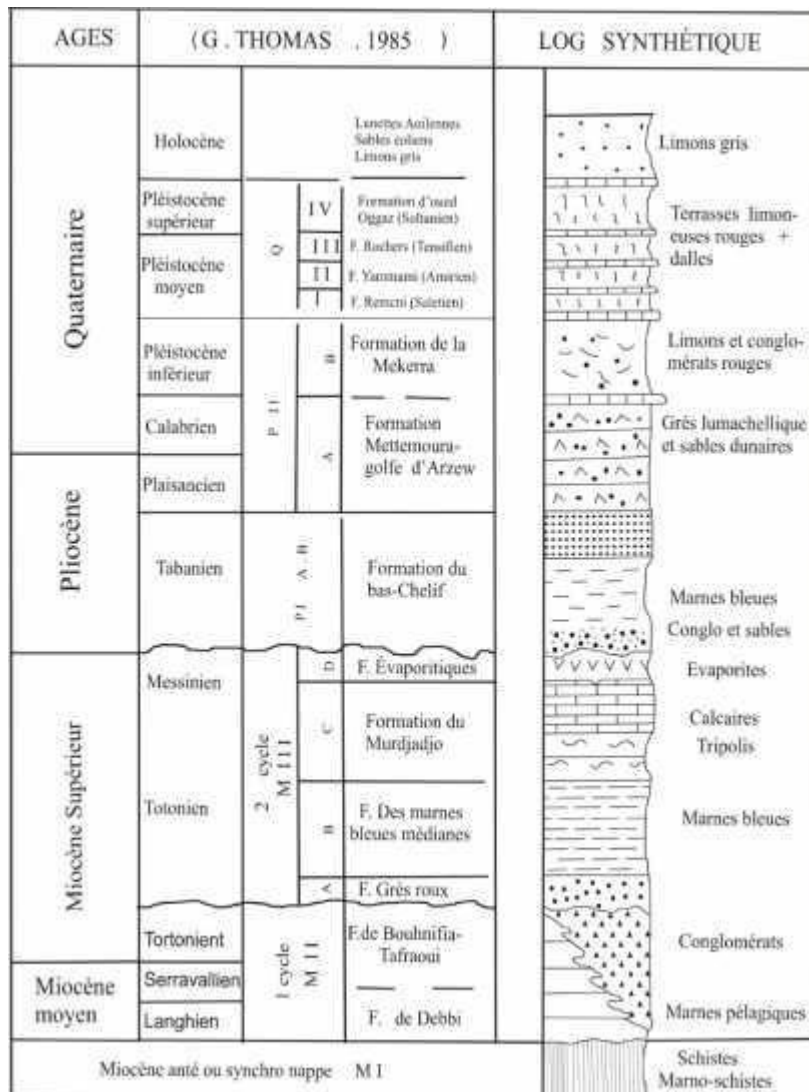


Figure 04 : log géologique synthétique de la région d’Oran (Hassani M. I, 1987, *extrait*).

En résumé, à partir de ces formations, nous pouvons confirmer la structure synclinale de la Plaine, affectée par une tectonique intense responsable de l’effondrement, en escalier, des panneaux vers le centre constituant la partie la plus dépressive et la plus étendue de la Plaine de la Mléta. Les bordures constituent les compartiments surélevés.

Mais quoiqu’il en soit, cet ensemble structural garde et favorise une relation hydraulique entre tous les compartiments, ce qui représente un intérêt certain du point de vue hydrogéologique.

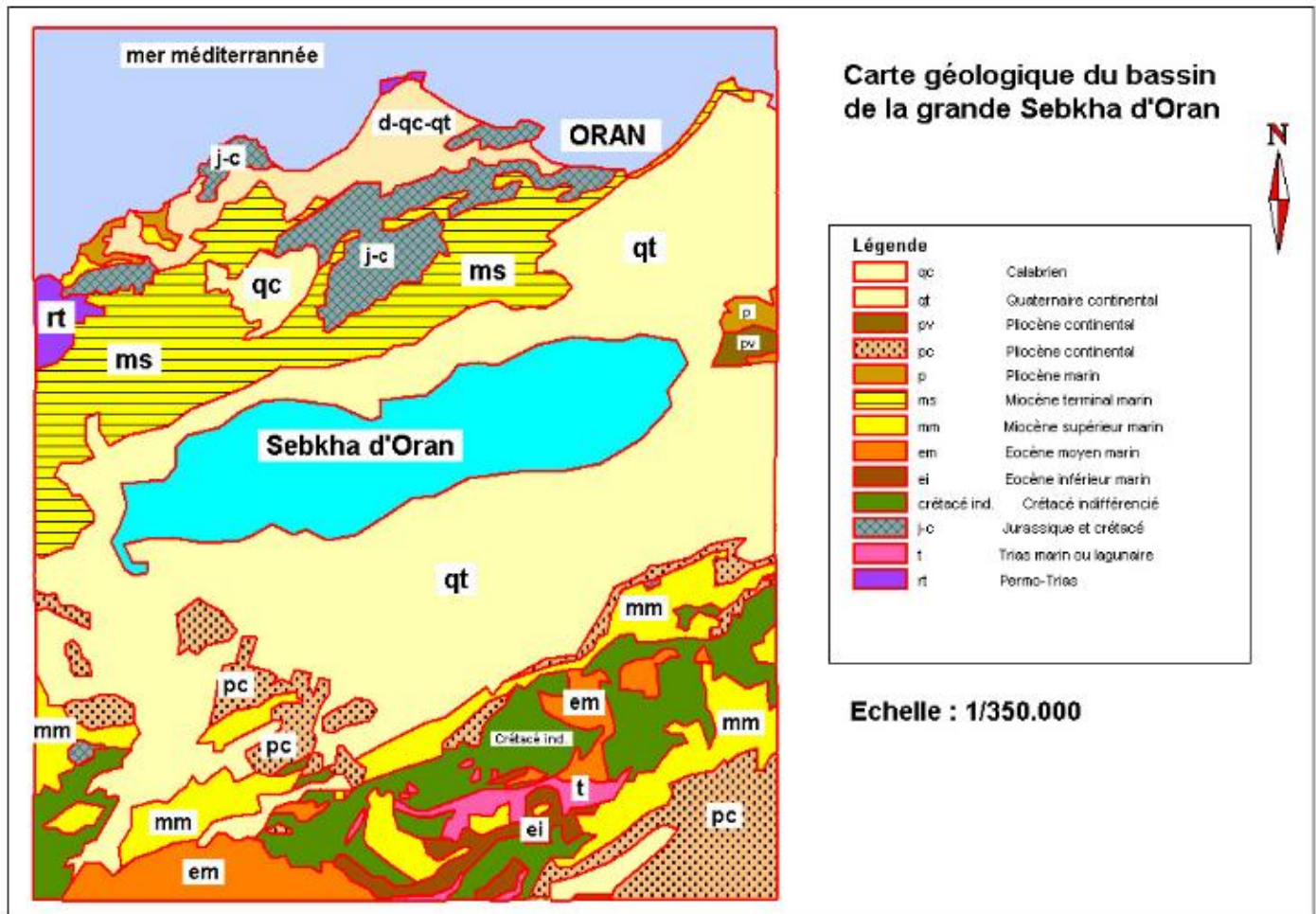


Figure 05 : carte géologique du bassin de la Sebkhah d'Oran (SOGREAH, 2004)

4. Aperçu morphologique

La morphologie de la région d'Oran détermine, du Nord vers le Sud, trois sillons différents :

- un sillon septentrional représenté par la plaine des Andalouses.
- un sillon médian (Plateau d'Oran–Grande Sebkhah) prolongeant vers l'Ouest le sillon du bassin du Cheliff.
- un sillon méridional situé au sud des Monts de Tessala. Le sillon médian ainsi que les deux massifs qui l'encadrent sont orientés WSW-ENE selon la direction tellienne.

Le sillon médian ainsi que les deux ensembles montagneux qui l'encadrent sont orientés WSW-ENE, selon la direction tellienne :

- Au Sud, les monts des Tessalas constituent un massif à structure complexe, long d'une cinquantaine de kilomètres. L'altitude moyenne est de l'ordre de

800 m, ils culminent à 1061 m (Pic de Tessala) et surplombent de 700 à 800m la plaine de la M'leta.

- Au Nord, les massifs littoraux d'Oran (Djebel Murdjadjo) offrent des reliefs relativement beaucoup plus restreints mais à la morphologie bien accusée. Ils culminent à 581 m à Msabih. Le versant sud est fortement entaillé par une série d'Oueds, alors que le versant nord tourné vers la mer est formé de hautes falaises.
- Au centre, la dépression de la sebkha-M'leta correspond au prolongement vers l'Ouest de la plaine du Chélif dont elle est séparée par une zone de hauteurs orientées NE-SW. Cette dépression s'étend sur 40 km de long et 25 km de large. Elle est frangée au Nord par les glaciers des massifs littoraux et au Sud par les cônes alluviaux des Oueds des Tessalas.

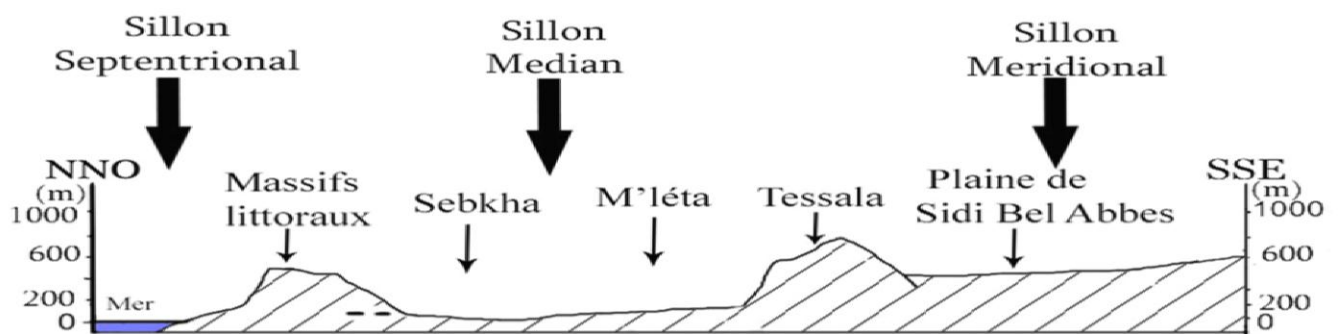


Figure 06 : un profil montrant l'allure du relief de l'Oranie (Hassani M.I, 1987).

L'inventaire et l'analyse des éléments géomorphologiques et des structures types ont permis d'une part de dresser la carte géomorphologique de la grande sebkha (Algérie) et d'autre part de reconstituer les processus de sa mise en place. Les études sédimentologiques révèlent que le milieu, primitivement lacustre, aurait évolué progressivement vers un environnement de Sebkha, traduisant le passage d'un climat subhumide à semi-aride. La dynamique de la sebkha d'Oran a été reconstituée à partir des éléments et structures géomorphologiques. Elle s'aligne sur un axe de drainage débouchant sur la Daya Morsli, au Nord pour continuer jusqu'à la mer.

- Les caractéristiques physiographiques

L'ensemble des caractéristiques physiographiques est résumé dans le tableau ci-dessous (tab.1).

Tableau 01 : tableau récapitulatif des caractéristiques physiographiques du bassin versant de la sebkha d'Oran.(in Hassani.M.I. 1987)

Caractéristiques physiographiques	Valeurs
Altitude maximale	1061m
Altitude minimale	80 m
Altitude moyenne	240,2 m
Altitude de fréquence 50%	225 m
Altitude la plus fréquente	80_200 m
Surface	1785 km ²
Périmètre	210 m
Longueur	83,5 km
Largeur	21,4 km
Indice de Gravelius	1,391
Pente moyenne	6,6 m/km

Le bassin versant est de forme allongée du fait des conditions géomorphologiques particulières. Il est en pleine évolution géomorphologique :

- Une partie déprimée, située à une altitude inférieure à 200 m, très plane au milieu, légèrement ondulée sur les bords. Cette partie occupe 64% de la surface totale ; elle est en pleine subsidence.
- Une surface de reliefs, d'altitude supérieure à 200 m, à pente plus raide occupe 37% de la surface totale ; ces reliefs sont en pleine surrection.

Morphologiquement, la Daya Morsli se présente en une simple dépression topographique qui a été rempli par un matériel sédimentaire meuble. Celle-ci montre des dimensions très réduites tout autour d'un remplissage d'alluvions argileux-sableux, croûtes calcaire, lentille de gypse, limons et marnes à tripolis. Formant une nappe phréatique à limite de potentiel imposé, matérialisant des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface.

5. Aperçu climatologique

On procède à travers ce volet à l'analyse des paramètres hydroclimatiques considérés par les hydrologues et les hydrogéologues ; comme étant particulièrement discriminants sur le plan de la quantification et de l'exploitation ou gestion des ressources en eau, en rapport avec la géologie et la distribution spatiale des précipitations, des systèmes hydrographiques et d'occupation des terres et, en définitive, des systèmes de ressources de l'espace rural et naturel, et des systèmes d'usage de ces ressources par les populations locales. Ces indicateurs climatiques sont aussi des indicateurs commandant l'intensité des impacts anthropiques sur le milieu naturel.

Le climat méditerranéen est défini par un été sec et chaud et une période pluvieuse correspondant aux saisons relativement froides allant de l'automne au printemps. L'étude climatologique a permis de faire ressortir le type du climat, ainsi que les caractéristiques climatiques qui règnent dans la région d'étude.

5.1. La grande sebkha d'Oran

5.1.1. Station de mesure

L'étude climatologique est basée sur une série de données climatiques, allant de 1925 à 2001 relevées à la station d'Es-Sénia :

Tableau 02 : coordonnées de la station climatologique. O.N.M

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

5.1.2. Les précipitations

5.1.2.1. Les précipitations moyennes mensuelles

Les valeurs des précipitations calculées, sur la période allant de (1925-2001) sont reportées au tableau 03.

Tableau 03: Les précipitations moyennes mensuelles (1925-2001).

mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
P (mm)	1,3	39,7	50,1	71,9	57,1	48,7	39,1	35,9	25,0	7,7	0,8	2,4

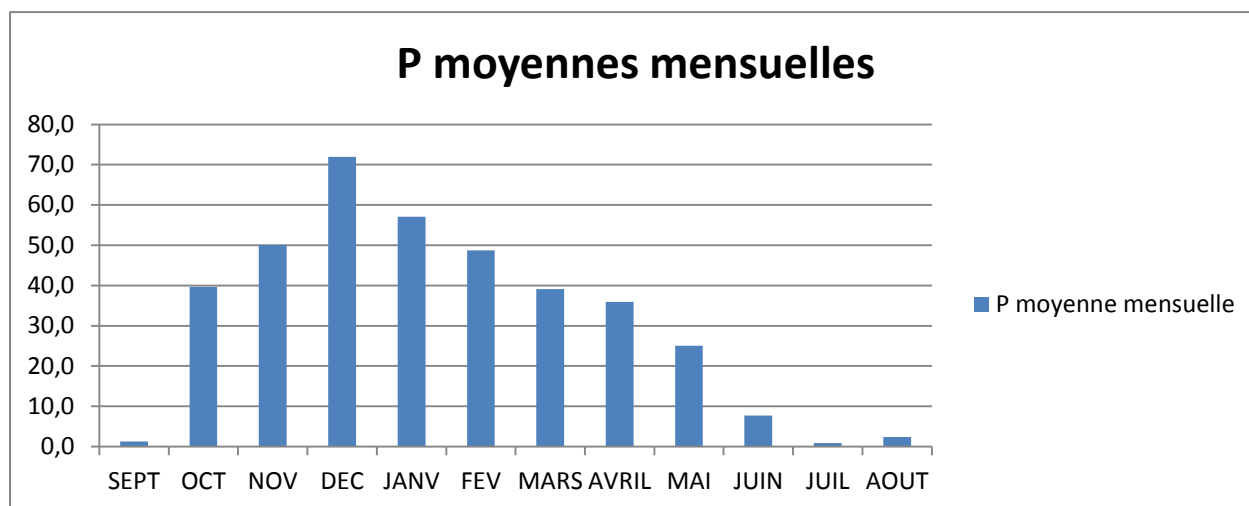


Figure 07 : La répartition des précipitations moyennes mensuelles (1925-2001).

On observe, d’après les données des précipitations mensuelles moyennes représentées par le tableau N°3 et illustrée sur le graphe de la figure07 , que notre zone d’étude se caractérise par deux périodes : l’une pluvieuse qui débute en octobre et continue jusqu’à février, avec un pic des précipitations en Décembre (71,9 mm), et une autre sèche qui débute du mois de mars et va jusqu’à septembre, la moyenne la plus basse est observée en juillet, avec seulement 0.1mm par mois en moyenne.

5.1.2.2. Les précipitations moyennes annuelles

Les valeurs des précipitations calculées, sur la période allant de (1925-2001) sont reportées dans la figure ci-dessous ainsi que l’annexe 01.

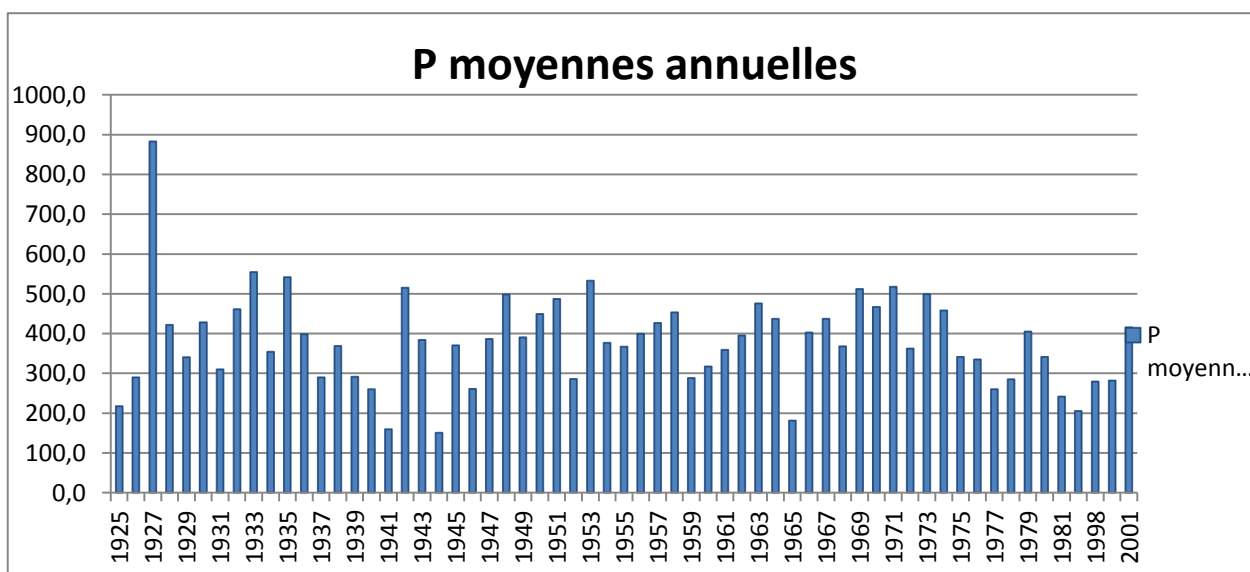


Figure 08 : la répartition des précipitations moyennes annuelles (1925-2001).

L'analyse du graphique des précipitations effectuée sur une période de (1925-2001) montre que La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée sur cette période est de 882.7 mm (en 1927). Toutefois, la pluviométrie annuelle est très variable d'une année à l'autre, cette variabilité interannuelle des précipitations est également caractéristique du climat méditerranéen, on peut voir donc, une période pluvieuse durant les années 1933, 1953, et une autre en 1971. Les années 1941, 1944 et 1965 sont des années sèches.

5.1.3.La température

Ce paramètre est un facteur très important car il influe sur la pression atmosphérique, le vent, l'humidité et l'évaporation qui joue elle-même un rôle dans l'évaluation du déficit d'écoulement, qui entre dans l'estimation du bilan hydrologique. Le climat méditerranéen semi-aride se traduit par des étés chauds et des hivers doux.

5.1.3.1. Température moyenne mensuelle

Le tableau suivant donne les températures moyennes mensuelles pour une période de 11 ans (1997-2008).

Tableau 04: Températures moyennes mensuelles (1997-2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juillet	Août
T° max	29,32	28,39	26,21	20,47	16,96	17,91	20,48	22,35	24,73	28,77	31,74	32,34
T° moy	23,73	22,23	20,45	15,01	10,97	12,17	14,50	16,36	19,38	23,25	26,06	26,51
T° min	18,16	16,16	14,69	9,53	4,96	6,44	8,51	10,39	14,07	17,75	20,35	20,71

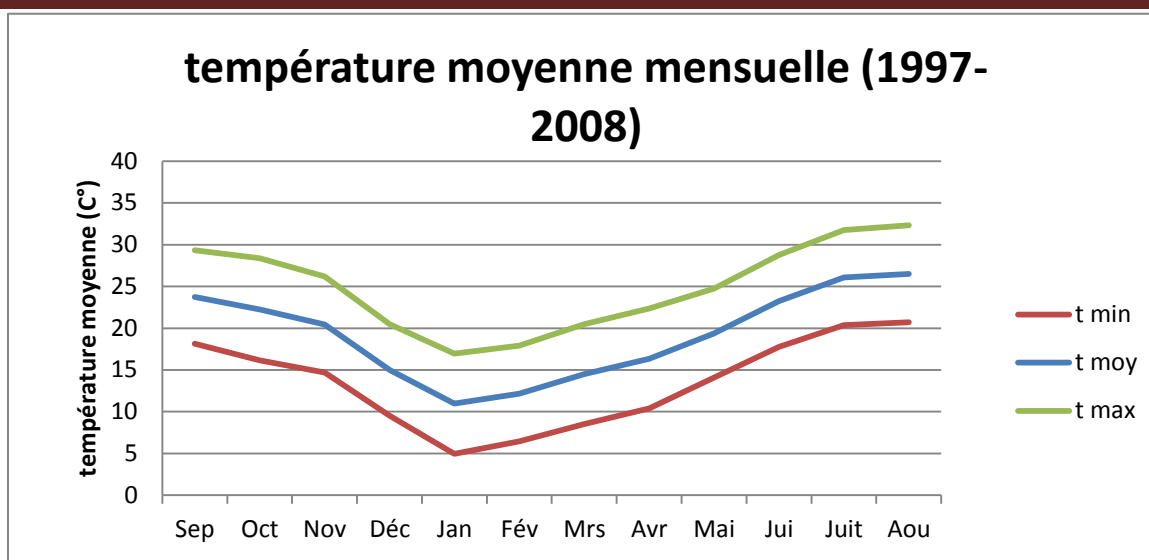


Figure 09 : répartition des températures moyennes mensuelles (1997-2008)

D’après le tableau et le graphique des températures moyennes mensuelles pour la période (1997-2008) , on observe que le mois de janvier est le plus froid avec une moyenne de température de 10.97 °C et le mois d’août est le plus chaud avec ses 26.51 °C.

5.1.3.2. Températures moyennes annuelles

Le tableau 05 et la figure 10 représentent les températures moyennes annuelles pendant la période allant de 1997 jusqu’à 2008 :

Tableau 05 : Températures moyennes annuelles (1997-2008).

Années	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
T° max	25.6	26.5	25.2	25.9	25.4	27	26.6	25.7	25.5	25	25.8
T° moy	18.3	17.9	18.1	18.5	18.2	18.6	18.7	16.7	17.8	17.6	18.3
T° min	11.1	9.8	11.1	11.1	11.1	10.3	10.8	7.7	10.2	10.3	10.8

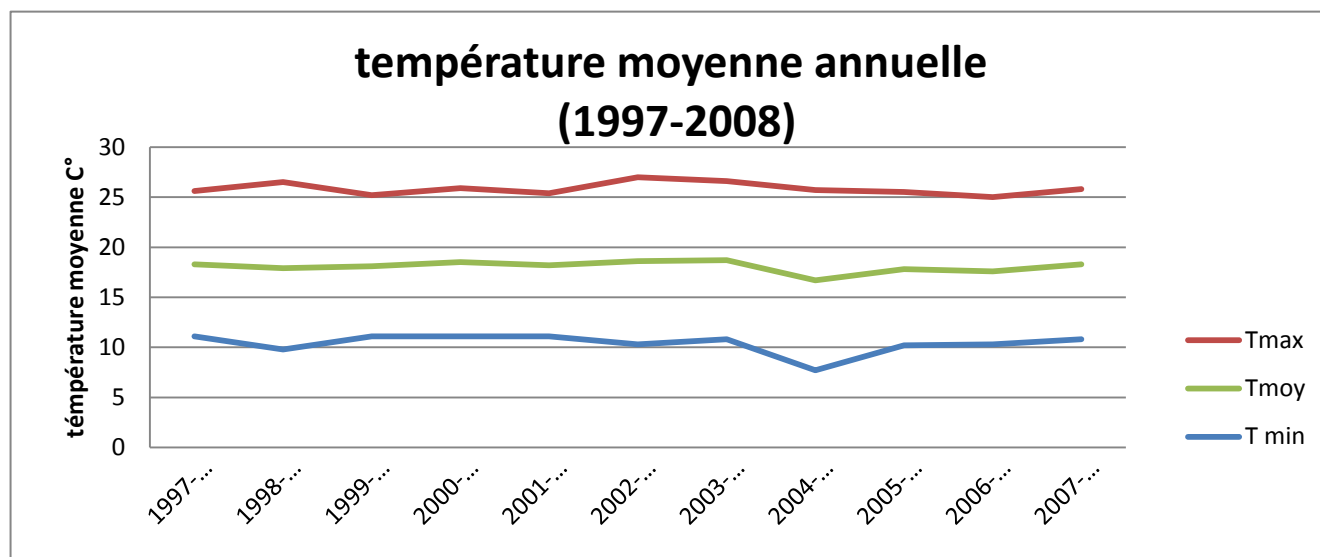


Figure10 : répartition des températures moyennes annuelles (1997-2008).

D’après le tableau précédant et le graphique ci-dessus, on remarque que la période 2004-2005 est la plus froide avec 7,7C°, par rapport à la période 2002-2003 avec 27 C°.

5.1.4.L'évaporation

Les tableaux suivants (06 et 07) présentent Les valeurs des moyennes mensuelles et annuelles de l'évaporation pour la station d'Es-Sénia durant 1990-2001 :

Tableau 06 : Evaporation moyenne mensuelle (1990-2001) _ O.N.M.

Mois	Jan	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juit.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Moyenne (mm)	66	70	96	122	151	167	174	181	148	110	79	65

Tableau 07 : Evaporation moyenne annuelle (1990-2001) _ O.N.M.

Années	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Moyenne (mm)	1407	1453	1549	1643	1412	1511	1571	1561	1467	1133	1070

L'évaporation atteint son maximum au mois d'août (181 mm). En décembre on enregistre 65 mm. La moyenne mensuelle est de 120 mm. Au cours de l'année, nous pouvons distinguer deux périodes, la plus affectée par l'évaporation se prolonge d'avril à octobre, l'autre occupe le reste de l'année. La moyenne annuelle de la

période 1992- 2002 est environ 1434 mm .Le maximum de la moyenne annuelle a été atteint en 1995, 1643 mm, et le minimum en 2002 la hauteur des précipitations a atteint les 1070 mm.

5.1.5. L'évapotranspiration

Le processus d'évapotranspiration est le processus par lequel l'eau liquide est vaporisée et transférée dans l'atmosphère soit par l'évaporation de l'eau se trouvant dans la couche terrestre soit par la transpiration des plantes.

On distingue différents types d'évaporation suivant les conditions plus ou moins standards dans lesquelles on se place. On se réfère ainsi à l'évapotranspiration de référence (ET_0) et à l'évapotranspiration potentielle sous les conditions standards (ETP).

L'évapotranspiration de référence(ET_0) est utilisée pour rendre compte l'évaporation dans l'atmosphère indépendamment des caractéristiques des plantes, de leur étape de développement ou des conditions spécifiques du sol. Elle est déterminée par référence à une large surface couverte d'herbes vertes de hauteur entre 8 et 15 cm en pleine phase de croissance et qui couvre entièrement la surface du sol (FAO 1986).

Cependant, l'évapotranspiration de référence ne prend pas en compte les données spécifiques qui sont liés à la nature de la végétation et à la saison de l'année (par rapport au cycle de vie de la plante). Plus les plantations sont différentes de la végétation de référence et plus l'évapotranspiration réelle diffère de l'évapotranspiration de référence. A cet effet, on définit l'évapotranspiration potentielle (ETP) comme le besoin effectif en eau d'irrigation de la plante.

L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) a effectué une étude hydrologique en 2003 pour évaluer l'évapotranspiration de référence sur l'ensemble du nord de l'Algérie. Le tableau suivant présente ces résultats en mm/jour ainsi qu'en volume sur les superficies irriguées des communes de la wilaya d'Oran.

Tableau 08 : Evapotranspiration de référence par commune (en mm/j et en $1000m^3/an$) (ANRH, 2003).

communes	ET ₀ (mm/j)	ET ₀ ($1000 m^3/an$)
Oran	3,62	1521
Es-Sénia	3,68	5224
Oued Tlélat	3,75	2339
Tafraoui	3,41	1208
El-Kerma	3,73	1659
Messerghin	3,68	15418
Boutlelis	3,57	10937

D'après ce tableau, on observe que l'évapotranspiration de référence de la commune de Messerghin atteint sa valeur maximale ($15418 1000m^3/an$) grâce la présence de la grande sebkha d'Oran.

5.1.6. Le vent

Le tableau 09 présente les moyennes mensuelles de la vitesse du vent à la station d'Es-Sénia concernant la période 1990 - 2002 :

Tableau 09 : la vitesse moyenne mensuelle du vent (1990-2002).

Mois	Jan	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juit.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesse moy (m/s)	26.38	30.46	35.07	42.69	41.1	43.31	39.38	37.1	36.38	34.53	30.76	27.15
Direction	W	W	W	W	W	W	WSW	W	W	WSW	WSW	WSW

Les vents dominants soufflent essentiellement de l'W et de WSW.

5.2. Daya Morsli

Le caractère climatologique général de la zone d'étude est résumé sur la base des données climatologiques relevées, sur la période 1990-2010, au niveau de la station d'Es-Sénia, située à la partie sud de la zone d'étude.

5.2.1. Précipitations

5.2.1.1. Précipitations moyennes mensuelles

Les précipitations moyennes mensuelles (mm), de la station climatologique d'Es-Sénia sont présentées au tableau 10 et figure 12.

Tableau 10 : précipitations moyennes mensuelles (1990-2010) _O.N.M.

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Moy (mm)	42	38	25	29	22	4,9	2	1,5	15	35	68	44

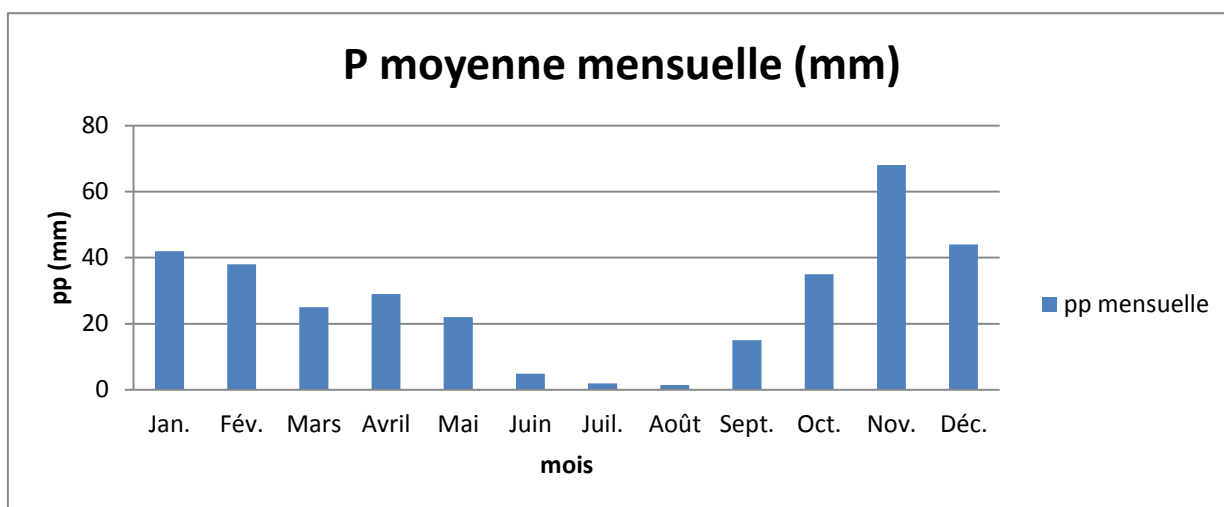


Figure 11 : précipitations moyennes mensuelles (1990-2010) _O.N.M.

Le graphe (figure 11) montre qu'il y a deux saisons ; l'une est aride de mai à septembre, l'autre pluviale d'octobre à avril.

5.2.1.2. Précipitations saisonnières

Les précipitations saisonnières sont représentées au tableau 11 et la figure12:

Tableau 11 : précipitations saisonnières (1997-2010).

saison	Hiver (H)	Printemps (P)	Eté (E)	Automne (A)	régime climatique
précipitation saisonnière	124	76	8,4	118	H.A.P.E

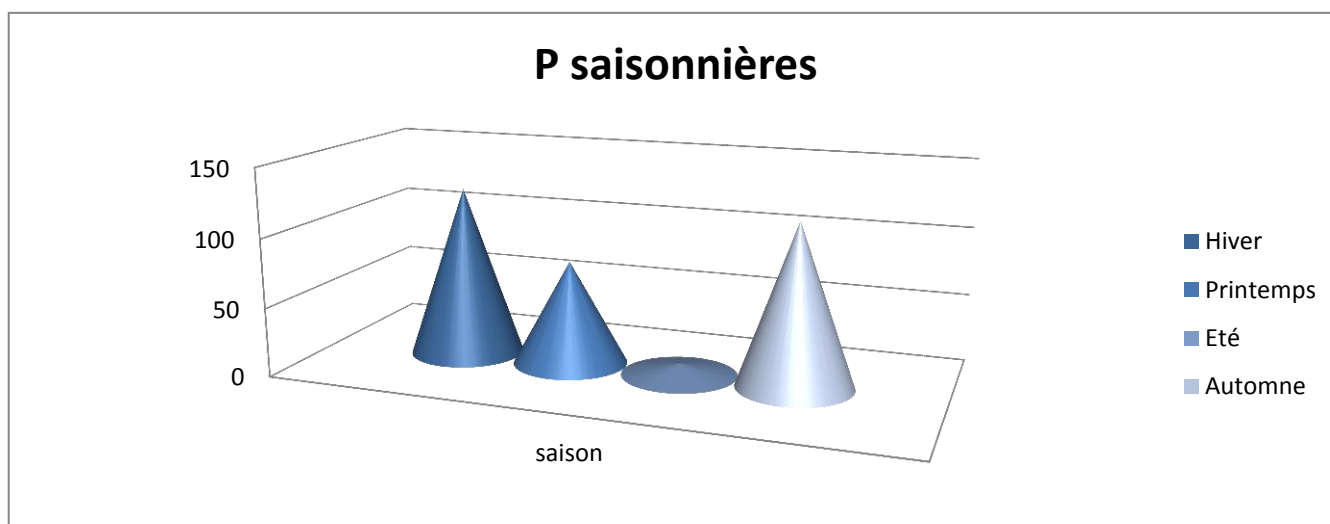


Figure 12 : précipitations saisonnières (1997- 2010)

Le régime climatique est de type H.A.P.E, le maximum des précipitations se présente en hiver (124 mm).

Sur la période 1997-2010, le module pluviométrique annuel en été de 326 mm. Le maximum des précipitations a été de 478 mm en 2007 et le minimum a correspondu à 174 mm en 1997.

5.2.2. Température

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 12.

Tableau 12 : température moyenne mensuelle (1997-2010).

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Max (°C)	12,5	13,5	16,3	17,5	20,5	24,8	27,1	27,7	24,6	21,5	17	13,6
Min (°C)	8,2	8,9	13	15,2	17,3	21,5	23,9	25,1	22,6	18	12,9	9,5
Moy (°C)	10,85	11,75	14,17	16,27	19,23	23,1	25,77	26,25	23	20	14,91	11,83

- pour les températures maximales, le minimum se présente au mois de janvier (12,5°C) et le maximum en août (27,7°C).
- pour les températures minimales, le minimum se présente au mois de janvier (8,2°C) et le maximum en août (25,1°C).
- pour les températures moyennes, le mois de janvier reste le plus froid de l'année avec 10,85°C, et le mois d'aout le plus chaud avec (26.25 °C).

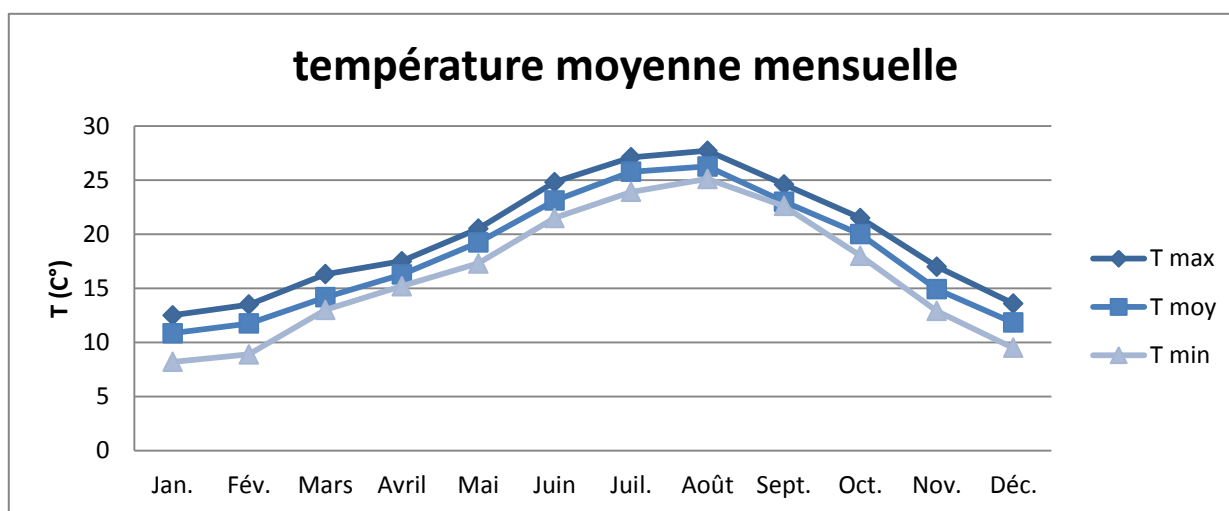


Figure 13 : Température moyenne mensuelle (1997-2010).

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.

5.2.3.L'évaporation

L'évaporation joue un rôle important dans le fonctionnement des systèmes hydrologiques à plan d'eau libre tels que la Daya Morsli. Nous présentons ici les valeurs des moyennes mensuelles et annuelles de l'évaporation enregistrée à la station Es-Sénia pendant la période 1990-2002 (Tableau 13).

Tableau 13 : Evaporation moyenne mensuelle (mm) à la station d'Es-Sénia de 1990 à 2001 (données O.N.M).

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Moyenne	66	70	96	122	151	167	174	181	148	110	79	65

Le maxima de l'évaporation est atteint au mois d'août (181 mm) et le minima en décembre avec 65 mm.

Deux périodes se dégagent à savoir, une où l'évaporation est importante, d'avril à octobre, et une autre qui occupe le reste de l'année, de novembre à mars.

Sur la période étudiée, le maximum de la moyenne annuelle s'est présenté en 1995 (1643 mm) et le minimum en 2002 (1070 mm) (Tableau 14).

Tableau 14 : Représentation des Evaporations annuelles (mm) à la station d'Es-Sénia de 1990 à 2002.

Année	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Moyenne	1407	1453	1549	1643	1412	1511	1571	1561	1467	1133	1070

La moyenne de l'évaporation annuelle sur la période 1992-2002 a été de 1434 mm.

5.2.4. Le vent

Le vent joue également un rôle important dans le fonctionnement des systèmes hydrologiques à plan d'eau libre et autres zones humides. Les moyennes mensuelles de la vitesse du vent à la station d'Es-Sénia entre la période 1990 et 2002 se répartissent comme suit (Tableau 15).

Tableau 15 : Représentation des vitesses moyennes mensuelles du vent à la station d'Es-Sénia de 1990 à 2002.

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesse Moy. (m/s)	26.38	30.46	35.07	42.69	41.1	43.31	39.38	37.1	36.38	34.53	30.76	27.15
Direction	W	W	W	W	W	W	WS W	W	W	WS W	WS W	WS W

Sur presque toute l'année le vent souffle de direction ouest sauf dans quatre mois (juillet, octobre, novembre, décembre) où il souffle selon une direction WSW. A noter qu'un vent de type chaud et sec appelé "Sirocco" souffle de direction WSW, de 5 à 7 jours entre les mois de juin et novembre.

6. L'indice climatique :

L'utilisation de la méthode du diagramme de De Martonne détermine pour le secteur d'étude un climat semi-aride (1925).

L'indice d'aridité de De- Martonne tient compte de la température moyenne annuelle (T en °C) et de la pluviométrie annuelle (P en mm). Il est donné par la relation suivante :

$I = P/T+10$; avec **P** : précipitations annuelles en mm, **T** :Température moyenne annuelle en °C, **I** : Indice d'aridité de De Martonne

Au niveau de la station d'Es-senia **Indice d'aridité I= 12,08** . Cette valeur indique que notre région est caractérisée par un climat **semi-aride**.

Conclusion

La grande sebkha d'Oran est située au Sud-Ouest de la ville d'Oran, et la Daya Morsli est située à la partie méridionale de l'agglomération oranaise.

Les formations anté-nappe, le Miocène post-nappe avec ses subdivisions, le Pliocène et le Quaternaire, constituent une nappe phréatique unique.

La grande sebkha d'Oran fait partie du sillon médiane prolongeant vers l'Ouest de la plaine du Chélif, par rapport au Daya Morsli qui est une simple dépression topographique avec une sédimentation meuble, remplis d'alluvions argileux-sableux, croûtes calcaires, lentilles de gypse, limons et marnes à tripolis.

Le climat de la région d'Oran est semi-aride ; froid en hiver, et chaud en été.

Chapitre II :
Caractéristiques
hydrologiques et
hydrogéologiques.

Introduction

La plaine d'Es-Sénia s'étend entre la Daya Morsli et la grande sebkha d'Oran à une altitude le plus souvent comprise entre 81 m et 92 m d'altitude. Elle présente de nombreuses dépressions secondaires. A l'Est de la Daya Morsli, la plaine s'élève légèrement pour se raccorder aux faibles pentes du secteur d'El-Emir Abdelkader. Les chenaux naturels d'écoulement n'ont pu se créer que dans la zone des coteaux où la pente est suffisamment forte. A l'arrivée dans la plaine d'Es-Sénia, leurs cours déjà peu marqués deviennent pratiquement inexistants. Dans ce chapitre, on détermine les caractéristiques hydrologiques, hydrogéologiques et les paramètres hydrodynamiques des terrains qui encadrent ces plans d'eaux considérés.

I. La grande sebkha d'Oran

La région étudiée s'insère dans le cadre d'un bassin endoréique qui se situe dans le système montagneux et plissé de l'Atlas Tellien qui s'individualise par ses conditions géologiques et morphologiques. Ceci se traduit dans l'hydrogéologie de la région qui est bien complexe et variée.

L'inventaire des points d'eau:

Un total de 140 points d'eau (puits, forages et sources) a été inventorié à travers la région Orientale de la plaine de la Mléta (Annexe 03).

Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est un ensemble hiérarchisé et structuré de chenaux qui assurent le ruissellement des eaux superficielles, permanentes ou temporaires, dans un bassin versant ou dans une région donnée.

Pour notre site d'étude, on distingue un réseau hydrographique bien structuré, avec un bon embranchement allant de l'ordre 01 jusqu'à 06. Tous les cours d'eau convergent vers les points les plus bas « l'exutoire » de la dépression du bassin endoréique de la grande sebkha d'Oran (figure 14).

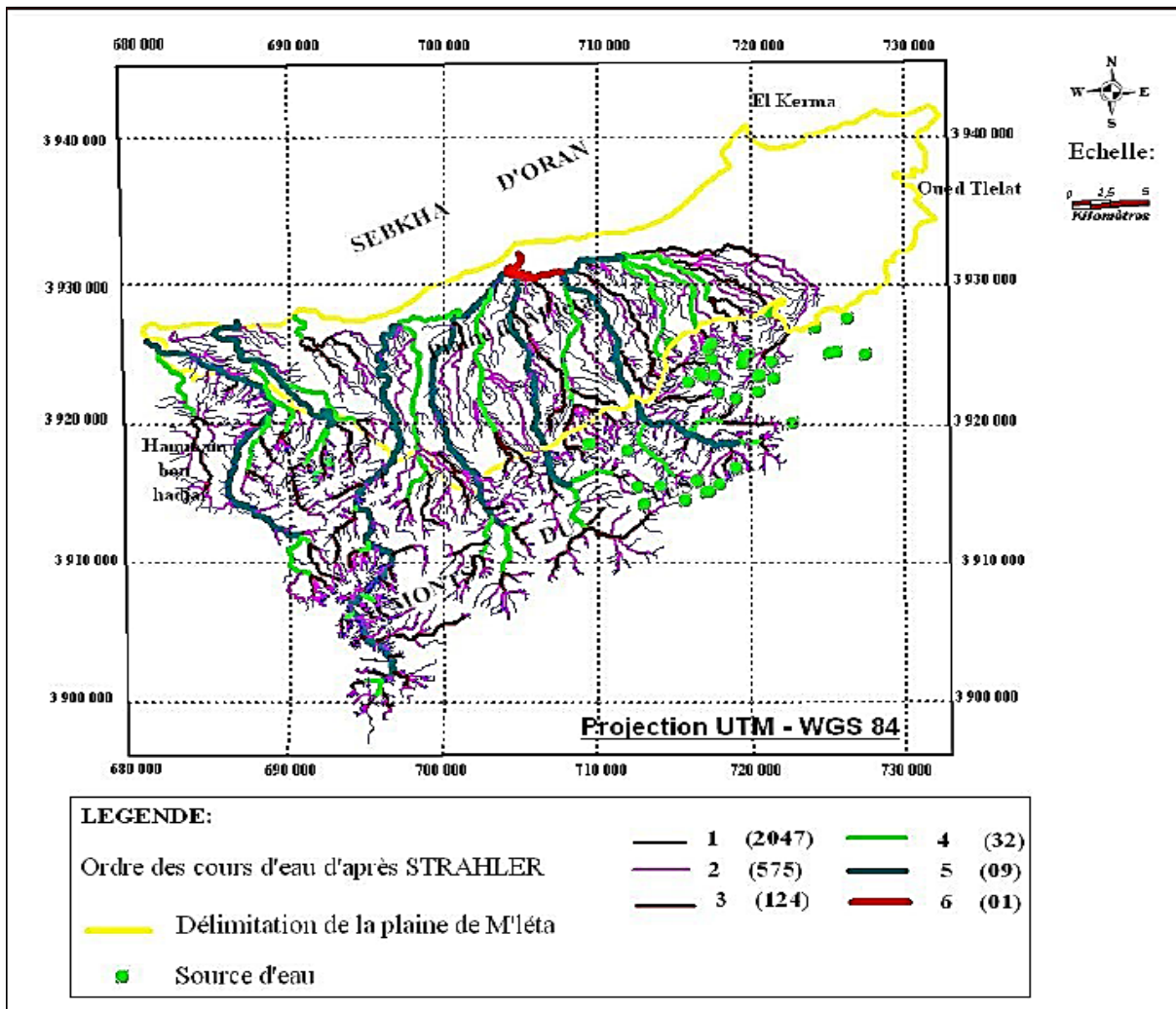


Figure 14 : carte du réseau hydrographique et des sources d'eau de la région d'étude (logiciel Map-info version 7.0) (in Boukha.H.R.2018, extrait).

L'effet de l'assèchement du climat et la tectonique récente influence beaucoup l'organisation du réseau hydrographique de la région (Hassani M.I, 1987).

1.1. Le contexte hydrogéologique

a. La bordure sud de la grande sebkha d'Oran

La description lithostratigraphique des formations géologiques observées en affleurement ou traversées par forages nous a permis d'identifier, dans la région, les formations susceptibles d'être aquifères (figure 15). Aussi, il est connu que la productivité d'une couche aquifère est fonction de ses caractéristiques hydrogéologiques et des facteurs d'écoulement des eaux souterraines. Les caractéristiques hydrogéologiques, liées essentiellement aux propriétés physiques et chimiques de la roche réservoir, déterminent avec la porosité efficace et dans une certaine mesure le coefficient d'emménagement, le volume d'eau gravifique libéré

par les moyens habituels de captage ; et en prenant en ligne de compte la perméabilité et la transmissivité, on pourra apprécier le débit optimal d'exploitation.

1.1.1. Classification des terrains

D'après les données disponibles (lithostratigraphiques et géophysiques), nous essaierons de classer les formations rencontrées sur le secteur étudié en trois grandes catégories en fonction des possibilités d'existence de niveaux aquifères.

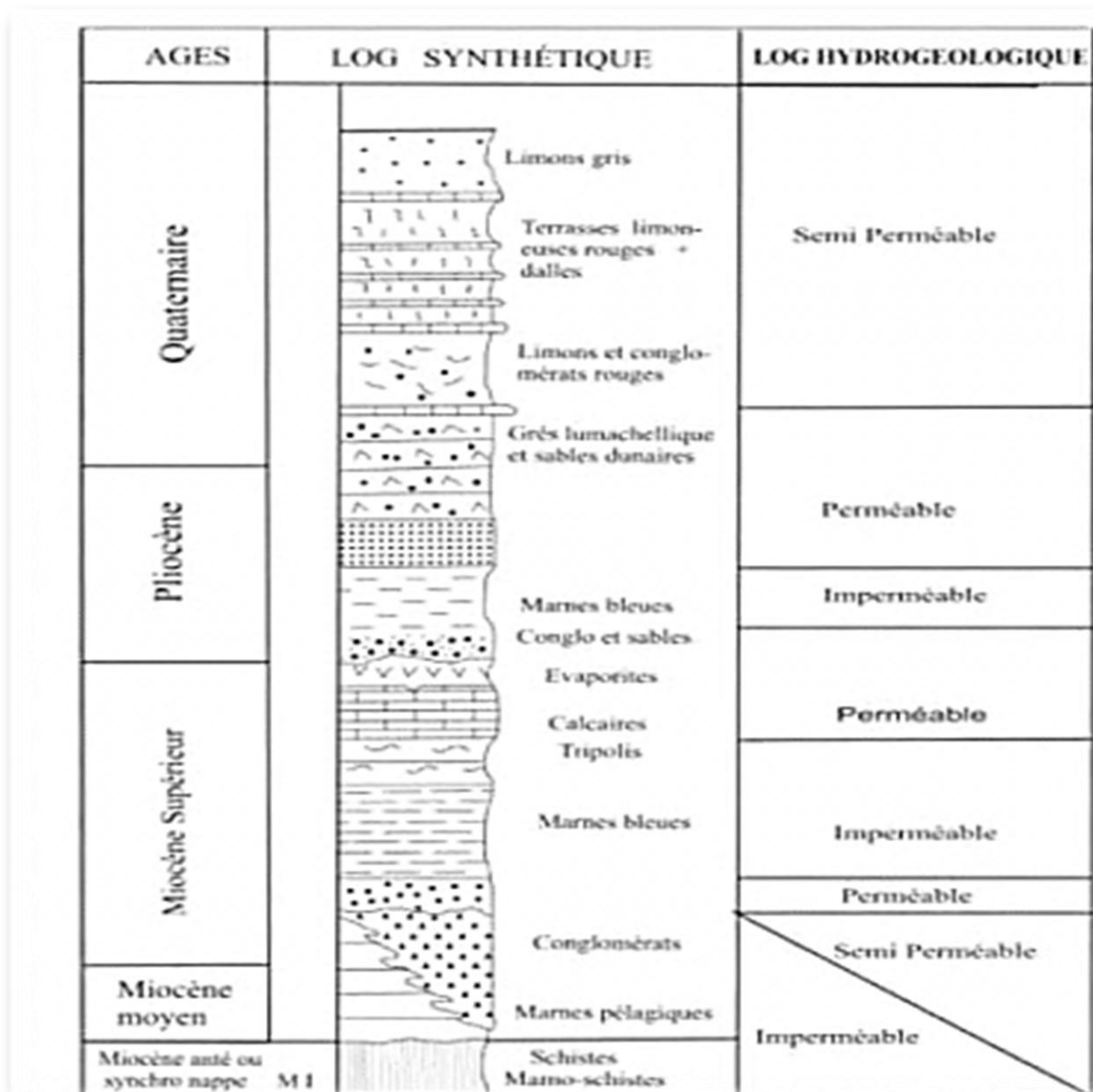


Figure 15 : log hydrogéologique de la région d'Oran (in Hassani M.I, 1987).

1.1.1.1. Les formations imperméables

- **Miocène marneux** : Il est formé par des marnes bleues dont l'épaisseur peut atteindre les 500 m. Ces marnes forment un obstacle à la circulation de l'eau dans le sol.

1.1.1.2. Les formations à perméabilité hétérogène

- Le Pliocène continental : C'est une alternance de marnes, limons, sables et conglomérats. Ils présentent une perméabilité assez hétérogène. Cette série peut atteindre une centaine de mètres

1.1.1.3. Les formations perméables

- Les formations du Mio-Pliocène

Ce complexe est associé aux calcaires gréseux et aux grès peu consolidés du Pliocène marin (Astien) et aux calcaires du Miocène supérieur de la série du Murdjadjo. Il appartient à un système de horsts et de grabens dont la mise en place a conditionné toute une série de compartiments calcaires plus au moins surélevés les uns par rapport aux autres. Le réservoir a été révélé comme étant gréso-calcaire, faillé et karstifié induisant une bonne perméabilité de fissures. Une bonne partie des eaux des précipitations et de ruissellement s'y infiltre. Les eaux sont arrêtées vers le bas soit par les intercalations des niveaux marneux à Tripoli soit par les marnes bleues, argilites rouges ou marno-schistes des unités tectoniques. Vers le haut, la nappe est libre au niveau des affleurements. Par contre, elle devient semi-captive ou captive en plaine du fait des dépôts post - Pliocènes sus-jacents. Cet aquifère de type captif est le plus profond et le plus intéressant. Son extension latérale et sa puissance (comprise entre 130 et 150 m), en font un bon réservoir.

L'impluvium de la nappe des calcaires s'étend entre le domaine d'Arbal, à l'Ouest et le mont Chouki à l'Est, sur une grande superficie et comprend non seulement les affleurements des calcaires mais encore les assises imperméables qui peuvent les suralimenter. L'excédent en eau de cette nappe captive est évacué par une série de sources de débordement situées en bordure de la plaine ; Ces sources émergent au contact : toit des calcaires - mur des formations Plio-Quaternaires imperméables. Le débit de ces sources est très insignifiant du fait du déficit pluviométrique, la plupart ont même tari.

Sous la plaine, l'aquifère n'est plus limité vers le bas que par les marnes bleues parfois intercalées d'anhydrite et généralement surmontant les gypses, le tout appartenant au Miocène Supérieur. L'aquifère est limité vers le haut par les argiles rouges, argiles sableuses et graviers du Pléistocène avec la présence de niveaux peu épais de marnes brunes à vertes du Pléisto - Holocène. L'élément sableux est présent dans une grande partie du log ce qui confère une semi

perméabilité aux formations sus-jacentes, permettant ainsi une drainance descendante. Au Sud de la plaine, l'aquifère atteint fréquemment une épaisseur de 120 mètres, plus au Nord, il n'a plus que 100 mètres à l'Est et plus de 200 mètres au Nord-Ouest.

Dans les monts des Tessalas, une partie des calcaires affleurant au faciès plus gréseux, recouvrent en lambeaux discordants les marno-schistes des unités tectoniques, les marnes bleues et les argiles rouges du Miocène. Ces lambeaux sont d'extension limitée, leur épaisseur est très variable. Les couches sont subhorizontales. Ces lambeaux renferment autant de nappes perchées. Ils sont alimentés par les précipitations sur leurs propres affleurements.

Parmi ces lambeaux, on peut citer :

Le lambeau du Djebel Tessala : Il est représenté par 200 m de bancs de calcaires gréseux très perméables. Ce lambeau, dont la surface est de 25 km² est drainé sur son pourtour par une trentaine de petites sources à débit très modeste.

Le lambeau de Moulay Abdelkader : Il se développe au Sud d'Arbal et repose en contact anormal sur les marnes bleues, sur les marnes schisteuses du Crétacé et parfois sur les argilites rouges.

Quant à l'aquifère du Pliocène Supérieur (Astien), ce dernier affleure dans le secteur de l'anticlinal de Oum El Guellaz (secteur de la côte rouge). Les affleurements forment des coteaux gréseux caractérisés par une bonne capacité d'infiltration. Absorbées facilement, les eaux infiltrées ne sont drainées par aucune source. Les eaux infiltrées doivent contribuer à recharger les nappes profondes de la partie Nord de la plaine du Tlélat. En effet, au droit de cette partie de la plaine, quelques forages réalisés par des particuliers ont captés les grès de l'Astien caractérisés par la présence d'une nappe libre dont les niveaux statiques sont profonds. La qualité chimique varie selon les secteurs géographiques (2 à 3 g/l),

Néanmoins, la situation est plus complexe en bordure Sud de la Mléta car le Pliocène Supérieur est absent et ne subsistent dans cette zone de piedmonts que les calcaires construits du Miocène Supérieur, de la série du Murdjadjo.

Mais dans la majorité du territoire de la Plaine, la série débute par des sables fins, à très fins et grès carbonatés qui se révèlent très productifs. Ces grès surmontent les calcaires fissurés du Miocène Supérieur et constituent un système aquifère bicouche unique. Les débits des forages sont très variables, en fonction des secteurs, de 20 m³/h au Sud Est à 150 m³/h au Nord-Ouest. La minéralisation de l'eau varie de 1,5 à 3,2 g/l selon les forages (Annexe 02).

- Les formations du Quaternaire

Les formations Quaternaires, transgressives sur le Miocène et le Pliocène, occupent une grande étendue sur la région d'étude. Quatre types de dépôts d'accumulation sont différenciés :

- les éboulis de pente ou glaciés
- les dépôts de cônes de déjection ou alluvions grossières
- les dépôts alluviaux et d'épandage (marécages)
- de rares dépôts éoliens.

- Les formations du Pléistocène

Dans la plaine de la Mléta, les formations du Pléistocène inférieur sont essentiellement continentales à prédominance d'argiles rouges, généralement sableuses, ne sont pas d'aquifères. Toutefois en bordure du bassin, à l'affleurement, au milieu des argiles s'intercalent parfois des niveaux conglomératiques épais. Ces conglomérats passent en profondeur et sont d'assez bons aquifères, bien que leur extension soit réduite vers le Nord.

Le ciment de ces conglomérats est représenté par un matériau grésosableux.

Le sondage S3A a recoupé ces conglomérats à 42,6 m de profondeur sur une épaisseur de 46 mètres. La nappe est ascendante ; son niveau statique se fixe au-dessus du toit de l'aquifère à 30,6m de profondeur. Aux essais de pompage, cette nappe a fourni un débit modeste. L'eau a une minéralisation de près de 1,35 g/l.

- Les formations de l'Holocène

Dans la plaine de la Mléta, les formations alluviales sont constituées de deux horizons :

- Un premier niveau constitué d'alluvions récentes de couleur grise et de la composition argilo-limoneuse ;
- Un deuxième niveau, plus ancien, formé de limons caillouteux de couleur rougeâtre qui affleurent aux alentours de Tamzourah et Ain Larbaa.

La nappe contenue dans cet aquifère est captée par des puits. Le seul forage captant cette nappe (F41) a donné aux essais 3 l/s pour un rabattement de 8 mètres (données EREM 1984).

Le substratum est formé d'argiles et de marnes du Pléistocène. Cette nappe, s'étendant sur toute la plaine de la Mléta, est alimentée suivant deux processus :

- ✓ Une alimentation directe par son propre impluvium.
- ✓ Une alimentation par les Oueds.

L'ensemble des eaux de cette nappe converge vers la grande Sebkhah d'Oran créant ainsi un écoulement endoréique. La surface libre de cette nappe est peu

profonde ce qui permet l'évaporation des eaux de cette nappe et leur forte minéralisation. Les eaux souterraines associées à ces terrains ne présentent généralement qu'un faible débit en raison de la dispersion lenticulaire des formations perméables, la minéralisation augmentée de ces eaux est un autre désavantage. En effet ces eaux sont caractérisées par des résidus secs très élevés dépassant dans certains cas les 20 grammes par litre.

Les formations constituant le remplissage du Quaternaire présentent parfois de bonnes perméabilités d'interstices offrant une ressource en eau souterraine mais très limitée, soit en raison de leur hétérogénéité, soit en raison de la forte minéralisation de leurs nappes.

1.1.2. Exploitation de la nappe du complexe Mio-Pliocène

Dans l'inventaire effectué en Septembre 2007, nous avons recensé un total de 140 points d'eau dans la partie orientale de la plaine de la Mléta, dont 49 captent la nappe du complexe du Mio – Pliocène (voir rapport Phase I). Les autres points captent en majorité la nappe du Quaternaire (tableau 16)

Tableau 16 : Ressources mobilisées de la partie orientale de la Plaine de la Mléta (2007):

Aquifère	Année Enquête	Volume mobilisé (Hm3/an)	Forages	Puits	Sources
Quaternaire Partie orientale de la Mléta	2007	2,9	-	83	-
Mio-Pliocène Partie orientale de la Mléta		0,45	48	-	01

1.2. L'alimentation des horizons aquifères

On distingue deux types d'alimentation des horizons aquifères (nappe phréatique et Complexe Mio-Pliocène) :

- une alimentation indirecte à travers les horizons superficiels des sols recouvrant la Plaine (alimentation assez lente et indirecte en ce qui concerne le Complexe Mio-Pliocène)
- une alimentation directe pour le cas du Complexe Mio-Pliocène par une infiltration directe des eaux pluviales et du ruissellement superficiel diffus à travers les formations calcaires Mio-Pliocènes (superficie = 33.33km²), conglomérats du Pliocène continental (superficie = 12.44km²) et grés Astiens (superficie = 1.27 km²).

1.2.1. Infiltration profonde indirecte

Cette alimentation de la nappe phréatique et du complexe Mio-Pliocène est estimée en moyenne annuellement à l'aide de la formule du bilan hydrique pour les deux cas considérés : cas sans irrigation et cas sous irrigation.

L'alimentation est possible seulement de la nappe phréatique pendant une année humide, mais une quasi absence d'alimentation du Complexe Mio-Pliocène et ce pour une année hydrologique moyenne, puisque les sols de la région pas ne sont largement saturés à leur capacité de rétention maximale (80 mm) pouvant engendrer une alimentation profonde.

1.2.2. Infiltration profonde directe

C'est l'alimentation la plus fréquente et la plus "continue" du Complexe Mio-Pliocène. Les eaux pluviales et les eaux de ruissellement aboutissant dans les zones d'alimentation, s'y infiltrent atteignant directement le Complexe aquifère. Mais cette percolation des eaux pluviales en profondeur ne se fait pas avec une même intensité. Elle est plus forte dans les calcaires Mio-Pliocène, moins forte dans les conglomérats Pliocènes et réduite dans les grés Astien.

1.3. Zones d'alimentation de la nappe du complexe du Mio – pliocène

Pour l'établissement du bilan du complexe du Mio – Pliocène, nous avons eu à dresser une carte délimitant les zones d'alimentations (figure16). Cette carte a été utilisée dans l'élaboration du bilan de la nappe. La principale zone d'alimentation du complexe Mio – Pliocène est les Monts des Tessalas où affleurent les calcaires du Miocène supérieur fissurés permettant une bonne infiltration des eaux.

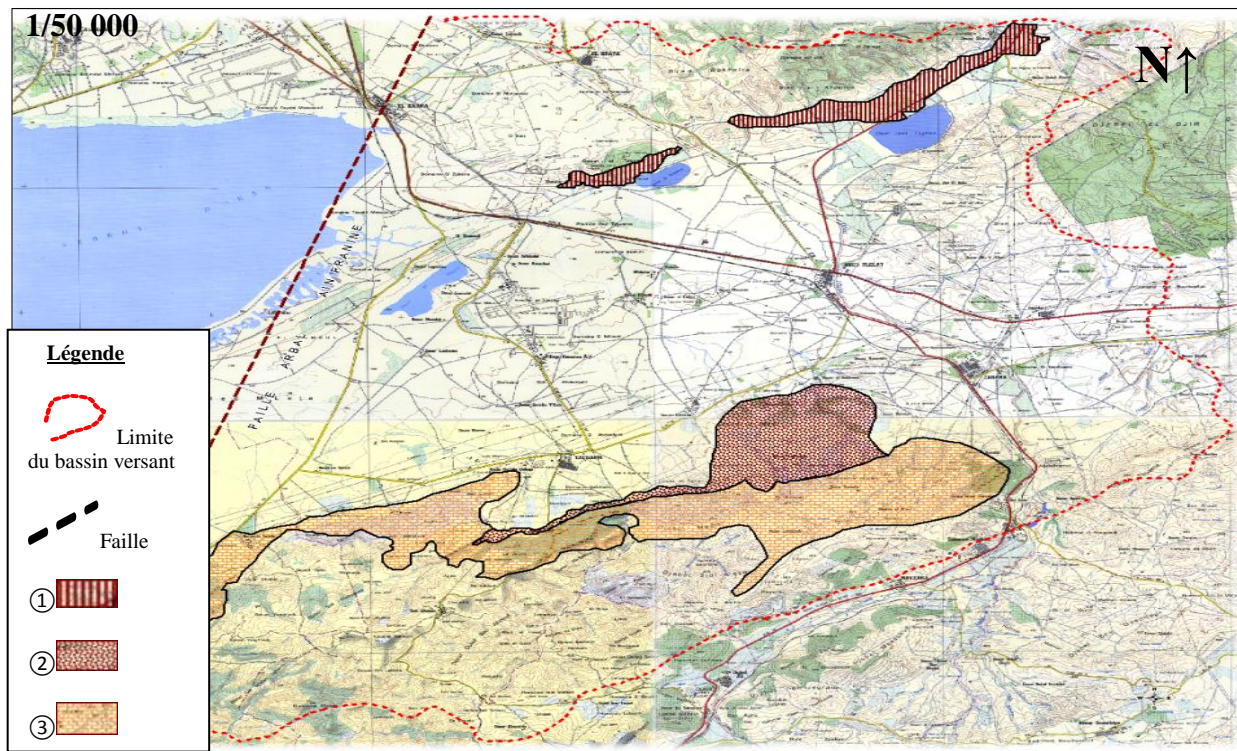


Figure 16 : carte des zones d'alimentation du complexe Mio – Pliocène

- ① Impluvium des grés astien (El Kerma – vallonnements de Mangin – Dj. Djira) alimentation directe.
- ② Alimentation indirecte des calcaires par drainance descendante à partir des conglomérats du pliocène continental su – jacents aux calcaires des Tessalas
- ③ Impluvium des calcaires du Mio – pliocène (Tessalas) alimentation directe.

Une partie des eaux provenant des ruissellements des formations imperméables des Tessalas s'infiltrent dans les calcaires et contribuent donc à leur alimentation. Une seconde zone située au niveau des piémonts des Tessalas où affleurent les conglomérats du Pliocène Continental reposant directement sur les calcaires du Miocène supérieur contribuent, à leur tour, à une alimentation indirecte du complexe Mio – Pliocène. Enfin une troisième zone, située au Nord de la zone d'étude, au niveau des vallons de Mangin où affleurent les grés et sables fins de l'Astien (Pliocène inférieur) contribuent à une alimentation directe du complexe Mio – Pliocène.

1.4. Recharge des nappes

1.4.1. Nappe du Quaternaire

Les études piézométriques montrent que les écoulements des nappes superficielles Quaternaires sont dirigés vers le Nord en direction de la Sebkhah. Les écoulements sont rapides à l'amont, ils deviennent de plus en plus lents au fur et à mesure que l'on se rapproche de la Sebkhah. La recharge des nappes de la Mléta se fait essentiellement à partir des eaux météoriques qui s'y infiltrent sur l'ensemble de l'impluvium. Les oueds participent également à la recharge. Cette dernière est facilitée par la bonne perméabilité des formations alluvionnaires formées d'éléments grossiers (cônes de déjection des oueds). Une alimentation latérale à partir des affleurements calcaires semblerait exister ; ceci est particulièrement visible dans la zone de Tafraoui où les isopièzes sont parallèles aux affleurements de calcaires. Les zones d'alimentation amont de la Mléta sont les zones préférentielles de recharge. Entre les "hautes eaux" et les "basses eaux", les battements des puits de cette zone atteignent 2 à 4 mètres. Plus à l'aval, en zone de la plaine, ces fluctuations ne sont plus que de l'ordre du mètre.

1.4.2. Nappes profondes du complexe Mio-Pliocène

Ce complexe aquifère constitué par les grès et sables de l'Astien surmontant les calcaires du Miocène Supérieur a été reconnu sur toute la plaine de la Mléta et du Tlélat et a été capté par un certain nombre de forages profonds. C'est l'aquifère le plus important de la région. Il est en charge et même artésien au niveau de sa bordure Ouest, à la faveur de la faille Arbal – Ain Franine mettant en contact les formations du Complexe secondaire avec celles du Pléistocène où prédominent les argiles et marnes.

1.5. Transmissivité des nappes

Pour la nappe du Complexe Mio - Pliocène, les mesures des essais de pompage effectués à travers la plaine de la Mléta n'ont concerné généralement que des forages isolés. Le calcul des transmissivités et des perméabilités a été fait d'une manière satisfaisante. L'évaluation des coefficients d'emmagasinement, par contre, s'est révélée presque impossible car lors des essais aucun piézomètre n'a fait l'objet de mesure. Cela nous a contraints à faire des corrélations avec des régions limitrophes ayant le même contexte hydrogéologique. Les valeurs des transmissivités varient de $0,38 \cdot 10^{-3}$ à $1,5 \cdot 10^{-3}$ m²/s. Celles des coefficients d'emmagasinement sont variables suivant le régime hydraulique de la nappe. Nous avons adopté les valeurs suivantes :

- Piedmonts Nord du Tessala où la nappe des calcaires fissurés est libre, le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de $5 \cdot 10^{-3}$
- Au niveau des vallons de Mangin et de la cote rouge où affleurent les grès et sables fins du Pliocène Supérieur (Astien) le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de $3 \cdot 10^{-3}$
- Au niveau de la Plaine, proprement dite, où la nappe du Complexe Mio – Pliocène est captive à semi – captive, le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de $1,17 \cdot 10^{-3}$. Cette valeur a été testée lors d'essais dans un forage pendant les années soixante.

Pour les alluvions Plio - Quaternaires, la transmissivité est de l'ordre de $6 \cdot 10^{-3}$ m²/s au puits Carillot dans la plaine de la Mléta. La productivité des ouvrages est de l'ordre de 50 à 200 m³/h pour les ouvrages captant le Complexe du Mio – Pliocène. Pour ceux, captant les alluvions du Plio–Quaternaire, les débits sont généralement faibles à moyens, de 0,5 à 5 l/s mais en moyenne entre 2 et 3 l/s.

1.6. La cartographie hydrogéologique

1.6.1. Carte du toit du complexe Mio – pliocène

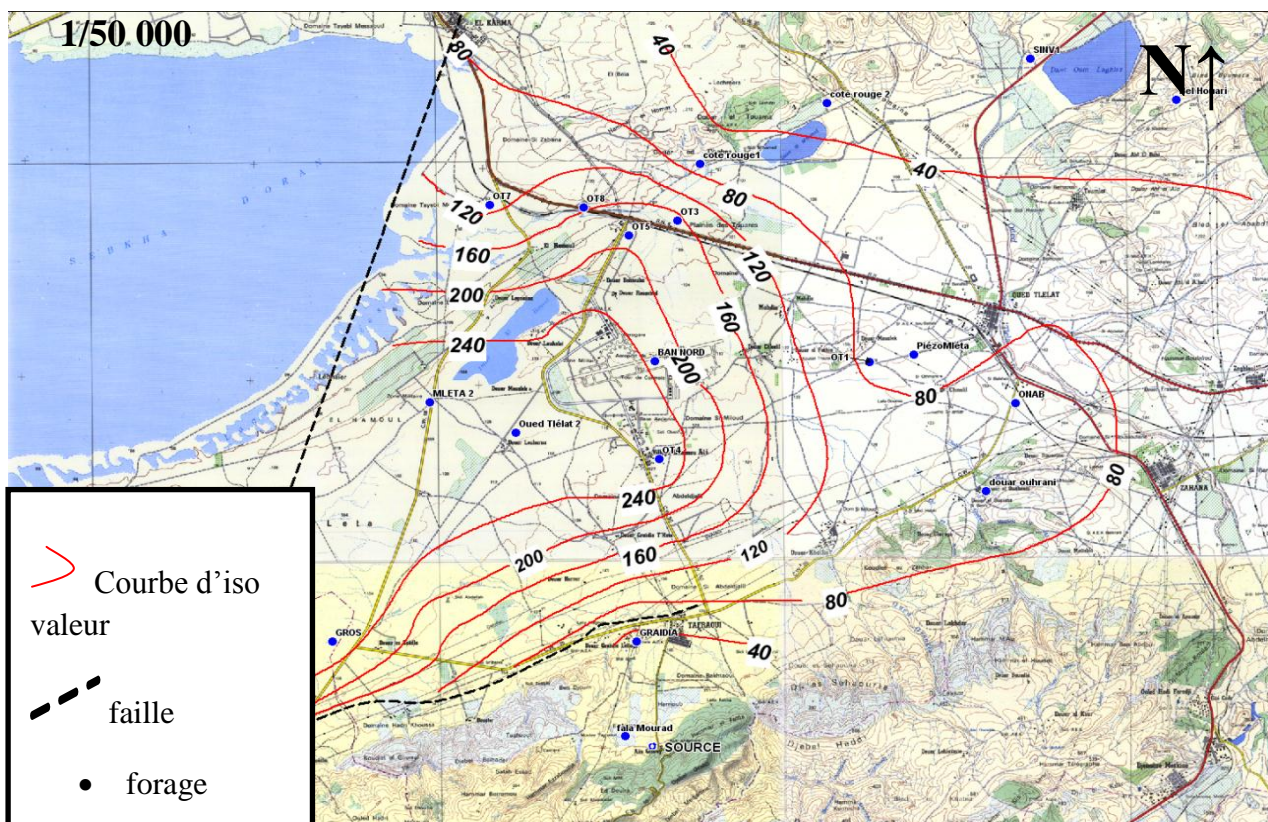


Figure 17 : carte du toit du complexe Mio-Pliocène (HYDEX-consult, 2007).

Tout d'abord, on constate que le toit des formations constituant le complexe Mio-Pliocène s'approfondit en direction du centre de la région d'étude en bordure de la sebkha (forages Mléta2, OT2 et OT4), où il est situé à une cote dépassant largement les 240 mètres. Par contre en direction des affleurements longeant les frontières Nord et Sud, le toit de ce complexe se rapproche de la surface du sol pour atteindre une profondeur de 40 m.

Apparemment, la faille normale de direction SW-NE, contournant les piedmonts Nord des Tessalas et passant non loin des forages de Graidia et du sondage ERM, jouerait un rôle primordial dans la configuration actuelle de la structure : nous avons un enfoncement plus ou moins rapide du compartiment situé au Nord de ce linéament (le toit du complexe se trouve à 80 m) et un soulèvement au droit du bloc situé immédiatement au Sud du même linéament (le toit est situé à 40 m). A notre avis elle constitue le rivage de la mer astienne car pendant cette période tout le bloc méridional (le Tessala, à partir de la faille) était exondé. Les grands traits de la structure révélée par la corrélation stratigraphique entre les différents forages réalisés dans la région confirment la présence d'une cuvette entre Oued Tlélat-Taфраoui. Cette cuvette serait le prolongement du synclinal régional, orienté sensiblement E-W, limité au SW par le dôme anticlinal de Ouled Ali et au NE par le dôme anticlinal de Djebel Djira.

1.6.2. Carte de l'épaisseur du complexe Mio-Pliocène

La carte de l'épaisseur des formations du Complexe Moi – Pliocène est très importante pour l'évaluation des réserves en eau souterraine de la nappe.

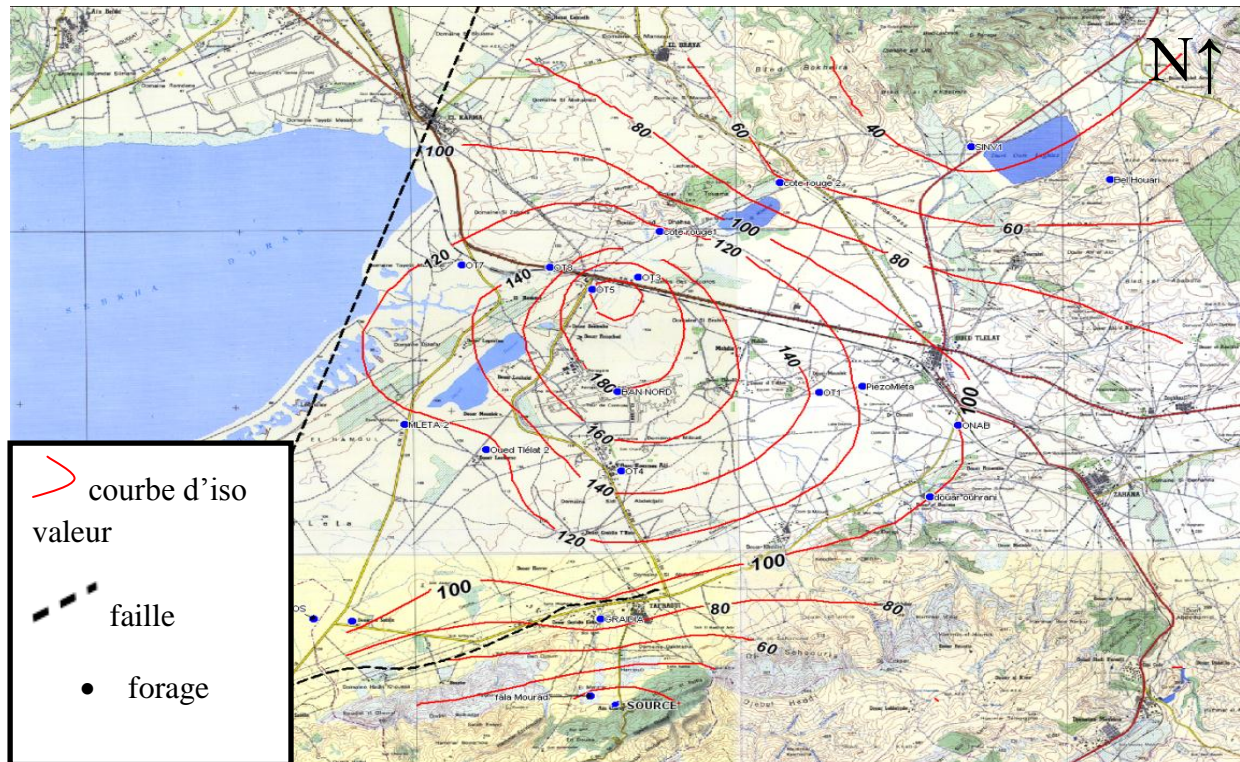


Figure 18 : carte de l'épaisseur du complexe Moi-Pliocène

La présente carte, fruit de la corrélation entre les coupes stratigraphiques (revues et corrigées par le bureau d'études) des différents forages réalisés dans notre secteur d'étude, illustre les variations spatiales de l'épaisseur de l'aquifère Mio - Pliocène. En direction des ouvrages OT3 et OT5, la puissance de l'aquifère devient plus importante par rapport aux limites Nord et Sud. L'épaisseur maximale enregistrée, 200 m, coïncide approximativement avec le centre de la dépression mise en évidence par la carte du toit du complexe Mio - Pliocène. La cuvette se caractérise par un étalement presque WNW-ESE. Au niveau des affleurements localisés au Sud de notre secteur d'étude, l'épaisseur du complexe est estimée à environ 10 m (source située au Sud du forage Fella Mourad). Au Nord, dans la région des ouvrages "cote rouge", le complexe Mio - Pliocène présente des épaisseurs de l'ordre de 40 m.

Ces constatations indiquent que le secteur d'étude se caractérise par un centre affaissé et par des bordures soulevées. Une telle disposition ne peut être que le résultat de l'activité tectonique et qui se manifeste dans la région depuis le

Miocène car il ne faut pas l'oublier notre zone fait partie intégrante du bassin sédimentaire de l'Oued Chélif.

1.6.3. Carte des transmissivités du complexe Mio-Pliocène

A partir de la carte des transmissivité (figure 19), on peut facilement constater que les valeurs de la transmissivité des formations captées par les différents forages sont relativement faibles au niveau des pourtours Nord et Sud, là où les épaisseurs des formations aquifères ne sont pas très importantes.

En effet, la transmissivité des formations captées par les forages situés, au Nord, au voisinage des affleurements du Pliocène Supérieur, varie entre 0.015 et 0.01 m^2/s , alors qu'au Sud, près des affleurements du Mio-Pliocène constitués de calcaires très fissurés et de sable, les valeurs de la transmissivité affichées sont encore plus faibles pouvant atteindre jusqu'à 0.005 m^2/s au niveau de la source. Au centre de la dépression, les valeurs de la transmissivité s'affermissent et atteignent 0.05 m^2/s . Aussi, il y a lieu de signaler que les fortes valeurs situées entre 0.03 et 0.05 se localisent au niveau des sections où les formations aquifères sont caractérisées par des épaisseurs plus ou moins importantes. Les valeurs fortes épousent donc l'allure générale de la cuvette.

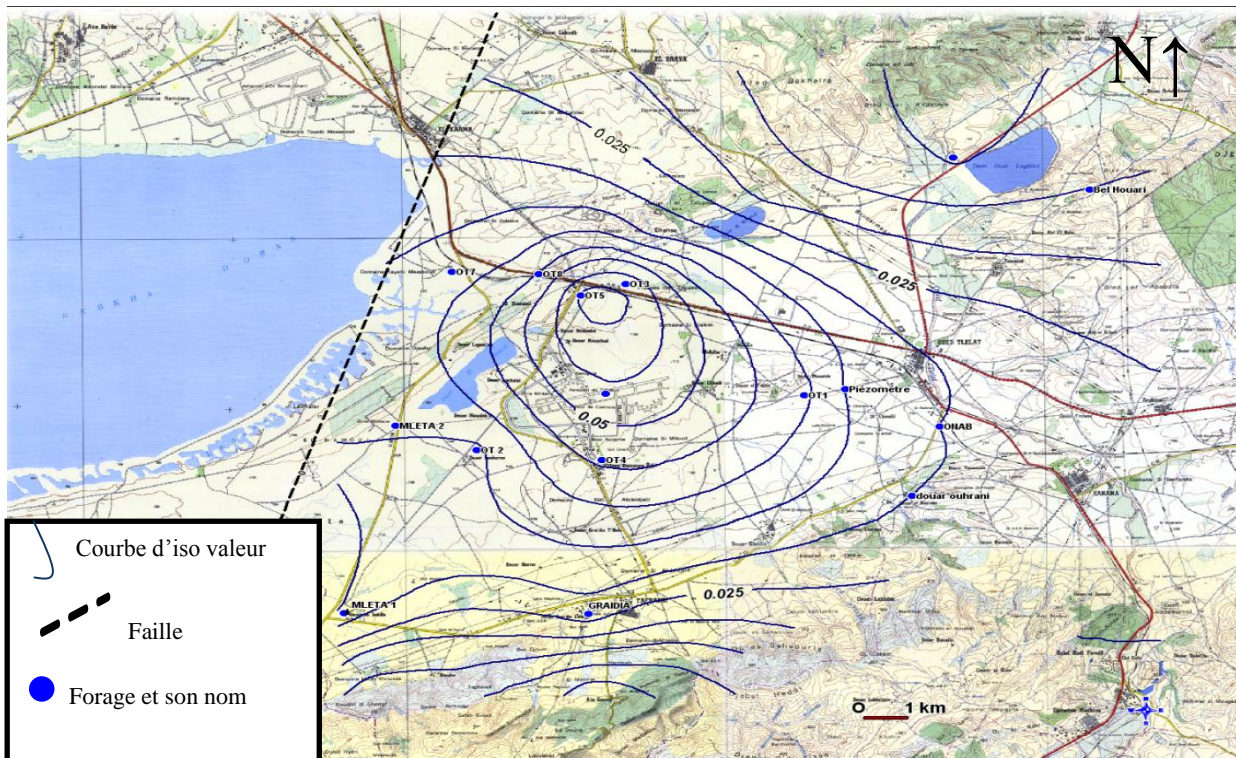


Figure 19 : carte des transmissivités (HYDEX-consult, 2007).

1.7. Piézométrie

1.7.1. Carte piézométrique de l'année 1968 :

Durant notre recherche bibliographique sur l'hydrogéologie de la région d'étude, nous avons eu à consulter une des toutes premières cartes piézométriques de la plaine de la Mléta (figure 20). Cette carte, dressée au cours du mois de janvier 1968, nous renseigne, d'une manière très générale, sur le sens d'écoulement des eaux souterraines de la nappe du Plio – Quaternaire.

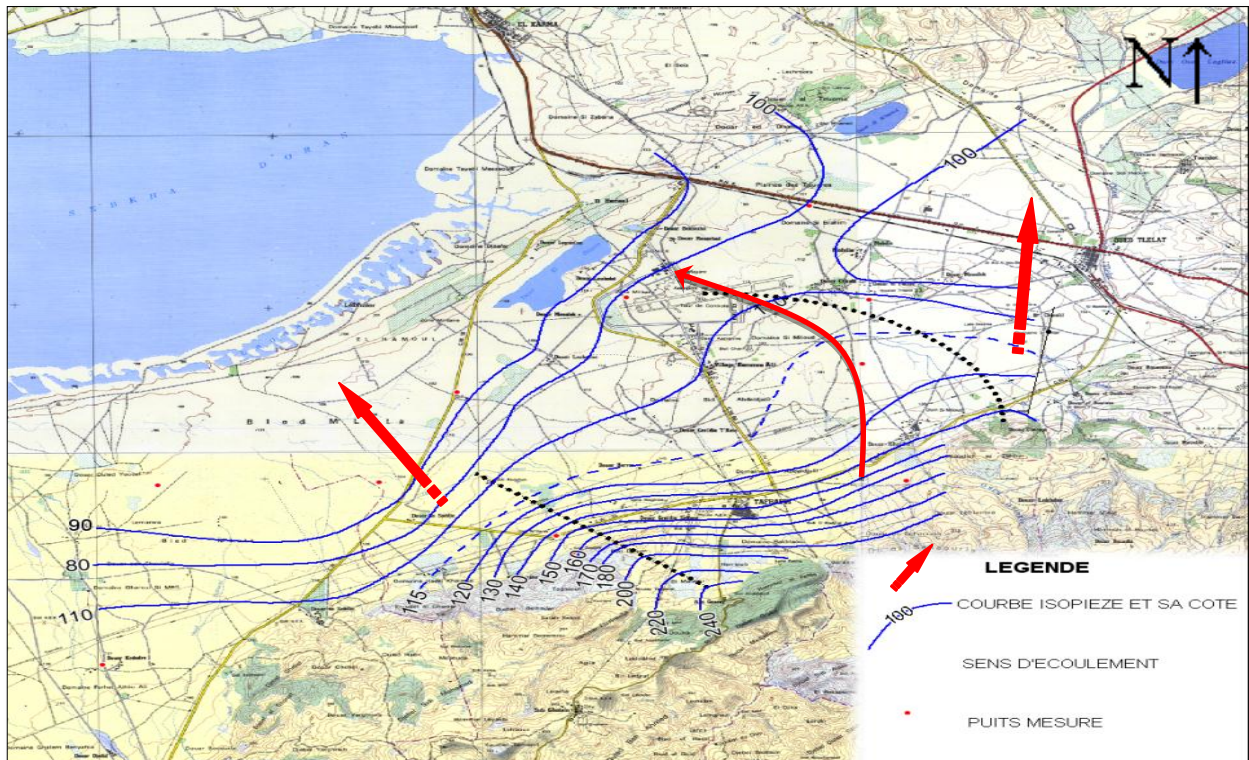


Figure 20 : carte piézométrique de l'année 1968(HYDEX-consult, 2007).

Elle montre clairement que le principal exutoire de cette nappe n'est autre que la Grande Sebkhia d'Oran vers où toutes les eaux ont tendance à converger (bassin endoréique). Les Monts des Tessalas constituent la principale zone d'alimentation. Une partie du ruissellement des précipitations a tendance à s'infiltrer au niveau des piedmonts et contribuer à l'alimentation de la nappe phréatique dont le réservoir est constitué essentiellement d'éléments grossiers (de démantèlement), ce qui expliquerait les fortes valeurs du gradient hydraulique conséquence du resserrement des courbes isopièzes.

Aussi, une alimentation latérale à partir des affleurements calcaires semblerait exister; ceci est particulièrement visible dans la zone de Taфраoui où les isopièzes sont parallèles aux affleurements de calcaires. Ces formations géologiques

favorisent, de par leur lithologie, les infiltrations devenant ainsi des zones préférentielles pour la recharge des aquifères de plaine de la Mléta.

Néanmoins, nous tenons à signaler que, quoique limitée dans l'espace, l'alimentation latérale s'effectue, entre les différentes nappes, d'une manière lente. Plus au Nord, les espacements deviennent plus importants et le gradient hydraulique passe de **0,035** au Sud-Ouest du Village Taфраoui à **0,0033** près de Dayet El Bagrat. Cet affaiblissement de la pente est synonyme d'une hétérogénéité horizontale vraisemblablement due à un changement de faciès latéral, seul phénomène pouvant expliquer l'écartement progressif révélé par les courbes. Cet état de fait indique un étalement des eaux souterraines, généralement des zones d'accumulation. Dans cette région Sud, trois grands axes d'écoulement sont observés, séparés par deux lignes de partage des eaux.

Les eaux de la région de Tamzourah, au Sud-Ouest de la zone d'étude, sont drainées suivant un axe de direction Sud-Sud-Est – Nord-Nord-Ouest, vers la Sebkha. Une seconde zone de drainage, séparée de la première par une ligne de partage des eaux, est bien visible sur la carte et semble être importante. Les eaux suivent un écoulement de direction Sud-Sud-Est – Nord-Nord-Ouest pour être acheminées vers l'exutoire (Sebkha). Cet axe semble, sensiblement, suivre la route menant de Taфраoui à El Kerma. Une ligne de partage des eaux sépare cette seconde zone de drainage d'une troisième, située plus à l'Est. La direction des écoulements des eaux, au niveau de cette zone, a changé, devenant Sud-Sud-Ouest – Nord-Nord-Est. Cette disparité peut vraisemblablement s'expliquer par la présence d'un chenal perméable ayant la même direction et où subsistent des éléments grossiers favorisant la convergence et les écoulements des eaux souterraines. Cet axe rejoint un autre de direction Est Sud Est – Ouest Nord-Ouest, suivant approximativement la Route Nationale N° 4 (Oran – Alger) et acheminant les eaux vers la Sebkha, l'exutoire de la nappe. Une seconde zone d'alimentation est à retenir, celle des vallons de Mangin (El Kerma) où des écoulements Nord Sud, vers la Sebkha, sont signalés.

1.7.2. Carte piézométrique de l'année 1996 :

A la première lecture de cette carte (figure 21), élaborée une vingtaine d'années après, nous remarquons un changement du comportement hydro-dynamique de la nappe du Plio – Quaternaire. Une migration des axes d'écoulement est très significative. L'axe d'écoulement de la seconde zone de drainage, celui de direction Sud-Sud-Est – Nord-Nord-Ouest et suivant la route menant de Taфраoui à El Kerma est devenu une ligne de partage des eaux. A notre avis,

l'explication de ce phénomène qui nous paraît la plus plausible est l'insuffisance de l'alimentation de la nappe due à la sécheresse qui sévissait depuis le début de l'année 1980. L'axe d'écoulement de la zone de drainage s'est déplacé vers l'Est et a changé de direction, devenant Sud-Est _Nord-Ouest.

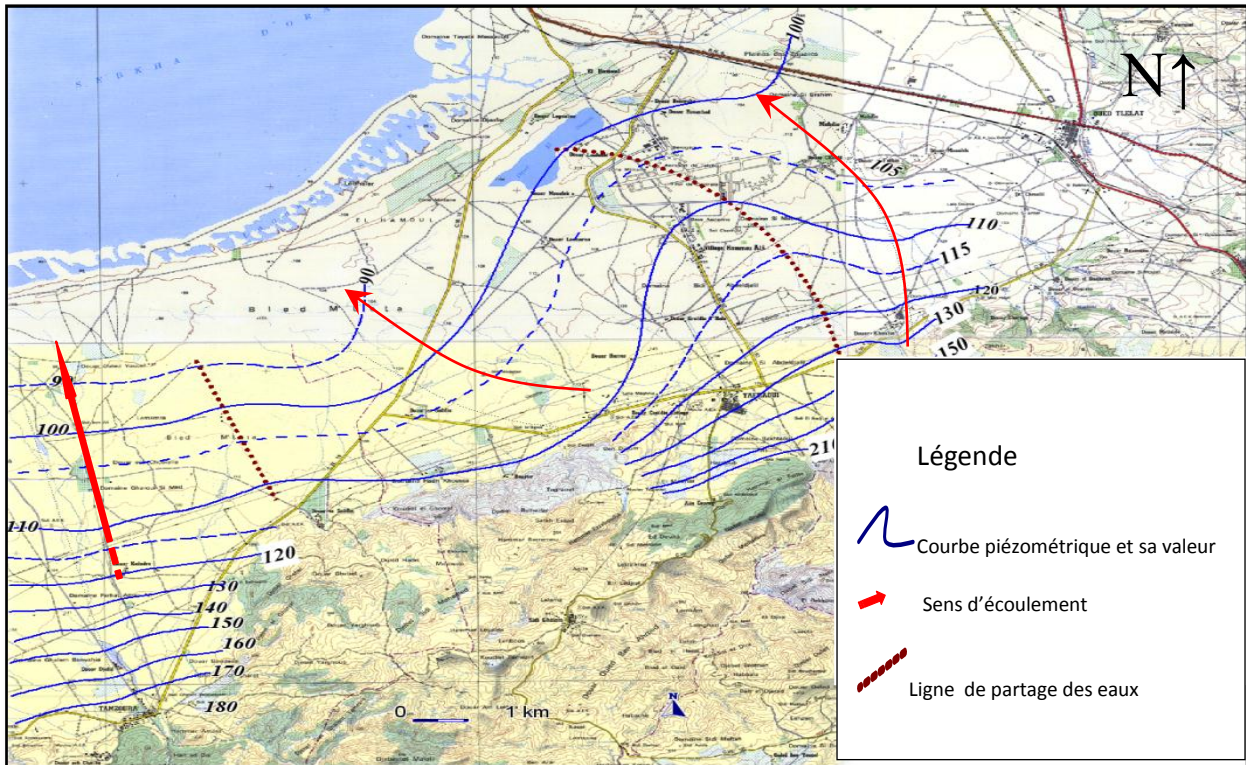


Figure 21 : carte piézométrique de l'année 1996.

L'alimentation à partir des Monts des Tessalas est toujours de vigueur et bien visible sur cette carte piézométrique. L'axe d'écoulement à partir de la zone de Tamzourah est toujours présent mais il a tendance à s'incurver un peu plus vers l'Ouest. L'isopièze 100, toujours présente, a la même allure et suit presque le même alignement que celle de la carte de 1968. Elle montre, avec l'isopièze 105, la présence de l'axe d'écoulement de direction Est-Sud-Est – Ouest Nord-Ouest déjà décrit dans la carte de 1968 et drainant les eaux souterraines de la nappe du Plio – Quaternaire vers la Sebkha, principal exutoire.

Nous remarquons qu'au niveau des piedmonts des Tessalas et en comparaison avec la carte piézométrique de 1968, l'espacement entre les courbes isopièzes devient plus grand, d'où un gradient hydraulique moins important. Cet état de fait ne peut s'expliquer, à notre avis, que par la période de la campagne piézométrique.

Celle de 1968 a été effectuée pendant une période humide, mois de Janvier, et probablement juste après de fortes précipitations contribuant à l'alimentation par infiltration de la nappe phréatique. La seconde carte a été élaborée à partir de mesures effectuées au mois de Septembre, c'est-à-dire pendant une période d'étiage (basses eaux) où l'alimentation de l'aquifère est presque nulle.

1.8.3 Carte piézométrique de l'année 2007

A première vue, cette carte piézométrique de la région d'étude (figure 22), élaborée à la base des mesures effectuées dans le courant du mois de Septembre 2007, semble très perturbée, mais en regardant bien, les mêmes traits ou la même "ossature" que celle de 1996 reviennent.

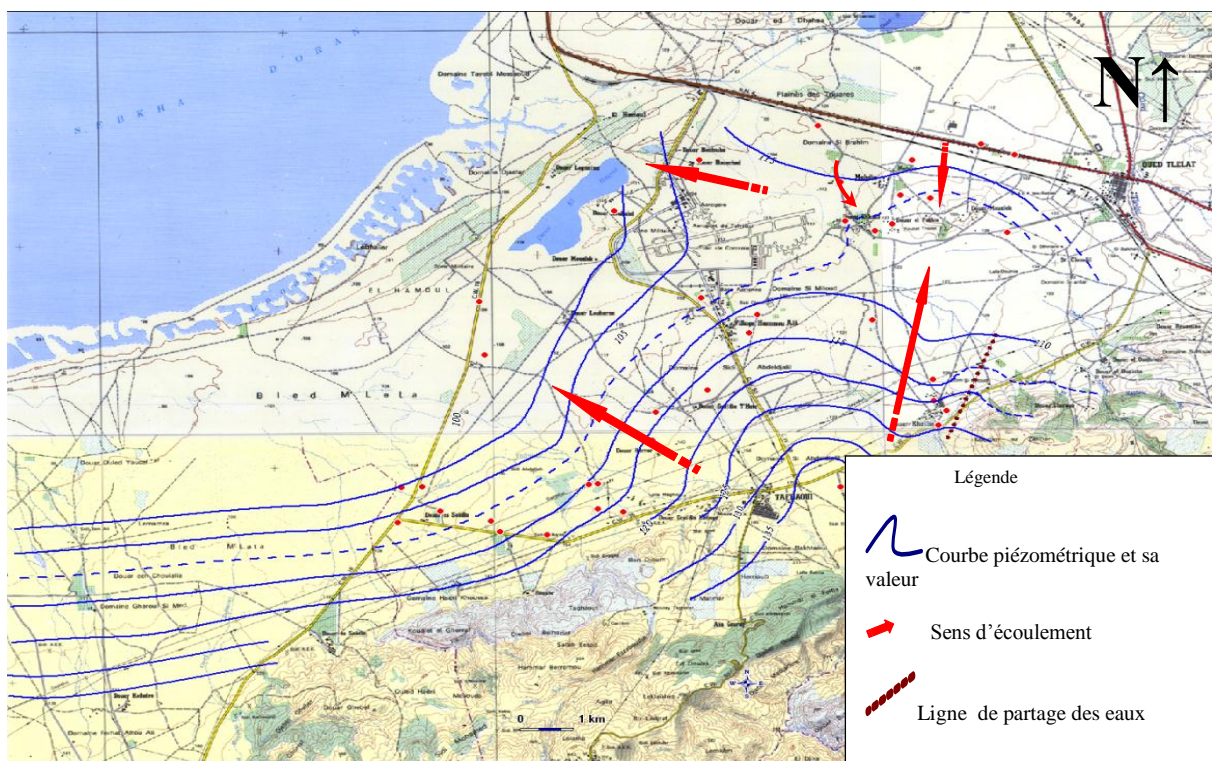


Figure 22 : carte piézométrique de l'année 2007 (HYDEX-consult, 2007).

Il est vrai que l'influence de la sécheresse s'est fait ressentir par l'approfondissement des niveaux d'eau dans les ouvrages dont certains ont disparu, d'autres se sont asséchés. Cet état de fait ne nous a pas permis d'avoir des détails, particulièrement pour les parties Ouest (région de Tamzourah) et Nord (Vallons de Mangin).

La grande particularité de cette carte est la présence d'une zone de forte perturbation dans la région du Douar Moualek, à quelques encablures à l'Ouest de l'agglomération d'Oued Tlélat et qui se traduit par la création d'un cône de

dépression, résultat de pompages excessifs à partir des nombreux puits situés dans la zone. Nous notons donc un inversement des axes d'écoulement.

L'écoulement Sud Sud-Ouest – Nord-Nord-Est, caractérisant la partie Est de la Plaine qui, auparavant, rejoignait, aux alentours de Oued Tlélat, un axe de drainage principal partant de cette localité et rejoignant la Grande Sebkhah vers l'Ouest, se trouve actuellement complètement perturbé au niveau de la zone du douar Moualek vers où convergent d'autres écoulements, cette fois-ci de direction inverse, Nord – Sud. A partir de cette zone, les eaux s'écoulent suivant un axe Est - Ouest vers la grande Sebkhah d'Oran. Par rapport aux années précédentes, cet axe a migré vers le Sud.

Nous remarquons, vers l'extrême Sud Est de la Plaine, une amorce d'un écoulement de direction Sud-Sud-Est – Nord-Nord-Ouest en direction de la région de Oued Tlélat et peut être même hors de la limite orientale de la zone d'étude et qui pourrait être considéré comme un débit de fuite. Pour les autres régions de la Plaine les écoulements semblent rester les mêmes calibrés et surtout le suivi des travaux par des hydrogéologues confirmés et ayant une expérience dans la Mléta.

Mais quoiqu'il en soit, cet état de fait est une sorte de protection quantitative de la nappe évitant toute exploitation abusive de ce système aquifère car même quand l'ouvrage est réalisé dans les normes voulues, la limitation du débit est obligatoire pour éviter toute déstabilisation du massif de graviers ce qui conduirait à la perte de l'ouvrage. Nous avons pu récupérer les mesures des niveaux des plans d'eau du Complexe Mio – Pliocène prises pendant des séries régulières (à l'échelle mensuelle) et étalées dans le temps; certaines depuis Juillet 1995 à Février 2007, d'autres, suivis pendant seulement deux à trois ans. Le réseau piézométrique est constitué de six points d'eau, cinq forages et un piézomètre.

b. La bordure Nord de la grande sebkha d'Oran

L'étude géologique de surface scindés par la synthèse des coupes de sondages et de forages nous ont permis de préciser les principaux aquifères et leurs caractéristiques hydrogéologiques. Les calcaires messéniens fissuré et karst fie recèlent le principal réservoir en eau souterraine de la région étudiée Cet aquifère présente naturellement trois exutoires naturels "Ras El Ain" à l'Est ; Misserghine au centre et Brédéah à l'Ouest. L'autre aquifère superficiel est constituée par les alluvions quaternaires qui prennent le relais au Sud. Ces deux formations (calcaires et alluvions) forment un seul système hydrogéologique bicouche.

1. Les principaux aquifères

1.1. Calcaires et dolomies du Jurassique

Les lentilles des calcaires marmoréens et dolomies du lias et Dogger sont de bons aquifères mais très localisés. Ils recèlent une nappe perchée, drainée par les sources d'Ain Keffi, ces sources affleurent au contact des schistes Jurassiques, leur débit est d'ordre 400m³/j en 1934, actuellement cette source est tarie. Plus à l'ouest la source d'Ain Karub, émerge au niveau d'une intercalation quartziteuse au sein des schistes Jurassiques.

1.2. Crétacé

La formation de schiste du Crétacé inferieur forme l'ossature du Murdjadjo, elle peut constituer un bon drain puisque la formation est altérée en surface.

1.3. Les alluvions Quaternaires

Le Quaternaire est représenté par les alluvions de limons sableux et sable argileux et par des dépôts de pente. Ces formations présentent une perméabilité généralement faible des alluvions composées d'argile rouge à galets en bordure de la Sebkha contenant une nappe peut profonde, l'eau y est saumâtre. La nappe est captée par les puits peu profond. L'aquifère alluvionnaire se développe dans la plaine bordière comprise entre les affleurements calcaires du Murdjadjo et la Sebkha Cette formation est marquée par plusieurs farcies (limons, conglomérats rouges, terrasses rouge, limon gris et tufs, gypse et sable). Dans la zone de Misserghine, les colluvions à galets calcaires (pléistocène inférieur) ont une bonne porosité d'interstice, l'eau de cette formation passe en aval aux alluvions sableux rouges (pléistocène supérieur) assez perméable. Ces alluvions rouges sont relayées en direction de la Sebkha par les alluvions récentes où limons gris (Holocène) souvent gypseux à pente faible et peu perméable. En amont, il est limité vers le bas par les calcaires récifaux, par contre plus en aval L'aquifère alluvionnaire est limité

par des calcaires et des marno-calcaires (Hassani, M, I.1987) l'alimentation se fait directement par les eaux de précipitations.

1.4. Miocène supérieur

Les marnes bleues pratiquement imperméables assurent l'étanchéité en profondeur. Elles présentent le mur Miocène sus-jacent.

1.4.1. Calcaires du Miocène supérieur

Les calcaires à algues du Miocène supérieur, qualifié par la majorité des auteurs des calcaires du Murdjadjo, constituent le principal aquifère. Les figures du modèle karstique sont bien représentés: lapiez, dolines et grottes associées à une fissuration intense suivant des directions essentielles Nord/E-S/O et N/O-S/E ce qui conduit à un réseau souterrain de fentes, de galeries de toutes dimensions, de chenaux situés à des profondeurs diverses.

1.4.2. Calcaires et Marnes à tripolis

Affleurent au nord de Misserghine: leur fissuration permet l'existence d'une nappe limitée à sa partie inférieure par les marnes jaunes qui jouent le rôle d'un substratum local. Le contact entre les deux formations est matérialisé par les sources d'oued Misserghine. L'alimentation se fait par les calcaires récifaux les plus perméables situés en amont.

1.4.3. Calcaires Récifaux

Constituent le principal réservoir aquifère, ils forment un impluvium de 135 km², son épaisseur peut atteindre 100m. Sa perméabilité est conditionnée essentiellement par un réseau des fissures très dense. La surface est relativement aride due à l'infiltration directe et rapide des eaux de précipitations dans les fissures du Karst, et pour faciliter l'exploitation des eaux, des galeries artificielles ont été creusées à la recherche de venues d'eau. L'alimentation des calcaires se fait essentiellement par les précipitations tombés sur leur propre impluvium qui couvre environ 150m², et par les eaux de ruissellement qui s'enfouissent et rejoignent les niveaux karst fiés celui-ci couvre à peu près 35 km², mais l'alimentation peu aussi bien fais par les masses d'air humides venues de la mer.

2. Les nappes des calcaires du Murdjadjo

2.1. La nappe perchée des crêtes:

Reposant sur un substratum schisteux, le contact calcaires messéniens et les schistes créacés donnent naissance à un ensemble de sources qui s'écoulent préférentiellement vers le Nord (source de Ben Aissi, source de karouba, source de chaabet dahlia)

2.2. Nappe du versant méridional du Murdjadjo

L'écoulement des eaux se fait grossièrement suivant une direction Nord-Sud, elle repose au Nord soit directement sur les schistes jurassiques et créacés, soit sur les marnes jaunes ou les marnes bleues du Miocène. L'aquifère accompagne les calcaires lorsqu'ils s'enfoncent sous les colluvions, puis les formations alluviales qui bordent la grande Sebkhah. Cette nappe s'étend de RAS-EL-AIN à l'est jusqu'à Boutlélis à l'Ouest, elle se déverse dans la nappe des alluvions rouges en bordure de la grande sebkhah d'Oran. Les principaux exutoires sont les sources de Brédéah, Misserghine et RAS-El-Ain.

L'observation des puits implantés dans la région de Misserghine montre que la nappe des calcaires est également présente dans les formations à Tripolis qui présentent des circulations de type karstique en réseau de fissure. Le passage latéral de la nappe libre des calcaires du Miocène vers le Sud constitue une nappe captive au-dessous de la formation Plio-quadernaire beaucoup moins perméable. En profondeur les calcaires sont cristallins, parfois vacuolaires fissurés. Au sommet la perméabilité de fissures reste prépondérante. Cette nappe est captée par un nombre limité de forages creusés dans la formation Plio quadernaire, elle s'étale entre Boutlélis à l'Ouest et AIN El-Beida à l'Est. L'alimentation se fait d'une part, par les eaux infiltrées passant par la formation alluviale et d'autre part, par les formations des calcaires Messéniens qui forment la nappe libre.

2.2.1. Les bassins d'alimentation

2.2.1.1. Le Sous-bassin de Misserghine

Il est limité au Nord par le bassin de RAS-EL-AIN et au Sud/Ouest par le sous calcaires Messéniens est recoupée jusqu'au substratum marneux par l'oued et ses affluents. Les eaux de l'émergence qui ont un périmètre d'alimentation particulier vont continuer leur cheminement vers le sud pour s'enfoncer sous les colluvions et les alluvions de la Sebkhah: donnant naissance à une nappe libre, ensuite une nappe captive qui se localise sous les formations Plio quadernaire, elle peut aussi être semi captive ne peut être atteinte que par puits profonds.

2.2.1.2. Le Sous-bassin de Ras-El-Ain

Ce bassin n'appartient pas au bassin versant de la grande Sebkhah, la surface du bassin versant topographique de la source de RAS-EL-AIN est de 37km². En fonction de l'hydrogramme de la source (Zidouni A 1986) a pu constater qu'une surface de 18,5 km² dont 14,5 km² de calcaires et 4 km² formé de schistes.

Le sous Bassin de RAS-EL-AIN est limité au Nord par la ligne de crête du Murdjadjo, au Sud par la ligne de portage des eaux (sous bassin de Misserghine) et au Nord/Est par une limite ouverte.

2.2.1.3. Le Sous-bassin de Brédéah

Il est limité vers le Nord par la ligne des crêtes de Murdjadjo vers l'ouest par les calcaires marneux de Boulélis, vers l'Est par la limite occidentale du sous bassin de Misserghine et vers le sud par la Sebkhah d'Oran.

2.3. Nappe captive

Cette nappe s'étale entre Boulélis à l'Ouest et Ain El-Beida à l'est. Elle est captée par un nombre limité de forage, creusé dans la formation Plio-Quaternaire. L'alimentation se fait par les eaux infiltrées passant par la formation alluviale d'une part et par la formation du calcaire Messinien qui forme la nappe libre d'autre part.

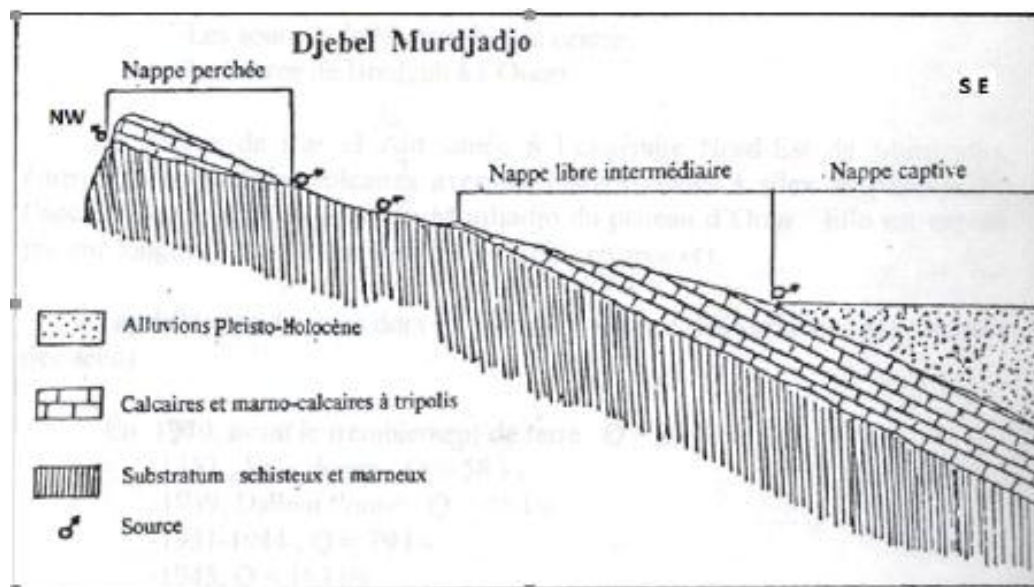


Figure 23 : coupe schématique hydrogéologique de Murdjadjo (Hassani, M, I.1987)

3. Cartographie de l'écoulement souterrain (piézométrie)

Cette carte a été établie par M.Foukrache (mars 1996). Elle représente une bonne partie de notre secteur d'étude. L'allure des courbes hydro isohypses montre une surexploitation de la nappe ou on remarque une concentration d'une dizaine d'ouvrages de captage sur un rayon de 100 m qui inclut une inversion généralisée du sens d'écoulement des eaux.

- Carte piézométrique (mars 1996) (figure 24) :

Cette sur exploitation est bien évidente parce que vers l'Est. Une déviation importante de la ligne de partage des eaux est observée offrant ainsi un couloir de transfert des eaux souterraines depuis le bassin de Ras-El-Ain vers celui de Misserghine.

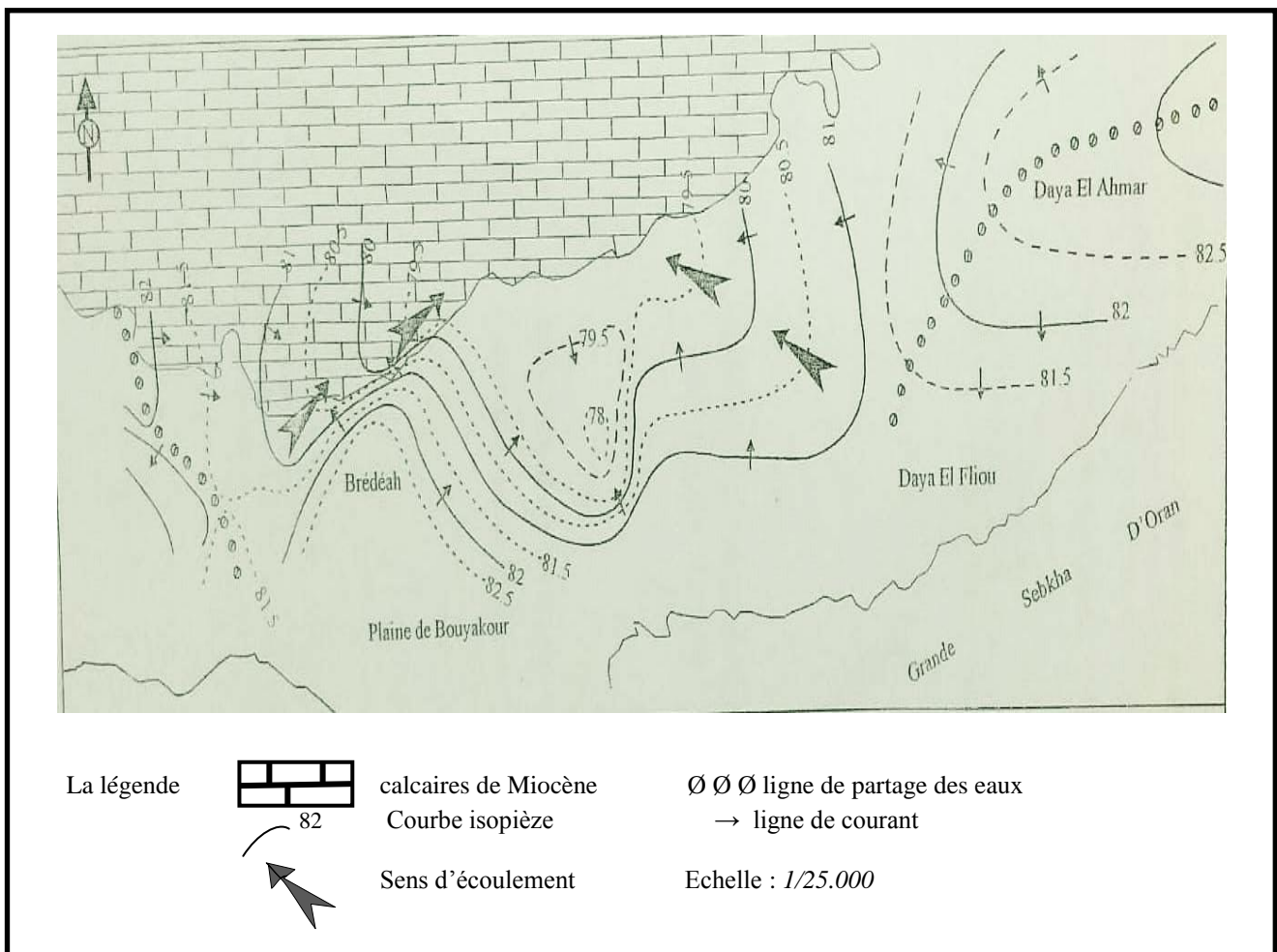


Figure 24 : carte piézométrique de la région d'étude (mars 1996) d'après Mr Foukrache (Modifié).

4. La relation hydrodynamique entre les piémonts sud du Murdjadjo et la grande sebkha d'Oran

Ce n'est qu'en 1888 que la ville d'Oran s'est développée, et le manque d'eau va faire appel à l'ensemble des ressources naturelles disponibles dans des secteurs relativement proches. A cette époque, la source qui émergeait à une altitude de 88 m, représentait un débit de 80 l/s. Le résidu sec des eaux était de même ordre de grandeur que celui que l'on pouvait observer à Ras El-Ain ou sur les sources de l'Oued Misserghine compris entre 0,76 et 0,78 g/l.

L'émergence naturelle se faisait au contact des calcaires récifaux et des formations quaternaires, les eaux s'écoulaient ensuite vers la sebkha abandonnant d'importants dépôts de tufs. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer l'origine et la situation de la source de Brédéah.

D'après Hassani (1987), il s'agirait d'une source de débordement où se combinerait une réduction de la pente de l'aquifère et de la fissuration des calcaires. Comme rien sur le revers méridional du Murdjadjo (rivière souterraine, fossile, axe drainant dans le substratum) n'est là pour expliquer le phénomène, on est conduit à envisager l'existence d'une faille bordière qui servirait de drain, l'émergence pouvant se faire au niveau d'un accident conjugué (Djebari et Madani, 1994). Avec le développement de la ville d'Oran, le captage de Brédéah se transforme en station de pompage avec l'implantation de plusieurs autres ouvrages de captage. Les débits qui étaient de 80 L/s en moyenne sont passés à 320 L/s en 1982 et de plus de 350 L/s depuis cette date.

II. Daya Morsli

1. Le réseau hydrographique

Une étude du réseau hydrologique sur le versant sud du Djebel Murdjadjo montre que la plupart des chaabets et des Oueds : Misserghine, Tamermonth, Dahlia, etc. descendent du nord au sud jusqu'à la plaine de Misserghine et la grande Sebkhah d'Oran (S.S). A l'est du Djebel Murdjadjo, il coule du Nord-Ouest au Sud-Est jusqu'à la partie occidentale du plateau d'Oran, principalement l'oued Chabane qui se jette dans le Nord-Est du Pont Albin, vers Ain Beida et l'ENSEP et finit par déboucher à Daya Morsli. Pour l'Oued Keffri, il tiend d'Est en Ouest et son cheminement aval s'atterrit au ravin du Ras El Ain, qui se jette dans la mer au niveau du Vieux-Port d' Oran. A la partie sud-ouest de la Daya, débouche l'Oued Lahmar qui dévale depuis le Djebel Murdjadjo (secteur d'El Hassi - Pont Albin). Celui-ci participe en période de fortes précipitations à remplir de façon conséquente la Daya en eau.

2. Le contexte hydrogéologique

On distingue trois systèmes aquifères :

2.1. L'aquifère des calcaires récifaux du Murdjadjo

L'aquifère s'étend de Ras El Ain, à l'est, jusqu'à Boutlélis à l'ouest. Il constitue un impluvium de 135 km² pour une épaisseur atteignant environ 100 m. Toutes les eaux de précipitations s'y infiltrent rapidement à la faveur des diaclases et parfois au niveau des pertes, ceci explique la relative aridité de la surface du karst (in Hassani M.I, 1987).

On distingue trois nappes pour cet aquifère :

2.1.1. Une nappe perchée

Celle-ci est drainée par une série de sources au nord et au sud.

2.1.2. 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. La nappe est drainée par plusieurs exutoires situés à la base des calcaires au contact des marnes à Tripoli, parmi lesquelles :

- les sources de Misserghin affleurantes en amont de l'agglomération de même nom.
- La source de Ras El-Ain: Elle est située à l'extrémité orientale du Murdjadjo.

2.1.3. Une nappe captive

En aval, à la ligne de rupture de pente du Djebel Murdjadjo, les calcaires passent sous les alluvions Plio-Quaternaires beaucoup moins perméables.

L'alimentation de cette nappe se fait par apports latéraux à partir des affleurements et partiellement par drainance à partir des eaux relativement minéralisées de la nappe Plio-Quaternaire sus-jacente. Les deux aquifères constituent un système aquifère bicouche (Hassani.M.I, 1987).

2.2. L'aquifère du Calabrien

L'aquifère du Calabrien présente une épaisseur qui atteint les 45 m au niveau des falaises côtières et du ravin blanc. Il contient une nappe libre, alimentée, au nord, par son impluvium, et drainée vers le nord par la ligne des sources qui émergent au contact des marnes à tripoli tout le long des falaises côtières. Au niveau du front de mer, on observe nettement cette ligne de sources au-dessus de l'usine à gaz. La plus importante de ces sources est la source de "Cueva d'El Agua" qui se déverse en mer. Une autre partie de l'écoulement souterrain se fait vers le ravin blanc en amont de la partie orientale du port d'Oran.

Vers le sud, le niveau piézométrique de nappe suit l'allure de la topographie, l'écoulement se fait vers le sud-est, en direction de la Daya Morsli. La profondeur du niveau piézométrique varie d'une façon importante d'une zone à une autre. Cette variation est due à l'inclinaison des formations vers le sud, en direction de la Dayet Morsli. Dans certains secteurs, la nappe peut devenir semi-captive sous les zones de recouvrement argileux : ex. puits des Abattoirs (M.I Hassani, 2002).

2.3. L'aquifère alluvionnaire

L'aquifère du remplissage Plio-Quaternaire s'étend du sud d'Oran jusqu'à la grande Sebka. Cet aquifère est alimenté par son impluvium, par les eaux provenant par drainance latérale des calcaires du Djebel Murdjadjo, par l'infiltration du ruissellement de surface provenant du Djebel Murdjadjo, ainsi que la drainance latérale à partir de l'aquifère du Calabrien.

3. Piézométrie

les principales directions d'écoulement proviennent des zones se situant au Nord-est (zone d'affleurement des formations calabriennes du secteur Bir El Djir-Sidi El Bachir), à l'Est (zone des reliefs situés entre Hassi Bounif et El Braya), au Sud-est (zone des collines situées entre El Kerma et El Braya), et enfin à l'Ouest (zone d'affleurement des calcaires miocènes du flanc sud-est du Djebel Murdjadjo). Les directions d'écoulement convergent vers un secteur central en arc de cercle s'étendant entre l'aéroport d'Oran, la Daya Morsli, "St Remy", Sidi Maarouf et Sidi Chahmi. Les nombreuses dayas situées dans ce secteur représentent de fait les exutoires passés et présents de cette nappe (Hassani M.I, 2002).

Conclusion

Les seules formations présentant un grand intérêt sont les formations du Complexe Mio – Pliocène formé de sables et grès de l'Astien surmontant les calcaires du Miocène Supérieur, du fait de leur grande extension tant à l'affleurement qu'en profondeur, de leur épaisseur et de l'état de leur fracturation favorable à l'emmagasinement et la circulation des eaux souterraines. Les limites à flux entrant seraient localisées à l'aval des affleurements calcaires au Sud et les affleurements de grés Pliocènes au Nord. Le flux sortant se fait globalement en direction du lac de la Grande Sebka d'Oran. Un débit de fuite vers l'Est en direction d'Oued Tlélat est constaté. Pour la Daya Morsli on distingue un réseau hydrographique bien structuré, tant que toutes les principales directions d'écoulement résultent des secteurs se situant en zone d'affleurement des formations Calabriennes au Nord-Est, aux reliefs se situant entre El Braya et Hassi Bounif à l'Est, à l'Ouest aux zones d'affleurements des formations calcaires du côté Sud-Est du Djebel Murdjadjo ; et au Sud-Est de la région, la direction d'écoulement provienne de la bande des collines vers El Braya et El Kerma. La Daya Morsli présente ainsi un exutoire naturel de la nappe phréatique.

Cette nappe, en raison de la gravité, s'achemine vers le bas, comme les eaux de surface, de sorte que ce n'est pas seulement l'infiltration d'eau qui affecte la hauteur des eaux souterraines. Écoulement d'eau latéral. Le frottement considérable et les vibrations évidentes du sol et de nombreuses conditions retardent l'équilibre rapide des différences de charge, de sorte que le niveau de la nappe phréatique est très rare. Adapter les mesures aux conditions locales. Pour

cette raison, à partir du niveau de l'aquifère, il est nécessaire de connaître la hauteur au-dessus de la mer Adriatique et les hauts et les bas liés au niveau du terrain environnant.

Chapitre III :

caractéristiques

hydrochimiques

Introduction

La composition chimique de l'eau souterraine est conditionnée par plusieurs facteurs. Il s'agit généralement d'événements hydrologiques continus (changements de qualité et de quantité d'eau dans l'aquifère) auxquels d'autres processus (tels que les interactions physiques entre phases) peuvent s'ajouter au système. Par conséquent, la composition chimique de l'eau change en fonction de son temps de séjour dans le système aquifère et la formation aquifère et ses conditions d'écoulement, ainsi que le mode d'infiltration et les propriétés lithologiques de la formation aquifère. A ceux-là s'ajoutent les conditions aux limites matérialisées, comme dans notre cas, par la relation des nappes avec les plans d'eau de surface (Sebkha et Daya). En effet, les signaux chimiques des eaux dans un bassin versant pourront renseigner sur les informations de l'origine de la composition chimique de l'eau et de ses conditions hydrodynamiques.

I. La grande sebkha d'Oran

Dans la zone d'étude, les eaux souterraines constituent la principale ressource. Leurs propriétés chimiques naturelles dépendent principalement de leur origine, des propriétés de la couche superficielle recouvrant le sous-sol et de la nature des roches d'emmagasinement de l'eau, ainsi que des conditions physico-chimiques du milieu physique et son environnement.

Les résultats de l'analyse physico-chimique des eaux captées par les forages sont illustrés sous forme de graphiques.

Nous avons pu disposer des résultats d'analyses d'échantillons d'eau des forages captant l'aquifère du complexe Mio-Pliocène représenté particulièrement dans la partie orientale de la plaine de la M'léta.

Le tableau 17 résume les principaux résultats obtenus par l'analyse chimique d'échantillons d'eau prélevés à différents points de prise d'eau du complexe Mio-Pliocène.

Tableau 17 : résultats des analyses physico-chimiques des points d'eau de la nappe du complexe Moi-Pliocène

NOM DE L'OUVRAGE	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	SO ₄	Cl	Résidu sec	cond	pH	Nitrate	T° (C°)
HAMMOUD	141	67	200	4		316	266	1420	1460	7.43	10	
OT2	225	115	260	6	650	640	370	2800		6.9	6	37
GROS	119	48	414	20	361	300	636	1900	2490	8.1	8	39
GROS AFAK		68		7		377	515	1701	2160	7.14	10	39
GROS2 ^{ème} LABO	119	48	414	20	361	300	636	1900			8	
PARTICULIER	288	102	262		216	806	355		2041	7.2		
OT5	269	50	276	12	332	710	419	2220		7	3	
OT3	192	121	209	9	480	581	300	2000		7.4	12	
OT1	228	162	229	45	304	662	714	2600		7.7	10	
OT4	232	137	322	14	340	840	459	2400		8	5	
OT8	341	104	405	15	387	1008	535	2840		7.9	6	
MLETA 1	110	61	644	28	593	96	1033	2500		8	7	36
MLETA 2	200	79	306	8	397	691	396	2200		7.9	12	
PIEZO MLETA	77	114	235	5	396	288	416	1720		7.8	16	
TOUMIAT	210	92	393	7	531	468	656	2660		7.3	5	
GRAIDIA	170	106	416	8	302	328	826	2280		7.5	23	
COCA		162	224	497	8	512	1100	668	3400	3400	6,95	4
ONAB 2007	101	172	520	5	293	525	886	2860	3220	7.18	27	
HABOUR	71	149	477	4	439	269	477	2160	2350	7.05	15	
OT7	230	77	336	11	375	653	442	2240		7.8	3	

1.1. La cartographie hydrochimique

Une série de cartes hydrochimiques ont été établies. Ces cartes détectent les caractéristiques générales de l'origine des ions qui dépendent de la géologie, des conditions géomorphologiques, du sens d'écoulement, de la zone d'alimentation, et des conditions aux limites concrétisées par la présence des plans d'eau de surface.

1.1.1. La carte des isoteneurs en bicarbonates

La carte des isoteneurs en bicarbonates (Figure 25) montre des valeurs faibles au niveau structural près de l'affleurement (310 mg/L près de la zone de Graidia). Ces valeurs augmentent au fur et à mesure que les eaux souterraines s'écoulent de l'affleurement vers le NNE et le NNW le long de l'axe de drainage principal traversant la zone. Au fur et à mesure que le temps de séjour de l'eau s'étale, l'interaction solide-liquide s'intensifie, entraînant l'enrichissement de l'eau en bicarbonates (430 mg/l pour les puits Habbour et Hammoud et 390 mg/l pour les puits Mléta). Au niveau des forages OT3 et OT5, la distribution spatiale de la concentration a montré une bonne uniformité. Evidemment, la ligne de partage des eaux parallèle à la route reliant les plaines de Graidia et des Taaures joue un rôle crucial dans cette répartition spatiale : de part et d'autre de cette ligne, la teneur en bicarbonates augmente vers l'ouest aux abords de la Sebka et vers l'est (Oued Tlélat).

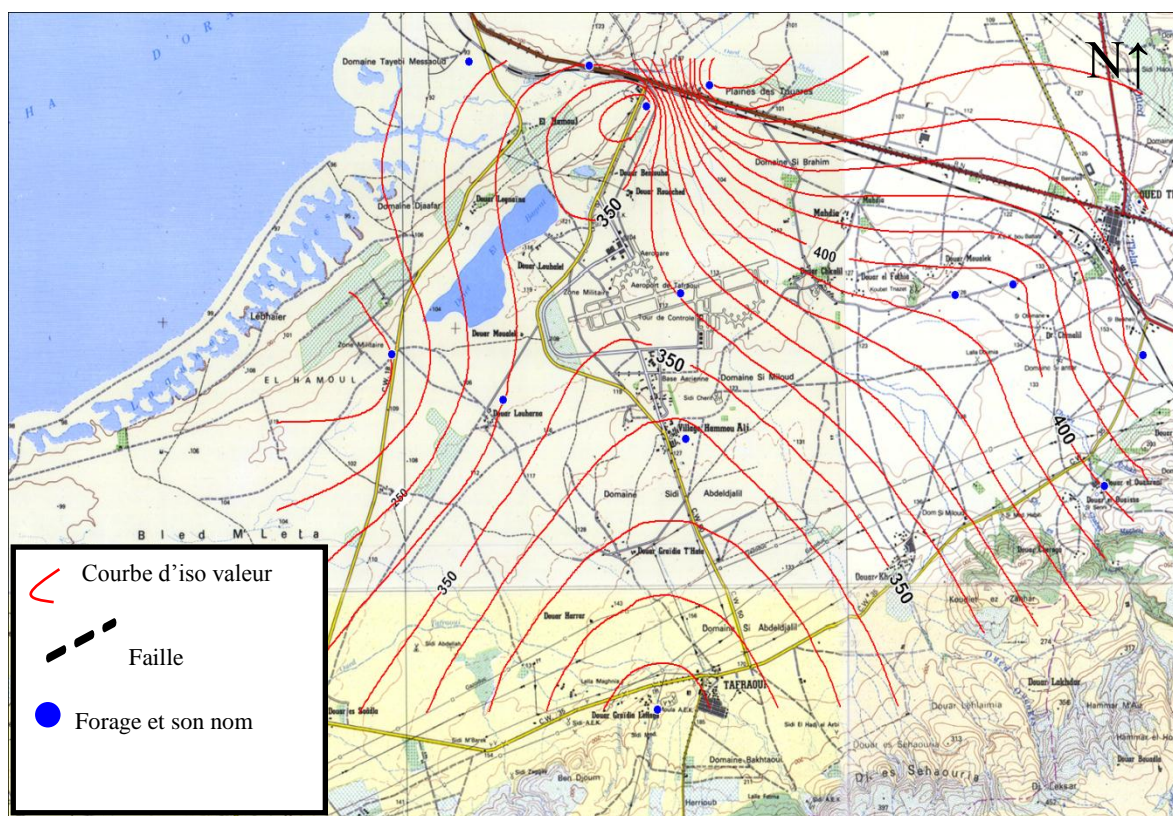


Figure 25 : carte d'isoteneurs des bicarbonates de la partie orientale de la plaine de la M'léta (HYDEX-consult) 2007.

1.1.2. Carte d'isoteneurs en magnésium

De manière générale, la concentration en magnésium est relativement élevée à l'Est, au niveau de l'oued Tlélat, et faible dans tout l'Ouest, y compris le fond hydrogéologique des forages GROS et Mléta 2 (Figure 26). Cette baisse de concentration se produit le long d'un corridor qui traverse Mahdia et sépare les deux îles qui entourent les forages Hubble et Hamoud (75 mg/l) au sud-est de Mahdia et les forages OT3 et OT5 (55 mg/l). En revanche, du côté droit du forage OT4, une teneur de 135 mg/l a été enregistrée. Cette valeur anormalement élevée s'explique par la présence de lentilles de dolomies peu cimentés au contact de profondes ; se qui facilite le mélange des eaux de la nappe du Mio-Pliocène avec les eaux de remplissage du Quaternaire.

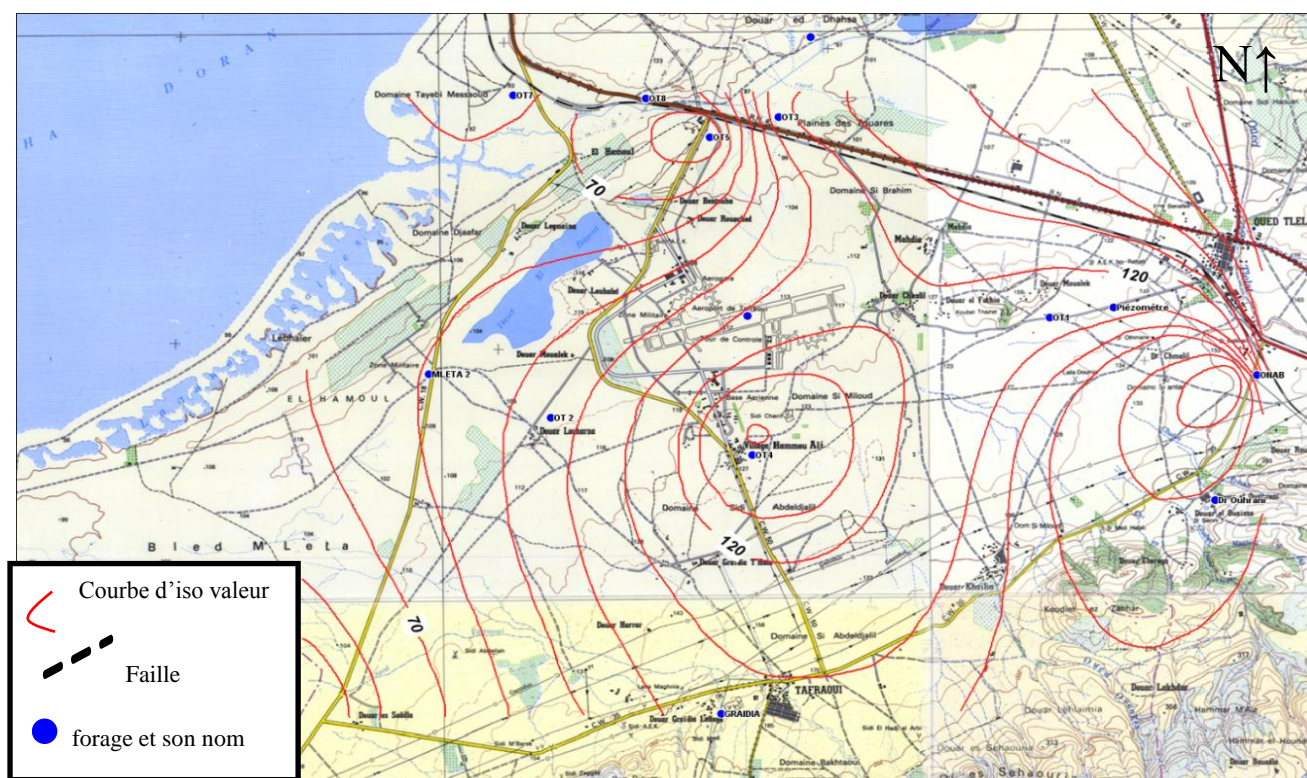


Figure 26 : carte d'isoteneurs en magnésium de la partie orientale de la plaine de la M'léta (HYDEX-consult, 2007).

Les faibles valeurs confirmeraient le caractère calcaireux de l'aquifère des calcaires du Miocène Supérieur. Néanmoins, il y a lieu de signaler que plus à l'Ouest du forage GROS, les formations calcaires connaissent probablement,

d'après les interprétations géophysiques, un changement latéral de faciès : les calcaires deviennent à prédominance marneuse.

1.1.3. Carte d'isoteneurs en Sodium

La carte des isoteneurs en sodium (Figure 27) montre que la valeur la plus élevée (400 mg/L) se situe dans la région sud, près des principaux affleurements carbonatés du Miocène et autour des puits de Habbour et Hammoud. Les courbes symboliques sont presque parallèles et module d'espacement constant, indiquant qu'il y a un contact rapide entre l'eau de la nappe des calcaires et celle de nappe superficielle du Plio-Quaternaire.

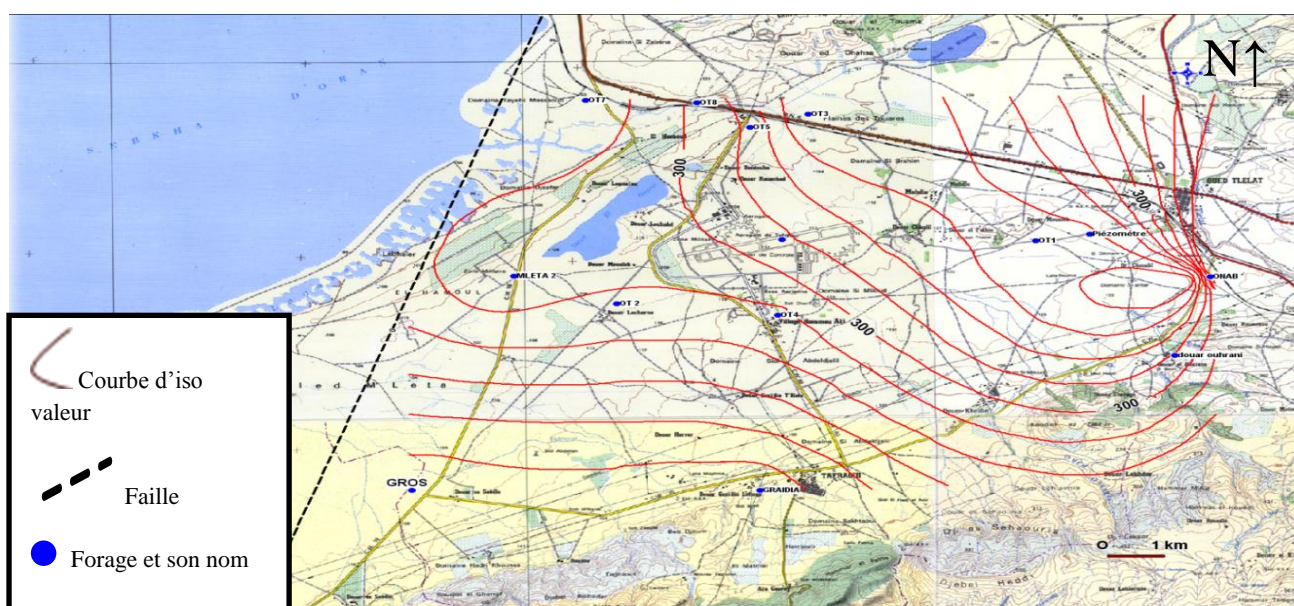


Figure 27 : carte d'isoteneurs en Sodium (HYDEX- consult, 2007).

Dans les formations peu perméables, le débit ralentit et l'échange d'ions entre divers solides et liquides éliminera le sodium de l'eau. Cela peut expliquer la faible valeur (220 mg/l) loin de la zone constituée par le front d'alimentation.

1.1.4. La carte d'isoteneurs en sulfates

La figure ci-dessous montre la carte du contenu en SO_4 dans la partie orientale de la plaine de Mljet. Les sulfates des teneurs élevées (800 mg/l) dans la zone centrale à droite de la source OT4 (Figure 28). Au sud, près des piémonts, la teneur en sulfates a atteint environ 300 à 350 mg/l. La teneur élevée en sulfates peut être expliquée d'une part, par une origine naturelle représentée par le gypse très finement incrusté dans la formation calcaire du Miocène, et d'autre part, par

le contact avec l'eau de la nappe phréatique connue dans la région pour sa gamme d'eau salée et lacustre en bordure de la Sebkhia.

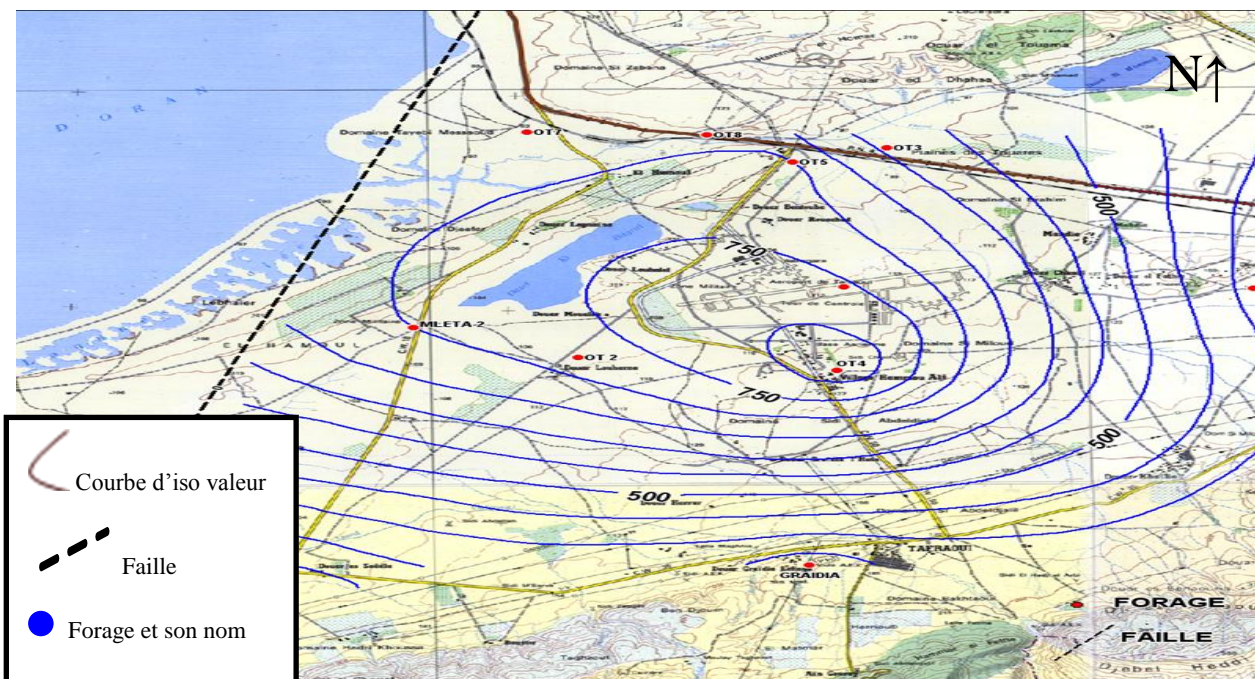
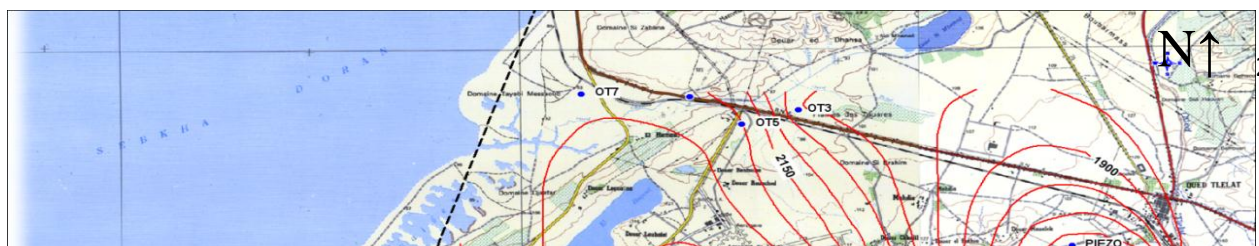


Figure 28 : la carte d'isoteneurs en sulfates (HYDEX- consult, 2007)

1.1.5. La carte des résidus secs

La carte (Figure 29) permet de distinguer deux zones distinctes en fonction des valeurs enregistrées du résidu sec. Le secteur Est, montre une diminution progressive jusqu'à 1500 mg/L autour des puits Hammoud et Habbour. En revanche, dans la région Ouest en bordure de la sebkhia, les valeurs élevées (2400 mg/l) s'étalent suivant un allongement NNW-SSE depuis l'axe de la ville de Tafraoui-l'aéroport en direction de la sebkhia.



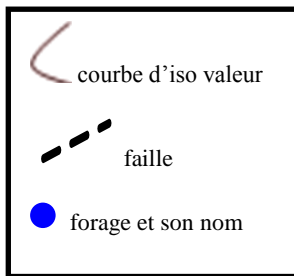
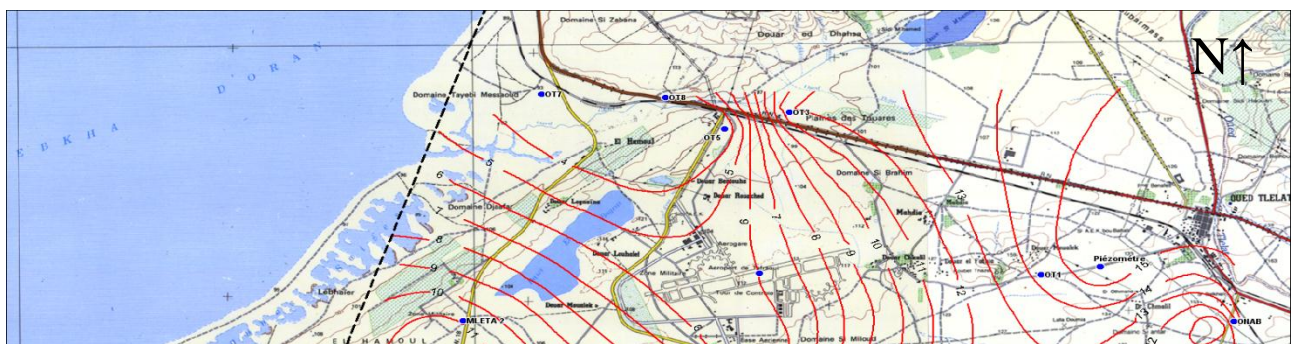


Figure 29 : la carte des résidus secs (HYDEX- consult, 2007).

1.1.6.La carte des nitrates

La concentration en nitrates dans les eaux souterraines du complexe Mio-Pliocène (Figure 30) est généralement faible, et la seule zone où une teneur en nitrates relativement élevée (pas plus de 20 mg/L) est observée est les zones agricoles environnantes (Tafraoui, Tlélat), où les engrais sont d'usage très fréquent. Quoique ces valeurs faibles nous semblent anormales dans ce contexte hydrogéologique particulier avec la présence de la nappe phréatique au contact des eaux de surface de la Sebkhia. Nous estimons que cette anomalie de concentrations faibles en nitrates se rapporte plutôt aux résultats très douteux des analyses chimiques réalisées.



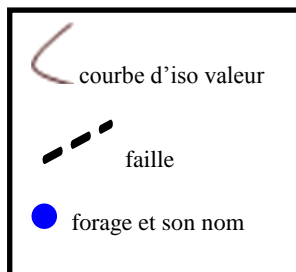


Figure 30 : la carte d'isoteneurs en nitrates (HYDEX _consult, 2007).

1.2. Qualité des eaux souterraines

1.2.1.Représentation graphique des analyses d'eau

Les résultats d'analyse de divers cations et anions nous permettent de déterminer les faciès chimiques de l'eau et de déterminer des zonalités où se regroupent les mêmes faciès. la représentation graphique des résultats d'analyse des eaux a été basée sur la méthode semi-logarithmique de SCHOELLER-BERKALOFF et les diagrammes de PIPER (figures31 et 32).

1.2.2.La qualité des eaux

Dans les diagrammes SCHOLLER-BERKALOFF, nous avons constaté que la plupart des échantillons présentaient des pôles de minéralisation Na et Cl, et nous avons observé différents types d'eau en détail. Pour les échantillons prélevés sur la plaine ou sur le bord de la plaine, nous avons obtenu 5 types d'eau (tableau 18).

Tableau 18: faciès chimiques des eaux des forages.

Type	Non du forage
Na Cl	HAMMOUD

	ONAB
	GROS
	MLETA 1
	PIEZOMETRE ANRH
	TOUMIET
	GRAIDIA
Na SO₄	OT2
	OT4
	OT8
	MLETA 2
Ca SO₄	F. PARTICULIER
	OT 5
Mg SO₄	OT 3
Mg Cl	OT 1

Ces analyses montrent que les caractéristiques de l'eau de l'aquifère du Mio-Pliocène enregistrées dans tous les forages de la zone diffèrent entre une eau chlorurée sodique (GROS, Graidia, Habbour et Hammoud) et sulfatée sodique (OT4, OT7 et Mléta2). Mais il existe d'autres faciès chimiques : l'eau du piézomètre est chlorurée magnésienne, l'eau du forage OT3 est sulfatée magnésienne, et l'eau du forage OT5 est sulfatée calcique.

Il est à noter que la concentration en éléments chimiques est plus faible en période de crue ; cette diminution est liée à l'effet de dilution affiché par l'infiltration des précipitations. Cependant, en période d'étiage, une augmentation de la teneur en éléments chimiques est observée.

Les valeurs de pH mesurées au niveau de tous les forages affichent un pH allant de 6,9 (piézomètre) à 8 (forage OT4). Affecté par le pH et les précipitations météoriques : l'abaissement du pH à 6 entraînera une augmentation rapide des teneurs en fer associée à la pénétration de l'eau météorique acide lors de son passage à travers les couches géologiques, réduisant ainsi le pH et renvoyant de nouveaux ions de fer.

Diagramme de Piper

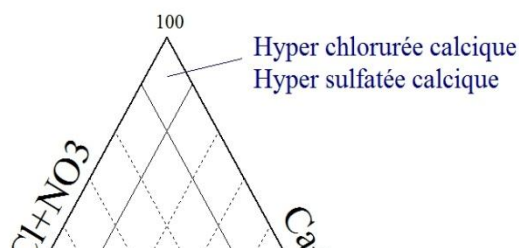
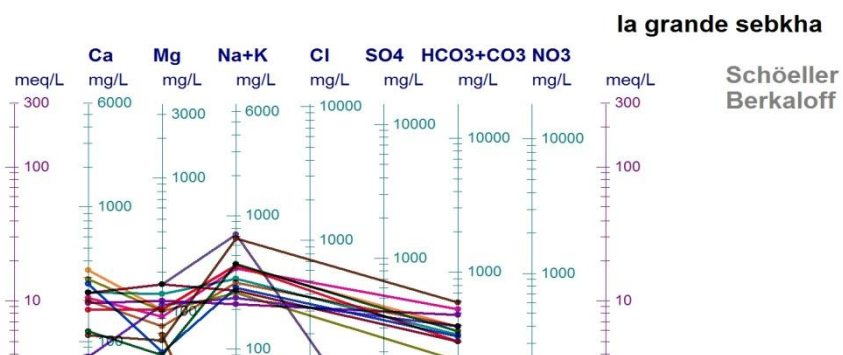


Figure 31 : Diagramme de Piper des analyses chimiques des eaux de la grande sebkha d’Oran.



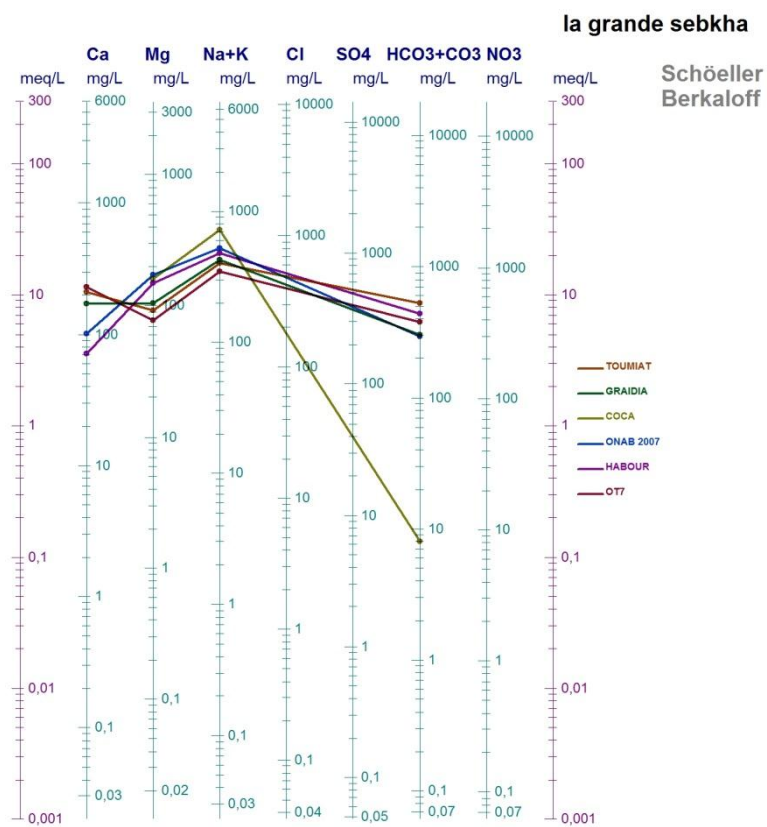


Figure 32 : Diagramme de Schoeller-Berkaloff des analyses chimiques des eaux de la grande sebkha d’Oran.

II. Daya Morsli

L'hydrogéochimie a pour but de comprendre les propriétés chimiques ou physico-chimiques des eaux souterraines, leur processus de formation et les lois régissant les échanges entre l'eau, le sol et le sous-sol.

1. Inventaires des points de prélèvement :

Sur la rive sud de la Daya, on a pu disposer des prélèvements de six (06) échantillons d'eau (Figure 33 et Tableau 19) en analysant l'eau de huit (8) sites d'extraction d'eau dans le cadre de la campagne d'échantillonnage du 28 avril 2015.



Figure 33 : localisation des points de prélèvements

Tableau 19 : représentation des points de mesure, lieux et coordonnées Lambert de chaque échantillon.

Les points de mesure	Lieux	Coordonnées Lambert		
		X	Y	Z
1	B1 Berge de la Daya	201.7	268.1	88
2	B2 Berge de la Daya	201.8	268.15	88
3	B3 Berge de la Daya	201	268.9	88
4	B4 Bassin appendice	201.1	268.6	88
5	D1 Drain	201.5	268	88
6	P1 Puits (ENAP)	201.84	266.7	92
7	P2 Puits comblé	200.88	267.32	89
8	P3 Puits (Districh)	201.85	266.88	91

2. Interprétation des résultats

_ 03 prélèvements correspondent aux eaux de surface prélevées sur les berges de la Daya (SS) : B1, B2 et B3.

- 01 prélèvement sur un bassin affilié qui ne semble pas avoir de lien direct avec la Daya : bassin B4,

01 prélèvement se jette dans le collecteur de drainage de la zone industrielle de la Daya : drain D1,

- 01 prélèvement, des eaux souterraines dans un puits captant la nappe libre alluviale de la zone industrielle d'Es-Sénia : puits P1 (ENAP).

Dans ce cas, certains paramètres physiques ont été mesurés sur site, tels que la conductivité, le pH, la température et d'autres éléments ont été analysés au laboratoire de la SEOR. Les principaux éléments potassium (K) et sodium (Na) ne sont pas analysés.

Les puits P2 et P3 (non accessibles dans l'ancienne unité Districh) actuellement comblés après la construction du quatrième périphérique, et l'emplacement du site Berge 3 a été créé par une équipe d'hydrogéologues du Département des sciences de la Terre lors de leurs activités sur le terrain, le 28 janvier 2001.

Le laboratoire de chimie de l'ANRH à Oran a analysé les éléments majeurs, les éléments indicateurs de pollution et les teneurs en métaux lourds. Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au tableau 20.

Tableau 20: les résultats chimiques des échantillons prélevés au cours de campagne 28/04/2015 et 28/01/2001.

Lieu de prélèvement	Eléments chimiques N° de point d'eau	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ^{- -}	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	PH	Température (°C)	Cond. µs/cm	Résidu sec
B1 (Berge 1)	1	179.558	151.9	/	/	895.8	1810.28	293.132	1.42	9.1	23.3	59300	45300
B2 (Berge 2)	2	158.716	149.49	/	/	3663.4	9119.60	237.63	1.10	8.86	24.2	59300	43850
B3 (Berge 3) 2015	3	174.75	61.753	8280	302	4148.8	776.20	284.095	9.80	9.16	26	60900	47350
B3 (Berge 3) 2001		863	617			14183	3744	756	9	8	17.07	29400	28400
B4 (Bassin)	4	101	0	/	/	405.6	2861.20	192.664	1.74	8.16	24	8000	5163
D1 (Drain)	5	109.017	11.532	/	/	2961.1	2008	3088.36	3.25	7.14	23	13000	9790
P1 (Puits ENAP)	6	78.556	28.092	/	/	1228.2	1601.68	401.36	18.87	7.14	18.5	3800	2685
P2 (Puits comblé)	7	639	605	2668	62	4613	3936	183	40	7.4	16.92	13500	13520
P3 (Puits Districh)	8	336	216	897	25	1176	1680	370	6	7.3	19.43	6060	4840

3. Evolution 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 du laboratoire de la SEOR. Les résultats des analyses sont reportés au tableau 21.

Tableau 21 : résultats d'analyse des paramètres mesurés in situ (2001 et 2015)

	Les points d'eau (période)	Année de prélèvement	pH	Température C°	Conductivité (µs/cm)	Résidu sec mg/l
eau de surface	B1	2015	9.1	23.3	59300	45300
	B2	2015	8.86	24.2	59300	43850
	B3	2015	9.16	26	60900	47350
		2001	8	17.07	29400	28400
	B4	2015	8.16	24	8000	5163
	D1	2015	7.14	23	13000	9770
eau souterraine	P1	2015	7.14	18.5	3800	2685
	P2	2001	7.4	16.92	13500	13520
	P3	2001	7.3	19.43	6060	4880

3.1. La température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyses 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.

Dans notre zone d'étude, la température des eaux de surface est de 17°C à 26°C, et la température des eaux souterraines est de 16,9°C à 19,4°C, selon les fluctuations journalières et saisonnières de la température ambiante (Figure 34).

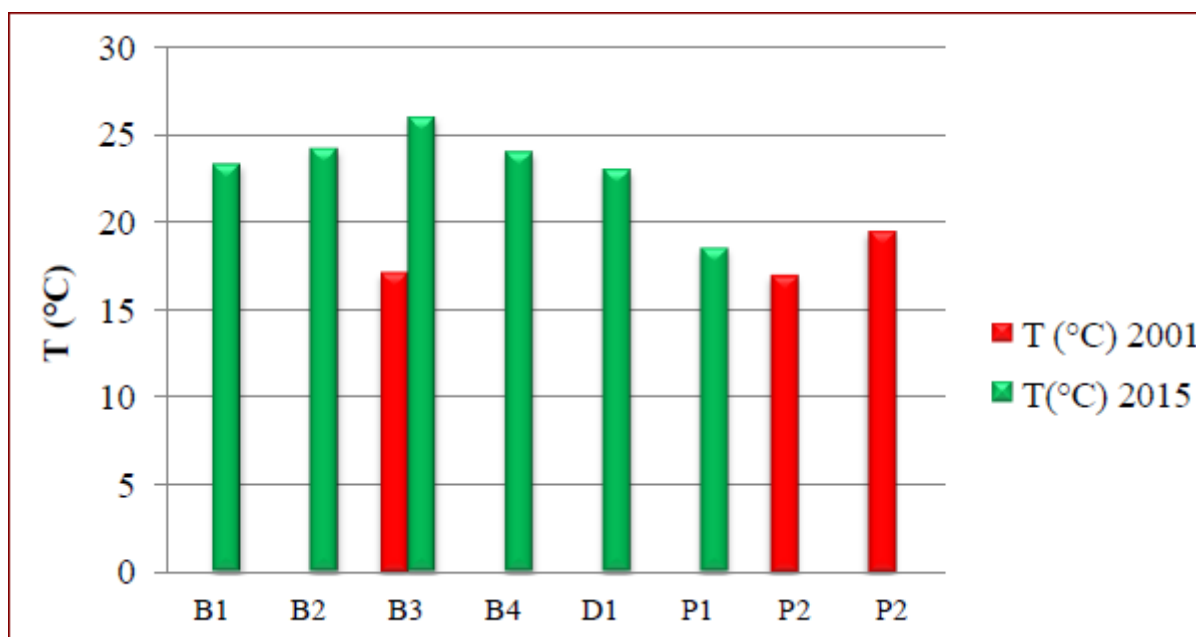


Figure 34 : Représentation graphique des variations de températures (2001 et 2015)

3.2. La conductivité

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire l'électricité entre deux électrodes. La mesure de la conductivité nous permet d'estimer la quantité de sels dissous dans l'eau.

- La conductivité des eaux de la Daya Morsli est très élevée, avec une valeur de 59 ms/cm à 60,9 ms/cm pour les eaux des berges et 8ms/cm pour l'eau de B4, la valeur liée au point D1 est de 11 ms/cm.
- Pour les eaux souterraines dans les aquifères alluviaux, la valeur de conductivité atteint le maximum à P2 (15,8 ms/cm) et le minimum à P1 (3,8 ms/cm). Cette élévation est due au rejet des déchets industriels.

3.3. Le pH

La valeur du pH de l'eau représente son acidité et son alcalinité, et la valeur du pH représente l'état de l'équilibre du carbone. Le CO₂ libre dissous dans l'eau forme un acide faible et abaisse la valeur du pH ; il réagit avec les bases pour former des carbonates acides, presque insolubles et des bicarbonates facilement solubles.

Le pH (potentiel hydrogène) mesure l'activité des ions H₃O⁺ de l'eau et traduit donc l'équilibre acido-basique, allant de 0 à 14. Ce paramètre détermine divers équilibres physico-chimiques et dépend de nombreux facteurs, dont la température et l'origine d'eau.

Pour ces échantillons, le pH des eaux de surface et des eaux souterraines est généralement supérieur à 7 (Figure 35).

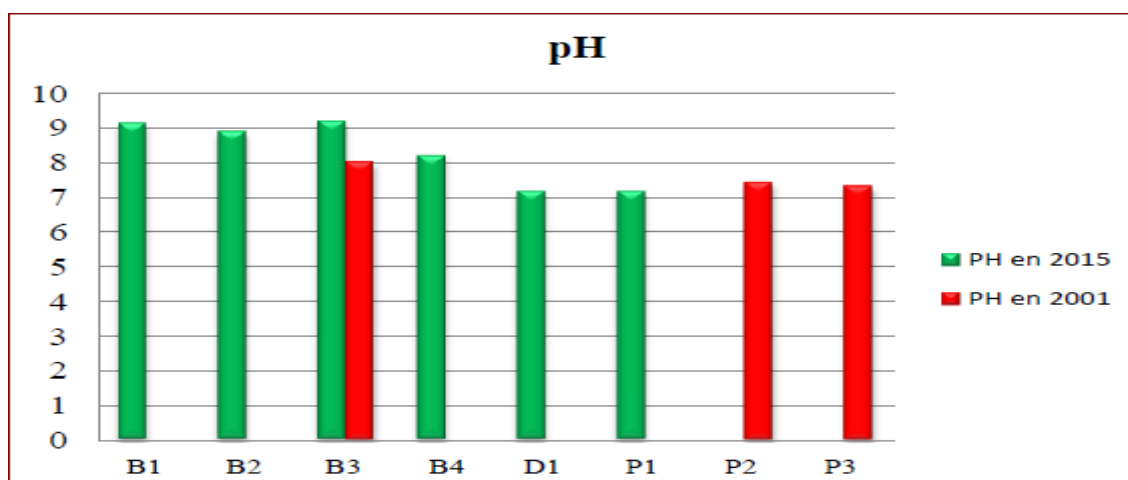


Figure 35 : Représentation graphique des variations de PH (2001 et 2015).

3.4. Résidu sec :

Le résidu sec est la teneur totale en sels de l'eau, c'est-à-dire l'ensemble des sels dissous et des matières organiques contenus dans l'eau. Ces valeurs peuvent être recoupées à partir de la mesure de conductivité. Les résidus secs s'accumulent suivant l'évolution de la minéralisation. Dans le cadre de notre étude, la valeur minimale (P1) de résidu sec est de 2 685 g/l, et la valeur maximale est de 13 520 g/l (P2). En revanche, pour les "eaux souterraines", le résidu sec atteint au niveau de (B4) 5,163 g/l, et (B3) "eaux de surface" est jusqu'à 47 350 g/l. L'histogramme (figure 16) montre que le niveau du résidu sec à la Daya Morsli est très élevé. Berge 3 a enregistré une augmentation entre 2001 et 2015.

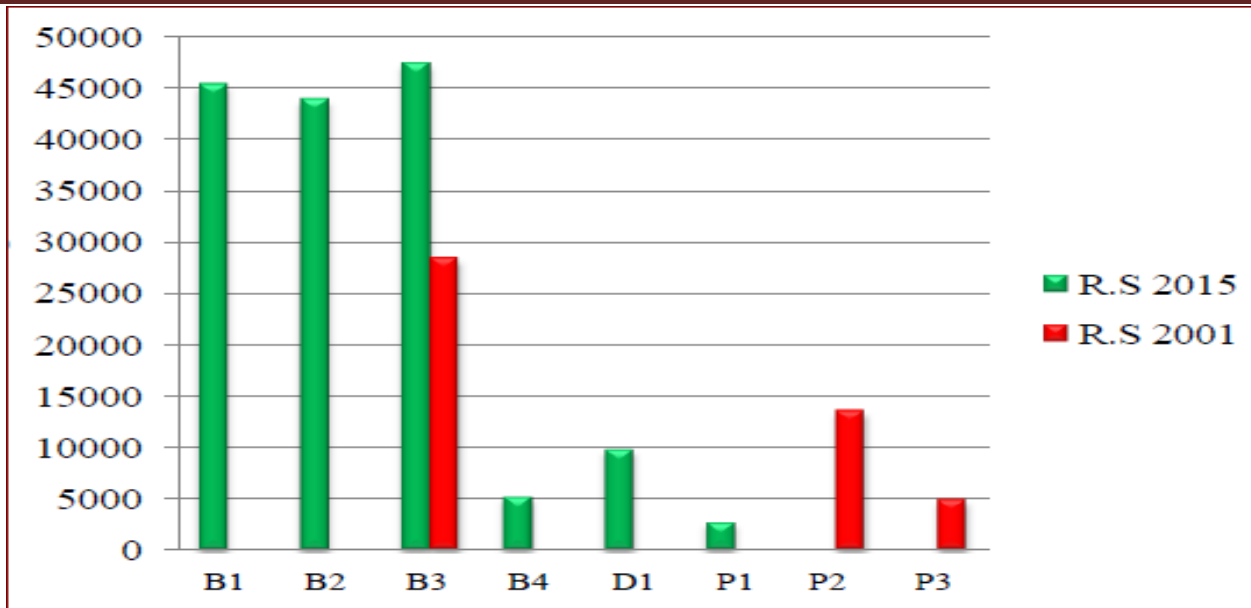


Figure 36 : Représentation des variations de résidu sec (2001 et 2015).

4. La cartographie hydrochimique :

Les éléments chimiques qui ont fait l'objet de cette étude sont : le Calcium (Ca^{++}), le magnésium (Mg^{++}), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{--}), les bicarbonates (HCO_3^-) et les nitrates (NO_3^-).

4.1. La carte des teneurs en Calcium Ca^{++} : (Fig.17)

Une eau potable de bonne qualité renferme 200 mg/l de calcium. Les eaux qui dépassent une teneur de 200 mg/l de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques.

D'après la carte des teneurs en calcium (figure 37), la valeur minimum est constatée au niveau de **P1** avec une valeur de 78.556mg/l et atteint son maximum de 179.558mg/l au niveau de **B2**. Les concentrations sont conformes aux normes de potabilité à l'exception de **P2** (639 mg/l) et **P3** (336 mg/l). Ces points d'eau affichent l'identité de la nappe des calcaires du Miocène.



Figure 37 : carte des teneurs en calcium.

4.2. La carte des teneurs en Magnésium Mg^{++} (figure 38)

Il provient de la dissolution des dolomies (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.

Le magnésium varie d'un point à l'autre, où il atteint une valeur minimum de 28.092 mg/l au niveau de **P1** (figure 38), et un maximum de (151.9mg/l) pour la berge **B1**. Les teneurs en magnésium dépassent les normes au niveau des points d'eau **B1**, **B2** et **B3**.

Par rapport aux deux autres points d'eau souterraines, les concentrations de magnésium sont très élevées dans les puits **P2** (605 mg/l) et **P3** (235mg/l). Là encore se manifeste l'influence de la nappe profonde du Miocène.



Figure 38: carte des teneurs en Magnésium.

4.3. La carte des teneurs en Potassium k^+ et en Sodium Na^+

Malheureusement, ces deux éléments ne sont pas analysés au niveau du laboratoire de la SEOR ; on s'est juste rabattu à la représentation d'anciennes valeurs de **B3**, **P2**, et **P3** afférant à la campagne du 28 /01/2001.

L'origine du sodium et potassium est semblable à celle des chlorures, c'est à dire liée aux minéraux argileux et dans certaine mesure au contact avec les eaux de surface. Il peut être échangé contre les ions Ca^{+2} et Mg^{+2} par les minéraux argileux ou les substances organiques et provenir de l'hydrolyse des silicates. La valeur de ces deux paramètres atteint son maximum au niveau de l'eau de surface (**B3**) où l'eau est reprise par évaporation. Généralement, les deux teneurs dépassent les normes de potabilité fixées par l'O.M.S.

4.4. La carte des teneurs en Chlore Cl^- (figure 39)

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. Dans notre secteur

d'étude, la plus forte teneur est notée en B3 (4 148.8 mg/l). Elle est certainement due à la concentration des eaux superficielles.



Figure 39 : carte des teneurs en chlorures.

4.5. La carte des teneurs en Sulfate SO_4^{2-} (figure 40)

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. Au niveau de la Dayet Morsli, les fortes concentrations en sulfates sont observées au niveau du point **B2** (9 119.60 mg/l).



Figure 40 : carte des teneurs en sulfates.

4.6. La carte des teneurs en Bicarbonate HCO_3^- (figure 41)

Les ions HCO_3^- prennent naissance à partir de la dissolution des carbonates par le CO_2 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_2 , par conséquent, une élévation du PH ce qui confère l'agressivité à l'eau, d'où une augmentation en HCO_3^- .

Dans notre secteur d'étude, les bicarbonates atteignent leur maximum au niveau des eaux du canal collecteur **D1** (3088 mg/l).



Figure 41 : carte des teneurs en bicarbonates .**5. Etude des faciès hydrochimique**

Les faciès ainsi que les principaux sous faciès hydrochimiques des eaux échantillonnées ont été déterminés à partir de leurs teneurs en milliéquivalents/l et de leurs formules caractéristiques. Les résultats obtenus sont représentés au tableau 22.

Tableau 22 : représentation des résultats d'analyse chimique des éléments majeurs des points B3, P2 et P3 prélevés lors de la campagne du 28 janvier 2001.

Eléments Chimiques	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ^{- -}	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻
Point d'eau								
B3 (Berge 3)	863	617	8280	302	14183	3744	756	9
P2 (Puits comblé)	639	605	2668	62	4613	3936	183	40
P3 (Puits)	336	216	897	25	1176	1680	370	6

Districh)								
-----------	--	--	--	--	--	--	--	--

À cause du manque des données sur les analyses chimiques des éléments majeurs, on s'est limité à ces trois points d'eau prélevés lors de la campagne du 28 janvier 2001 : l'un correspond à une eau de surface (B3) et les deux autres à de l'eau souterraine (P2 et P3).

La classification des faciès caractéristiques des trois échantillons montre que l'eau des point **B3** et **P2** est de faciès chloruré-sodique et celle du point **P3** de faciès sulfaté-sodique.

La classification hydrochimique permet de faire ressortir une prédominance variable entre les cations Ca^{+2} et Mg^{+2} et les anions HCO_3^- , et Cl^- déterminant l'existence deux sous- faciès :

- un sous-faciès sulfaté-magnésien aux points **B3** et **P2**.
- un sous-faciès chloruré-magnésien au point **P3**.

6. Représentation graphique des analyses

Pour mieux préciser les principaux aspects hydrochimiques, il convient d'interpréter les résultats à l'aide de représentations graphiques, celle du diagramme de Piper (figure 42), et le diagramme de Schoeller-Berkaloff (figure 43).

6.1. Représentation graphique de Piper

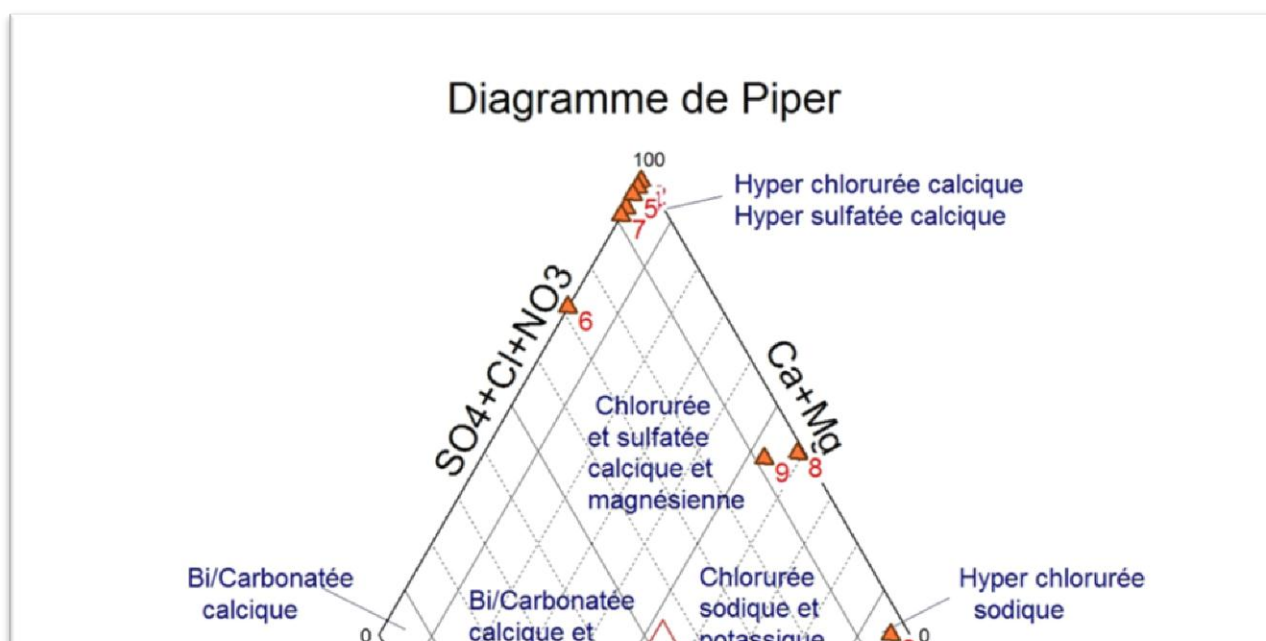


Figure 42: Diagramme de Piper des analyses des eaux de la Daya Morsli.

- Interprétation

Il consiste à représenter sur deux triangles les pourcentages des quantités en réactions de chaque cation et anion.

A partir de ce diagramme, on a confirmé nos résultats concernant la nature des faciès chimiques des échantillons prélevés.

6.2. Représentation graphique de Schoeller-Berkaloff

Les valeurs des analyses chimiques des eaux des trois points d'eaux ont été reportées sur le digramme de Schoeller-Berkaloff (figure 43).

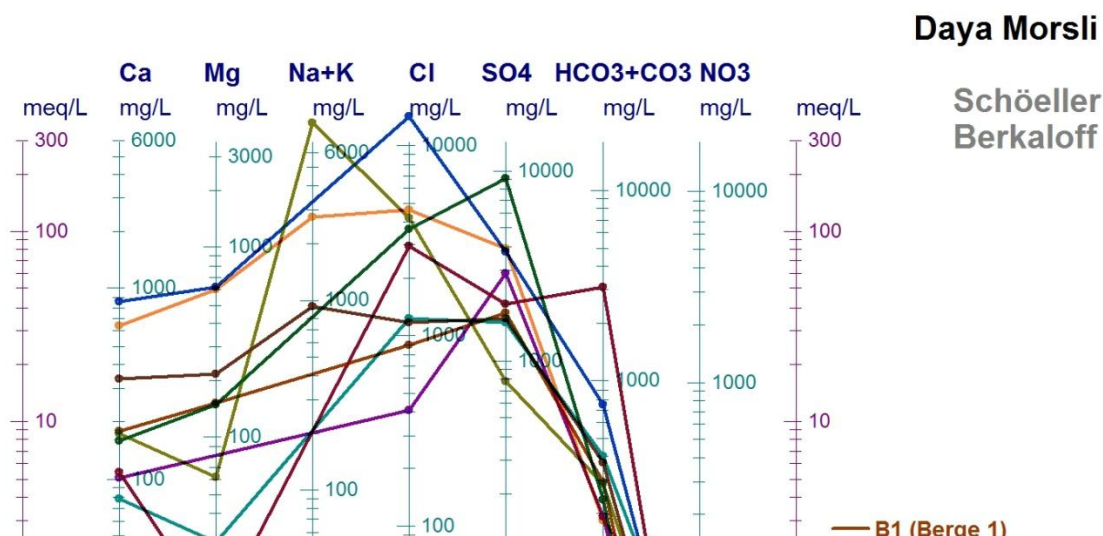


Figure 43 : Diagramme de Schoeller-Berkaloff des analyses des eaux de la Daya Morsli.

- Interprétation

L'interprétation de ces diagrammes permet de distinguer un faciès d'eau qui est de type chloruré sodique pour les deux points **B3** et **P2**, qui traduit l'influence manifeste des eaux de surface ; l'autre faciès est de type sulfaté-magnésien pour le point **P3**, où s'ajoute la contribution des eaux souterraines de la nappe phréatique.

Conclusion

L'étude hydrochimique des eaux souterraines et superficielles des deux secteurs d'étude (La grande Sebkha d'Oran, Daya Morsli) a permis de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et estimer les résultats des analyses obtenus dans le but d'apprécier les interactions entre les nappes et les plans d'eau de surface.

Pour la région de la grande sebkha d'Oran, l'étude qui a été faite au niveau de l'aquifère du complexe Mio-Pliocène (particulièrement la partie orientale de la

plaine de la M'léta) ; illustrée sous forme de diagrammes (Diagramme de Piper et Schoeller-Berkaloff).

Les faciès chimiques des eaux de la grande sebkha sont : une eau chlorurée sodique, sulfatée sodique, chlorurée magnésienne, sulfatée magnésienne et sulfatée calcique.

Les faciès chimiques des eaux de la Daya Morsli sont : une eau chlorurée sodique (pour les points **B3** et **P2**) et sulfatée sodique (pour le point **P3 B**) ; les sous faciès : sulfatée magnésienne (B3 et P2) et chlorurée magnésienne (P3). Le diagramme de Schoeller-Berkaloff indique le non potabilité de ces trois eaux.

CONCLUSION GENERALE

La région étudiée jouit d'un climat semi-aride ; elle est caractérisée par une variabilité interannuelle des précipitations et montre un indice saisonnier de type « H.A.P.E ». Ce dernier traduit d'une part, une compensation de l'évaporation intense à la surface des plans d'eaux examinées, et d'autre part, une recharge efficace en eau superficielle et souterraine.

Sur le plan géologique et lithostratigraphique, on peut distinguer différentes faciès qui s'échelonnent depuis les formations anté-nappes formant le substratum jusqu'au Mio- Plio-Quaternaire représenté par les principaux aquifères centrés sur les plaines bordières des dépressions.

Sur le plan morphologique, la grande sebkha d'Oran est de forme allongée du fait des conditions géomorphologiques particulières. Elle est en pleine évolution géomorphologique. Cependant, la Daya Morsli se présente en une simple dépression topographique qui a été remplie par un matériel sédimentaire meuble.

La nappe phréatique du Plio-Quaternaire formée par les grès, sables et alluvions se marque dans l'environnement hydrogéologique des plaines bordières des plans d'eau ainsi considérés.

La cartographie de l'écoulement souterrain appuyée par l'analyse des cartes et faciès hydrochimiques, ont manifesté des conditions aux limites à potentiel imposé mettant en relation mixte les eaux de surface des plans d'eau et les eaux souterraines de la nappe phréatique. Cette condition hydrodynamique s'est nettement bien manifestée dans les deux secteurs étudiés.

La sebkha d'Oran constitue ainsi un bassin endoréique où convergent l'ensemble des eaux superficielles et une bonne partie des eaux souterraines des systèmes aquifères bordant la dépression. Pour la Daya Morsli, celle-ci constituerait plutôt un exutoire naturel de la nappe phréatique qui lui est étroitement liée.

Références bibliographiques

- ADDA M., BOUCHENOUK I., 2007.** Etude hydrochimique et bactériologique des eaux souterraines de la partie occidentale de l'agglomération oranaise (secteur d'El-Hassi "ex : Pont Albin"). Mémoire d'ingénieur d'état. Université d'Oran. 104 p.
- Agence nationale des Ressources hydrauliques, 2003.
- AISSAOUI, A. 2011.** Etablissement d'une carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines du plateau d'Oran : application de la Méthode "GOD". Mémoire d'ingénieur d'état. Université d'Oran. 64 p.
- AL-FARES, W. 2002.** Caractérisation des milieux aquifères karstiques et fracturés par différentes méthodes géophysiques. Thèse de Doctorat. Université d'Oran. 100p.
- ALLAM. A. 2011.** Impact de la salinité sur la production agricole : cas de la grande sebkha d'Oran. Mémoire Magister Es-sciences. Université d'Oran. 100p.
- ALLEN.R.G., PIERRA.L.S., RAES.D., SMITH.M, 2003.** Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements.FAO *Irrigation and drainage paper* 56.
- ATLAS des zones humides algériennes d'importance internationale. 2004.** IV édition. Direction générale des forêts.
- BAHI, K. 2012.** Contribution à l'étude phytoécologique des zones humides de la région d'Oran. Mémoire de Magister, université d'Oran. Es-sciences, 118p.
- BELANI, T. RABAHI, H. 2013.** Etude hydrogéologie de la plaine de la M'léta (w.Oran). Mémoire d'ingénieur. Université d'Oran.
- BESSEDIK, M. BELKEBIR, L. 1990.** Essai de synthèse bio-stratigraphique du Miocène post et synchro-nappe en Oranie (Tafna, Bas Chéelif). IIème série. Géol. Pétrol. Boumerdès. PP 32-34.
- BOUKLIA.H, R. 2018.** Gestion intégrée des ressources en eau de la wilaya d'Oran. Thèse de Doctorat Es-sciences. Université d'USTOMB. 180p.
- BOULAINÉ, J. 1957.** Etude des sols des plaines du Chéelif. Thèse Doctorat. Es-sciences. Université d'Alger.
- CASTANY, G. (1982).** Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edition Dunod.
- CISZACK, R. 1985.** Le complexe chaotique triasique en Oranie : Nouvelles interprétations. 110 Congrès national des sociétés savantes 1975. Sciences Fasc VI.
- DELFAUD, J. MICHAUX, J. NEURDIN, J. REVERT, J. 1973.** Un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne : évolution de la région oranaise (Algérie). Au miocène supérieur. Conséquences stratigraphiques. Bull.Soc.hist.mat.afr.Nord, Alger, 64,1-2, 21-241.
- FAO, "Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs".** Chapitre 03- 1986.

- FENET, B. 1975.** Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier Africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogénèse Nord maghrébine : les monts de Djebel Tessala et les massifs du littoral oranais. Thèse de Doctorat Es-sciences. Université de Nice. 301 p.
- GOURINARD, Y. 1958.** Recherche sur la géologie du littoral oranais. Publ. Serv. carte géol. Algérie, série n°6. 111 p.
- HASSANI.M.I, 1987.** Hydrogéologie d'un bassin endoréique semi-aride. Le bassin versant de la grande Sebkhah d'Oran (Algérie). Thèse Doctorat 3^{ème} cycle. Université de GRENOBLE. 304 p.
<http://www.fao.org/docrep/S2022E/S2022E00.htm>
- Hassani.M.I. 2002.** Impact de l'urbanisation sur la qualité des eaux souterraines de l'agglomération oranaise (Algérie). Actes Conférence Internationale "Gestion des Milieux Urbains", USTHB, 16-18 juin, Alger.
- L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, (ANRH) 2003.**
- MOUSSA, K. 2006.** Carte géomorphologique de la grande sebkha d'Oran (Algérie) : Description et interprétation dynamique. Bulletin du service géologique national. Vol 17. n° 1. pp 147-62, 5 fig.
- MOUSSA, K. 2006.** Etude d'une sebkha : la grande sebkha d'Oran (Ouest algérien). Thèse de Doctorat d'état. Es-sciences. Université d'Oran.
- OUAREZKI,F. 2000.** Contributions à l'étude hydrogéologique des piémonts nord de la grande sebkha (Misserghin-Brédéah-Bou Tlélis-El Amria-Terga). Mémoire d'ingénieur d'état. Es-sciences. Université d'Oran Es-Sénia.
- PALLARY, P. 1892.** Monographie paléoethnologique de l'arrondissement d'Oran, Bulletin de la société d'anthropologie de Lyon, 11 : 285-306.
- PERRODON, A. 1957.** Etude géologique des bassins Néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. Mem.serv. carte géol. Algérie N1 série n°12. Alger.
- Ramsar, 2012.** Rapport national sur l'application de la convention du Ramsar sur les zones humides. Roumani, 37p. doi : <http://archive.ramsar.org/cop11-nr-Senegal.pdf>
- RODIER, J. 1996.** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer. Denod, Paris, 1434p.
- SIDHOM, B, W. 2019.** Etude de la diversité des champignons mycorhiziens arbusculaires dans les sols pollués de Nord-Ouest algérien. Thèse de Doctorat. Es-sciences. Université d'Oran1.
- SOGREAH (Février 2004).** Etude d'aménagement intégrée de la grande sebkha d'Oran- Mission 2 : Programme d'études complémentaires-Sous Missions 2A : Cartographie et occupation des sols.
Station d'Es-Sénia ; O.N.M.
- THOMAS, G. 1985.** Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le bassin du Bas Chélif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. Thèse de Doctorat Es-sciences. Université de Pau. 54 p. 161 fig.

Usine G.R.O.S. (HYDEX-consult, 2007).

ZOUAOUI, A. HAMADOU, H. 2001. Etude hydrochimique et de la pollution par métaux lourds de l'agglomération oranaise. Mémoire d'ingénieur d'état, université d'Oran.67p.

Annexes

Annexe 01 : les valeurs des précipitations moyennes mensuelles et annuelles sur la période allant de 1925-2001 (Station d'Es-Sénia).

STATION	CODE	X	Y	ANNEE	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	P annuelle
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1925	0,0	39,7	70,3	10,1	4,2	11,1	27,7	18,8	17,5	0,0	3,4	14,5	217,3
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1926	0,0	10,0	123,7	43,3	47,0	37,3	12,0	7,5	7,0	0,0	0,0	2,2	290,0
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1927	0,0	133,7	160,7	322,0	152,0	12,0	13,3	14,0	75,0	0,0	0,0	0,0	882,7
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1928	0,0	78,8	0,5	48,8	18,6	93,8	48,1	8,0	112,0	13,6	0,0	0,0	422,2
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1929	0,0	18,5	79,5	25,7	57,1	48,7	39,1	35,9	25,0	7,7	0,8	2,4	340,6
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1930	0,0	39,7	50,1	153,6	95,8	56,2	10,0	15,4	3,5	3,5	0,4	0,0	428,2
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1931	0,0	5,1	49,6	69,9	7,3	83,3	5,7	77,5	5,8	3,0	0,0	2,7	309,9
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1932	0,0	10,7	124,8	99,0	62,7	40,9	73,4	12,8	1,5	31,2	4,3	0,0	461,3
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1933	0,0	14,2	93,9	113,7	75,8	107,7	90,7	17,1	26,2	5,7	0,4	9,1	554,5
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1934	0,0	22,1	72,5	16,2	48,0	123,2	28,1	6,7	35,6	0,9	0,0	0,8	354,1
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1935	0,0	92,3	46,1	40,5	52,0	175,1	57,1	24,8	35,6	18,0	0,0	0,3	541,8
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1936	0,0	69,9	98,7	117,1	29,4	1,7	17,8	23,7	11,6	7,5	0,0	21,4	398,8
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1937	0,0	36,0	21,8	79,0	80,6	33,7	3,0	15,7	19,8	0,0	0,0	0,0	289,6
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1938	0,0	33,2	36,2	74,5	26,9	110,7	50,8	14,9	7,7	11,0	0,0	3,0	368,9
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1939	0,0	25,9	26,0	17,3	124,5	30,4	15,0	7,2	0,3	25,3	0,0	20,0	291,9

Annexes

ES SENIA	40402	200,8	266,1	1940	0,0	62,4	29,4	17,9	30,1	22,0	23,1	54,7	10,6	1,5	8,1	0,0	259,8
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1941	0,0	9,8	31,9	2,3	35,7	39,9	17,8	15,9	6,2	0,0	0,0	0,0	159,5
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1942	0,0	5,3	49,7	184,1	30,9	91,5	123,5	15,4	15,1	0,0	0,0	0,0	515,5
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1943	0,0	31,3	67,1	199,0	0,4	48,6	5,9	14,0	16,5	1,0	0,0	0,2	384,0
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1944	0,0	21,5	4,2	26,2	85,8	3,5	1,6	1,3	0,0	6,1	0,0	0,7	150,9
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1945	0,0	34,0	56,6	34,8	125,2	2,8	29,4	72,8	12,7	1,9	0,0	0,5	370,7
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1946	0,0	0,0	68,5	70,2	18,1	28,4	5,8	1,0	62,4	0,0	0,2	6,2	260,8
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1947	0,0	9,5	24,1	94,0	120,4	70,3	1,8	20,2	46,0	0,0	0,0	0,0	386,3
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1948	0,0	167,5	0,0	36,3	163,5	27,3	13,2	77,1	12,1	0,0	0,0	1,3	498,3
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1949	0,0	0,0	60,2	63,7	151,1	0,0	60,0	24,5	27,2	0,0	0,0	3,7	390,4
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1950	0,0	76,6	0,6	158,4	38,5	27,1	24,5	66,3	51,9	2,8	2,0	0,4	449,1
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1951	0,0	100,5	45,1	31,9	97,6	40,8	9,5	73,4	81,3	0,5	2,2	4,1	486,9
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1952	0,0	24,1	9,1	22,2	51,6	40,3	96,4	3,4	10,2	26,3	2,3	0,0	285,9
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1953	0,0	56,0	27,1	27,2	158,6	95,9	49,1	109,6	4,7	1,1	3,9	0,0	533,2
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1954	0,0	42,3	25,5	67,3	84,7	32,9	60,2	33,6	14,1	11,7	3,7	0,6	376,6
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1955	0,0	5,7	15,2	56,5	103,3	133,4	11,3	33,0	8,9	0,0	0,0	0,0	367,3
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1956	0,0	33,2	66,6	55,7	51,7	0,0	88,3	87,8	10,2	5,5	0,0	0,0	399,0
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1957	0,0	82,8	65,9	84,2	90,6	9,6	21,5	38,2	0,3	32,3	0,0	1,5	426,9

Annexes

SENIA																		
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1958	0,0	153,8	90,3	59,0	19,9	93,2	13,5	7,0	15,3	0,1	0,6	0,3	453,0	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1959	0,0	34,6	59,2	31,2	40,7	39,5	44,1	16,4	6,1	16,4	0,0	0,0	288,2	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1960	0,0	17,4	11,3	124,6	96,9	0,1	14,9	19,3	7,3	25,7	0,0	0,0	317,5	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1961	0,0	17,5	44,1	24,2	23,6	143,8	32,3	35,1	8,5	29,7	0,0	0,1	358,9	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1962	0,0	7,3	97,8	27,3	34,1	83,0	33,8	20,7	73,7	12,3	5,3	0,3	395,6	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1963	0,0	1,1	10,3	188,9	89,7	14,5	73,8	85,6	0,9	5,9	0,0	5,1	475,8	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1964	0,0	18,7	16,1	159,3	57,1	64,2	34,7	66,5	0,1	20,0	0,1	0,0	436,8	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1965	0,0	40,5	13,3	29,0	8,9	4,4	15,5	39,5	19,9	10,1	0,0	0,0	181,1	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1966	0,0	87,7	46,4	3,0	34,1	79,5	6,9	103,5	5,1	36,1	0,0	0,5	402,8	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1967	0,0	11,8	52,0	187,5	9,6	31,6	59,8	11,9	67,3	1,2	0,0	4,7	437,4	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1968	0,0	0,0	40,3	87,3	19,8	69,3	47,3	45,0	43,0	15,5	0,7	0,0	368,2	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1969	0,0	170,8	103,6	82,1	41,3	1,2	88,1	16,3	2,0	6,5	0,3	0,0	512,2	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1970	0,0	35,7	5,9	43,6	116,0	1,1	64,5	48,1	147,7	4,1	0,4	0,1	467,2	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1971	0,0	13,7	128,9	69,0	68,2	64,1	95,1	8,1	59,4	6,5	0,2	4,1	517,3	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1972	0,0	36,4	16,7	56,2	66,9	71,4	62,1	43,1	0,4	8,1	0,0	1,3	362,6	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1973	0,0	35,0	12,7	116,0	15,1	92,0	108,3	108,1	1,0	10,7	0,0	0,0	498,9	
ES																		
SENIA	40402	200,8	266,1	1974	0,0	76,2	15,6	0,0	8,8	46,9	125,7	159,5	22,3	0,3	0,0	2,4	457,7	

Annexes

ES SENIA	40402	200,8	266,1	1975	0,0	3,1	43,1	32,9	41,4	62,0	21,5	61,0	53,2	6,8	3,2	13,5	341,7
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1976	0,0	52,4	21,5	54,3	96,1	11,4	15,0	29,4	53,6	0,8	0,4	0,0	334,9
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1977	0,0	30,8	68,2	11,4	27,8	8,6	20,1	62,6	26,3	3,6	0,0	0,4	259,8
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1978	0,0	43,5	19,2	50,0	11,7	107,6	15,3	24,1	5,7	1,3	6,7	0,1	285,2
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1979	0,0	52,4	18,0	161,1	53,7	32,6	57,3	13,5	13,0	3,5	0,0	0,0	405,1
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1980	0,0	9,7	27,5	140,1	34,8	40,9	20,5	35,5	11,7	20,6	0,2	0,3	341,8
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1981	0,0	3,7	0,3	20,9	57,1	48,7	39,1	35,9	25,0	7,7	0,8	2,4	241,8
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1997	45,2	21,5	35,6	13,8	25,9	25,8	16,9	2,5	15,7	0,0	0,9	1,5	205,3
ES SENIA	40402	200,0	266,0	1998	3,5	4,8	38,8	57,3	61,8	52,2	60,9	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	279,8
ES SENIA	40402	200,8	266,1	1999	13,1	26,3	125,2	71,3	0,0	0,0	11,2	0,0	35,1	0,0	0,0	0,0	282,2
ES SENIA	40402	200,8	266,1	2001	18,5	23,3	192,5	23,7	1,7	3,8	55,1	50,1	31,1	0,0	0,0	15,4	415,2
				MOY	1,3	39,7	50,1	71,9	57,1	48,7	39,1	35,9	25,0	7,7	0,8	2,4	379,9
				%	0,35	10,45	13,19	18,93	15,03	12,83	10,31	9,45	6,58	2,04	0,22	0,64	100,0

Annexes

Annexe 02 : Données techniques sur les forages profonds de la partie orientale de la M'léta.

Nom de l'ouvrage	Prof.	Quaternaire Pliocène Continental	Pliocène marin	Miocène Supérieur	Niveau nappe	Débit	Qualité de l'eau
	Altitude					Niveau dynamique	
OT 3	416 m	00 - 170 m	170-370 m	370 – 420 m	2,80 m	30 l/s	RS : 2 g/l
1984	100 m	Argiles sableuses	Grès sableux.	Calcaires/grès	1984	38 m	T° : 33°
			Toit : -70 m				
BAN LARTIGUE	430 m	00-205 m	205-305 m	305 – 390 m Calcaires	21 m	20 l/s	RS : 2 g/l
1957	115 m	Argiles sableuses	Marnes/grès	390 – 416 marnes bleues	1957	46 m	
AFRIQUE 2			Toit : -115 m				
OT 2	414 m	00-280 m	280-340 m	340-390 m Calcaires	14 m 1984 et 15m 2003	20 l/s	RS : 2,8 g/l
1984	105 m	Argiles sableuses	Grès sableux	390 – 414 m Marnes grises et Gypse.			
			Toit : -175 m				
Tafraoui	130 m	00-45 m	Pas de dépôts	45-120 m	42 m	4,5 l/s	RS : 2,5
n°9 1958	167 m	Argiles sableuses		Calcaires du messénien		60 m	à 3,6 g/l
OT 6	210 m	00-90 m	90 -170 m	170-226 m	3,8 m 1989	45 l/s	RS : 2,5
1989	105 m	Argiles sableuses	Grès sableux	Calcaires puis marnes vertes à partir de 206 m	5,8 m 2003	60 m	à 3,6 g/l
			Toit : + 15 m				
MLETA 1	420 m	00-240 m	240 -290 m	290-360 m	9,4	22 l/s	RS : 2,5
1984	101 m	Argiles sableuses	Grès sableux	Calcaires puis marnes vertes à partir de 360 m	1984		à 3,6 g/l
			Toit : -139 m				
MLETA 2	500 m	00-280 m	280 -355 m	355-390 m	4,9 m	30 l/s	RS : 2,2 g/l
1988	98,5 m	Argiles sableuses	Grès sableux	Calcaires puis marnes vertes à partir de 390 m	1997		
			Toit :-181,5 m				
		00-208 m	208-370 m	370-415 m Calcaires,	17,5 m	30 l/s	RS : 2,2 g/l
OT 5	420 m	Argiles sableuses	Grès sableux	à partir de 415 m marnes bleues à anhydrite	1989	S : 9,5 m	
1989	104,5 m		Toit : -103,5 m				
OT 7	270 m	00-107 m	107-170 m	170 -240 m calcaires puis à partir de 240 m	0,5 m	50 l/s	RS : 2,2 g/l
1990	90 m	Argiles sableuses	Grès sableux Toit : -17m	Marnes bleues et gypse	1990	S : 32 m	

Annexes

Annexe 03 : Carte d'inventaire des forages réalisés à travers la partie orientale de la plaine de la M'léta (HYDEX-consult, 2007).

