



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 2 : **Mohamed Ben Ahmed**



Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et d'Aménagement du Territoire

Département des Sciences de la Terre

**Mémoire**

PRESENTE POUR L'OBTENTION DU GRADE MASTER

Option : Hydrogéologie

**THEME**

**Actualisation des connaissances hydrogéologiques  
de l'aquifères Plio-Quaternaires du littoral Oranais**

(Plaine des Andalouses-Bousfer-El Ançor-Ain Turk de la willaya d'Oran)

Présenté par :

Mr Abdou Mahamane Habibou

Devant le jury composé de :

M.Boursali.T	M.A.A	Univ Oran2	Président du jury
M.Foukrache.M	M.A.A	Univ Oran2	Examineur
M.Mansour.H	Professeur	Univ Oran2	Rapporteur

Année universitaire : 2019 2020

## **Remerciements**

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, mes vifs remerciements à mon encadreur Mr Mansour Hamidi qui s'est dévoué pour me dispenser de tous conseils et directives utiles pour la réalisation de ce modeste travail. Je remercie également Mr Mounir qui m'a beaucoup aidé dans ce travail

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont portés à mes recherches en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Je remercie tous les enseignants du département de la géologie qui ont participé à mon formation.

Je n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire et toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Merci à tous et à toutes.

## **Dédicace**

Je dédie ce modeste travail à mes parents pour leur énorme sacrifice, restant pour moi un exemple de bonté et de travail.

**A** mes frères et sœurs

**A** toutes ma famille

**A** mes ami(e)s. . .

Sommaire

Introduction générale.....	01
<b>Chapitre 1 : Généralités .....</b>	<b>02</b>
I. Le cadre géographique .....	02
II. La géomorphologie.....	04
III. La géologie.....	05
1) Cadre géologique général du nord de l'Algérie .....	05
2) Cadre géologique local .....	05
2.1) Données historiques .....	05
2.2) Analyse lithostratigraphique .....	06
2.2.1) Formation substratum .....	06
a) Formation carbonatées .....	06
a.1) calcaires marmoréens .....	06
a.2) dolomies.....	07
b) Formation des schistes et quartzites .....	07
c) Roches éruptives .....	07
d) Formation bariolée.....	07
e) Schistes et quartzites du massif des andalouses .....	08
2.2.2) La couverture .....	08
a)Formations des marnes et conglomérats .....	08
a.1) ensemble inferieur .....	08
1.1) Terme inferieur .....	10

## Sommaire

---

1.2) Terme supérieur.....	10
b) Terrains du glacis d'El-Ançor.....	12
c) Ensemble dunaire du littoral.....	12
1) Dunes anciennes.....	12
2) Dunes récentes.....	12
3) Sables actuels.....	13
IV. Hydrologie superficielle.....	13
V. Etudes Climatologiques.....	14
1) la Température.....	14
2) Pluviométrie (Précipitations).....	15
3) cadre hydro-climatique.....	17
3-1) Méthode de pluviométrie (méthode de Gausson et Bagnouls).....	17
3-2) méthode de DEMARTONNE.....	18
4) humidité relative.....	20
5) Etude des vents.....	20
<b>Chapitre2 : Hydrogéologie.....</b>	<b>22</b>
I. Introduction.....	22
1) les différentes nappes.....	22
2) Piézométrie.....	23
2.1) Carte piézométriques.....	24
2.1.1) Etablissement des cartes piézométrique.....	24
2.1.2°) Report des niveaux piézométriques.....	24

## Sommaire

---

2.1.3) Tracé des courbes hydroisohypses .....	24
2.1.4) Choix de l'équidistance et le tracé des courbes hydroisohypses .....	24
2.2°) Interprétation des cartes piézométriques.....	25
2.3) Conditions aux limites .....	25
2.4) Le gradient hydraulique .....	26
3) Ressources en eaux souterraines.....	28
3.1) plaine de Bousfer-El Ançor-Les Andalouses.....	28
3.1.1) Réserves régulatrices .....	28
3.1.2) réserve dynamique ou débit de la nappe .....	29
a) région des andalouses (vallée de l'oued Sidi Hammadi) .....	29
b) Région comprise entre A.El-turck et les piémonts du djebel Murdjadjo. ....	29
c) Région comprise entre Bousfer plage et le pain de sucre.....	29
d) Région comprise entre le Cap- Falcon et Ain-El-Turck.....	30
e) Région comprise entre Bousfer village village et Bousfer plage.....	30
f) Débit total de la nappe .....	30
Conclusion .....	37
<b>Chapitre 2 : Hydrochimique.....</b>	<b>38</b>
I. Introduction.....	38
1) Propriétés organoleptiques .....	38
1.2) La turbidité .....	38
1.3) La couleur.....	39
1.4) L'odeur .....	39
1.5) La saveur .....	39

## Sommaire

---

2) Méthodes d'analyses utilisées .....	39
2.1) caractéristiques physico-chimiques .....	39
2.2) Dosage des anions et cations majeurs .....	40
2.2.2) les anions.....	40
2.2.3) Les cations .....	40
3) Exploitation et Interprétation des résultats.....	40
3.1) Exploitation des résultats.....	40
3.2) Interprétation des résultats .....	42
3.2.1) Paramètre physiques .....	42
a) Le PH.....	42
b) La température .....	43
c) La conductivité .....	43
4) Les cartes d'isoteneur .....	44
4.1) La carte de minéralisations .....	44
4.2) La carte d'isoteneur en chlorure .....	45
4.3) La carte d'isoteneur en sulfates .....	46
4.4) La carte d'isoteneur en bicarbonates .....	47
4.5) La carte d'isoteneur en nitrates .....	48
4.6) La carte d'isoteneur en calcium .....	49
4.7) La carte d'isoteneur en magnésium.....	50
4.8) Les carte d'isoteneur en sodium et en potassium .....	51
5) classification des eaux.....	53

## Sommaire

---

5.1) Représentation graphique des analyses d'eau .....	53
5.1.1) Diagramme de Schoeller-Berkaloff et piper pour les sept puits .....	53
Conclusion .....	56
Conclusion générale .....	58
Références bibliographiques.....	59

### Introduction générale

La plaine des Andalouses est une cuvette exoréique dont les eaux se déversent vers la mer méditerranée.

L'objet de mon travail consiste sur l'actualisation des connaissances hydrogéologiques sur l'aquifère côtier de la plaine des andalouses- Bousfer -El Ançor- Ain turck.

Cette étude est basée sur une cartographie de l'écoulement souterrain et de l'évolution hydrochimique des nappes d'eau souterraine.

Cette région n'a pas fait la convoitise des hydrogéologues depuis une décennie, vue la relative exigüité de son impluvium et sa proximité à la mer qui dénote souvent une minéralisation importante.

Ce travail est divisé en trois grands chapitres :

- La première partie portera sur les généralités, intégrant un aperçu le cadre géographique la géomorphologique, la géologie, et la climatologie lesquels régissant les apports et la qualité des eaux de la région.
- Le deuxième chapitre parle sur l'hydrogéologie, à savoir la réalisation des cartes piézométriques.
- Enfin l'étude hydrogéologique des eaux examinée dans la phase ultime de ce travail.



**Chapitre 1 : Généralités****I. Le cadre géographique**

Le secteur d'étude est situé à l'ouest de la ville d'Oran.

Il se présente comme une zone triangulaire ouverte vers la baie des Andalouses dont un axe est constitué par l'oued Sidi Hammadi.

La région étudiée s'insère dans le Tell septentrional algérien et correspond à une cuvette plioquaternaire inclinée vers la mer méditerranée. Il est limité au Sud par les massifs du Djebel Murdjadjo et forêt de M'sila, à l'Ouest par le Djebel Lindlés et Djebel Abdallah, à l'Est par Djebel Santon, et au nord par la mer méditerranée.

\*Au point de vue limite administrative il se trouve dans la daïra de Mers el Kebir.

Ainsi définie sa superficie est d'environ 65km<sup>2</sup>.

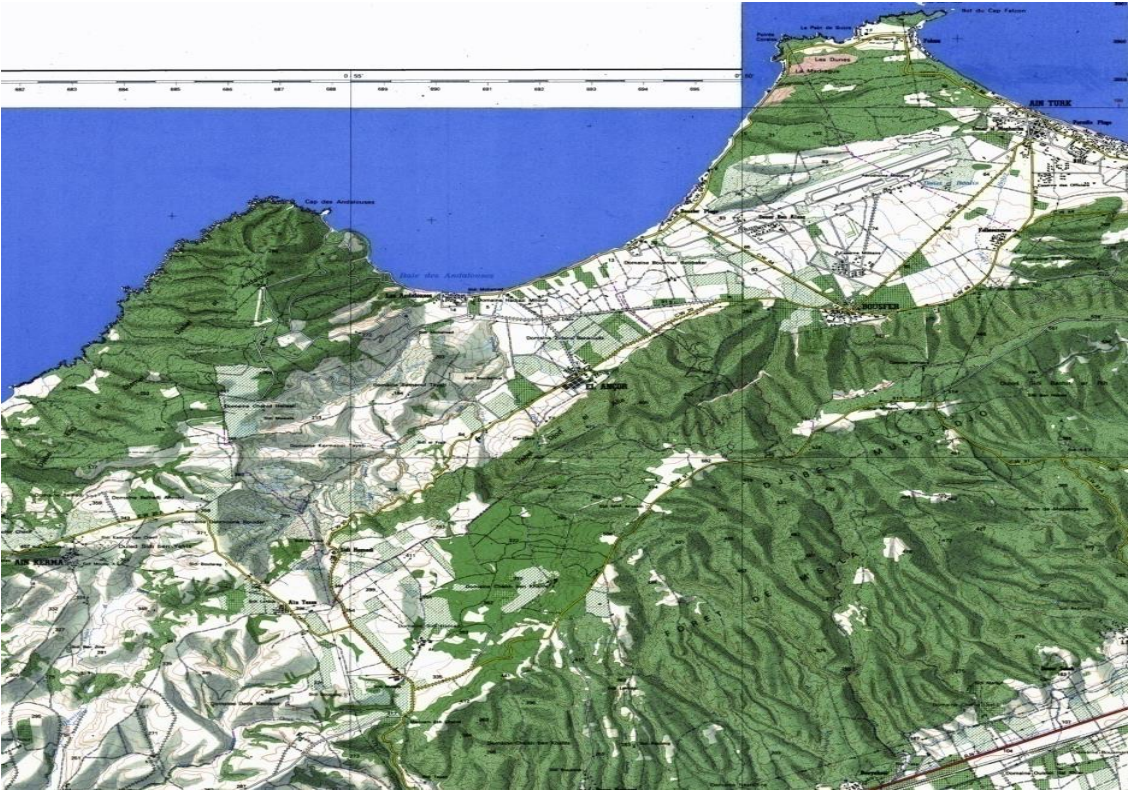
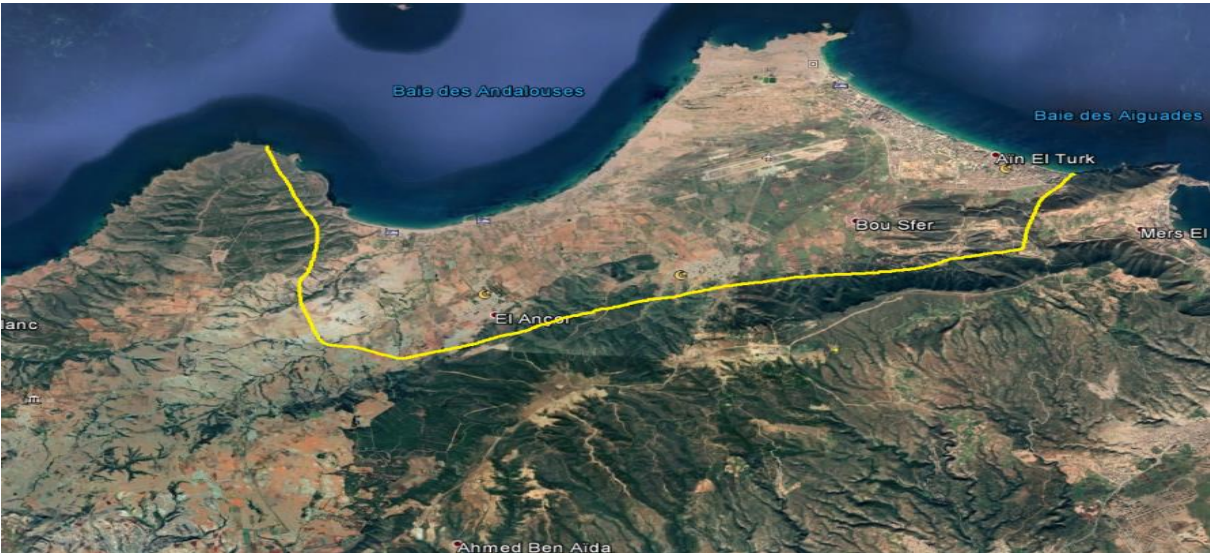


Figure n°01 : la carte ainsi la localisation de la zone étudié

## II. La géomorphologie

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 Sebka) prolongeant vers l'ouest le sillon du bassin du cheliff

Un sillon méridional situé au sud des Mont de Tessala (Plaine de S. B. Abbés).

Ma région d'étude se situe dans la plaine côtière Oranaise (la plaine des andalouses)

Elle est orienté selon la direction de la chaîne Tellienne .Le massif des andalouses faisant partie des massifs littoraux oranais, il est caractérisé par un profil dissymétrique. Les versants se prolongeant en pente d'eau vers la mer.

Du point de vue morphologique, le dispositif est assez remarquable. La plaine de l'oued Sidi Hammadi façonnée dans des terrains argilo-marneux est dominée à l'Ouest au Sud et à l'Est par des reliefs de la montagne des andalouses et du massif du Murdjadjo. L'enveloppe des sommets de ces reliefs dessine une haute surface vers 350 à 400m d'altitude qui tourne autour de la plaine.

La zone étudiée présente deux caractères notables :

Tout d'abord, dans la partie amont, au Sud du parallèle d'El-Ançor, les versants miocènes sont affectés des glissements rotationnels dus à la présence des sources qui entraînent la destruction périodique de la route de wilaya 20 entre la ferme Bue et le Douar Sidi Hammadi.

Le deuxième trait est constitué par l'existence, au Nord du parallèle d'El-Ançor, d'un système de glacis se raccordant à un niveau de base inférieur à l'actuel qui porte à l'Est des Andalouses, en bordure du rivage, des systèmes dunaires anciens et récents remarquables par les alignements qu'ils présentent. Le secteur que j'ai étudié couvre presque la totalité du sous bassin de l'oued Sidi Hammadi. Les formations sont presque imperméables occupent le versant Sud-ouest de ce bassin hydrologie.

Dans le versant Sud-est affleurent en relief des formations plus anciennes (calcaires, schistes et quartzites du secondaire) D'Ouest en Est, ces formations sont entaillées par, l'oued

Gueddara constituant plus en aval l'oued Djorf Halia, le ravin de la mauresque et le ravin du Laurier Rose, tous orientés NNW-SSE. Au Nord-ouest, les cours d'eau tels que le ravin des andalouses et l'oued El-Kesseb sont orientés suivant une direction SW-NE.

Pour l'ensemble de la région, les axes de drainage des eaux superficielles suivent en gros la direction d'accident tectonique, en particulier pour la partie située au Nord-Ouest de l'oued Sidi-Hammadi.

### **III. La géologie**

#### **1°) Cadre géologique général du nord de l'Algérie**

La structure actuelle de l'Algérie du nord est due aux mouvements Hercyniens et Alpines qui ont permis l'individualisation de domaines fortement différenciés, dont nous avons entre autres : domaine Atlasique, domaine des hautes plaines et domaine Tellien.

#### **2°) Cadre géologique local**

Le massif du Murdjadjo à substratum jurassique-crétacé et la montagne des Andalouses à substratum permo-carbonifère limitent la zone miocène de l'oued Sidi Hammadi qui se présente en graben depuis le début du Miocène selon Y. Gourinard(1952).

Les montagnes des andalouses et du Murdjadjo correspondent à des systèmes de horsts limités par des failles.

Ces massifs appartiennent au système des massives schistosités dominantes dues précisément à la nature métamorphique des terrains.

#### **2.1°) Données historiques**

Parmi les travaux antérieurs intéressant mon secteur d'étude, l'œuvre de Doumergue mérite d'être soulignée.

A partir des résultats de M. Bleicher (1974), il entreprend un énorme travail de classification. Ainsi, pour la première fois, une carte géologique détaillée a été établie.

En ce qui concerne, soulignons la découverte par Doumergue d'ammonites barrémiennes dans les schistes du foret de Msila et l'attribution au Lias des calcaires du Djelbel Djorf Halia.

Les derniers travaux sur la région datent de 1975. Ils ont été effectués par B. Fenet. Celui-ci s'est d'apporter une amélioration de connaissance stratigraphique.

Il a entrepris une révision de levés de Doumergue tout en procédant à une étude structurale, à toutes les échelles, qui bénéficiant de document topographique précis, apport d'intéressant complément aux travaux antérieurs.

## **2.2°) Analyse lithostratigraphique**

Du point de vue lithostratigraphique, notre secteur d'étude est matérialisé par deux grands ensembles, dont la répartition conditionne les principaux aspects morphologiques de la région. Le premier ensemble est constitué par le massif à schistosité, qui constitue le substratum. Le deuxième ensemble correspond aux néogènes (tertiaire supérieur) et quaternaires, reposant en discordance sur le substratum.

### **2.2.1°) Formation substratum**

Elles affleurent dans les différentes unités structurales

En respectant l'ordre stratigraphique, principalement basé sur l'attribution de M. Doumergue (1912) nous trouvons :

#### **a°) Formation carbonatées**

Les formations carbonatées sont constituées de calcaires marmoréens et dolomies.

##### **a.1°) calcaires marmoréens**

Ce sont des calcaires métamorphiques plus ou moins plissotés constituant les reliefs d'allure massive du djebel Djorf Halia.

C'est un ensemble assez homogène composé des bancs compacts épais fortement diaclasés au niveau du ravin de Mauresque. En allant vers le Nord-est, au Sud d'El Ançor, des calcaires marmoréens tout à fait comparables à ceux de Djebel Djorf Halia passent rapidement à des schistes satinés. Ces calcaires ont été attribués au Lias par M. Doumergue (1910).

**a.2°) dolomies**

Situées au dessus des calcaires marmoréens, les dolomies apparaissent au nord de Djebel Djorf Halia, massives, compactes et rousses à l'affleurement.

Par contre, au Sud-ouest, nous les trouvons en petites écailles. Ces dolomies liasiques (Doumergue, 1912) sont recoupées par des roches éruptives.

**b) Formation des schistes et quartzites**

Cette formation est visible au Sud de Djebel Djorf Halia et montre de belles coupes le long de la piste qui va de la route de wilaya 20 vers la maison forestière de Gueddara.

Les schistes sont entrecoupés par des bancs plus ou moins épais des quartzites blancs qui apparaissent en relief dans le passage.

Cet ensemble chevauché par les formations carbonatées est attribué au jurassique supérieur et crétacé inférieur par M. Doumergue(1912).

**c) Roches éruptives**

Ces roches éruptives ou roches vertes se rencontrent à l'état frais ou au contraire très altérées. Elles se présentent sous une forme massive lorsqu'elles n'ont pas subi d'altération importante. Recoupant les dolomies, elles ne peuvent être que postérieures à ces formations carbonatées. Par ailleurs, nous retrouvons ces roches vertes dans la formation bariolée sous forme d'éléments béchiques de toutes tailles ainsi qu'en énormes galets ; donc à l'état remanié.

**d) Formation bariolée**

Cette formation bariolée correspond à un ensemble hétérogène, englobant de façon plus ou moins anarchique des gros blocs de dolomies, de calcaires, de roches vertes dont la taille peut atteindre parfois le mètre, ainsi que des galets homogènes.

B. Fenet (1975) comparait cette formation aux vestiges d'unités triasiques Telliennes de mise en place intra miocène.

C'est un ensemble sédimentaire tectonisé, mais en gros autochtone. Ceci laisse supposer à des brèches conglomératiques accrochées sur un talus de faille. la formation est largement post-jurassique.

### **e) Schistes et quartzites du massif des andalouses**

Ils constituent le substratum de la montagne des andalouses qui affleurent en falaise au nord. Je me suis basé aux travaux de B. Fenet (1975) ; des schistes noirs à petits bancs de grès quartzites et quartz d'exsudation affleurent au Djebel Lindlés, le long de la cote ( entre les corailleurs et cap de Lindlés) y succèdent de niveaux de schistes noirs, fins contenant très fréquemment des lentilles graphiteuses complétement écrasées, de banc quartzite épais ou plus rarement de passées conglomératiques étirées. Cet ensemble est attribué par B. Fenet (1975) au permo-Carbonifère.

### **2.2.2°) La couverture**

#### **A) Formations des marnes et conglomérats**

##### **a) ensemble inferieur**

C'est un ensemble composé de deux termes

	<b>M.DOUMERGUE(1912)</b>	<b>B.FENET(1975)</b>	<b>A.BENZIANE(1978)</b>
<b>Formation de la couverture</b>	<p>Quaternaire : Eboulis et dépôts de pente anciens-alluvions anciennes</p> <p>Formations pliocène : grés et poudingues</p> <p>Formations miocènes bien différenciées du point de vue cartographique calcaires, marnes, poudingues, grés, gypses</p> <p>Eocènes : marnes à silex</p>	<p>Quaternaire</p> <p>Pliocene2 (calabrien)</p> <p>Miocène du 2<sup>e</sup> cycle post-nappe.</p> <p>Messénien</p> <p>Miocène du 1<sup>er</sup> cycle post-nappe.</p> <p>Conglomérats et dépôts continentaux.</p> <p>Yprésien : marno-calcaires blancs à silex</p> <p>Sénonien : marnes et micro brèches</p>	<p>Terrain du glacis d'El-Ançor</p> <p>Formations du foret de M'Sila</p> <p>Miocène : marnes et conglomérats, marnes et argiles à niveau cinéritique</p> <p>Formation bariolée</p>
<b>Formation du substratum</b>	<p>Barrémien : ammonites</p> <p>Pyriteuses</p> <p>Néocomien : schistes et quartzites</p> <p>Oxfordien : schistes</p> <p>Lias : calcaires et dolomies</p> <p>Trias : ophites</p>	<p>Crétacé inférieur et moyen : schistes et quartzites du para-autochtone</p> <p>Crétacé inférieur : schistes et quartzites de l'allochtone métamorphique</p> <p>Lias : calcaires marmoréens et dolomies</p> <p>Trias : gypso-argileux</p>	<p>Roche éruptives</p> <p>Jurassique supérieur-crétacé inférieur, schiste et quartzite</p> <p>Lias : calcaires marmoréens et dolomies</p>

**Tableau n°01** : correspondance des diverses formations géologiques



**a.1) Terme inférieur**

Il est représenté par des niveaux peu épais, détritiques grossiers, à gros blocs de grés dont la taille atteint le mètre, emballés dans des marnes rouges au niveau de Douar Sahraoui. Ces marnes rouges passent latéralement vers le nord aux vertes.

En amont de l'oued Sidi Hammadi, ce sont des brèches conglomératiques qui reposent sur quelques mètres d'argiles rougeâtres à niveau de grés ferrugineux et passées gypsifères (Marabout Sidi Hammadi).

**a.2) Terme supérieur**

Il est constitué par des marnes vertes, ocre une fois altérées, contenant également des plaquettes de gypse fibreux. Cet ensemble est indifférencié du point de vue cartographique et attribué au miocène (1<sup>er</sup> cycle miocène post-nappe selon B. Fenet, 1975).

Au dessus, un faciès cineritique affleure en crête au N-W de l'oued Sidi-Hammadi (ferme du marabout).

J'ai pu localement observer (nord du coté 336) des sables non indurés relativement épais (20 à 30m), dont l'âge n'est pas précisé.

Ils pourraient être rapportés soit au miocène soit au pliocène. Quoiqu'il en soit, leur contact avec les cinérites est régulier et correspond à une discontinuité par érosion.

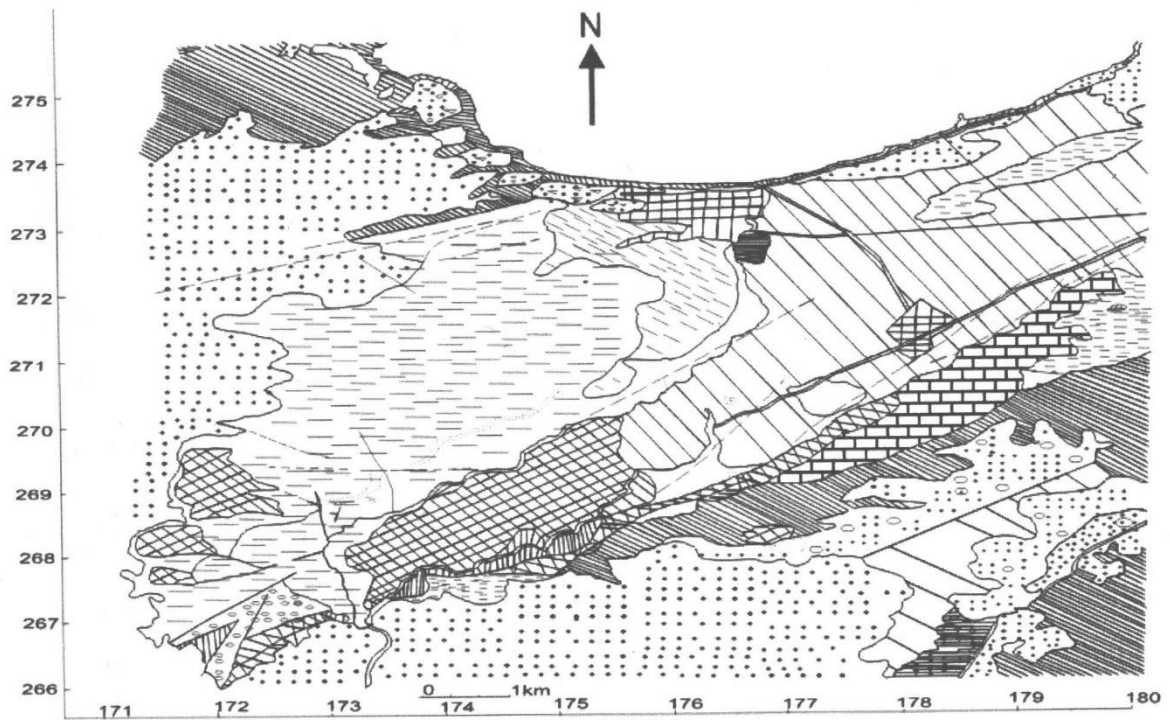
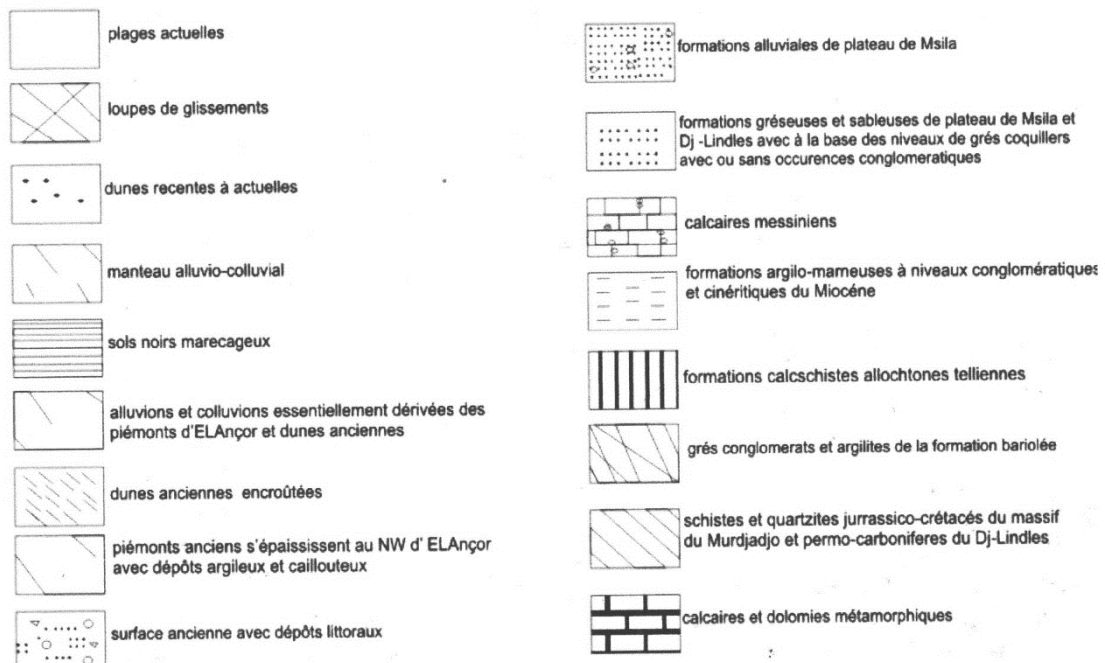


Figure n°02 : carte géologique de la plaine des Andalouses (d'après A.Benziane, 1978)

Légende :



**B) Terrains du glacis d'El-Ançor**

Il s'agit de terrains qui affleurent dans la plaine et dont la couleur est rouge.

Cet ensemble continental est constitué d'éléments de schistes rarement de calcaire, arrachés au substratum, emballé dans un sol localement encrouté.

Un peu au Sud-ouest d'El-Ançor, ces terrains reposent directement sur les marnes miocènes.

Leur épaisseur est en général faible ; mais dans la partie septentrionale, elle peut constituer un niveau aquifère recelant une quantité d'eau souterraine appréciable qui est exploitée par certains puits profonds dans la région.

**C) Ensemble dunaire du littoral**

Il affleure en contrebas de la plaine d'El-Ançor-Bousfer et constitue les cordons littoraux de direction WSW-ENE. Il est possible d'y distinguer trois (3) ensembles principaux :

**a) Dunes anciennes**

Les dunes anciennes affleurent, d'une part le long de la cote, ou les falaises littorales en donnant de bonnes coupes, et d'autre part vers l'intérieur (Ain Turk et Cap Falcon) ou elles sont visibles sur la carte topographique, plus au Sud de dunes récentes.

Elles sont composées des sables dunaires jaunes consolidés montrant de grandes stratifications entrecroisées typiquement éoliennes. Ces sables sont fréquemment encroutés, sous cette croûte mais aussi dans toute l'épaisseur de dunes nous observons des concrétions carbonatées, plus ou moins tabulaires creuses ou non, qui tendent à cloisonner le système. Localement, il existe des imprégnations argilo-ferrugineuses qui doivent attester la présence de sols interdunaires.

**b) Dunes récentes**

Les récentes sont nettement moins consolidées, elles sont de couleur jaunâtre. Les grandes stratifications précédentes ne sont pas visibles. Elles occupent par rapport aux dunes anciennes, une position médiane.

c) Sables actuels

Ces sables constituent les plages du littoral (plages des andalouses et de Bousfer).

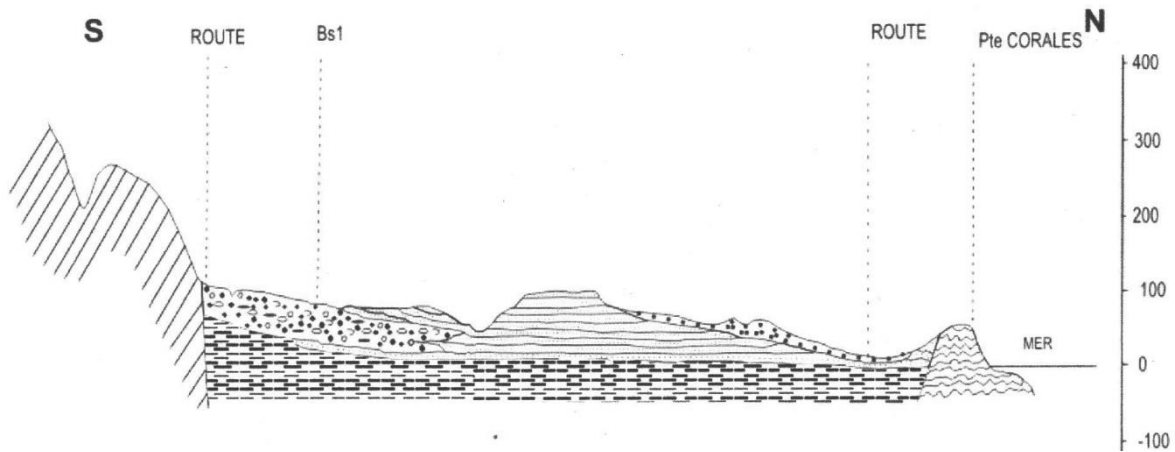

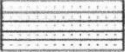



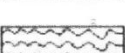


Figure n°03: Coupe géologique schématique de la plaine de Bousfer (d'après M. Foukrache,2001)

Echelle : longueur : 1/50000

Légende :

-  Dunes vives- sables (Holocène)
-  Lumachelles marines et dunes consolidés (Plio-Pléistocène inférieur)
-  Epandage de cailloutis, schistes et quartzites (Plio-Pléistocène inférieur)
-  Marnes grises (Miocène)
-  Schistes, quartzites dolomies (Crétacée inférieure)
-  Schistes violacés à dragées de quartz. (Permo-Trias)

**IV. Hydrologie superficielle**

Au nord, la région d'étude est accidentée et se laisse drainer par une série d'oueds établis à la limite du plateau de M'Sila, la plus remarquable est l'oued Sidi Hammadi. Ce dernier est alimenté, dans sa partie amont par la source du Douar Sidi Hammadi qui constitue le principal exutoire de la nappe du foret de M'sila. Dans sa partie aval, une série de sources sont localisées le long du niveau cinéritique intercalé dans les formations miocènes occupant son versant Nord-ouest.

## V. Etude Climatologique

D'après les données fournies par la station de météo " Oran-port " pour la période (1990-2000) située sur la même frange maritime que notre périmètre d'étude, il a été pris en considération les principaux facteurs suivants : Température, Pluviométrie et Vents

Les caractéristiques de la station météo Oran-port.

Caractéristiques Station	Altitude	Latitude	Longitude	Durée d'observation	Paramètres	Etage bioclimatique
<b>Oran-port</b>	18m	35°.42'N	0°.39'W	1990-2000	Température T (°C) Précipitation P (mm)	Méditerranéen Semi-aride

**Tableau n°02** : les caractéristiques de la station météo Oran-port (données ONM, 2001)

### 1) la Température

La connaissance des températures et leurs variations est importante, puisqu'elles conditionnent les phénomènes d'évaporation dans le bilan de l'eau.

D'après les données fournies par la station météo d'Oran : les moyennes mensuelles de température se résument dans le tableau n°03 après une observation allant de 1990-2000.

MOIS	Températures moyennes T°C (station Oran port/ 90-2000)
Janvier	12,05
Février	12,65
Mars	13,90
Avril	16,85
Mai	18,40
Juin	21,65
Juillet	24,70
Aout	25,50
Septembre	23,40
octobre	19,65
Novembre	15,85
Décembre	13,04
<b>Moyenne Annuelle</b>	<b>18,13</b>

**Tableau n°03** : répartition des températures moyennes mensuelles (données ONM, 2001)

### Analyse et interprétation du tableau n°03

On observe une moyenne annuelle de (18,13°C) qui détermine une moyenne minimale de (12,05°C) et d'une maximale de (25,50°C) ce qui déduit que le climat de Ain El-truck est méditerranéen d'un caractère spécifiant une alternance d'une saison chaude et sèche (de juin à septembre) et d'une saison humide de (novembre à février).

### 2) Pluviométrie (Précipitations)

Les caractéristiques pluviométriques relevées par la station météo d'Oran port sont regroupées dans le tableau suivant (tableau n°04) :

MOIS	Station d'Oran (1990-2000)
Janvier	43,20 mm
Février	36,80 mm
Mars	29,40 mm
Avril	26,16 mm
Mai	22,30 mm
Juin	07,06 mm
Juillet	02,30 mm
Aout	03,90 mm
Septembre	13,70 mm
Octobre	29,00 mm
Novembre	33,20 mm
Décembre	38,30 mm
<b>Moyenne Annuelle</b>	<b>285,32 mm</b>

**Tableau n°04** : Précipitations moyennes mensuelles (données ONM, 2001)

#### Analyse et interprétation du tableau n°04

L'étude de la distribution mensuelle de la pluviométrie par rapport à la station d'Oran nous démontre ce que suit :

- Période pluviométrique allant du mois d'octobre jusqu'au mois de mai qui a signalé un maximum de la pluviométrie notamment au mois de janvier (43,2 mm) et le mois de décembre (38,3 mm).
- Il existe une baisse importante pendant la période estivale allant jusqu'à (04 mois) avec l'existence d'une très faible pluviométrie au mois de juillet et aout.
- une période de sécheresse est signalée spécifiquement de juin à septembre.
- les précipitations ont atteint **285,32 mm/an**, ce qui en déduit que la région se caractérise par un climat Méditerranéen semi-aride relativement doux, du à l'influence maritime.

### Variation des précipitations saisonnières

Les douze mois de l'année peuvent se subdiviser en trimestre, déterminant chacun une saison.

Ainsi, on distingue quatre saisons, par ordre décroissant de pluviosité permettent de donner l'indice saisonnier

Les saisons sont réparties comme suit :

Hier (décembre, janvier, février).

Printemps (mars, avril, mai).

Eté (juin, juillet, aout).

Automne (septembre, octobre, décembre).

Station	Moyennes Saisonnieres	Hier	Printemps	Eté	Automne	Indice saisonnier
Ain- EL turk	Mm	144.58	76.21	2.972	111.82	HAPE
	%	43.08	22.7	0.88	33.32	

**Tableau n°05** : indice saisonnier de station Ain El-turk (données ONM, 2001)

### 3) cadre hydro-climatique

Grace aux données des températures (T) et précipitation (P) fournies par l'office national de météorologie d'Oran, on a pu calculer les deux méthodes suivantes et tracer leurs courbes.

#### 3-1°) Méthode de pluviométrie (méthode de Gausсен et Bagnouls)

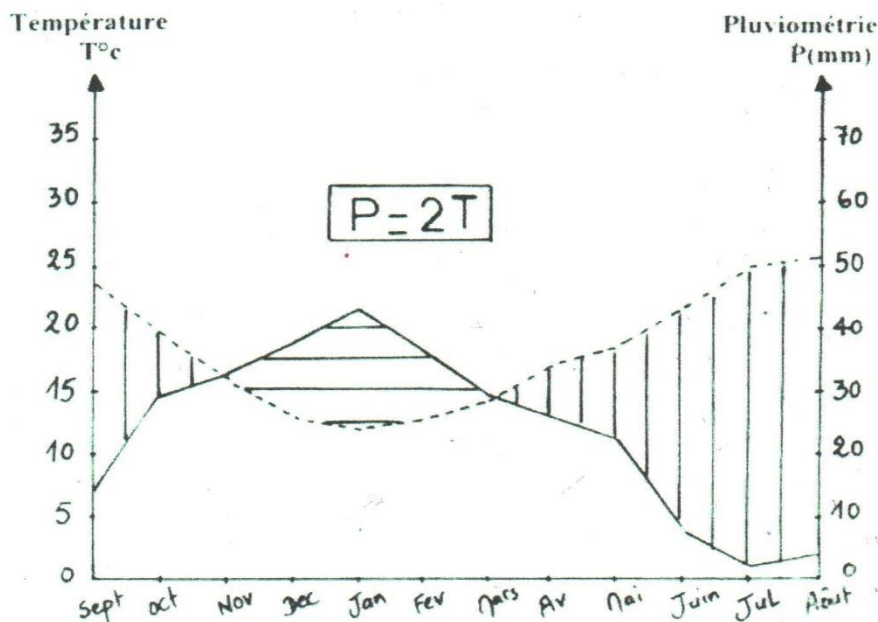
$$P = 2T$$

**P** : pluviométrie en (mm)

**T** : température en (C°)



Constatation et analyse du graphe n°01



**Figure n°04** : Courbe pluviométrique station d'Oran 1990-2000 (données ONM, 2001)

Après avoir réalisé la courbe pluviothermique, on peut constater sur cette dernière deux saisons se distinguent :

- Une saison sèche qui s'étale du mois de juin au mois de septembre avec température maximales de l'ordre de 21,65°C et 23,40°C.  
Les températures les plus élevées sont enregistrées aux mois de juillet et août, qui atteignent 25,50°C.
- Une saison humide qui s'étend du mois de novembre au mois de février avec des températures minimales de 12,05°C au mois de janvier.

### 3-2) méthode de DEMARTONNE

- **Indice d'aridité annuelle :**

D'après la méthode de Démartonne, on peut calculer l'indice d'aridité annuelle (A) comme suit :  $A = P / T + 10A$  : indice d'aridité annuelle,

P : moyenne annuelle des précipitations et T : moyenne annuelle des températures

<b>Période</b>	<b>(1990 /2000)</b>
<b>Station météo (Oran-port)</b>	<b>10,14</b>

**Tableau n°06** : calcul de l'indice d'aridité annuelle (A)

Selon Démartonne, si la valeur de A est ( $20 > A > 10$ ), on constate que le climat est semi-aride qui est le cas pour notre zone d'étude.

- **Indice d'aridité mensuelle**

$$a = 12P / T + 10$$

On peut utiliser cette formule pour calculer l'indice d'aridité de chaque mois (a).

Les résultats sont dressés dans le tableau suivant :

<b>Mois</b>	<b>P (mm)</b>	<b>12 P (mm)</b>	<b>T (°C)</b>	<b>A</b>
<b>Janvier</b>	43,20	514,24	12,05	23,51
<b>Février</b>	36,80	432	12,65	19,49
<b>Mars</b>	29,40	348	13,90	14,76
<b>Avril</b>	26,16	312	16,85	1,69
<b>Mai</b>	22,30	252	18,40	9,42
<b>Juin</b>	07,06	84	21,65	2,67
<b>Juillet</b>	02,30	00	24,70	0,79
<b>Aout</b>	03,90	12	25,50	1,31
<b>Septembre</b>	13,70	156	23,40	4,92
<b>Octobre</b>	29,00	348	19,65	11,73
<b>Novembre</b>	33,20	696	15,95	15,41
<b>Décembre</b>	38,30	459,60	13,04	19,94
<b>Total</b>	<b>285,32</b>	<b>3423,84</b>	<b>18,13</b>	<b>121,71</b>

**Tableau n°07** : Calcul des indices d'aridité mensuelle

#### 4) humidité relative

Une des originalités du climat du littoral oranais est la valeur élevée de l'humidité relative pendant toute l'année. Elle est toujours supérieure à 60%, le minimum étant **61%** le maximum **81%** et la moyenne des relevés de l'année de 7 h et 18 h excédant toujours 70%. De plus, elle varie très peu au cours de l'année et l'écart entre les moyennes des relevés à 7 h, 13 h, et 18 h est faible.

Mois/heure	7h00	13h00	18h
Janvier	77	72	76
Février	73	69	75
Mars	78	70	74
Avril	77	70	73
Mai	81	71	75
Juin	76	70	74
Juillet	77	73	77
Aout	78	72	78
Septembre	81	72	78
Octobre	80	71	78
Novembre	76	70	76
Décembre	77	70	75
<b>Moyenne/an</b>	<b>78</b>	<b>71</b>	<b>76</b>

**Tableau n°08** : L'humidité relative à 7h, 13 h, et 18 h : moyennes mensuelles et annuelles de la région d'Ain El-turk entre 1990-2000 (données ONM, 2001)

#### 5) Etude des vents

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat. A partir des données pour l'office National de météorologie, on obtient :

	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov
<b>Vitesse de vent en (Km/h)</b>	02	0	01	03	06	10

**Tableau n°09** : Vitesse (données ONM, 2004)

Direction	Fréquence%
N	04
N.E	27
E	05
S.E	02
S	03
S.W	16
W	37
N.W	06

**Tableau n°10** : fréquence des vents / observation entre 1990-2000 (données ONM, 2001)

Trois directions principales apparaissent :

- Direction W (Ouest) avec une fréquence de 37%
- Direction N.E (Nord-est) avec une fréquence de 27%
- Direction S.W (Sud-ouest) avec une fréquence de 16%

On remarque alors, une prédominance des vents venants de l'ouest, du Nord-ouest ainsi qu'au Sud-ouest, sachant que les mois de sécheresses sont les mois à prédominance des vents Nord-est. Il existe par ailleurs des vents chauds ou (Sirocco) provenant du Sud et Sud-ouest, ce sont des vents secs et chauds de 09 à 16 jours par an (ONM, 2001).

**Conclusion** : l'étude des paramètres climatiques nous a permis de déduire que ma région d'étude présente un climat semi-aride à indice saisonnier de type HAPE.

Les principales formations géologiques dans mon secteur sont :

Le substratum d'âge Jurassico-Crétacé.

Les formations de couverture caractérisées par des marnes, conglomérats et argiles à niveaux cinéritiques d'âge Miocène et des formations de sables dunaire, grès et éboulis de pente d'âge Plio-Quarternaire.

**Chapitre2 : Hydrogéologie****I. Introduction**

La plaine des andalouses n'a, à ce jour, pas fait l'objet d'étude hydrologique très poussée, car de toute temps elle a été considérée comme pauvre en ressources hydrique souterraines; seules les nappes de la plaine côtière retenaient l'attention des hydrogéologues. Dans son ensemble le substratum est constitué par les marnes du miocène supérieur, des schistes et quartzites du secondaire et marnes plus ou moins sableuses du pliocène.

Sur ce substratum reposent des formations hydrologiques perméables, constituant des réservoirs aquifères.

**1) les différentes nappes**

A travers l'analyse lithostratigraphique et structurale de la région d'étude, un système hydrogéologique se démarquent ; il s'agit d'un ensemble plus ou moins perméables : le complexe dunaire des andalouses au Nord et les formations superficielles de la forêt de M'sila au Sud.

- Nappe de la forêt de M'sila
- Nappe des andalouses
- Nappe des éboulis de pente
- Nappe des sables, grès et lumachelles
- Nappe des dunes quaternaires de Cap-Falcon

lithologie	Stratigraphie	Permeab de fissure	impermea	Permeab d'interstic	Hydrogéologie
Dunes récentes: sables	Plio-quadernaire				formation perméable
Dunes anciennes: sables avec des croûtes calcaires					système aquifère
Alluvions-colluvions: galets et graviers de schistes et calcaires dans un sol rouge					nappe peu perméable
Formations de la forêt de M'sila: grès sables, galets dans argile rouge					nappes perchées
Marnes-conglomérats avec niveaux cinéritiques subordonnés perméables	Miocène M2				émergence de sources à la base des niveaux cinéritique
Marnes avec matériel détritiques grossiers	Miocène M1				
Formations barolée: ensembles hétérogène galets blocailles, grès argilites	?				circulation intersticielle
Schistes et quartzites du Dj-Mazoudj et du plateau de M'sila	Jurassique supérieur- crétacé infer				circulations karstiques
Formations carbonatées: calcaires marmoréens et dolomies	Lias				
Schistes et quartzites du massifs des andalous	Permo-carbonifères				

Tableau n°11 : récapitulation des potentialités hydrogéologiques des formations

## 2) Piézométrie

Une campagne piézométrique à été effectuée au mois de juin 2008 et a permis de recenser quelques points d'eau (au nombre de sept), repartis sur le secteur d'étude.

J'ai pris en considération les anciennes cartes établies par M.Mansour (1986) et j'ai modifié a mon propre observation, ces points que j'ai choisi concernent les secteurs les plus sollicités par les fluctuations du niveau piézométrie de la nappe.

## 2.1) Carte piézométriques

Les cartes de la morphologie de la surface piézométrique sont établies avec les données recueillies sur les niveaux piézométriques. Elles représentent, à une date donnée, la distribution spatiale des charges et potentiel hydrauliques.

### 2.1.1) Etablissement des cartes piézométrique

Il repose sur la mesure des niveaux piézométriques, leur report sur des cartes topographiques en courbes de niveau et leur interprétation par des courbes hydroisohypses. Les mesures des niveaux piézométriques doivent être effectuées dans des conditions de stabilisation et pour l'ensemble de la région cartographiée au cours d'une période la plus courte possible.

### 2.1.2) Report des niveaux piézométriques

Les points d'eau, affectés de leur code de référence et de leur niveau piézométrique, sont reportés sur une carte topographique en courbes de niveau à grande échelle. Pour mon cas, j'ai utilisé les cartes topographiques des Andalous et d'Oran à l'échelle 1/50.000, réunies en une seule carte sur laquelle ont été superposées les cartes piézométriques.

### 2.1.3) Tracé des courbes hydroisohypses

La surface piézométrique est, comme la surface du sol, représentée par des courbes d'égale altitude de niveau d'eau, soit d'égale niveau piézométrique, dites courbes hydroisohypses. Le dessin de ces courbes comporte successivement le choix de leur équidistance et la technique de leur tracé.

### 2.1.4) Choix de l'équidistance et le tracé des courbes hydroisohypses

L'équidistance des courbes hydroisohypses est la distance constante entre des plans horizontaux d'égale niveau piézométrique. Leur intersection avec la surface piézométrique est l'espacement qui se mesure sur la carte piézométrique entre deux courbes successives. L'équidistance est de 5 mètres. Le tracé des courbes hydroisohypses est effectué par trois méthodes d'interpolation, adaptées à la précision et à la densité des données disponibles.

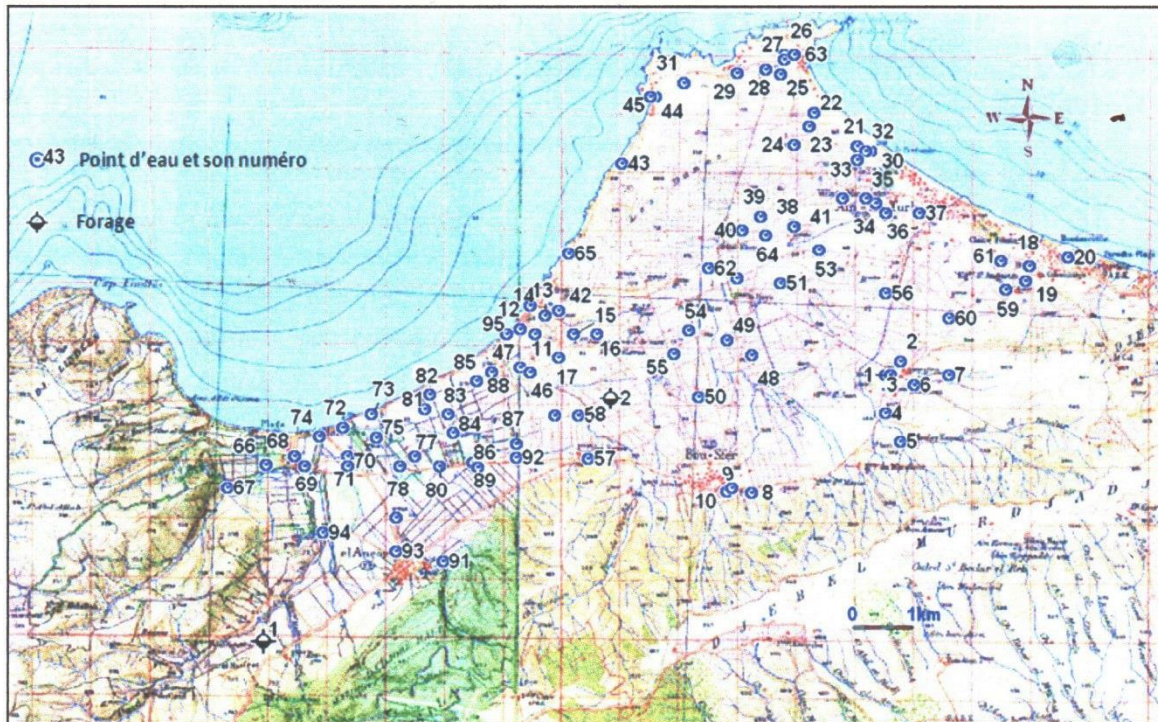


Figure n°05 : carte d'inventaire des points d'eau du secteur (donnée ANRH, 1988)

## 2.2) Interprétation des cartes piézométriques

Dans l'ensemble, d'après les cartes établies à différentes périodes, la morphologie de la nappe demeure quasiment inchangée.

La piézométrie du système aquifère de la plaine est relativement simple, elle se caractérise par un bombement piézométrique très accusé dans la région des dunes, ce dôme marque une aire d'alimentation par des précipitations. En général, l'étude de la carte en courbes hydroisohypses, fait remarquer une direction générale d'écoulement souterrain s'effectuant du Sud vers le Nord.

Cependant, j'ai constaté quelques caractéristiques propres à la plaine : La plaine côtière des andalouses-El-Ançor et Bousfer peut être divisée en deux secteurs qui se séparent

Par une ligne des partages des eaux souterraines s'étendant au Nord du point corals-pain

## 2.3) Conditions aux limites

La carte piézométrie confrontée aux faciès géologiques rencontrés dans la région, m'a permis d'identifier les conditions aux limites qui peuvent être schématisées comme suit :



Une limite étanche à l'Est, les courbes hydroisohypses sont perpendiculaires à l'affleurement des schistes et quartzites de Djebel Santon, ceci se traduit par une alimentation quasi nulle due à la présence de failles.

Une autre limite étanche à l'Ouest s'individualise par un écran de marnes miocènes imperméables.

Une limite d'alimentation où les courbes hydroisohypses sont parallèles, tout le long de la frange bordant le massif du Murdjadjo, caractérisées d'une part, par des éboulis de pente des piémonts du Djebel Murdjadjo et d'autre part, par les eaux qui ruissellent des calcaires dolomitiques à l'Ouest de Bousfer jusqu'à El-Ançor.

En fin, une limite ouverte vers la mer où la nappe décharge ses eaux.

D'une manière générale, l'alimentation de la nappe se fait essentiellement par son propre impluvium de perméabilité constituée par les grès et les sables dunaires, et les eaux qui ruissellent drainées par le versant Nord du Murdjadjo.

#### 2.4) Le gradient hydraulique

Les gradients hydrauliques se calculent à partir de la différence du niveau piézométrique entre deux points de la surface piézométrique par unité de longueur, mesurée le long d'une ligne de courant. Ils peuvent être assimilés à la pente de la surface piézométrique :

$$I = H/L$$

Andalouses :  $i = 1,42 \cdot 10^{-2}$

Bousfer plage :  $i = 2,5 \cdot 10^{-2}$

Ain El-Turk :  $i = 1,66 \cdot 10^{-2}$

I : gradient hydraulique

H : différence de charges entre deux courbes isopièzes

L : distance entre les deux courbes

Au Sud les courbe hydroisohypses sont rapprochées, le gradient hydraulique est élevé, ce qui explique bien la rapidité de l'écoulement due à la perméabilité de fissures des formations carbonatées qui assurent de bonnes conditions d'alimentation à partir des piémonts du Djebel Murdjadjo, matérialisé par un écoulement souterrain très diffus engendrant toute la plaine.

Au Nord, l'espacement des courbes hydroisohypses marque un gradient hydraulique faible, manifestant un écoulement lent des eaux souterraines à la faveur d'une perméabilité d'interstices très faible.

### La carte piézométrique en 2008

Deux axes de drainage et une ligne de partage des eaux apparaissent. Les axes d'écoulement convergent dans les mêmes directions que les précédents.

On peut noter que le niveau de la surface d'eau de la nappe a progressivement baissé par rapport aux autres cartes établies en différentes périodes antérieures (environ 5m de rabattement).

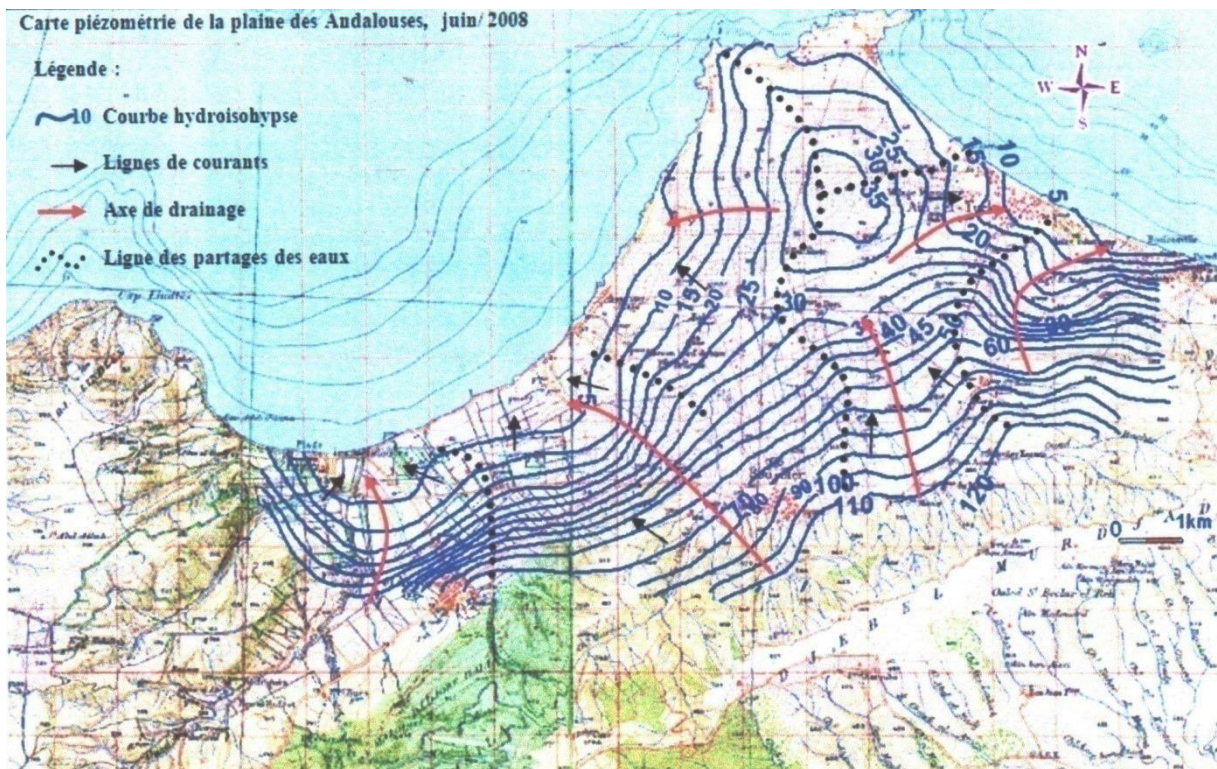


Figure n°06 : carte piézométrie de la plaine des Andalouses (données ANRH, 2008)

### 3) Ressources en eaux souterraines

Connaissant les propriétés hydrodynamiques des terrains aquifères dunaires (Isohypses, gradients hydrauliques, transmissivités et porosités). Il est possible non seulement de calculer les réserves régulatrices, assimilées au volume d'eau libre contenu dans la tranche de roche réservoir, délimitée par deux surface piézométriques extrêmes (maximale et minimale) ; mais aussi les réserves dynamiques, représentées par la quantité d'eau qui passe par une section de l'horizon aquifère, normale à la direction de l'écoulement des eaux souterraines.

#### 3.1) plaine de Bousfer-El Ançor-Les Andalouses.

##### 3.1.1) Réserves régulatrices.

C'est le volume d'eau qui transite au cours d'une année au dessous du niveau le plus bas de la nappe. Ce volume a pour expression :

$$V = A \cdot h \cdot me \text{ avec}$$

**A** : superficie de la dunaire considérées.

**.h** : variation du plan d'eau.

**.me** : porosité efficace de l'aquifère.

La valeur moyenne de deux mètres sera retenue comme variation du niveau de la nappe entre crue et étiage pour l'ensemble du massif dunaire. Le tableau n° 52 donne les valeurs des réserves régulatrices calculées pour différentes valeurs de porosités (me).

Superficie	Porosité	Fluct	R.régul	R.rég.moy
130km <sup>2</sup>	Essai de pompage : 10 <sup>-2</sup>	2m	2,6.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	10.10 <sup>6/3</sup> m <sup>3</sup> /an
	Expl du tariss : 1,7.10 <sup>-2</sup>	2m	4,4.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	4,68.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an
	Variat° naturelle : 2,7.10 <sup>-2</sup>	2m	7,02.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an	

**Tableau n°12** : Les réserves régulatrices moyennes correspondant à la nappe dunaire de la plaine des andalouses-El-Ançor-Bousfer seraient de l'ordre de 5 million m<sup>3</sup>/an. (D'après H.MANSOUR, 1989)

### 3.1.2) réserve dynamique ou débit de la nappe

C'est le débit d'écoulement souterrain qui correspond à la quantité d'eau qui passe par une section de l'horizon aquifère, normale à la direction du mouvement des eaux souterraines. Le débit d'écoulement peut être évalué dans différents secteurs par application de la loi de Darcy :

$$Q = K.S.i = T.L.i \quad \text{ou}$$

**K** : perméabilité de l'horizon aquifère en m/s.

**S** : surface de la section transversale de l'écoulement souterrain en m<sup>2</sup>.

**T** : transmissivité en m<sup>2</sup>/s.

**L** : longueur de la section transversale en m.

**I** : gradient hydraulique donné par le tracé de la carte en courbes hydroisohypses.

#### a) région des andalouses (vallée de l'oued Sidi Hammadi)

$$I = 0,011. \quad L = 350\text{m} \quad T = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

$$Q_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}.$$

#### b) Région comprise entre A.El-turk et les piémonts du djebel Murdjadjo.

Portion de la nappe, déversant ses eaux vers la mer (NE) entre la bretonne et bouisselle ; limitée au Sud par le Djebel Murdjadjo, à l'Est et à l'Ouest par les lignes de partage des eaux.

$$I = 0,04 \quad L = 400 \text{ m} \quad T = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Q_2 = 80 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

#### c) Région comprise entre Bousfer plage et le pain de sucre.

Partie de la nappe représentée essentiellement par l'existence de dunes vives, limitées au SE et au NE par les lignes de partage des eaux souterraines. Elle déverse ses eaux vers la mer (Nord-Ouest).

$$I = 0,018 \quad L = 400 \text{ m} \quad T = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Q_3 = 10,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}.$$

**d) Région comprise entre le Cap- Falcon et Ain-El-Turk**

Ouverte vers la mer au NW et au NE, limitée au SW et SE par les lignes de partage des eaux souterraines.

$$l = 0,016 \quad L = 300 \text{ m} \quad T = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Q_4 = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

**e) Région comprise entre Bousfer village village et Bousfer plage.**

Limitée au Sud par le murdjadjo et déversant ses eaux vers la mer (NW).

$$l = 0,012 \quad L = 600 \text{ m} \quad T = 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Q_5 = 45,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

**f) Débit total de la nappe**

Il correspondra à la somme des débits partiels observés au niveau de chaque unité hydrogéologique.

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 147,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

**Paramètres hydrodynamiques**

Deux pompages d'essai ont été effectués au niveau du secteur d'étude sur deux forages d'exploitation.

Forage F1, c'est le forage de Sidi Hammadi situé au sud-ouest du village El-Ançor, aux coordonnées Lambert suivantes : X =174.9, Y =269.8

Le forage F1 a été réalisé par battage, la profondeur totale égale à 160 mètres.

Un développement a été effectué à l'air lift pendant six heures (6h) avec un débit avoisinant les 2 l/s. La pompe est calée à 120 mètre.

Un premier essai de pompage à blanc, a été effectué d'une durée de trois heures et trente minutes (3h et 30min) de pompage, puis un deuxième essai de 48heures.

**Remarque** : il est à signaler que les principaux objectifs du pompage d'essai sont :

Les caractéristiques hydrodynamiques : transmissivité et coefficient d'emmagasinement.

Etude quantitative des caractéristiques particulières de l'aquifère : condition aux limites.

Observation directe en vraie grandeur, de l'effet de l'exploitation de la nappe.

Prévision de l'évolution du rabattement en fonction des débits pompés.

Pour atteindre ces objectifs, il faudrait que l'ouvrage de pompage soit parfait (c'est-à-dire atteindre le substratum et soit crépiné sur toute l'épaisseur de l'aquifère), accompagné au moins d'un piézomètre afin de prendre régulièrement des mesures des niveaux d'eau (rabattement).

Malheureusement, cet ouvrage ne répond pas aux conditions suscitées, parce qu'il a été réalisé par battage, et par conséquent les données recueillies sont :

Le débit est mesuré directement lors du pompage ; la transmissivité est calculée à partir de la droite représentation de la descente et de la remontée.

Du point de vue hydrogéologie, l'aquifère est constituée des alluvions sableuses reposant sur un imperméable marneux.

Le forage f2 situé au nord-ouest de Bousfer, aux coordonnées suivantes : X= 180,8

Y=274,1

Pour ce qui concerne ce forage, nous disposons d'une coupe lithologique descriptive à partir des cuttings prélevés (figure n°07).

Dans ce forage, un niveau aquifère a été mis en évidence entre 54 et 64m, constitué par des sables et grés fossilifères.

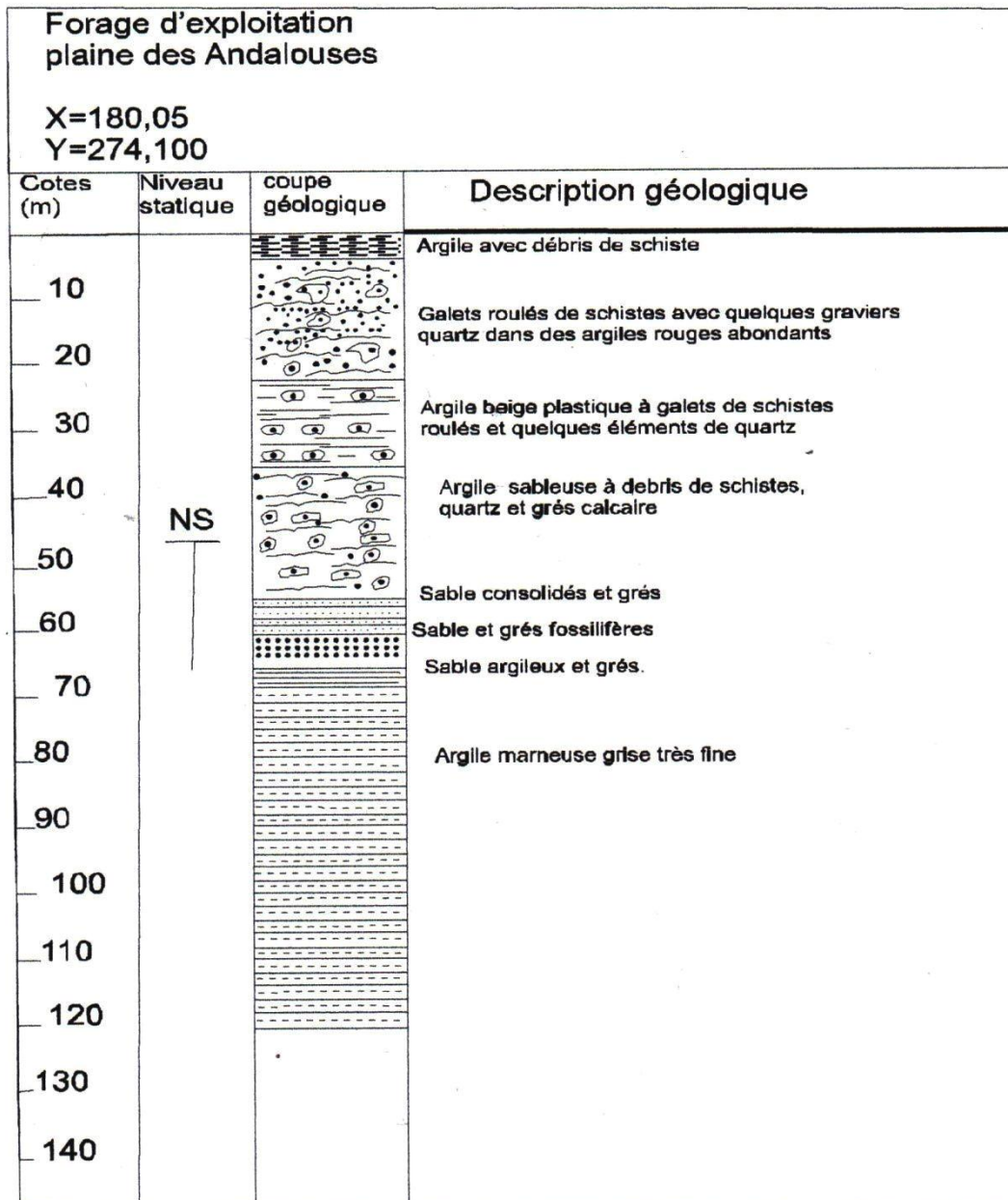


Figure n°07 : forage d'exploitation f2 plaine des Andalouses (d'après M. Foukrache, 2001)

### Essai par paliers

L'objectif de cette étude a pour but d'assurer le suivi technique de l'essai de pompage.

### **Forage F1**

Le niveau statique mesuré avant le démarrage de l'essai à blanc effectué est de 93mètres. L'essai à blanc par pompage, d'une durée de trois heures et demie a donné un débit de 2,5l/s, et nous a permis d'observer une stabilisation du niveau dynamique à 116 mètres. En arrêtant

le pompage, la montée du niveau dynamique a atteint son état initial (NS= 93m), après une durée de quinze minutes (15m).

Mais, en reprenant une seconde mesure dix minutes après, j'ai constaté que le niveau statique est remonté à 86 mètres. Cette remontée sensible du niveau statique est due probablement au développement du forage au cours de l'essai à blanc.

### Forage F2

Comme décrit brièvement auparavant, l'essai de puits par paliers de débit de courte durée permet d'évaluer les caractéristiques du complexe : aquifère ouvrage de captage. Ce sont le débit critique, le débit spécifique, les pertes de charges et le débit maximum d'exploitation.

Cet essai nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

Ouvrage	$Q_c$ (l/s)	$Q_e$ (l/s)	$Q_s$ (l/s/m)	Coefficients (B, C)		observation
Forage F2	3	2,5	0,63	0,45	0,016	C<B ; puits bien développé

**Tableau n°13** : résultats de l'essai par palier (d'après M. Foukrache, 2001)

$Q_c$  : débit critique

$Q_e$  : débit d'exploitation

$Q_s$  : débit spécifique

**B, C** : coefficients donnés par l'expression :  $S= BQ +CQ^2$  et ou

**BQ** représente la perte de charge linéaire

**CQ<sup>2</sup>** la perte de charge quadratique

Il faut souligner que le forage a montré un très faible potentiel pour ce qui concerne les ressources en eau souterraine.



**Essai de longue durée**

Pour l'interprétation des caractéristiques (T et S, éventuellement) hydrogéologiques des forages de la plaine, j'ai opté pour la méthode de C. Jacob.

**Forage F1**

Débit,  $Q = 2,510^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

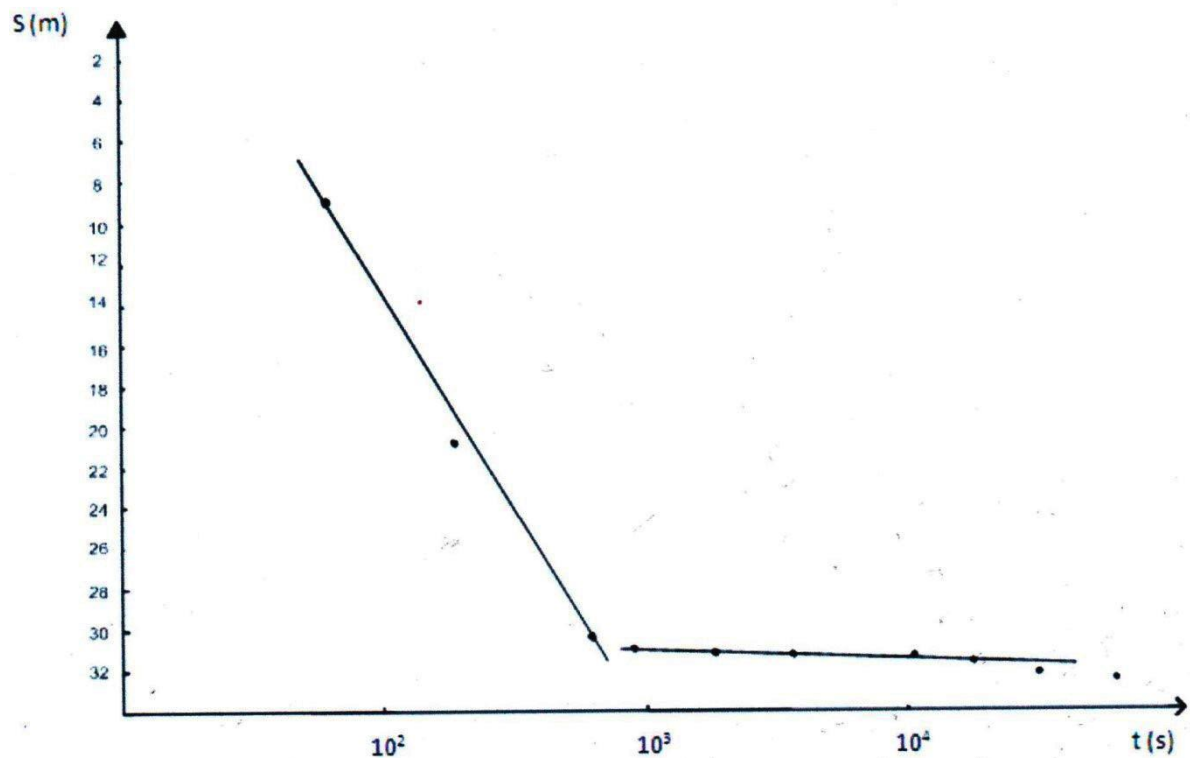
Rabatement résiduel,  $A_s = 6\text{m}$

Transmissivité,  $T = 7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

**Descente**

La descente a été suivie régulièrement pendant 48 heures et la remontée pendant une heure et 40 minutes (100 mn). **Descente**

La descente a été suivie régulièrement pendant 48 heures et la remontée pendant une heure et 40 minutes (100 mn).



**Figure n°08** : courbe de descente du forage F1 (d'après M. Foukrache, 2001)

La courbe de descente tracée, montre : Au début de pompe, une descente très rapide du niveau dynamique a été enregistrée atteignant 29 m de rabattement au bout de 900 secondes (15mn).

La droite représentative apparait avec une pente  $As = 6m$ . La transmissivité calculée est de l'ordre de  $T = 7.10^{-5} m^2/s$ .

Cette dernière est effectuée par la relation suivante :

$$T = 0,183.Q/As$$

Débit,  $Q = 2,5.10^{-3} m^3/s$

Transmissivité,  $T = 7.10^{-5} m^2/s$

D'après C. Jacob cette valeur correspond à une perméabilité mauvaise.

### Remontée

Dés l'arrêt du pompage, le plan d'eau dans le forage remonte d'une manière plus ou moins rapide.

La droite représentative accuse une pente très forte similaire à celle de la descente avant la stabilisation.

L'observation de la remontée a été faite avec autant de soin que pour la descente, car l'observation de la remontée offre en général les avantages suivants :

- Pas de risques de perturbation dus aux irrégularités de fonctionnement de la pompe.
- Plus grande facilité pour les mesures précises de niveau d'eau.
- Le rabattement observé dans ce forage est de 32m.

Au bout de 480 secondes (08 mn), après l'arrêt du pompage le plan d'eau est remonté à 30 mètres.

La droite représentative (figure n°09) montre une pente de l'ordre de 6 m, la transmissivité est égale à  $7.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ .

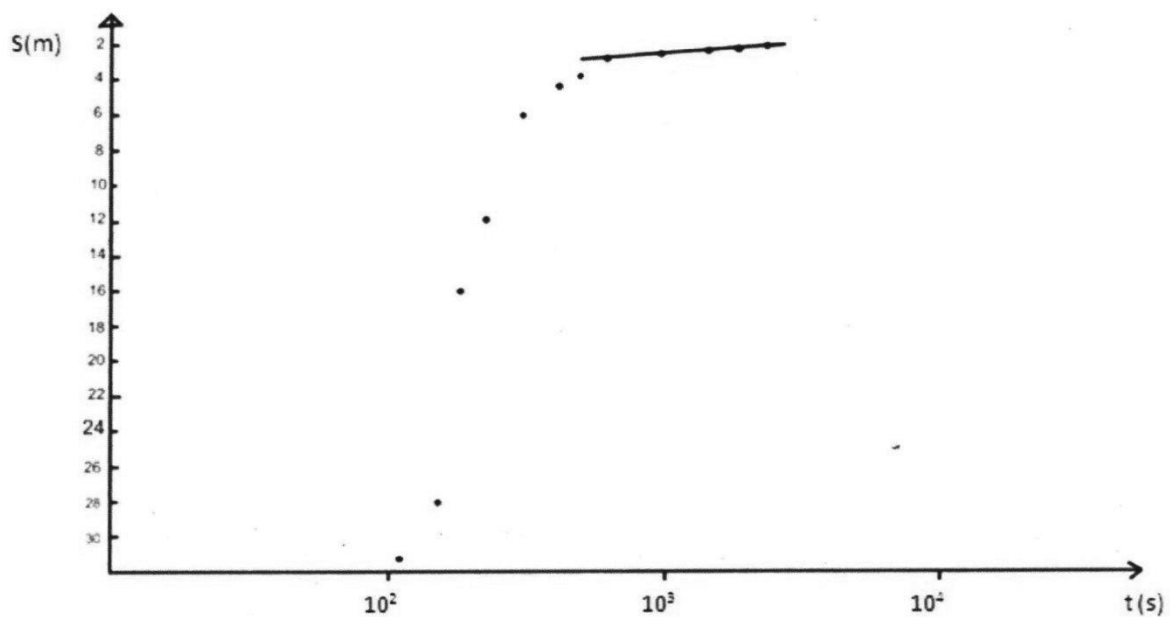


Figure n°09 : courbe de remontée du forage F1 (d'après M. Foukrache, 2001)

### Forage F2

La courbe de remontée, après arrêt de pompage a permis le calcul de transmissivité

$$S_r = (0,183.Q)/T.\log(t+t')/t'$$

$S_r$ , rabattement résiduel mesuré à un instant donné pendant la remontée ;

$t$ , le temps écoulé depuis le début de pompage.

$t'$ , temps de remontée.

$$T = 0,183.Q/As$$

$$Q = 2,5.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$As (\text{delta } s) = 2\text{m}$$

$$T = 2,3.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

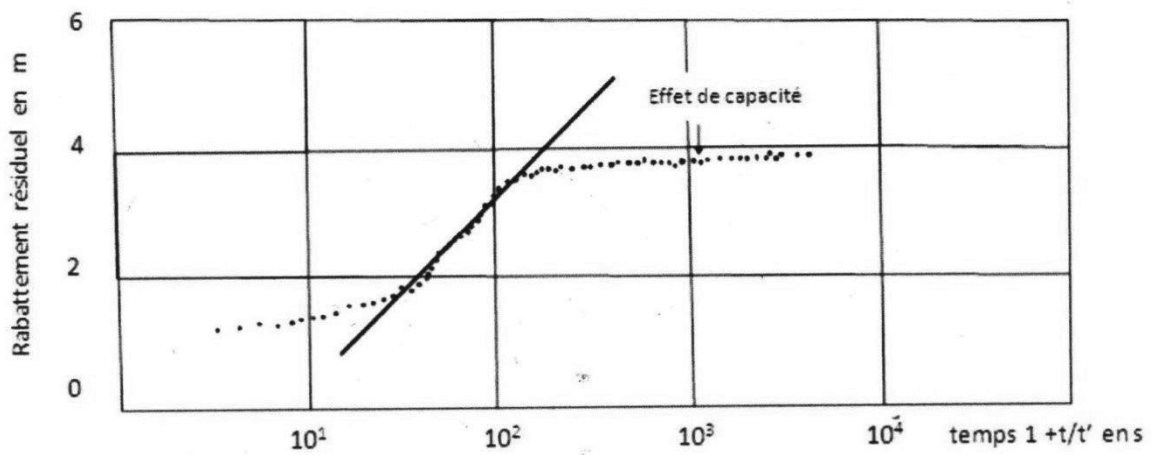


Figure n°10 : courbe de remontée de forage F2 (d'après M. Foukrache, 2001)

**Conclusion :** Le sens d'écoulement général de nappe se fait du Sud vers le Nord, suit pratiquement la pente topographique. La surface de la nappe depuis à peine 32 ans (1976-2008) n'a pas subi un changement spectaculaire du point de vue morphologique.

## Chapitre 3 : Hydrochimique

## I. Introduction

La dernière campagne de prélèvement d'eau, dans mon secteur d'étude, a été effectuée par l'agence nationale des ressources hydraulique (ANRH), a eu lieu en juin 2008, concerne sept points d'eau repartis sur tout le secteur dont le but est de procéder à l'analyse hydrochimique. Tous les échantillons ont été analysés au laboratoire de l'ANRH ; étant donné l'effectif des échantillons (07 points d'eau) ce volet de l'étude a été surtout basé sur les résultats des analyses antérieures.

N° du puits	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	PH
1	107	60	329	6	518	170	302	74	7,35
2	119	71	410	5	695	101	336	69	7,33
3	182	151	725	31	1268	493	342	160	
3'	193	163	557	10	1084	425	315	166	7,28
4	130	143	593	10	839	347	570	260	7,25
5	59	51	53	4	102	81	309	15	7,88
6	44	54	451	8	539	134	443	79	7,78

**Tableau n°14** : résultats d'analyses chimiques des eaux (données ANRH, 2008)

## 1) Propriétés organoleptiques

## 1.2) La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence de matières en suspension finement divisées. Les normes concernant la turbidité sont assez différentes.

L'O.M.S indique comme valeur limite 5 NTU (*nephelometric turbidity unit*) et précise que dans le cas où l'on pratique la désinfection, il convient que la turbidité soit inférieure à 1 NTU.

### 1.3) La couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration.

Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. L'eau colorée pourrait présenter des inconvénients. D'après l'O.M.S, la valeur de 10mg/l de point est considérée comme un chiffre qu'il est souhaitable de ne pas dépasser et la valeur de 15 unités est admise comme limite supérieure acceptable.

Selon les résultats obtenus de l'analyse, les eaux de différents points d'eau sont dans l'ensemble incolores.

### 1.4) L'odeur

L'eau potable doit être sans odeur, non seulement au moment des prélèvements, mais encore après une période de 10 jours en vase clos à la température de 26°C. Les odeurs proviennent, soit des produits chimiques, soit de matières organiques en décomposition, soit de protozoaires ou d'organismes aquatiques. Dans mon secteur étude, toutes les eaux prélevées ne présentent aucune odeur.

### 1.5) La saveur

L'évaluation du goût d'eau est basée sur la finesse du sens gustatif de l'opérateur. L'appréciation de l'intensité de la saveur se fait sur une méthode calquée sur celle préconisée pour l'appréciation de l'intensité des odeurs.

## 2) Méthodes d'analyses utilisées

### 2.1) caractéristiques physico-chimiques

- **La température** est mesurée au moyen d'un thermomètre.
- **Le PH** est mesuré à l'aide d'un électromètre.
- **La conductivité**, mesurée à partir d'un conductivimètre.
- **La minéralisation** est calculée à partir de la conductivité par une formule empirique.

## 2.2) Dosage des anions et cations majeurs

### 2.2.2) les anions

Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) sont déterminés par volumétrie avec nitrates d'argent en présence de bichromate de potassium après neutralisation.

Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) sont dosés par volumétrie, après addition de chlorure de barium à l'eau à analyser. Il se forme un sulfate de barium, peu soluble. Après addition d'EDTA et d'ammoniaque, les sulfates sont dosés par une solution magnésienne en présence d'une solution tampon et de noir d'Erichrome.

Les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) et carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) sont dosés par volumétrie avec de l'acide chlorhydrique en présence d'Hélianthine.

Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) sont déterminés en employant un alcaloïde, la brucine qui en milieu acide donne avec les ions nitrates une coloration jaune absorbant fortement à la longueur d'onde 410nanomètres.

### 2.2.3) Les cations

Le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) est dosé par volumétrie avec EDTA en présence d'hydroxyde de sodium, d'une solution tampon et de noir d'Erichrome.

Le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) la concentration de l'ion magnésium est calculée par différence  $\text{Mg}=\text{Th}-\text{Ca}$ .

Le titre hydrotimétrique (Th) est donné par volumétrie en présence d'EDTA. Les ions sodium ( $\text{Na}^+$ ) et potassium ( $\text{K}^+$ ) sont dosés par spectrophotométrie de flamme.

## 3) Exploitation et Interprétation des résultats

### 3.1) Exploitation des résultats

L'analyse hydrochimique a fourni des résultats, qui m'a permis de dresser des cartes d'isoteneur, à savoir les cartes de minéralisations, de chlorures, de sulfates, de bicarbonates et de nitrates. Celles des cations, sont représentées par les cartes, de calcium, de magnésium, de sodium et potassium.

L'utilisation des diagrammes verticaux (diagrammes semi logarithmiques) de Schoeller-Berkaloff, et les diagrammes triangulaires de Piper, rendra aussi possible la classification par famille des eaux échantillonnées, que leur évolution chimique en fonction du temps.

N° du puits	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Min	PH
1	66	52	179	5	234	86	334	25	930	8,2
5	104	62	207	5	316	86	133	17	1240	8,2
7	56	21	81	5	119	24	190	24	496	8,4
18	112	72	292	7	459	158	342	40	1364	8,1
17	139	92	331	11	620	163	293	47	1984	8
23	121	72	292	7	459	159	342	40	1178	8,3
25	80	73	373	16	529	190	301	37	1674	8,2
31	200	61	396	25	585	408	328	200	2294	8,1
35	112	68	304	12	449	209	293	84	1550	8,1
36	130	68	288	12	462	156	342	77	1488	7,9
41	100	67	361	10	491	202	334	70	1611	7,9
42	129	72	361	10	588	178	310	58	1798	8
56	68	36	207	6	216	108	357	67	992	8,3
57	70	78	239	10	326	125	404	24	1116	8,2
59	82	76	361	14	485	192	337	97	1612	8,2
60	60	71	442	13	474	216	415	95	1798	8,2
66	102	56	285	19	412	200	310	7	1426	8,3
68	160	100	690	24	815	747	418	26	2790	8,1
70	150	92	495	11	518	432	570	150	2232	8,2
74	88	48	278	21	332	216	371	10	3311	8,5
75	128	120	382	18	521	379	436	142	2108	8,4
82	128	100	449	14	649	348	389	83	2232	8,1
83	114	87	322	15	486	312	266	130	1736	8,3
85	150	128	621	25	576	576	334	80	2914	8,2
86	68	87	357	14	502	214	304	45	1674	8,3



87	94	96	304	11	498	175	407	26	1674	8,1
89	70	82	432	10	597	240	272	53	1922	8
90	114	99	212	10	323	235	583	91	1612	8,2
91	64	65	152	6	211	115	360	18	868	8,3
14	62	78	304	14	478	170	153	85	1550	8,6
29	66	81	414	23	610	192	260	42	1860	8,2
30	145	122	1357	30	1799	672	524	32	4960	8,1
45	76	73	375	21	510	204	207	78	1674	8,1
47	116	74	345	12	546	182	313	55	1798	8,1
56	96	64	327	10	433	180	363	72	1550	8,3
58	100	76	322	10	471	132	404	53	1550	8,3
58	72	57	230	6	320	103	337	28	1178	7,9
76	150	77	483	13	572	365	418	130	2227	8,3
10	86	68	308	11	398	143	436	44	1364	8

**Tableau n°15** : Résultats d'analyses chimiques des eaux (données ANRH, 1988)

### 3.2) Interprétation des résultats

#### 3.2.1) Paramètre physiques

##### a) Le PH

Le PH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, et à l'expression de rejets industriels particuliers, il est rare que le PH soit une contre indication à la potabilité. Le PH des eaux naturelles est lié à la nature géologique des terrains traversés.

Les eaux évoluant en milieu carbonaté ont un PH élevé, alors que celles provenant de terrains pauvres en calcaires ou en siliceux ont un PH voisin de 7 et quelques fois un peu inférieur (environ 6). Le PH représente l'état de l'équilibre carbonique.

Le CO<sub>2</sub> libre dissous dans l'eau forme un acide faible qui abaisse le PH ; il réagit avec les bases pour former des carbonates acides, pratiquement insolubles, et des bicarbonates très solubles.

Selon la teneur en Calcium et Magnésium, le PH remonte au fur et à mesure de la neutralisation du CO<sub>2</sub> Par l'une ou l'autre base.

Pour nos eaux échantillonnées, le PH présente des valeurs variant entre 7.9 et 8.6 ; soit une certaine tendance à la basicité des eaux. La moyenne est de 8.3.

Par contre, les échantillons récents ont leur PH compris entre 7.2 et 7.88 avec une moyenne de 7.43. On peut noter là que ces faibles valeurs du PH sont surtout liées à la nature lithologique des formations captées (alluvions, grès et sables).

### **b) La température**

La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. Elle joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et surtout des gaz ; elle régit la quantité d'oxygène dissous dans l'eau. Plus l'eau est chaude moins l'oxygène est capable de se maintenir en solution et le manque d'oxygène est l'un des indices de la pollution thermique.

Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant une température supérieure à 15°C favorise le développement des micro-organismes pathogènes en même temps qu'elle peut intensifier la fermentation qui agit comme pollution additionnelle diminuant la teneur en " oxygène dissous ".

D'une manière générale dans notre secteur d'étude, les températures fluctuent entre 17 et 19°C sur la bordure littorale et des températures comprises entre 19 et 22°C plus à l'intérieur. L'écart thermique entre la période de basses eaux et la période humide est environ 2°C.

### **c) La conductivité**

Définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup>, séparées l'une de l'autre de 1 cm, la conductivité est l'inverse de la résistivité électrique.

La mesure de ce paramètre permet d'évaluer rapidement mais approximativement la minéralisation globale et d'en suivre l'évolution.

Donc la conductivité d'une eau naturelle est fonction de la teneur en sels électrolytables dissous.

#### **4) Les cartes d'isoteneur**

Un certain nombre de cartes d'isoteneur ont été établies, afin de mieux comprendre l'évolution spatiale du chimisme de l'eau et la répartition de certains éléments à travers la région.

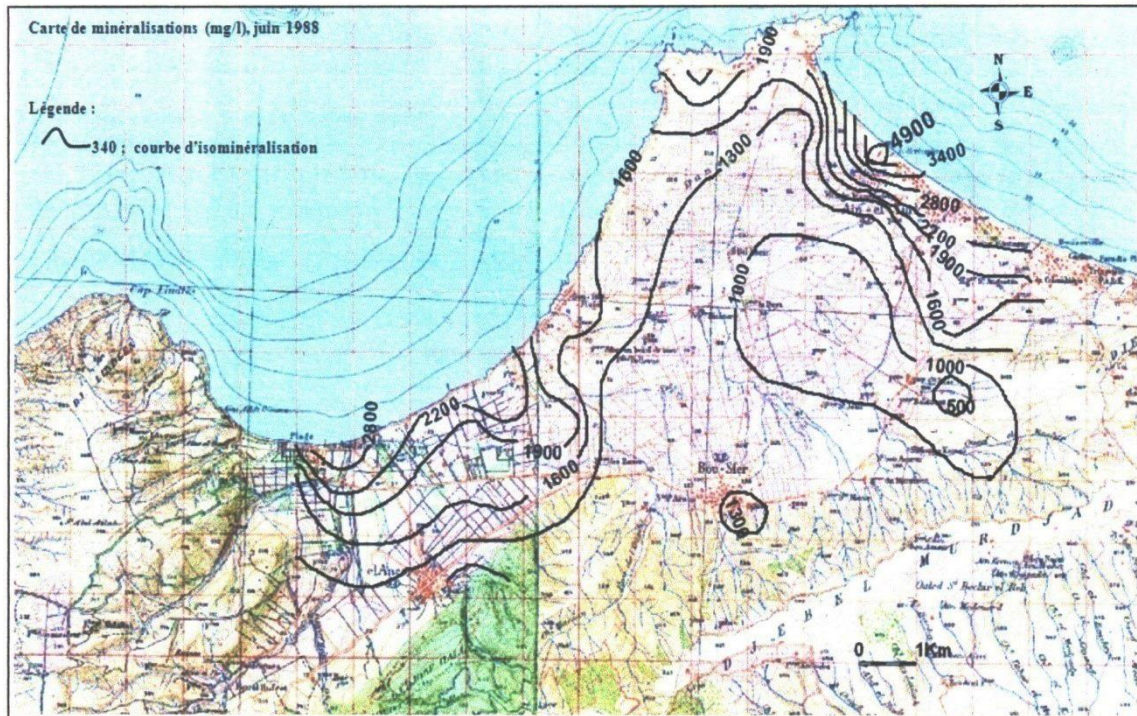
##### **4.1) La carte de minéralisations**

En général, les teneurs en minéralisations de la plaine évoluent entre 496 mg/l (puits n°7) à 4960 mg/l (puits n°30), autrement dit, la minéralisation diminue en allant du nord (mer) vers le sud.

Sur la carte de minéralisations, les valeurs relativement basses s'observent au niveau de piémonts nord du djebel Murdjadjo, où s'individualise une grande dépression (1000 à 500 mg/l). Il en est de même pour les complexes dunaires où la minéralisation croît progressivement.

Par contre, la minéralisation a atteint son paroxysme avec des valeurs supérieures ou égales à 4900 mg/l dans les localités à proximité de la mer, entre Ain Turk et Cap Falcon.

Des valeurs intermédiaires, entre 1300 et 2000 mg/l se rencontrent au centre de la plaine (El-Ançor, Ain Turck).



**Figure n°11** : Carte des minéralisations des eaux de la plaine côtière des Andalous (données ANRH, 1988)

#### 4.2) La carte d'isoteneur en chlorure

L'eau naturelle contient toujours des chlorures mais en proportion variable.

Les chlorures peuvent avoir deux origines : les apports atmosphériques et la dissolution des évaporites.

Les eaux de pluies peuvent apporter des chlorures d'origine marine qui s'accumulent en surface puis être entraînés dans les aquifères. Egalement, la dissolution de certaines catégories d'évaporites est facile et peut fournir de grandes concentrations dans les eaux.

La teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation.

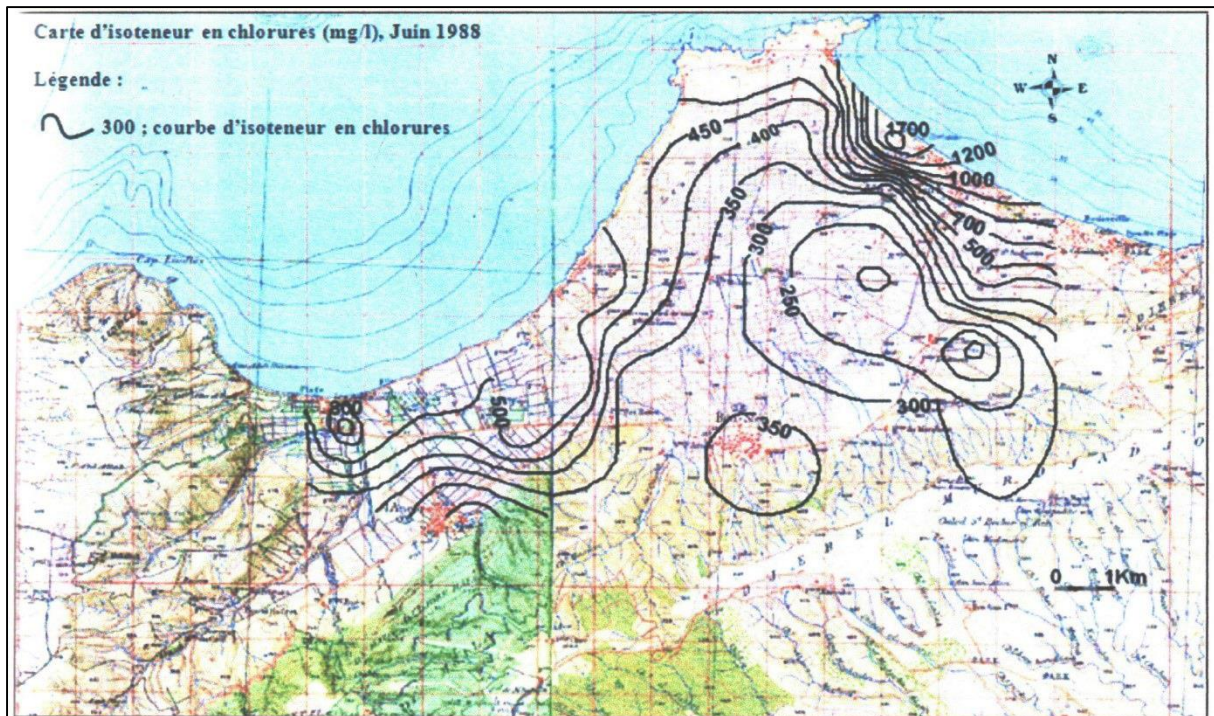
En ce qui concerne la carte d'isoteneur en chlorures, les valeurs les plus fortes sont observées aussi bien le long de la côte, que dans la zone entre Cap Falcon à Ain Turk, avec des concentrations avoisinant 1800 mg/l.

Au niveau des piémonts nord du djebel Murdjadjo, les concentrations deviennent plus faible.

Elles sont de l'ordre de 120 mg/l (ferme Sainte Rose).

Comme on a pu constater sur la carte des minéralisations des eaux, la carte d'isoteneur en chlorures indique également l'augmentation d'ion chlorure du sud vers le nord.

Les concentrations élevées en chlorures sont dues sans doute à l'influence de la mer et concernent ainsi les zones à proximité du rivage.



**Figure n°12** : Carte d'isoteneur en chlorures (données ANRH, 1988)

#### 4.3) La carte d'isoteneur en sulfates

La présence de sulfates dans l'eau, peut résulter de la solubilité du  $\text{CaSO}_4$  des roches gypseuses et de l'oxydation de sulfures, contenues dans les roches.

Les sulfates peuvent également provenir de certaines activités anthropiques (humaines).

Les activités industrielles (rejet des produits sulfatés), agricoles (engrais), et domestiques (détergeant) en sont la cause.

L'examen de la carte d'isoteneur en sulfates montre un contraste de valeurs, variant entre 25 et 700 mg/l.

La valeur la plus basse a été enregistrée au niveau de la ferme Sainte Rose (puits n°7) dans les piémonts nord du Murdjadjo.



Le puits n°68 situé entre l'oued Sidi Hammadi et les Andalouses, se caractérise par une concentration élevée. Il semble que les teneurs élevées sont localisées au niveau des secteurs à vocation agricole où l'épandage d'engrais est très répandu.

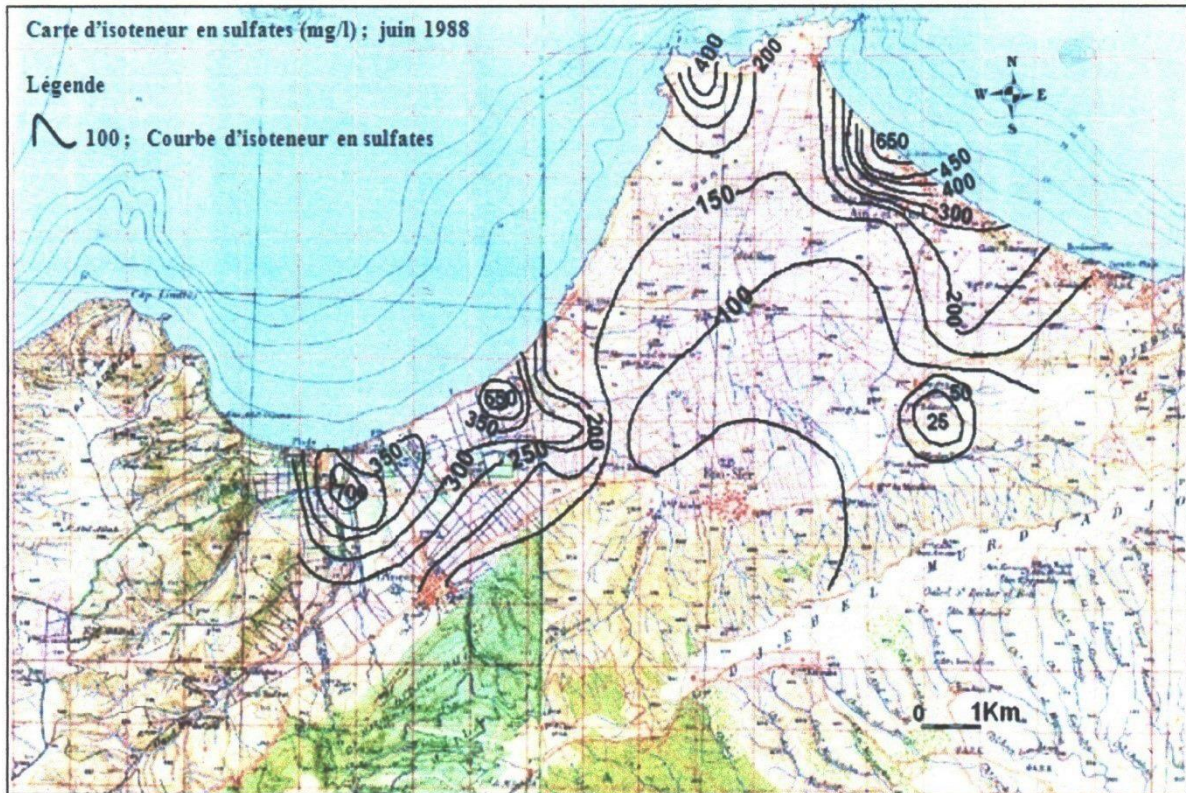
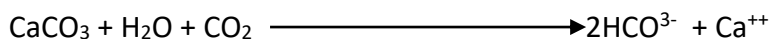


Figure n°13 : Carte d'isoteneur en sulfates (données ANRH, 1988)

#### 4.4) La carte d'isoteneur en bicarbonates

Les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) trouvent leur origine à partir de la dissolution des carbonates par le  $\text{CO}_2$  des eaux météoriques et de percolation, suivant l'équation chimique :

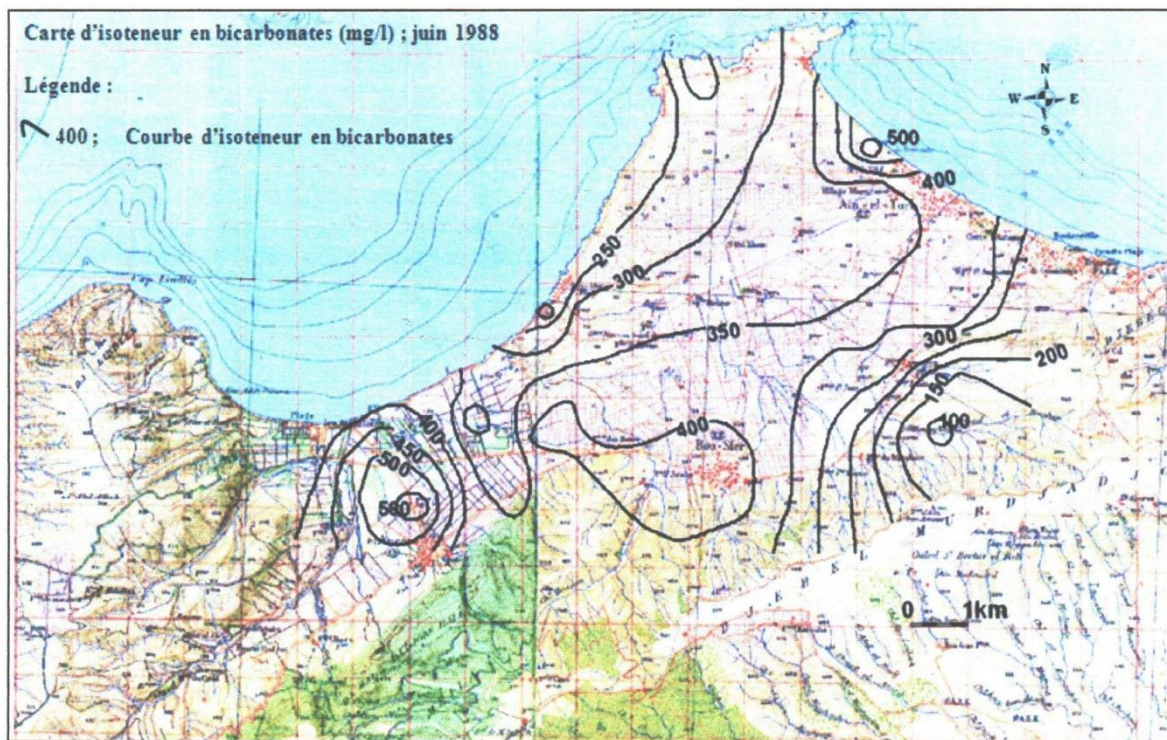


Sur la carte d'isoteneur en bicarbonates du secteur d'étude, les teneurs les plus élevées (400 à 580 mg/l) sont enregistrées au niveau de Bousfer, et à El-Ançor où le seuil est atteint.

La concentration élevée en ions  $\text{HCO}_3^-$  de la région est due au contact des eaux avec les formations de calcaires liasiques.

Cette concentration se fait sentir également à Ain-El-Turk avec de valeur dépassant légèrement 500 mg/l (puits n°30), ce qui explique l'influence de grès lumachelliques.

Les valeurs relativement faibles sont enregistrées au niveau des piémonts nord du Murdjadjo.



**Figure n°14** : carte d'isoteneur en bicarbonates (données ANRH, 1988)

#### 4.5) La carte d'isoteneur en nitrates

Une quantité non négligeable de nitrates peut être contenue dans les eaux naturelles émanant de décomposition de la matière organique ou de certains produits chimiques utilisés en agriculture, notamment l'utilisation des engrais pour la fertilisation du sol.

L'examen de la carte d'isoteneur en nitrates montre une concentration notable (200 mg/l) au niveau de Cap Falcon, surtout au niveau de Pain de Sucre (puits n°31), où la décharge à ciel ouvert influe directement sur la nappe perméable des complexes dunaires.

De part et d'autres de l'oued Sidi Hammadi, on remarque un contraste des valeurs (de 10 à 150 mg/l). La pollution par les eaux usées emportées par l'oued pourrait être à l'origine de la concentration enregistrée au puits n°70 (170 mg/l).

Tout le long de la bande des piémonts du Murdjadjo, on note des courbes d'isoteneur relativement basses.



Les teneurs en nitrates sont à rattacher surtout aux zones à vocation agricole (engrais chimiques).

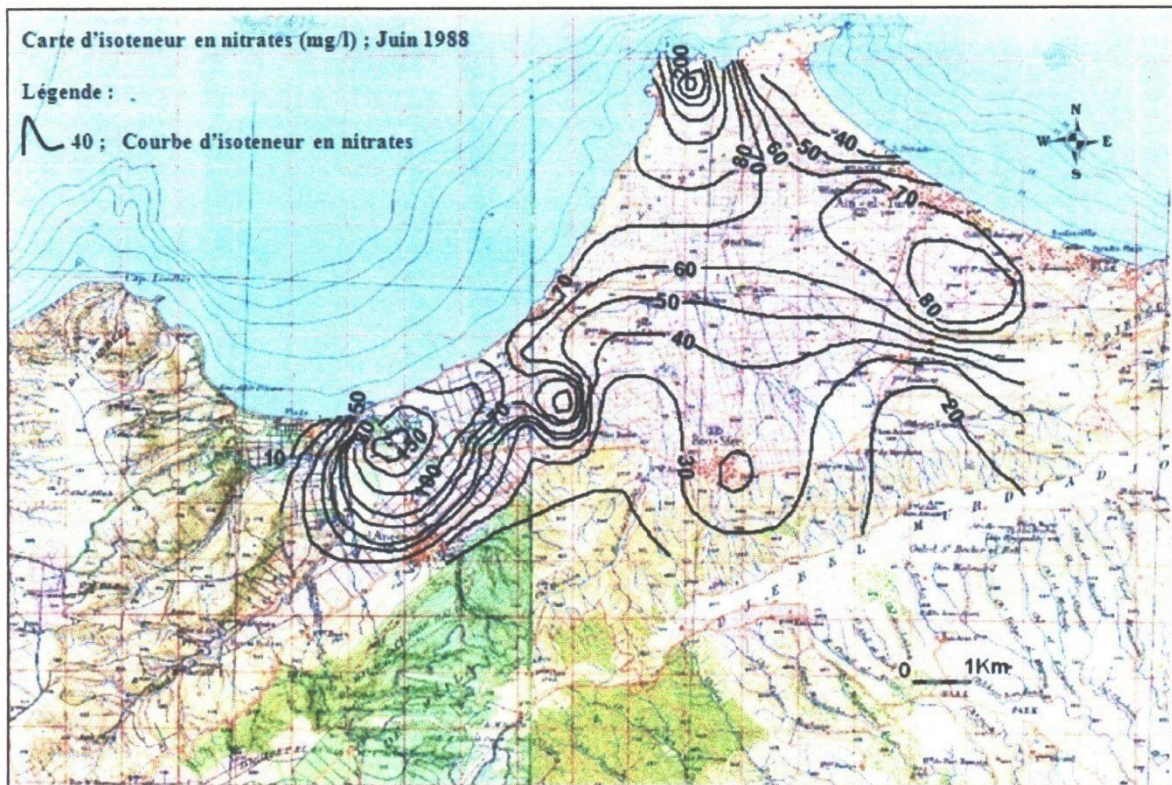


Figure n°15 : carte d'isoteneur en nitrates (données ANRH, 1988)

#### 4.6) La carte d'isoteneur en calcium

Les eaux souterraines, en contact avec les roches sédimentaires ont leur calcium qui provient surtout de la mise en solution de la calcite, l'aragonite, la dolomite, le gypse et l'anhydrite. Dans les régions cristallines, le calcium provient de nombreux minéraux, surtout les feldspaths plagioclases calciques, amphiboles et pyroxènes.

Le calcium provient également de certains organismes constituant les roches sédimentaires (les lumachelles par exemple).

La carte d'isoteneur en calcium montre des concentrations variant entre 60 à 200 mg/l.

Une teneur moindre a été aperçue au niveau du puits n°7 (56 mg/l), dans la zone avoisinant les formations de schistes et quartzites du Djebel Santon.

Par ailleurs, aux environs de la Pointe Coralés, de Pain de Sucre, la concentration a atteint son apogée à 200mg/l.



Cette teneur est imputable aux formations de grès lumachelliques du Cap Falcon.

Entre l'Oued Sidi Hammadi et les Andalouses, on note également une teneur relativement importante (150 à 160 mg/l) qui pourrait être due à la dissolution de calcaires liasiques par les eaux acheminées par l'oued.

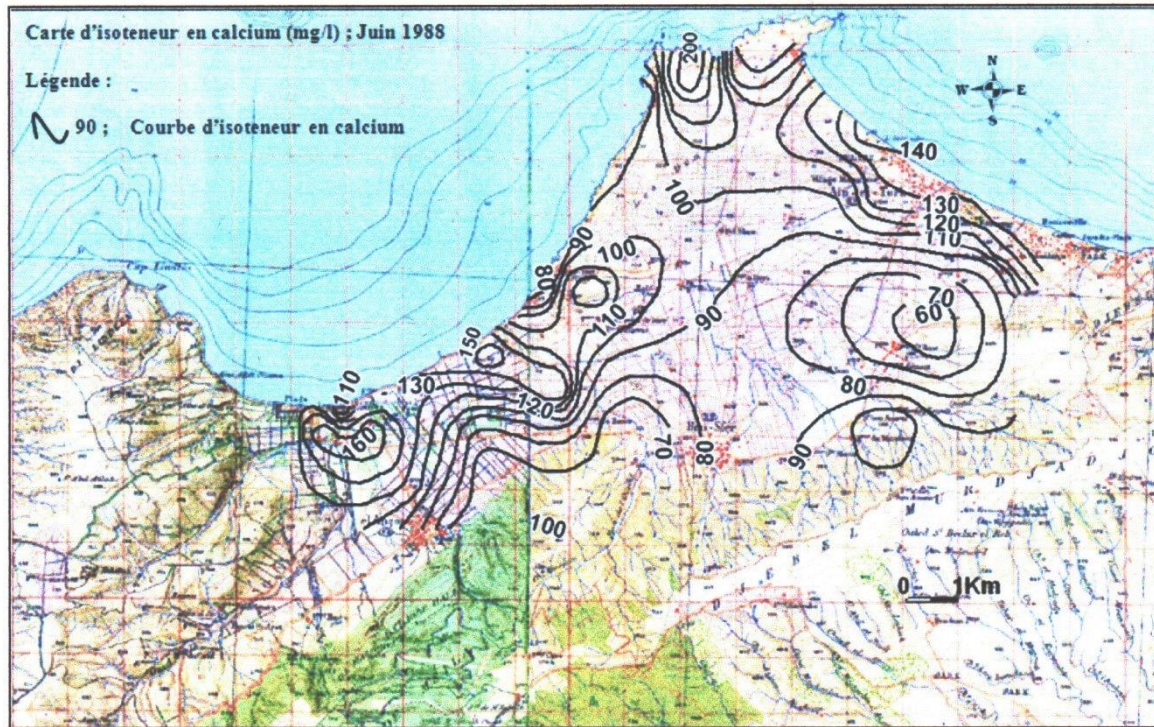


Figure n°16 : carte d'isoteneur en calcium (données ANRH, 1988)

#### 4.7) La carte d'isoteneur en magnésium

En général, la présence des ions magnésium dans les eaux naturelles est généralement due à la dissolution des formations dolomitiques, et à un degré moindre du gypse.

Sur la carte d'isoteneur en magnésium, comme sur celle d'isoteneur en calcium, le minimum (25 mg/l) a été observé à l'Est, aux environs du Djebel Santon. Un maximum (125 mg/l) enregistré au Nord-est d'El-Ançor est attribué aux calcaires dolomitiques du Lias.

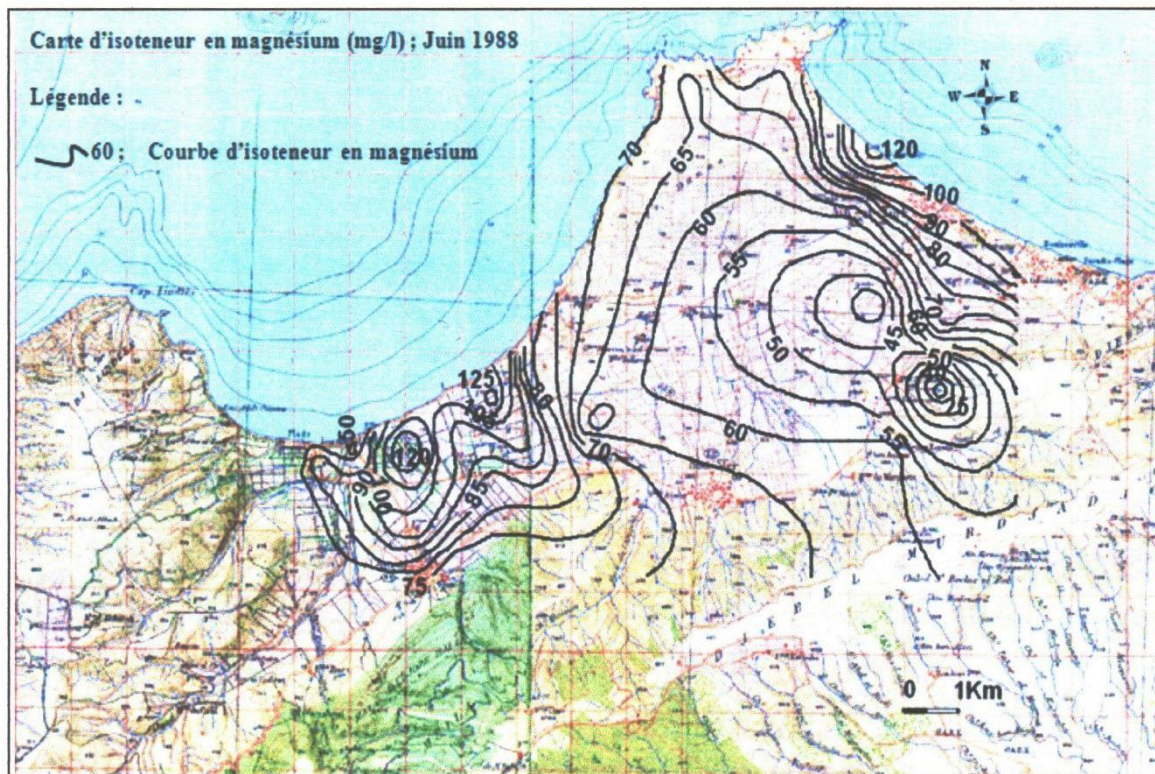


Figure n°17: carte d'isoteneur en magnésium (données ANRH, 1988)

#### 4.8) Les carte d'isoteneur en sodium et en potassium

Le sodium provient généralement de la même origine que celle des chlorures. Il est dans la plupart des cas lié aux minéraux argileux. Il peut être échangé contre les ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  par les minéraux argileux ou les substances organiques et provenir de l'hydrolyse des silicates.

De même, le potassium puise son origine dans les minéraux des roches évaporitiques, en étroite liaison avec les chlorures, comme la Sylvine (KCl). Observées sur la carte, les teneurs en sodium varient de 100 à 1300 mg/L. Etant donné, l'origine unique de sodium et de chlorures, le point d'eau où la concentration en sodium est extrême, caractérise en même temps la teneur en chlorures. Ceci est valable pour la carte d'isoteneur en potassium.



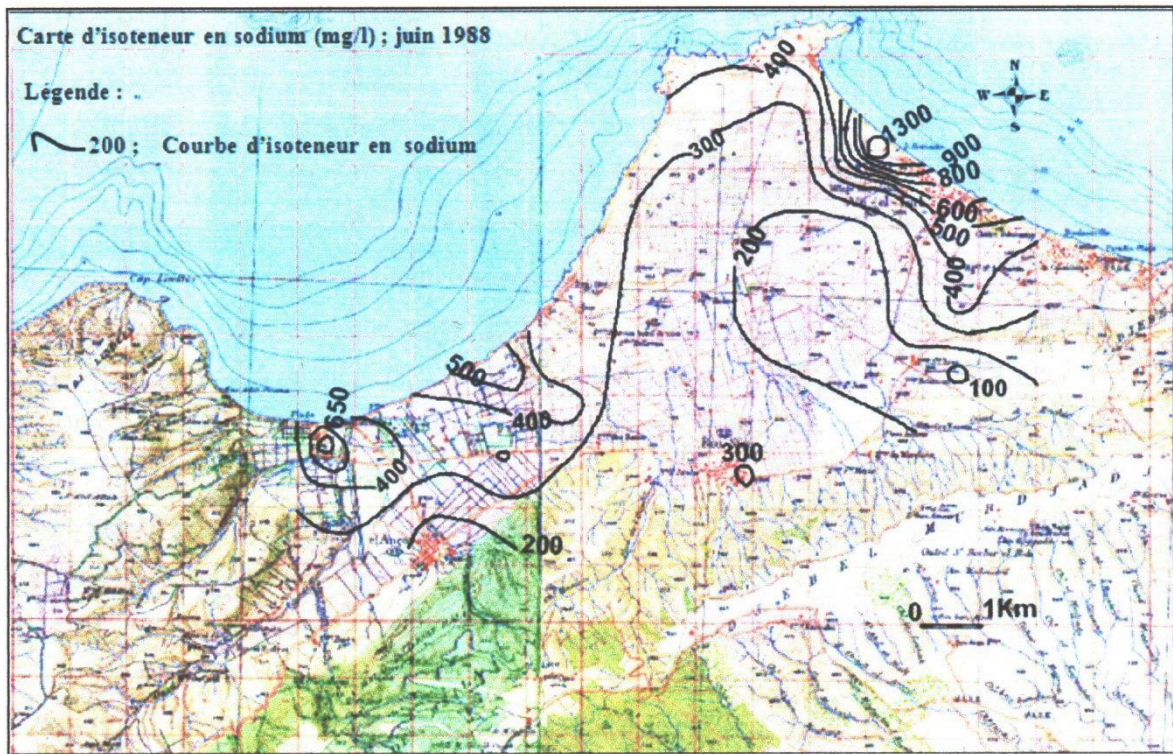


Figure n°18 : carte d'isoteneur en sodium (données ANRH, 1988)

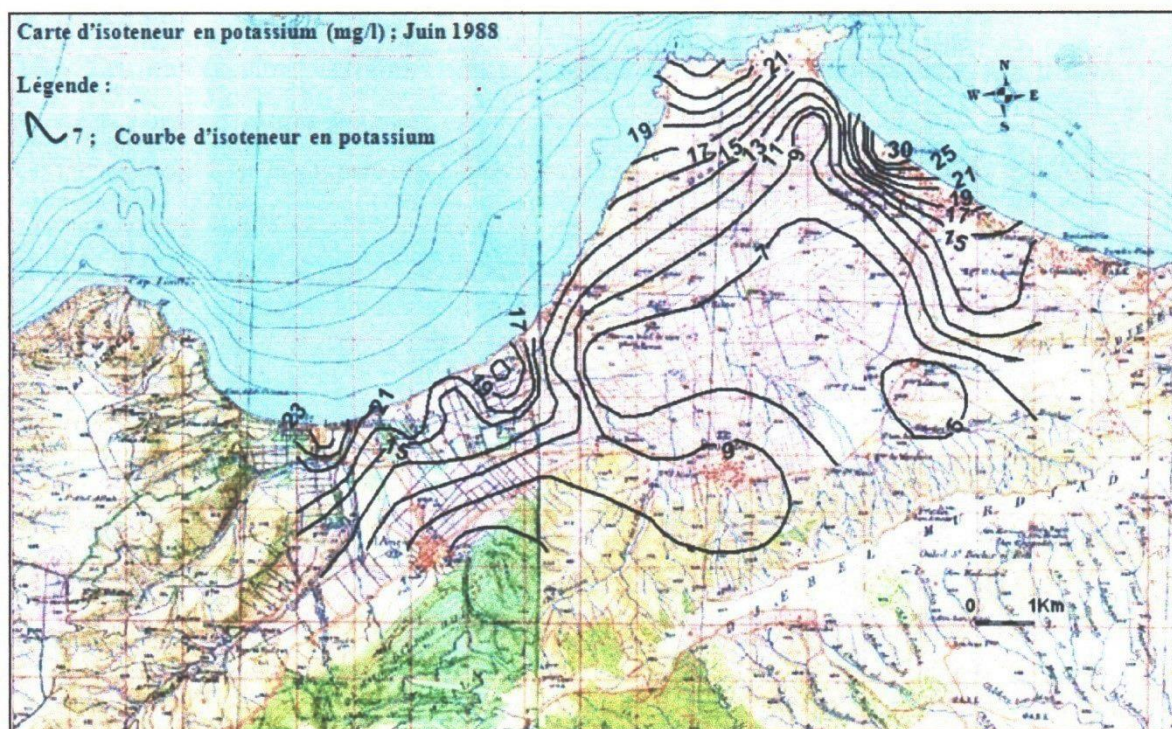


Figure n°19: carte d'isoteneur en potassium (données ARNH, 1988)

## 5) classification des eaux

### 5.1) Représentation graphique des analyses d'eau

#### 5.1.1) Diagramme de Schoeller-Berkaloff et piper pour les sept puits

Comparés avec les anciens points d'eau correspondants, les échantillons récemment analysés (ANRH, 2008) gardent le même faciès chimique, sinon la minéralisation a relativement augmentée.

Puits	Coordonnées ( X,Y)		Min(1988)	Min(2008)	Lieu
1	184.8	277.9	1611	1617	Ain turk
2	180.1	274.6	1488	1655	Sud de Bousfer plage
3	176.9	273.5	2108	3150	Andalouses
3'				3552	
4	176.7	271.6	1612	2861	El-Ançor
5	179.2	272.4		657	El-Ançor Bousfer
6	185.6	276.1	992	1708	Sud Ain turk

**Tableau n°16** : Minéralisation des eaux entre la période 1988-2008 (données ANRH, 2008)

Toutefois le puits (P5) correspond à un faciès d'eau bicarbonatée magnésienne. Ceci représente bien la formation captée par les calcaires dolomitiques.

Point d'eau	Formation caractéristiques	Faciès chimique de l'eau
P1, P2	$r \text{Cl}^- > r \text{HCO}_3^- > r \text{SO}_4 > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Na}^+ > r \text{Ca}^{++} > r \text{Mg}^{++} > r \text{K}^+$	Chloruré Sodique
P3, P3'	$r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4 > r \text{HCO}_3^- > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Na}^+ > r \text{Mg}^{++} > r \text{Ca}^{++} > r \text{K}^+$	Chloruré Sodique
P4, P6	$r \text{Cl}^- > r \text{HCO}_3^- > r \text{SO}_4 > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Na}^+ > r \text{Ca}^{++} > r \text{Mg}^{++} > r \text{K}^+$	Chloruré Sodique
P5	$r \text{HCO}_3^- > r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4 > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Mg}^{++} > r \text{Ca}^{++} > r \text{Na}^+ > r \text{K}^+$	Bicarbonaté Magnésienne

**Tableau n°17** : formule et faciès chimique des eaux souterraines (données ANRH, 2008)



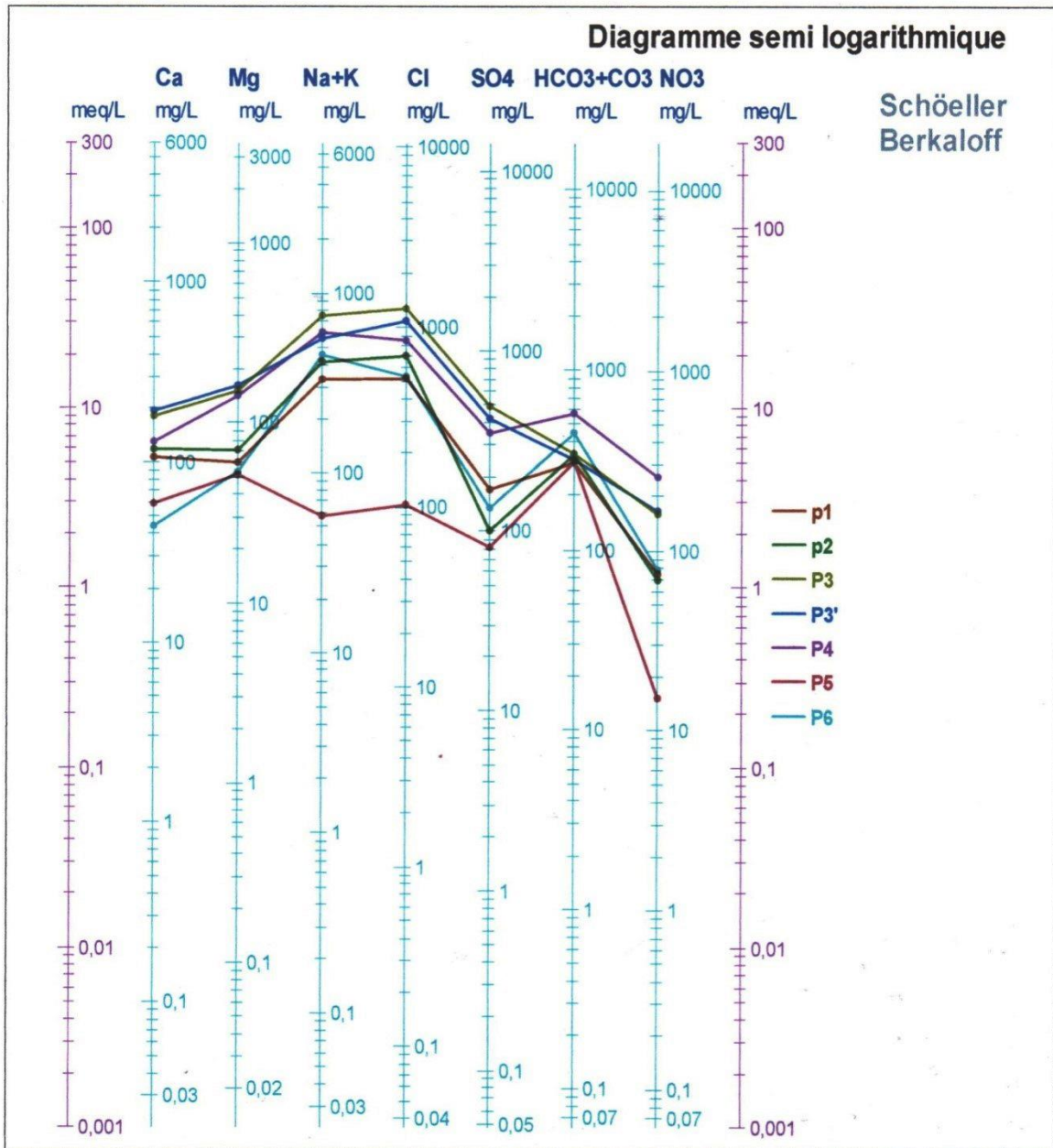


Figure n°20 : représentation graphique de Schoeller-Berkaloff (données ANRH, 2008)

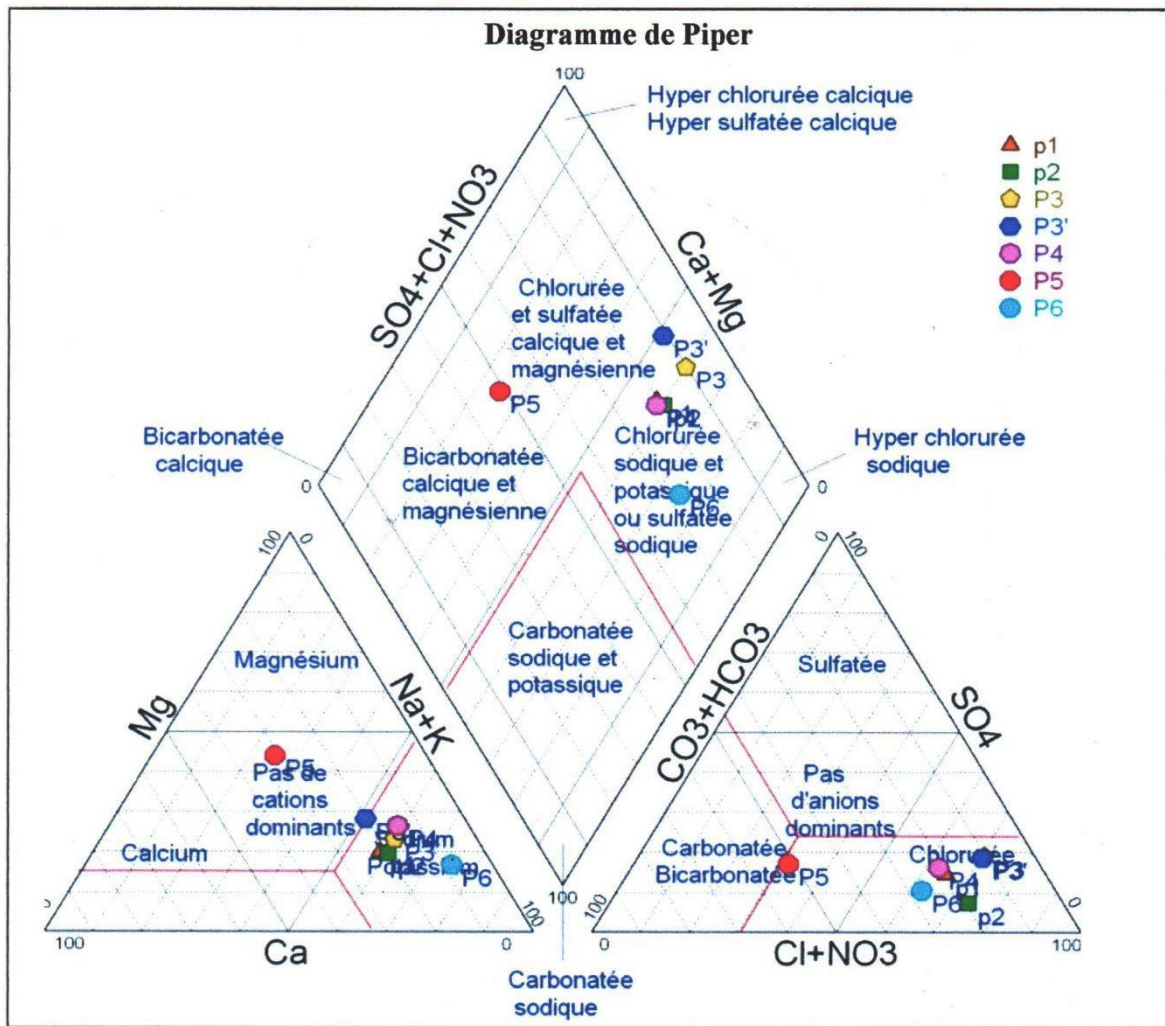


Figure n°21 : diagramme d'analyse d'eau (données ANRH, 2008)

### Conclusion

L'interprétation des résultats de l'analyse chimique par les diagrammes de Schoeller-Berkaloff et Piper ainsi que par les cartes d'isoteneur, a montré la similarité et l'étroite relation existant entre minéralisations et certains élément chimique majeurs tels que les chlorures, sulfates, sodium, et potassium.

En effet, c'est la bande côtière (les Andalouses et Ain Turk) qui est la plus affectée par cette minéralisation très importante par rapport à tout le secteur étudié. Certains puits de cette bande peuvent débiter des eaux hyperchlorurées sodiques (cas d'Ain Turk et les Andalouses).

Par contre, il faut aussi noter la présence des puits (grès fossilifères) à minéralisation modérée au sein d'Ain Turk. Ceci a été confirmé par les résultats d'analyses d'échantillons d'eau récemment prélevés.

En revanche, les piémonts nord du Murdjadjo se caractérisent par des teneurs faibles, les faciès chimiques de ses eaux sont bicarbonatés sodiques dans l'ensemble.



## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

En conclusion générale nous pouvons dire :

- L'étude climatologique de la région étudiée montre un climat semi aride à l'indice saisonnier obtenu est de type HAPE. L'analyse lithostratigraphique a permis de distinguer un substratum à prédominance carbonatée et de schistes le long du flanc nord du Murdjadjo. La couverture affleurant au centre et vers le Nord de la plaine, est constituée de sables et grès fossilifères d'âge Plio-Quartenaire.
- Le sens d'écoulement de la nappe reste toujours la même depuis 32 ans, se fait du Sud vers le Nord, suit la pente topographique.
- L'étude hydrochimique a fait ressortir, les diagrammes de faciès bicarbonaté-sodique le long de la frange nord du Djebel Murdjadjo et un faciès chloruré sodique au centre de la plaine.

## Références bibliographiques

---

### La bibliographie

BENZIANE.A (1978) Etude géologique et hydrogéologique de la région des andalouses. Mémoire d'ingénieur (Université d'Oran).

DOUMERGUE. M(1912) Carte géologique de la feuille des Andalouses au 1/50.000

FENET. B (1971) Aperçu stratigraphique et structural sur le Djebel de Santa Cruz (Ouest d'Oran, Algérie).

FOURACHE.M (2001) Hydrogéologie des massifs côtiers oranais (Arzew, Beni Saf). Thèse de magister en science de la terre (Université d'Oran).

MALIKI. N (1986) Etude des ressources en eau souterraine de la région de M'sila-Madakh- Cap Lindlés-Cap Blanc. Mémoire d'ingénieur (Université d'Oran).

MANSOUR. H (1989) Hydrogéologie des complexes dunaires à l'Ouest d'Oran : Cap Falcon (Oran) à Terga (Bénif Saf). Mémoire de Magister (Université d'Oran).

TALEB. M (2006) Etat de l'assainissement d'une zone côtière Analyses et perspectives d'aménagement. Cas : Commune d'Ain El Turk. Mémoire d'ingénieur (Université d'Oran).

## Liste des tableaux

Tableau n°01 : correspondance des diverses formations géologiques

Tableau n°02 : les caractéristiques de la station météo Oran-port (données ONM, 2001)

Tableau n°03 : répartition des températures moyennes mensuelles (données ONM, 2001)

Tableau n°04 : Précipitations moyennes mensuelles (données ONM, 2001)

Tableau n°05 : indice saisonnier de station Ain El-turck

Tableau n°06 : calcul de l'indice d'aridité annuelle (A)

Tableau n°07 : Calcul des indices d'aridité mensuelle

Tableau n°08 : L'humidité relative à 7h, 13 h, et 18 h : moyennes mensuelles et annuelles de la région d'Ain El-turk entre 1990-2000 (données ONM, 2001)

Tableau n°09 : Vitesse (données ONM, 2004)

Tableau n°10 : fréquence des vents / observation entre 1990-2000 (données ONM, 2001)

Tableau n°11 : récapitulation des potentialités hydrogéologiques des formations

Tableau n°12 : Les réserves régulatrices moyennes correspondant à la nappe dunaire de la plaine des andalouses-El-Ançor-Bousfer seraient de l'ordre de 5 million m<sup>3</sup>/an. (D'après H.MANSOUR)

Tableau n°13 : résultats de l'essai par palier (d'après M. Foukrache, 2001)

Tableau n°14 : résultats d'analyses chimiques des eaux (données ANRH, 2008)

Tableau n°15 : Résultats d'analyses chimiques des eaux (données ANRH, 1988)

Tableau n°16 : Minéralisation des eaux entre la période 1988-2008 (données ANRH)

Tableau n°17 : formule et faciès chimique des eaux souterraines (d'après M.OUMAR)

## Liste des figures

- Figure n°01 : la carte ainsi la localisation de la zone étudier
- Figure n°02 : carte géologique de la plaine des Andalouses (d'après A.Benziane)
- Figure n°03: Coupe géologique schématique de la plaine de Bousfer (d'après M. Foukrache)
- Figure n°04 : Courbe pluviométrique station d'Oran 1990-2000 (données ONM, 2001)
- Figure n°05 : carte d'inventaire des points d'eau du secteur (donnée ANRH)
- Figure n°06 : carte piézométrie de la plaine des Andalouses (données ANRH, 2008)
- Figure n°07 : forage d'exploitation f2 plaine des Andalouses (d'après M.Oumar)
- Figure n°08 : courbe de descente du forage F1
- Figure n°09 : courbe de remontée du forage F1
- Figure n°10 : courbe de remontée de forage F2
- Figure n°11 : Carte des minéralisations des eaux de la plaine côtière des Andalouses
- Figure n°12 : Carte d'isoteneur en chlorures (données ANRH, 1988)
- Figure n°13 : Carte d'isoteneur en sulfates (données ANRH, 1988)
- Figure n°14 : carte d'isoteneur en bicarbonates (données ANRH, 1988)
- Figure n°15 : carte d'isoteneur en nitrates (données ANRH, 1988)
- Figure n°16 : carte d'isoteneur en calcium (données ANRH, 1988)
- Figure n°17: carte d'isoteneur en magnésium (données ANRH, 1988)
- Figure n°18 : carte d'isoteneur en sodium (données ANRH, 1988)
- Figure n°19: carte d'isoteneur en potassium (données ARNH, 1988)
- Figure n°20 : représentation graphique de Schoeller-Berkaloff (données 2008)
- Figure n°21 : diagramme d'analyse d'eau (données, 2008).