

N° d'ordre :

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université d'Oran 2**

**Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences de la Terre**

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade
de Master en Hydrogéologie

Option : **Eau Souterraine & Environnement**

Thème

***Synthèse hydrochimique et teneurs en nitrates
des eaux de trois nappes de la région d'Oran***

Par

KOUACHI Ahleme

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

Mr.HASSANI M. I.
Mme. ZAIDI-MEBROUK N.
Melle ABLAOUI H.

Professeur
Professeure
Maître-Assistante A

Président
Encadreur
Examinatrice

Oran2016

Remerciements

Avant tout, je remercie **DIEU** le Tout Puissant qui m'a donné sagesse et santé afin de réaliser ce modeste travail et arriver à récolter le fruit de mes peines.

Au terme de ce travail, il m'est très agréable d'adresser mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Vous êtes nombreux à vous bousculer dans mon esprit afin d'entrer dans cette feuille, mais vous devez toujours ressentir en lisant ces quelques lignes que j'ai pensé à vous tous même si vos noms n'y figurent pas.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers **Madame N. MEBROUK, Professeur** à l'Université d'Oran 2, qui m'a fait confiance et qui a bien voulu m'encadrer. Je la remercie de m'avoir fait bénéficier de ses connaissances et de ses critiques qui m'ont beaucoup aidé à l'amélioration de ce travail. Sa méthode rigoureuse sera pour moi un bon exemple à suivre.

Je remercie pleinement Monsieur **Hassani M.I.**, Professeur à l'université d'Oran2, de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Je tiens également à remercier Melle **H. Ablaoui**, Maitre-Assistante à l'université d'Oran 2 pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Je témoigne ma profonde gratitude à tout le corps professoral et tout le personnel de la Faculté des Sciences de la Terre.

Je ne pourrais passer sous silence l'aide des fonctionnaires des bibliothèques des Sciences de la Terre de l'Université d'Oran.

A toutes et à tous merci.

Dédicaces

Avec un très grand plaisir et joie, je dédie ce travail :

A mes très chers parents, et ma grand-mère, pour tout leur sacrifice, afin que je puisse atteindre ce niveau d'étude, que Dieu leur offre une longue vie pour me voir réussir dans ma vie.

A mes très chers sœurs, et petits neveux : Narjis et Yasser.

A ma grande famille chers (e) : oncle, tante, cousin (e).

Et les familles : Kouachi, Benkheira, et Maharreur.

A mes amies : Rabia, Ratiba, Fadila, Zineb et Hanane.

A tous ceux ou celles qui m'aiment.

SOMMAIRE

Remerciement.....	
Sommaire.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Introduction générale.....	1

Chapitre I

I- Généralités

I.1.cadre géographique	2
a. Dans un contexte général	2
b. Dans un contexte local	2
I.2. Présentation de la zone industrielle de Hassi Ameer	
I.2.1.Localisation de la zone industrielle	
I.2.2.Historique de la zone industrielle de Hassi Ameer	
I.3.Contexte géologique	
I.3.1. lithostratigraphie de la région étudiée	
I.3.1.1. les formations anté-nappes	
I.3.2. Lithostratigraphie de la région étudiée	
I.3.2.1. Les formations anté-nappes	
I.3.2.1.1. Le Permo – Trias	
I.3.2.1.2. Le Jurassique	
I.3.2.1.3. Le Crétacé	
I.3.2.2. Les formations post-nappes	
I.3.2.2.1. Le Miocène	
I.3.2.2.2. Le Pliocène	
I.3.2.2.3.Les formations quaternaires	
I.4.Cadre Hydrogéologique :.....	
I.4.1. Description des principaux aquifères du secteur d'étude :.....	
I.4.1-1.aquifère des grés coquillers et grés jaunes (Plio-Quaternaire)	
I.4.1.2.aquifère des calcaires gréseux	
I.4.1.3.Aquifère de grès lumachelliques du Calabrien	

I.5.	Cadre climatique.....	
I.5.1.	Etude des précipitations.....	
I.5.1.1.	Précipitations moyennes mensuelles.....	
I.5.1.2.	Précipitations moyennes annuelles.....	
I.5.1.3.	Précipitations saisonnières.....	
I.5.2.	Etude de la température.....	
I.5.2.1.	Les températures moyennes mensuelles	
a-	la température maximale.....	
b-	la température minimale.....	
c-	la température moyenne.....	
I.5.3.	L'indice climatique de la région d'étude.....	
	Conclusion.....	

Chapitre II

Contexte hydrochimique

II.1	Introduction.....	
II.2.	Caractères Organoleptiques.....	
II.2.1.1.	La couleur.....	
II.2.2.2.	L'odeur.....	
II.2.2.3.	La turbidité.....	
II.2.4.	Gout et la saveur.....	
II.3.	Etude des paramètres physiques.....	
II.3.1.	Le pH.....	
II.3.2.	La conductivité	
II.3.3.	La minéralisation.....	
II.4.1.	Etude des paramètres chimiques.....	
II.4.1.1.	La balance ionique.....	
II.4.1.2.	Calcium.....	
II.4.1.3.	Le magnésium	
II.4.1.4.	Le sodium et potassium	
II.4.1.5.	Les bicarbonates	
II.4.1.6.	Les chlorures	
II.4.1.7.	Les sulfate	
II.4.2.	Classification hydrochimique.....	

II.4.2.1. Interprétation par le diagramme de Piper.....	
II.4.2.2. Interprétation par le diagramme de Schoeller-Berkaloff.....	
II.4.3. Etude des rapports caractéristiques.....	
II.4.3.1. SO ₄ ²⁻ /Cl ⁻	
II.4.3.2. le rapport Na/Cl.....	
II.4.3.3. le rapports Mg/Ca.....	
II.4.4. Indices de saturation.....	
II.4.5. Traitement statistique des données hydrochimiques.....	
II.4.5.1. Etude statistique en composante principale.....	
a)- statistiques élémentaires.....	
b)- Matrice de corrélation.....	
II.4.5.2. Analyse en Composantes Principales (ACP).....	
a)- Diagonalisation	
b)-Cercle de corrélation des variables	
Conclusion	

Chapitre III : Pollution des eaux souterraines par nitrates

II.1. Généralités.....	
III.1.1. Définition de la pollution de l'eau	
III.1.2. Principaux type de pollution.....	
III.1.2.1. la pollution d'origine urbaine	
III.1.2.1.1. la pollution organique	
III.1.2.1.2. la pollution	
bactériologique	
III.1.2.2. Pollution d'origine agricole	
III.1.2.3. la pollution industrielle.....	
III.1.3. Définition : qu'est ce que le nitrate ?.....	
a)- Les sources de pollution aux nitrates dans les eaux souterraines	
III.1.3.1. Cycle de l'azote.....	
a)- Nitrification	
b)- Dénitrification	
c)- Minéralisation et réorganisation.....	
III.1.3.2. Norme de potabilité	
III.2. Etude de la pollution dans le secteur d'étude.....	
III.2.1. Présentation des résultats d'analyse des nitrates.....	

II.2.2. Les nitrates	
II.2.3. Distribution des éléments sur papier Gauss-logarithmique.....	
Conclusion.....	
Conclusion générale.....	

Liste des figures

- Figure n°1** : Situation géographique générale du secteur d'étude.....
- Figure n°2** : Vue aérienne de la zone industrielle de Hassi Aneur (d'après Boukri M., 2013).....
- Figure n°3**: Répartition spatiale des unités industrielles au niveau de la ZI de Hassi Aneur (d'après Sadi .R et Mekhloufi M., 2013).....
- Figure n°4** : Coupe géologique illustrant les formations anté et post-nappes autour du Djebel Khar (Fenet B., 1975).....
- Figure n° 5**: Log géologique du forage de l'ex. Oravio (couvoir) (X : 212.100, Y : 273.225).
- Figure n°6** : Extrait de la carte pluviométrique de Chaumont et Paquin au 1/50 000é (1913-1963). (In Moussa K., 2012).
- Figure n°7**: Répartition de la pluviométrie de l'Algérie du Nord (1922-60/1969-89). Hydraulique Projet Ouest (In H.P.O). (D'après BOUAAZA S., 2014).....
- Figure n°8**: Abaque d'indice d'aridité de De -Martonne (station d'Es sénia).....
- Figure n°9** : localisation géographique des points d'eau.....
- Figure n° 10**: Carte d'isoteneurs de minéralisation (mg/l)
- Figure n°11** : Carte d'isoteneurs en calcium (Ca^{++}) (mg/l).....
- Figure n°12** : Carte d'isoteneurs en chlorures (Cl^-) (mg/l).....
- Figure n° 13**: diagramme de Piper.
- Figure n°14**: diagramme de Schoeller et Berkloff.....
- Figure n°15** : diagramme de Schoeller et Berkloff.....
- Figure n°16** : diagramme de Schoeller et Berkloff.....
- Figure n°17** : Cercle de corrélation : axes 1 et 2, étude des variables.....
- Figure n°18** : Cycle de l'azote.....
- Figure. n°19**: l'évolution de la teneur en nitrate en (mg/l).....
- Figure n°20** : Carte des teneurs en nitrates (mg/l).....
- Figure n°21** : Répartition des ions dans les eaux des trois nappes.....

Liste des tableaux

- Tableau n°1:** Coordonnés de la station climatologique d'Es-sénia.....
- Tableau n° 2:** Précipitations moyennes mensuelles pour la période 1990-2013 (d'après Bouazza.S., 2014).....
- Tableau n°3 :** Variabilité des précipitations annuelles à la station d'Es-sénia (1990-2013).....
- Tableau n°4 :** Précipitations saisonnières (période 1990-20113).....
- Tableau n°5:** Températures moyennes mensuelles à la station d'Es-sénia, période : 1990-2013, (données O.N.M).....
- Tableau n°6 :** Résultats d'analyse physico-chimique des eaux.....
- Tableau n°7 :** Classification et le type de pH.....
- Tableau n°8 :** calcul des moyennes et écarts-type
- Tableau n°9 :** Matrice de corrélation des éléments chimiques.....
- Tableau n° 10 :** Vecteurs propres (coefficient des variables centrées réduites dans l'équation linéaire des axes principaux).....
- Tableau 11:** Normes O. M .S de potabilité.....
- Tableau n°12 :** résultats d'analyse des nitrates en (mg/l). (In Boullahi A., 2008) et(In Adda M., 2011) et (In Boubkri M., 2012).....

Introduction générale

Introduction générale

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol.

Les [aquifères](#) souterrains sont la réserve majeure (96 %) de l'eau douce exploitable sur les terres émergées. 65 % des eaux qui y sont pompées sont utilisées et parfois gaspillées pour l'[irrigation](#). L'eau potable constitue 25 % des prélèvements alors que l'industrie pompe le reste (10 %).

L'eau est une ressource indispensable à la vie. L'eau souterraine, bien qu'elle soit cachée et invisible, est fragile et souvent vulnérable aux nombreuses sources de contamination découlant des activités humaines. Le traitement d'une eau souterraine contaminée peut s'avérer long et coûteux, voire impossible dans certains cas. Voilà pourquoi il est impérieux de la protéger adéquatement afin de minimiser les risques de contamination qui la menacent.

La ville d'Oran est la deuxième ville et centre économique du pays. Elle est située sur le littoral Nord-Ouest de l'Algérie. La région étudiée s'étend depuis la zone industrielle d'Es-Senia Sud-Ouest de la ville d'Oran jusqu'à la zone industrielle de Hassi Ameur à l'Ouest.

L'eau qui coule de notre robinet devient tout à coup douteuse lorsque plane la menace des nitrates qu'elle renferme. La mauvaise réputation de ces substances composées d'un atome d'azote et de trois atomes d'oxygène (NO_3^-) n'est plus à faire. Reconnus responsables de dégâts sur l'environnement lorsqu'ils se concentrent dans les rejets agricoles, les nitrates sont aussi accusés d'empoisonner les bébés et d'augmenter les risques de cancers d'où de régulières alertes sanitaires lorsque l'eau potable d'une commune dépasse le seuil autorisé de 50mg/l de NO_3^- .

L'objectif de notre travail c'est d'étudier les teneurs en nitrates dans les eaux souterraines, leur évolution, et de déterminer leur origine probable.

Afin de répondre à ces préoccupations, cette étude est basée sur les chapitres suivants : Le premier chapitre est une présentation générale de la zone d'étude, en abordant d'une part les caractéristiques morphologiques, climatiques, géologiques et hydrogéologiques de cette zone et d'autre part une présentation de la zone industrielle de Hassi Ameur.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude hydrochimique. Ce chapitre portera sur l'interprétation des paramètres hydrochimiques majeurs caractérisant les 49 échantillons. L'étude statistique des différents paramètres étudiés, de leur répartition spatiale et des principaux faciès chimiques déterminés renseignera sur l'origine et l'évolution des minéralisations.

Le troisième chapitre est réservé à l'état qualitatif des eaux souterraines du secteur d'étude à travers l'étude d'un paramètre indicateur de pollution, en l'occurrence les nitrates.

Et finalement une conclusion générale qui résume les résultats.

Chapitre I : Généralités

I-Cadre géographique

1-Dans un contexte général :

La ville d'Oran est la deuxième ville et centre économique du pays. Elle est située sur le littoral Nord-Ouest de l'Algérie et dispose d'une façade maritime de 120 Km, au bord de la mer méditerranée (coordonnées : 35°42' Nord, 0°38' Ouest).

Elle est limitée par :

- Au Nord par la mer méditerranée ;
- Au Sud-Est par la wilaya de Mascara ;
- A l'Ouest par la wilaya d'Ain Témouchent ;
- Au Sud par la wilaya de Sidi Bel Abbés.

Le chef lieu de la wilaya est situé à 432 km à l'Ouest de la capitale Alger. La wilaya s'étend sur une superficie de 2114 Km.



Figure n°1 : Situation géographique générale du secteur d'étude.

2-Dans un contexte local :

Hassi Ameur est situé à environ 11 km à l'Est de la ville d'Oran.

Les coordonnées géographiques sont 33°21'51" N et 10°37'6" E en DMS (degrés, minutes, secondes) ou 33.3642 et 10.6183 (en degrés décimaux).

Il est limité :

- au Nord-Est, par l'agglomération de Hassi Ben Okba,
- au Nord et au Nord-Ouest, par les collines de Hassi Ben Okba,
- au Sud-Est, par l'agglomération de Hassi Ameur,
- à l'Ouest et au Sud-Ouest, par les agglomérations de Douar Kharrouba et de Hassi Bounif.

2-1- Présentation de la zone industrielle de Hassi Ameur :

2-1-1 Localisation de la zone industrielle (fig. n° 2) :

La zone d'étude se caractérise par la localisation de la zone industrielle de Hassi Ameer, ce dernier fait parti de la commune de Hassi Bounif, située à 5 Km de chef lieu de la daïra de Bir El Djir, et à 8 Km chef lieu de la wilaya d'Oran avec une longitude de 0°28'18" Nord et une latitude de 35°42'24" Ouest.

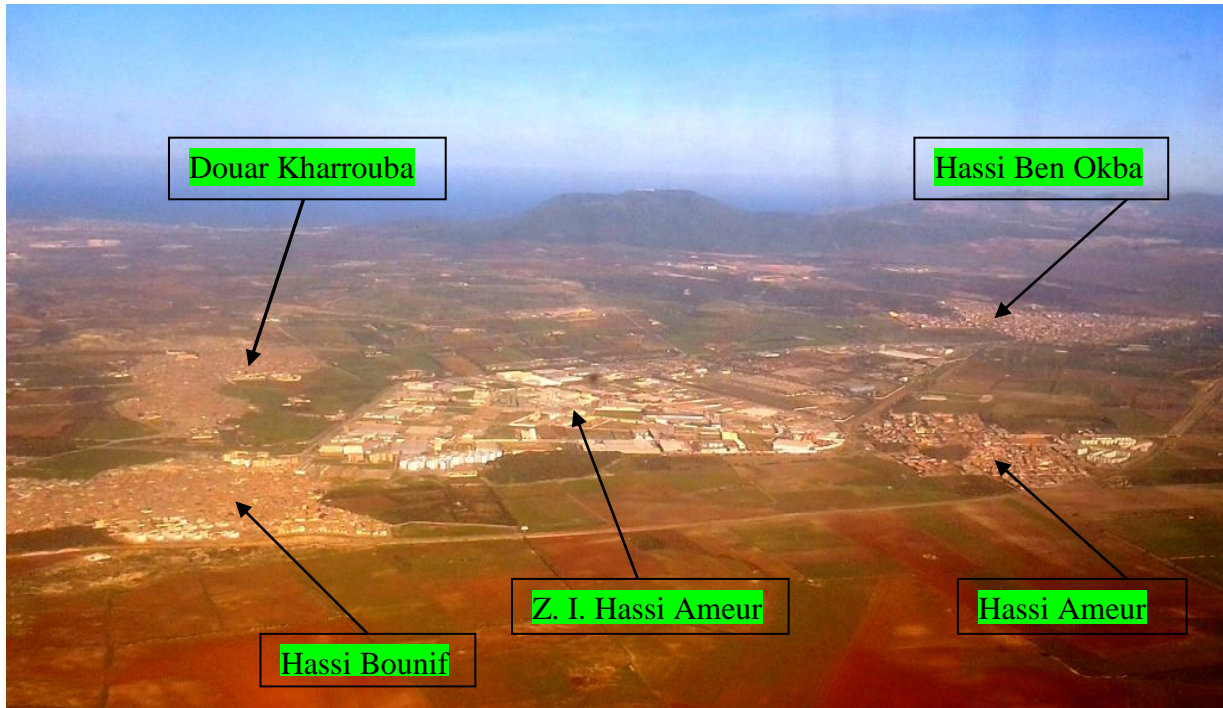


Figure n°2 : Vue aérienne de la zone industrielle de Hassi Ameer (d'après Boubkri.M., 2013)

Elle longe la route nationale RN 11 Oran / Arzew et elle est limitée par :

- l'agglomération de Hassi Ben Okba au Nord-Est,
- l'agglomération de Hassi Ameer au Sud-Est,
- L'agglomération de Hassi Bounif à l'Ouest,
- Douar Kharrouba au Nord-Ouest.

2-1-2-Historique de la zone industrielle de Hassi Ameer :

Le centre de Hassi Ameer s'étend sur une surface plaine avec la présence des zones de dépression qui forment un obstacle sérieux gênant le fonctionnement du système gravitaire. Elle s'étend sur une superficie de 315 ha, elle est mise en service en 1984.

Le choix de création de cette zone industrielle s'était basé sur :

- Une décision politique en faveur de l'orientation de l'économie nationale vers l'industrialisation.
- La disposition d'une main d'œuvre profitable.
- Une infrastructure routière importante.
- Des potentialités en eau considérables dans la plaine des Hassis.

- La situation géographique stratégique dans la région Nord-Ouest de l'Algérie.

La zone se caractérise par : un nombre de lots créés : 190 et un nombre de lots attribués : 180 lots.

Tableau n°1 : différentes unités et activités industrielles.

Nom de l'unité	Adresse	Activité	Catégorie
Sarl Polyer Safinna	Hassi Aneur	Construction navale	En activité
Sarl Sofap	Hassi Aneur	Production	
Sarl Sdejelmaci	Hassi Aneur	Fabrication de vernis	
Sarl Somotib	Hassi Aneur	Tissage	En activité
Sarl Somap Bic	Hassi Aneur	Rasoirs Bic jetables	
Sarl T.M.O	Hassi Aneur	Tannerie	En arrêt
Sarl U.T.A.C	Hassi Aneur	Tannerie	En arrêt
Simas S.P.A	Hassi Aneur	Chaudronnerie sous pression, chaudronnerie ordinaire et charpente métallique	
Somalori Ouest Injaco	Hassi Aneur	Maintenance et gestion matérielle B.T.P.H.	
E.R.O.S.P.A	Hassi Aneur	Récupération de ferraille	
ELGE Moula	Hassi Aneur	Travaux électriques	
TARSI S.P.A	Hassi Aneur	Montage et maintenance industrielle	
Tub Profil S.P.A Unité PTT/HT Anabib	Hassi Aneur	Tubes serres et finies- Tubes planes et profilés	
Sarl NARIPLST	Hassi Aneur	Transformation du plastique	
Sarl CMCO	Hassi Aneur	Matériaux de construction	En activité
Sarl POLYOR	Hassi Aneur	Bateau de pêche et plaisance Bassin aquaculture	En activité

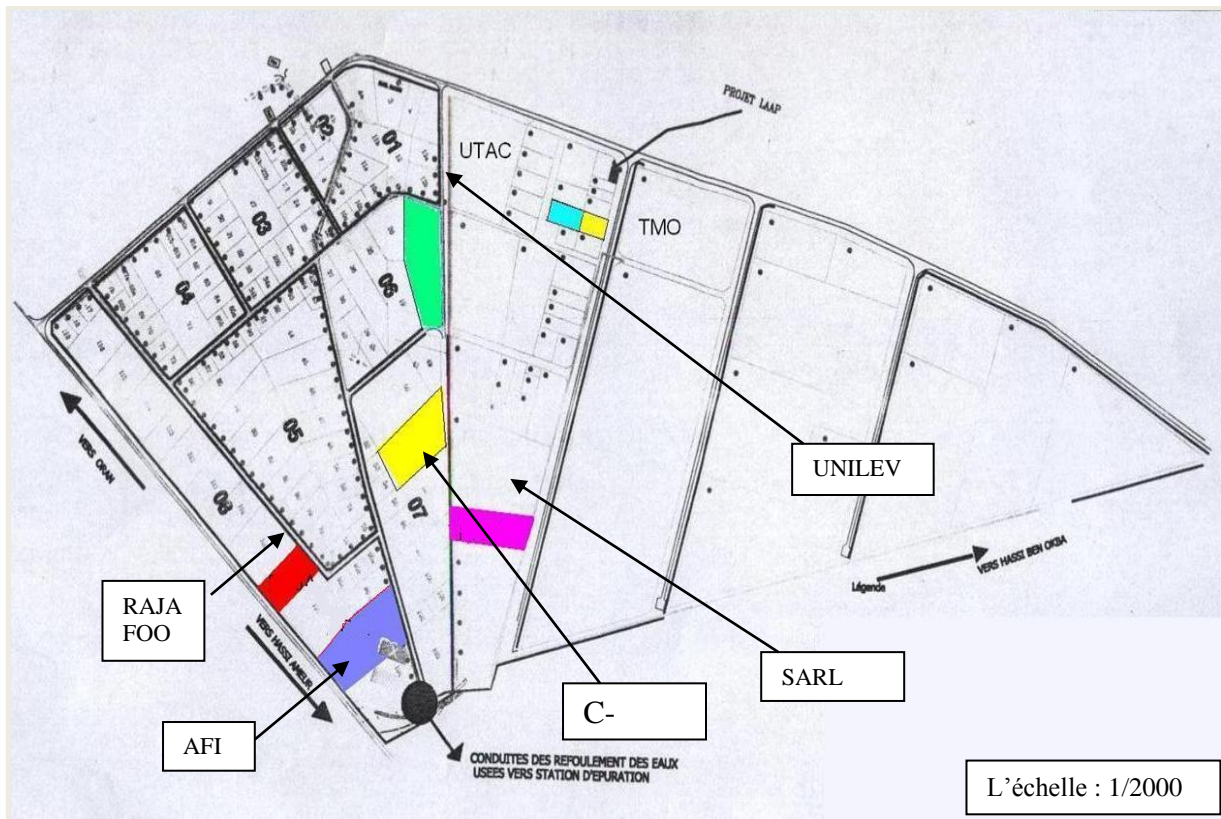


Figure n°3: Répartition spatiale des unités industrielles au niveau de la ZI de Hassi Aneur (d'après Sadi .R et Mekhloufi .M., 2013).

Actuellement, la zone industrielle est gérée par l'organisme S.G.I. : Société de gestion de la zone industrielle de Hassi Aneur.

3-Contexte géologique :

3-1- Lithostratigraphie de la région étudiée :

La région d'étude est caractérisée par un plateau incliné NW-SE d'où émergent deux massifs constitués de terrains d'âge secondaire.

3-2- Les formations anté-nappes (fig. n°4) :

3-2-1- Le Permo –Trias :

Il est constitué de schistes violacés à bancs de quartzites et de poudingues à débris de quartz. Ces facies n'affleurent qu'au Djebel Khar.

3-2-2- Le Jurassique :

Il est représenté par des calcaires dolomitiques du Lias qui constituent des affleurements peu importants au Nord-Ouest de Gdyl et par des schistes et grès ardoises, bruns rouges en

surface, qui apparaissent en lambeaux sur le flanc sud du Djebel Khar, recouvrant les schistes et les poudingues permo-triasiques (B. Fenet, 1975).

3-2-3- Le Crétacé :

Il est représenté par des schistes plus ou moins calcaires au Nord-Ouest du Djebel Khar (Montagne des lions).

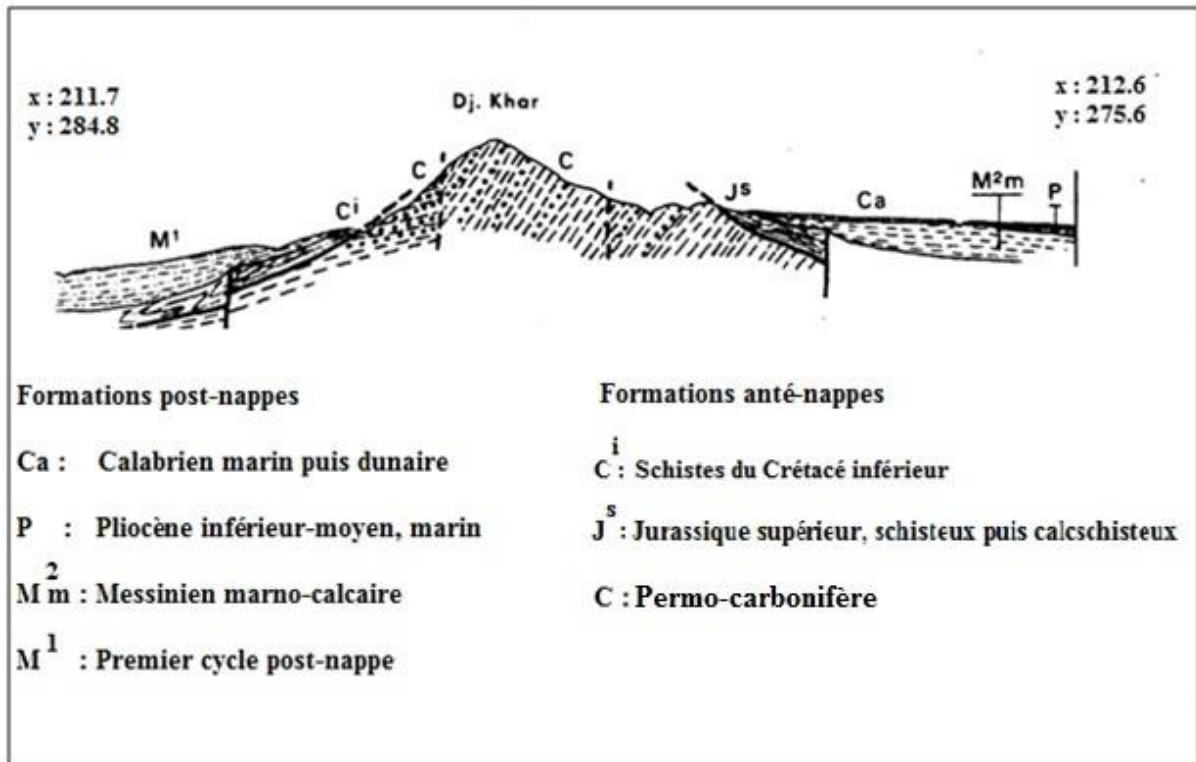


Figure n° 4 : Coupe géologique illustrant les formations anté et post-nappes autour du Djebel Khar (B. Fenet, 1975).

3-3-Les formations post-nappes :

3-3-1-Miocène supérieur :

-**Miocène à gypse** : constitué de marnes grises ou verdâtres renfermant de petits cristaux au des filonnets de gypse, de gros bancs de gypse généralement recristallisé, au Dj Djira l'ensemble gypseux semble atteindre 150 m. dans la région de Hassian Ettoual le faciès gypseux se développe au milieu d'intercalations de calcaires et de marno-calcaire blancs en plaquettes.

-**Miocène à tripolis** : c'est une alternance de marnes gris-blanchâtre un peu soyeuse au toucher, de bancs de tripolis friables et de calcaires siliceux en plaquettes quelques lits de silex s'intercalent dans les horizons supérieurs, des empreintes de poissons apparaissent dans les lits marneux cette série présente ici une épaisseur moindre (60m) que dans les régions voisines.

-Miocène marneux : marnes verdâtres micacées formant une dépression couverte de cultures au pied de la montagne des lions, cette série marneuse épaisse de 1500 m est presque entièrement homogène puisqu'elle ne contient que quelques intercalations de calcaires gréseux glauconeux à huitres, localisés à la partie inférieure. Aux sondages des anticlinales de Dj Djira la série marneux est entrecoupée d'important épisode gréseux (épais de 260 et 60m); c'est une alternance de grès et de sables fins et de marnes gréseuses à microfaunes saumâtre.

3-3-2-Pliocène : Toujours marin il est subdivisé en :

-Grès pliocène : c'est un grès marin à ciment calcaire formant des bancs assez résistants qui se marquent bien dans la topographie les niveaux inférieurs plus tendres sont très fossilifères, il se trouve au SW de la région avec une cinquantaine de mètres.

Cette formation est traversée par le forage de l'unité de l'ex. Oravio, située en bordure Nord -Ouest de la zone industrielle (fig. n° 5).

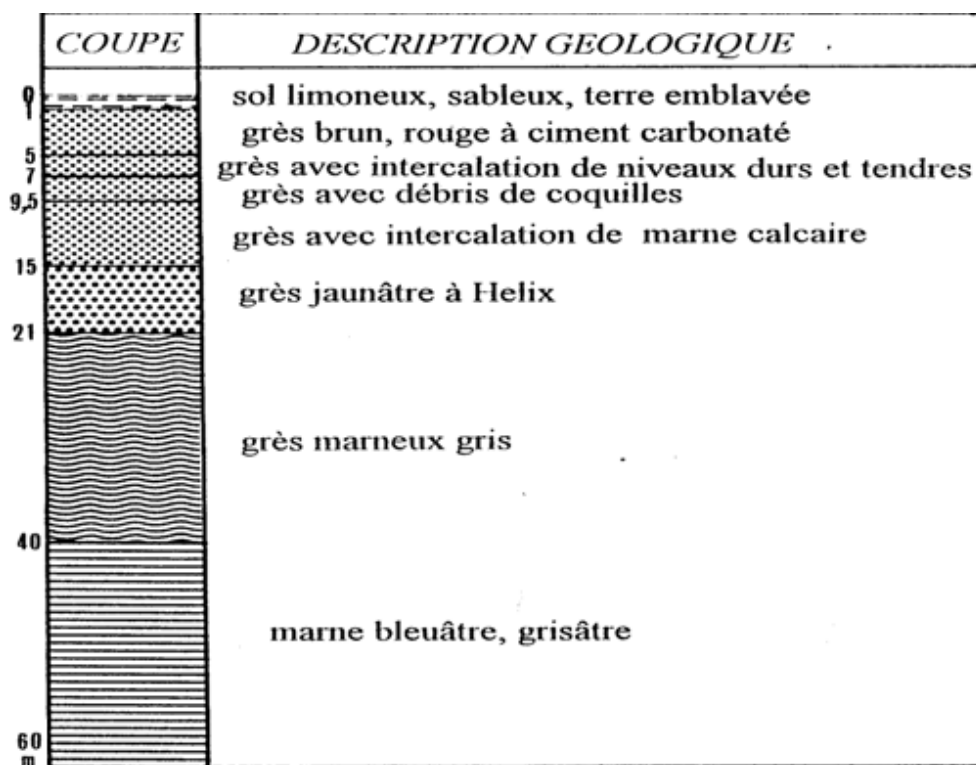


Figure n°5 : Log géologique du forage de l'ex. Oravio (couvoir)(X : 212.100, Y : 273.225)..

- Marnes pliocènes : caractérisés par des formations marno-sableuses jaunes devenant plus franchement marneuses vers le bas, elles apparaissent au cœur de l'anticlinal de Debbi.

3-4-Les formations quaternaires: sont le plus dominantes dans la zone:

Les formations anciennes qui sont :

- Sables et limons rouges villafranchiens à l'Est de la saline d'Arzew.

- Carapaces calcaires (croute calcaire) recouvrant des dépôts divers, qui occupent une grande partie.
- Dolines du plateau de Mouley Ismaël.
- Lumachelles et dunes marines associées entre le lac Télamine et la saline d'Arzew.

Les alluvions récentes qui sont :

- Bas fonds salés avec végétation d'halophytes dans les bordures de lac Télamine.
- Bas fonds salée sans végétation au fond de lac Télamine.
- Bas fond à encroûtement calcaire surtout autour de Hassi Ameer et la bordure Nord et Ouest de lac Télamine, comme on trouve à encroûtement gypseux dans la bordure est et sud du lac.

Les alluvions sont caractérisées par la forte perméabilité, cette perméabilité favorise l'infiltration des eaux polluées en sol et en eaux souterraines, conduit en suite à la pollution des eaux et des sols.

4-Cadre Hydrogéologique :

4-1-Mise en évidence des différents aquifères :

Dans le secteur étudié, on peut mettre en évidence l'existence des aquifères suivants :

4-1-1-aquifère des grés coquilliers et sables jaunes (Plio-Quaternaire) :

La nappe des grés coquilliers et grés jaunes est importance du point de vue extension sur le secteur étudié. Elle alimente la majorité des puits.

L'épaisseur des grés n'est pas connue exactement, elle est variable et peut atteindre une vingtaire de mètre à l'Ouest au niveau de l'usine des œufs (Gdyel-Bir El Djir).

Le forage qui a été exécuté à ce niveau à atteint 60m, à travers 40m, de marnes grises et bleues et 1 m de terre cultivable.

4-1-2-aquifère des calcaires gréseux :

Un sondage exécuté, en juillet 1958, au niveau de Hasien Ettoual (Fleurus) a montré que l'épaisseur de ces calcaires pouvait atteindre 50m.

Ce forage qui atteint 183m a traversé 100 m de gypse massif avec quelque passées marneuses. Ces calcaires gréseux surmontent les marnes bleues qui constituent au niveau des villages de Fleurus (Hassien Ettoual) et de Hassi Ben Okba.

Les calcaires gréseux sont constitués de deux couches :

- Une couche supérieure, dure et compacte. Son épaisseur ne dépasse pas 1 m.

- Une couche inférieure, tendre, car le calcaire gréseux devient plus marneux, friable, formant ainsi un milieu de parasite d'interstice. contenant la nappe des calcaires gréseux.

4-1-3-Aquifère de grès lumachelliques du Calabrien :

Les formations des grès lumachelliques et grès jaunes du Calabrien contiennent une nappe phréatique captée et exploitée par la majorité des puits de la plaine de Sidi Ali.

5-Etude climatique :

La climatologie est la science de l'atmosphère qui a pour objectif la description synthétique, le classement et l'explication de la répartition des différents types de climats dans un cadre géographique. (lebourgeois F., 2010)

Les conditions climatiques d'une région et en particulier au niveau d'un bassin versant jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau, et leur influence sur l'infiltration au niveau des formations perméable. En définitif se sont ces éléments climatiques qui influent d'une façon direct sur l'équation du bilan hydrologie.

Les éléments essentiels sont : les précipitations et les températures.

La caractérisation du climat de la zone d'étude a été établie base de données provenant de la station d'Es-sénia sur une période 1990-2013.

Tableau n° 2: Coordonnés de la station climatologique d'Es-sénia.

station	Altitude (m)	Longitude (E/W)	Latitude (N)
Es-sénia	90	00°36W	35°38

5-1- Etude des précipitations :

Parmi les facteurs climatiques qui jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau, les précipitations sont de loin les plus importantes. En effet, ce sont elles qui agissent directement dans l'alimentation des nappes souterraines.

Le régime pluvial en Algérie a été étudié par de nombreux auteurs: P. Seltzer (1913-1938), Chaumont et Paquin (1913-1963).

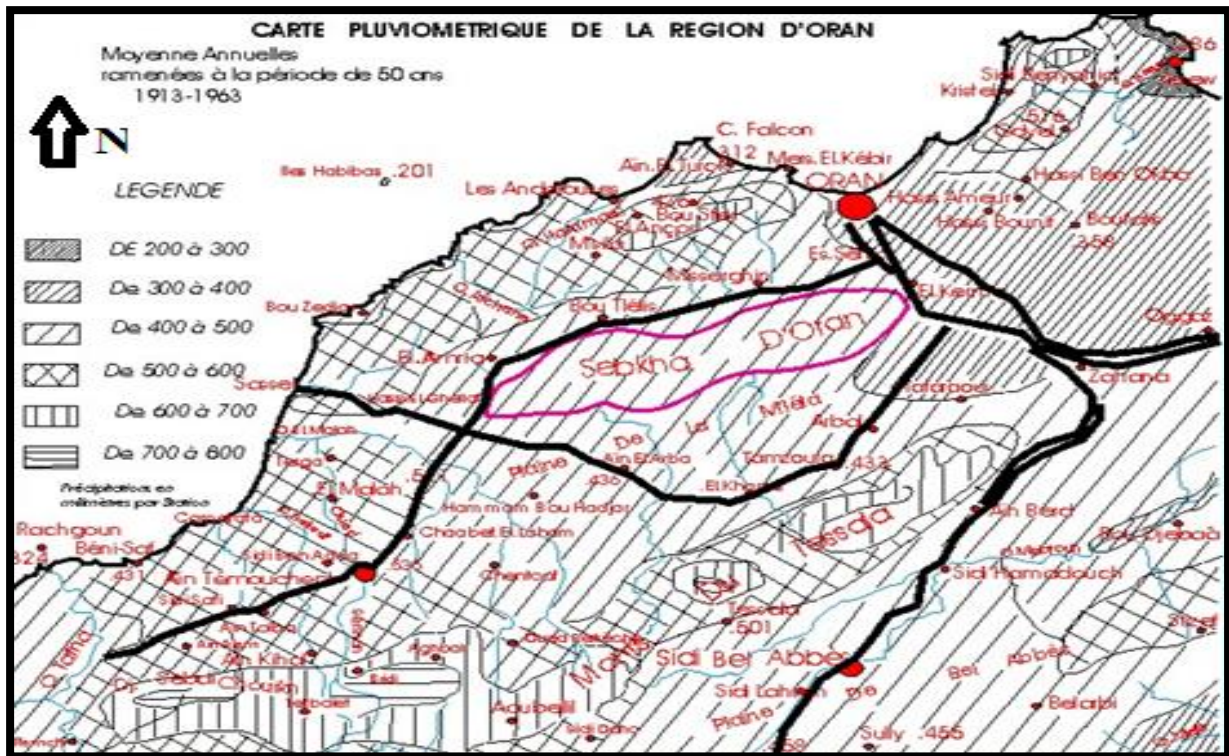


Figure n°6 : Extrait de la carte pluviométrique de Chaumont et Paquin au 1/50 000^e (1913-1963). (In Moussa K., 2012).

5-1-1-Précipitations moyennes mensuelles :

Les précipitations moyennes mensuelles de la station d'Es-Sénia sur la période 1990-2013 sont présentées sur le tableau n° 03.

Tableau n° 03 : Précipitations moyennes mensuelles pour la période 1990-2013. (D'après Bouazza S., 2014).

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Des.	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai.	Juin	juil.	Aout	MO Y
P (mm)	14,5	46,9	66,2	46,9	39,1	36,4	35,8	33,9	23,8	4,41	1,2	2,14	351,4
	3	7	5	7	6	5	4	8					

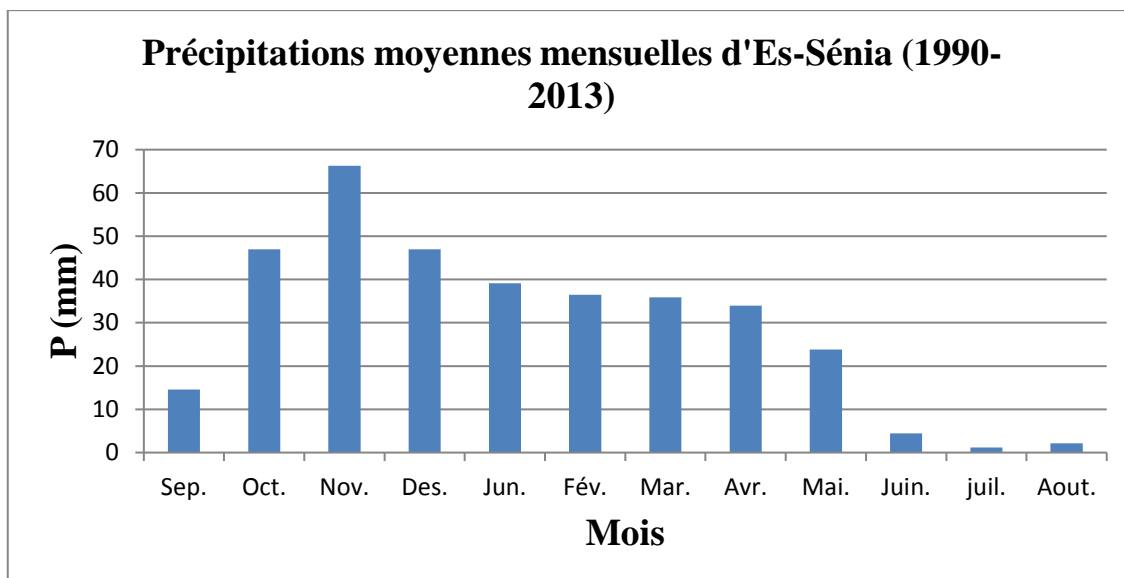


Figure n° 7: Précipitations moyennes mensuelles à la station d'Es-sénia (1990-2013).

D'après le tableau et l'histogramme, on constate que l'année 1990-2013, le mois Novembre le plus pluvieux avec 66,25mm par contre le mois Juillet plus sec 1,2mm.

A cette même station et pour même période les précipitations annuelles 351,4mm.

5-1-2-Précipitations annuelles :

Le module pluviométrique moyen annuel est égal à 351,4mm (tableau n°4).

Tableau n° 04 : Variabilité des précipitations annuelles à la station d'Es-sénia (1990-2013).

Années	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
P (mm)	427,27	307,09	270,26	474,25	216,66	400,62	315,23	429,29
Années	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
P (mm)	214,66	227,58	291,32	472,44	260,61	383,07	356,63	212,34
Années	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
P (mm)	310,9	478,82	410,98	247,67	422,18	416,57	415,27	472,21

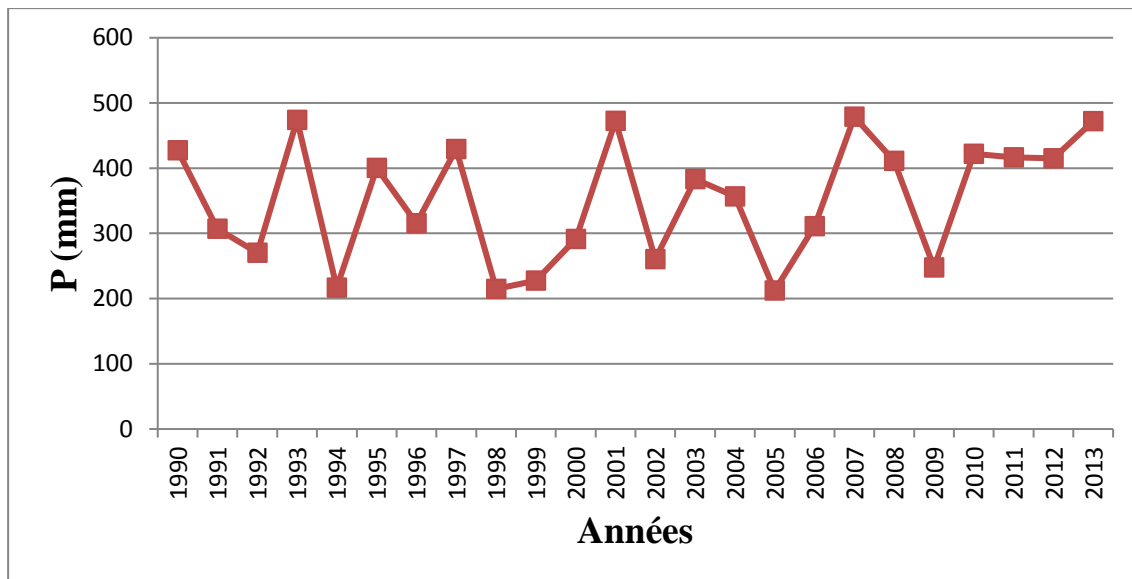


Figure n° 8: Variation interannuelle des précipitations de la station d'Es-Sénia (1990-2013).

D'après le graphe obtenu (fig. n°9), nous constatons une variabilité interannuelle marquée durant la période 1990-2013, avec un maximum enregistré en 2007 (478,82 mm) et un minimum de 212,34 mm en 2005.

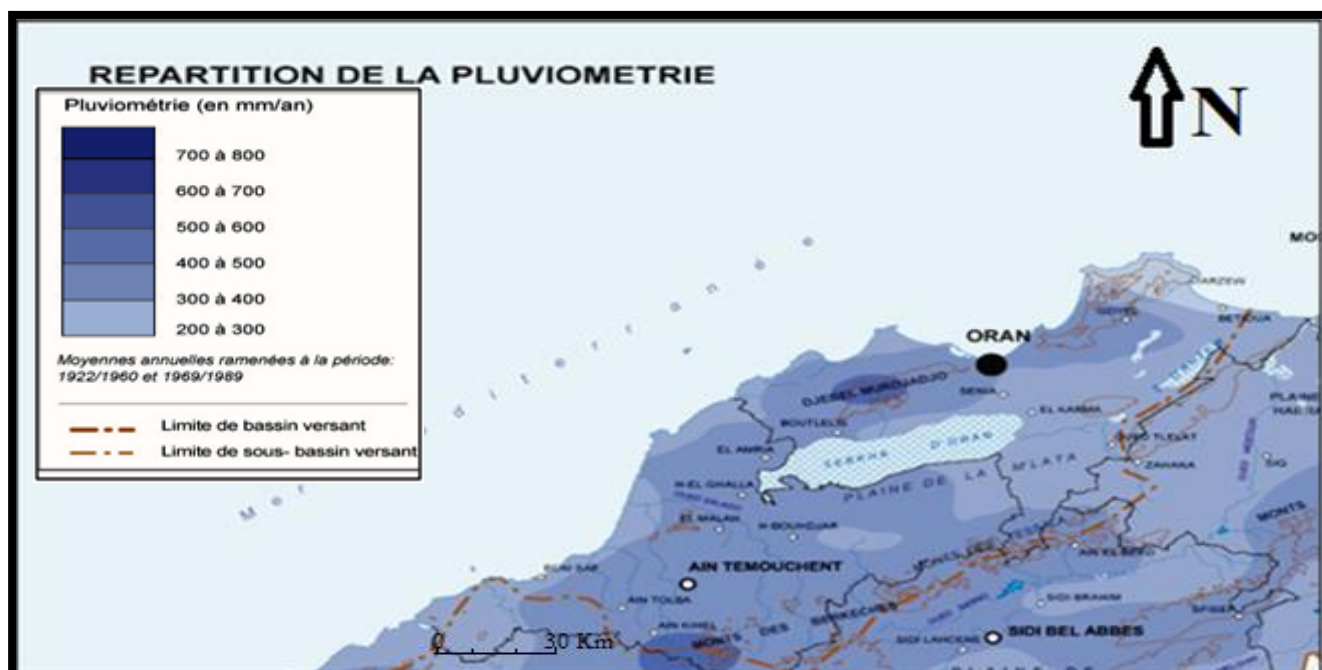


Figure n°9 : Répartition de la pluviométrie de l'Algérie du Nord (1922-60/1969-89). Hydraulique produit ouest (In H.P.O). (D'après BOUAAZA S., 2014).

5-1-3-Précipitations saisonnières :

Elles sont représentées en tableau 5.

Tableau n°5 : Précipitations saisonnières (période 1990-20113).

	Hiver (H)	Printemps (P)	Eté (E)	Automne (A)	Régime climatique
Précipitations saisonnières (mm)	127,45	122,58	93,62	7,75	H.A.P.E

Pour la station d'Es-Sénia, l'indice saisonnier est : H.A.P.E (Hiver, Automne, Printemps, Eté).

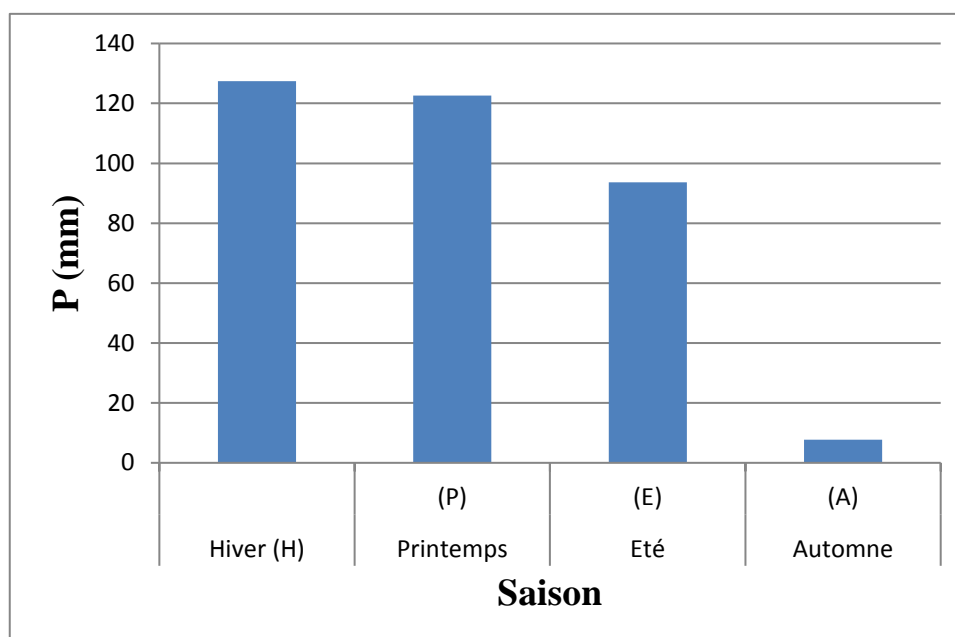


Figure n°10 : histogramme des Précipitations saisonnières (période 1990-2013).

5-2 -Etude de la température :

-La température est le paramètre climatique qui influe directement sur l'évaporation, la pression, le vent et l'humidité.

-Les données intéressent les moyennes mensuelles des maximas, des minimas et des températures moyennes pour la période de **1990-2013** soit **24** années. (Fig.11)

Tableau n° 06 : Températures moyennes mensuelles à la station d'Es-sénia, période : 1990-2013, (données O.N.M).

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin.	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Moy
T°min	5,43	6,23	8,65	10,2	13,74	17,74	20,5	20,73	18,07	14,3	9,79	6,69	12,68
T°max	16,9	17,9	19,2	21,9	24,7	28,19	31,1	31,31	28,11	25,7	21	17,7	23,66

T°moy	11,1	12,09	13,9	16,1	19,22	22,96	25,8	26,02	23,09	20,02	15,3	12,2	18,17
-------	------	-------	------	------	-------	-------	------	-------	-------	-------	------	------	-------

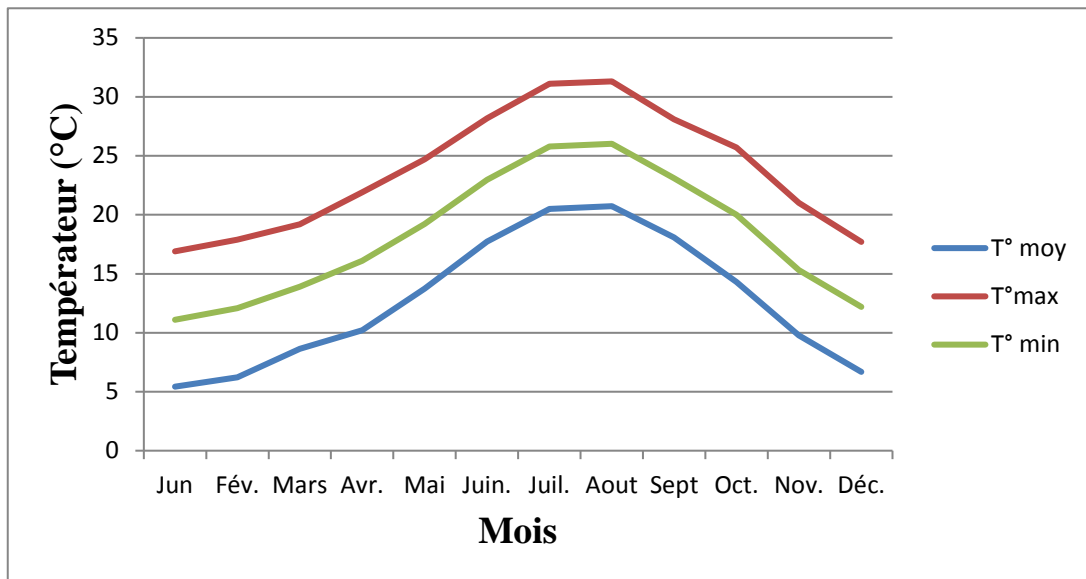


Figure n°11 : Températures moyennes mensuelles à la station Es-sénia (période 1990-2013).

a- la température maximale :

Le minimum est enregistré au mois de janvier (16,91°C) et le maximum au mois d'août de 31,31 °C.

b- la température minimale :

La température minimale varie de 5,43°C au mois de janvier 20,73°C au mois d'août.

c- la température moyenne :

Le mois de janvier reste le plus froid (11,17 °C) de l'année, le mois d'août en est le plus chaud (26,02°C).

5-3-Climat de la région :

Dans un pays comme l'Algérie, caractérisé par le contraste entre le climat méditerranéen de la bordure littoral et le climat désertique du Sud, en passant par le climat montagnard des hauts plateaux, il est nécessaire de préciser le type climatique de la région que l'on étudie.

Nous appliquerons dans la présente étude celle proposée par De- Martonne.

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 = précipitation annuelle moyenne (mm).

T = température annuelle moyenne (°C).

Appliqué à la station d'Es-Sénia, l'indice "I" = 351,4/10 + 18.17

$$I = 12,47$$

Après calcul de l'indice d'aridité et d'après les résultats obtenus (fig. n°12), le climat de la région est classé comme climat semi-aride.

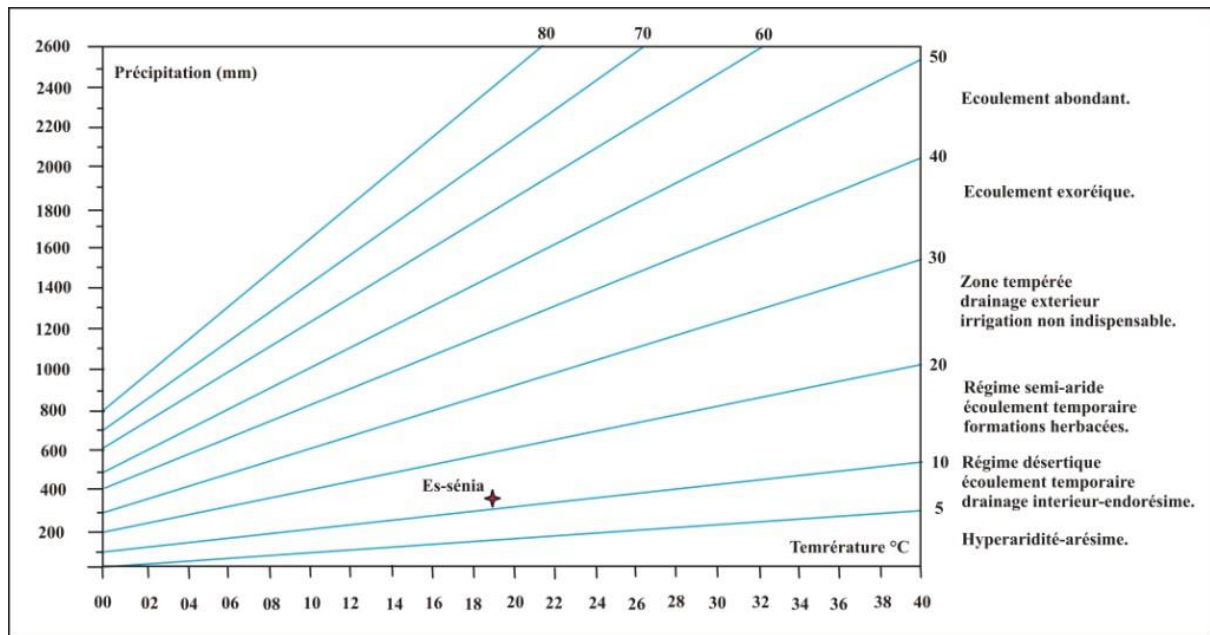


Figure n° 12 : Abaque d'indice d'aridité de De -Martonne (station d'Es sénia).

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé la description des caractéristiques géologiques, climatologiques et hydrogéologiques de la région d'étude à été présenté.

La zone faisant l'objet de cette étude est située dans la partie Est d'Oran. Caractérisé par un climat semi-aride.

Concernant le contexte industriel, la zone industrielle a été créée en 1973, à été conçue et lotie initialement pour accueillir l'industrie lourde (construction métallique, construction véhicule automobile ...etc) qui peuvent impacter de façon plus marquée le contexte environnemental général de la région et les eaux souterraines en particulier.

Les principales formations géologiques sont : le substratum anté à synchro nappe, affleurant dans le Djebel Khar et le remplissage (couverture) post-nappe, avec une forte extension dans les zones basses du domaine.

L'étude hydrogéologique de la région étudiée à permis de distinguer un réservoir plus important :

- aquifère des grès coquilliers et sables jaunes (Plio-Quaternaire),
- aquifère des calcaires gréseux,
- Aquifère de grès lumachelliques du Calabrien.

Chapitre II : Hydrochimie

II.1.Introduction

Dans ce chapitre, l'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux de la zone étudiée s'est basée sur un ensemble de 49 échantillons répartis du Nord-Ouest au Sud-Est d'Oran (fig. n°09) et captant différents aquifères.

Les prélèvements ont été effectués au cours de 3 campagnes réalisées lors de précédentes études ; les résultats d'analyses de ces points d'eau seront présentés dans le tableau n°6. Ces campagnes concernent :

- La nappe des grés coquillers et sables jaunes du pliocène (In Boullahi A., 2008) ;
- la nappe des calcaires récifaux du miocène (In Adda M., 2011) ;
- la nappe lumachellique du Calabrien(In Boubkeri M., 2012).

A partir des données analytiques ont été élaborées des diagrammes hydrochimiques de type Schoeller-Berkaloff et Piper, un traitement statistique des données par une analyse en composantes principales, ainsi que des cartes d'isovaleurs en minéralisation et en chlorures.

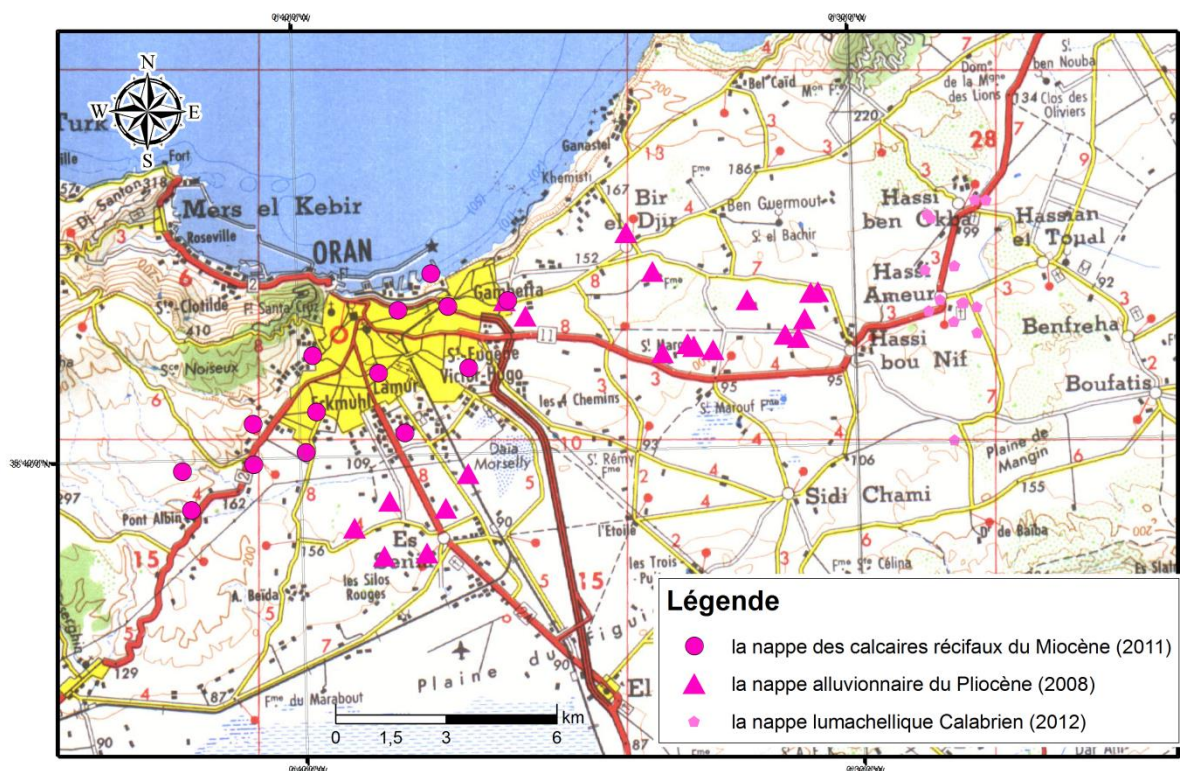


Fig. 09 : Carte de situation des points d'eau

Tableau n° 6 : Résultats de l'analyse physico-chimique des 3 campagnes, en mg/l (In Boullahi A., 2008, Adda M., 2011, et Boubkeri M., 2012).

Points d'eau	pH	Cond	RS	Min	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	E%	Commentaire
1^{ère} campagne														
P1	7.5	8200	5300	5084	280,4	255,32	1104,4	12,12	2277,32	455,52	264,74	94,24	3	Acceptable
P2	8	8700	5580	5394	440,2	328,90	1127,4	21,89	2224,07	1439,04	173,85	6,2	2	Acceptable
P3	7.9	7800	5820	4836	400,2	243,85	1035,4	17,98	1848,48	1583,04	200,69	22,94	-2	Très bonne
P4	7.8	9600	6800	5952	400,2	299,86	1265,4	17,98	2277,32	1727,04	253,15	16,74	-2	Très bonne
P5	7.8	9300	7540	5766	500	245,91	1311,4	39,88	1770,38	2182,56	283,65	29,14	2	Acceptable
P6	7.6	9900	9760	9239	619,8	375,79	2738,1	19,9	3106,2	3645,6	206,79	58,9	4	Acceptable
P7	8	8700	6580	5394	400,2	270,94	1173,4	14,07	1658,20	2182,56	341,6	50,22	-2	Très bonne
P8	8.2	7500	5580	4650	380,2	253,93	989,4	14,07	1486,03	1583,04	264,74	65,72	2	Acceptable
P9	8.2	8200	5480	5084	340,4	283,82	943,4	12,90	1814,40	1343,04	317,2	65,72	-2	Très bonne
P10	7.9	9210	9200	7502	400,2	342,87	2162,9	12,12	2293,3	3310,08	420,9	42,16	1	Très bonne
P11	8.5	6500	4949	4030	209,6	341,90	909,4	14,07	1054,35	1679,04	676,49	32,86	2	Acceptable
P12	8.2	6200	4600	3844	159,6	286,86	897,4	14,07	1160,49	1535,04	453,84	55,8	1	Très bonne
P13	7.8	9900	9980	9930	300,4	852,68	3244,3	35,1	4805,63	3645,6	472,75	78,74	2	Acceptable
P14	7.6	9920	15340	9996	580	1265,42	2807,1	44,96	4692,74	5180,64	248,88	17,98	2	Acceptable
P15	8.1	6600	5000	4092	340,4	273,86	805,4	28,15	1363,9	1379,04	211,67	24,8	3	Acceptable
P16	7.7	8990	9990	8246	400,2	540,18	2462,1	102,83	3034,18	3549,6	408,09	9,92	2	Acceptable
P17	7.9	8800	6420	5456	320,4	257,94	1495,6	28,93	1823,63	2014,56	375,15	37,2	2	Acceptable
P18	7.7	7000	4520	4340	280,4	164,87	897,4	21,11	1701,51	431,52	356,85	6,2	3	Acceptable
P19	7.7	5400	3660	3348	320,4	141,91	610,1	19,94	1353,9	479,52	250,1	50,84	2	Acceptable
P20	7.4	6600	4840	4092	300,4	174,96	836,2	26,97	1639,39	671,52	308,05	3,72	1	Très bonne
2^{ème} campagne														
P1	7.24	1276	1200	967,20	98	53	120	5	191	127	362	67	2	Acceptable
P2	7.59	416	400	319,90	59	23	23	1	48	42	232	10	-1	Très bonne
P3	7.35	3230	3060	2448,34	228	154	308	4	940	180	334	89	2	Acceptable
P4	7.57	1340	940	1015,72	123	67	253	6	143	97	317	80	34	Mauvaise
P5	7.24	3110	2660	2357,38	200	73	460	7	872	192	376	68	2	Acceptable
P6	7.04	2860	2100	2167,88	176	460	317	5	757	181	266	74	35	Mauvaise

P7	7.34	1490	1320	1129,42	94	70	235	8	349	131	336	71	7	Mauvaise
P8	7.29	3140	2440	2380,12	123	98	520	8	763	338	519	66	0	Très bonne
P9	7.49	3380	2840	2562,04	126	88	662	28	682	487	690	94	3	Acceptable
P10	7.52	2880	2440	2183,04	138	93	460	17	443	591	464	151	4	Acceptable
P11	7.15	1812	1640	1373,49	134	54	251	7	259	260	553	34	1	Très bonne
P12	7.38	1612	2040	1370,2	149	138	420	22	625	305	498	72	-34	Très bonne
P13	7.62	2840	2220	2414	207	198	345	24	539	408	461	61	-30	Très bonne
P14	7.18	1832	1640	1388,65	118	66	272	14	408	373	396	74	-5	Très bonne
3ème campagne														
P1	7.55	4140	3520	3142	234	104	658	22	974	728	271	92	2	Acceptable
P2	7.8	3470	2800	2633	76	145	589	4	821	418	542	55	1	Très bonne
P3	7.3	4110	3100	3120	128	175	695	31	1054	447	535	97	4	Acceptable
P4	7.51	1370	1060	1040	93	54	157	2	334	146	243	21	-1	Très bonne
P5	7.06	3500	3000	2657	276	46	460	4	934	257	250	100	3	Acceptable
P6	7.32	2740	2040	2080	111	58	479	5	601	337	474	50	1	Très bonne
P7	7.33	6110	4800	4638	170	179	1093	12	1729	612	542	58	0	Très bonne
P8	7.18	4150	3300	3150	166	123	759	47	888	890	453	112	1	Très bonne
P9	7.27	4960	4200	3765	234	153	777	7	1515	414	339	84	2	Acceptable
P10	7.03	4880	4200	3704	395	94	695	6	1582	322	271	99	1	Très bonne
P11	7.39	2019	2100	2660	191	66	375	6	687	271	345	55	1	Très bonne
P12	7.16	4560	3920	3461	353	71	621	7	1381	308	284	101	1	Très bonne
P13	7.2	3180	2600	2414	263	37	458	5	814	303	284	168	3	Acceptable
P14	7.39	5270	3880	4000	102	172	1001	16	1428	467	704	46	1	Très bonne
P15	7.32	2800	1880	1820	102	78	433	8	514	414	226	71	6	Mauvaise

II.2. Caractères organoleptiques :

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

II.2.1. La couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/1 de platine cobalt. Selon les résultats obtenus, les eaux des différents points d'eau considérés sont dans l'ensemble incolores.

II.2.2. L'odeur :

L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances

Toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matière organique en décomposition. Nos échantillons sont inodores ce qui indique l'absence de pollution.

II.2.3. La turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence de matières en suspension finement divisées. L'O.M.S. indique comme valeur limite 5 unités 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.

Les eaux échantillonnées dans notre secteur d'étude ont présenté des valeurs comprises entre 1 et 3 NTU dans tous les échantillons montrant une eau sans particules organiques.

II.2.4. Le goût et la saveur :

- Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche.
- La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs.

Dans notre secteur d'étude, toutes les eaux prélevées ne présentent pas de goûts particuliers.

II.3. Etude des paramètres physiques :

II.3.1. Le pH :

La détermination du pH constitue une mesure de la concentration des ions H^+ dans l'eau, et est mesuré à l'aide d'un pH-mètre sur le terrain et au laboratoire.

pH=Log (H_3O^+)

Tableau n° 7: Classification et type de pH

Lieu	pH	Type
1 ^{ère} campagne (alluvions du Pliocène)	7.4 à 8.5	Neutre à basique
2 ^{ème} campagne (calcaires récifaux du Miocène)	7.04 à 7.62	neutre
3 ^{ème} campagne (nappe lumachellique du Calabrien)	7.03 à 7.80	neutre

II.3.2. La conductivité :

La conductivité d'une eau naturelle augmente avec la teneur en sels électrolyse dissous. La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau.

Les valeurs de la conductivité sont relativement élevées à cause de la forte minéralisation en sels dissous des eaux de l'aquifère étudiée.

II.3.3. La minéralisation :

La minéralisation, estimée à partir des valeurs de la conductivité des eaux, augmente avec la teneur en sel dissous.

- La minéralisation des eaux des grès coquillers et sables jaunes du pliocène varie de 3348 mg/l (au puits n°19) à 9996 mg/l (au puits n°14).
- La minéralisation des eaux des calcaires récifaux du miocène varie entre 319,9 mg/l à 2562,04 mg/l.
- Les eaux de la nappe lumachellique du calabrienne présentent une minéralisation minimale de 1040 mg/l (puits n°4) et maximale de 4638 mg/l (puits n°7).

D'après la carte de la minéralisation (figure n°10), on peut remarquer une notable augmentation globale de la chimie des eaux de l'Ouest vers l'Est.

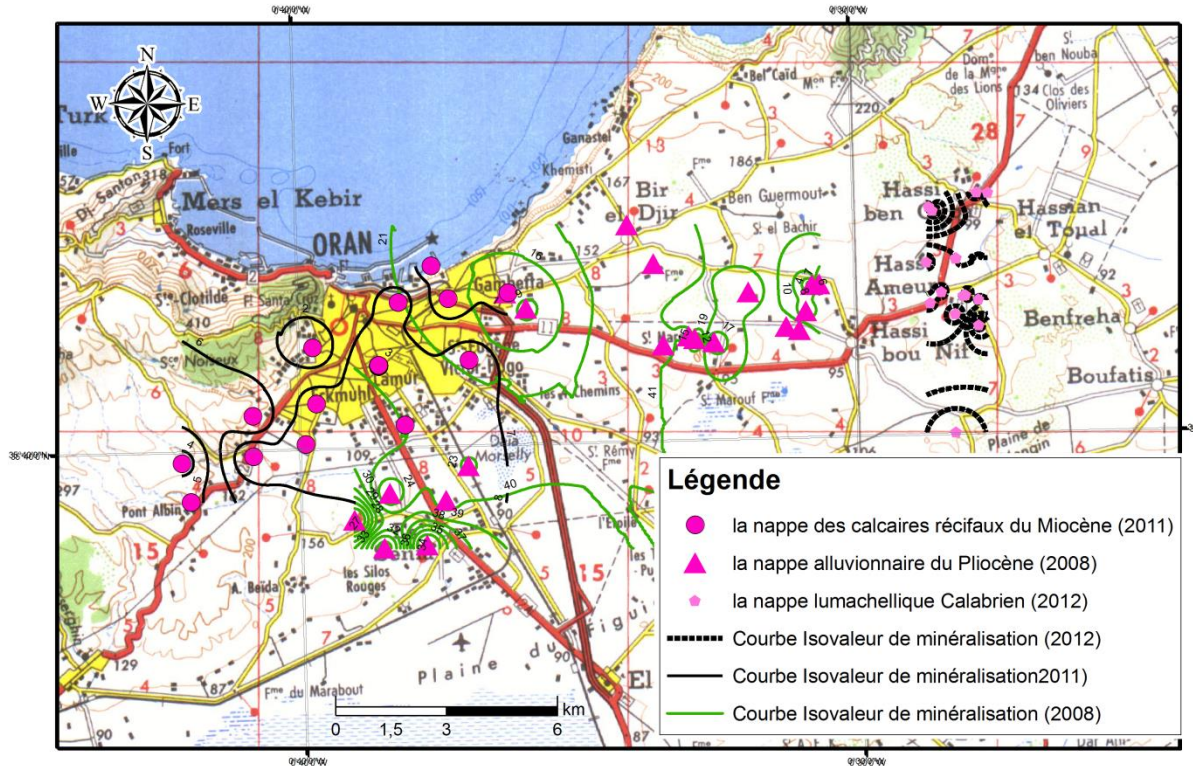


Figure n°10 : Carte d'isovaleurs de la minéralisation (mg/l) des eaux du secteur d'étude.

II.4. Etude des paramètres chimiques:

II.4.1. Principaux cations et anions :

L'analyse chimique a concerné les cations : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ et les anions : Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- .

II.4.1.1. La balance ionique :

Le contrôle de la qualité des analyses chimiques est assuré par la balance ionique qui permet de comparer la somme des cations et la somme des anions. Le calcul de la balance ionique est donné par la formule suivante :

$$e = (\sum r_c - \sum r_a) / (\sum r_c + \sum r_a) * 100.$$

e% étant le pourcentage d'erreur.

On peut considérer une analyse comme :

- très bonne si $e\% < 2$;
- acceptable si $2 < e\% < 5$;
- mauvaise si $e\% > 5$

Les valeurs du pourcentage d'erreur pour chaque échantillon d'eau prélevé sont portées sur le tableau n°06.

II.4.1.2. Le Calcium :

Une eau potable contient entre 100 à 400 mg/l de calcium. Les eaux qui dépassent une teneur de 200 mg/l de calcium présentent des inconvénients pour les usages domestiques. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations.

- Pour la nappe des grés coquillers et sables jaunes du pliocène, les valeurs de Ca^{++} varient de 159.6mg/l au puits n°12 à 619.8 mg/l au puits n°16, observées au Sud-Ouest et au Nord- Est de la nappe.
- les eaux de la nappe des calcaires récifaux du miocène peuvent présenter des valeurs relativement faibles en Ca^{++} (76mg/l).
- Pour la nappe lumachellique du Calabrien, les valeurs varient entre 94mg/l et 228mg/l.

II.4.1.3. Le magnésium :

Élément indispensable à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésite basaltes, argiles) ou industrielles (industrie de la potasse de cellulose, brasserie).la dureté magnésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau.

Pour les eaux étudiées, le magnésium varie de 23 mg/l au puits n°2 pour la nappe alluvionnaire, à 540.18 mg/l au niveau du puits n°16.

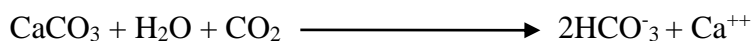
II.4.1.4. Le sodium et potassium :

Généralement, ces deux éléments ont une origine semblable à celle des chlorures et sont également liés aux minéraux argileux. Ils peuvent être échangés contre les ions Ca^{++} et Mg^{++} par les minéraux argileux ou les substances organiques et provenir de l'hydrolyse des silicates. Les normes Algériennes recommandent une valeur limite de 200mg/l concernant l'ion de sodium, les valeurs trouvées dans les eaux étudiées varient de 5à 106mg/l, elles sont au-dessous de la valeur limite.

Au niveau de notre secteur d'étude, la concentration en $\text{Na}+\text{K}$ atteint son maximum au puits n° 14 (2852.06 mg/l).

II.4.1.5. Les bicarbonates :

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 :



L'ion bicarbonate présente une valeur élevée dans le puits n°14 pour la nappe du lumachellique Calabrien (704 mg/l) et faible dans le puits n°2 (173,85mg/l) pour la nappe alluvionnaire du pliocène.

II.4.1.6. Les chlorures :

Les chlorures ont généralement 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.

Les eaux souterraines de la zone d'étude présentent trois pôles de teneurs en chlorures différents (fig. n°11) :

- Pour la nappe des grés coquillers et sables jaunes du pliocène, les teneurs en chlorures varient de 1054mg/l au puits n°11 à 4805mg/l au puits n°13 du Sud-ouest vers le Nord- Est.
- Pour la nappe calcaire du miocène, les eaux de la nappe présentent des valeurs comprises entre 48mg/l au puits n°2 à 940mg/l au puits n°3.
- Les eaux de la nappe lumachellique du Calabrien présentent des teneurs qui ne dépassent pas les 600 mg/l.

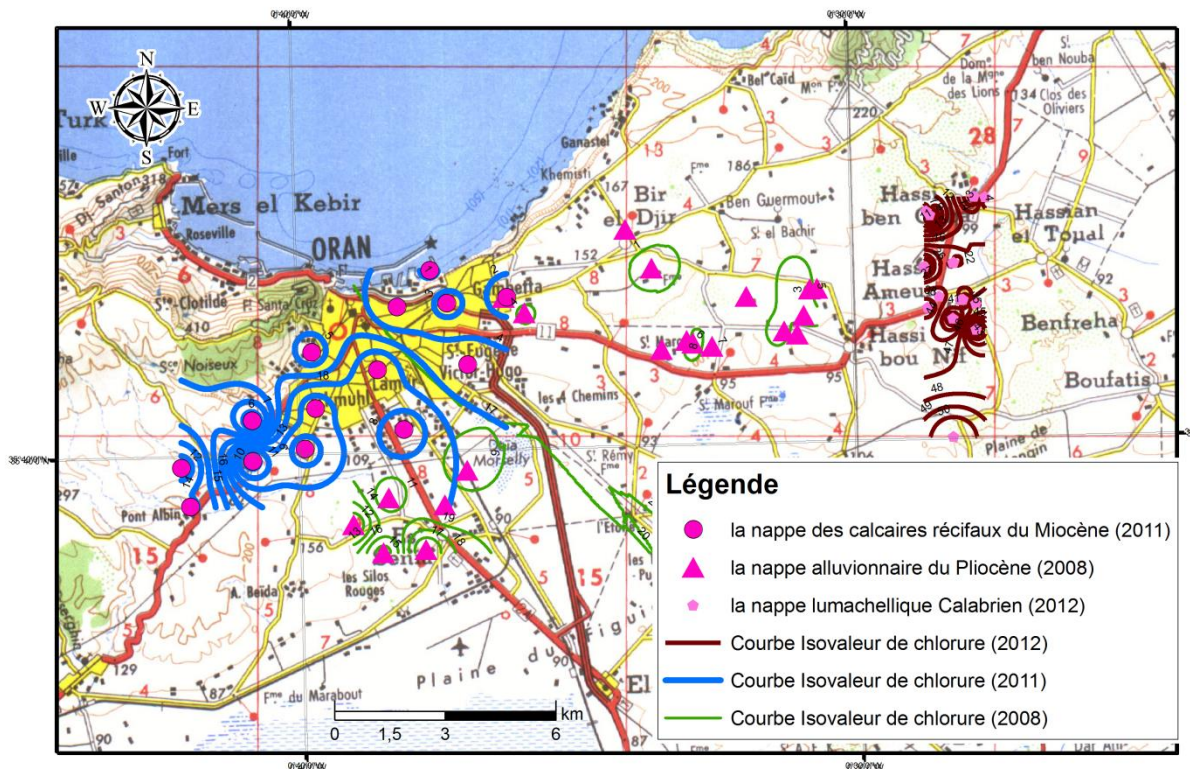


Fig. 11 : Carte d'isoteneurs en chlorures (Cl⁻ en mg/l).

II.4.1.7. Les sulfates :

Les sulfates peuvent avoir une origine météorique. Ils peuvent également provenir de l'activité agricole (pollution) ou biologique naturelle. Des teneurs en sulfates supérieures à 3645mg/l sont

observés au niveau des puits P6 et P13 de la nappe alluvionnaire du pliocène. La norme Algérienne indique un niveau guide de 200mg/l et une concentration maximale admissible de 400mg/l.

II.4.2. Classification hydrochimique :

Pour mieux connaître les principaux traits hydrochimiques, il convient d'interpréter les résultats par des représentations graphiques qui permettent de comparer facilement plusieurs eaux entre elles.

II.4.2.1. Interprétation par le diagramme de Piper :

Cette méthode consiste à représenter sur deux triangles les pourcentages des quantités en réactions (r %) de chaque cation et anion (annexe n°02). Les deux points sont reportés sur un losange en un seul point qui représente la famille chimique de l'eau.

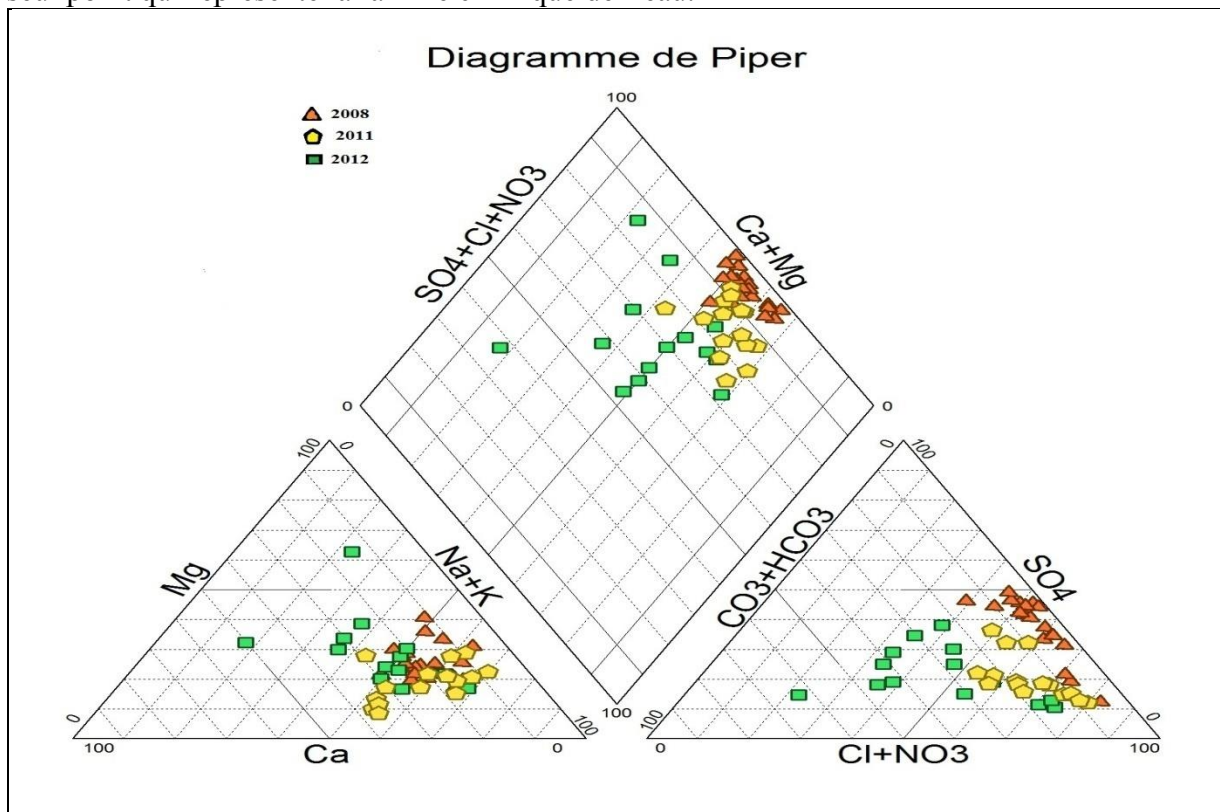


Figure n°12 : Représentation graphique des eaux sur le diagramme de Piper.

Conformément aux études déjà réalisées (Boullahi A., 2008, Adda M., 2011 et Boubkeri M., 2012), nous constatons que la majorité des eaux présentent un faciès chloruré-sodique (fig. n°12). (Annexe n°03).

II.4.2.2. Interprétation par le diagramme de Schoeller-Berkaloff :

C'est un diagramme logarithmique qui présente deux avantages :

1. On peut faire figurer l'ensemble des eaux aux concentrations différentes avec une bonne précision.
2. La conversion en milliéquivalent par litre (méq/l) des résultats de dosage en milligrammes par litre (mg/l).

L'interprétation de ce diagramme (fig. n°13) permet de distinguer deux faciès d'eau prédominants qui sont le faciès chloruré sodique et sulfaté-calcique (données de 2008).

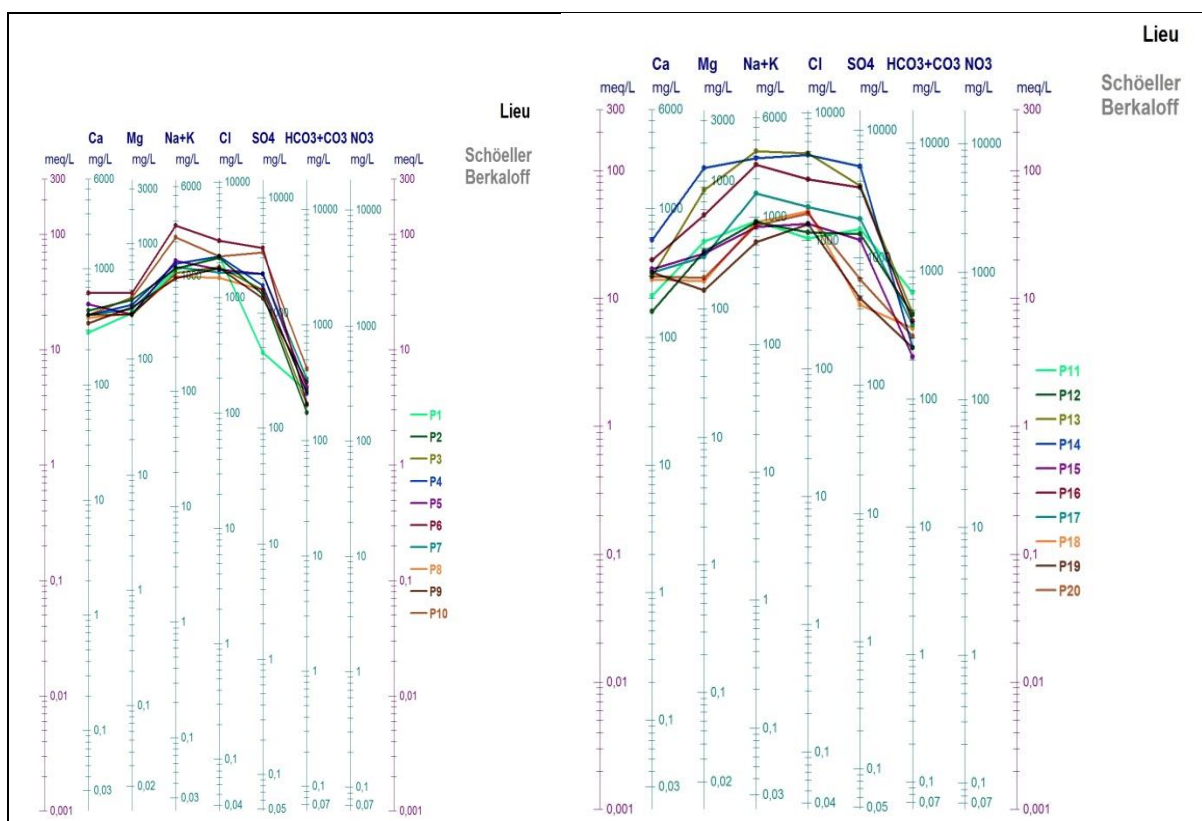


Fig. n°13 : Représentation graphique des eaux sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff

L'interprétation du diagramme ci-dessous (fig.n°14) permet de distinguer les faciès prédominants : chloruré sodique et bicarbonaté calcique (données de 2011)

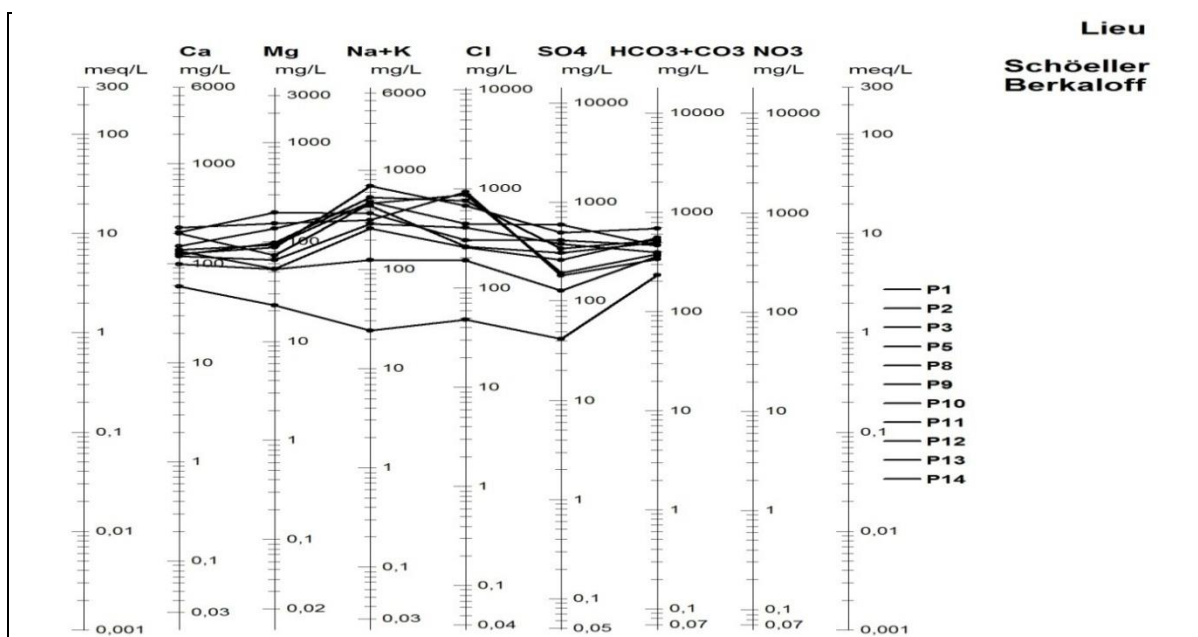


Fig. n°14 : Représentation graphique d'après le diagramme de Schoeller-Berkaloff des eaux.

Pour la 3ème campagne (fig. n°15), l'interprétation de ce diagramme permet de distinguer un seul faciès d'eau qui est le faciès chloruré sodique.

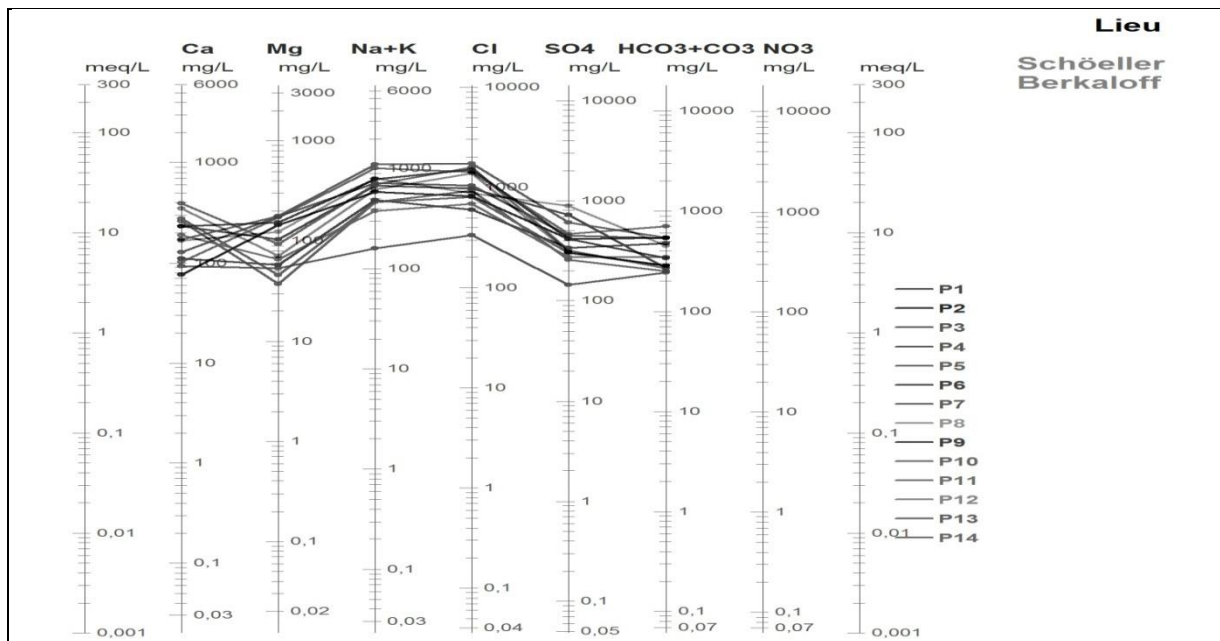


Fig. n°15: Représentation graphique des eaux sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff

II.4.3. Etude des rapports caractéristiques :

L'étude des rapports caractéristiques a concerné les rapports suivants : (SO_4^-/Cl^-) ; (Cl^-/Na^+) et (Mg^{2+}/Ca^{2+}) . Les résultats de ces rapports sont reportés dans le tableau n°9 (annexe n°04).

II.4.3.1. SO_4^-/Cl^- :

Nous pouvons constater que la plupart des valeurs du rapport SO_4^-/Cl^- sont inférieures à l'unité.

II.4.3.2. Na^+/Cl^- :

Les résultats obtenus montrent une claire dominance du sodium sur les chlorures.

II.4.3.3. Mg^{2+}/Ca^{2+} :

La dominance du calcium sur le magnésium est assez nette sur l'ensemble des points d'eau sauf les points (P11, P12, P13, P14, P16) et les points (P6, P2, P3) et (P4) où le rapport s'inverse.

II.4.4. Indices de saturation :

L'état thermodynamique du milieu aquifère par rapport à certains minéraux peut être déterminé par l'étude de leurs indices de saturation et d'équilibre.

L'état de saturation (I.S) est défini par le logarithme du rapport des produits d'activité ionique (PAI) sur le produit de solubilité (K) lors de l'échantillonnage:

$$Is = \log PAI/K$$

Alors, l'indice de saturation exprimé est :

$$I_s = \log \text{PAI} / \text{KCaCO}_3$$

Si,

$I_s = 0$, l'eau est saturée vis-à-vis de la calcite.

$I_s > 0$, l'eau est sursaturée par rapport à la calcite

$I_s < 0$, il montre que l'eau est sous-saturée vis-à-vis de la calcite.

Pour notre secteur d'étude, le calcul des indices de saturation a été obtenu en utilisant le logiciel Diagramme. Les résultats sont représentés dans le (annexe n°05). On peut constater les eaux étudiées sont sursaturées par rapport à la calcite, la dolomite, l'aragonite, et sous-saturées par rapport au gypse et l'anhydrite.

II.4.5. Traitement statistique des données hydrochimiques :

Nous avons utilisé pour l'Analyse en Composante Principale, le logiciel XLSTAT.

II.4.5.1. Etude statistique en composante principale :

a)- Statistiques élémentaires :

Dans le tableau n°08, nous avons présenté le calcul des moyennes et des écarts-type de la série de différents éléments chimiques.

Tableau n°08 : Calcul des moyennes et écarts-type de la série.

Variables	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	RS	Ph
Moyennes (mg/l)	261	215	921	18	1406	1094	375	59	4534	7,5
Écarts-type	135	216	713	17	1016	1164	134	37	2854	0,34
Minimum	59	23	23	1	48	42	173	3,72	400	7,03
Maximum	620	1265	3244	103	4805	5181	704	168	15340	8,5

b)- Matrice de corrélation :

Les coefficients de corrélation entre les teneurs des différents éléments majeurs sont donnés par le tableau n°09.

Tableau n°09: Matrice de corrélation des éléments chimiques.

	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	RS	pH
Ca ⁺²	1									
Mg ⁺²	0,579	1								
Na	0,711	0,818	1							
K ⁺	0,396	0,517	0,594	1						
Cl ⁻	0,759	0,853	0,943	0,519	1					
SO ₄ ⁻	0,744	0,854	0,935	0,600	0,859	1				
HCO ₃ ⁻	-0,501	-0,087	-0,042	0,089	-0,182	-0,114	1			
NO ₃ ⁻	-0,268	-0,306	-0,264	-0,252	-0,273	-0,348	0,128	1		
RS	0,830	0,859	0,943	0,584	0,942	0,951	-0,158	-0,332	1	
pH	0,372	0,360	0,386	0,221	0,338	0,506	-0,018	-0,459	0,439	1

On constate que tous les éléments majeurs sont corrélés positivement entre eux sauf les bicarbonates et les nitrates.

Les meilleures corrélations positives se retrouvent entre le Sodium et les Chlorures, le Sodium et les sulfates. Ces 3 éléments sont par ailleurs très bien corrélés avec le Résidu Sec et seraient donc les principaux ions influant la minéralisation des eaux. De bonnes corrélations sont également constatées entre les divers autres éléments (voir les valeurs du coefficient de corrélation de l'ordre de 0.8 et 0.7 sur le tableau n°09).

II.4.5.2. Analyse en composante Principale :

a)- Diagonalisation (tableau n°10)

1^{er} ligne : Valeurs propres (variances sur les axes principaux).

2^{ème} ligne : Contribution à la variation totale (pourcentage expliqué par les axes principaux).

Valeur propre 5,9791, 2481, 125,
Variance (%) 59,785 12,483 11,250.

Tableau n°10 : Vecteurs propres (coefficient des variables centrées réduites).

Facteur	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	RS	pH	NO ₃ ⁻
F1	0,335	0,359	0,386	0,261	0,383	0,393	-0,079	0,401	0,210	-0,170
F2	-0,379	0,111	0,133	0,334	-0,004	0,070	0,837	0,011	0,007	0,100

b)- Cercle de corrélation des variables :

La représentativité des échantillons dans le principal axe factoriel est considérée comme bonne. Les axes 1 et 2 regroupent 72,27% de l'information. Les ions qui sont bien corrélés entre eux, se regroupent étroitement à droite de l'axe (fig. n°16).

Les nitrates, les bicarbonates ainsi que le calcium se détachent nettement du précédent groupe et confirment ainsi leur non corrélation.

Tous les éléments sont corrélés positivement sauf les bicarbonates et les nitrates NO₃⁻ et à un degré moindre le calcium. Les bicarbonates, avec le Calcium conditionnent les équations d'équilibres calco-carboniques tandis que les nitrates proviendraient de la pollution.

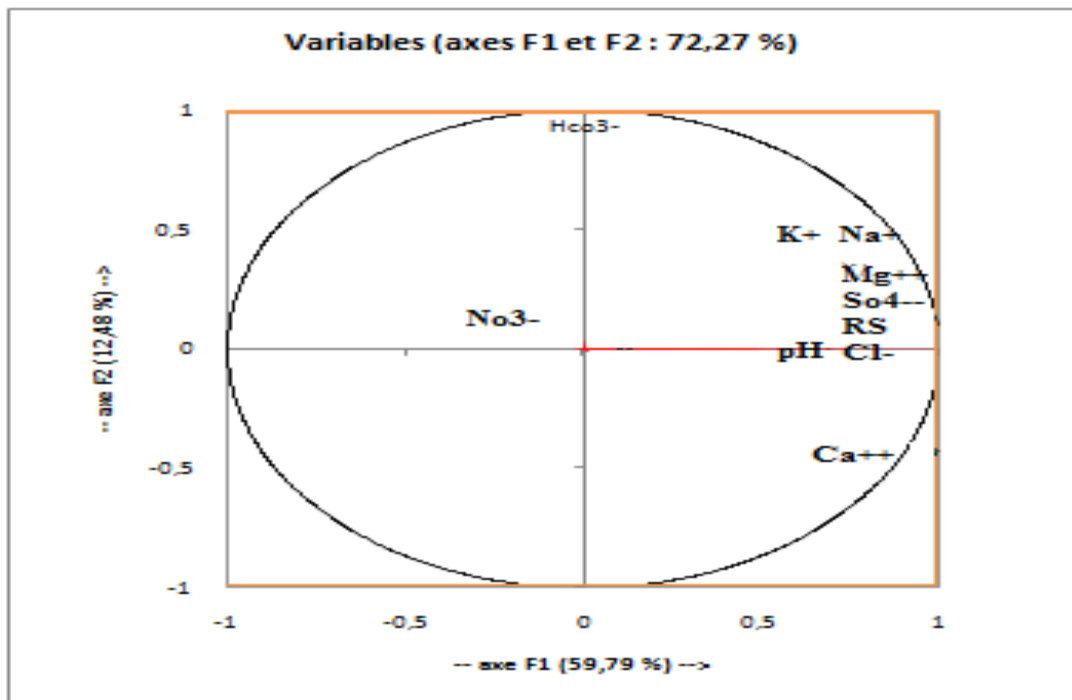


Fig. n°16 : Cercle de corrélation : axes 1 et 2, étude des variables.

II.5. Conclusion

L'étude hydrochimique a permis de mettre en évidence l'hétérogénéité de la plupart des paramètres physico-chimiques ayant une influence sur l'évolution et la qualité des eaux.

- La minéralisation des eaux échantillonnées de la région d'étude varie de 319mg/l à 9996mg/l.
- Selon la classification chimique, deux principaux faciès prédominent : Chloruré et Sulfaté Sodique, et bicarbonatée calcique.
- L'étude de l'indice de saturation a montré que les eaux sont sursaturées par rapport à la calcite, la dolomite, l'aragonite, et sous-saturées par-rapport au gypse et l'anhydrite.
- L'étude statistique, par analyse en composante principale (ACP), a confirmé et bien précisé les affinités entre les différents ions renseignant sur l'origine ainsi que les regroupements spatiaux des échantillons étudiés. Elle a en outre, bien mis en évidence, l'origine différente de l'ion nitrate.

Chapitre III : la pollution par nitrates

III.1. Généralités :

Les eaux souterraines sont, dans la plupart des cas, de meilleure qualité que les eaux de surface car elles sont moins directement exposées aux pollutions. Cependant, si les pollutions sont en général plus discrètes, elles peuvent persister beaucoup plus longtemps et il est très difficile de remédier à la contamination. Etant donné que les eaux souterraines sont souvent utilisées pour l'alimentation en eau potable, leur protection vis-à-vis des pollutions est un enjeu majeur.

III.1.1. Définition de la pollution de l'eau :

Une eau est polluée lorsque, sous l'effet de l'activité humaine, elle devient impropre à satisfaire la demande d'utilisation ou qu'elle présente un danger pour l'environnement (Castany G., 1982). Les causes naturelles de la dégradation de la qualité de l'eau souterraine sont donc exclues de ce concept.

III.1.2. Principaux types de pollution :

Selon l'origine de pollution, on peut distinguer trois grands groupes de pollution : urbaine, agricole et industrielle.

III.1.2.1. Pollution d'origine urbaine :

La pollution d'origine urbaine inclut des apports hétérogènes liés, à la fois aux activités physiologiques et domestiques qu'aux activités économiques, industrielles et commerciales pratiquées dans le milieu urbain.

La pollution urbaine liée aux activités physiologiques et domestiques est essentiellement de type organique et bactériologique.

III.1.2.1.1. Pollution organique :

Elle se présente sous deux aspects :

a)- La pollution organique biodégradable : issue des eaux ménagères (toilettes, lavage divers, etc.).

Ce type de pollution est facilement éliminé, soit par le pouvoir auto épuratoire au niveau du sol, soit par l'épuration biologique dans les stations d'épuration,

b)- La pollution organique difficilement biodégradable : il s'agit essentiellement de détergents synthétiques contenus dans les produits de nettoyage domestique. Leur présence a pour conséquence l'apparition dans l'eau de mousses qui freinent l'oxygénation de l'eau et perturbent le fonctionnement des stations d'épuration.

III.1.2.1.2. Pollution bactériologique :

Due à des germes pathogènes d'origine fécale (coliformes, streptocoques fécaux, salmonelles.....). Ces germes peuvent être à l'origine de la propagation de maladies infectieuses (peste, choléra, hépatite.....).

III.1.2.2. Pollution d'origine agricole :

L'agriculture est entrée dans un stade de modernisation, où les cultivateurs font parfois recours à une utilisation abusive d'engrais chimiques et de produits phytosanitaires (pesticides, fongicides, herbicides, etc.). L'utilisation irrationnelle de ces produits peut entraîner des risques graves et polluer les eaux souterraines, notamment par les nitrates.

III.1.2.3. Pollution d'origine industrielle :

Elle peut être provoquée par des rejets industriels, thermiques et chimiques. Sa nature est aussi variée que celle des industries. La pollution par les éléments toxiques est la plus dangereuse pollution incluse dans ce type.

III.1.3. Les nitrates : définition et généralités

Les nitrates sont, d'un point de vue chimique, des sels de l'acide nitrique. Ces sels sont caractérisés par la présence de l'ion nitrate NO_3^- , composé d'un atome d'azote et de trois atomes d'oxygène. Ils existent naturellement dans les sols et les eaux. Les ions nitrates se forment naturellement au cours du cycle de l'azote, notamment lorsque des matières organiques se décomposent, par l'action des bactéries du sol. L'azote organique se transforme par oxydation en composés ammoniacaux puis en nitrates. Les nitrates sont également fabriqués de manière industrielle, à partir de l'azote de l'air et de gaz naturel, car ce sont des engrais. Très solubles dans l'eau, ils ne sont pas retenus par le sol.

De façon générale, les sources de pollution par les nitrates dans les eaux souterraines sont:

- une culture dans des secteurs où la couche de sol est relativement mince, ou si le sol a une capacité tampon nutritive pauvre, ou s'il y a des changements d'utilisation de la terre ;
- une sur-fertilisation des récoltes pour l'intensification de l'activité agricole ;
- une grande répartition des récoltes qui exige de hautes doses d'engrais et qui laissent un excédant dans les sols durant de longues périodes
- des systèmes de drainage qui mènent au drainage des engrais ;
- les cycles de rotation agricole intensifs impliquant un labourage fréquent et des étendus de sols nus pendant l'hiver ;
- les engrais organiques provenant de la production animale.

III.1.3.1. Cycle de l'Azote :

L'azote suit un cycle particulièrement complexe dans les sols (fig. n°17), pour deux raisons :

- avec le carbone, c'est le nutriment de base de tous les organismes vivants ;
- avec des degrés d'oxydation variés, il peut être présent sous de très nombreuses formes.

Dans les écosystèmes, l'azote est présent sous forme gazeuse, dissoute et liée à des solides. L'azote atmosphérique représente 80% de l'atmosphère, il n'est utilisable que par certaines plantes (les légumineuses) qui accueillent en symbiose dans leurs racines des bactéries telles que le rhizobium qui fixent directement N_2 . Les autres apports se font sous forme d'engrais chimiques (généralement des nitrates NO_3^-) ou d'amendement organique tels que fumier et lisier. Les amendements organiques contiennent de l'azote sous forme de $\text{N}_{\text{ORGANIQUE}}$ ou ammonium (NH_4^+). Les résidus de

récolte restituent aussi de l'azote sous forme de $N_{\text{organique}}$. Dans le sol, trois formes d'azote prédominent : les nitrates solubles, le $N_{\text{organique}}$ présent principalement dans les horizons superficiels des sols et l'ammonium qui est en grande majorité fixé sur l'argile. (Olivier A., 2005).

a)-Nitrification :

La nitrification est une réaction d'oxydation de NH_4^+ à NO_3^- qui s'effectue en deux étapes :

La nitritation qui conduit aux nitrites NO_2^- suivie de la nitratisation qui transforme ceux-ci en nitrates.

Les deux réactions sont réalisées en présence d'oxygène et sont effectuées par des bactéries connues (principalement Nitrosomonas et Nitrobacter). La nitrification a lieu lorsque des teneurs élevées d'ammonium sont présentes dans un sol aéré, ce qui advient dans deux situations : ajout d'engrais (organiques ou minéraux) ou minéralisation de matière organique qui libère de l'ammonium. (Olivier A., 2005).

b)- Dénitrification :

La dénitrification, réaction de réduction des nitrates, a lieu en milieu anaérobie. Cette réaction comporte de nombreux intermédiaires (NO_2^- , NO_2 , N_2O), le produit final n'étant pas toujours le même. La présence de nitrite (NO_2^-) dans cette chaîne de réaction n'est pas certaine car c'est un composé extrêmement instable et la réaction de réduction de NO_3^- en N_2O est plus rentable énergétiquement.

c)- Minéralisation et réorganisation :

La minéralisation est une suite complexe de réaction de dégradation de chaînes carbonées qui permettent aux micro-organismes du sol de puiser leur énergie et leurs constituants. Lors de l'évolution de la matière organique, l'azote joue un rôle spécifique puisqu'il est recherché aussi bien par les micro-organismes que par les plantes.

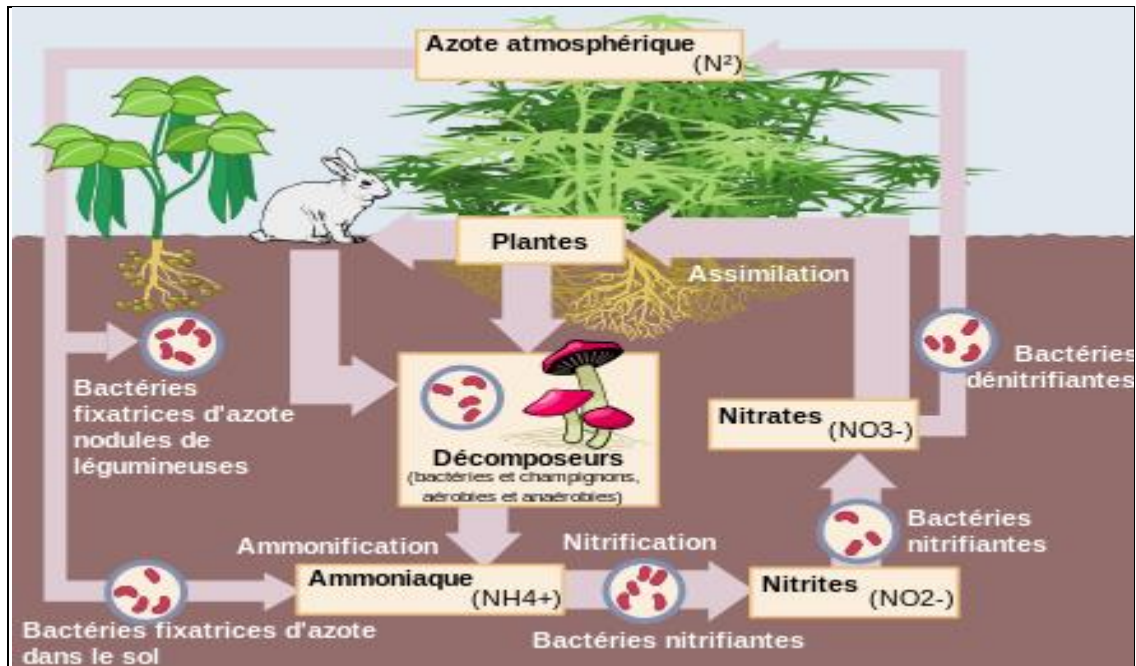


Fig. n°17: Cycle de l'azote.

III.1.3.2. Normes de potabilité :

L'organisation mondiale de la santé (O.M.S) a défini pour les eaux destinées à la consommation humaine, un ensemble de normes ; on examine la qualité chimique des eaux prélevées en comparant ces dernières aux normes internationales retenues par l'O.M.S, mais également aux normes régionales relatives au pays concerné.

Pour les eaux de consommation, les normes algériennes indiquent comme bonne qualité une eau dont la dureté est entre 20 °F et 50 °F. (NA752 Séminaire sur la qualité de l'eau, 1996).

Pour les nitrates, nitrites et ammonium, les normes figurent sur le tableau ci-dessous.

Tableau n°11 : Normes O.M.S de potabilité.

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
Ph		6.5	9
Conductivité	µs/cm	200	1000
Résidu sec	mg/l	-	1500
Dureté totale	°F	-	50
Calcium	mg/l	-	100
Magnésium	mg/l	-	50
Sodium	mg/l	-	150
Potassium	mg/l	-	12
Sulfates	mg/l	-	250
Chlorures	mg/l	-	600
Nitrates	mg/l	-	50
Nitrites	mg/l	-	0.1
Ammonium	mg/l	-	0.5
Phosphate	mg/l	-	5
Oxydabilité (K, Mn, O ₄)	mg/l	-	5
Oxygène dissous	mg/l	-	5
Aluminium	mg/l	-	0.2
Température	°C	-	25

O.M.S: Organisation Mondiale de la Santé.

III.2. Etude de la pollution par les nitrates des eaux souterraines dans le secteur d'étude :

III.2.1. Présentation des résultats d'analyse des nitrates :

Dans le tableau n°12, nous avons présenté les teneurs en nitrates pour chaque échantillon d'eau souterraine (2008-2012).

Tableau n°12 : Résultats d'analyse des nitrates en mg/l (In Boubkeri M., 2013 et Boullahi A., 2012)

Points	2008	2011	2012
P1	94,24	67	92
P2	6,2	10	55
P3	22,94	89	97
P4	16,74	80	21
P5	29,14	68	100
P6	58,9	74	50
P7	50,22	71	58
P8	65,72	66	112
P9	65,72	94	84
P10	42,16	151	99
P11	32,86	34	55
P12	55,8	72	101
P13	78,74	61	128
P14	17,98	74	46
P15	24,8		71
P16	9,92		
P17	37,2		
P18	6,2		
P19	50,84		
P20	3,72		

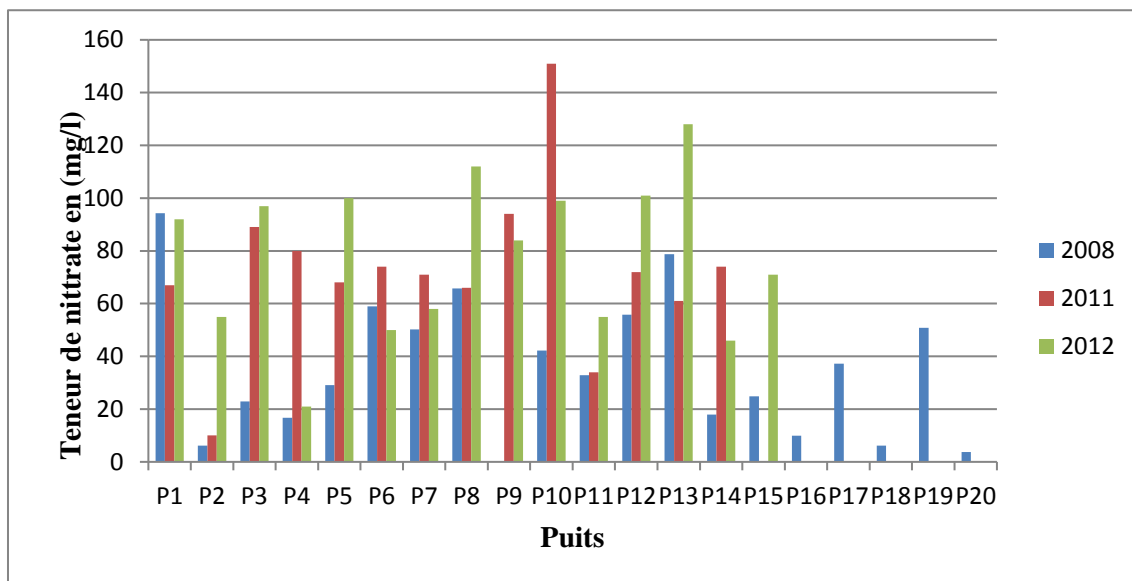


Fig. n°18 : Histogramme d'évolution de la teneur en nitrate en (mg/l).

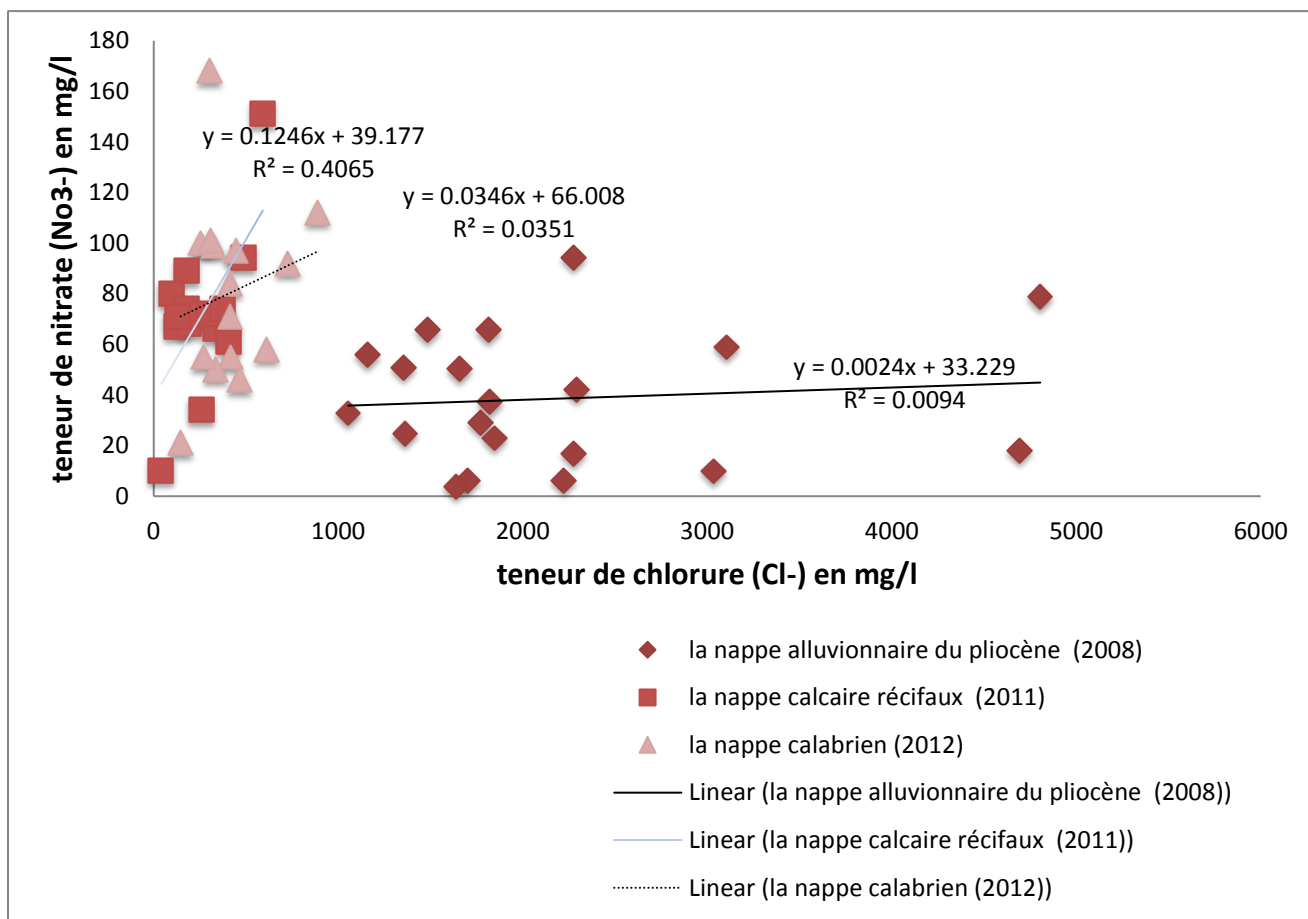


Fig. n°19: NO₃⁻ versus Cl⁻ dans les eaux des 3 nappes étudiées.

D'après le tableau n°12 et l'historgramme de la figure 18, les eaux de la nappe lumachellique calabrienne (2012) montrent des teneurs élevées en nitrates dépassant largement les normes de

potabilité. Elle atteint un maximum au niveau du puits n° 13 (128 mg/l). Les plus faibles teneurs en nitrates sont centrés autour des points P4 et P6.

Pour l'année 2008, les eaux de la nappe des alluvions du pliocène montrent des valeurs relativement faibles, dans les normes sauf pour quelques puits (P1, P5, P6, P8, P9, P13) où les teneurs dépassent la norme de potabilité de 50mg/l.

Pour l'année 2011, la plupart des points d'eau de la nappe des calcaires récifaux du miocène ont une teneur élevée en nitrates dépassant largement les normes de potabilité sauf en 2 points : points n°11 (34mg/l) et n°2(10mg/l).

La représentation des Chlorures en fonction des nitrates (fig. n°19) pourrait nous renseigner sur l'origine commune ou pas de ces deux ions. Le coefficient de corrélation non significatif pour chacune des nappes rend l'interprétation difficile :

- R = 0.097 pour la nappe alluvionnaire du pliocène.
- R = 0.187 pour la nappe la nappe de calcaire récifaux du miocène
- R = 0.637 pour la nappelumachellique du Calabrien.

III.2.2. Carte des teneurs en nitrates (Fig.20).

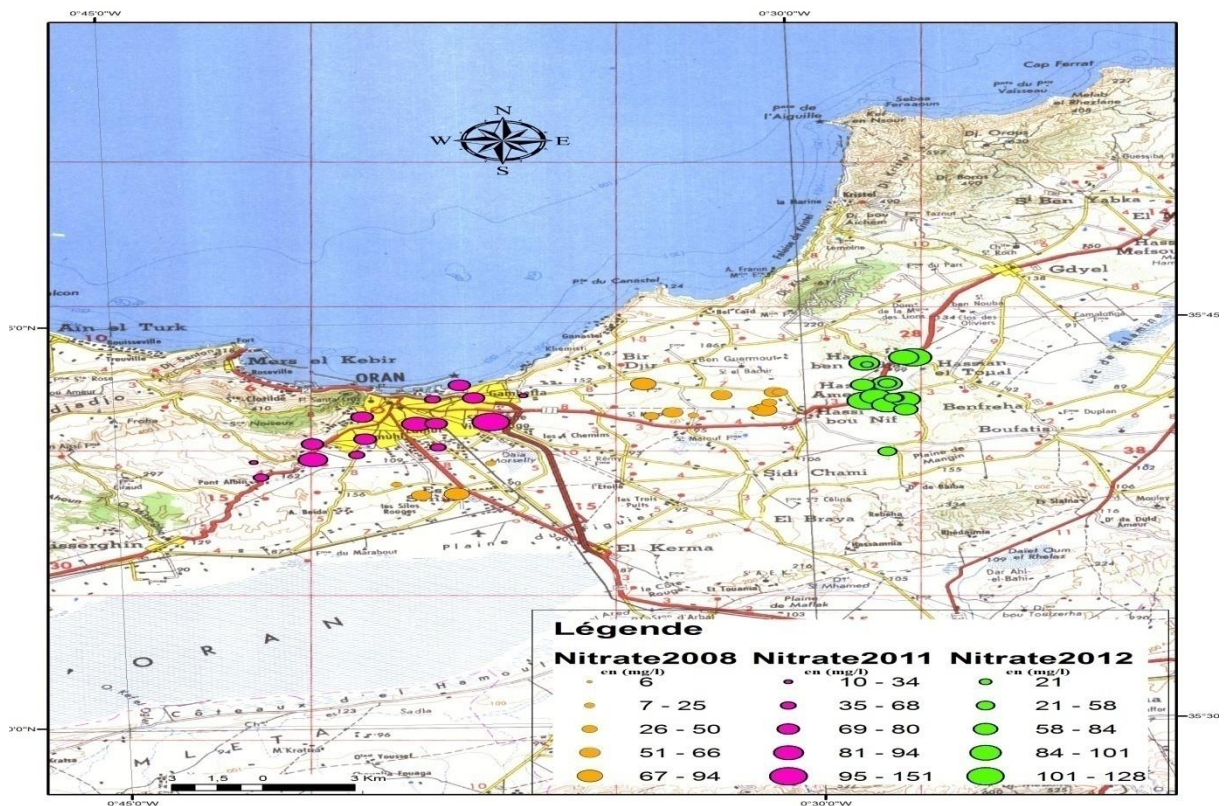


Fig. 20: Carte des teneurs en nitrates (mg/l). les valeur

L'examen de la carte montre une augmentation globale des teneurs en nitrates d'amont en aval de la région d'Oran, notamment au niveau des quartiers d'El Hassi, Ras El Ain qui ne possèdent aucun réseau d'assainissement. Ceci est accentué par la perméabilité de fissure des calcaires qui n'assurent aucune filtration des éléments polluants. Soulignons l'absence de périmètre de protection pour la source de Ras El Ain et des autres points d'eau bien que leurs eaux soient utilisées comme source d'eau potable (Adda M., 2011).

Dans le calabrien, la majorité des puits ont des teneurs en nitrates élevées variant entre 55mg/l et 128mg/l (puits 2 et 13). (Boubkri M., 2012).

De forte concentration sont observées au niveau des puits de la zone agricole (puits n°13 avec 128mg/l). Ces fortes concentrations seraient liées à l'utilisation des engrais et à l'infiltration des eaux d'irrigation dans le sous-sol.

Les faibles concentrations en nitrates aux puits 20 (3.72mg/l) et puits 18 et 2 (6.2mg/l) et puits 16 (9.92mg/l) est due au fait que la zone non saturée de la nappe est épaisse et protégée à sa partie supérieure par une couche superficielle peu perméable (Boullahi A., 2008).

Cette baisse dans les concentrations serait due à la dénitrification naturelle qui s'opère en profondeur.

II.2.3. Répartition fréquentielle de l'ion NO_3^- dans les eaux des trois nappes (fig. 21) :

Cette méthode permet d'avoir une idée sur l'origine unique ou multiple des nitrates.

Nous avons reporté les valeurs sur papier Gausso-logarithmique en fonction de leur fréquence cumulée. Le nombre d'origine est fonction du nombre de segments de droites obtenues.

Les droites représentatives présentent des pentes différentes pour chacune des nappes étudiées.

La première regroupe les points d'eau de la nappe alluvionnaire du pliocène et la deuxième de la nappe du Calabrien. La troisième pente représente la droite regroupant les points d'eau de la nappe calcaire récifaux.

Bien que le nombre de points d'eau considérés soit insuffisant pour tirer des conclusions définitives, les droites représentatives des nappes alluvionnaire et calcaire du miocène suggèrerait une même origine des nitrates pour des deux nappes. La 3ème droite présente une cassure avec un palier qui supposerait deux origines probables des nitrates dans ces eaux. Au vu du contexte la région, ces teneurs seraient probablement dues à la fois :

- à la pollution accidentelle liée au lessivage d'engrais chimique, dégradation de réseau urbain et industrielle.
- et à la pollution urbaine et industrielle, surtout que la concentration industrielle est importante dans la région (Es-Sénia et Hassi-Ameur).

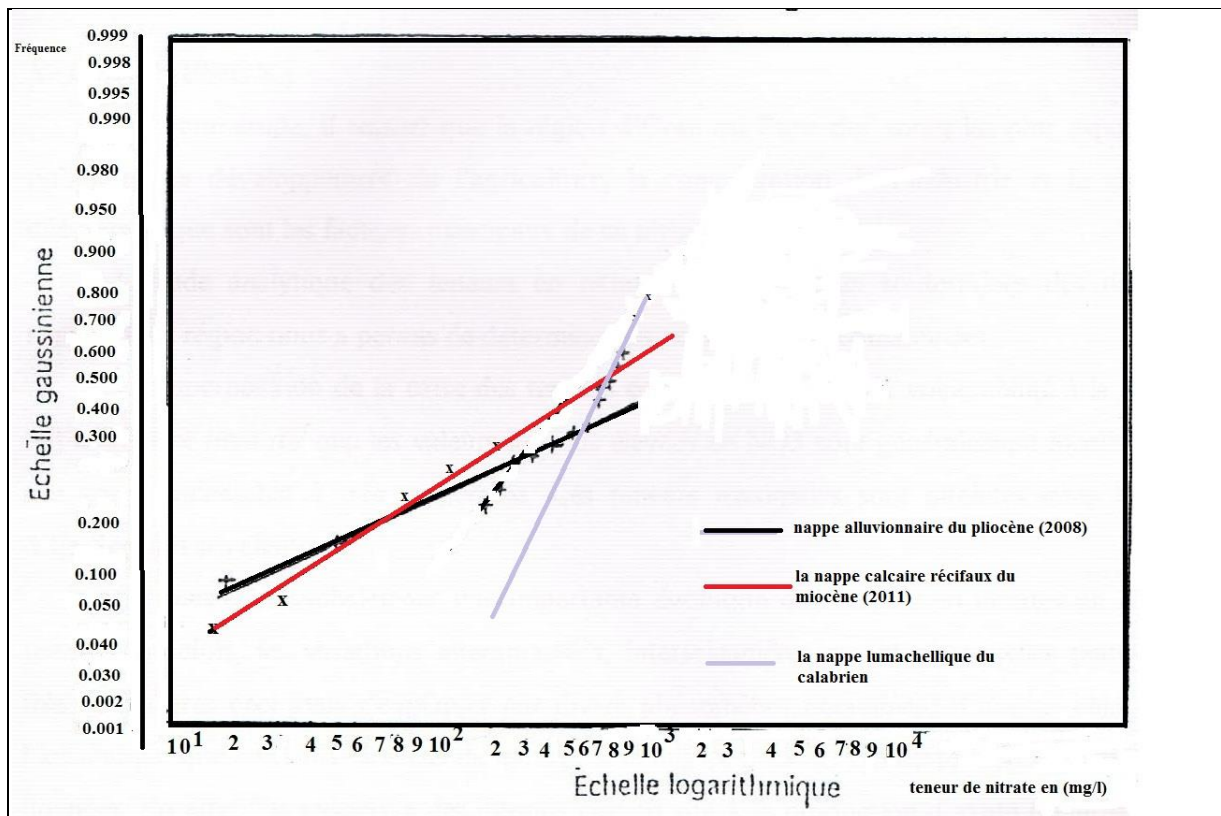


Fig. n°21 : Répartition d'ion NO₃⁻ dans les eaux des trois nappes.

II.3. Conclusion

Dans cette étude, il ressort que la région d'Oran est l'une des zones les plus exposées à la pollution. Le développement de l'agriculture, la concentration de l'industrie et de la croissance démographique sont les facteurs principaux de ce phénomène.

L'étude analytique des teneurs en nitrates dans les nappes d'eau souterraine de la région d'étude nous a permis de déterminer les zones où les points d'eaux sont les plus contaminés.

Il apparaît que la majorité des échantillons d'eau prélevée présentent des teneurs en nitrates relativement élevées, supérieures aux normes de potabilité dans les trois nappes considérées, à des degrés différents. L'origine des nitrates serait multiple mais il est certain que l'absence de réseau d'assainissement (fosses perdues), l'utilisation d'engrais chimiques et la proximité des zones industrielles et urbaines sont autant de facteurs complexes contribuant à cette contamination.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de ce travail, le contexte géographique, climatique et hydrogéologique de la région ont été présentés. Notre secteur d'étude est caractérisé par un climat semi-aride.

L'étude géologique a consisté en une synthèse des travaux déjà réalisés par plusieurs auteurs, cela a permis de mettre en évidence trois grands ensembles :

- le substratum anté à synchro-nappe constitué de formations d'âge triasique, jurassique et crétacé, affleurant dans le Djebel Murdjadjo et le Djebel Khar.
- les formations du Miocène supérieur, constituées en grandes parties par les marnes à tripolis, gypses, affleurant généralement dans le bassin du Chéelif.
- le Quaternaire constitué essentiellement par des formations alluvionnaires qu'on retrouve dans la zone piémont du Djebel Murdjadjo.

Selon la lithologie des formations traversées, l'étude hydrogéologique a permis de mettre en évidence les différents systèmes aquifères, principalement :

- l'aquifère des grès coquillers et sables jaunes (alluvions du Pliocène),
- l'aquifère des calcaires récifaux du Miocène,
- l'aquifère de grès lumachelliques du Calabrien.

L'étude hydrochimique a permis de caractériser les principaux paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau étudiés, et de faire ressortir les principaux faciès :

- Un faciès chloruré sodique: représenté par la majorité des eaux de puits étudiées.
- Un faciès bicarbonaté calcique et sulfaté sodique, beaucoup moins présent.

La répartition spatiale des éléments chimiques a confirmé que l'origine de ces faciès est fortement liée à la nature lithologique des formations aquifères.

Le calcul de l'indice de saturation a montré que les eaux des puits étudiées sont sursaturées par rapport à la calcite, la dolomite et l'aragonite pour la majorité des échantillons.

La région d'Oran présente un risque élevé de pollution des eaux souterraines, une telle conclusion est confirmée par la présence fréquente dans les nappes de substances indésirables ou polluantes à des concentrations souvent élevées, en particulier les nitrates.

La distribution des nitrates est irrégulière et les concentrations les plus élevées sont situées dans les aquifères où la couverture est mince et perméable, tel est le cas de la nappe de d'Es- Sénia et Hassi Aneur. Ces nitrates proviendraient des fosses septiques, des eaux usées industrielles et de l'agriculture intensive.

Des mesures urgentes doivent être prises pour lutter contre cette forme de pollution qui contamine les eaux souterraines.

Références bibliographique

Références bibliographiques

- Ablaoui H. & Mehtari N., (2001).** Structure et fonctionnement du système karstique d'Ain Taga (Monts de Tlemcen) à partir de l'étude hydrogéochimique sur un cycle hydrologique. Mém. Ing. Univ. Oran. 87p.
- Adda M., (2013).** Caractérisation hydrochimique et pollution des eaux souterraines en contexte urbain : cas de l'agglomération Oranaise (Algérie). Mém. Mag. Univ. Oran. 87p.
- Aissaoui A., (2011).** Etablissement d'une carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines du plateau d'Oran application de la méthode « GOD». Mém. Ing. Univ. Oran. p2-11.
- Bellaredj A.M., (2013).** Caractérisation des eaux souterraines de la plaine de la M'léta (Algérie, Nord-Ouest) par application des méthodes statistique multivarées et modélisations géochimique.
- Bensalah F., (1998).** Etat de la pollution au niveau de la plaine de Maghnia (carte de vulnérabilité à la pollution). Echelle 1/100.000. Mém. Ing. Univ. Oran.
- Boubkeri M., (2013).** Vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines en contexte industriel : cas de la zone de Hassi Ameer (région d'Oran – Algérie).
- Bouazza S., (2014).** Actualisation de l'étude hydrogéologique de la plaine de M'léta (Algérie-Nord-Ouest). Mém. Ing. Univ. Oran.
- Bouchenouk I., (2013).** Processus d'enrichissement en nitrates des eaux souterraines dans la zone semi – arides, cas de la plaine de Boukadir (Nord –Ouest Algérien).
- Boullahi A., (2012).** Contribution à l'étude hydrogéologique de la région comprise entre Hassi Bonif, Sidi Chahmi, Braya et Es-Sénia. (w.d'Oran). Mém. Ing. Univ. Oran. 71p.
- Castany G., (1982).** Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Dunod Edition.
- Chiban B., (1993).** Pollution par les nitrates des eaux souterraines de la plaine de la Mitidja.
- Hacherouf B. & Abid H., (2001).** Caractérisation hydrochimique et pollution par les nitrates des eaux souterraines de la région d'Oran. Mém. Ing. Univ. Oran.
- Haddar L., (1986).** Contribution à l'étude hydrogéologique du piémont de Djbel khar ; entre lac Télamine et Hassi Ameer (w. d'Oran). Mém. Ing. Univ. Oran.
- Hamadou H. & Zouaoui A., (2001).** Etude hydrochimique et de la pollution par métaux lourds les eaux souterraines de l'agglomération Oranaise. 90p. Mém. Ing. Univ. Oran.
- Hassani M.I., (1987).** Hydrogéologie d'un bassin endoréique semi-aride. Le bassin versant de la grande Sebkhia d'Oran (Algérie). Doctorat 3^{me} cycle. Université de Grenoble.
- Murat A., (2000).** Guide d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution. Rapport de stage soumis au Ministère de l'environnement du QUEBEC.

Olivier A., (2005). Chimie et pollutions des eaux souterraines. Université Michel de Montaigne Bordeaux 3.pp 155-161.

Rabahi H. & Belani T., (2013). Etude hydrogéologique de la plaine de M'léta (w.d'Oran).Mém. Ing. Univ Oran.

Sadi R. Mekhlouf M., (2013). Impact des eaux usées industrielles de Hassi Aneur sur la qualité physico-chimiques du lac Télamine et Mutation de son espace pp 10-11.Mém. Ing. Univ.Oran.

Tabek O., (1986). Notice explicative de la carte de vulnérabilité a la pollution.. Carte d'Oran 1/50.000.Mém. Ing. Univ Oran.

Trari R. & Mestour K., (1996). Etude de la pollution des eaux de surface de la région Oranaise.

Webographie :

www.wikipedia.fr/

Annexes

Annexe n°01: Différentes unités et activités industrielles.

Nom de l'unité	Adresse	Activité	Catégorie
Sarl Polyer Safinna	Hassi Aneur	Construction navale	En activité
Sarl Sofap	Hassi Aneur	Production	
Sarl Sdejelmaci	Hassi Aneur	Fabrication de vernis	
Sarl Somotib	Hassi Aneur	Tissage	En activité
Sarl Somap Bic	Hassi Aneur	Rasoirs Bic jetables	
Sarl T.M.O	Hassi Aneur	Tannerie	En arrêt
Sarl U.T.A.C	Hassi Aneur	Tannerie	En arrêt
Simas S.P.A	Hassi Aneur	Chaudronnerie sous pression, chaudronnerie ordinaire et charpente métallique	
Somalori Ouest Injaco	Hassi Aneur	Maintenance et gestion matérielle B.T.P.H.	
E.R.O.S.P.A	Hassi Aneur	Récupération de ferraille	
ELGE Moula	Hassi Aneur	Travaux électriques	
TARSI S.P.A	Hassi Aneur	Montage et maintenance industrielle	
Tub Profil S.P.A Unité PTT/HT Anabib	Hassi Aneur	Tubes serres et finies- Tubes planes et profilés	
Sarl NARIPLST	Hassi Aneur	Transformation du plastique	
Sarl CMCO	Hassi Aneur	Matériaux de construction	En activité
Sarl POLYOR	Hassi Aneur	Bateau de pêche et plaisance Bassin aquaculture	En activité

Annexe n°2: Résultats des analyses chimiques en r (mg/l).

Puits	rCa(mg/l)	rMg(mg/l)	rNa(mg/l)	rk(mg/l)	rCL(mg/l)	rSO4(mg/l)	rHCO3(mg/l)	rNo3(mg/l)
P1	13,98	21,01	48,01	0,30	64,14	9,49	4,34	1,52
P2	21,95	27,06	49,01	0,55	62,6	29,98	2,85	0,1
P3	19,96	20,06	45,01	0,45	52,06	32,98	3,29	0,37
P4	19,96	24,67	55,017	0,45	64,14	35,98	4,15	0,27
P5	24,93	20,23	57,017	1,01	49,86	45,47	4,65	0,47
P6	30,91	30,92	119,04	0,50	87,49	75,95	3,39	0,95
P7	19,96	30,92	51,01	0,35	46,70	75,95	5,6	0,81
P8	18,96	20,89	43,01	0,35	41,86	32,98	4,34	1,06
P9	16,97	23,35	41,01	0,32	51,11	27,98	5,2	1,06
P10	19,96	28,21	94,03	0,30	64,6	68,96	6,9	0,68
P11	10,45	28,13	39,539	0,35	29,7	34,98	11,09	0,53
P12	7,96	23,60	39,01	0,35	32,68	31,98	7,44	0,9
P13	14,98	70,17	141,05	0,89	135,36	75,95	7,75	1,27
P14	28,92	104,14	122,04	1,14	132,18	107,93	4,08	0,29
P15	16,97	22,53	35,01	0,71	38,41	28,73	3,47	0,4
P16	19,96	44,45	107,04	2,62	85,46	73,95	6,69	0,16
P17	15,98	21,22	65,02	0,73	51,36	41,97	6,15	0,6
P18	13,98	13,56	39,017	41,86	47,92	8,99	5,85	0,1
P19	15,98	11,67	26,52	0,50	38,13	9,99	4,1	0,82
P20	14,98	14,4	36,35	0,68	46,18	13,99	5,05	0,06
P1	4,88	4,36	5,21	0,12	5,38	2,64	5,93	1,08
P2	2,94	1,89	1	0,02	1,35	0,87	3,80	0,16
P3	11,37	12,67	13,3	0,10	26,47	3,75	5,47	1,43
P4	6,13	5,51	11	0,15	4,02	2,02	5,19	1,29
P5	9,97	6	20	0,17	24,56	4	6,16	1,09
P6	8,77	37,86	13,78	0,12	21,32	3,77	4,36	1,19
P7	4,68	5,76	10,21	0,20	9,83	2,72	5,50	1,14
P8	6,13	8,06	22,60	0,20	21,49	7,04	8,50	1,06
P9	6,28	7,24	28,78	0,71	19,21	10,14	11,31	1,51
P10	6,88	7,65	20	0,43	12,47	12,31	7,60	1,51
P11	6,68	4,44	10,91	0,17	7,29	5,41	9,06	0,54
P12	7,43	11,35	18,26	0,56	7,32	6,35	8,16	1,16
P13	10,32	16,29	15	0,61	8,59	8,5	7,55	0,98
P14	5,88	5,43	11,82	0,35	11,49	7,77	6,49	1,19
P1	11,67	8,55	28,60	0,56	27,43	15,16	4,44	1,48
P2	3,79	11,93	25,60	0,10	23,12	8,70	8,88	0,88
P3	6,38	14,40	30,21	0,79	29,69	9,31	8,77	1,56
P4	4,63	4,44	6,82	0,05	9,40	3,04	3,98	0,33
P5	13,76	3,78	20	0,11	26,30	5,35	4,09	1,61
P6	5,53	4,77	20,82	0,12	16,92	7,02	7,77	0,81
P7	8,47	179	33	0,31	48,70	12,75	8,88	0,93
P8	8,27	10,12	33	1,20	25,01	18,54	7,42	1,81
P9	11,67	12,59	33,78	0,17	42,67	8,625	5,55	1,35
P10	19,70	7,73	30,21	0,15	44,56	6,71	4,44	1,59
P11	9,52	5,43	16,30	0,15	19,35	5,64	5,65	0,88
P12	17,60	5,84	27	0,17	38,90	6,41	4,65	1,62
P13	13,11	3,04	19,91	0,12	22,92	6,31	4,65	2,71
P14	5,08	14,15	43,52	0,41	40,22	9,72	11,54	0,74
P15	5,08	6,41	18,82	0,20	14,47	8,62	3,70	1,14

Annexe n°3 : Faciès caractéristiques des échantillons prélevés.

Puits	Cation	Anion
P1	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P2	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P3	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P4	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P5	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P6	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P7	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	SO ₄ ⁻² >Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P8	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P9	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	SO ₄ ⁻² >Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P10	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P11	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	SO ₄ ⁻² >Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P12	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	SO ₄ ⁻² >Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P13	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P14	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P15	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P16	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P17	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P18	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P19	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P20	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P1	Ca ⁺² >Na ⁺ +K ⁺ >Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >SO ₄ ⁻²
P2	Ca ⁺² >Mg ⁺² >Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >SO ₄ ⁻²
P3	Na ⁺ +K ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺²	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²
P4	Ca ⁺² >Na ⁺ +K ⁺ >Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >SO ₄ ⁻²
P5	Na ⁺ +K ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺²	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²
P6	Na ⁺ +K ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺²	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²
P7	Na ⁺ +K ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺²	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²
P8	Na ⁺ +K ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺²	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²
P9	Na ⁺ +K ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺²	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²
P10	Na ⁺ +K ⁺ >Mg ⁺² >Ca ⁺²	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²
P11	Na ⁺ +K ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺²	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²
P12	Na ⁺ +K ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺²	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²
P13	Na ⁺ +K ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺²	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻
P14	Na ⁺ +K ⁺ >Ca ⁺² >Mg ⁺²	Cl ⁻ +NO ₃ ⁻² >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻
P1	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P2	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P3	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P4	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P5	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P6	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² >NO ₃ ⁻
P7	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P8	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P9	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P10	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P11	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² >NO ₃ ⁻
P12	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P13	Na ⁺ >Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻
P14	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² >NO ₃ ⁻
P15	Na ⁺ >Mg ⁺⁺ >Ca ⁺⁺ >K ⁺	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >NO ₃ ⁻

Annexe n°4 : Résultats des rapports caractéristiques (r en mg/l).

Point d'eau	r (SO ₄ /Cl ⁻)	r (Na ⁺ /Cl ⁻)	r (Mg ²⁺ /Ca ²⁺)
P1	0,20	0,48	0,910
P2	0,64	0,50	0,74
P3	0,85	0,56	0,609
P4	0,75	0,55	0,74
P5	1,23	0,74	0,49
P6	1,17	0,88	0,60
P7	1,31	0,70	0,67
P8	1,06	0,66	0,66
P9	0,74	0,51	0,83
P10	1,44	0,94	0,85
P11	1,59	0,86	1,63
P12	1,32	0,77	1,79
P13	0,75	0,67	2,83
P14	1,10	0,59	2,18
P15	1,01	0,59	0,80
P16	1,16	0,81	1,34
P17	1,10	0,82	0,80
P18	0,25	0,52	0,587
P19	0,35	0,45	0,44
P20	0,40	0,51	0,58
P1	0,66	0,62	0,54
P2	0,87	0,47	0,38
P3	0,19	0,32	0,67
P4	0,67	1,76	0,54
P5	0,22	0,52	0,36
P6	0,23	0,41	2,61
P7	0,37	0,67	0,74
P8	0,44	0,68	0,79
P9	0,71	0,97	0,69
P10	1,33	1,03	0,67
P11	1,003	0,96	0,40
P12	1,17	1,61	0,92
P13	1,33	1,13	0,95
P14	0,91	0,66	0,55
P1	0,747	0,67	0,44
P2	0,50	0,71	1,90
P3	0,42	0,65	1,36
P4	0,43	0,47	0,58
P5	0,27	0,49	0,16
P6	0,56	0,79	0,52
P7	0,35	0,63	1,05
P8	1,002	0,85	0,74
P9	0,27	0,51	0,65
P10	0,20	0,43	0,23
P11	0,39	0,54	0,34
P12	0,22	0,44	0,20
P13	0,37	0,56	0,14
P14	0,32	0,70	1,68
P15	0,80	0,84	0,76

Annexe n° 5: Indices de saturation des eaux souterraines de la zone d'étude.

Puits	Cl	Is calcite	Is aragonite	Is dolomie	Is gypes	Is Andyrite
P1	2277,32	0,63	0,49	1,59	-0,54	-0,76
P2	2224,07	1,11	0,96	2,45	0,11	-0,11
P3	1848,48	1,04	0,9	2,24	0,13	-0,09
P4	2277,32	1,02	0,88	2,28	0,14	0,08
P5	1770,38	1,16	1,02	2,39	0,34	0,12
P6	3106,2	0,84	0,7	1,85	0,57	0,35
P7	1658,20	1,35	1,21	2,91	0,25	0,03
P8	1486,03	1,45	1,3	3,09	0,11	-0,11
P9	1814,40	1,48	1,33	3,24	0	-0,22
P10	2293,3	1,29	1,15	2,89	0,37	0,15
P11	1054,35	1,9	1,76	4,38	-0,11	-0,33
P12	1160,49	1,32	1,18	3,27	-0,25	-0,47
P13	4805,63	1,06	0,91	2,95	0,22	0
P14	4692,74	0,84	0,69	2,4	0,63	0,41
P15	1363,9	1,22	1,07	2,7	0,02	-0,2
P16	3034,18	1,05	0,91	2,61	0,37	0,15
P17	1823,63	1,2	1,05	2,67	0,12	-0,11
P18	1701,51	1	0,85	2,12	-0,52	-0,74
P19	1353,9	0,92	0,78	1,85	-0,4	-0,62
P20	1639,39	0,66	0,51	1,44	-0,31	-0,53
P1	191	0,27	0,13	0,63	-1,29	-1,51
P2	48	0,27	0,15	0,52	-1,89	-2,11
P3	940	0,6	0,46	1,39	-0,91	-1,13
P4	143	0,63	0,48	1,34	-1,34	-1,56
P5	872	0,5	0,36	0,92	-0,92	-1,14
P6	757	0,03	-0,11	0,84	-1,08	-1,3
P7	349	0,29	0,15	0,81	-1,33	-1,55
P8	763	0,47	0,33	1,2	-0,9	-1,12
P9	682	0,79	0,65	1,78	-0,75	-0,97
P10	443	0,7	0,56	1,59	-0,6	-0,82
P11	259	0,46	0,31	0,87	-0,9	-1,12
P12	260	0,64	0,5	1,61	-0,84	-1,06
P13	305	0,97	0,82	2,27	-0,6	-0,82
P14	408	0,27	0,13	0,64	-0,82	-1,04
P1	974	0,68	0,54	1,37	-0,34	-0,56
P2	821	0,78	0,63	2,19	-1,03	-1,25
P3	1054	0,47	0,32	1,43	-0,81	-1,03
P4	334	0,34	0,19	0,79	-1,27	-1,49
P5	934	0,27	0,13	0,13	-0,67	-0,89
P6	601	0,44	0,3	0,95	-0,92	-1,14
P7	1729	0,58	0,44	1,55	-0,6	-0,82
P8	888	0,38	0,23	0,99	-0,41	-0,63
P9	1515	0,48	0,34	1,14	-0,6	-0,82
P10	1582	0,37	0,23	0,48	-0,48	-0,7
P11	687	0,6	0,46	1,1	-0,78	-1
P12	1381	0,49	0,35	0,65	-0,53	-0,75
P13	814	0,45	0,31	0,41	-0,61	-0,83
P14	1428	0,55	0,41	1,7	-0,92	-1,14
P15	514	0,09	-0,06	0,41	-0,86	-1,08

Annexe n°6 : Les coordonnées géographiques des points d'eau dans les 3 campagnes.

1ère campagne			2ème campagne			3ème campagne		
Coordonnées en Km			Coordonnées Lambert			Coordonnées UTM		
Puits	X	Y	Puits	X	Y	Puits	X	Y
P1	205460	272960	P1	192,6	267,23	P1	729,5	3953,6
P2	199500	266900	P2	192,42	268,29	P2	729,1	3953,7
P3	200150	267790	P3	194,36	268,37	P3	728,5	3953,8
P4	208950	271050	P4	194,41	269,46	P4	728,25	3956
P5	209300	270950	P5	195,8	268,62	P5	728,15	3956,1
P6	209700	272140	P6	196,14	269,69	P6	728,9	3950
P7	205600	270750	P7	196,13	271,22	P7	729,15	3953,71
P8	206300	270950	P8	198,5	268,99	P8	728,2	3953,5
P9	207975	272050	P9	197,88	270,64	P9	728,1	3954,6
P10	209500	271450	P10	200,33	270,64	P10	728,88	3954,7
P11	209900	272150	P11	201,49	272,4	P11	728,9	3954,71
P12	197760	265700	P12	199,86	272,33	P12	729,45	3956,5
P13	198920	265720	P13	198,51	272,31	P13	729,75	3956,49
P14	19700	266500	P14	199,45	273,24	P14	728,88	3953,2
P15	206975	270750				P15	729,51	3952,9
P16	206465	207870						
P17	204800	274050						
P18	197990	267170						
P19	201950	271950						
P20	201410	272400						

