

N° d'ordre

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran

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

Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade
d'Ingénieur d'Etat en Sciences de la Terre

Option : Hydrogéologie

Thème :

Ré synthèse hydrochimique des eaux du Djebel Murdjadjo

Présenté par :

M. Idrissa Issa Majid

Soutenu le : 3 /10 /2012 devant la commission d'examen :

MEBROUK-ZAIDI N.	Maître de Conférences A	Université d'Oran2	Présidente
HASSANI M.I.	Professeur	Université d'Oran2	Encadreur
ABLAOUI H.	Maître Assistant B	Université d'Oran2	Examinatrice

Oran, 2017

LISTE DES FIGURES

- Figure n° 1** : Situation des différentes régions étudiées de la partie Nord-ouest de l'Algérie.
- Figure n° 2** : Situation géographique de la région de Bel-Hacel (in Borsali, 2008).
- Figure n° 3** : Bloc diagramme du plateau de Mostaganem (d'après Tinthoin, 1948, in Borsali, 2008).
- Figure n° 4** : Carte géologique et stucturale de la région de Bel-Hacel (SONATRACH : division hydrocarbures,direction exploitation).
- Figure n° 5** : Schéma stratigraphique du pléistocène de Bel-Hacel (D'après A. Perrodon, 1957).
- Figure n° 6** : Log hydrogéologique de la région de Bel-Hacel.
- Figure n° 7** : Carte piézométrique de la région de Bel Hacel (Juin 2007) (in Borsali, 2008).
- Figure n° 8** : Plan de situation générale de la région de Maghnia (in Kebir L.W et Rostane A.R, 1992)
- Figure n° 9** : Cadre géologique régionale (extrait de carte géologique de l'Algérie au 1/500 000).
- Figure n° 10** : série litho stratigraphique de la région étudiée (In Kebir L.W et Rostane A.R, 1992).
- Figure n° 11** : Log hydrogéologique de la plaine de Zriga.
- Figure n° 12** : Situation géographique du bassin versant de l'Oued Lardjem (Mecif F. & Metene A., 2008).
- Figure n° 13** : Situation géologique du Bassin versant de l'Oued Lardjem (D'après la carte géologique au 1/500.000, Flandrin.1951).
- Figure n° 14** : Log litho stratigraphique du bassin de l'Oued Lardjem (in Mecif F. & Metene A., 2008).
- Figure n° 15** : Réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Lardjem (Mecif F. & Metene A., 2008).
- Figure n° 16** : Localisation géographique des principales sources drainant l'affleurement Jurassique du Djebel Ouarsenis.
- Figure n° 17** : modèle de circulation des eaux de la source thermique de Hammam Sidi Slimane (Nedjai R., 1987).
- Figure n° 18** : Log hydrogéologique du bassin versant de l'Oued Lardjem.
- Figure n° 19** : Situation géographique du Synclinal de Nâama (Fillali K., 2011).
- Figure n° 20** : Carte géologique de la région de Nâama (Galmier, 1973) modifiée.
- Figure n° 21** : Coupe lithostratigraphique des formations mésozoïques dans la partie centrale des Monts des Ksour - Ain Sefra (Douihasni, 1976).
- Figure n° 22** : Coupe lithostratigraique des formations du Cénomano-Turonien dans la partie centrale des Monts des Ksour - Ain Sefra (Douihasni, 1976).
- Figure n° 23** : Coupes géologiques à travers le synclinal de Nâama (in Fillali K., 2011).
- Figure n° 24** : Log hydrogéologique du Synclinal de Nâama.
- Figure n° 25** : Carte hydrogéologique de la nappe Mio-Pliocène du Synclinal de Naâma (Fillali K., 2011).
- Figure n° 26** : Carte piézométrique de la nappe Moi-Pliocène du synclinal de Nâama (Avril 2006) (Fillali K., 2011).
- Figure n° 27** : Localisation des points d'eau échantillonnés et analysés – région de Bel-Hacel (Borsali T., 2008).
- Figure n° 28** : Représentation par diagramme de Schoeller-Berkaloff des eaux souterraines de la région du Bel-Hacel (échantillons 1 à 10).

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n° 01 : coordonnées de la station climatologique	13
Tableau n° 02 : les précipitations moyennes mensuelles	14
Tableau n° 03 Précipitations saisonnières	15
Tableau n° 04 : totaux des précipitations annuelles	16
Tableau n° 05 : température moyenne mensuelle en °C	17
Tableau n° 06 : coordonnées et nature des sources	30
Tableau n° 07 : Présentation des résultats de l'analyse physico-chimique des points d'eau prélevés (mai 1986)	36
Tableau n° 08 : Pourcentage d'erreur des analyses chimiques	40
Tableau n° 09 : Qualité de l'eau en fonction du TH	41
Tableau n° 10 : Dureté totale des points d'eau (°F)	41
Tableau n° 11 : Formules et faciès chimiques	47.
Tableau n° 12 : Calcul des rapports caractéristiques	53
Tableau n° 13 : Calcul des moyennes et des écarts-types de la série.	54
Tableau n° 14 : Matrice de corrélation des éléments chimiques	55
Tableau n° 15 : étude des variables	56
Tableau n° 16 : Les indices de saturations des eaux souterraines de la zone d'étude	60
Tableau n° 17 : Classification de qualité des eaux en fonction des valeurs de S.A.R	62



Introduction générale



L'hydrogéologie comme la majorité des sciences de la terre est une discipline interdisciplinaire, dans la mesure où il peut être difficile de tenir compte complètement de toutes les interactions entre le sol, la biosphère et l'homme. Elle étudie généralement les eaux souterraines en déterminant leur propriété physico-chimique et leur circulation au sein des diverses formations géologiques.

Le but de ce travail vise essentiellement à donner une synthèse globale de l'état hydrochimique des points d'eau du Djebel Murdjadjo.

L'étude comportera un traitement des résultats d'analyses physico-chimique résultats d'une campagne de prélèvement effectuée en mai 1986. Cette étude se basera sur l'application des méthodes courantes et d'interprétation des données hydrochimiques.

Chapitre I : contexte physique de la région d'étude

situation géographique:

Située dans la partie occidentale de l'agglomération oranaise (figure 01), le Djebel Murdjadjo et sa région environnante font partie du secteur des Massifs Littoraux Oranais inclus dans le Domaine du Tell septentrional. La région objet de cette étude est limitée :

- A l'Est, par le plateau d'Oran,
- Au Sud, par la grande Sebkha d'Oran,
- A l'Ouest, par la plaine des Andalouses,
- Au Nord, par la mer méditerranée.

Le secteur étudié est dominé par un ensemble de montagne, orienté WSW-ENE selon la direction tellienne.

Morphologiquement, nous avons affaire à deux ensembles différents :

- au Nord-ouest et au Nord, le premier ensemble est constitué essentiellement de terrains relativement émoisés dont les altitudes sont élevées.
- au Sud, un ensemble calcaire qui donne des reliefs très originaux avec des ravineaux secs et profonds présentant parfois des dépressions fermées de dimensions variables.

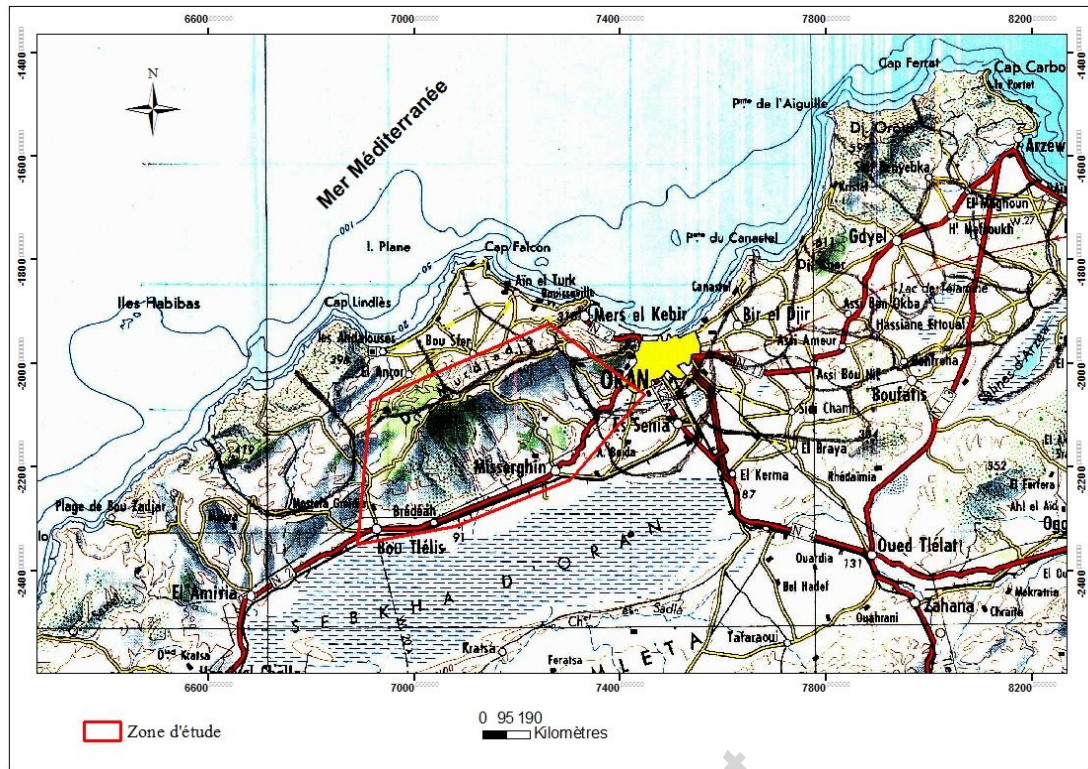


Figure 1: Situation géographique du secteur d'étude (carte d'Oran Est 1/50000)

1. CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL :

1.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONALE :

Le Djebel Murdjadjo constitue la plus orientale des chaînes côtières alpines de l'Oranais. Il s'agit d'un horst dissymétrique dont l'axe est orienté suivant une direction SW-NE (d'après A Perrodon, 1957).

La description des contextes géologique et hydrogéologique de la région d'étude s'est basée essentiellement sur les travaux de M. Hassani M.I. (1987).

Dans la région, on distingue plusieurs massifs et plateaux, du nord-est au sud-ouest :

- Le massif du Djebel Khar (Montagne des lions).

- Le massif d'Oran (Djebel Murdjadjo) séparé du Djebel Khar par le plateau d'Oran.
- Le plateau incliné du Miocène supérieur coiffant le Djebel Murdjadjo.
- Le massif des Andalouses avec le plateau calabrien de M'sila.
- Le massif de Madagh incluant le plateau de Lindles.
- La plaine des Andalouses, au sud de Cap Falcon.

La structure géologique régionale de ce domaine détermine deux grands ensembles (G. Thomas.1985) (fig. 2) :

* Un substratum, anté à synchro nappe, constitué dans les Djebels Khar et dans le Djebel Murdjadjo jusqu'à Madagh, par les massifs schisteuses para-autochtones d'âge Jurassique et Crétacé.

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

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

- Un Miocène 2^{ème} cycle, constitué par :

- > un niveau détritique de base formé de grès marins affleurant sommairement dans les zones hautes,
- > des formations médianes constituées de marnes bleues qui prennent une grande extension sous le plateau d'Oran et dans les Monts de Tessala où ils peuvent atteindre 600 mètres d'épaisseur,
- > des formations terminales, constituées au fond du domaine, par la série des tripolis et la série des gypses alors que dans le Djebel Murdjadjo, il y a passage latéral à
- > des formations de bordure : c'est le faciès des calcaires récifaux qui prend une grande extension dans la région,

- > un Pliocène inférieur et moyen affleurant dans les Djebels Djira et Debbi, au sud d'El Braya, où des marnes à intercalations grésogypseuses atteignent 100 à 200 mètres d'épaisseur,
- > des formations pleisto-holocènes, correspondant à un empilement de couches subhorizontales et argilo-sableuses ou limoneuses se raccordant sur les bords avec des sédiments devenant plus grossiers.

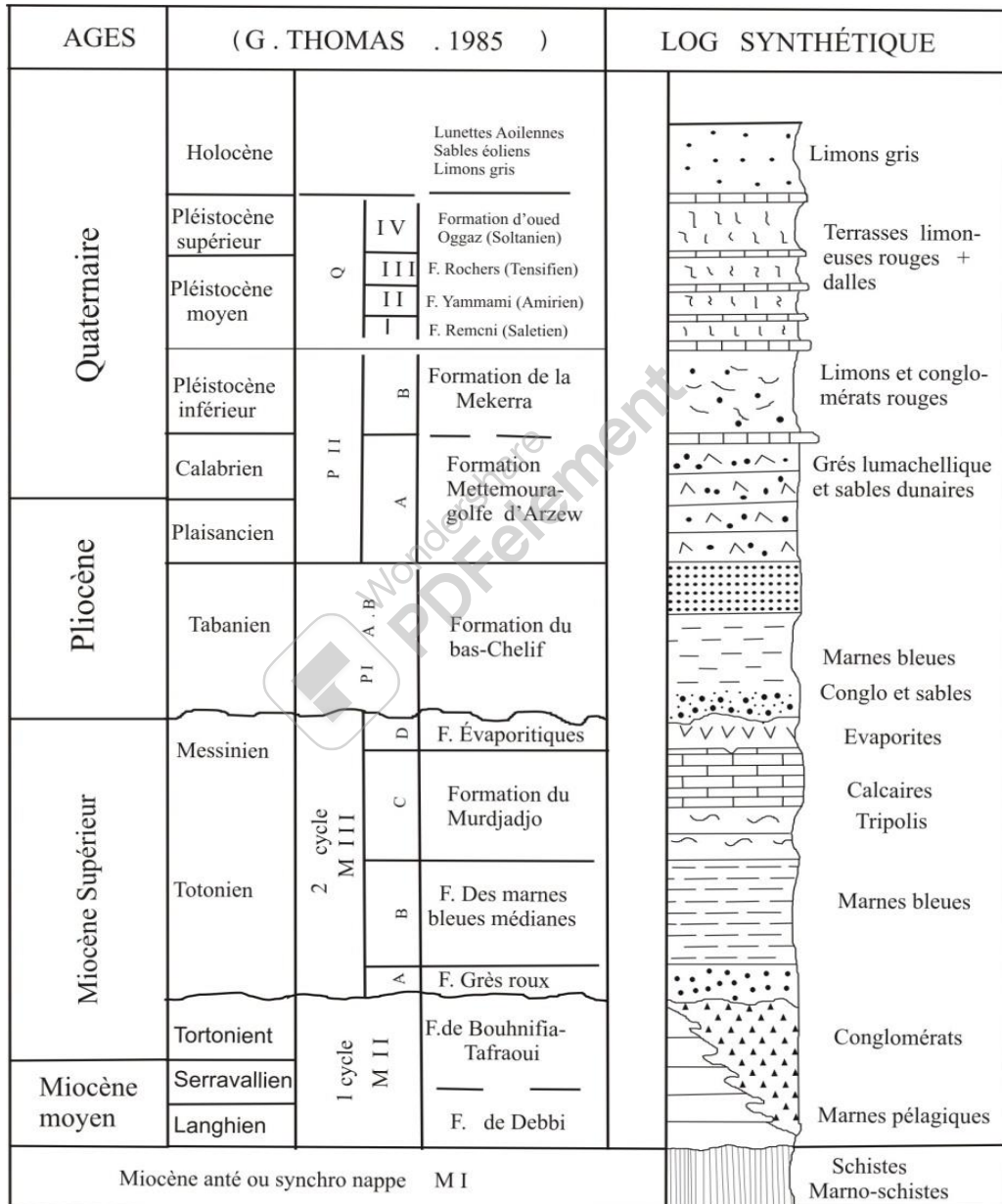


Figure 2 : Log géologique synthétique de la région d’Oran (Hassani M. I, 1987, extrait).

1.2 La géologie du secteur étudié :

Reposant sur un substratum Mésozoïque, les formations que l'on rencontre sont souvent rattachées au Miocène et Plio-Quaternaire (fig.3 et 4).

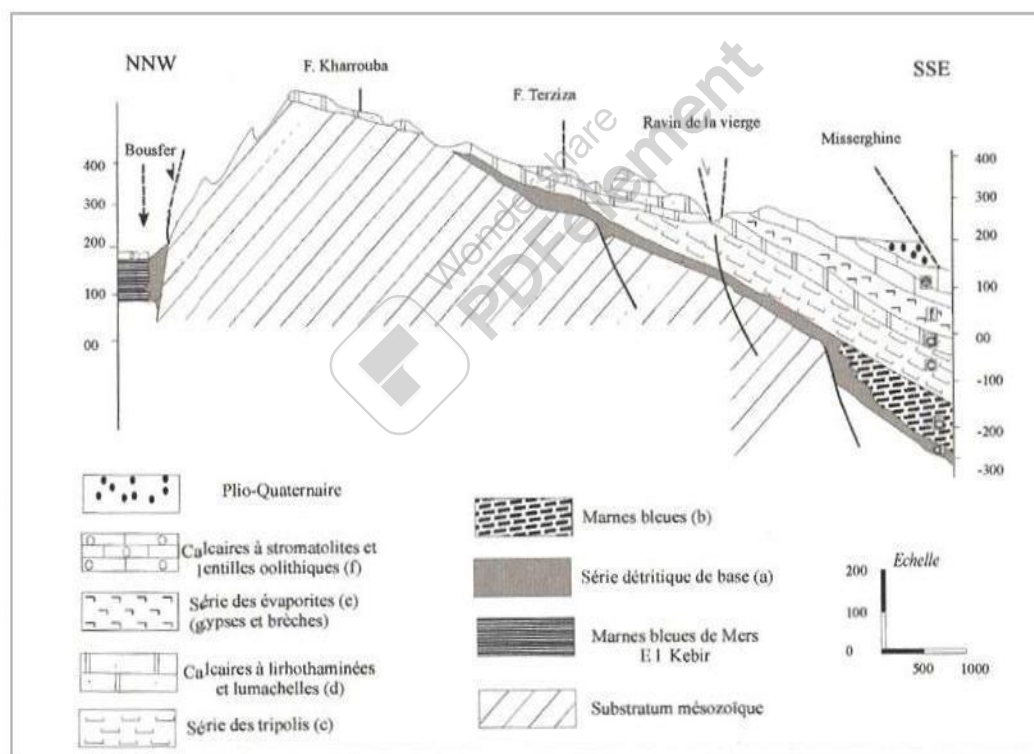


Figure 3: Coupe géologique du versant sud-est du Djebel Murdjadjo (J. Delfaud, J. Revert, 1974).

a. LES FACIES DU SUBSTRATUM :

Le Jurassique et le Crétacé inférieur constituent les formations du mésozoïque les mieux représentées sur le Murdjadjo.

Le Jurassique est représenté par :

-le Lias : formation carbonatée formée de lentilles dolomitiques massives accompagnées de calcaires schisteux et marmoréens. Elle a été attribuée au Lias par M. Doumergue, (1912) et correspond à l'allochtone carbonaté de B.Fenet, (1975).

-le Dogger qui surmonte les formations liasiques. Les schistes calcaires ardoisiers à posidonomes, passent à des schistes rougeâtres et affleurent au sommet du Djebel Murdjadjo.

- le Malm (Kimméridgien et le Tithonique inférieur), représenté par des petits bancs de calcaires alternés de niveau d'argile d'une centaine de mètres d'épaisseur.

- Le Crétacé, qui est représenté par :

- Le Crétacé inférieur : Il est représenté essentiellement par des formations schisteuses qui occupent la partie nord du secteur étudié. Ils sont visibles tout le long de la ligne de crête du Murdjadjo. Ces schistes forment la majeure partie de l'ossature du Murdjadjo (500m).

- Le Néocomien est symbolisé par des schistes massifs argileux à bancs de quartzites blancs.

- Le Barrémien se distingue par des schistes-calcaires jaunes, compacts contenant des ammonites pyriteuses.

- Le Crétacé supérieur, absent sur la feuille d'Oran soit par suppression soit par non dépôt, on le retrouve plus à l'Est sur la feuille d'Arzew.

b. LES FACIES DE COUVERTURE :

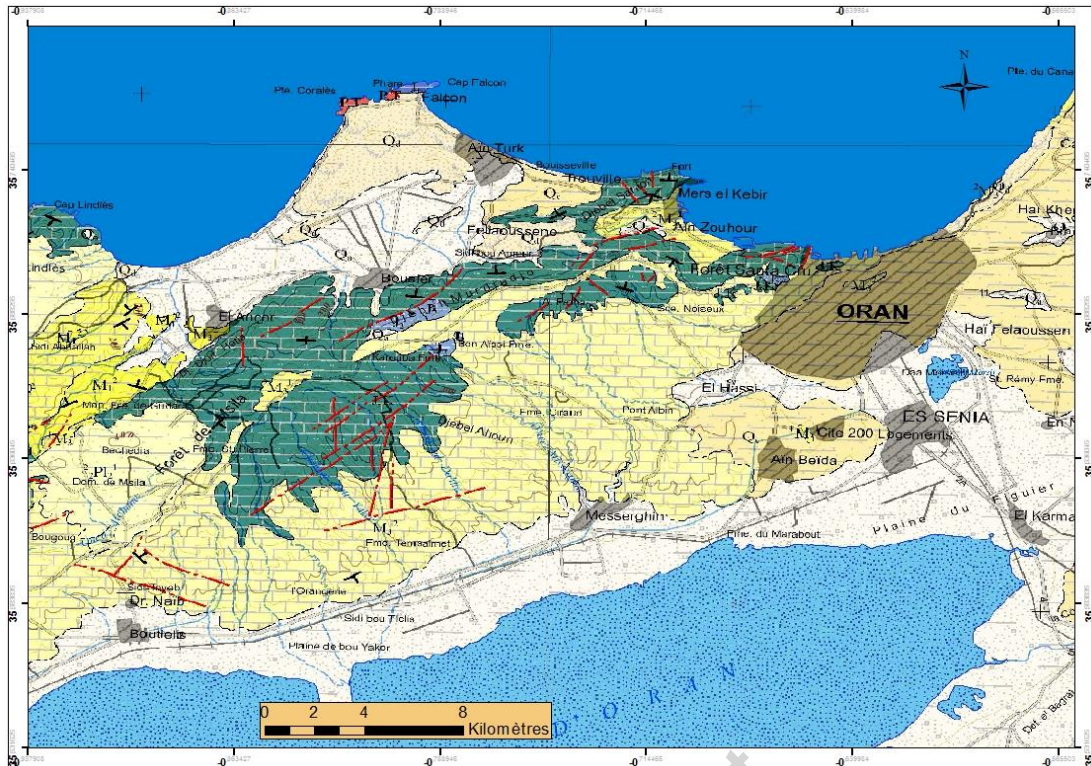
Le Miocène se compose par des marnes bleues en grandes parties jouant le rôle de substratum d'aquifère (Guardia, 1975). Il est formé de formations transgressives. Gournard. Y (1958) avait déjà indiqué les grandes lignes de la sédimentation néogène en établissant une cartographie détaillée de cette région où il démontre le rôle de la tectonique durant la sédimentation. Delfaud et Al (1973) ont proposé la succession verticale du Miocène terminal du Djebel Murdjadjo suivante des différentes unités (de bas en haut) (fig.3 et 4). Nous avons :

- **La série de base** : elle correspond à des grés à clypéastres issus de niveaux transgressifs. Ce sont des grés parfois à ciment calcaire à nombreux éléments puisés au substratum. Cette série affleure sur le versant sud-est du djebel Murdjadjo.
- **Les marnes bleues** : (formation médiane) qui biseaute dans le versant Sud du Djebel Murdjadjo (Fig. N°04). Elles affleurent localement au fond des carrières des Planteurs.
- **Tripolis et gypse** : (formations terminales) les marno-calcaires blancs à tripolis affleurent largement dans le Djebel de Murdjadjo et dans sa bordure Sud (falaise d'Oran, Ravin Blanc, Eckmühl, Ras El Ain et oued Misserghine).
- **Les calcaires récifaux** : la dernière transgression de la mer miocène y a été enregistré. En amont du horst du Murdjadjo, les calcaires surmontent

les marnes à tripolis, dont le dépôt correspond au maximum de l'extension de la mer miocène et au début de sa régression (Fig.3). Les calcaires récifaux affleurent dans le Murdjadjo s'enfoncent de plus en plus sous les alluvions Plio-quaternaires, leur plongement s'accroît à la faveur de failles bordières N60°.

- **Les alluvions anciennes** : les niveaux marins du Pléistocène de l'Oranie sont rares. Ces alluvions résultent de l'érosion rapide des formations situées en amont de la plaine. Le long du littoral oranais actuel, les dépôts de Pléistocènes supérieurs sont bien représentés dans la zone des piémonts du Djebel Murdjadjo. Ils se présentent sous forme de terrasses et glaciés d'accumulations formés de limons sableux ou argileux rubéfiés (Thomas, 1985).





Legende

	Q ₄ Quaternaire (Holocène): Alluvions actuelles et récentes par endroit éboulis des pentes et accumulation de piémont (sables, graviers et argiles) et mollasses		² M _s ¹ Miocène supérieur (Tortonien): Marnes bleues
	Q: Quaternaire: Crôte calcaire - dépôts quaternaires anciens avec surface encroutée		¹ M _s ¹ Miocène supérieur (Tortonien): Calcaires à lithothamnium et grès à clypeastes
	Q: Quaternaire: Crôte calcaire - dépôts quaternaires anciens avec surface encroutée		K ₁ ⁶ Crétacé inférieur (Albien): Schistes et quartzites
	² Pl ₂ ¹ Pliocène supérieur (Astien/Piacienien supérieur): Grès		J.K Jurassique sup.-Crétacé inf.: Schistes plus ou moins calcaires et quartzites et calcschistes à faunes
	M _s ² Miocène supérieur (Messinien): Calcaires crayeux		J ₂ Jurassique moyen (Dogger): Calcaires à silex et dolomies

Figure 4 : Carte géologique du secteur d'étude (CARTE GEOLOGIQUE INTERPRETATIVE au 1/200000 élaborée par l'ANRH, 2008).

1.3 Aperçu structural :

Le littoral Oranais est un vaste ensemble formé de horsts et de grabens édifiés par des phases et de sédimentation particulièrement au cours de l'orogénèse alpine avec les pointements de Cap Lindles, Cap Falcon, du Murdjadjo, de Santa-Cruz et du Djebel de Khar (Fig. 3) qui laissent apparaître une schistosité biphasée.

La première phase est à schistosité avec des plis couchés à schistes verts affleurant à Cap Falcon, Cap Lindles et le long des accidents majeurs de direction nord-sud.

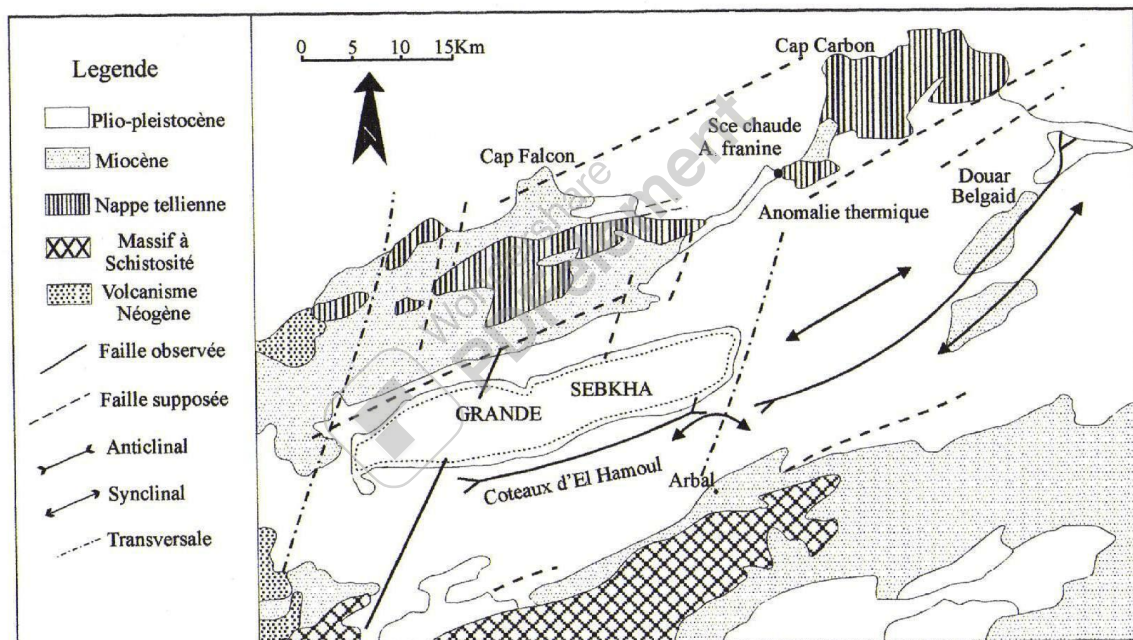
La 2^{ème} phase est schistosité de fractures de direction N130° visible dans le Djebel Khar. Parallèle à la côte, une faille plurikilométrique fait probablement office de drain collecteur de cette perméabilité de fissures le long de la route de Canastel à Kristel, une ligne de sources jalonne cet accident.

La 2^{ème} phase de schistosité fait que les parties supérieures du Djebel Khar ont tendance à se déplacer d'où le chevauchement des écaillages de la première phase par les dolomies de Santa-Cruz. Après la mise en place des nappes, le littoral oranais subit une distension qui donne naissance à des Grabens et Horsts selon trois familles d'accidents verticaux

a) Une des conséquences les plus importantes est l'installation du bassin néogène (Sebkha-Chéelif) limité par des accidents N60°.

b) Une seconde direction régionale N20° détermine des structures souples à grand rayon de courbure. C'est l'accident de Bousfer, celui qui sépare le Murdjadjo de Santa Cruz à l'Ouest du plateau d'Oran et limitant ce dernier à l'Est.

c) La troisième famille d'accidents est orientée N 80°, elle est à l'origine du fossé de Mers-El-Kebir où s'accumulent d'épaisses formations Plio-Quaternaires. La corniche perchée du Méssinien à plus de 500 m montre l'importance de l'effondrement du fossé.



2. CLIMATOLOGIE :

L'objectif de cette étude climatique est de préciser seulement certains paramètres climatiques précisant le climat de la région. Le Djebel Murdjadjo appartient au massif littoral, donc il est influencé par des brises de mer.

2.1 ETUDE DES PRECIPITATIONS :

Notre étude s'est résumée sur la base des données climatologiques relevées sur la période 1988-1997, au niveau de la station d'Oran-Port qui est la plus proche.

Les coordonnées et les périodes considérées de la station d'Oran-Port sont représentées ci-dessous.

Tableau n°1 : coordonnées de la station climatologique d'Oran-Port

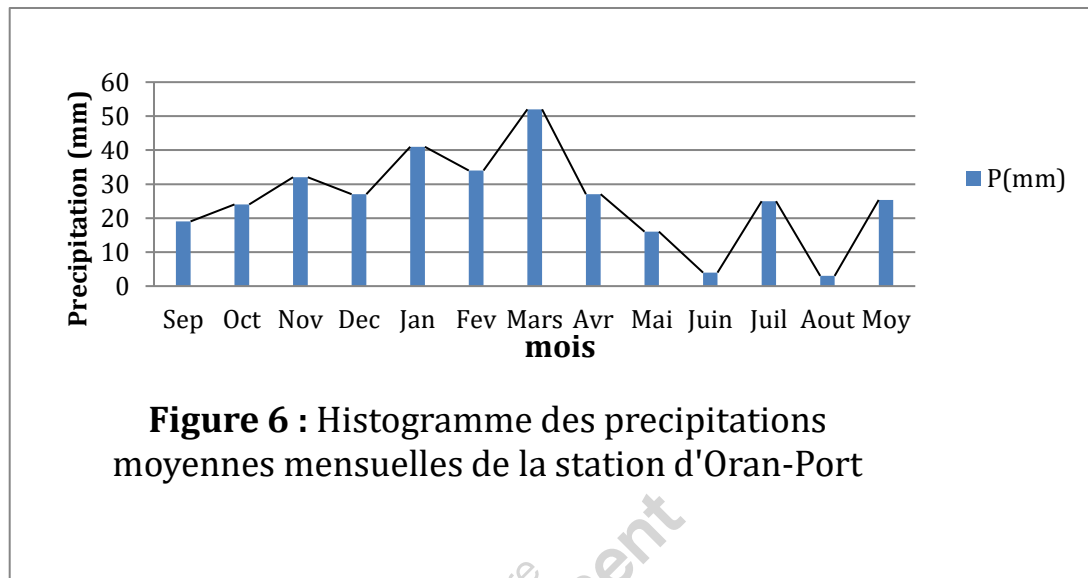
Station	latitude (N°)	altitude (m)	longitude	période d'observation
Oran-Port	35°-42	18,10	00°-39	1988-1997

a. Précipitations moyennes mensuelles :

Les valeurs moyennes des précipitations mensuelles recueillies au niveau de cette station sont représentées dans le tableau 2 et figure N°6.

Tableau n°2 : les précipitations moyennes mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy
P (mm)	19	24	32	27	41	34	52	27	16	4	25	3	25,33



En observant l'histogramme nous remarquons que le mois de Mars est le mois le plus pluvieux avec 52mm. Par contre le mois d'Aout est le mois le plus sec avec 3mm.

b. Les précipitations saisonnières :

Elles sont représentées dans le tableau N°3 et figure 7.

Tableau n°3 : Précipitations saisonnières

Saisons	Hivers	Printemps	Été	Automne	Régime climatique
Précipitation saisonnières (mm)	102	95	32	75	H-P-A-E

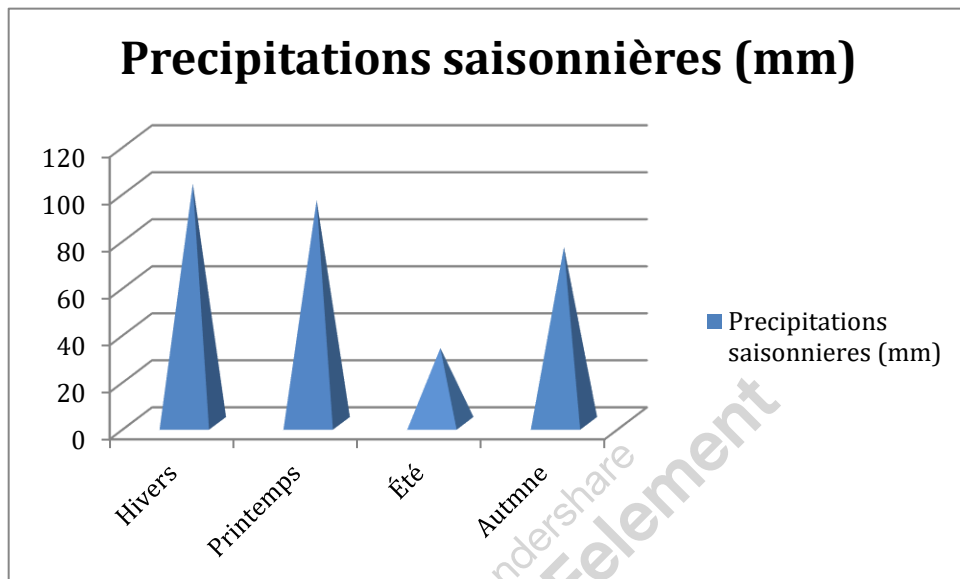


Figure 7 : précipitations saisonnières (1988-1997)

Le régime climatique est de type H.P.A.E, le me maximum se présente en hivers (102mm).

c. Les précipitations annuelles :

Le tableau (N°4) suivant présente les totaux annuels des précipitations.

Tableau n°4: totaux des précipitations annuelles

Années	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Moy
P (mm)	169,9	222	509,5	381	264,8	254,9	184	233,1	260,2	291,5	277,09

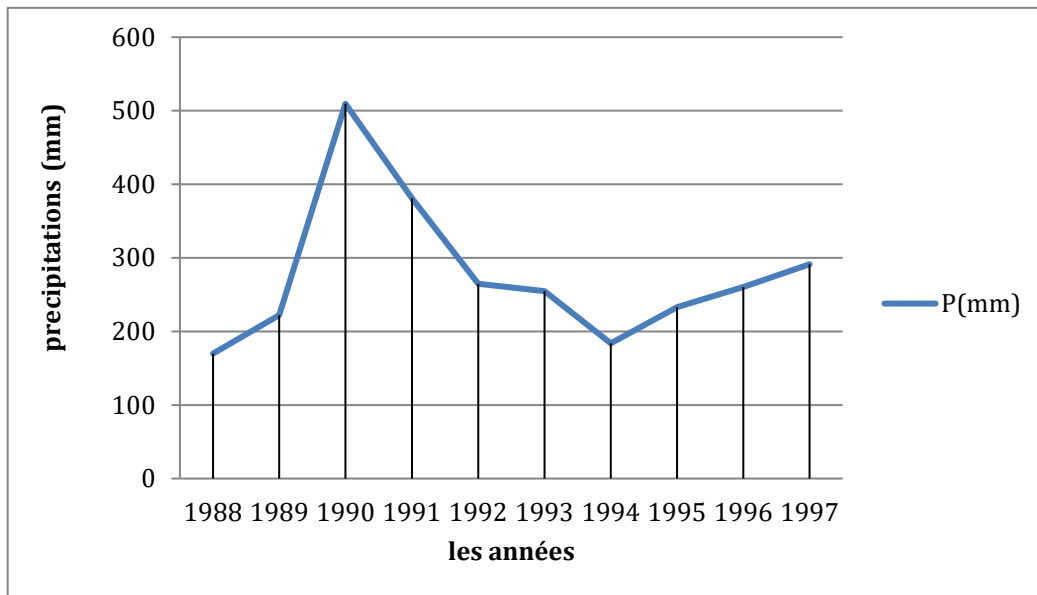


Figure 8 : courbe des précipitations moyennes annuelles.

D'après la courbe et les valeurs des précipitations moyennes annuelles nous remarquons que l'année 1990 est l'année la plus humide avec un total de 509,5mm et 1988 est l'année la plus sèche avec 169,9mm.

2.2 ETUDE DES TEMPERATURES

La température est une donnée essentielle pour toute étude climatologique. Elle est également importante pour toute étude hydrochimique car elle prédétermine les conditions hydrochimiques de subsurface.

On utilisera les données observées à la station d'Oran-Port (1988-1997) présentées en tableau n°5.

Tableau n°5 : température moyenne mensuelle en °C de la station d'Oran-Port (1988-1997)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
M	16,7	16,91	17,65	19,2	22	23,6	26,6	27,66	25,7	22,83	20,23	18,3	21,4
m	18	10,77	12,33	13,8	17	18,7	22,3	23,84	21,6	17,89	14,46	10,9	16,8
(M+m)/2	17,3	13,84	14,99	16,5	19	21,1	24,4	25,75	23,6	20,36	17,34	14,7	19,1

Les variations des températures mensuelles sont représentées sur la figure N°9.

Pour les températures maximales, le maximum se présente en Aout (27.66°C), tandis que le minimum en Janvier (16.7°C).

Pour les températures minimales, le maximum est observé en Aout (23.84°C) et le minimum en Février (10.77°C).

La répartition de la température moyenne mensuelle permet de considérer le mois d'Aout comme le plus chaud de l'année avec 25.75°C et le mois de Février le plus froid (13.84°C) (Fig. N°7).

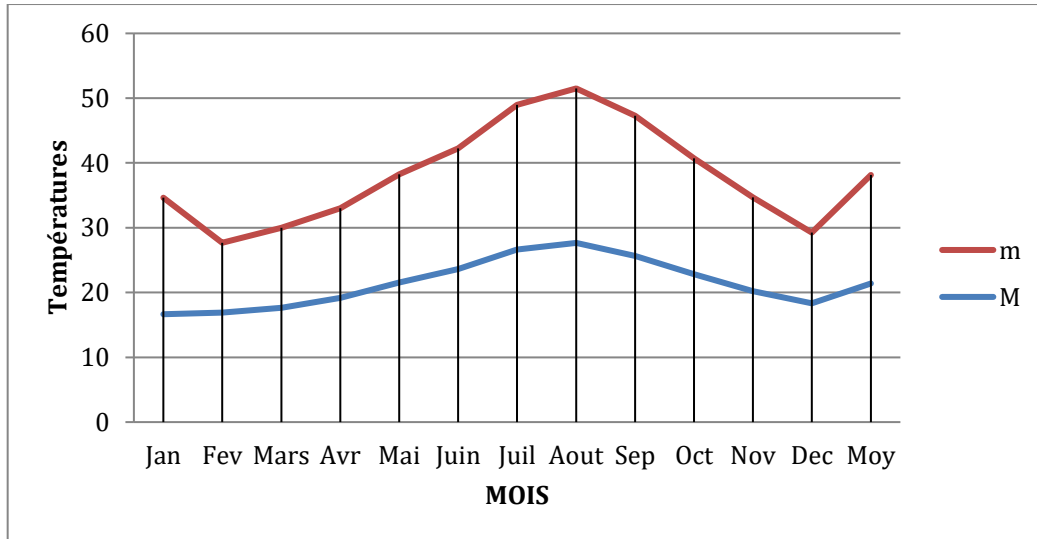


Figure 9 : températures moyennes mensuelles de la station d'Oran-Port

2.3 REGIME THERMIQUE

a. Courbe pluviothermique :

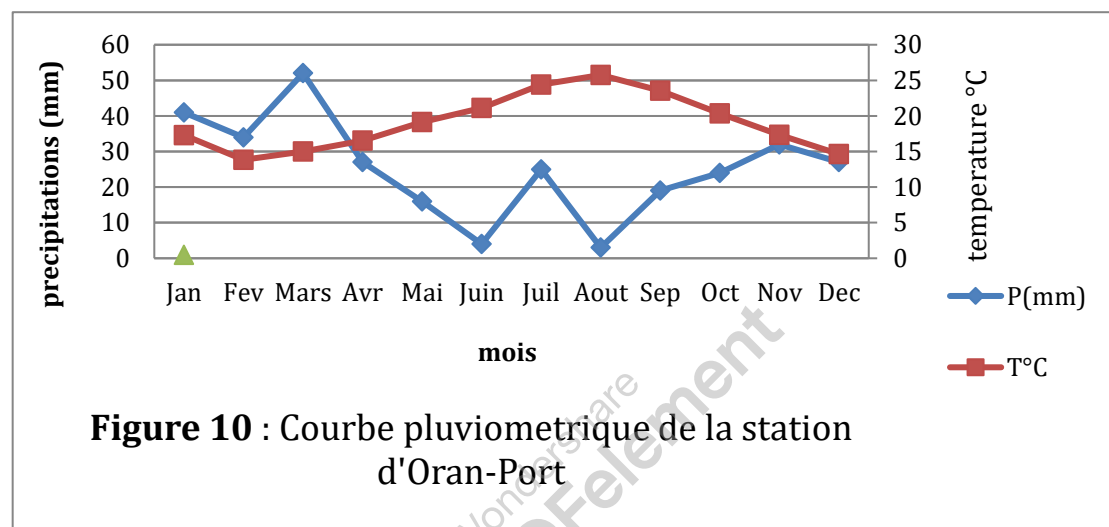
Pour Gaussen et Bagnouls un mois sec est celui où le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne (°C). Cette relation permet d'établir le diagramme pluviométrique sur les quels les températures sont portées à une échelle double de celle des précipitations ($P=2T$).

Lorsque la courbe des températures passe au dessus de la courbe des précipitations, on est en présence d'un mois sec. Cette période correspondante est déficitaire.

Pour un mois humide, la courbe des précipitations passe au dessus de celle des températures. Cette période est dite excédentaire.

La courbe tracée en figure N°8 nous a permis de localiser la période déficitaire de la période excédentaire.

La période sèche débute vers la fin du mois d'Avril qui se prolonge toute l'année et la courbe des précipitations qui passe au dessus de celle de la température définit une période humide. Elle débute du mois de Janvier et se termine à la fin du mois d'Avril.



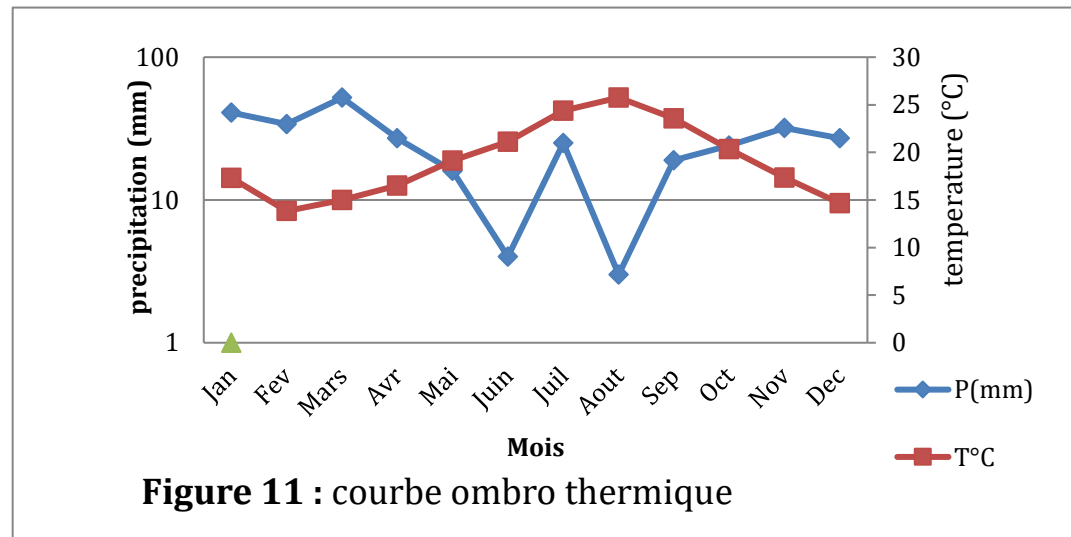
b. Courbe ombrothermique

Euverte à proposé cette méthode qui consiste à reporter les températures suivant une échelle arithmétique, et les précipitations sur échelle logarithmique.

Si la courbe des températures passe au dessous de celle des précipitations on a une période pluvieuse, si c'est le contraire on a une période sèche. D'après la figure n° 11 on observe :

-la période déficitaire commence du mois de Mai jusqu'à Octobre.

-la période pluvieuse couvre tous les autres mois de l'année.



3. Hydrogéologie

Les calcaires récifaux du Miocène supérieur constituent le principal aquifère de la région d'Oran et s'étendent de Ras El Ain à Oran jusqu'à Brédeah à l'Ouest. Leur impluvium est de l'ordre de 135 km². Les calcaires qui peuvent atteindre 100m d'épaisseur ont une perméabilité de fissures et de chenaux. Ces calcaires reposent sur des niveaux argileux ou marneux du Miocène ou sur le substratum grés-schisteux. L'analyse du log géologique synthétique de la région (fig. n° 8) nous fait apparaître que les principales unités aquifères présents dans le Djebel Murdjadjo et dans son piémont méridional sont :

- L'unité des calcaires du Murdjadjo,
- l'unité des grés et sables du Calabrien du plateau d'Oran,

-l'unité des couches rouges d'éboulis récentes et anciennes (aquifères alluvionnaires) du Murdjadjo.

3.1 DESCRIPTION DES PRINCIPAUX AQUIFERES DE LA REGION

On distingue 3 types d'aquifères (Fig. n°12 et 13) :

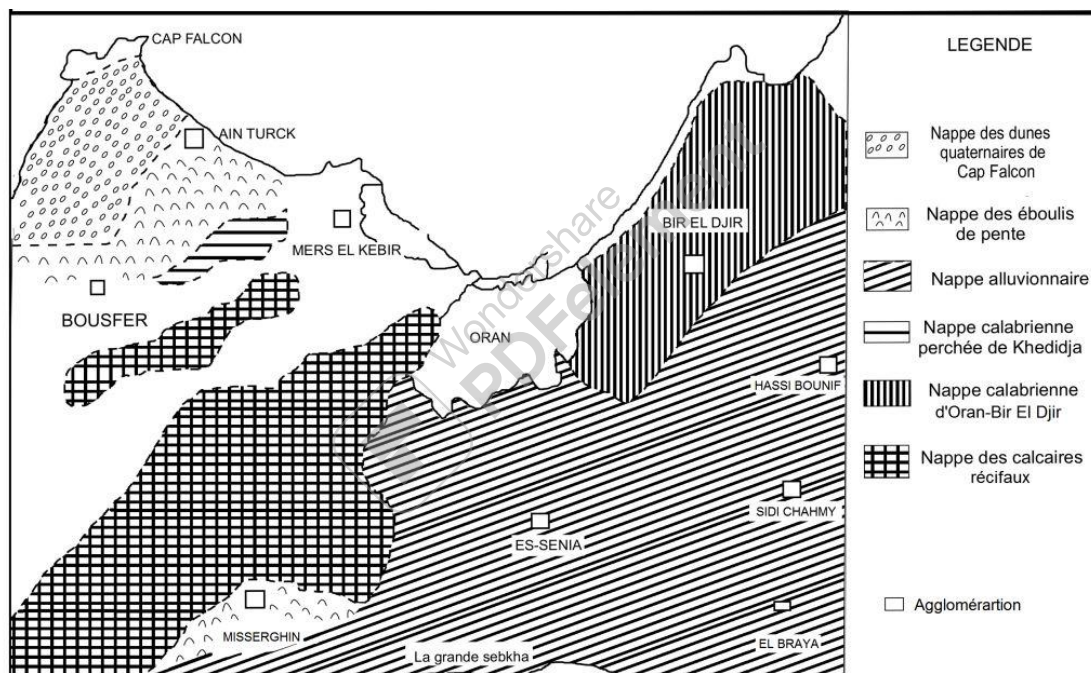


Figure 12 : Principaux aquifères de la région (d'après A. Joseph, 1979)

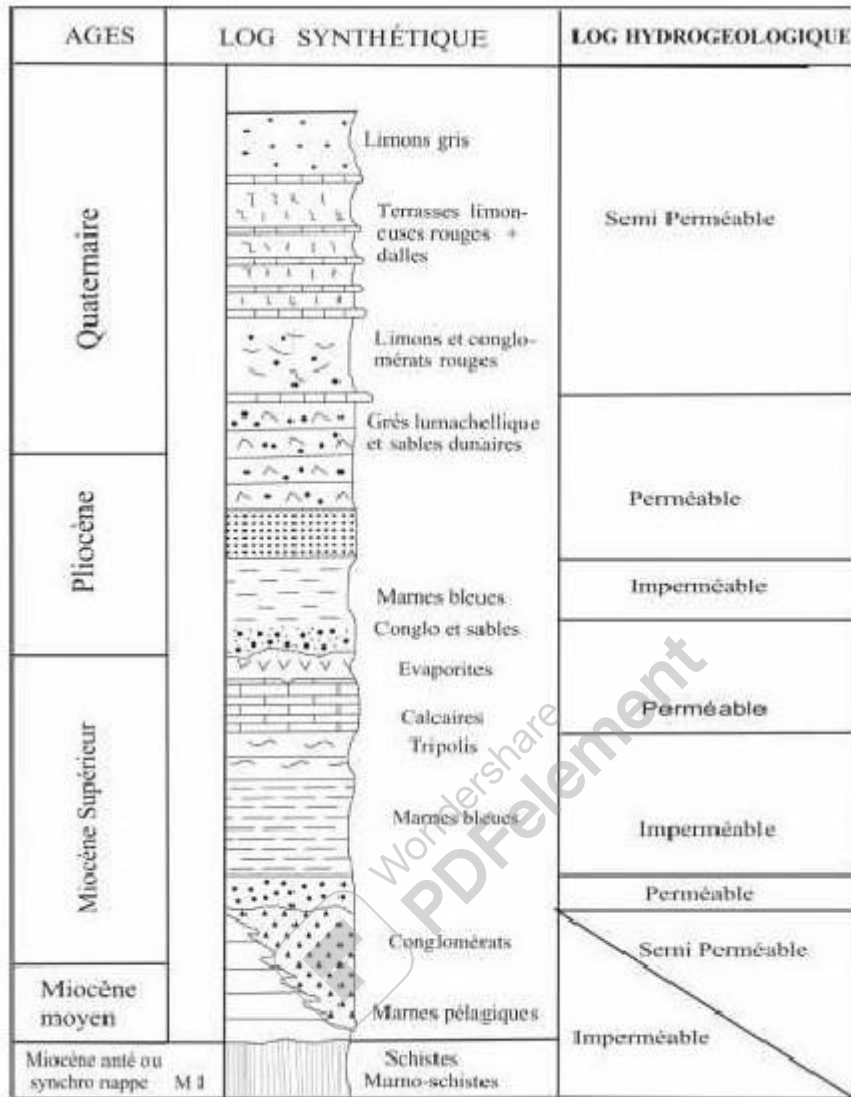


Figure 13 : Log hydrogéologique de la région d’Oran (Hassani M.I, 1987, extrait)

a. Aquifère des calcaires récifaux :

Dans cet aquifère on distingue 3 nappes du Nord au Sud (Fig14) :

1. La nappe perchée des crêtes :

Son alimentation se fait par les eaux de précipitations. Cette nappe est très allongée et se repose directement sur les schistes. De nombreuses sources affleurent au nord et au sud au contact calcaires-schistes. Une première série de sources se déverse vers le Nord et alimente les éboulis de pente de Bousfer et la deuxième série se déverse vers le Sud en direction de la grande Sebka. On peut citer les sources suivantes : Aïn Sidi Bou Ameer, Aïn Mrabet, Aïn Bahri, Aïn de l'ex ferme Martinez, Aïn Froha (S2), Aïn Reggada (S3), Aïn Kerma, Aïn Meddouard (S4), Aïn Berka (S5), Aïn Ben Aïssi, Aïn Karouba (S6), Aïn Chabet Dahlia (S7). Les débits d'écoulement de ces sources sont très faibles du fait de la faible extension de leur bassin d'alimentation. La nappe est captée aussi par un ensemble de puits

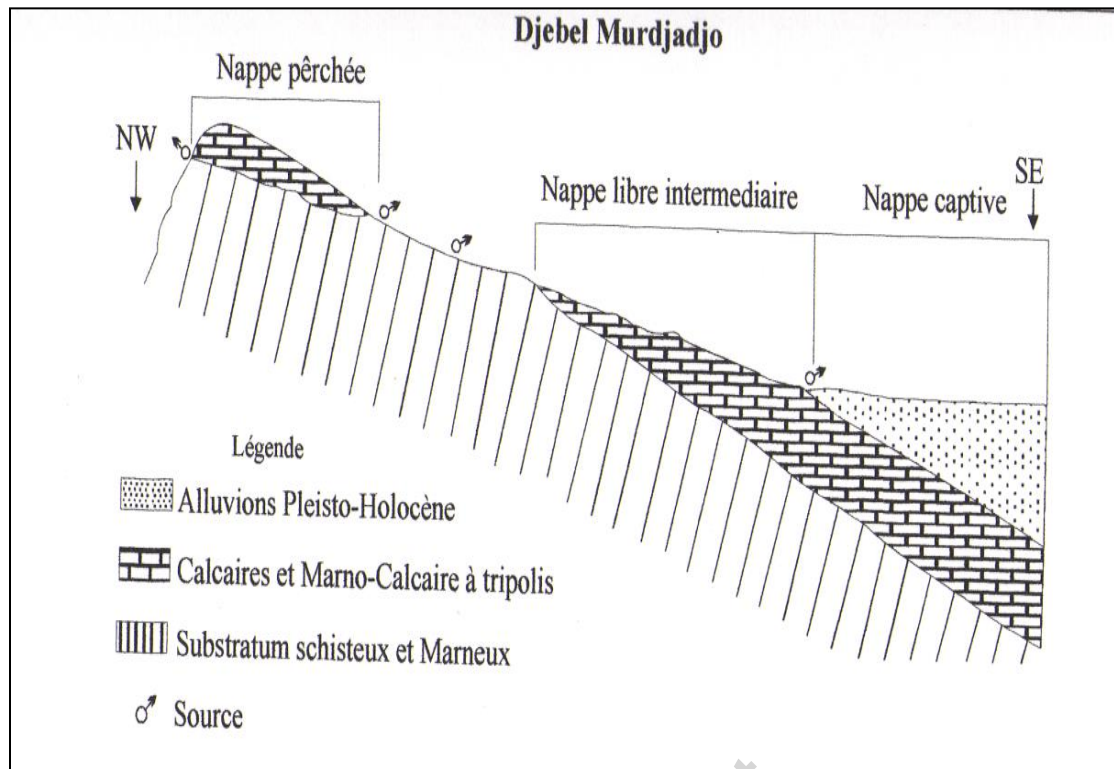


Figure 14 : Coupe hydrogéologique schématique du Murdjadjo (M.I. Hassani, 1987)

2. La nappe libre intermédiaire :

Cette nappe repose directement en amont sur les schistes du Jurassique et du Crétacé et, en aval, par l'intermédiaire des marno-calcaires à tripoli sur les marnes jaunes puis sur les marnes bleues du miocène. L'alimentation de la nappe se fait par les eaux météoriques directes et par l'infiltration d'une partie de l'écoulement de surface provenant de l'amont. Au niveau de cette nappe affleurent plusieurs sources dont les plus importantes sont :

la source de Ras El Ain, les sources de Misserghin et la zone d'émergence de Brédeah.

3. La nappe captive :

Située en aval, à la ligne de rupture de pente du Djebel Murdjadjo, les calcaires passent sous les alluvions Plio-Quaternaires beaucoup moins perméables. L'aquifère devient de ce fait semi-captif à captif. Les forages indiquent que les calcaires restent fissurés sur une assez grande profondeur et la perméabilité de fissure reste prépondérante. L'alimentation de cette nappe se fait par apports latéraux à partir des affleurements et partiellement par drainance à partir des eaux relativement minéralisées de la nappe Plio-Quaternaire sus-jacente. Les deux aquifères constituent un système aquifère bicouche (Hassani M.I., 1987).

b. L'aquifère du Calabrien :

Cet aquifère s'étend en profondeur sous l'agglomération oranaise à la partie nord-est de notre secteur. Il est constitué par un complexe dunaire consolidés de porosité d'interstices reposant sur le substratum imperméable des marnes à tripolis du Miocène supérieur.

Il présente une épaisseur qui atteint les 45 m au niveau des falaises côtières et du ravin blanc. Il contient une nappe libre alimentée au Nord par son impluvium et drainée vers le Nord par la ligne de sources qui émergent au contact des marnes à tripolis tout le long des falaises côtières La source de Cueva d'El Agua qui se dirige vers la mer est la plus importante de ces sources.

Vers le sud, l'écoulement souterrain se fait sous les formations, du Sud vers l'Est en direction de la Dayet Morsly. La nappe devient semi captive sous les zones de recouvrement argileux : puits des Abattoirs. (Hassani M.I., 2002).

c. L'aquifère alluvionnaire :

Il correspond au remplissage Plio–Quaternaire qui constitue l'essentiel de la plaine bordière comprise entre la ligne de rupture de pente au sud du Djebel Murdjadjo et la plaine de la sebkha d'Oran.

Cette plaine consiste en une bande de terrain, large de quelques kilomètres et s'ouvrant vers le nord–est sur le plateau d'Oran.

On distingue de l'amont vers l'aval :

- les alluvions rouges à galets calcaires et nodules de schistes, plus anciennes ; caractérisées par une pente relativement légère ; suffisamment perméables.
- les alluvions récentes, essentiellement argilo limoneuses provenant de dépôts fluviaux et éoliens des abords de la sebkha. Elles sont caractérisées par un pendage relativement beaucoup faible. L'aquifère Plio–Quaternaire renferme une nappe d'eau peu profonde. Son alimentation se fait par :
 - son impluvium,
 - les eaux provenant par drainance latérale des calcaires du Djebel Murdjadjo,
 - l'infiltration du ruissellement de surface dévalant en période de crue du Djebel Murdjadjo.

La formation alluviale est caractérisée par plusieurs faciès (Limons, conglomérats rouges, Terrasses rouges, Limon gris et tufs, Gypse et sable.). La porosité augmente vers la grande sebkha en raison de la présence des alluvions récentes à pente faible.

Conclusion :

La région faisant objet de cette étude est située dans la partie occidentale de l'agglomération Oranaise. C'est un horst de terrains mésozoïques très accidentés. Cette région est caractérisée par un climat semi-aride. L'étude hydrogéologique des diverses formations du bassin versant montre que seules les formations présentant un grand intérêt sont les calcaires miocènes.



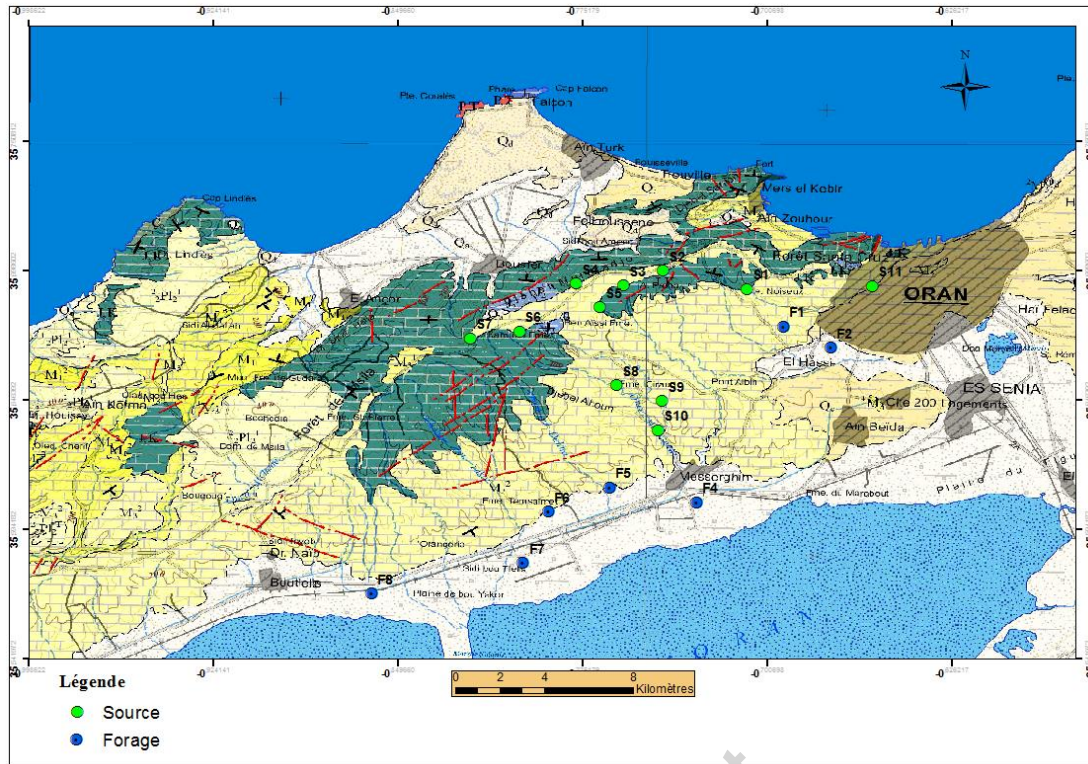
Chapitre II : Contexte hydrogéologique de quelques points d'eaux

1. Introduction

La lithologie et la structure des différentes formations rencontrées dans la région d'étude permettent d'avoir une première appréciation de leur comportement hydrogéologique. Ainsi l'étude hydrogéologique des diverses formations rencontrées a montré que seuls les calcaires récifaux du miocène sont les formations présentant un grand intérêt hydrogéologique dans la région d'étude. Ces calcaires du fait de leur épaisseur (100m) et de leur fissuration (réseau karstique) présentent de bonnes potentialités en eau. Dans le Djebel Murdjadjo les principaux points d'eaux captés sont alimentés par les calcaires récifaux du Miocène. D'autres points d'eau captés sont alimentés par d'autres formations.

Le dénombrement des points d'eaux dans le Djebel Murdjadjo a permis de dégager plusieurs sources, puits et forages qui ont fait l'objet de prélèvement et d'analyse chimique (M.I. Hassani, 1987). L'étude hydrochimique permet d'établir une comparaison entre les points d'eaux en fonction de leur formation géologique d'origine.

2. Etude des points d'eaux :



	Q ₀ Quaternaire (Holocène): Alluvions actuelles et récentes par endroit éboulis des pentes et accumulation de piemont (sables, graviers et argiles) et mollasses		M ₃ ¹ Miocène supérieur (Tortonien): Marnes bleues
	Q ₁ Quaternaire: Croûte calcaire - dépôts quaternaires anciens avec surface encroûtée		M ₃ ¹ Miocène supérieur (Tortonien): Calcaires à lithothamium et grès à clypeâtres
	Q ₂ Quaternaire: Croûte calcaire - dépôts quaternaires anciens avec surface encroûtée		K ₁ ⁶ Crétacé inférieur (Albien): Schistes et quartzites
	² Pl ₁ ¹ Pliocène supérieur (Astien/Piacien supérieur): Grès		J.K. Jurassique sup.-Crétacé inf.: Schistes plus ou moins calcaires et quartzites et calcschistes à faunes
	M ₃ ² Miocène supérieur (Messinien): Calcaires crayeux		J ₂ Jurassique moyen (Dogger): Calcaires à silex et dolomies

Figure 15 : Carte de localisation des points d’eaux

2.1. Etude des sources :

Tableau n°6 : coordonnées et nature des sources (Djebel Murdjadjo)

Indice de la source	Nom de la source	X	Y	Formation drainée	TYPE DE SOURCE
S1	Ain Keffri	191.35	271.4	calcaires marmoréens et dolomies du Lias et Dogger	source de déversement
S2	Ain Froha	187.8	271.7	calcaires miocènes	source de déversement
S3	Ain Reggada	187.5	271.5	calcaires miocènes	source de déversement
S4	Ain Meddouard	186.5	271	calcaires miocènes	source de déversement
S5	Ain Berka	185.8	271	calcaires miocènes	source de déversement
S6	Ain karouba	183.3	269.9	calcaires miocènes	source de déversement
S7	Ain Dahlia	182	269.5	calcaires miocènes	source de déversement
S8	Misserghin (la grande source)	186.7	266.7	calcaires miocènes	source de dépression
S9	Misserghin (la source captée par une galerie en pierre)	187.7	366.45	Calcaires miocènes	source de dépression
S10	Misserghin (aqueduc)	188.2	365.25	Calcaires miocènes	source de dépression
S11	Ras El Ain	196.15	271.25	calcaires miocènes	source de déversement

Pour notre étude nous avons pris en considération onze (11) sources représentatives du Djebel Murdjadjo qui se répartissent comme suit :

- une (01) source qui draine les lentilles de calcaires marmoréens et dolomies du Lias et Dogger,
- six (06) sources qui drainent la nappe perchée des calcaires récifaux miocènes,
- quatre (04) sources qui affleurent au sein de la nappe libre intermédiaire des calcaires miocènes.

2.1.1 La source Ain Keffri (S1) :

Cette source draine les lentilles de calcaires marmoréens et dolomies du Lias et Dogger. Elle émerge au contact des calcaires récifaux et les schistes rubigineux Jurassique. C'est une source de déversement (fig.16).

2.1.2 Les sources Ain Froha (S2), Ain Reggada (S3), Ain Meddouard (S4), Ain Berka (S5), Ain Karouba (S6), Ain Dahlia (S7) :

Ces sources drainent les calcaires messiniens de la nappe perchée. Ces calcaires reposent directement sur des schistes et leur émergence se fait au contact des calcaires avec ces schistes. Les débits d'écoulement de ces sources sont très faibles du fait de la faible extension de leur bassin d'alimentation. Ce sont des sources de déversement (fig.16).

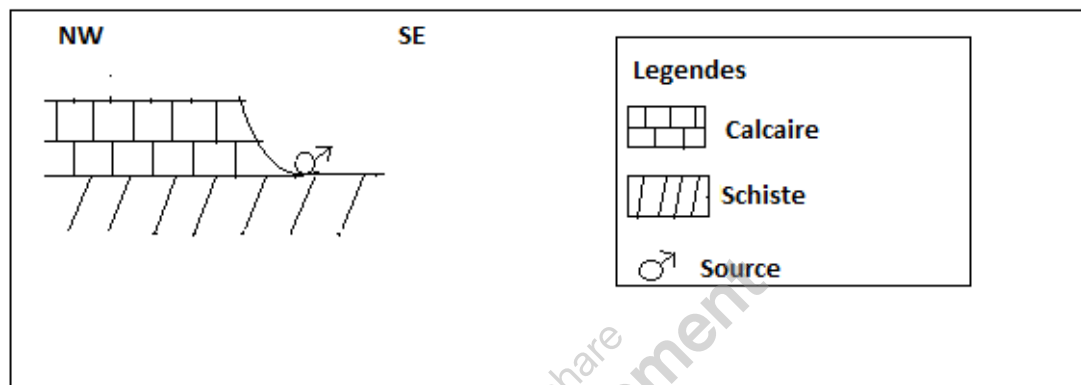


Figure n°16 : Source de déversement

2.1.3 Les sources de Misserghin (S8, S9, S10) :

Au Nord de Misserghin de nombreuses sources se déversent au niveau du Ravin de la vierge suite au recoupement des calcaires par l'oued et ses affluents. Elles sont toutes captées. De longues galeries drainantes creusées au contact des calcaires et marno-calcaires à tripolis et des marnes jaunes à silex imperméables vont chercher à l'intérieur du massif des drains naturels où s'écoule l'eau. Le débit de la source S9 est de 9l/s (M.I Hassani, (1987)). Ce sont des sources de dépression qui émergent au sein des calcaires marneux à tripolis dans des thalwegs (fig.17).

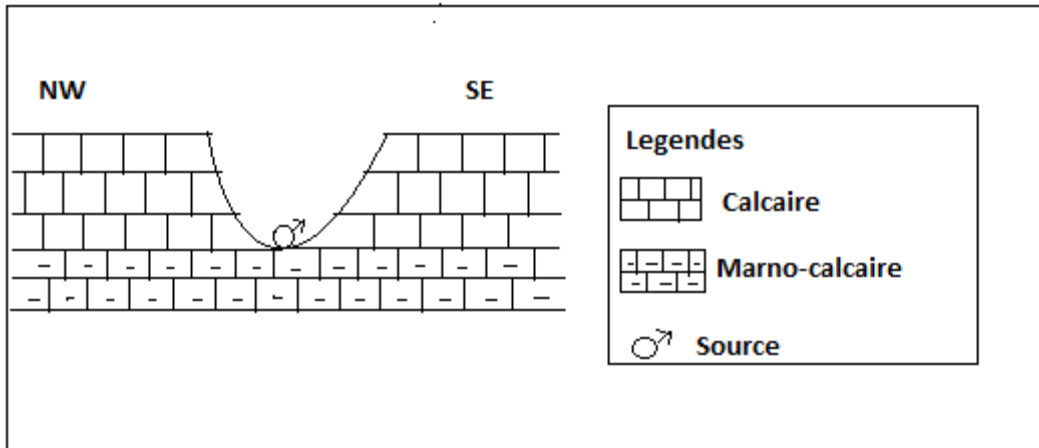


Figure n°17: Source de dépression

2.1.4 La source de Ras El Ain (S11) :

Cette source est située à l'extrémité nord-est du Murdjadjo. Elle émerge au contact des calcaires et marno-calcaires et des marnes jaunes au passage de l'accident qui sépare le horst du Murdjadjo du plateau d'Oran. Elle est captée par une longue galerie drainante. C'est une source de déversement. Le débit actuel est estimé entre 70l/s et 80l/s d'après la règle communale des eaux d'Oran (1984). La source de Ras El Ain est située dans l'agglomération oranaise (quartier de Ras El Ain), donc très vulnérable à la pollution en particulier celle d'origine organique. Les calcaires à perméabilité de fissure ou de chenaux n'assurent aucune filtration des éléments polluants.

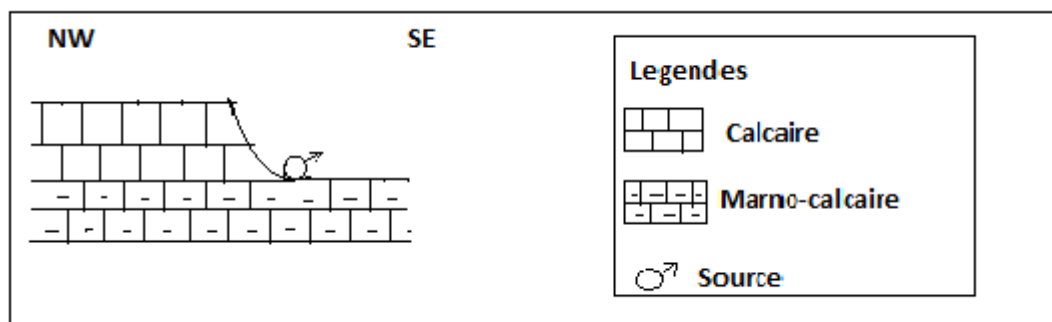


Figure 28: Source de déversement

3. Etude des forages et des puits :

Entre Boutlelis et Oran nous distinguons (M.I Hassani, 1987) :

- des ouvrages peu profond (5 à 80m), ce sont des puits traditionnels non construits ou construits en brique. Ces puits sont utilisés :
 - pour l'alimentation humaine,
 - pour l'alimentation du bétails,
 - pour l'alimentation des petites agglomérations urbaines,
 - pour l'irrigation des propriétés individuelles ou collectives
- des ouvrages profond (plus de 80m), ce sont des forages anciens remplissant les mêmes fonctions que les ouvrages peu profonds. Par contre les forages creusés sont tous équipés en stations de pompages servant à l'alimentation de la ville d'Oran.

Pour notre étude nous avons pris en considération trois (03) puits et trois (03) forages qui se situent dans le Djebel Murdjadjo comme suit (fig.15) :

- un (01) puits au sein des calcaires récifaux
- trois (03) forages (F2, F3 et F8) et deux (02) puits (F4 et F7) dans les formations alluvionnaires
- un puits (01) F5 et un forage (01) F6 au contact des calcaires et des alluvions.

4. Piézométrie du secteur d'étude :

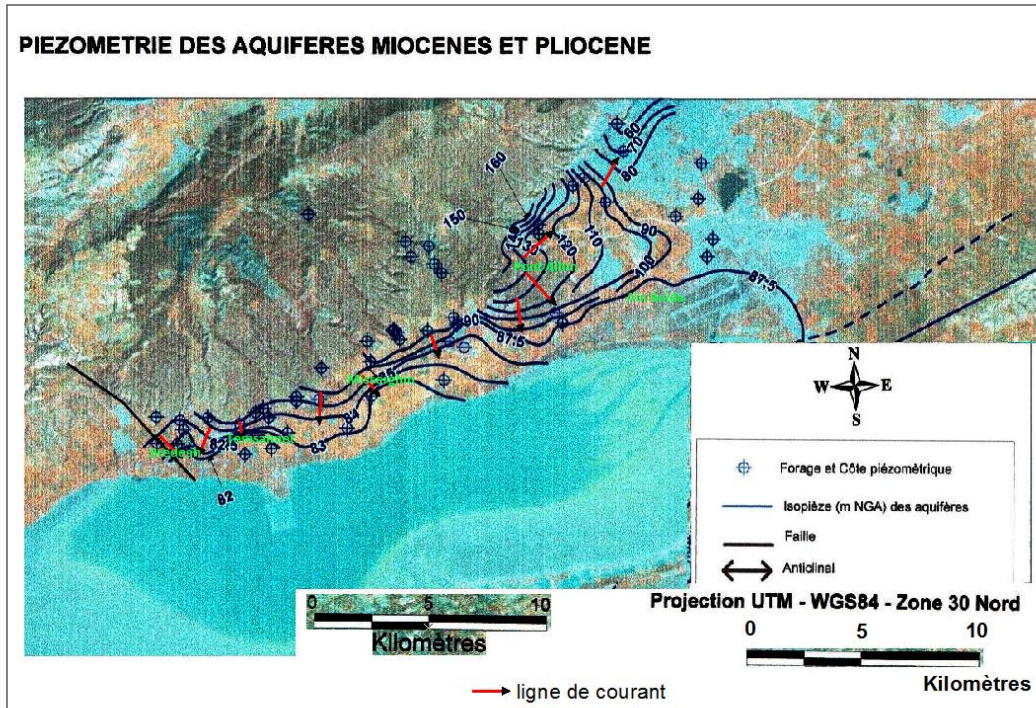


Figure 19 : Carte piézométrique de notre secteur d'étude (SOGREAH)

Le sens d'écoulement se fait des affleurements calcaires vers la sebkha.

Dans la zone de Pont Albin le niveau piézométrique varie entre 90 et 150 mètres ; l'écoulement se fait vers l'Est en direction de la Dayet Morselly et vers le sud-est en direction de la sebkha. Entre Misserghin et Ain Beida la présence d'un petit dôme piézométrique est probablement due à une remontée des calcaires sous jacentes (M.I Hassani, 1987).

Alimentation et recharge de la nappe :

L'alimentation et la recharge de la nappe se font essentiellement à partir de l'infiltration des pluies sur son impluvium et à partir des formations calcaires.

Cette dernière alimentation peut être soit sous jacente (drainance par ascensum) soit latérale.

Conclusion :

Le contexte hydrogéologique des points d'eau a permis de déterminer la nature des sources, leurs conditions d'affleurement ainsi que la lithologie des formations qui les alimentent. Le sens d'écoulement se fait des affleurements calcaires vers la sebkha

1. Introduction :

L'hydrochimie a pour but la connaissance des caractéristiques chimiques ou physiques des eaux souterraines, des processus de leur acquisition et des lois qui régissent les échanges entre l'eau, le sol et le sous sol. Les eaux souterraines représentent une phase aqueuse dont la composition peut être très complexe étant donné son grand pouvoir dissolvant. La plupart des eaux qui circulent en lessivant les terrains ne conservent en fait qu'une minéralisation réduite et qui varie en fonction du contexte géologique et du climat. La composition chimique d'une eau souterraine est fonction d'un certain nombre de phénomènes telles que la concentration, l'hydratation, l'oxydation, etc. Dans ce qui suit, nous présenterons les principales caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines du secteur afin de confirmer leurs origines, définir leurs faciès chimiques et de comparer et suivre leurs évolutions dans l'espace. L'étude des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines de la zone étudiée s'est basée sur l'échantillonnage et l'analyse des eaux de dix neuf (19) points d'eau en mai 1986 (M.I. Hassani, 1987). Les analyses hydrochimiques ont été effectuées au laboratoire de l'ANRH d'Oran.

2. Etude des paramètres physico-chimiques :

Tableau n°7: Présentation des résultats de l'analyse physico-chimique des points d'eau prélevés (mai 1986)

N°	Nom	pH	RS	Cond (µs/cm)	Min (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
S1	Ain Keffri	8,0	840,00	12	744	84,00	2,00	78,00	67,00	148,00	36,00	462,00	19,00
S2	Ain Froha	8,4	488,00	4	248	16,00	2,00	60,00	18,00	92,00	5,00	105,00	25,00
S3	Ain Reggada	8,1	127,00	8	496	88,00	2,00	46,00	21,00	98,00	12,00	202,00	92,00
S4	Ain Meddouard	8,1	780,00	10	620	80,00	2,00	83,00	19,00	107,00	60,00	386,00	28,00
S5	Ain Berka	8,2	560,00	60	372	68,00	2,00	32,00	29,00	72,00	12,00	284,00	38,00
S6	Ain Karouba	8,0	1080,00	17	1854	100,00	2,00	173,00	52,00	253,00	120,00	375,00	44,00
S7	Ain Dahlia	8,5	1240,00	16	992	140,00	7,00	127,00	27,00	262,00	82,00	266,00	61,00
S8	Misserghin (la grande source)	8,4	680,00	9	558	46,00	5,00	92,00	40,00	136,00	48,00	254,00	21,00
S9	Misserghin (la source captée par galerie)	8,2	620,00	7	434	68,00	2,00	39,00	35,00	61,00	29,00	307,00	9,00
S10	Misserghin (aqueduc)	8,2	740,00	10	620	72,00	5,00	64,00	53,00	103,00	82,00	407,00	15,00
S11	Ras El Ain	8,0	740,00	13	886	66,00	6,00	127,00	54,00	192,00	96,00	301,00	66,00
F1	P155	8,4	460,00	7	434	44,00	2,00	51,00	43,00	84,00	46,00	207,00	17,00
F2	FCOCA	8,1	700,00	11	682	72,00	5,00	117,00	40,00	107,00	72,00	368,00	43,00
F3	F284	7,9	5080,00	67	4154	340,00	21,00	842,00	135,00	1389,00	1020,00	397,00	50,00
F4	P174	7,9	5300,00	80	4960	421,00	15,00	1265,00	161,00	1959,00	1200,00	301,00	73,00
F5	P136	8,1	520,00	8	496	62,00	4,00	60,00	37,00	93,00	43,00	301,00	9,00
F6	F1	8,5	680,00	10	620	60,00	5,00	83,00	50,00	142,00	77,00	269,00	18,00
F7	P334	7,8	4000,00	60	3720	401,00	25,00	690,00	131,00	1377,00	672,00	363,00	12,00
F8	F155	7,6	6428,00	89	5518	401,00	27,00	1472,00	158,00	2455,00	1104,00	515,00	31,00

2.1 Paramètres physiques :

2.1.1 Le potentiel d'hydrogène(pH) :

Il joue un rôle important dans la physico-chimie des eaux. La détermination du pH constitue une mesure de la concentration des ions (H^+) dans l'eau selon la formule suivante :

$$pH = -\log (H_3O^+)$$

Les valeurs du pH, permettent de définir les milieux suivants :

- pH = 7 : milieu neutre
- pH < 7 : milieu acide
- pH > 7 : milieu basique

Le pH dépend de l'origine des eaux et de la nature géologique des formations. Généralement, le pH des eaux potables est compris entre 7 et 8,5. Dans notre secteur d'étude les valeurs de pH sont hétérogènes, les mesures varient entre 7,6 à F8 à 8,5 à S7 (Fig. n°18).

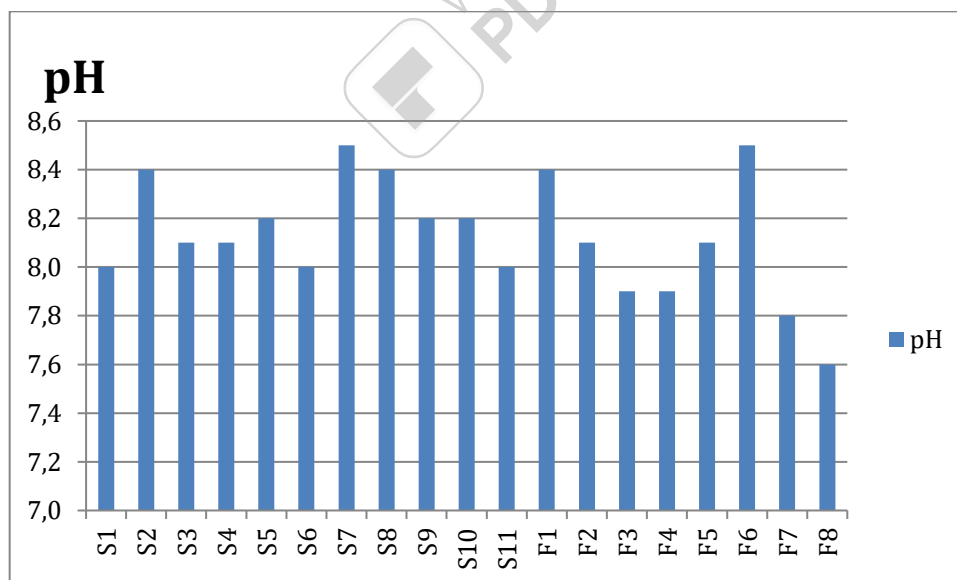


Figure 20 : pH des points d'eaux

2.1.2 La conductivité

La conductivité d'une eau permet d'apprécier sa minéralisation, elle est d'autant plus élevée que la quantité des matières minérales dissoutes est importante. Pour mesurer ce paramètre on utilise un conductimètre. Elle permet donc une estimation de la minéralisation des eaux.

- conductivité < 100 μ s/cm : minéralisation très faible
- 100 μ s/cm < conductivité < 200 μ s/cm : minéralisation faible
- conductivité > 1000 μ s/cm : minéralisation excessive

Pour les points d'eaux étudiés, la plus petite valeur de conductivité a été enregistrée à S2 (4 μ s/cm) et la plus élevée (89 μ s/cm) au niveau de F8.

2.1.3 Le résidu sec

Le résidu sec représente la minéralisation totale de l'eau, c'est à dire la totalité des sels dissous et les matières organiques contenues dans l'eau. Ces valeurs peuvent être estimées à partir de la mesure de conductivité. Pour les points d'eaux étudiés les résidus secs varient de 127mg/l (S3) à 6428mg/l (F8)

2.1.4 La minéralisation :

La minéralisation est un paramètre chimique liée à la conductivité et au résidu sec. Pour les points d'eau de notre secteur d'étude elles varient entre 248mg/l à S2 et 5518mg /l à F8 (fig. 19).

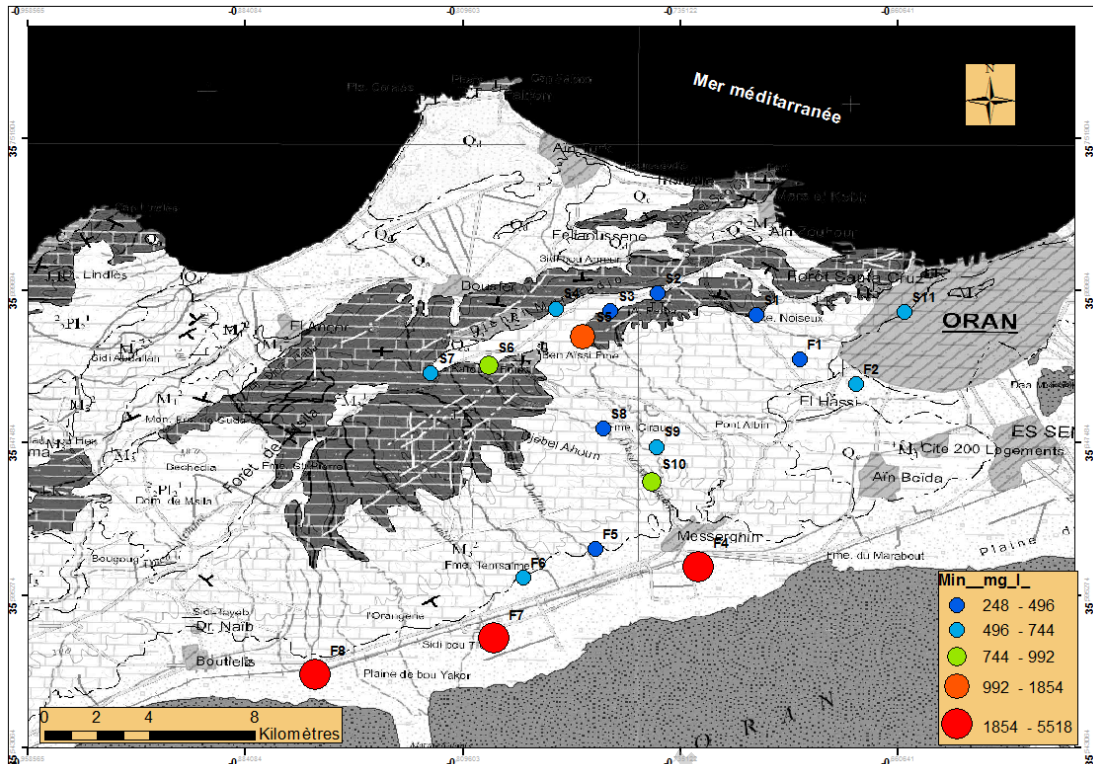


Figure 21 : Carte de minéralisation de notre secteur d'étude (mg/l)

2.1.5 La balance ionique :

L'analyse chimique des échantillons a porté sur les éléments majeurs. Pour vérifier la balance ionique des différents ions analysés sur l'ensemble des échantillons, nous avons calculé l'erreur sur chaque analyse à partir de la relation suivante :

$$E\% = \left[\frac{\sum r \text{ cations} - \sum r \text{ anions}}{\sum r \text{ cations} + \sum r \text{ anions}} \right] * 100.$$

Où

$\sum r \text{ cations}$ = Somme des cations en méq/l

$\sum r \text{ anions}$ = Somme des anions en méq/l

Si :

- 3 E% > 5% : mauvaise analyse
- 4 5% > E > 2% : analyse acceptable
- 5 E < 2% : très bonne analyse

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau suivant

Tableau n°8: Pourcentage d'erreur des analyses chimiques

N°	Nom	$\sum r \text{ cations}$	$\sum r \text{ anions}$	E%	Résultats
S1	Ain Keffri	13,04	12,79	0,94	Très bonne analyse
S2	Ain Froha	4,91	4,82	1,02	Très bonne analyse
S3	Ain Reggada	8,06	7,80	1,61	Très bonne analyse
S4	Ain Meddouard	9,11	11,04	9,55	Mauvaise analyse
S5	Ain Berka	7,13	7,54	2,78	Analyse acceptable
S6	Ain Dahlia	16,71	16,48	0,70	Très bonne analyse
S7	Ain Karouba	14,73	14,43	1,03	Très bonne analyse
S8	Misserghin (grande source)	9,65	9,33	1,7	Très bonne analyse
S9	Misserghin (source captée par une galerie)	7,93	7,50	2,82	Analyse acceptable
S10	Misserghin (Aqueduc)	10,77	11,52	3,35	Analyse acceptable
S11	Ras El AIN	13,33	13,40	0,28	Très bonne analyse
F1	P155	7,94	6,99	6,4	Mauvaise analyse
F2	FCOCA	12,01	11,24	3,31	Analyse acceptable
F3	F284	64,8	67,69	2,18	Analyse acceptable
F4	P174	89,12	86,29	1,61	Très bonne analyse
F5	P136	8,77	8,59	1,02	Très bonne analyse

F6	F1	10,77	10,30	2,21	Analyse acceptable
F7	P334	60,93	58,93	1,66	Très bonne analyse
F8	F155	97,20	101,09	1,96	Très bonne analyse

2. 1.6 La dureté totale ou TH (titre hydrotimétrique) :

La dureté d'une eau est un caractère naturel lié au lessivage de terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium. La dureté temporaire est liée directement à son alcalinité carbonatée tandis que la dureté permanente est prédominée par la présence des sulfates et des chlorures de calcium et de magnésium. Elle s'exprime soit en méq/l soit en mg/l de CaCO₃ soit en °F : 1 méq/l = 5°F = 50mg/l de CaCO₃.

$$\text{TH} = (r\text{Ca}^{++} + r\text{Mg}^{++}) * 5^{\circ}\text{F}$$

Les valeurs de la dureté totale d'une eau déterminant sa qualité sont reportées dans le tableau n°9 ci-dessous :

Tableau n°9 : Qualité de l'eau en fonction du TH

TH (°F)	0-7	7-22	22-32	32-54	> 54
Qualité de l'eau	Eau douce	Eau modérément douce	Eau assez douce	Eau dure	Eau très dure

Tableau n°10 : Dureté totale des points d'eau (°F)

Point d'eau	TH (°F)	Qualité de l'eau
S1	48,01	Dure
S2	11,30	Modérément dure
S3	30,05	Assez douce
S4	27,28	Assez douce
S5	28,47	Assez douce
S6	45,73	Dure
S7	45,17	Dure

S8	27,65	Assez dure
S9	30,94	Assez dure
S10	39,32	Dure
S11	38,28	Dure
F1	28,40	Assez dure
F2	33,97	Dure
F3	138,28	Très dure
F4	168,68	Très dure
F5	30,31	Assez dure
F6	35,17	Dure
F7	151,47	Très dure
F8	162,58	Très dure

Au niveau de notre secteur d'étude, la valeur de la dureté varie de 11,30°F à S2 à 168,68°F à F4. Cette dureté élevée résulte principalement de la circulation des eaux dans les formations carbonatées.

3. Etude des paramètres chimiques majeures :

3.1. Etude des cations :

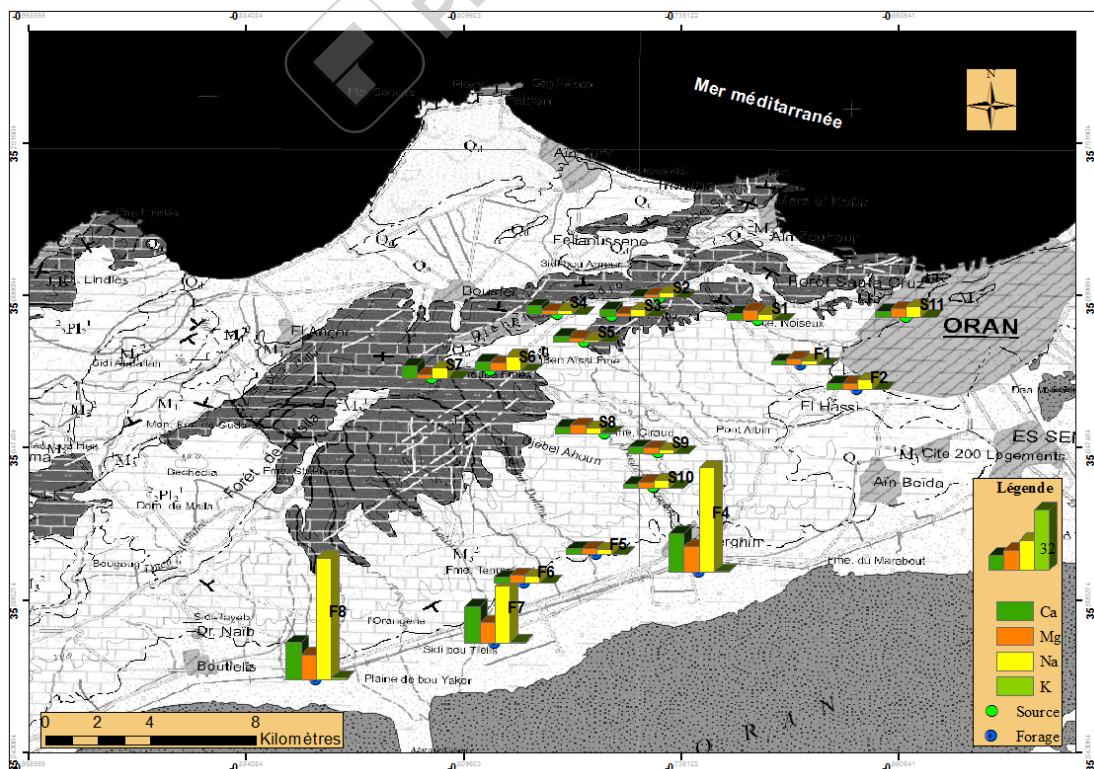


Figure 22 : Carte des histogrammes des cations (még/l)

3.1.1. Le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}) :

Le calcium provient essentiellement de la calcite CaCO_3 qui caractérise le calcaire et toutes les roches métamorphiques qui en dérivent.

Le magnésium provient essentiellement de la dissolution de la dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) qui est un minéral fréquent dans diverses roches sédimentaires.

La carte des histogrammes des cations montre que la valeur minimale du calcium et du magnésium est atteinte à S2 (0,77még/l ; 1,48még/l) ; tandis que leur valeur maximale est atteinte au niveau de F4 (20,48még/l ; 13,25még/l) (fig.20). Ceci semble du par le fait que ce territoire est caractérisé par une circulation d'eau lente (faible perméabilité). La présence de gypse dans ce secteur au sein de la série carbonatée explique également cette forte teneur ;

3.1.2. Le sodium (Na^+) et le potassium (K^+) :

Le sodium provient généralement de la même origine que celle des chlorures. Il est généralement lié aux minéraux argileux. Il peut être échangé contre les ions Ca^{++} et Mg^{++} par les minéraux argileux ou les substances organiques et provenir de l'hydrolyse des silicates. D'après la carte des histogrammes des cations les points d'eau étudiés sont chargés en sodium et les teneurs varient entre 64még/l à F8 à 1,39még/l à S5 (fig.21). Le potassium est présent avec des teneurs faibles dans les points d'eau étudiés avec des teneurs ne dépassant pas 0,69még/l au niveau de F8.

3.2. Etude des anions :

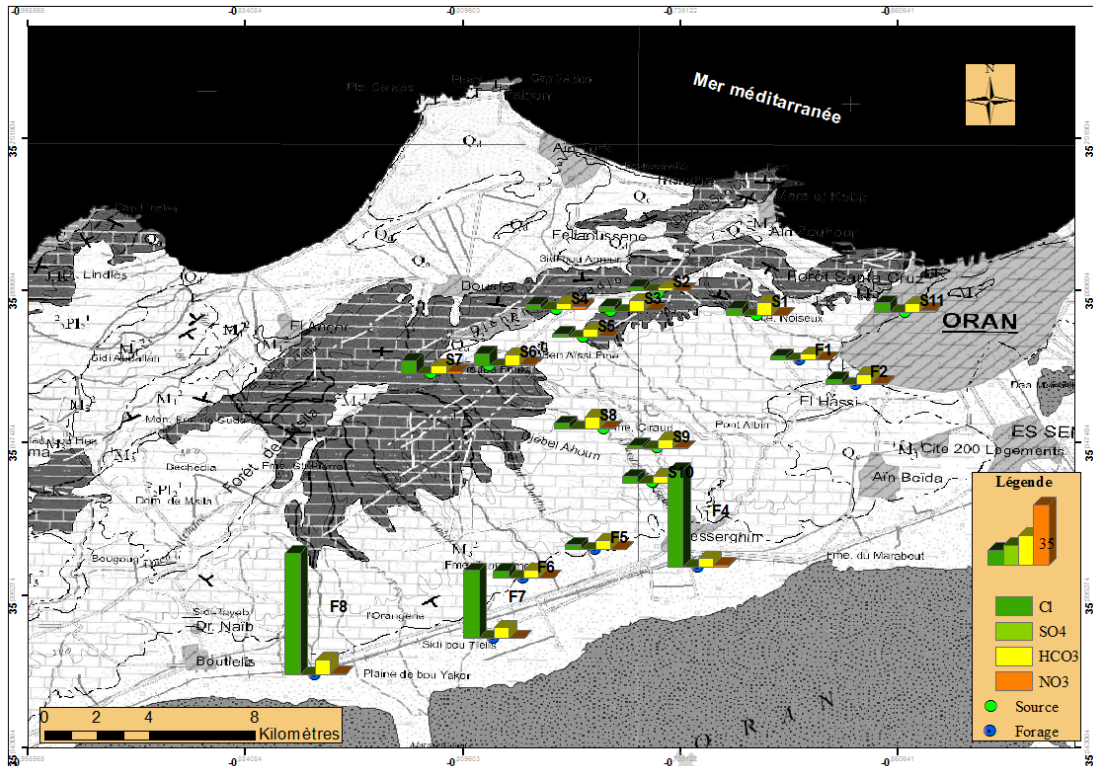


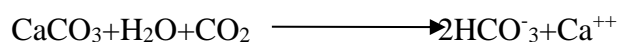
Figure 23 : Carte des histogrammes des anions (méq/l)

3.2.1 Les chlorures (Cl⁻) :

Naturellement, les chlorures peuvent avoir deux origines: les apports atmosphériques et la dissolution des évaporites salées. Les eaux de pluie peuvent également apporter des chlorures d'origine maritime qui s'accumulent en surface puis entraînés dans les aquifères. La dissolution de certaines catégories d'évaporites est facile et peut fournir de grandes concentrations dans les eaux. L'observation de la carte des histogrammes des anions (fig. n° 21) indique que la teneur maximale en chlorure des points d'eau de notre secteur est observée au niveau de F8 (69.15 méq/l) dans la nappe alluvionnaire et la plus faible teneur à S9 (1.72 méq/l) dans la nappe des calcaires récifaux.

3.2.2 Les bicarbonates (HCO₃⁻):

Les ions HCO₃ prennent naissance à partir de la dissolution des carbonates par le CO₂ des eaux de pluie et de percolation, selon l'équation chimique :



Sur la carte des histogrammes des anions de notre secteur d'étude (fig. 21), on constate que la teneur maximale est observée au niveau de F8 (8,44méq/l) et la plus petite teneur à S2 (1,72méq/l).

3.2.3 Les sulfates SO_4^{2-} :

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

D'après la carte des histogrammes des anions (fig. 21), on constate que la faible teneur des sulfates est remarquée à S2 (0,10még/l), alors que le maximum est au niveau de F4 (25még/l) où la présence de gypse au sein de la série carbonatée est beaucoup plus importante.

3.2.4 Les nitrates (NO_3^-) :

Ils constituent la forme la plus oxydée de l'azote que l'on retrouve dans l'eau. Une forte teneur en nitrates peut être d'origine naturelle, mais indique parfois la présence d'une contamination par des eaux résiduaires, de certaines industries ou de ruissellement riche en engrais (agriculture). En trop grande quantité, les nitrates empêchent le sang de transporter l'oxygène vers les tissus humains. En outre, ils peuvent avoir des mauvaises conséquences sur la vie de la faune aquatique et causer l'eutrophisation.

Les normes de l'O.M.S. indiquent, pour l'eau destinée à la consommation humaine, un niveau guide de 25 mg/l et 50 mg/l comme concentration maximale admissible.

Pour notre secteur d'étude d'après la carte des histogrammes des nitrates la plupart des points d'eau ont une concentration faible en nitrate (fig.22). La valeur minimale est observée au niveau de S8 et à F5 (9mg/l) et la valeur maximum à S11 (66mg/l). Cette valeur est certainement due aux rejets d'eaux résiduaires.

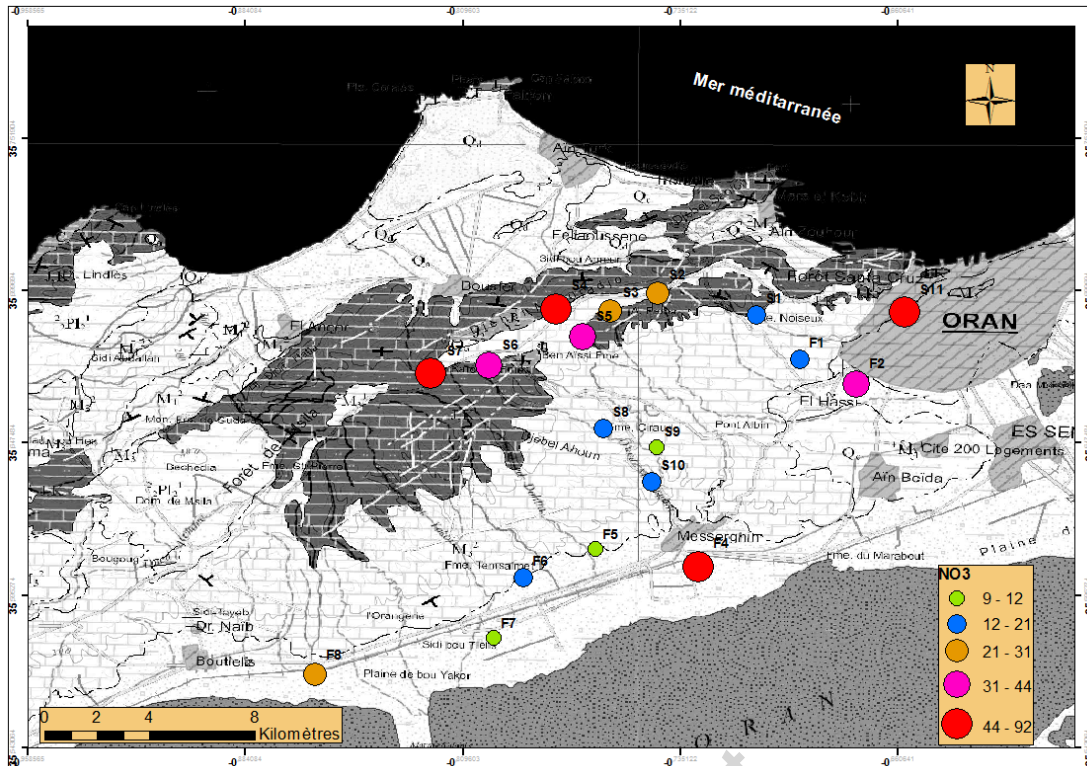


Figure 24: Carte des teneurs en nitrates (mg/l)

4. Classification des eaux :

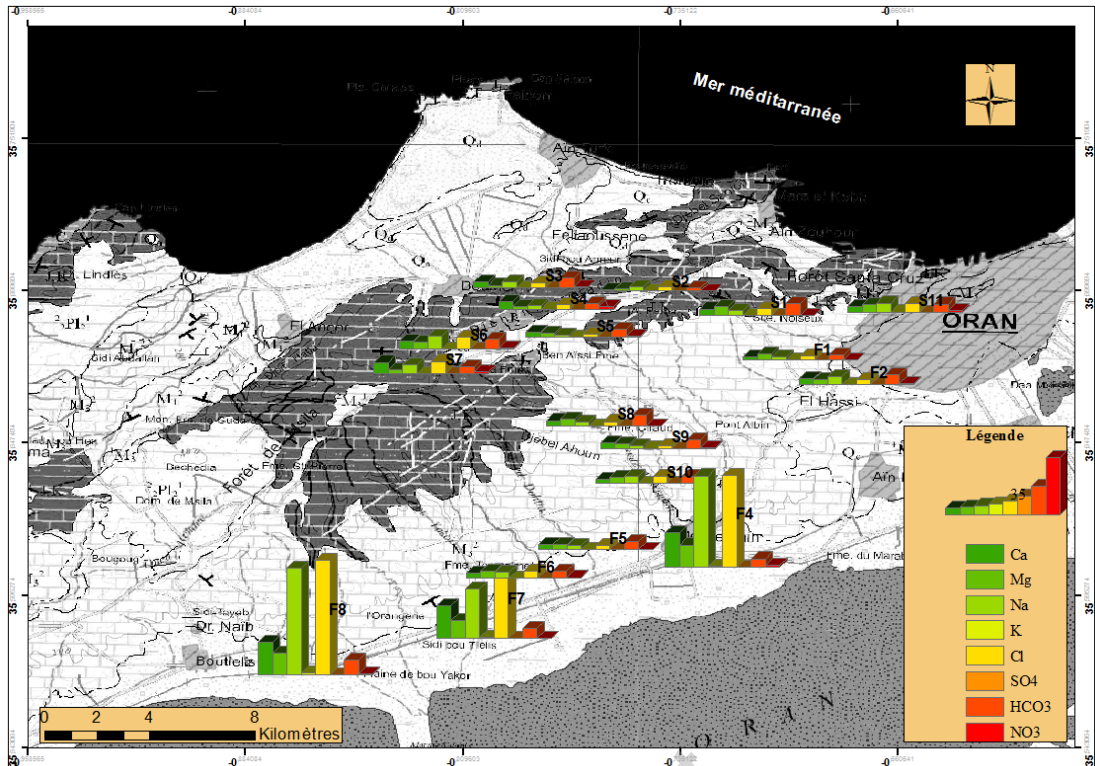


Figure 25 : Carte des histogrammes des éléments chimiques (még/l)

Les faciès ainsi que les principaux sous faciès hydrochimiques des eaux échantillonnées ont été déterminés à partir de leurs teneurs en milliéquivalent/l et de leurs formules caractéristiques (tableau n°10).

Tableau n°11 : Formules et faciès chimiques

N°	Nom	Formules caractéristiques	Faciès hydrochimiques
S1	Ain Keffri	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Eau bicarbonatée magnésienne
S2	Ain Froha	$r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Ca}^{2+})$	Eau chlorurée sodique
S3	Ain Reggada	$r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{2+})$	Eau chlorurée calcique
S4	Ain Meddouard	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{2+})$	Eau bicarbonatée calcique
S5	Ain Berka	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Eau bicarbonatée calcique
S6	Ain Dahlia	$r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$	Eau chlorurée sodique

		$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+}) \ r(\text{Mg}^{2+})$	
S7	Ain Karouba	$r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{2+})$	Eau chlorurée calcique
S8	Misserghin (grande source)	$r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Ca}^{2+})$	Eau chlorurée sodique
S9	Misserghin (source captée par une galerie)	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Eau bicarbonatée calcique
S10	Misserghin (aqueduc)	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Eau bicarbonatée magnésienne
S11	Ras El AIN	$r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Ca}^{2+})$	Eau chlorurée sodique
F1	P155	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+})$	Eau bicarbonatée magnésienne
F2	FCOCA	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{Mg}^{2+})$	Eau bicarbonatée sodique
F3	F284	$r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-}) > r(\text{HCO}_3^-)$ $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+}) \ r(\text{Mg}^{2+})$	Eau chlorurée sodique
F4	P174	$r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-}) > r(\text{HCO}_3^-)$ $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+}) \ r(\text{Mg}^{2+})$	Eau chlorurée sodique
F5	P136	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Eau bicarbonatée magnésienne
F6	F1	$r(\text{HCO}_3^-) > r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-})$ $r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+})$	Eau bicarbonatée magnésienne
F7	P334	$r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-}) > r(\text{HCO}_3^-)$ $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+}) \ r(\text{Mg}^{2+})$	Eau chlorurée sodique
F8	F155	$r(\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) > r(\text{SO}_4^{2-}) > r(\text{HCO}_3^-)$ $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+}) \ r(\text{Mg}^{2+})$	Eau chlorurée sodique

Pour interpréter les principaux aspects hydrochimiques, il convient de présenter les résultats sous forme de représentations graphiques qui nous permettent de faire une comparaison entre les eaux.

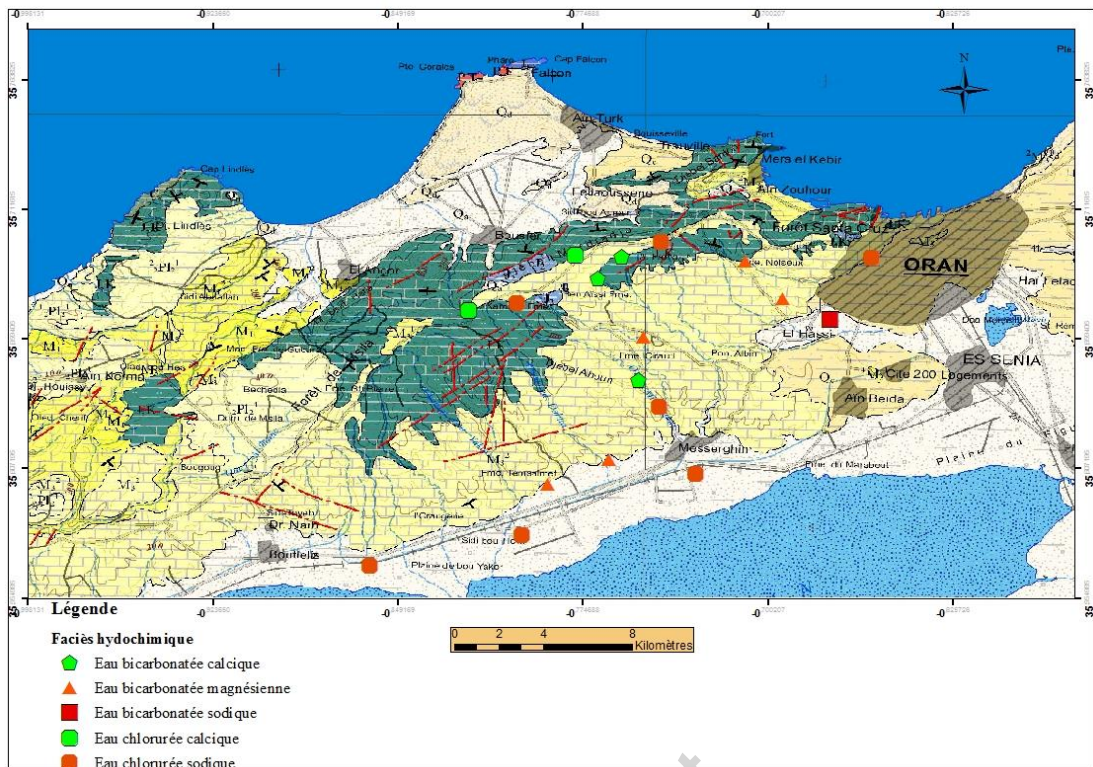


Figure 26: Carte des faciès chimiques

4.1 Diagramme de Piper :

Cette méthode consiste à représenter sur deux triangles les pourcentages des quantités en réactions (r %) de chaque cation et anion. Ces eaux sont représentées sur un losange en un seul point qui représente la famille chimique de l'eau. Ce diagramme présente l'avantage de regrouper un grand nombre d'analyse sans pour autant faire une subdivision précise. Les résultats obtenus confirment les faciès déjà signalés (tab n°10).

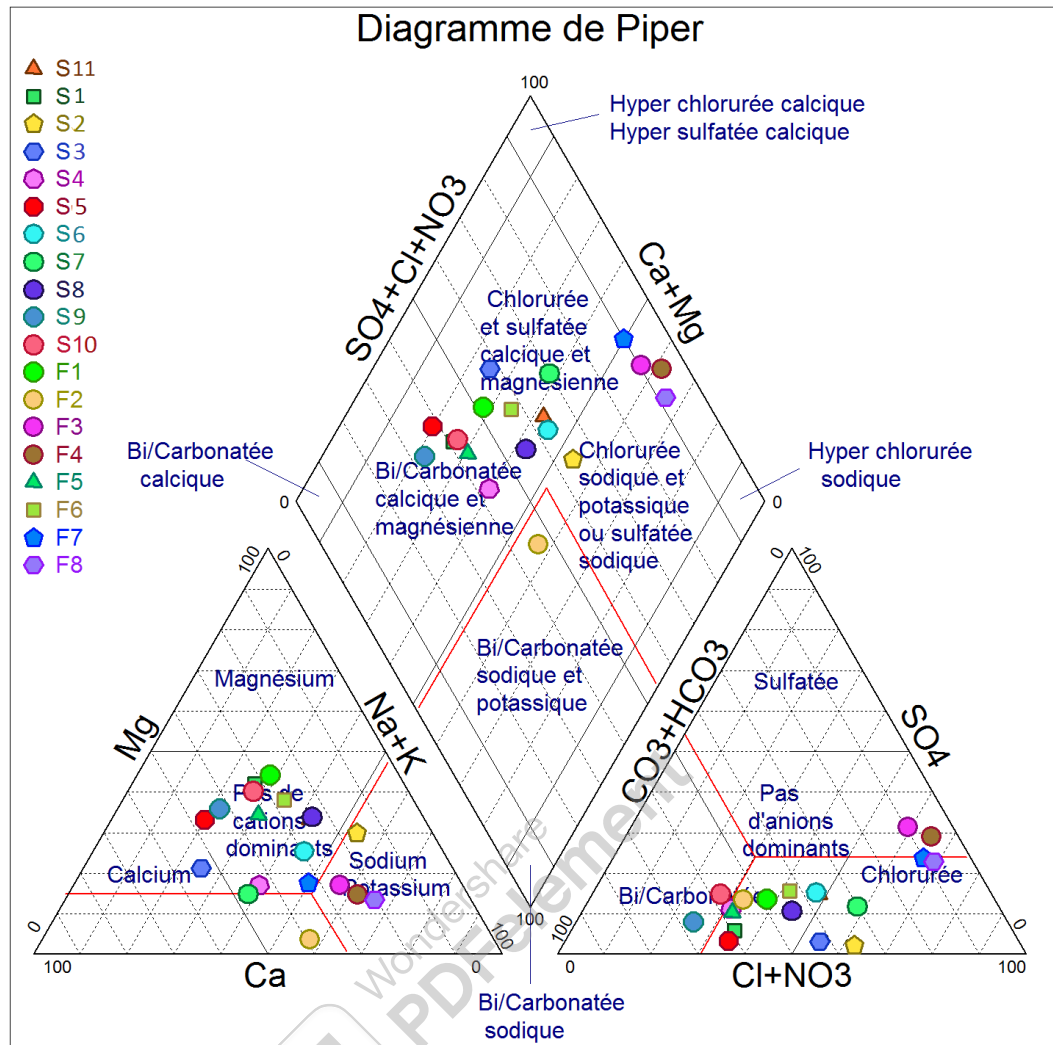


Figure 27 : Représentation graphique des résultats sur le diagramme de Piper

4.2 Diagramme de Schöeller-Berkaloff :

Il s'agit d'un diagramme logarithmique qui permet de représenter un ensemble d'eaux aux concentrations différentes avec une bonne précision. Il permet également d'effectuer la conversion des résultats d'analyse en milligrammes par litre (mg/l) en milliéquivalent par litre (még/l).

Les valeurs des analyses chimiques des eaux étudiées reportées sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (fig.26 et 27) nous ont permis de distinguer cinq faciès :

- *faciès bicarbonaté sodique*: au niveau du forage F2,

- *faciès bicarbonaté magnésien*: au niveau de sources S1, S10, des puits F1, F5 et au forage F6.

- *faciès chloruré sodique* : au niveau des sources S11, S2, S6, S8, des puits F4, F7 et aux forages F3 et F8

- *faciès bicarbonaté calcique* : au niveau des sources S4, S5 et S9,

- *faciès chloruré calcique* : au niveau des sources S3 et S7.

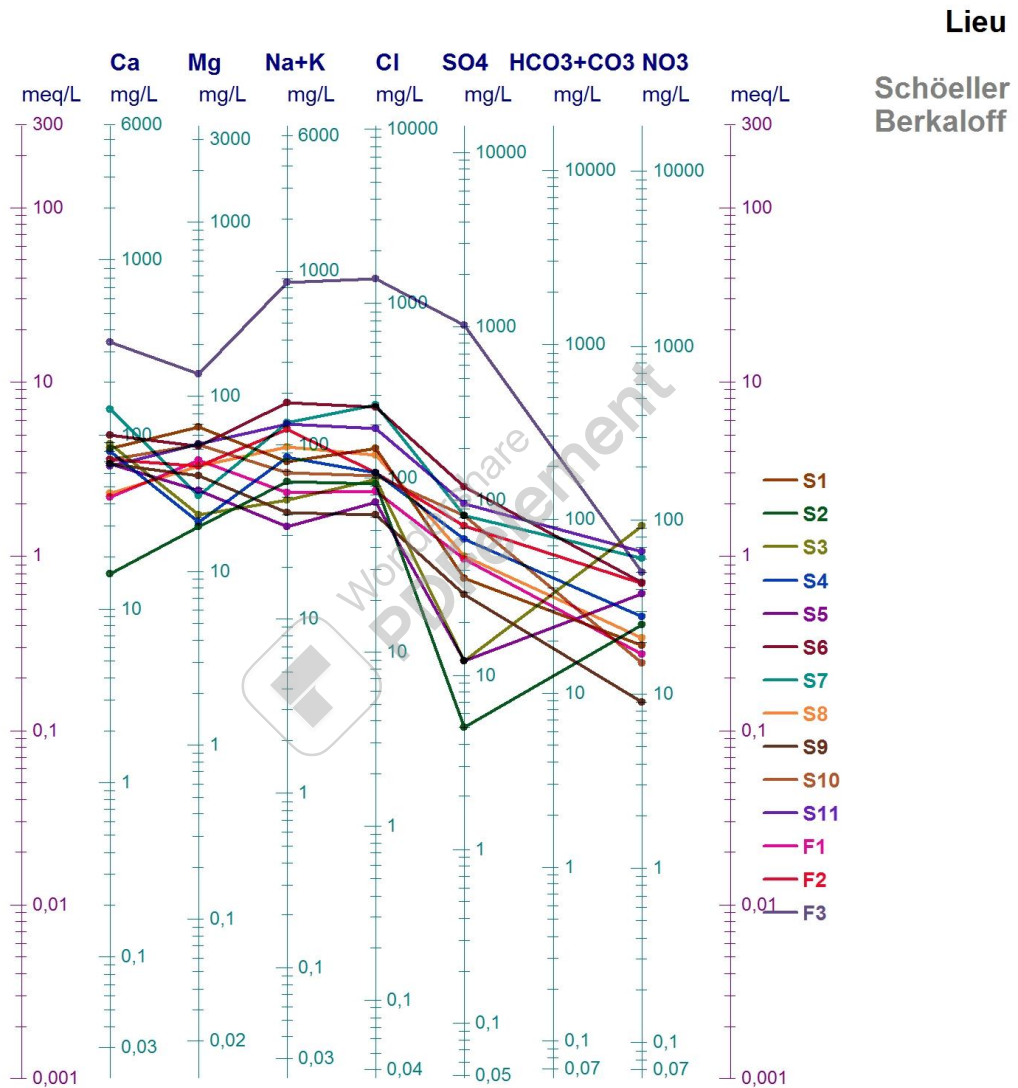


Figure 28 : Représentation graphique des résultats sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (S1 à F3).

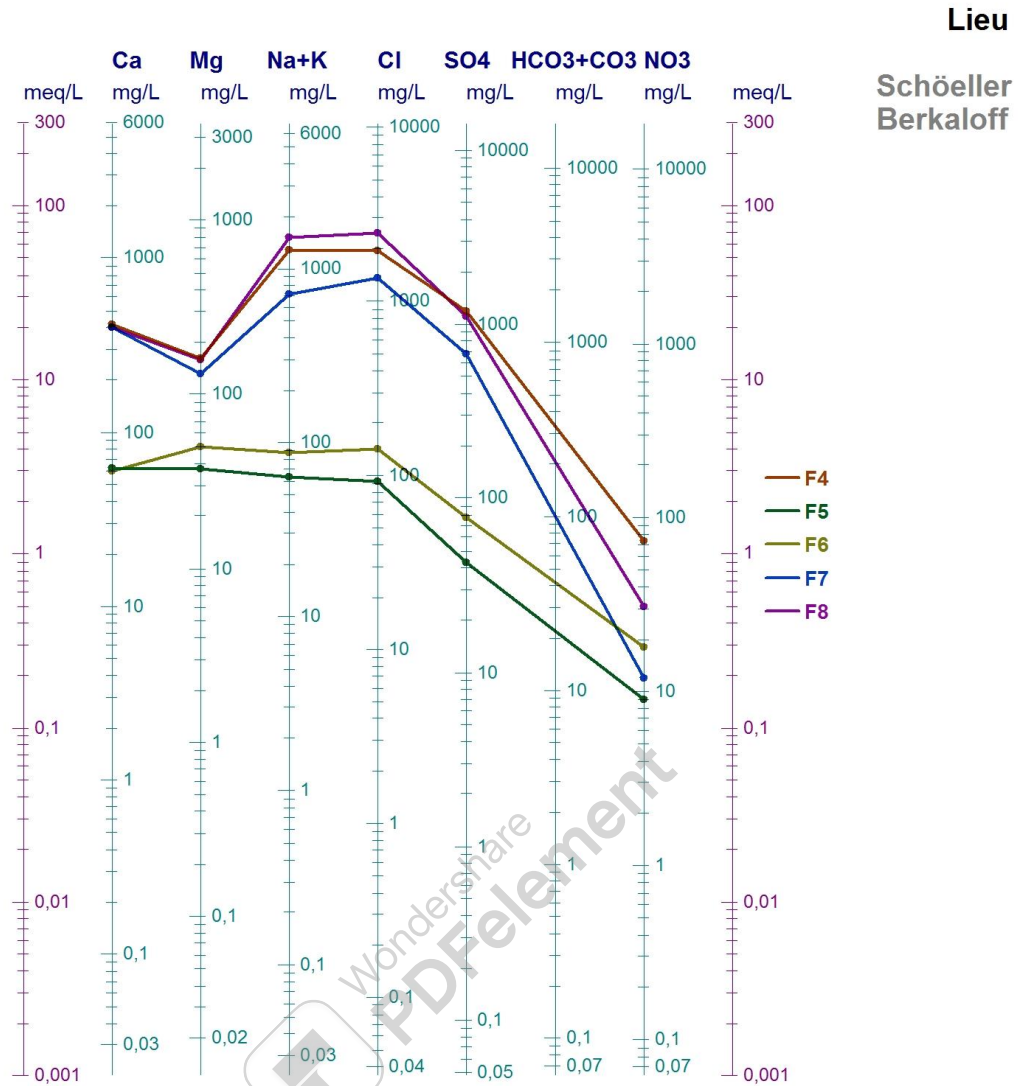


Figure 29 : Représentation graphique des résultats sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (F4 à F8).

5. Etude des rapports caractéristiques :

L'étude des rapports caractéristiques les plus courants en hydrochimie permet de préciser le milieu de provenance des eaux souterraines et de comparer leur concentration en éléments chimiques. L'étude a concerné les rapports suivant : SO₄/Cl, Na/Cl et Mg/Ca.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant

Tableau n°12 : Calcul des rapports caractéristiques

Point d'eau	r (SO ₄ /Cl)	r (Mg/Ca)	r (Na/Cl)
S1	0,17	1,34	0,81
S2	0,04	1,90	1,00
S3	0,09	0,40	0,72
S4	0,41	0,40	1,19
S5	0,12	0,72	0,68
S6	0,35	0,87	1,05
S7	0,23	0,32	0,74
S8	0,26	1,47	1,04
S9	0,35	0,87	0,98
S10	0,58	1,24	0,95
S11	0,36	1,383	1,02
F1	0,40	1,65	0,93
F2	0,49	0,93	1,68
F3	0,54	0,67	0,93
F4	0,45	0,64	0,99
F5	0,34	1,00	0,99
F6	0,40	1,40	0,90
F7	0,36	0,55	0,77
F8	0,33	0,66	0,92

5.1 Le rapport r(SO₄/Cl) :

On constate que tous les points d'eaux de notre secteur d'étude présentent un rapport inférieur à l'unité. Les chlorures dominent les sulfates. L'abondance des chlorures résulte des formations gypseuses.

5.2 Le rapport r(Na/Cl) :

Ce rapport est généralement inférieur à 1 pour la plupart des points d'eaux. Il montre la prédominance des chlorures sur le sodium. Par contre au niveau de S11, S2, S4, S6, S8 et F2 le rapport s'inverse.

5.3 Le rapport r(Mg/Ca) :

Ce rapport est généralement inférieur à 1 pour la majorité de nos points d'eaux étudiés, il montre une concentration élevée de calcium. Cette prédominance est à la faveur de la dissolution des calcaires messiniens.

6. Etude statistique en composantes principales:

6.1 Statistiques élémentaires:

Pour le traitement par l'analyse en composante principale, on travaille avec un logiciel appelé XLSTAT. Nous avons entrepris une étude statistique sur les 19 points d'eau où les concentrations sont exprimées mg/l.

L'étude a porté sur les éléments suivants: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , pH, minéralisation (Min).

Tableau n°13: Calcul des moyennes et des écarts-types de la série.

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
PH	7,600	8,500	8,139	0,243
Min (mg/l)	248,000	5518,000	1347,444	1626,357
Ca	0,779	20,487	6,188	6,402
K	0,051	0,691	0,171	0,197
Na	1,391	64,000	11,254	18,745
Mg	1,481	13,251	4,733	3,696
Cl	1,718	69,155	12,114	20,195
SO4	0,104	25,000	4,394	7,779
HCO3	1,721	8,443	5,167	1,601

NO3	0,145	1,484	0,556	0,391
-----	-------	-------	-------	-------

6.2 Matrices de corrélation:

Tableau n°14 : Matrice de corrélation des éléments chimiques

Variables	pH	Min (mg/l)	Ca	K	Na	Mg	Cl	SO4	HCO3	NO3
PH	1									
Min (mg/l)	-0,744	1								
Ca	-0,711	0,965	1							
K	-0,668	0,899	0,920	1						
Na	-0,706	0,981	0,935	0,879	1					
Mg	-0,729	0,956	0,935	0,883	0,940	1				
Cl	-0,714	0,986	0,955	0,916	0,995	0,947	1			
SO4	-0,688	0,980	0,956	0,871	0,989	0,957	0,985	1		
HCO3	-0,688	0,469	0,424	0,444	0,427	0,502	0,432	0,392	1	
NO3	-0,140	0,174	0,173	0,006	0,176	0,051	0,144	0,180	-0,202	1

Nous remarquons la majorité des éléments majeurs sont corrélés positivement entre eux ; les meilleures corrélations positives se retrouvent entre dans l'ordre croissant :

- SO4 et K (0,871)
- Na et K (0,879)
- Mg et K (0,883)
- Cl et K (0,916)
- K et Ca (0,920)
- Na et Ca, Mg et Ca (0,935)
- Mg et Na (0,940)
- Cl et Mg (0,947)
- Cl et Ca (0,955)
- SO4 et Ca (0,956)
- SO4 et Mg (0,957)

- SO₄ et Cl (0,985)
- SO₄ et Na (0,989)
- Cl et Na, (0,995)

Le pH est corrélé négativement avec tous les éléments majeurs. On note également une très bonne corrélation de la minéralisation avec les éléments suivants: Ca (0,965), Mg (0,956), K(0,899), Na(0,981), Cl (0,986) et SO₄ (0,980).

6.3 Analyse en Composant Principale (ACP) :

L'analyse en composant principale est une méthode statistique multidimensionnelle descriptive, utilisable comme aide à l'interprétation d'une matrice de données. Les matrices de données physico-chimiques comportent « m » analyses (ou points échantillonnés) sur « n » variables (ou éléments mesurés). Cette méthode, en cherchant les directions référentielles d'allongement d'un nuage de point multidimensionnelle (valeurs propres), permet de résumer l'information en projetant le nuage de point sur ses directions préférentielles (Axes factoriels).

Les facteurs sont des combinaisons linéaires des variables de départ. Chaque variable contribuant au facteur intervient avec un coefficient dit "vecteur propre". Le premier axe factoriel est celui qui explique le plus grand pourcentage de variance totale, le second explique le plus grand pourcentage de variance résiduelle. Pour être significatif, le cumul de l'inertie des axes doit être supérieure à 65%. (M. I. Hassani, 1987).

a. Résultats obtenus :

On obtient 75,16% pour le premier axe et 12,20 pour le second donc la variance expliquée est de 87,36% pour les deux axes.

- Etude des variables :

Tableau n°15 : étude des variables

Variables	F1	F2
PH	-0,798	0,194
Min (mg/l)	0,989	0,077
Ca	0,969	0,096
K	0,923	-0,061

Na	0,975	0,107
Mg	0,968	-0,038
Cl	0,984	0,081
SO ₄	0,974	0,133
HCO ₃	0,540	-0,643
NO ₃	0,134	0,844

Selon l'axe F1, on constate que tous les éléments sont corrélés positivement sauf le pH (fig.28)

Les éléments HCO₃ et NO₃ sont les plus proches de l'origine de l'axe ce qui indique leur moindre corrélation avec les autres éléments. La corrélation Na/Cl est bien meilleure que la corrélation Ca/SO₄.

Selon l'axe F2, on constate que les paramètres HCO₃, K, et Mg sont nettement corrélés négativement à SO₄, NO₃, Na, Ca, Cl, pH et minéralisation.

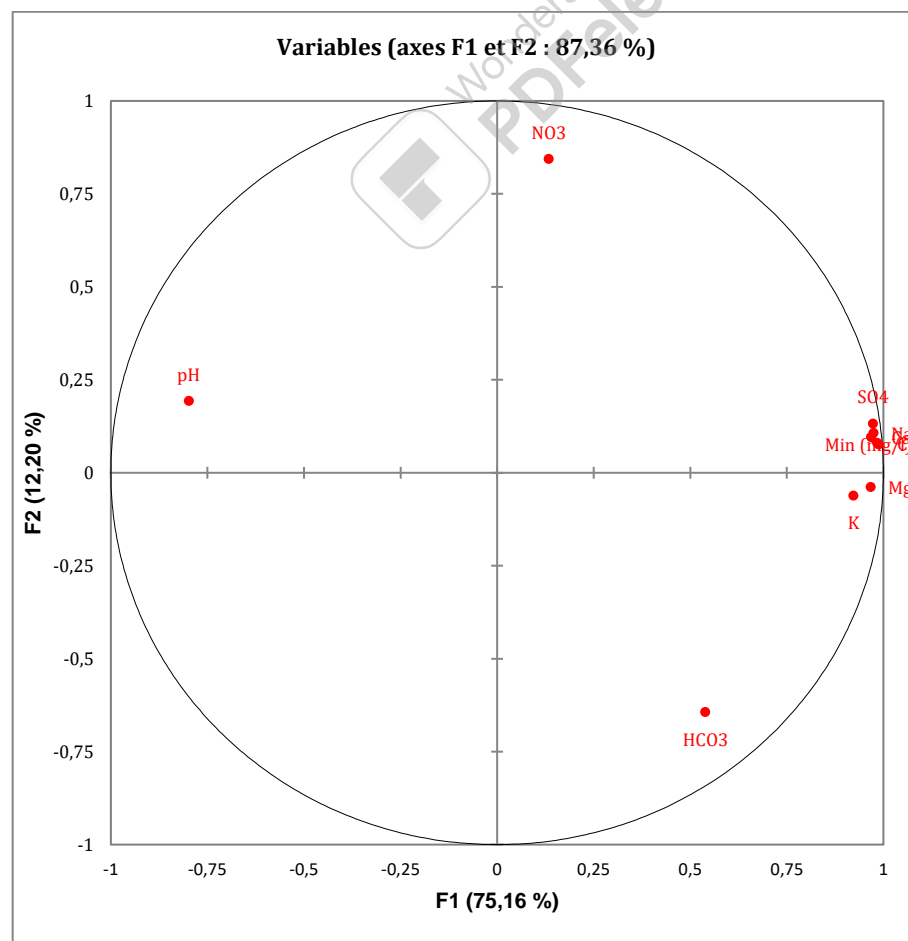


Figure 30 : Cercle de corrélation, étude des variables

- **Etude des individus:**

Pour l'étude des individus, on se limite au plan principal formé par l'axe F1 et F2 du moment que la majorité des variables sont bien représentées.

La majorité des individus sur ce plan montre une dispersion régulière dans l'espace avec une évolution progressive de la minéralisation. De ce fait l'étude de la répartition des individus fait apparaître deux groupes principaux: les moins minéralisées à gauche de l'axe F1 s'opposant aux eaux les plus minéralisées à droite (fig.29)

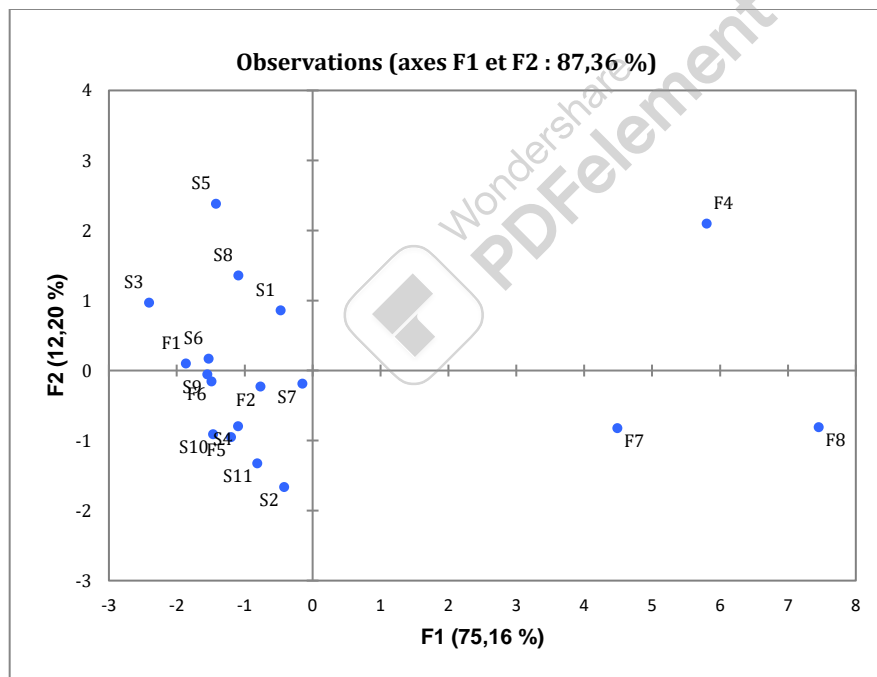


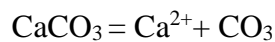
Figure 31 : Cercle de corrélation, étude des individus

7. Indices de saturation :

L'état thermodynamique de l'aquifère par rapport à ces minéraux peut être révélé par l'étude des indices de saturation vis à vis des minéraux considérés. L'indice de saturation (IS) est défini par le logarithme du produit d'activité ionique (PAI) sur le produit de solubilité (K) lors de l'échantillonnage.

$$IS = \log(PAI/K)$$

Si l'on considère la présence de calcite ($CaCO_3$) en solution par exemple.



Le produit de l'activité ionique s'écrit :

$$PAI = a_{Ca^{2+}} + a_{CO_3}$$

Où $a_{Ca^{2+}}$ correspond à l'activité de Ca^{2+}

A l'état d'équilibre thermodynamique le produit de solubilité de la calcite (K_{CaCO_3}) est :

$$K_{CaCO_3} = a_{Ca^{2+}} \cdot a_{CO_3^{2-}} / a_{CaCO_3}$$

L'indice de saturation exprimé est : $IS = \log(PAI/K_{CaCO_3})$

Si :

- $IS = 0$ l'eau est saturé vis à vis de la calcite,
- $IS < 0$ l'eau est sous saturé par rapport à la calcite,
- $IS > 0$ l'eau est sur saturé par rapport à la calcite.

De la même manière les indices de saturation, vis à vis du gypse, de l'anhydrite, de la calcite, de la dolomite et de l'aragonite sont calculés.

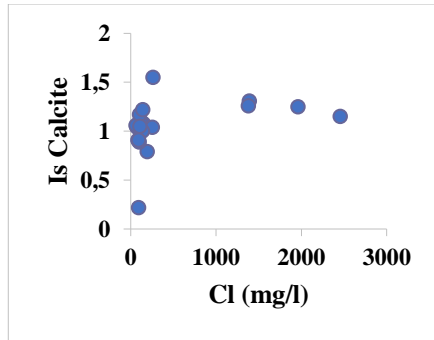
Tableau n°16 : Les indices de saturations des eaux souterraines de la zone d'étude

Point d'eau	Cl ⁻	IS				
		IS calcite	IS aragonite	IS dolomite	anhydrite	IS gypse
S1	148,00	1,08	0,94	1,87	-2,12	-1,89
S2	92,00	0,22	0,08	0,29	-3,57	-3,35
S3	98,00	0,89	0,75	0,96	-2,51	-2,29
S4	107,00	1,11	0,97	1,41	-1,88	-1,66
S5	72,00	1,04	0,89	1,5	-2,61	-2,39
S6	253,00	1,04	0,9	1,61	-1,55	-1,33
S7	262,00	1,55	1,41	2,2	-1,55	-1,33
S8	136,00	1	0,85	1,74	-2,21	-1,99
S9	61,00	1,06	0,92	1,64	-2,24	-2,02
S10	103,00	1,17	1,03	2,02	-1,81	-1,59
S11	192,00	0,79	0,65	1,3	-1,79	-1,57
F1	84,00	0,91	0,76	1,6	-2,22	-2
F2	107,00	1,05	0,91	0,65	-1,84	-1,62
F3	1389,00	1,31	1,17	2,04	-0,3	-0,08
F4	1959,00	1,25	1,1	1,89	-0,18	0,04
F5	93,00	0,91	0,76	1,39	-2,12	-1,9
F6	142,00	1,22	1,08	2,17	-1,91	-1,69
F7	1377,00	1,26	1,12	1,85	-0,4	-0,18
F8	2455,00	1,15	1	1,71	-0,25	-0,03

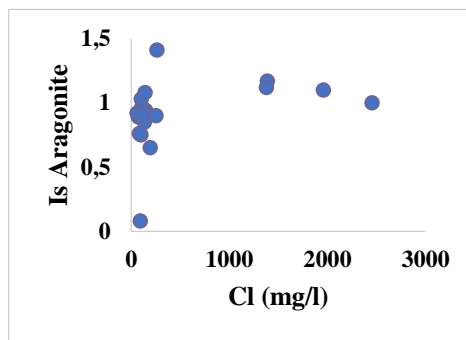
Les résultats du tableau ci-dessus montrent que tous les points d'eau étudiés sont sur saturés par rapport à la calcite, par rapport à l'aragonite et par rapport à la dolomite.

Pour l'anhydrite et le gypse tous les points d'eau sont sous saturés par rapport à ces derniers à l'exception du forage F4 qui est sur saturé par rapport au gypse.

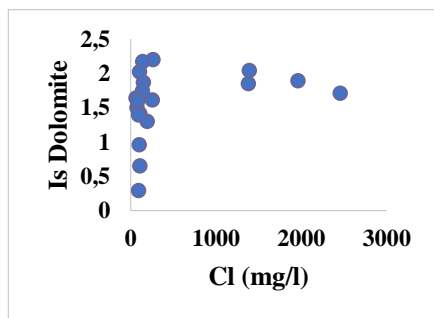
Les chlorures étant le principal élément conditionnant la minéralisation des eaux, nous avons représenté sur les diagrammes des figures 30 et 31, les indices de saturation de ces différents minéraux en fonction des chlorures.



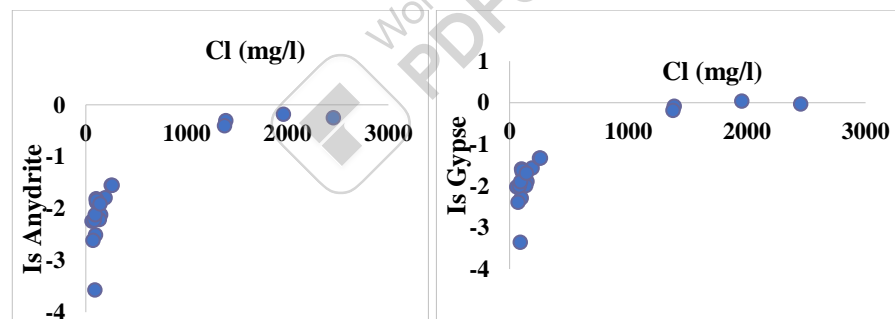
Variation d'Is Calcite



Variation d'Is Aragonite



Variation d'Is Dolomite

Figure 32 : Diagramme des indices de saturations

Variation d'Is Anhydrite

Variation d'Is Gypse

Figure 33 : Diagramme des indices de saturations

Les figures montrent que les points d'eau de notre secteur d'étude présentent des eaux globalement sur saturées pour les éléments carbonatés (calcite, aragonite et dolomite). Pour les éléments sulfatés (anhydrite et gypse) la plupart des eaux sont sous saturées.

8. Qualité des eaux d'irrigation :

8.1 Evaluation de risque d'alcalinité :

Les eaux superficielles ou souterraines peuvent être utilisées aussi bien pour l'alimentation en eau potable que pour l'irrigation ou l'industrie.

Pour l'irrigation en raison de l'effet de leurs éléments minéraux sur les végétaux, la méthode du taux d'adsorption du sodium mis au point en 1969 par le Geological Survey a été appliquée. Cette méthode fait intervenir la salinité et le risque d'alcalinisation des sols.

Le S.A.R donné par la formule :

$$SAR = rNa / \sqrt{(rCa + rMg) / 2}$$
 où rNa, rCa et rMg sont les quantités en réaction du Na, du Ca et du Mg exprimées en méq/l.

SAR < 10 : eau à faible danger d'alcalinisation des sols (eau excellente)

SAR < 18 : eau avec un danger d'alcalinisation des sols assez appréciable (eau bonne)

18 < SAR < 26 : eau avec un danger d'alcalinisation important (eau convenable)

SAR > 26 : eau présentant un danger d'alcalinisation très forte (eau médiocre).

Le tableau n°16 ci-dessous en globe les résultats de calcul de S.A.R pour notre secteur d'étude où nous remarquons que la plupart des points d'eau étudiés présentent une qualité d'eau d'irrigation excellente.

Tableau n°17 : Classification de qualité des eaux en fonction des valeurs de S.A.R

Points d'eau	SAR	L'analyse
S1	2,82	Eau excellente
S2	1,61	Eau excellente
S3	2,45	Eau excellente
S4	1,70	Eau excellente
S5	2,18	Eau excellente
S6	1,01	Eau excellente
S7	3,51	Eau excellente
S8	4,15	Eau excellente
S9	2,40	Eau excellente
S10	1,12	Eau excellente
S11	1,40	Eau excellente
F1	1,32	Eau excellente

F2	2,75	Eau excellente
F3	12,31	Eau bonne
F4	13,39	Eau bonne
F5	1,67	Eau excellente
F6	1,92	Eau excellente
F7	10,24	Eau bonne
F8	15,87	Eau bonne

7.2 Evaluation du risque de salinité (diagramme de Riverside) :

Le diagramme de Riverside est très utile et fiable pour caractériser une eau. En effet, le diagramme ne peut pas prendre en compte l'évolution des caractéristiques de l'eau lorsque sa minéralité augmente dans les sols des zones arides auxquels il est destiné. Lorsque les eaux se concentrent, elles précipitent des minéraux, la calcite étant l'un des plus importants et des plus précoces à précipiter. Il en résulte une sur estimation de la charge saline et une sous estimation du rapport Na/Ca. Le diagramme sous estime le risque de salinisation et sous estime le risque de sodisation. Ce diagramme repose sur le croisement de deux critères :

- le premier est la conductivité électrique (C.E). Ce critère vise à quantifier la charge en sel de la solution et par conséquent le risque de salinisation (i.e. d'accumulation de sel dans les sols). Les eaux sont classées de C1 à C5 selon le risque croissant de salinisation.
- le second est le S.A.R. (Sodium Adsorption Ratio) de l'eau induite par l'eau dans le sol. Ce second critère permet d'évaluer le risque de sodisation du sol par l'eau d'irrigation. Les eaux sont classées de S1 à S3 selon le risque croissant de sodisation.

Pour nos échantillons, le diagramme est basé sur les valeurs du rapport du S.A.R et de la conductivité électrique des ions contenus dans l'eau (fig. n° 32). L'objectif était de représenter les échantillons sur le diagramme de Riverside afin de faciliter la caractérisation des eaux sur leur aptitude à l'irrigation.

Les échantillons représentés sur le diagramme de Riverside se distribuent en trois groupes :

Groupe1 :S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, F1, F2, F5 et F6 avec des risques de salinisation des sols faible et des risques de sodisation faibles à moyens,

Groupe2 : F3 et F7 avec des risques de salinisation forts et de forts risques de sodisation,

Groupe3 : F4 et F8, avec des risques de salinisation très forte et de risques de sodisation excessive.

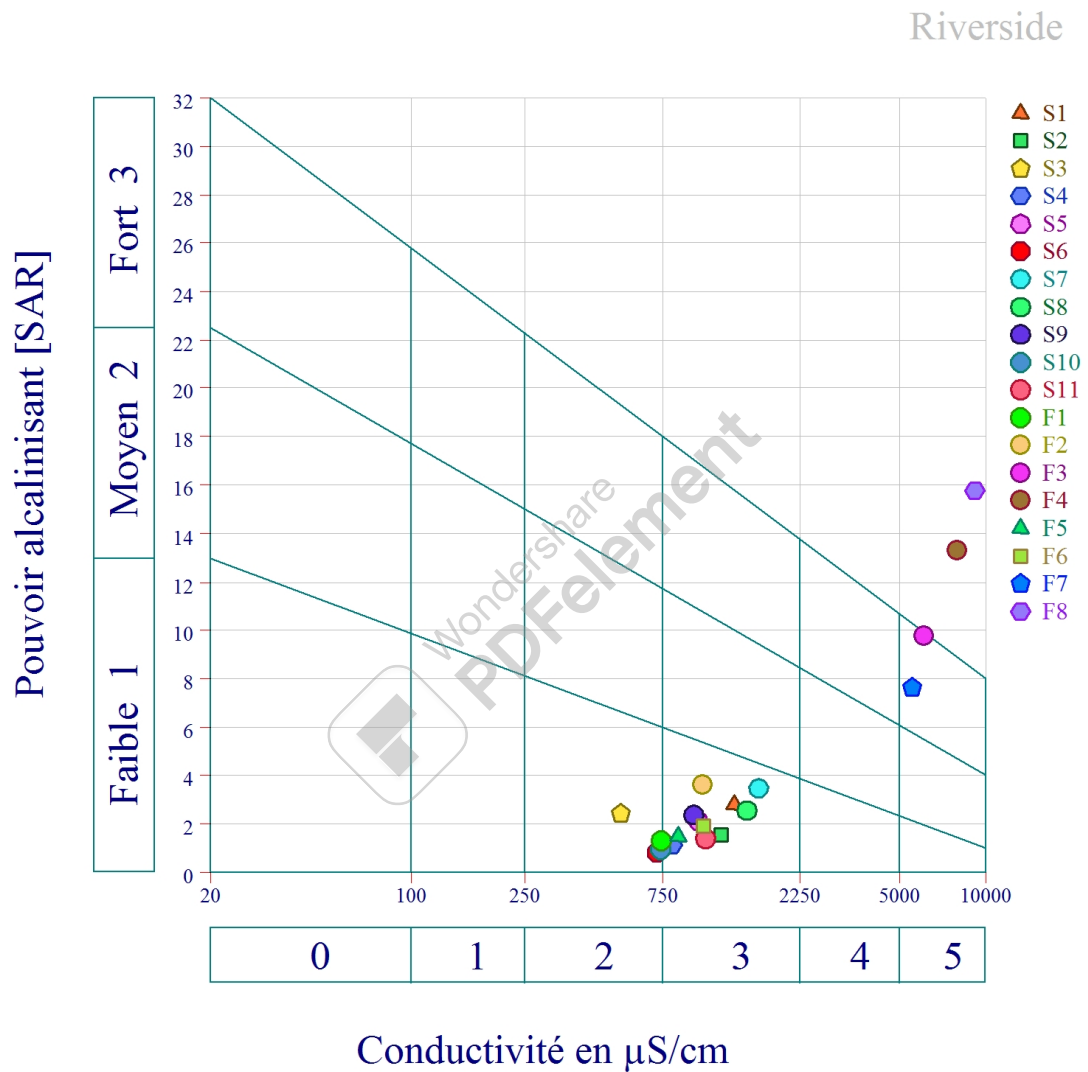


Figure 34 : Représentation sur le diagramme de Riverside

Conclusion :

L'étude hydrochimique des points d'eau des Monts de Murdjadjo nous a permis de tirer cette conclusion :

- les eaux de ces points d'eau présentent des minéralisations faibles pour la plupart des points d'eau, ceci est du à la nature géologiques des formations avec une prédominance de terrains carbonaté.

Elle a permis aussi de faire une classification selon les facies chimiques hétérogènes pour comparer entre ces points d'eau et ces eaux présentent un facies majoritairement chloruré sodique.

L'étude statistique des échantillons par l'analyse en composante principale A.C.P a permis de confirmer et de distinguer deux groupes selon leur minéralisation.

Le calcul du S.A.R a confirmé que les eaux du secteur étudié sont excellentes pour l'irrigation à l'exception de quatre (F3, F4, F7 et F8) qui sont bonnes pour l'irrigation.



Conclusion générale

Enfin, nous pouvons dire que la région faisant objet de notre étude est située dans la partie occidentale de l'agglomération Oranaise. C'est un horst de terrains mésozoïques très accidentés. Cette région est caractérisée par un climat semi-aride. L'étude géologique, basée sur les travaux de plusieurs auteurs ayant étudié la région, a permis de distinguer les principales formations géologiques de cette région ; à savoir :

- le substratum anté à synchro nappe constitué de formations d'âge allant du Jurassique moyen au Crétacé - Barrémien,
- les formations du Miocène supérieur constituées essentiellement par les marnes à tripoli qui affleurent en bordure du plateau d'Oran et qui sont surmontées au Djebel Murdjadjo par les calcaires récifaux, karstifiés,
- le complexe dunaire du Calabrien, grés-sableux, qui repose en discordance essentiellement sur la formation des marnes à tripoli. Il prend une grande extension dans le plateau d'Oran,
- le Quaternaire récent constitué essentiellement par des formations colluvionnaires et alluvionnaires qu'on retrouve dans la zone piémont du Djebel Murdjadjo et dans la partie méridionale de l'agglomération

L'étude hydrogéologique des diverses formations du bassin versant montre que seules les formations présentant un grand intérêt sont les calcaires miocènes. La piézométrie de notre secteur d'étude nous a permis de connaître le sens d'écoulement qui se fait des formations carbonatées vers la Sebkha. L'alimentation et la recharge de la nappe se font essentiellement à partir de l'infiltration des pluies sur son impluvium et à partir des formations calcaires.

L'étude hydrochimique de notre secteur d'étude nous a permis d'apprécier la qualité des eaux. Nous avons cinq (5) faciès chimiques avec prédominance du faciès chloruré sodique. La minéralisation des eaux échantillonnées varie de 248mg/l à 5518mg/l. La valeur élevée de minéralisation est enregistrée dans les formations colluvionnaires et alluvionnaires.

L'étude statistique des échantillons par l'analyse en composante principale A.C.P a permis de confirmer et de distinguer deux groupes selon leur minéralisation.

Le calcul du S.A.R a confirmé que les eaux du secteur étudié sont excellentes pour l'irrigation à l'exception de quatre (F3, F4, F7 et F8) qui sont bonnes pour l'irrigation.

