



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran

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

Sciences de la Terre

Option: **Hydrogéologie**

Thème :

***EMERGENCE DE LA SOURCE DE RAS EL AIN ET IMPACT SUR LES
RISQUES HYDRIQUES***

Présenté par : *Bouziane Nora.*

Soutenu le : 11.07.2021, devant le jury composé de:

Foukrache Mohamed

MA Université d'Oran

Président

Hamidi Mansour

Pr Université d'Oran

Encadreur

Ablaoui Halima

MA Université d'Oran

Examinatrice

2020/2021

Remerciements

A la fin de ce travail, je prie bon dieu le tout puissant de ma voir ouvert les portes de la réussite,

Tout d'abord, mes remerciements particuliers à ma mère **Saâda** en difficulté, Et le cher père **Belkacem** que Dieu lui fasse miséricorde et qu'il habite l'immensité du paradis. Sans oublier mon cher frère **Djamel** qui a été à mes côtés pour toujours.

Comme je tiens à remercier toute personne ayant participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail et en particulier un très grand remerciement à mon promoteur Mr **Mansour Hamidi**, pour son soutien, sa gentillesse et ses conseils judicieux.

J'adresse également mes sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail Mr **Foukrache Mohamed** et madame **Halima Ablaoui**.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à Madame **Nadia B** (SEOR) d'avoir accepté de nous fournir les données nécessaires à notre travail et de nous avoir accompagnées. **Ms Boukhari** le Technicien en Epidémiologie de la direction de santé de la wilaya d'Oran, sans oublier Madame **Latifa** et à l'ensemble du personnel de L'ANRH de la Wilaya de d'Oran.

J'adresse également mes remerciements à Monsieur **Belkacem Ilyasse** pour sa disponibilité.

Je remercie également doctorante **Nacira Slimani** pour sa participation dans ce travail.

Aussi ma reconnaissance à tout le personnel de la greffe rénale spécialement professeur en néphrologie **AEK Djoudad** mon médecin traitant pour les orientations et les conseils concernant le sujet de recherche.

Résumé

Situés à la proximité immédiate de l'agglomération oranaise, les calcaires récifaux du Miocène supérieur, appelés le plus souvent calcaires du Murdjadjo, constituent le principal réservoir d'eau souterraine de la région.

Cet aquifère karstique est drainé, entre autres, par la source de Ras El Ain qui a été à l'origine de la création de la ville d'Oran et qui a constitué pendant des siècles sa principale source d'approvisionnement. Plus spécialement, au niveau de l'agglomération oranaise, entre le quartier des Amandiers et El Hassi (ex. Pont Albin), la présence de cette ressource provenant d'un aquifère de nature karstique à proximité d'un secteur urbain au développement localement anarchique présente un risque sanitaire certain à cause de sa grande vulnérabilité aux diverses sources de pollution.

Cette pollution est essentiellement de nature bactériologique mais d'autres pollutions sont également présentes dans la source de Ras El Ain qui se trouve affectée depuis une dizaine d'années par une pollution aux hydrocarbures qui interdit toute utilisation de cette eau (près de 6000 m³/j) en 2018.

L'objectif de ce travail est donc d'étudier les caractéristiques hydrogéologiques de cette source et d'évaluer son degré de vulnérabilité par divers types de pollution, à travers l'analyse chimique et en finaliser par l'impact sanitaire qui présente ce risque hydrique.

Mots-clés: calcaires du Murdjadjo, nappe karstique, pollution, Qualité d'eau, risque hydrique.

Abstract:

Located in the immediate vicinity of the Oran conurbation, the limestone reefs of Upper Miocene, most often called Murdjadjo limestones, constitute the main underground water reservoir in the region. This karstic aquifer is drained, among others, by the source of Ras El Ain which was the origin of the creation of the city of Oran and which for centuries was its main source of supply. More specifically, at the level of the Oran agglomeration, between the Amandiers district and El Hassi (eg Pont Albin), the presence of this resource from a karstic aquifer near an urban sector in the locally anarchic development presents a certain health risk because of its high vulnerability to various sources of pollution.

This pollution is essentially bacteriological in nature but other pollution is also present in the source of Ras El Ain which has been affected for ten years years by oil pollution which prohibits any use of this water (near of 6,000 m³ / d) in 2018.

The objective of this work is to study the hydrogeological characteristics of this source and to assess the degree to which it is affected by various types of pollution, through chemical analysis, and finally with the health impact which presents a water risk. Keywords: source of Ras El Ain, limestones of Murdjadjo, Oran agglomeration, water table karst, pollution, water quality, water risk.

Sommaire

Contents

INTRODUCTION GENERALE	11
CHAPITRE I :	14
CADRE PHYSIQUE DE SECTEUR D'ETUDE	14
1. Généralités :	15
1.1. Cadre Géographique	16
1.2. Situation	17
1.3. Les sols et la végétation	18
1.4. La Morphologie	18
2. Litho stratigraphie et structure	20
2.1. Géologie	20
2.2. Litho stratigraphie	20
2.2.1. Antée néogène	20
2.2.2. Le Crétacé	21
2.2.3. Néogène	21
2.2.4. Série de base :	21
2.2.5. Le Quaternaire.....	24
2.3. La tectonique.....	24
3. Cadre géomorphologique.....	26
3.1. Les bassins versants.....	26
3.2. Les plateaux.....	27
3.3. Les ravins (court d'eau) de ses bassins.....	27
3.4. Les sources	29
4. Cadre climatique	30
5. Conclusion	31
CHAPITRE II HYDROGEOLOGIE ET HYDRO CHIMIE	32
1. Introduction.....	33
2. Hydrogéologie de secteur d'étude :.....	34
2.1. Hydrologie	34
2.2. Hydrogéologie :	35
2.2.1. Description des principaux aquifères du secteur d'étude	37
2.3. Cartographie piézométrique	40
2.3.1. Carte piézométrique.....	40
2.3.2. Etablissement des cartes piézométrique	40

2.3.3.	Report des niveaux piézométriques.....	40
2.3.4.	Tracé des courbes hydro-isohypses	40
2.3.5.	Choix de l'équidistance et le tracé des courbes hydro-isohypses.....	40
2.3.6.	Interprétation de la carte piézométrique :.....	42
3.	Hydrochimie de secteur d'étude.....	44
3.1.	Méthodes et matériels :.....	44
3.1.1.	Etude Caractères organoleptiques.....	46
3.1.2.	Etude des paramètres physiques:.....	47
3.1.3.	Etude des paramètres chimiques majeurs des eaux de la source de Ras El Ain.....	53
4.	Conclusion.....	63
CHAPITRE III :		64
L'IMPACT SANITAIRE ET RISQUES HYDRIQUES		64
1.	Historique.....	65
2.	Introduction.....	66
3.	Généralités	68
3.1.	Le risque hydrique.....	68
3.1.1.	Notion globale sur le risque hydrique :.....	68
3.1.2.	Définitions relatives à la notion de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution	69
3.1.3.	La pollution.....	69
4.	L'étude de pollution sur notre secteur.....	71
4.1.	Population	71
4.2.	Vulnérabilité	72
4.3.	Pollution	73
4.3.1.	Les éléments chimiques indicateurs de pollution	73
4.3.2.	Les bactéries indicatrices de contamination:.....	79
4.3.3.	Pollution par les hydrocarbures :.....	84
5.	Moyens de remédiation	86
5.1.	Introduction.....	86
5.2.	Les périmètres de protection de la source de Ras El Ain	87
5.2.1.	Le périmètre de protection immédiate (PPI):.....	89
5.2.2.	Le périmètre de protection rapprochée (PPR) :.....	89
5.2.3.	Le périmètre de protection éloignée (PPE):.....	92
5.3.	Traitement des eaux :.....	94
5.3.1.	Traitement et le control de l'EDCH :.....	94
5.3.2.	Traitement des eaux usées avant rejet dans la nature :.....	95
6.	Conclusion.....	96

CONCLUSION GENERALE	97
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	100

Liste des acronymes et abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

OMS: Organisation Mondiale de la Santé.

ONA : Office Nationale de l'Assainissement.

PH : Potentiel Hydrogène.

SREA: Source de Ras El Ain.

SIG: Système d'Information Géographique.

UTM: *Universel Transverse Mercator*.

μS : micro-siemens.

SEOR: Société de l'Eau et l'Assainissement d'Oran.

TAC: Titre Alcalimétrique Complet.

TH: Titre Hydrométrique.

AEP: Alimentation en Eau Potable.

RGPH : Recensement Général de la Population de l'Habitat.

UFC : *Unité Formant Colonie*.

MTH: les Maladies à Transmission Hydrique.

TIAC, Toxi-Infection Alimentaire Collective.

PCB : Poly Chloro Biphenyls.

HPA : Les Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques.

PPI: Le Périmètre de Protection Immédiate.

PPR: Le Périmètre de Protection Rapprochée.

PPE: Le Périmètre de Protection Eloignée.

RS : Le résidu sec.

MES : Matière En Suspension

MO : Matière Organique

Liste des tableaux

Tableau.01 : Niveaux piézométriques du Bassin de Ras el Ain (ANRH Oran 2018).....	41
Tableau.02 : Présentation des résultats de l'analyse physico-chimique de la source de Ras El Ain pendant plusieurs années.....	45
Tableau.03 : Présentation des résultats de l'analyse physico-chimique de la source de Ras El Ain en 2020 (SEOR).....	46
Tableau.04 : Pourcentage d'erreur des analyses d'eaux de la Source de Ras El Ain.....	58
Tableau.05 : Différents types de pollution selon la nature des substances polluantes et leur origine (LEVEQUE, 1996 in H bouklia 2006).....	70
Tableau.06 : Résultats des analyses physico-chimiques des éléments indicateurs de pollution de 2011, et 2020.....	74
Tableau.07 : teneurs en nitrates de la période 2007-2020.....	74
Tableau.08 : Relevés Bactériologique de la source de <i>Ras El Ain</i> 2006-2020.....	81
Tableau.09 : Nombre de cas des maladies a transmission hydrique déclarés, (Direction de la Santé d'Oran, avril 2020).....	84
Tableau.10 : Coordonnées Lambert des points proposé pour le périmètre de protection rapprochée (ANRH, 2007 in Benabid S, 2008).....	90
Tableau.11 : Coordonnées Lambert des points proposé pour le périmètre de protection éloignée (ANRH, 2007 in Benabid S, 2008).....	92

Liste des figures :

Figure.01 : Localisation de secteur d'étude.....	16
Figure.02 : Situation topographique de secteur d'étude.....	17
Figure.03 : Réseau hydrographique d'Oran.....	19
Figure.04 : Log géologique synthétique de la région d'Oran, (Hassani M I 1987).....	23
Figure.05 : Esquisse structurale de l'Oranie centrale selon (Fenet, B. 1975).....	26
Figure.06 : réseau hydrographique de secteur d'étude.....	29
Figure.07 : Sous bassins versants hydrologiques du Plateau d'Oran (Benabdellah M, 2010 in Adda M 2013, extrait).....	34
Figure.08 : Principaux Aquifères du secteur d'étude (Joseph A, 1979, in Adda M, 2013).....	36
Figure.09 : Log hydrogéologique de la région d'Oran (Hassani M.I., 1987).....	36
Figure.10 : Carte de localisation des sources et de la fracturation des calcaires messéniens du Djebel Murdjadjo d'après (Hassani M I, 1987).....	37
Figure.11 : Coupe hydrogéologique schématique du Djebel Murdjadjo (Hassani M I, 1987)..	39
Figure.12 : Carte piézométrique de bassin de Ras El Ain (avril 2018, ANRH Oran).....	42
Figure.13 : les variations de température pendant les années 2007/2020 de la source de Ras El Ain.....	48
Figure.14 : les variations de températures mensuelles 2020 de la source de Ras El Ain.....	48
Figure.15 : les variations de PH pendant les années 2007/2020 de la source de Ras El Ain...	49
Figure.16 : les variations de PH mensuelles 2020 de la source de Ras El Ain.....	50
Figure.17 : les variations de la conductivité pendant les années 2007/2020 de la source de Ras El Ain.....	51
Figure.18 : la variation des conductivités mensuelles 2020 de la source de Ras El Ain.....	51
Figure.19 : Évolution de calcium et de magnésium de la Source de Ras El Ain, les années 2007/2020 (SEOR).....	54

Figure.20 : Évolution de calcium et de magnésium mensuelles de la source de Ras El Ain. 2020.....	55
Figure.21 : Évolution des Sulfates et des chlorures de la Source de Ras El Ain, 2007/2020 (SEOR),.....	56
Figure.22 : Évolution des Sulfates et des chlorures mensuelles 2020 de la Source de Ras El Ain.....	57
Figure.23 : Représentation graphique des résultats sur le diagramme de Piper des eaux de la Source de Ras El Ain.....	60
Figure.24 : Représentation graphique des résultats sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff des eaux de la Source de Ras El Ain.....	62
Figure.25 : Répartition de population de la wilaya d’Oran selon le recensement général de la population de l’habitat (2008).....	72
Figure.26 : Évolution des Nitrates de la source de Ras El Ain 2007-2020.....	75
Figure.27 : Cycle de l’azote dans le sol, (Recous et al. 1997).....	76
Figure.28 : Évolution Bactériologique de la Source de Ras el Ain (SEOR 2006/2020).....	81
Figure.29 :carte piézométrique du bassin de Ras El Ain Oran Mai 2007.....	88
Figure.30 : périmètre de protection Rapprochée de la source de Ras El Ain.....	91
Figure.31 : périmètre de protection Eloignée de la source de Ras El Ain.....	93

INTRODUCTION GENERALE

Depuis quelques décennies, la protection et la conservation des milieux naturels, en particulier la qualité des eaux, est devenue une préoccupation majeure et un objectif principal dans les programmes de développement. Les eaux souterraines représentent une excellente source d'approvisionnement en eau potable. Mais ces dernières années même les eaux souterraines ne sont pas épargnées par la pollution, un danger qui menace notre environnement et dont l'homme en est le responsable.

Alors l'augmentation de la demande en eau pour les activités humaines accentuera les contraintes sur cette ressource. En outre, les facteurs naturels, tels que la sécheresse ou les contraintes géologiques, ont un effet sur l'approvisionnement en eau potable et sa distribution. Il est donc essentiel de quantifier, d'analyser la quantité, la qualité des réserves en eau et trouver le moyen de gérer cette ressource pour en assurer la durabilité.

Dans ce contexte, la présente étude s'ajoute à d'anciens et d'actuels travaux de recherche ; cela pour donner un aperçu scientifique sur l'état qualitatif actuel de la source de Ras El Ain située à l'extrémité ouest d'Oran.

La qualité des eaux souterraines de cette région a subi ces dernières années une certaine détérioration, à cause de rejets urbains non contrôlés et les rejets des réseaux d'assainissement, avec l'absence d'une véritable politique environnementale. Ces derniers modifient le chimisme de l'eau souterraine la rendant impropre aux usages souhaités. Ceci a exposé la ressource à différentes pollutions résultant des activités humaines, notamment la pollution par les nitrates.

Quelques études et articles déjà réalisés ont montré que la source est fortement affectée par la pollution nitratée

Pour la réalisation de ce travail, nous allons adopter la méthodologie suivante :

- Etude du cadre physique et géologique de la zone d'étude.
- Etude hydrogéologique de site en relation avec la qualité chimique de l'eau dans le site.
- L'impact sanitaire sur les risques hydriques.

CHAPITRE I :

CADRE PHYSIQUE DE

SECTEUR D'ETUDE

1. Généralités :

La géomorphologie de l'Algérie du Nord est dominée par des reliefs à fortes pentes. Elle est associée à une lithologie essentiellement marneuse, qui donne des séries peu ou pas perméables, mais aussi érodables.

Ces caractéristiques entraînent que l'Algérie du Nord est défavorisée en matière d'eaux souterraines. Pratiquement, seules les grandes plaines alluviales plio-quadernaires en sont pourvues : Soummam, Mitidja, Annaba, Sidi Bel Abbès, Mostaganem, Mascara, et Oran.

La puissance des horizons aquifères dépasse rarement les 30 mètres d'épaisseur. Par ailleurs, du fait de l'imperméabilité des sols, la réalimentation naturelle des aquifères est très faible qui pose des problèmes parallèlement à la concentration des populations dans les régions notées. En conséquence, les réserves en eaux souterraines sont en quantité limitée. De plus nombre d'entre eux sont surexploités au point que ceux qui se trouvent en bordure du littoral sont totalement dégradés par l'avancée des biseaux salés, activités agricoles, et aux rejets domestiques urbains.

Se trouvent dans cette situation les aquifères du bas Chlef, du Sébaou, du Mazafran, du Nador, d'El Hachem au centre, et de Djendjen, la Soummam, du Zitoun, du Taher à l'Est, et d'Oran à l'Ouest, notre secteur d'étude. Exactement dans le bassin de bassin de Ras El Ain.

1.1. Cadre Géographique

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 (cordonnées : 35°42°Nord, 0°38°Ouest).

Notre secteur d'étude, qui correspond à la partie orientale du Djebel Murdjadjo qui a fait l'objet de nombreuses recherches sur lesquelles nous nous sommes basés pour réaliser une synthèse locale. Le secteur de bassin de Ras el Ain appartient au Tell septentrional et englobe la carte d'Oran.

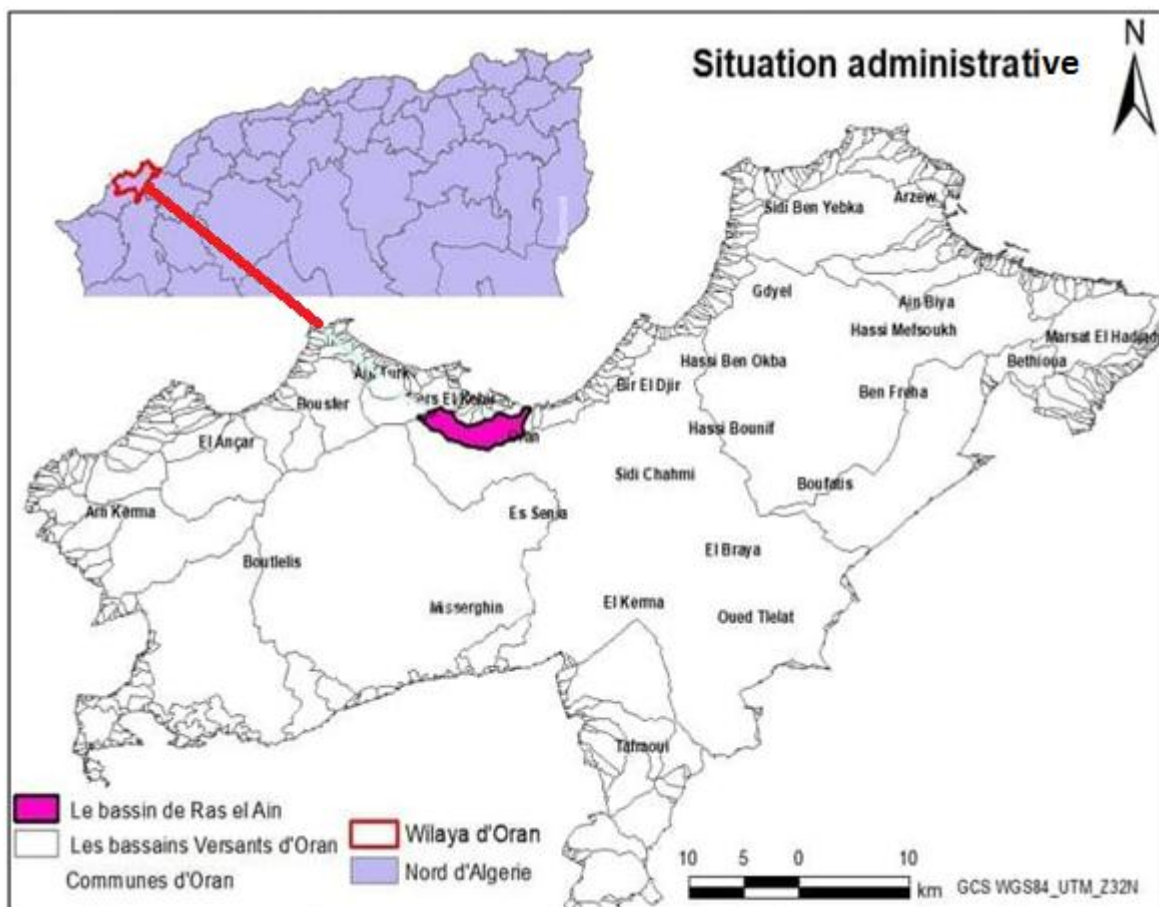


Fig.01 : Localisation de secteur d'étude.

1.2. Situation

La source de **Ras-EL-Ain** est située à l'extrémité Nord-est du Djebel Murdjadjo au point de coordonnées Lambert suivantes :

X...= 196.130 km

y...= 271.250 km

Altitude du sol (z)= 75.489 m

Cette côte constitue le point le plus bas du flanc Sud du Djebel Murdjadjo voir

La fig.02.

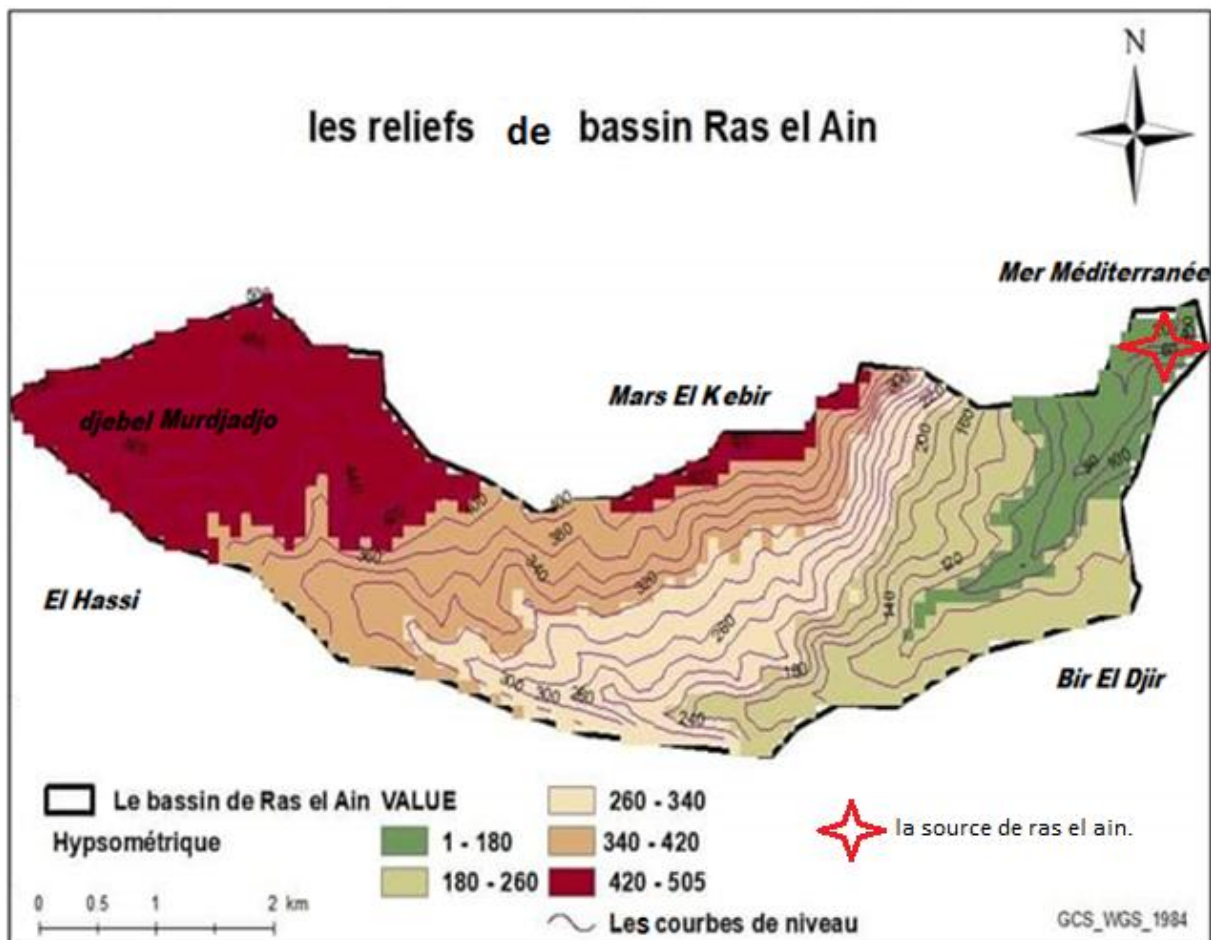


Fig.02 : Situation topographique de secteur d'étude.

1.3. Les sols et la végétation

La répartition des sols et de la végétation dans cette région ne peut-être évoquée sans certain schématisme.

En effet les sols constituent des mosaïques compliquées où se mêlent paléosols et sols récents et sols conditions locales (roche *mère*, topographie) permettent l'introduction de nombreuses variantes

La couverture pédologique quasi homogène est caractérisée par la présence de trois classes de sols :

1. Sols peu évolués alluvions d'oueds (galets, graviers, argile)
2. Sol calco-magnésiens piedmonts des massifs avoisinants (sols rouges).
3. Verti-sols: sols gris sombre localisés au niveau des dépressions, moins étendus.

Les versants sont couverts par une végétation constituée par la brousse à jujubier, arbustes épineux, pins d'Alep et par les conifères.

Les cultures maraichères ou fruitières très limitées dans l'espace, sont localisé autour des points d'eau.

1.4. La Morphologie

Le Sahel d'Oran constitue naturellement le cœur d'Oran, la ville est située au fond Sud-ouest de la baie, à cheval sur le ravin de *Ras el Ain* qui sépare la pleine sublittoral dominant la mer par une falaise haute de 100 mètres constituant le plateau d'Oran et a l'Ouest, le massif du Murdjadjo.

Le flanc Sud du Murdjadjo et le Plateau d'Oran constituent un ensemble comprenant les dépressions dont la grande sebkha d'Oran, la basse Plaine, les piémonts et le flanc du monoclin.

Sa disposition recoupe le littoral orienté dans l'ensemble Sud – Ouest et Nord Est, les altitudes passent de 80 mètres au niveau de la Sebkha à 500 mètres sur le sommet de la montagne.

L'ensemble est divisé en sous-bassins endoréiques se déversant d'une manière générale dans l'exutoire principal qu'est la sebkha à l'exception du sous-bassin de *Ras El Ain* dont les eaux se jettent dans la mer.

Les composants qui forment le grand bassin endoréique du flanc Sud du Murdjadjo sont:

- Le sous bassin de Brédéah.
- Le sous bassin de Misserghin.
- Le sous bassin d'Ain El Beida
 - Le sous bassin de la fameuse, source de **Ras el Ain** qui fut à l'origine de la fondation de la ville d'Oran.
- Et enfin le plateau d'Oran qui constitue naturellement le cœur de la ville d'Oran et borde le Murdjadjo dans sa partie Sud-est avec vue sur le ravin de **Ras el Ain** qui sépare la plaine sublittoral dominant la mer par une falaise haute de 100 mètres.

Il s'étend au Sud jusqu'aux premiers affleurements de calcaires d'Ain Beida et se poursuit à l'Est par le Plateau de Saint Louis (plateau des Hassi) sa superficie avoisine quelque (150 à 180 km²)

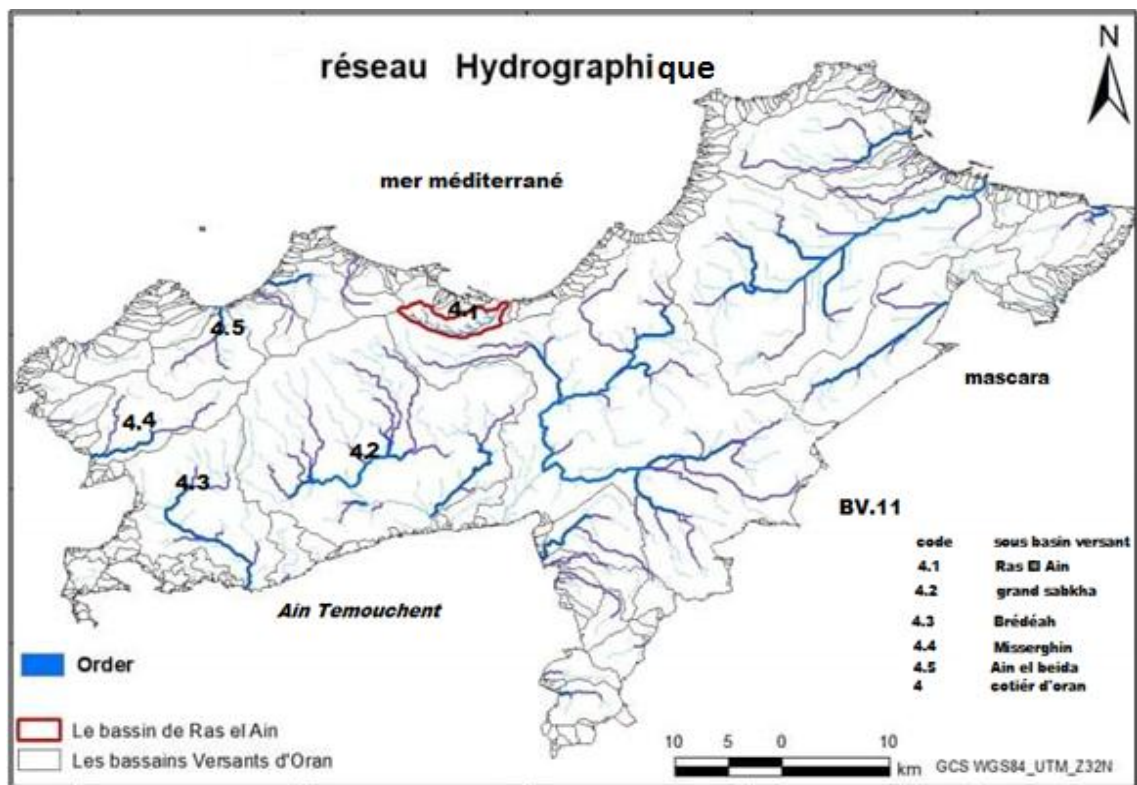


Fig.03 : Réseau hydrographique d'Oran.

2. Litho stratigraphie et structure

2.1. Géologie

Le secteur de la Source de *Ras El Ain* correspond à la partie orientale du Djebel Murdjadjo qui est un Horst dissymétrique dont l'axe est orienté suivant une direction moyenne Sud Ouest - Nord Est tel un panneau incliné vers le Sud-ouest.

Le flanc Sud du Murdjadjo et le Plateau d'Oran font partie d'un ensemble comprenant des dépressions dont la Grande Sebkhah d'Oran, la basse Plaine englobant les plaines de Bou yakor, de Brédeah, et les piémonts.

Le relèvement vertical dissymétrique avec basculement vers le Sud permis à des séries plus récentes de se déposer sur le flanc Sud du Murdjadjo.

Les terrains miocènes formant l'essentiel de la couverture du Murdjadjo, sont discordants sur les terrains antérieurs.

2.2. Litho stratigraphie

Sur le plan litho stratigraphique, le Versant Sud du Djebel Murdjadjo est caractérisé par la présence de trois ensembles bien distincts

Le substratum formant l'ossature ; les terrains du Miocène supérieur, la Couverture et le remplissage alluvionnaire Plio-quadernaire de la Sebkhah.

La succession stratigraphique des terrains des plus anciens vers les plus récents se résume comme suit :

2.2.1. Antée néogène

2.2.1.1. *Permo-Trias* :

Il est représenté par des schistes violacés intercalés de grés grossiers et de poudingues quartzeux à petits éléments qui peuvent passer à d'énormes bancs de poudingues à galets de quartz. Cet ensemble azoïque, violemment plissé et souvent déversé, est attribué au Permien.

2.2.1.2. *Lias*

Ce sont des calcaires dolomitiques, beiges ou gris bleus, à patine oxydée et hématisée.

2.2.1.3. *Jurassique inférieur*

Il est caractérisé par des schistes et quartzites

2.2.1.4. *Jurassique moyen*

Il est formé par de calcaires massifs gris-bleus ou blancs, parfois sublithographiques.

2.2.1.5. 2.2.1.5. Jurassique supérieur

Il est représenté par des schistes plus ou moins calcaires et des quartzites. On y trouve également des calcschistes et des lentilles de calcaires dolomitisés ou cristallisés.

2.2.2. Le Crétacé

On peut y distinguer :

2.2.2.1. Le Néocomien

Il est constitué par des schistes argileux brun violet rappelant ceux du permien, ou bariolés par place, siliceux au contact des énormes bancs de quartzites qui caractérisent cet étage.

2.2.2.2. Le Barrémien

Il est formé par des schistes calcaires où s'intercalent des lentilles de calcaires marneux Jaunâtres peu épaisses. Le Barrémien a fourni une belle faune d'Ammonites.

Le substratum, composé de terrains plissés et érodés du Permien, du Jurassique et du Crétacé, est recouvert en discordance par les diverses assises du Miocène transgressif.

2.2.3. Néogène

Formations du Miocène:

2.2.3.1. Le premier cycle Miocène poste-nappe:

Il correspond à des dépôts continentaux rouges constitués d'alternance de conglomérats à fragments de grès et de marnes rouges entrecoupés, il affleure sur le versant Nord du Djebel Murdjadjo, dans les grabens de l'Oued Hammadi et dans le Bassin de Mers El Kébir.

2.2.3.2. Le deuxième cycle Miocène poste-nappe:

Ce cycle débute par le volcanisme de Tafraoui et des îles Abibas, signalé par un dépôt de cinérite. Les formations constituant ce cycle sont :

- ✓ La série de base (série détritique — grès de base).
- ✓ Les marnes bleues (formation marine).
- ✓ Les formations évaporitiques (formations terminales).
- ✓ Les calcaires récifaux et marneux (formation de calcaires sommitaux).

2.2.4. Série de base :

Ce sont des grès sableux parfois à ciment calcaire issus d'un véritable niveau transgressif. Cette formation est représentée sur le versant sud du Murdjadjo aux

alentours de la ferme de Terziza.

2.2.4.1. Les marnes bleues :

Cette formation, se terminant par des marnes jaunes à silex, est généralement caractérisée par une très forte puissance mais elle repose en biseau dans le versant Sud du Murdjadjo à la faveur de la surrection de ce horst.

2.2.4.2. Les formations terminales y compris les calcaires récifaux :

Les dépôts de gypses et de tripoli constituent la partie terminale du deuxième cycle.

Les marno-calcaires avec ou sans tripolis qui passent latéralement à des grés très poreux à l'Ouest de Misserghin affleurent largement dans le Djebel Murdjadjo et dans la bordure Sud (falaise d'Oran, Ras El Ain, Ferme Guibault)

Sur ces faciès s'étendent des calcaires durs à Algues formant une carapace puissante de plus d'une centaine de mètres, bien développée en affleurement depuis la pointe Nord-est jusqu'à la hauteur de Boutlelis avec dans l'ensemble un léger pendage (voisin de 10°) vers la Sebkha.

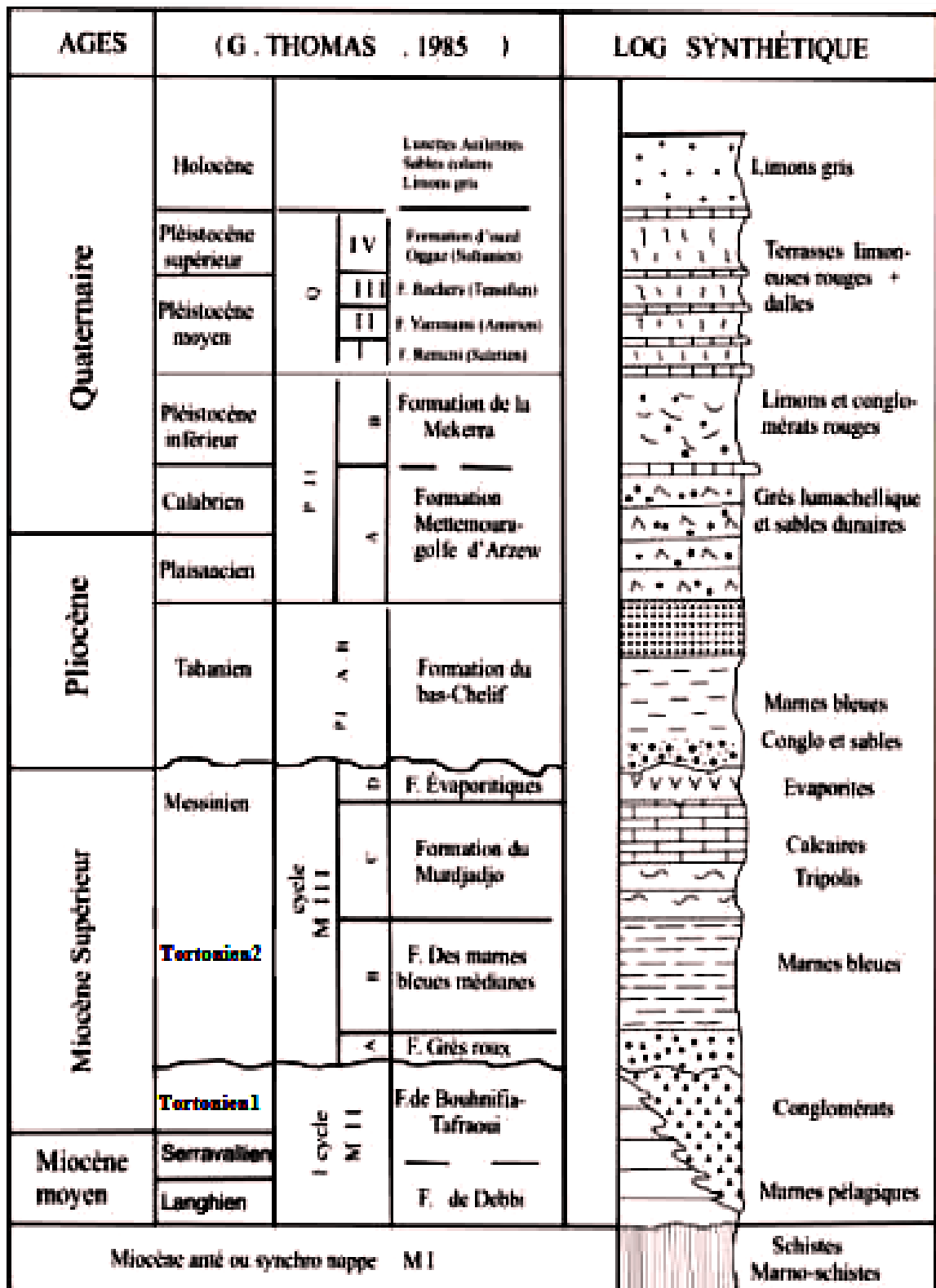


Fig.04 : Log géologique synthétique de la région d'Oran, (Hassani M I 1987).

Ces calcaires, de couleur blanche ou crème avec parfois des mouchetures de manganèse, sont diaclases, fissurés et extrêmement karstiques (on y rencontre même des grottes et des avens).

Au niveau de Misserghin, les affleurements de faciès marneux assez importants laissent supposer une zone anticlinale orientée en gros Nord - Sud

A l'Ouest de Bou-Tlelis, le faciès miocène devient marneux et calcaire crayeux avec des lentilles de gypse.

2.2.5. Le Quaternaire

Transgressif et discordant sur le Miocène, le Quaternaire témoigne de la surrection du massif et de l'effondrement qui a formé le sillon littoral (Grès et lumachelles de la Forêt de M'sila).

Les formations plio-quaternelles constituent l'essentiel de la Plaine bordière s'étendant entre la ligne de rupture des pentes et le rivage de la Sebkha Les plus anciennes, rouges à galets (éboulis de pente ou glaciaires), moins épais, sont localisées plus en amont. A mesure qu'on s'approche de la Sebkha, la sédimentation devient plus épaisse et beaucoup plus fine (limons argileux).

Au niveau de Brédeah existent des affleurements de tufs travertins liés sans doute aux sources d'eau douce avant les pompages.

2.3. La tectonique

La région a été affectée par des tectoniques successives cassantes et disloquantes ayant entraîné à des différents la formation de Horsts: Djebel Khar, Cap Lindlès (surrection primaire), Murdjadjo et Djebel Tessala au sud.

Le substratum rigide n'a permis que des mouvements verticaux localisés qui ont rejoué récemment en surrection permettant l'émersion d'îles.

Ce relèvement dissymétrique basculé vers le sud détermine le pendage du massif qui prolonge sous les formations plio-quaternelles de la plaine.

Le Djebel Murdjadjo constituerait le flanc Nord d'un synclinal dissymétrique à flanc sud redressé dont l'axe serait occupé en gros par la Sebkha.

Le flanc Sud serait constitué par les Monts des Tessala cette hypothèse est valable à

condition d'admettre la continuité des couches sous la Sebkha.

On peut aussi penser à une série d'affaissements successifs probablement post-calabriens provoqués par des jeux tectoniques parallèles à la direction Sud Ouest -Nord Est de l'ensemble des grands mouvements structuraux, formant ainsi le " Fossé " de la grande Sebkha.

Les traits essentiels de la structure actuelle sont exprimés selon trois directions principales:

- Direction Nord 10 - 30 Est :

Elle correspond à de grands décrochements transversaux

- Direction Nord 50 - Nord 70 Est :

C'est la plus remarquable, car elle détermine l'allongement des bassins et leur obliquité par rapport aux édifices telliens résultants de l'orogénèse alpine. Cette direction est celle de la Sebkha et du faisceau Tessala-Ouled Ail Elle se matérialise par des plis et failles inverses associés.

- Direction Nord 90 - Nord 140 Est :

Elle correspond à des failles à décrochements II, dextres associées à des structures plissées. Leur mise en place s'est faite sur plusieurs phases.

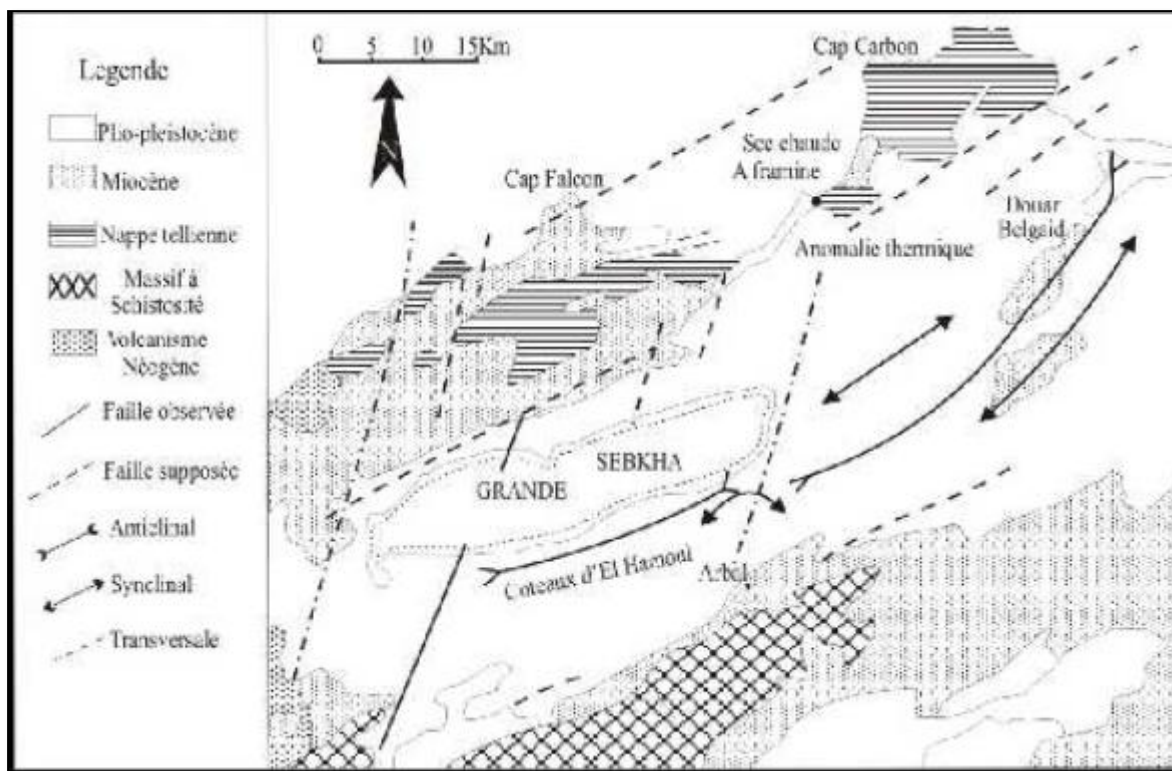


Fig.05: Esquisse structurale de l'Oranie centrale selon (Fenet, B.1975).

3. Cadre géomorphologique

3.1. Les bassins versants

Le massif de Murdjadjo forme un écran montagneux qui domine tout le site urbain. La description morphologique de ce massif, bien qu'elle reste encore à faire, nous allons essayer néanmoins d'en tracer les principaux contours. Ce massif est composé de :

- Le pic de l'Aïdour sur lequel est construit le fort de Santa-Cruz, très exactement sur l'éperon dit de Santa-Cruz.
- La montagne du Murdjadjo dite aussi de Santa-Cruz est séparée du pic de l'Aïdour par le col, se dernier compose du plateau d'El Maïda, au centre duquel est élevée la qoubba de Sidi Abdel Kader dit justement Moul El Maïda ; du Djebel Makaâd el Bey qui se rattache au Djebel Murdjadjo, par la Chaâbet Aïn Tahar Ben Hassin. Le Djebel Makaâd el Bey couvre un vaste plateau, et deux versants. Le plateau parfaitement régulier, continue celui d'El Maïda et va en se relevant vers l'Ouest pour atteindre l'altitude de 512 mètres (Doumergue, 1913, pp. 529-560). Des deux versants ; l'un, le versant Nord, forme le cirque de Mers-el-Kébir ; l'autre versant Est, continue celui des Planteurs et forme le cirque du Murdjadjo. Celui-ci est

profondément sillonné par plusieurs ravins. Le principal de ces ravins, celui de Noisieux, est parallèle à la crête de la montagne.

3.2. Les plateaux

Le plateau de Karguentah de forme tabulaire succède au replat du versant Est du Ravin de Raz El Ain. Une lisière de pentes plus ou moins fortes par endroits forme la soudure avec les élévations de terrains contournant le plateau. La bande littorale du plateau est formée par des falaises surplombant l'anse de Karguentah, profondément entaillée par des ravins de l'Ain Ruina, de la Mina et de la Cressonnière.

En outre, un ensemble de sursauts de terrains forment des plateaux secondaires, à savoir :

- Le plateau de Gambetta, 120 m,
- Le plateau de Saint-Eugène, 120 m,
- Le plateau de Mdina Jdida, 120 m,
- Le plateau Saint-Louis ou du Colysée sur lequel est bâti l'ancien Hôpital militaire Baudens.
- Tandis que le plateau Saint-Michel, le versant Saint-Pierre et la butte Mirauchaux, forment un hémicycle limitant au Sud le plateau de Karguentah.

D'autre part, le promontoire du Château-Neuf est situé sur un plateau se distinguant remarquablement du milieu du site par sa forme imposante.

3.3. Les ravins (court d'eau) de ses bassins

- Le ravin ou chaâbet *Ras El Ain* forme une échancrure naturelle, en contrebas du Massif du Murdjadjo. Long de 6 à 7 km ; ce qui permet de le considérer comme le seul ravin prenant de vallée (Lespès, 1938, p. 19).
- Le ravin de Ain-Ruina, long de 800 m, constitue le premier des quatre ravins qui, à partir du promontoire du Châteauneuf, entaillent les falaises.
- Le ravin de la Mina, long de 150 m, se situe après le ravin de Ain-Rouina.

- Le ravin de la Cressonnière forme quant à lui, une large crevasse, assez profonde marquant une interruption de la bordure de la falaise du plateau de Karguentah.
- Le ravin Blanc, forme un fossé naturel long de deux kilomètres, remarquable par ses falaises blanches.
- Le ravin Rouge de Chaâbet el Haïdj, situé au Sud, prend naissance aux environs de l'actuel quartier Badr (ex. Cité Petit) et se dirige vers l'Est pour aboutir au Petit Lac Salé.
- Enfin, le ravin de la Rouissata, limite au Sud le territoire communal, ceinture d'Est en Ouest le site urbain. Il prend naissance dans le bassin du Pont Albin et aboutit à la Daya El Morsli.
- D'un autre côté, le versant Est, autrement dit le cirque du Murdjadjo, de par sa couverture calcaire se trouve exposé au travail d'érosion des eaux de ruissellement qui par leurs affouillements entaillent les pentes, en créant de nombreux ravins, d'importance variable, que le mot arabe désigne communément sous le nom de Chaâbet ; ce terme, comme on peut le constater forme la plupart des hydronymes consacrés par la cartographie du site.

D'Ouest en Est du site urbain, nous trouvons :

- Chaâbet el Harmman,
- Chaâbet el Casseleth,
- Le ravin de Noiseux, ainsi que ses ravinseaux secondaires,
- Chaâbet el Foual,
- Chaâbet Tahar Ben Hassin, et enfin,
- Chaâbet Sidi el Morsli.

L'importance de l'aspect hydrographique du site nous amène à le considérer au même titre que l'aspect topographique qui, tous deux, participent concurremment à l'individualisation physique du site urbain.

À cet effet, il y a lieu de distinguer les principales composantes du réseau hydrographique caractérisant le site :

- Les sources,
- Les ravins ou chaâbet à écoulement permanent,
- Les bassins et dhayas

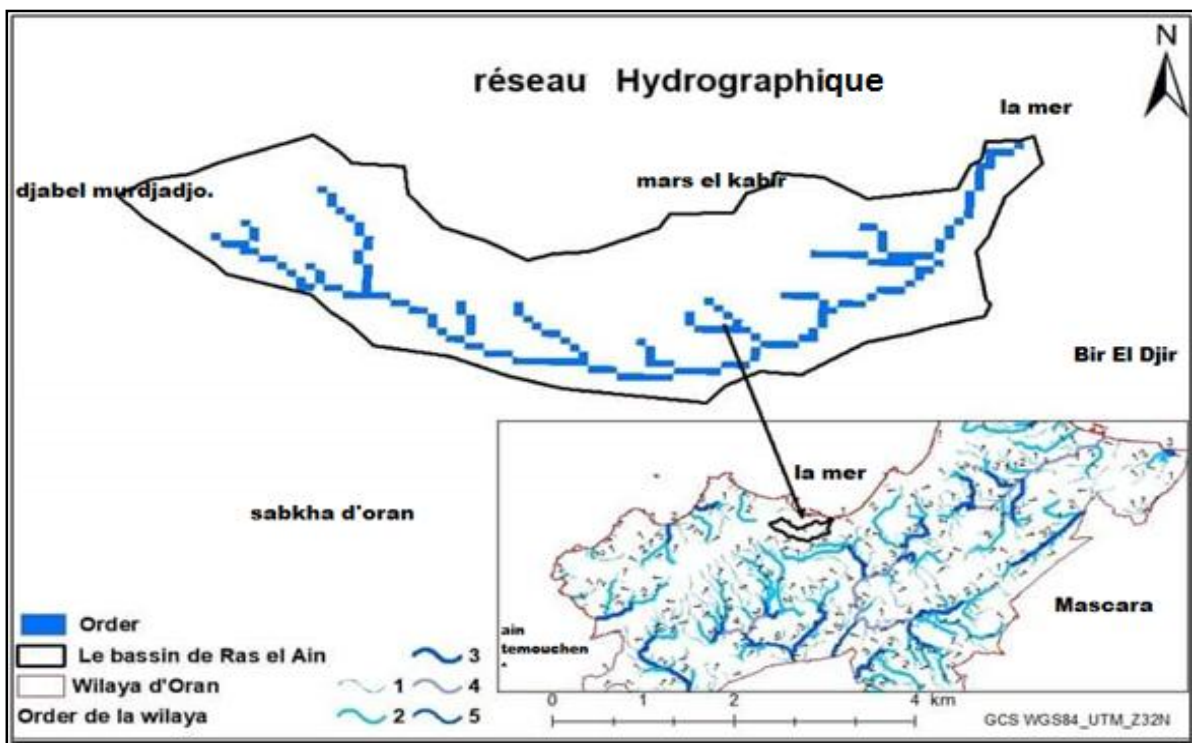


Fig.06 : Réseau hydrographique de secteur d'étude.

3.4. Les sources

Il y a lieu d'observer, tout d'abord, les nombreuses sources liées aux accidents tectoniques. Plusieurs sources émergent en bordure des pentes calcaires du cirque du Murdjadjo ; des falaises de Karguentah et le long du Ravin Blanc. Ces sources semblent réagir rapidement à la suite de fortes précipitations.

- La source de Noiseux, située sur le versant méridional du Murdjadjo ; ces eaux coulent dans le ravin de Noiseux et continuent par l'Oued.
- La source dite Ain Tahar Ben Hassin, située au-dessus de la Kasbah.
- La source de Raz El Ain, située à un kilomètre de la porte du ravin du même nom ; ses eaux empruntent l'Oued Ras El Ain et se confondent avec les eaux de la source Billel.
- La source Billel est située près de la porte du Ravin de Raz El Ain.
- Les sources du Ravin Blanc.
- La source El Ayachi, située Karguentah, près de la Mosquée du bey Mohamed el Kébir.

4. Cadre climatique

Le climat est parmi les ressources naturelles, il constitue un patrimoine dont la connaissance est primordiale tant par son côté positif, c'est-à-dire comme source de richesse renouvelable (eau -production agricole-énergie solaire...etc.) que par les contraintes qu'il impose (variabilité -phénomènes dangereux -transport de polluants).

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale du Nord-africain. Son climat est très différent entre les régions. Il est de type méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral et l'atlas tellien (étés chauds et secs en été, et hivers humides et frais), semi-aride sur les hauts plateaux au centre du pays, et désertique dès que l'on franchit la chaîne de l'Atlas saharien.

En Algérie les précipitations sont caractérisées par une variabilité Spatio-temporelle très marquante.

La wilaya d'Oran se situe en grande partie dans le domaine climatique méditerranéen semi-aride, elle reçoit en moyenne entre (300-400 mm) de précipitations annuelles. La température moyenne annuelle est de 18.1 °C à Oran. L'eau y est donc rare, irrégulière et inégalement répartie dans l'espace.

5. Conclusion

La région d'Oran s'intègre dans la terminaison occidentale de la chaîne Alpine Tellienne ou (Atlas Tellien).

Le Sahel d'Oran constitue naturellement le cœur de l'Oranie, alors ce site présente les lieux de convergence des émigrants venus des régions rurales vers la ville d'Oran.

Les formations géologiques de cette région s'étendent depuis l'âge primaire jusqu'au Quaternaire.

Les calcaires d'âge secondaire sont assez bien représentés dans la région d'Oran. Ils forment, le plus souvent des reliefs assez escarpés. Ces Calcaires forment la partie méridionale du Murdjadjo dont fait partie notre secteur d'étude.

D'après le cadre géographique et lithologique en retient que le bassin de *Ras el Ain* se trouve focalisé sur une assise carbonatée (calcaires du Murdjadjo). Cette formation est parsemée de figures de dissolution : (lapiez, dolines, avens...etc.)

L'exutoire principal de cette nappe étant représenté par le ravin dit source de Ras el Ain. Cependant, l'aquifère des calcaires au niveau du bassin de Ras el Ain ne constitue qu'une partie de tout le système hydrogéologique du Murdjadjo dont les autres parties se prolongent vers les bassins de Misserghine, Brédéah et Bouyakour de types endoreique.

Le secteur d'étude de la source de Ras El Ain située dans le domaine climatique méditerranéen *semi-aride*.

CHAPITRE II

HYDROGEOLOGIE ET

HYDRO CHIMIE

1. Introduction

Les eaux souterraines représentent une excellente source d'approvisionnement en eau potable.

Le filtre naturel constitué par les matériaux géologiques produit le plus souvent une eau de bonne qualité. Leur exploitation présente des avantages économiques appréciables, du fait qu'elles ne nécessitent que peu de traitement et parfois même aucun.

Le maintien de cet avantage relatif requiert cependant que des mesures soient prises pour préserver de façon durable la qualité de cette ressource.

En effet, ces dernières années même les eaux souterraines ne sont pas épargnées par la pollution, un danger qui menace notre environnement et dont l'homme en est le responsable.

L'exploitation non rationnelle des ressources, les rejets domestiques et industriels non contrôlés, utilisation excessive de fertilisants chimiques ont un impact néfaste sur la qualité des eaux souterraines.

L'agglomération oranaise se caractérise par la présence dans son sous-sol d'une importante nappe d'eau souterraine de nature hydrodynamique essentiellement libre. Cette nappe est sollicitée pour nombre d'usages agricoles et industriels.

La nappe reste également sollicitée pour approvisionner des nombreux bains-douches et, dans certain secteurs, à une alimentation d'appoint en eau potable.

La présence de cette ressource hydrique dans un contexte urbain, à croissance parfois mal maîtrisée, augmente sa vulnérabilité aux pollutions multiformes habituellement générées par ce milieu (fosses perdues, fuites du réseau d'assainissement, effluents industriels, lessivage des chaussées, etc.). La présente étude a pour objectif d'avancer dans l'état de la connaissance hydrogéologique de cet aquifère,

Plus dans le détail de ce chapitre : vu sur les matériaux géologiques (nappe, aquifère, karst, fissure...etc.) qui contient l'eau de la source de Ras El Ain,

Dans ce qui suit, nous présenterons les principales caractéristiques physico-chimiques des eaux de cette source afin de confirmer leurs origines, définir leurs faciès chimiques et de comparer les résultats pendant les années.

2.2. Hydrogéologie :

Les aspects litho stratigraphiques et structuraux des formations géologiques de la zone d'étude font ressortir les principaux systèmes aquifères,

Le Djebel Murdjadjo fait partie des Massifs Littoraux Oranais. Il enserme la partie occidentale de l'agglomération (secteur d'El Hassi-Ain Beida). Il est caractérisé par son profil dissymétrique, son étagement en gradins, ses ruptures de pente, ses aplanissements, son hydrologie et surtout sa karstification.

Il domine le Plateau d'Oran, selon un dénivelé de près de 500 mètre. Le sommet du djebel culmine à 589 mètre.

Le versant sud plonge en pente douce vers la dépression de la Grande Sebka alors que le versant nord, tourné vers la mer, est formé de hautes falaises.

Sur le flanc sud du Djebel Murdjadjo, le réseau hydrographique est bien développé. Ce sont généralement des entailles plus ou moins profondes dans les calcaires et qui s'estompent d'amont en aval vers la plaine. On distingue de façon nette deux types de réseaux hydrographiques. Un réseau dendritique qui se développe dans les schistes d'âge secondaire, situés en amont du djebel, et un réseau de type rectangulaire d'oueds, en taillant fortement le karst (canyons) et liés au réseau de fractures affectant les calcaires miocènes.

L'hydrogéologie du secteur d'étude est bien définie en raison de sa situation géographique, géomorphologique.

La nappe la plus importante est contenue dans les calcaires fissurés du Miocène Terminal (Messinien).

Un second aquifère (les alluvions du Plio-quaternaires) de qualité chimique médiocre de plus en plus épais vers le Sud repose sur les calcaires.

Les principaux aquifères présents dans la zone (Fig.08 et Fig.09)

- Les formations carbonatées miocènes du Djebel Murdjadjo.
- Les colluvions et alluvions récentes et anciennes du Pleisto-Holocène.
- Les grès et sables Calabriens du plateau d'Oran (Plio-Pleistocène).

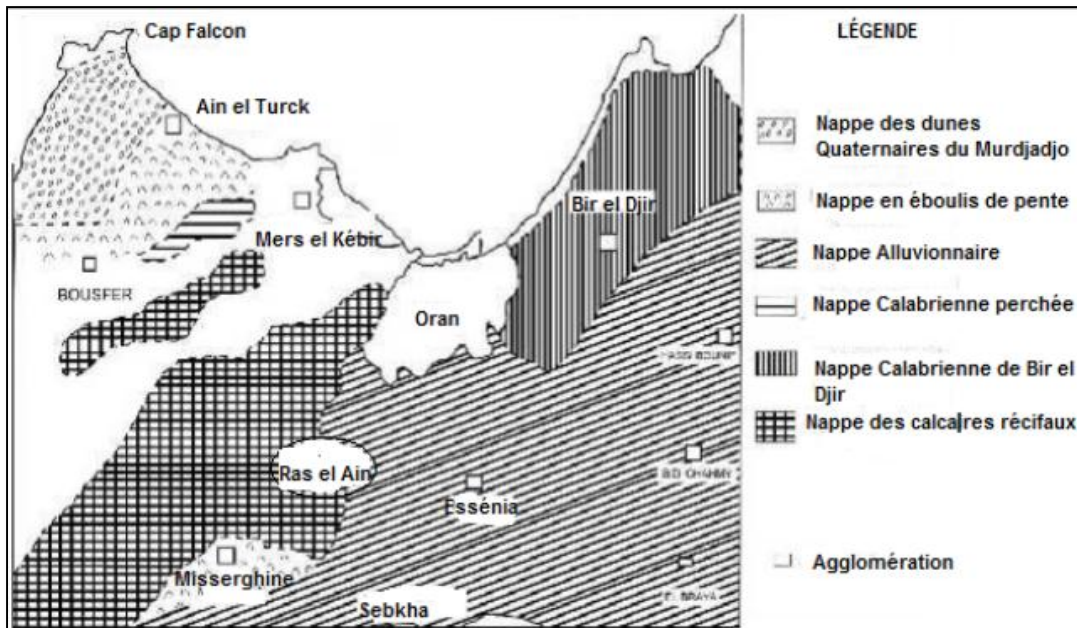


Fig.08 : Principaux Aquifères du secteur d'étude (in Adda M, 2013)

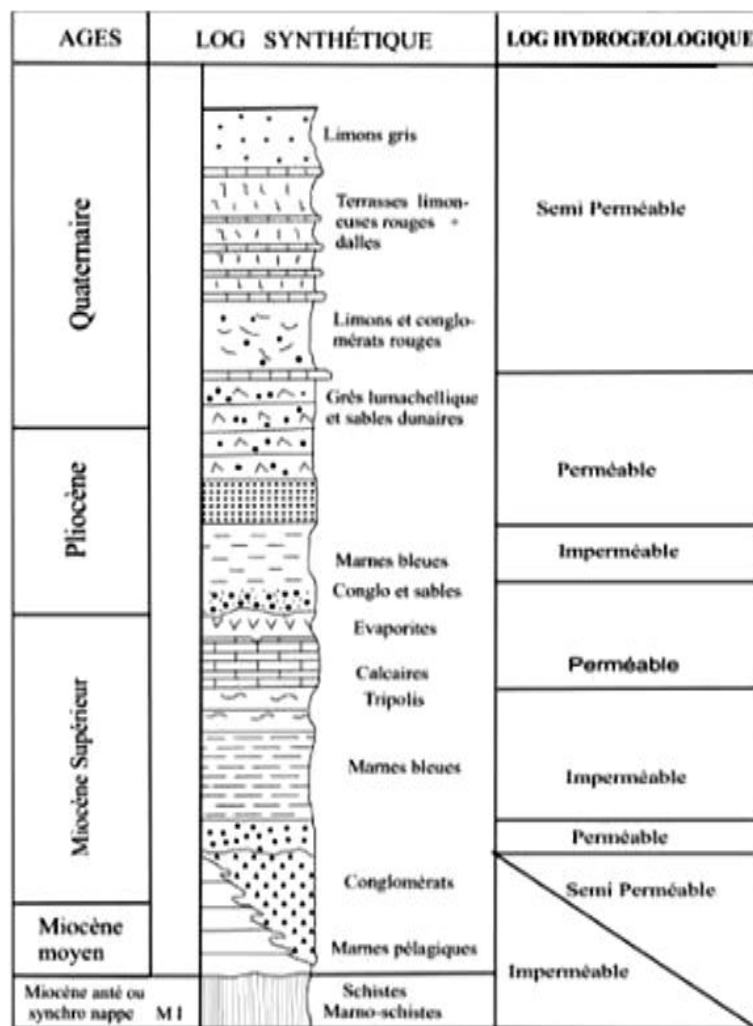


Fig.09: Log hydrogéologique de la région d'Oran (Hassani M.I., 1987).

2.2.1. Description des principaux aquifères du secteur d'étude

Sur le secteur d'étude, on distingue :

L'aquifère des calcaires récifaux du Djebel Murdjadjo: Les calcaires récifaux du Miocène supérieur, appelés également "calcaires du Murdjadjo" constituent le principal réservoir d'eau souterraine de la région. Cet aquifère de type **karstique**, s'étend de Ras El Ain à l'Est jusqu'à Boutlelis à l'Ouest. Il constitue un impluvium de 135 km² pour une épaisseur atteignant environ 100m.

Toutes les eaux de précipitation s'y infiltrent rapidement à la faveur des diaclases et parfois au niveau des pertes, ceci explique la relative aridité de la surface du karst (Hassani M.I, 1987).

La fracturation et les phénomènes karstiques majeurs sont peu spectaculaires dans le Djebel Murdjadjo. Ce ci est dû à l'âge relativement récent des calcaires messiniens qui n'ont été affectés que par les phases tectoniques post-nappes.

Cette tectonique s'exprime selon les directions principales : N10-20 E, N50-70 E et NW-SE (Hassani M.I, 1987). Voir la Figure.10.

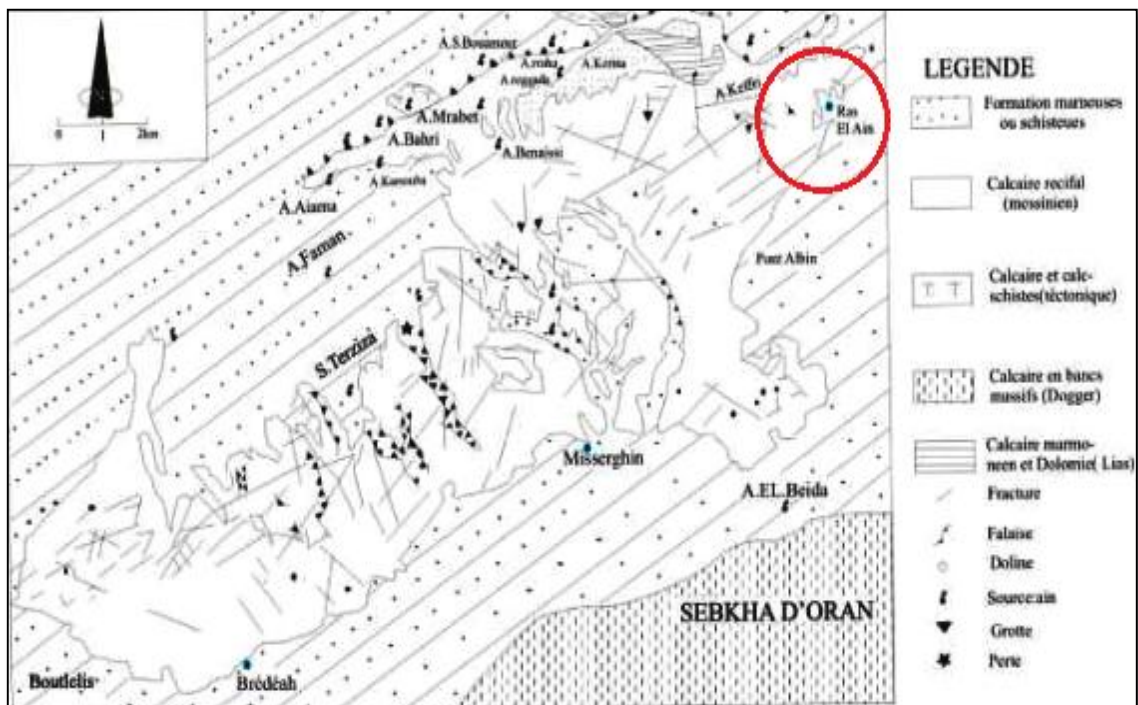


Fig.10: Carte de localisation des sources et de la fracturation des calcaires messiniens du Djebel Murdjadjo (Hassani M I, 1987).

Les joints et les diaclases des niveaux calcaires sont été largement ouverts par dissolution. L'écoulement des eaux souterraines au sein des massifs calcaires se fait selon les plans de fractures et à leur intersection. La détermination des directions préférentielles de la fracturation conditionne le drainage hydraulique de ces formations.

L'étanchéité des calcaires du Murdjadjo est assurée à la base par le substratum marneux et schisteux ou par les niveaux les moins perméables des marnes à tripoli.

Les nappes peuvent être distinguées au sein de ce système aquifère:

Une nappe perchée: longeant une partie de la crête du Djebel. Elle repose directement sur un substratum schisteux. Cette nappe est drainée par deux lignes de sources orientées (NE–SW).

Une nappe captive: à la ligne de rupture de pente du Djebel Murdjadjo, les calcaires passent sous les colluvions et alluvions plio-quadernaires 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. Cette aquifère constitue un système unique.

Une nappe libre intermédiaire: la plus important pour notre étude, cette nappe est contenue dans l'aquifère calcaire qui repose, au nord, directement sur les schistes du Jurassique et du Crétacé et plus en aval, par l'intermédiaire des marno-calcaires à tripoli, sur des marnes jaunes puis les marnes bleues du Miocène. Son alimentation se fait par les précipitations directes et par l'infiltration d'une partie de l'écoulement de surface amont.

La nappe est drainée par plusieurs exutoires situés à la base des calcaires au contact des marnes à tripoli, parmi les plus importants:

1. Les anciennes sources de Brédeah à l'extrémité occidentale de l'aquifère.
2. les sources de l'Oued Misserghin localisées en amont de l'agglomération de même nom.
3. La source de Ras El Ain (X= 196.13, Y= 271.23) : elle est située à l'extrémité orientale du Murdjadjo. Elle émerge au contact des calcaires, des marno-calcaires et des marnes jaunes au passage de l'accident qui sépare le horst du Djebel Murdjadjo du

plateau d'Oran. Elle est captée par une galerie drainante. Son débit est estimé à (6000m³/j) en 2013 (d'après, Adda M).

L'observation de la fracturation du Djebel Murdjadjo permet d'expliquer l'importance relative du débit de la source de Ras El Ain par rapport à son bassin versant hydrologique. Toute une série d'accidents, orientés globalement (SW-NE), convergent vers la zone de la source (Hassani. M.I, 1987). Voire fig.11, La source de Ras El Ain de par sa situation au sein de l'agglomération urbaine, est très vulnérable à la pollution organique et autres pollutions.

Les calcaires à la perméabilité de fissures et de chenaux n'assurent aucune filtration des éléments polluants. En amont du ravin de Ras El Ain, à partir du quartier des Amandiers en direction de l'ouest, l'aquifère des calcaires alimente par drainante latérale la nappe des alluvions. Dans cette zone s'étendant jusqu'à El Hassi (Pont Albin), l'aquifère est exploité par d'innombrables forages et puits (puits des Amandiers, de Coca...etc.)

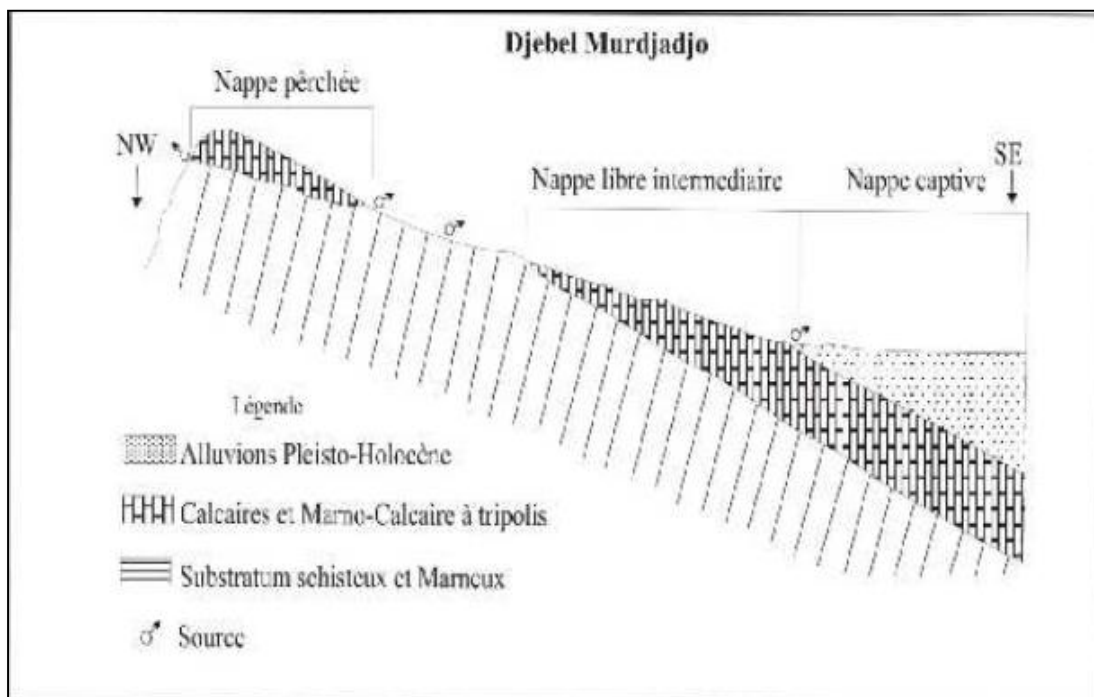


Fig.11: Coupe hydrogéologique schématique du Djebel Murdjadjo (Hassani M I, 1987).

Note : La source de **Ras-el-Ain** n'est pas en utilisation actuellement, parce que ces eaux sont impropres à la consommation, suite à une pollution généralisée de la nappe par les Hydrocarbures.

2.3. Cartographie piézométrique

2.3.1. Carte piézométrique

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

2.3.2. Etablissement des cartes piézométrique

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

2.3.3. Report des niveaux piézométriques

Les points d'eau, affectés de leur code de référence et de leur niveau piézométrique, sont reportés sur une carte topographique en courbes de niveau à grande échelle.

2.3.4. Tracé des courbes hydro-isohypses

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

2.3.5. Choix de l'équidistance et le tracé des courbes hydro-isohypses

L'équidistance des courbes hydro-isohypses est la distance constante entre des plans horizontaux d'égal niveau piézométrique. Leur intersection avec la surface piézométrique est l'espacement qui se mesure sur la carte piézométrique entre deux courbes successives. L'équidistance est de 5 mètres. Le tracé des courbes hydro-isohypses est effectué par trois méthodes d'interpolation, adaptées à la précision et à la densité des données disponibles. Pour notre étude, nous nous sommes basés sur les données de la campagne piézométrique qui a été réalisée en période de (avril 2018) par les services de l'ANRH (tableau n°01), et qui nous a permis de tracer la carte piézométrique(figure.12).

Tableau.01 : Niveaux piézométriques du Bassin de Ras el Ain (ANRH Oran 2018).

AVRIL 2018	nature	coordonne Lambert		Z sol	N-P
		X	Y	z sol	
20	PUITS	192.450	268.000	218.222	173.542
24	PUITS	192.440	267.240	184.463	145.923
40	PUITS	194.225	269.100	161.578	109.578
52	PUITS	194.180	269.650	171.121	108.791
53	PUITS	194.350	269.550	177.036	109.786
56	PUITS	193.050	267.550	182.085	136.085
60	PUITS	194.650	269.300	147.357	104.097
63	PUITS	195.600	270.920	117.990	90.100
67	PUITS	195.675	271.100	100.889	89.349
69	PUITS	195.850	271.150	88.096	65.596
71	PUITS	195.400	270.740	121.641	92.651
80	PUITS	194.800	269.780	144.170	102.120
82	PUITS	194.100	268.700	161.809	137.157
94	source	196.130	271.250	75.500	75.500
La source de Ras El Ain					
95	PUITS	195.900	270.050	132.506	100.666
96	PUITS	196.100	270.600	130.175	99.845
97	PUITS	194.950	266.450	151.450	111.020
98	PUITS	195.400	267.760	134.702	99.522
99	forage	195.260	266.060	166.186	108.196
100	PUITS	195.400	270.500	145.892	91.522
101	forage	195.000	270.575	150.777	93.729
102	forage	193.400	267.875	170.818	132.548
103	PUITS	193.900	267.900	165.133	118.993
104	PUITS	195.260	269.200	131.967	103.317
105	PUITS	195.120	267.300	146.544	105.294
106	PUITS	196.600	270.800	126.537	95.789
107	PUITS	194.700	267.500	149.192	108.192
108	PUITS	195.240	269.920	141.404	104.764
109	PUITS	196.560	269.620	118.936	89.286
110	PUITS	193.300	269.100	269.100	240.210
114	PUITS	196.240	268.300	123.700	89.700
121	PUITS	196.800	269.350	107.120	78.570

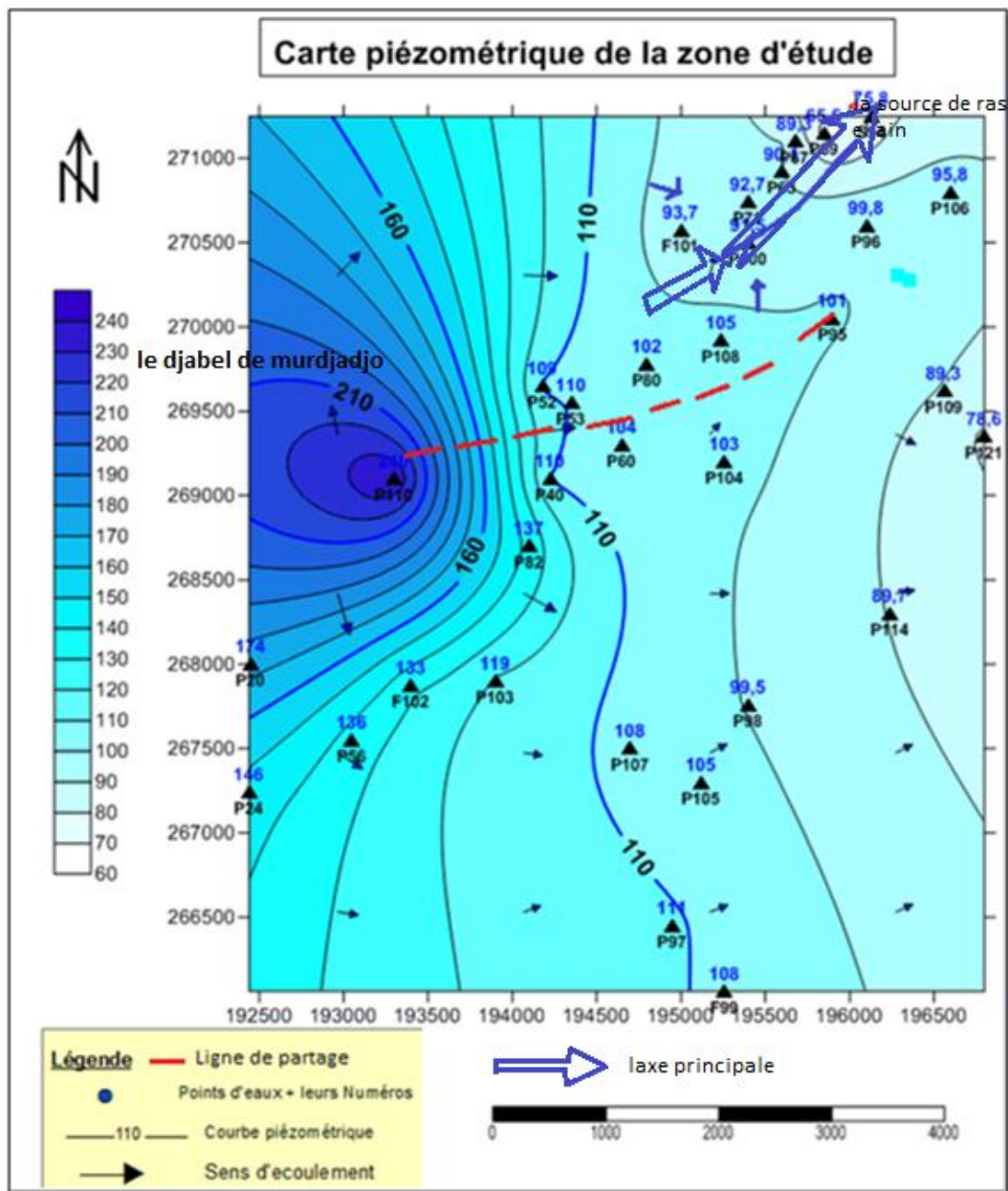


Fig.12 : Carte piézométrique de bassin de Ras El Ain (avril 2018, ANRH Oran).

2.3.6. Interprétation de la carte piézométrique :

L'examen de la carte piézométrique nous a permis de révéler les observations suivantes: Afin d'étudier le comportement des eaux souterraines, nous disposons d'un grand fichier piézométrique mensuel couvrant pratiquement tout le bassin de Ras el Ain. Après une analyse critique du réseau en matière de données exploitables, il a été retenu trente-deux points de mesure qui nous ont servi aux différents traitements de données. La cartes piézométrique a été élaborée afin de suivre la dynamique de l'Aquifère, représentée par la

cartographie de l'écoulement souterrain de la nappe. Il s'agit d'une carte piézométrique établie à partir des séries de mesures de moi d'avril 2018.

Ainsi, à partir d'un fichier mensuel des niveaux piézométriques, nous avons dressé la carte en courbes hydro-isohypses.

Ainsi, l'aspect d'écoulement dans la carte, représenté par un axe principal prédominant orienté du Sud-ouest du Djebel Murdjadjo vers les exutoires du bassin au nord-est.

Ceci et d'autant plus logique que l'alimentation de la nappe s'effectue par infiltration, longeant le réseau hydrographique guidée par la perméabilité de fissures des Calcaires du Murdjadjo, cette hypothèse est également valable si on se réfère à la structure lithologique du bassin marno-calcaire du Miocène à travers lequel émerge vers la source de Ras-el-Ain.

Les axes secondaires activent au Nord le sens d'alimentation rejoint celui de l'axe principal.

Cette structure piézométrique est compatible avec la plate-forme géologique, justifiant le réseau d'infiltration. Dans ce sens, il est à noter certaines remarques et observations utiles expliquant localement le comportement de la nappe :

En effet, au niveau de la source de Ras-el-Ain, nous constatons que ce point d'eau le point le plus bas dans la carte, entre les deux courbes hydro-isohypses (70-80 m) exactement (75,5m).

L'existence de deux courbes fermées avec des lignes de courant convergentes. Il semblerait qu'il s'agisse de deux dépressions indiquant des zones favorables à l'implantation des captages.

A ce niveau une sur exploitation de la nappe nous paraît évidente.

En 2018, ces dépressions sont représentées par les courbes 190 m au Sud-ouest du Murdjadjo et par la courbe 75 m dans la partie méridionale au niveau de la source de *Ras el Ain* en des noyaux de drains, localisés près des exutoires.

3. Hydrochimie de secteur d'étude

L'hydrogéochimie a pour but la connaissance des caractéristiques chimiques ou physico-chimiques 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 de la source de Ras El Ain. Afin de confirmer leurs origines, définir leurs faciès chimiques, 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'analyse des eaux de points d'eau de la la source de Ras El Ain par la société de l'eau et de l'assainissement d'Oran (SEOR) dans les périodes suivant: 2007, 2010, 2011, 2018, et 2020. Et plus des détails de l'année 2020.

3.1. Méthodes et matériels :

Méthodologie de l'étude hydrogéochimique :

L'échantillonnage des eaux a été étalé sur plusieurs années, de 2007, 2010, 2011, 2018, et 2020.

Il a porté sur les paramètres tels que la température (**T**), le potentiel d'Hydrogène (**pH**) et la conductivité électrique (**CE**) qu'ils sont mesurés in situ. Et autre dans laboratoire.

Le matériel utilisé pour la réalisation de la campagne hydro chimique est composé d'un pH mètre pour la mesure du pH d'un conductimètre pour la mesure de CE et de température (T).

Les bouteilles d'échantillonnage de 500 ml et de 1 litre en plastique ont également été utilisées pour l'échantillonnage sur le terrain. Chaque bouteille est rincée trois fois avec l'eau à prélever, puis remplie à refus et fermée hermétiquement avant d'être transporté à froid (4°C) dans une glacière jusqu'au laboratoire.

Les points d'échantillonnages ont été choisis en fonction du niveau d'utilisation du point d'eau par les populations et en fonction de la densité des points d'eau de la zone d'étude.

Il est important de prendre en considération que l'étendue des chroniques que nous avons à notre disposition varie énormément, certaines analyses en 2007 et concernent les puits ainsi que les forages du bassin de Ras-el-Ain. Alors que d'autres analyses sont établies en 2010, 2011, et 2018. Et ne concernent que la source de Ras-el-Ain (Tableau.02). Avec les analyses 2020 (tableau.03). Il a donc fallu prendre tous ces paramètres en considération.

Nous avons mis à jour des tableaux récapitulatifs d'analyses du secteur concerné grâce à la base de données de L'ANRH et la SEOR.,

Les éléments à doser sont : Ca^{2+} , Mg^{2+} , pour les cations, et Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- pour les anions.

Les analyses chimiques ont été réalisées dans les laboratoires de L'ANRH à Oran ainsi que la SEOR de la ville Oran.

Tableau.02: Présentation des résultats de l'analyse physico-chimique de la source de Ras El Ain 2007/2020.

<i>Les paramètres</i>	<i>PH</i>	<i>T (c°)</i>	<i>CE (μ s/cm)</i>	<i>RS</i>	<i>Ca⁺² mg/l</i>	<i>Mg⁺² mg/l</i>	<i>Na⁺ mg/l</i>	<i>K⁺ mg/l</i>	<i>Cl⁻ mg/l</i>	<i>SO₄²⁻ mg/l</i>	<i>NO₃⁻ mg/l</i>	<i>HCO₃⁻ mg/l</i>
2007	7.17	25	1840	110	100	57	253	11	307	226	75	342
2010	7.76	21.9	1624	/	84.96	48.01	/	/	283.6	93.5	44.61	/
2011	7.34	22.5	1490	1320	94	70	235	8	349	131	71	336
2018	7.51	21.1	1621	1290	87.6	71.3	235	8	363.6	146	53	337.5
2020	7.63	23	1515	/	62.7	39.75	/	/	387.94	101.71	32.74	/

Tableau.03 : Présentation des résultats de l'analyse physico-chimique de la source de Ras El Ain l'année 2020 (SEOR).

l'année 2020	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	moy
T (c°)	21.8	22	23	23.4	23.6	24.5	25	25	23	21.5	22	21.2	23
PH	7.46	7.52	7.71	7.76	7.7	7.93	7.67	7.78	7.7	7.71	7.49	7.24	7.63
Con ($\mu\text{s/cm}$)	1276	1382	1280	1339	1336	1660	1622	1651	1694	1739	1629	1572	1515
Ca²⁺ mg/l	27.9	78.5	61.9	57.2	64.7	60.6	52.3	60.1	72	65.9	57.2	94.2	62.7
Mg²⁺ mg/l	21	32	31	31	37	50	75	47	35	45	49	24	39.7
NO₃⁻ mg/l	21	31.66	27.46	32.54	43.52	34.95	33.41	36.88	32.26	32.61	30.36	36.26	32.7425
SO₄²⁻ mg/l	32.65	59.79	103.2 5	93.93	79.24	102.4 6	63.97	74.71	107.3	204.22	210.2	88.86	101.71
Cl⁻ mg/l	324.2	299.3	343.6	414.5	393.4	446.8	399.5	386.7	444	406.2	404.1	393	387.941

3.1.1. Etude Caractères organoleptiques

3.1.1.1. La couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution.

Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration.

Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

D'après l'O.M.S., la valeur de (10 mg/l de Pt) est considérée comme un chiffre qu'il est souhaitable de ne pas dépasser dans le cas des eaux potables. La valeur de 15 unités est admise comme limite supérieure acceptable.

- Les résultats obtenus de l'analyse(2020) de notre source est (...<5Pt-Co), sauf les deux mois Janvier (10 Pt-Co) et octobre (7 Pt-Co).

3.1.1.2. L'odeur

Une eau potable doit être sans odeur, non seulement au moment du prélèvement, mais encore après période de 10 jours en vase clos à la température de 26 C °.

Les odeurs proviennent, soit des produits chimiques, soit de matières organiques en décomposition, soit de protozoaires, soit d'organismes aquatiques.

- Dans notre secteur d'étude, les eaux prélevées ne présentent pas d'odeur.

3.1.1.3. 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 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 source ont présenté des valeurs comprises entre ;
(0.3< turbidité de SREA< 2.5 NTU).

3.1.2. Etude des paramètres physiques:

3.1.2.1. La température :

La température naturelle joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et sur tout des gaz; elle régit la quantité d'oxygène dissous dans l'eau. Plus l'eau est chaude moins l'oxygène est capable de se maintenir en solution et le manque d'oxygène est l'un des indices de la pollution thermique. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant une température supérieure à 15 °C favorise le développement des micro-organismes pathogènes en même temps qu'elle peut intensifier la fermentation qui agit comme pollution additionnelle diminuant la teneur en "oxygène dissous".

Les variations brusques et soudaines de la température d'une eau doivent inciter à une enquête sérieuse pour vérifier si un mélange s'est produit avec des eaux d'autres origines.

- Pour les eaux du secteur étudié, lors des prélèvements, la température a varié entre ; (21 °C < T° de SREA < 25 °C). voir Les figures 13 et 14

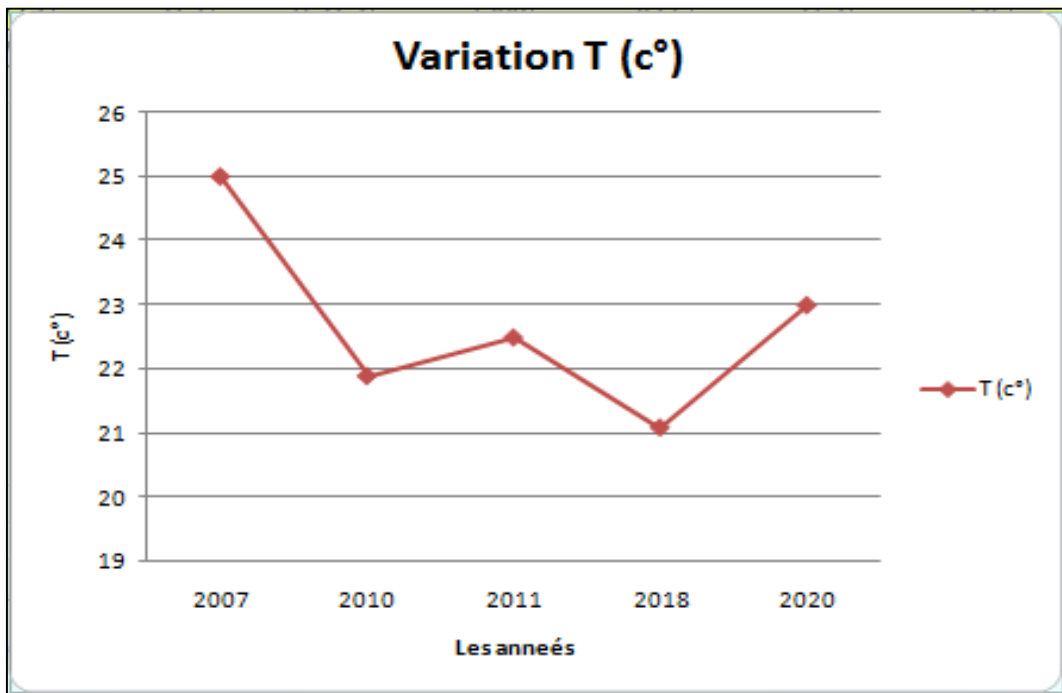


Fig.13 : les variations de température pendant les années 2007-2020 de la source de Ras El Ain.

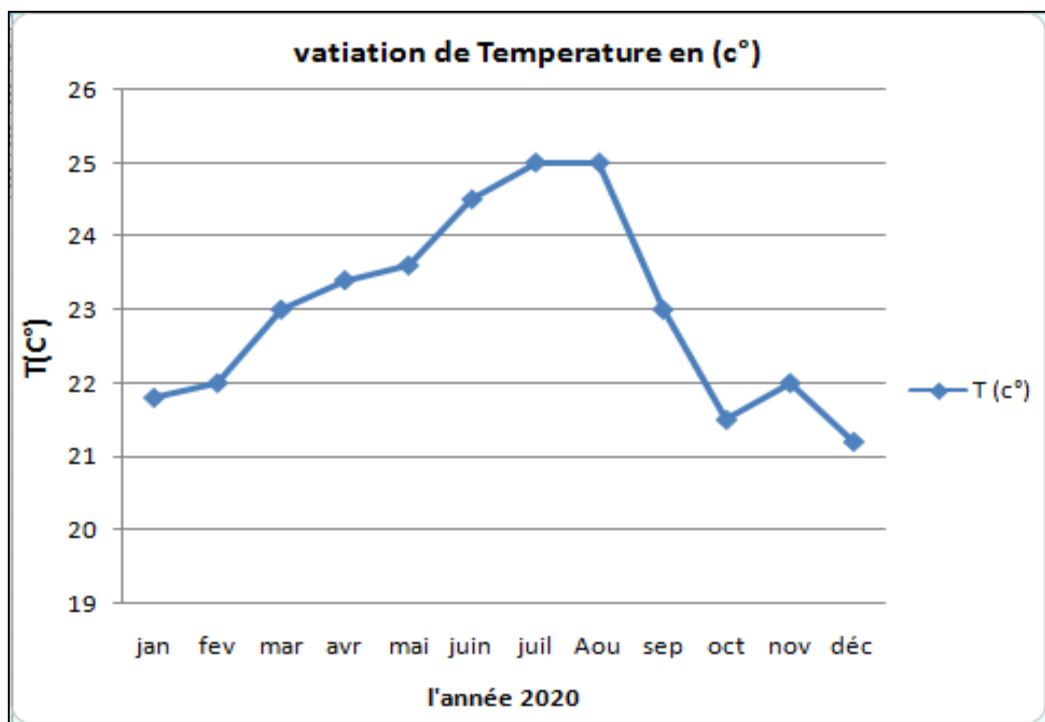


Fig.14 : les variations de températures mensuelles 2020 de la source de Ras El Ain.

3.1.2.2. Le Potentiel d'Hydrogène

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, et à l'exception de rejets industriels particuliers, il est rare que le pH soit une contre indication à la potabilité.

Le PH des eaux naturelles est lié à la nature géologique des terrains traversés.

Les eaux évoluant en milieu *carbonaté* ont un *pH élevé*, alors que celles provenant de terrains pauvres en calcaires ou siliceux ont un pH voisin de 7 et quelques fois un peu inférieur (environ 6).

Le pH représente l'état de l'équilibre carbonique.

Le CO₂ libre dissous dans l'eau forme un acide faible qui abaisse,

Le pH; il réagit avec les bases pour former des carbonates acides, pratiquement insolubles, et des bicarbonates très solubles. Selon la teneur en calcium et en magnésium, le pH remonte au fur et à mesure de la neutralisation du CO₂ par l'une ou l'autre base.

- Pour les eaux de la source de Ras El Ain la moyenne de pH des années 2007, 2010, 2011, 2018, et 2020 (PH = 7.52) et la moyenne de PH des mois 2020 (PH= 7.63). en générale le PH comprise entre (7 < PH de SREA < 8). les figures 15, 16 suivant représentent les variations de PH de la source de Ras El Ain.

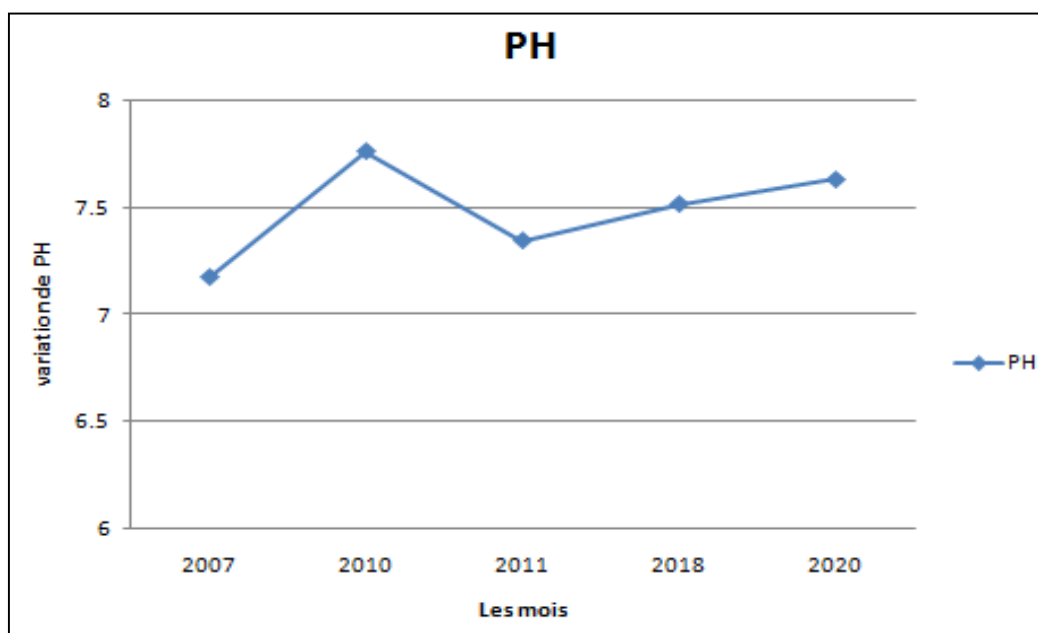


Fig.15 : les variations de PH pendant les années 2007-2020 de la source de Ras El Ain.

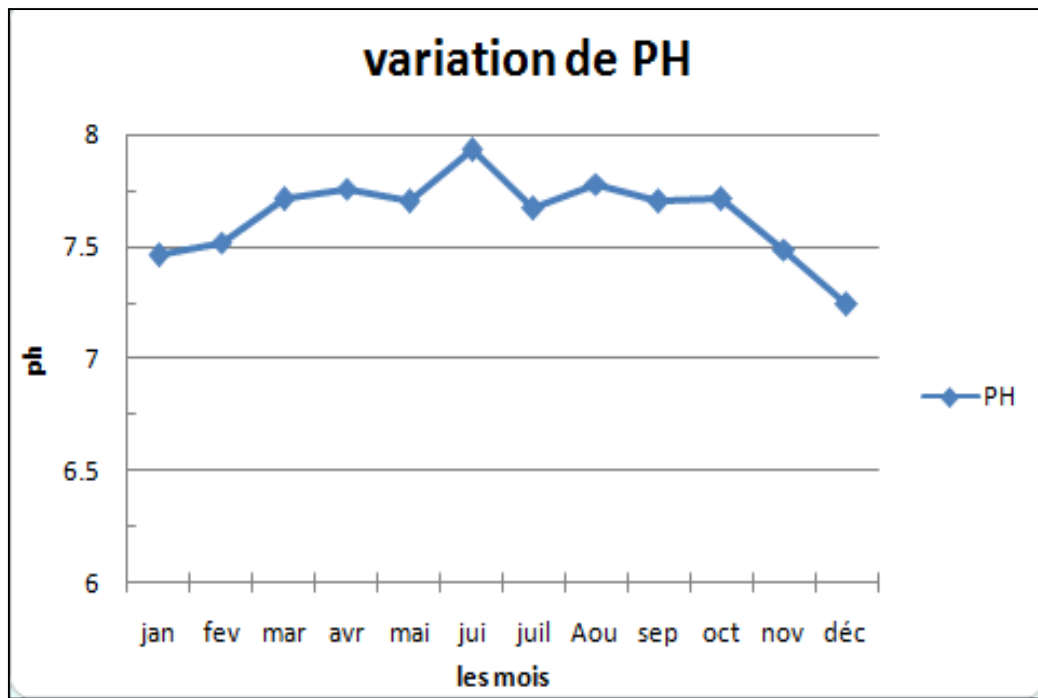


Fig.16 : les variations de PH mensuelles 2020 de la source de Ras El Ain.

3.1.2.3. La conductivité électrique CE

La conductivité d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm², séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. La mesure de ce paramètre permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale et d'en suivre l'évolution. Donc la conductivité d'une eau naturelle est fonction de la teneur en sels électrolytables dissous.

- En ce qui concerne les eaux étudiées, la valeur de la conductivité comprise entre :

($1434\mu\text{s}/\text{cm}^2 < CE < 1840\mu\text{s}/\text{cm}^2$). Depuis 2007, Voir les figures .17 et 18.

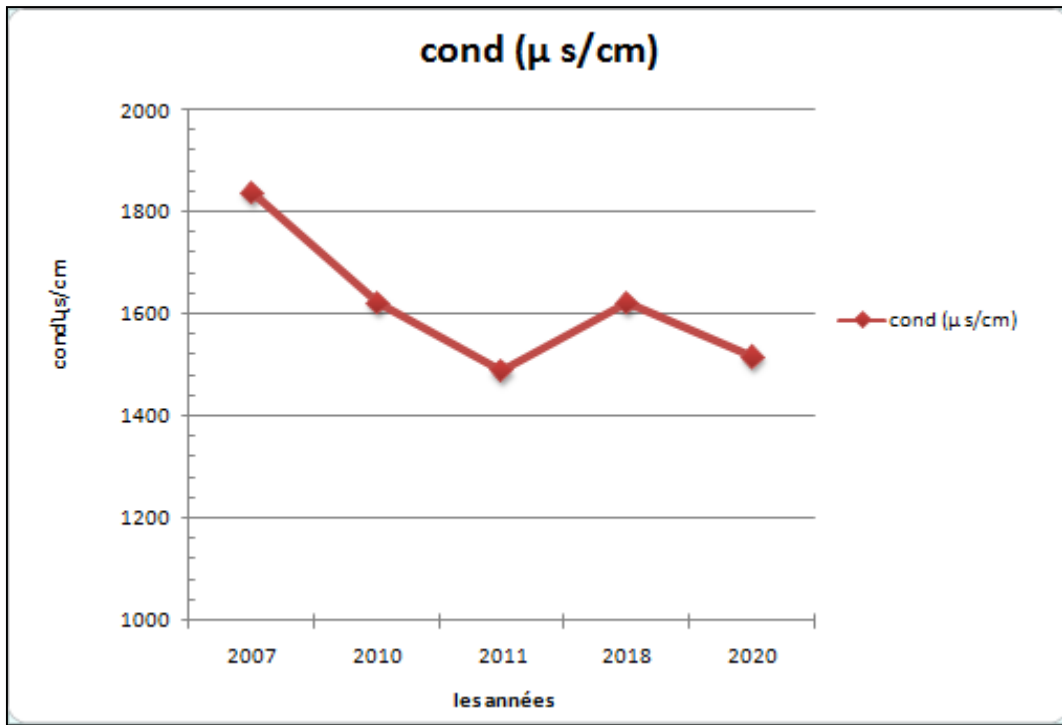


Fig.17 : les variations de la conductivité pendant les années 2007, 2020 de la source de Ras El Ain.

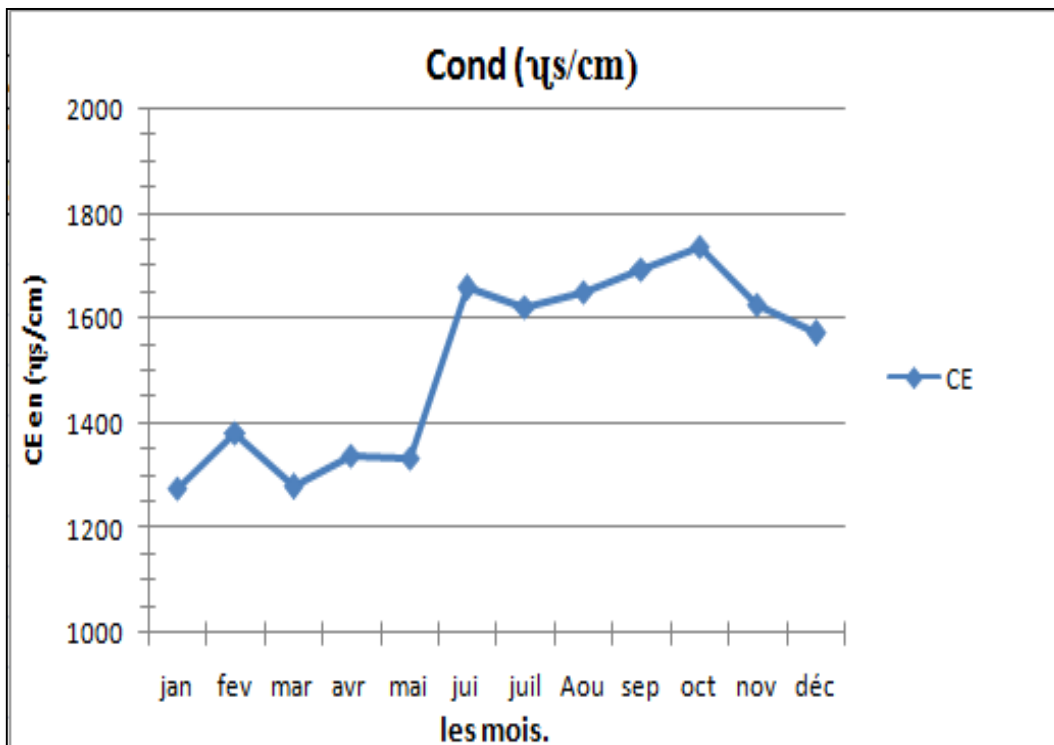


Fig.18 : la variation des conductivités mensuelles 2020 de la source de Ras El Ain.

3.1.2.4. 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 contenus dans l'eau. Ses valeurs peuvent être recoupées à partir de la mesure de la conductivité. Les résultats de mesure sont influencés par la température et la durée de la dessiccation. Pour des raisons de saveur, l'O.M.S. recommande une valeur limite de 1000 mg/l dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Dans les pays à climat semi aride et aride cette valeur est souvent largement dépassée.

- Dans notre secteur d'étude, d'après les analyses (Adda. M, 2011), la carte d'iso-résidu sec, la valeur de (RS = 1320mg/l à 180 °C). Mais dans les analyses de 2020 cette information malheureusement elle me manque.

3.1.2.5. La dureté

La dureté d'une eau est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en *calcium* et en *magnésium*.

Au niveau de secteur d'étude, la valeur de la dureté est donnée par les calculs suivant d'après les analyses de SEOR :

Notre eau a les paramètres suivants:

Ca²⁺ : 62.70 (mg/L)

Mg²⁺ : 39.75 (mg/L).

Avec : M Ca = 40 g/mol

M Mg = 24 g/mol

Pour calculer la dureté totale de cette eau, on converti d'abord les valeurs des concentrations (teneures) de Ca²⁺ et de Mg²⁺ en (mg/L) CaCO₃. Il vient:

Ca²⁺ : 62.70 (mg/L) x 2 x 50 / 40 = 156.75(mg/L)CaCO₃

Mg²⁺ : 39.75(mg/L) = 39.75 (mg/L) x 2 x 50 / 24 = 165.625 (mg/L)CaCO₃.

Donc:

Dureté totale est égale à : 156.75 + 165.625 = 322.375(mg/L) CaCO₃.

On a : 17.9 (mg/L) CaCO₃ → 1.78°F

Alors : (322.375(mg/L) CaCO₃*1.78°F)/ 17.9 = 32.05°F.

- La dureté de l'eau de la source de Ras El Ain relativement élevée « eau dure » selon l'échelle de la dureté, résulte principalement de la provenance et circulation des eaux dans les formations *carbonatées* messéniennes ainsi que de l'influence notable des encroutements *calcaires* couronnant le complexe dunaire (elle a mentionné avant, dans les figures 08, 09, 10).

3.1.2.6. L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau est liée à la présence de bases fortes CO₃ et OH et de bases faibles HCO₃. Elle est toujours en relation directe avec le pH.

On distingue :

- le Titre Alcalimétrique Complet (TAC): il représente la somme des bases (fortes et faibles),
- le Titre Alcalimétrique (TA): il concerne les bases fortes, lorsque le pH est supérieur à 8.3.

- Pour les eaux de secteur d'étude le TA est nulle du fait que le (pH < 8.3).

Le TAC enregistré dans la SREA est important mais irrégulier. Il varie entre 20°F et 28°F, cette forte alcalinité est en relation avec l'augmentation de la minéralisation par suite des apports des eaux riches en cations et en anions ; mais aussi, accessoirement, par la pluviométrie de plus en plus élevée durant la période d'observation entre 2007 et 2020.

3.1.3. Etude des paramètres chimiques majeurs des eaux de la source de Ras El Ain

3.1.3.1. Principaux cations et anions:

L'analyse chimique a concerné les cations: Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺ et les anions: Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄⁻², NO₃⁻.

Note : Dans les analyses de (SEOR, 2020) on a des données insuffisantes, l'absence de certains cations et anions dans les analyses pas dans l'eau de la source, Les cations sont: Na⁺, K⁺, les anions HCO₃⁻.

Le calcium:

Une eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 400 mg/l de Calcium.

Les eaux qui dépassent une teneur de 200 mg/l de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières.

- Pour notre étude La valeur de calcium de la SREA est comprise entre ($27.9 < Ca^{2+}$ de la SREA en mg/l < 94.2), (SEOR, 2020).

Le magnésium:

Il provient de la décomposition de dolomie (carbonate de magnésium), notamment à partir des *formations carbonatées* du flanc sud du Djebel Murdjadjo.

- Pour notre source La valeur de magnésium de la Source de Ras El Ain est comprise entre ($21 < Mg^{2+}$ de la SREA en mg/l < 75), (SEOR, 2020). Voir la fig.19 et 20.

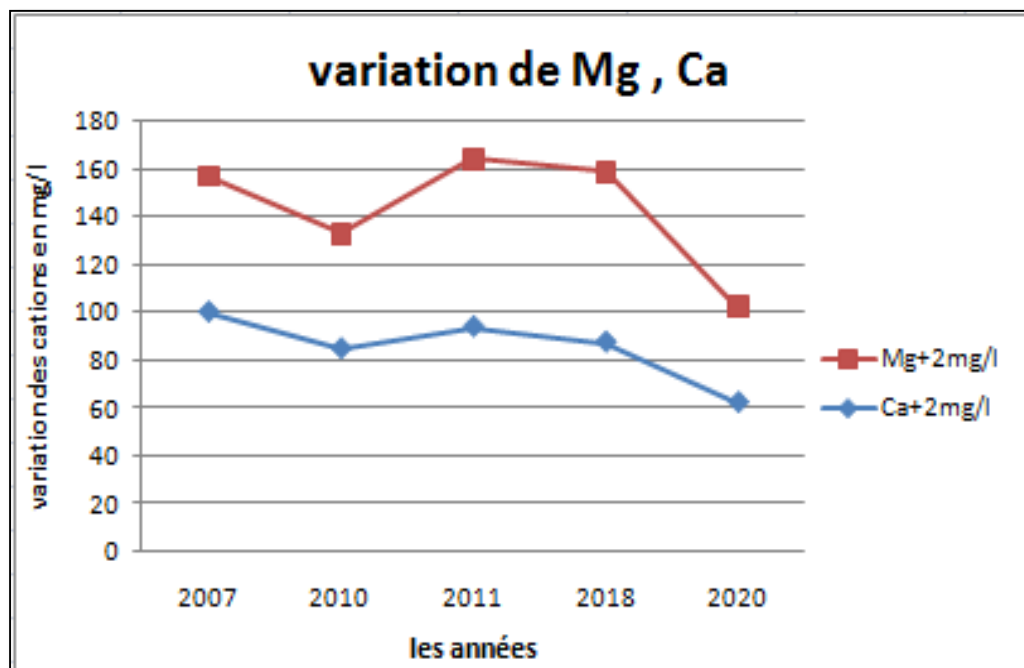


Fig.19 : Évolution de calcium et de magnésium de la Source de Ras El Ain, les années 2007-2020 (SEOR).

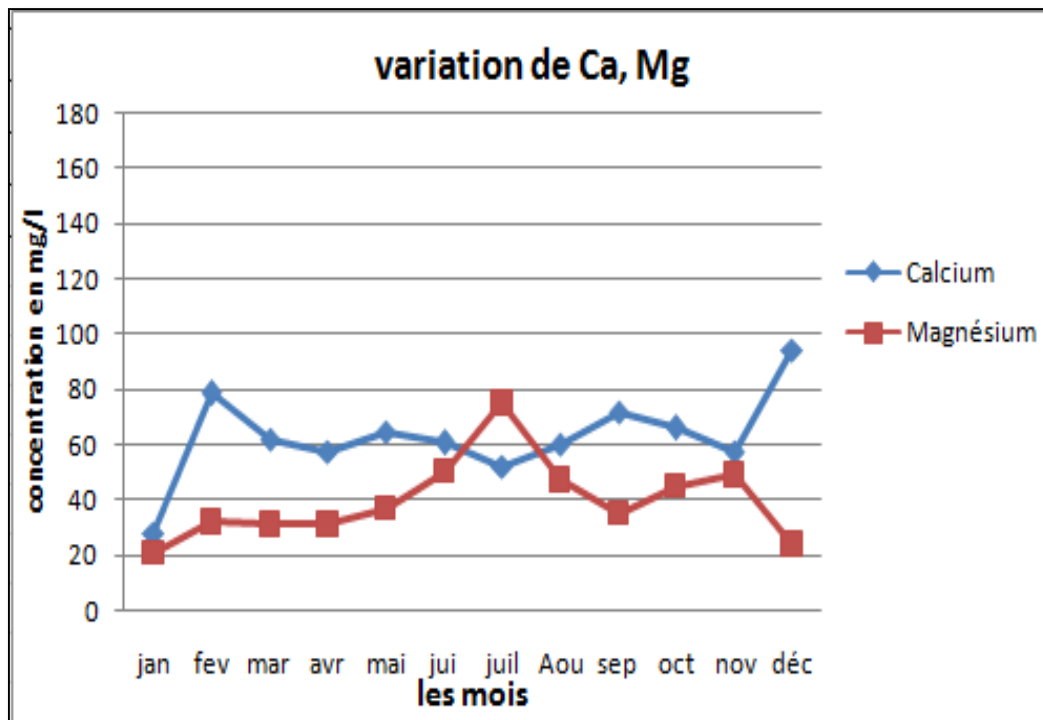


Fig.20 : Évolution de calcium et de magnésium mensuelles de la source de Ras El Ain.2020.

Les chlorures:

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.

- Pour notre étude la valeur de chlorures de la source de Ras El Ain est comprise entre :

(307 en 2007 < Cl⁻ de la SREA en mg/l < 393 en 2020), figure.20.

(446.8 < Cl⁻ de la SREA en mg/l < 299.3), (SEOR, 2020), figure.21.

Les sulfates:

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.

- Pour notre étude la valeur des sulfates de la Source de Ras El Ain se comportent néanmoins de façon particulière une grande variation entre les mois. Il est comprise entre : (32.65 janvier So_4^{2-} de la SREA en mg/l <math>< 204.22</math> octobre), (SEOR, 2020).

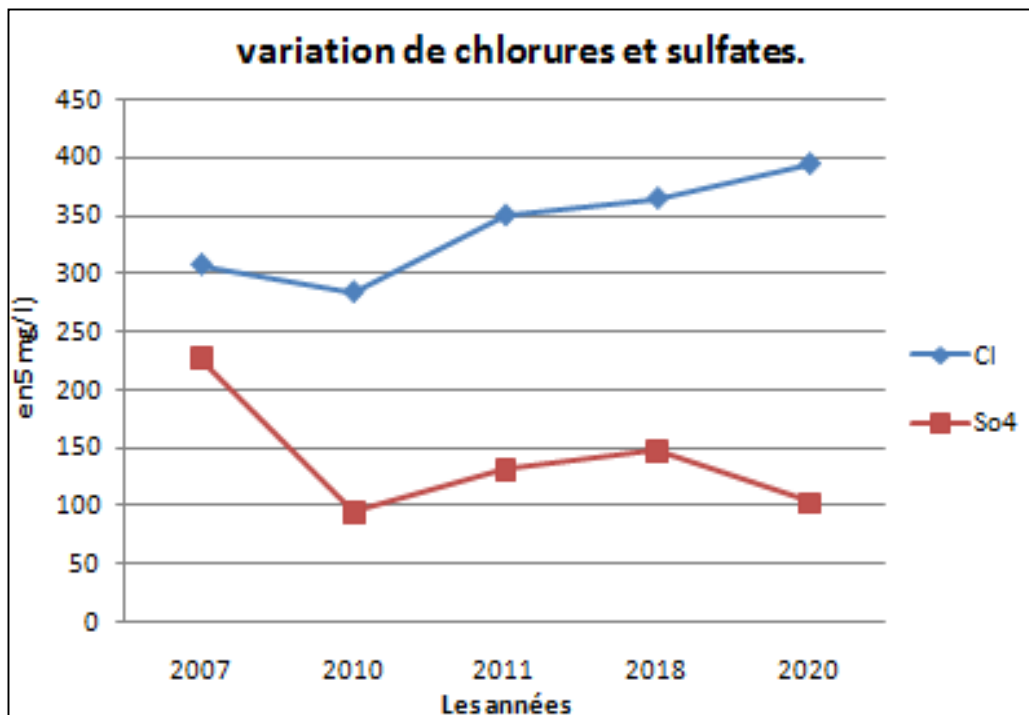


Fig.21: Évolution des Sulfates et des chlorures de la Source de Ras El Ain, 2007- 2020 (SEOR),

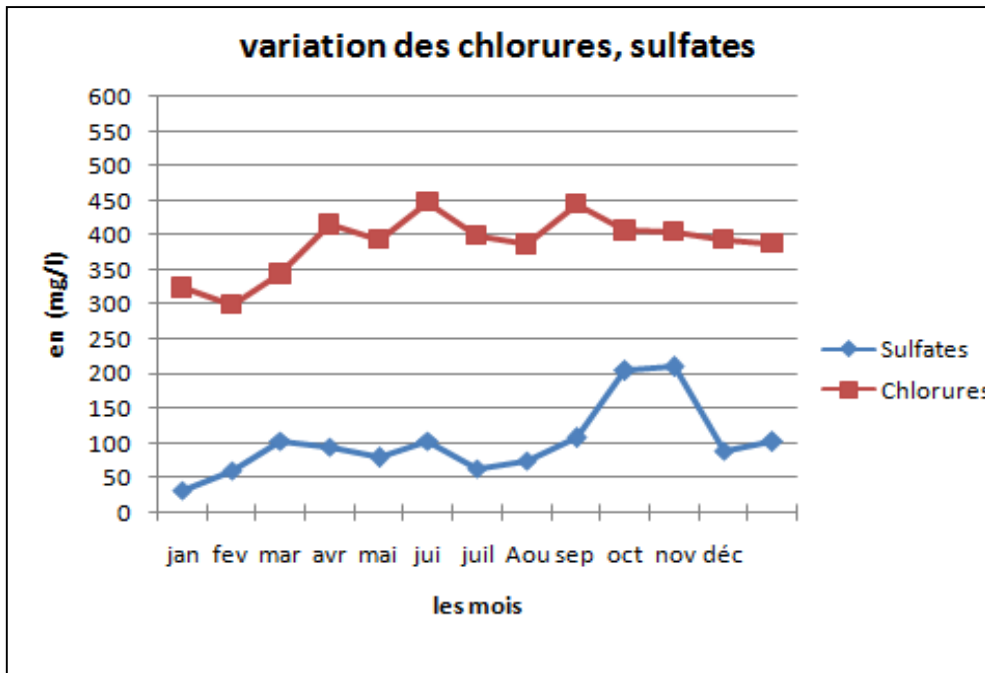


Fig.22: Évolution des Sulfates et des chlorures mensuelles 2020 de la Source,

3.1.3.2. La balance ionique BI

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 :

$$E \% = \frac{\sum r \text{ cations} - \sum r \text{ anions}}{\sum r \text{ cations} + \sum r \text{ anions}} \times 100$$

E % étant le pourcentage d'erreur.

On peut considérer une analyse comme:

- très bonne (Excellente) si $e\% \leq 2$;
- acceptable si $2 < e\% \leq 5$;
- mauvaise si $e\% > 5$.

- Pour notre secteur d'étude : les valeurs du pourcentage d'erreur pour les eaux de la Source de Ras El Ain sont portées sur le tableau.04 suivant ;

Tableau.04 : Pourcentage d'erreur des analyses d'eaux de la Source de Ras El Ain.

<i>Les années</i>	$\sum r \text{ Cations}$	$\sum r \text{ Anions}$	<i>BI (%)</i>	<i>Analyse</i>
2007	20,97	20.17	1.94	Excellente
2011	20,88	19,29	4	Acceptable
2018	19.68	17.83	4.93	Acceptable

Le contrôle de la qualité des analyses par la balance ionique a été systématiquement appliqué à toutes les analyses.

- En ce qui concerne les données traitées dans le cadre de cette étude, on a effectué le traitement pour notre source dans des plusieurs périodes : 2007, 2011, 2018, 2020.

Les analyses de l'année 2007 : *Excellente*, les eaux de la SREA sont de bonne qualité car la ($BI < 2\%$),

Les analyses de l'année 2011: *acceptable*, les eaux de la SREA de qualité acceptable ($2\% \leq BI < 5\%$).

Les analyses de l'année 2018: *acceptable*, ($2\% < BI < 5\%$).mais ($BI = 4.93 \approx 5\%$).Alors les eaux de la SREA de qualité acceptable.

Les analyses de l'année, 2020 : sont mauvaise (douteuses) car la ($BI > 5\%$).Dit plus loin de 5%.Mais les résultats pas probants de la source de Ras El Ain.

Dans notre cas, les problèmes relatifs à la qualité des analyses sont dus aux défaillances d'analyses des éléments majeurs suivants : HCO_3^- , Na^+ , K^+ , en effet compte tenu de la situation désastreuse actuelle de la SREA, L'ANRH comme les laboratoires SEOR privilégient les analyses les plus importantes.

En retient que la qualité de la Source de Ras El Ain seras dégradés année par année, de la bonne qualité devient acceptable, puis mauvaise dans les dernières années.

3.1.3.3. Détermination des principaux faciès hydro-chimiques :

Les données collectées ont été traitées en utilisant une méthode hydro chimique qui adopte les diagrammes de *Piper* et *Schoeler Berkaloff*, pour la classification hydro chimique des eaux, et pour l'interprétation des résultats des analyses physico chimiques

Ces diagrammes sont très couramment utilisés dans le domaine de l'hydrochimie des eaux, avec de très bons résultats.

Le diagramme de Piper : Cette méthode consiste à représenter sur deux triangles les pourcentages des quantités en réactions (r %) de chaque cation et anion).

Les deux points sont reportés sur un losange en un seul point qui représente la famille chimique de l'eau. Ce diagramme présente l'avantage de pouvoir regrouper un grand nombre d'analyses.

- Pour notre étude les résultats des eaux de la source de Ras El Ain obtenus aux (fig.23) qui déterminer les faciès chimiques.

les eaux de la SREA sur le Diagramme de Piper

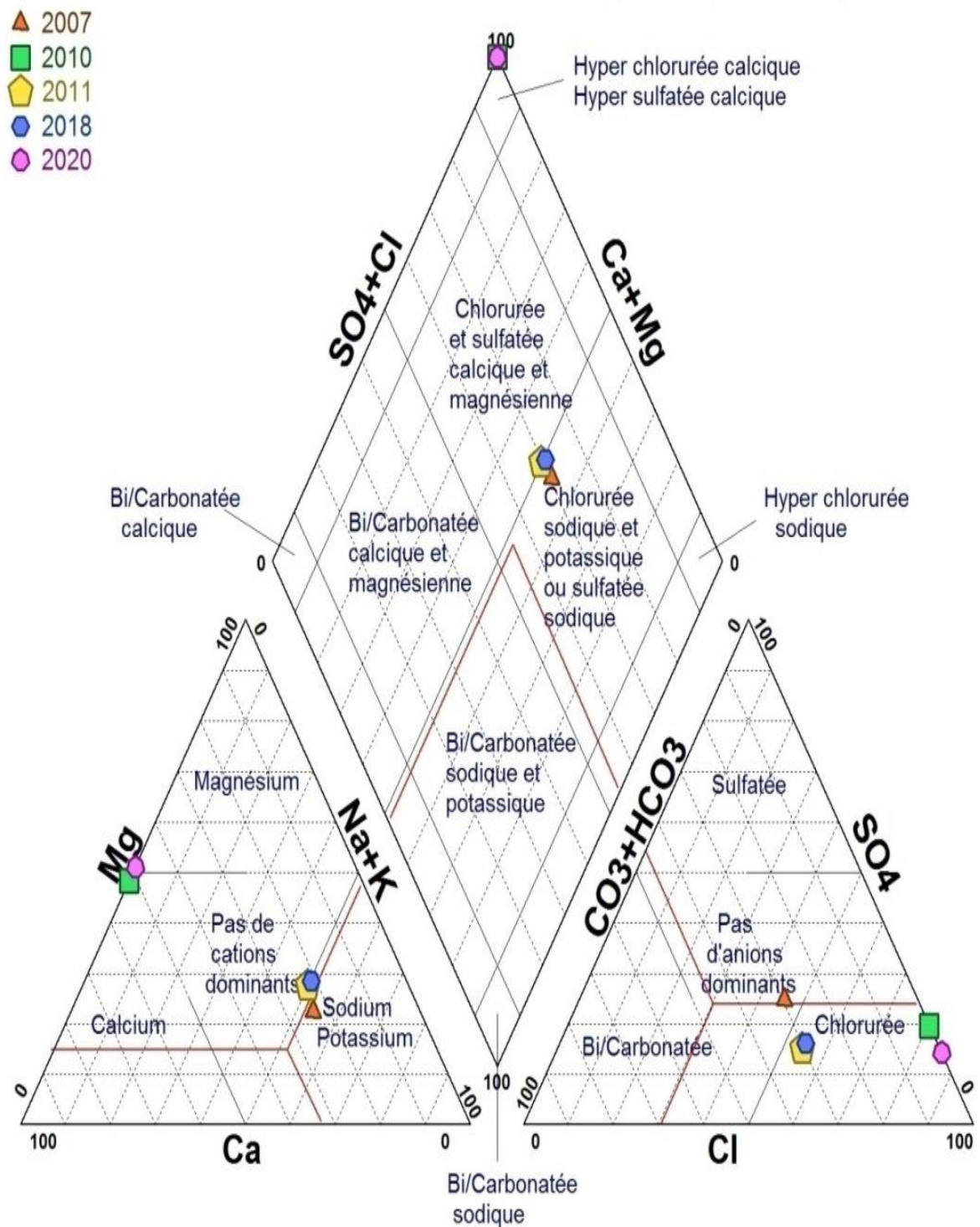


Fig.23: Représentation graphique des résultats sur diagramme de Piper des eaux de la Source de Ras El Ain.

Ces résultats portés sur le diagramme de *PIPER* (Figure.23) permettent de déterminer les faciès chimiques des eaux de la Source de Ras El Ain à travers le temps.

➤ L'ensemble de deux points pour l'année 2007 et 2011, présenter une dominance de Faciès "*chloruré sodique*". Ce faciès caractérise les eaux du complexe dunaire ainsi que ceux circulant dans les niveaux alluvionnaires.

➤ Pour les années 2010, 2018, 2020, avec le manque des cations Na, k, et anions HCO_3 , Présente une dominance de faciès "*hyper chloruré calcique*", mais le résultat n'est pas fiable.

Diagramme de SCHOELLER – 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 (méq/l).

- Les valeurs des analyses ont été reportées sur le diagramme de *Schoeler* et *Berkaloff* dans la figure.24.

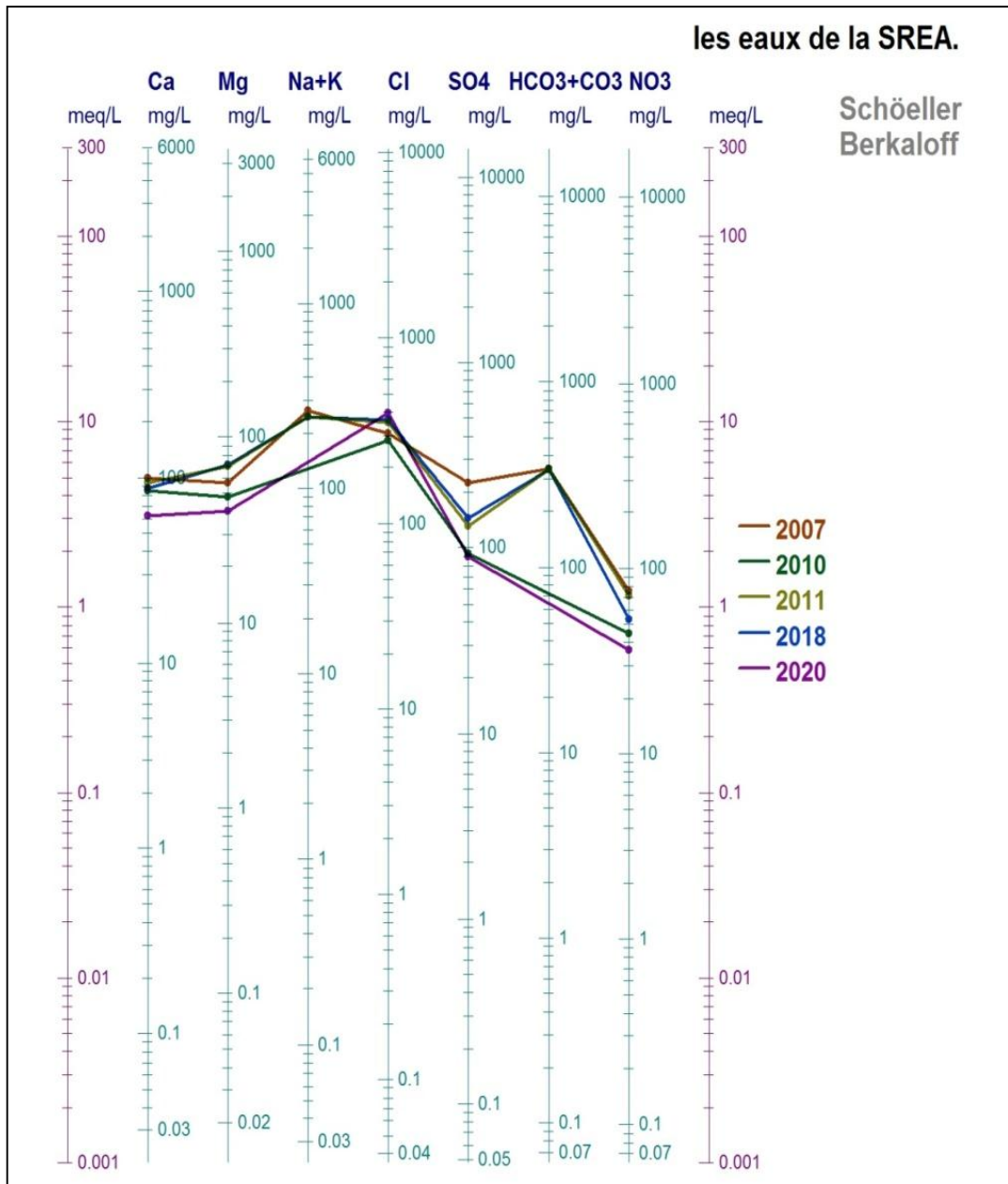


Fig.24 : Représentation graphique des résultats sur le diagramme de Schoeler Berkaloff des eaux de la Source de Ras El Ain.

Interprétation de résultat : Le faciès Chloruré-sodique caractérise les Années 2007, 2011, et 2018. il est à l'origine de la situation de la source à l'aval du Mont de Murdjadjo qui influe sur la chimie des eaux de la Source de Ras El Ain.

Le faciès Chloruré-calcique caractérise les autres années qui ne contiennent pas de tous les éléments majeurs.

4. Conclusion

Les principales formations géologiques sont: des calcaires récifaux, et marno-calcaires, affleurant dans le Djebel Murdjadjo.

La nappe phréatique s'étendant sous l'agglomération d'Oran est essentiellement de nature libre. Elle est de type radiale à écoulement divergent au sud et convergent au nord.

Au nord, deux directions d'écoulement convergent, l'une en provenance du Nord-Ouest alimentée par les calcaires récifaux du Djebel Murdjadjo, l'Aquifère des calcaires, ainsi bien confirmée, au vu de la cartes piézométrique actualisée (carte avril 2018).

De la répartition spatiale des différents paramètres étudiés, il ressort qu'au niveau de la zone d'étude, la nature hydro-chimique des eaux est déterminée essentiellement par la nature lithologique des formations des zones de recharge, calcaires du messinien ou complexe dunaire, par les distances parcourues ainsi que par l'amointrissement de la profondeur du niveau piézométrique, essentiellement au niveau de la zone alluvionnaire.

La majorité des années, le point d'eau de la Source de Ras El Ain présentent un faciès *chloruré-sodique*.

Ce faciès caractérise les eaux du complexe dunaire ainsi que ceux circulant dans les niveaux alluvionnaires.

Dans les réservoirs calcaires du Murdjadjo les eaux sont *dures*, moyennement à fortement minéralisées en sels de *calcium* et *magnésium*, C'est le cas des eaux du bassin de Ras el Ain. Dans les réseaux karstiques, l'eau peut se charger de particules argileuses en suspension au cours des fortes pluies.

Néanmoins une dégradation de la qualité physico-chimique des eaux de notre secteur est bien présente sur les analyses, et les paramètres, elle ne peut s'expliquer que par la surexploitation de la nappe due à la prolifération des ouvrages. Les activités humaines voisines. A cause de sa situation au sein de l'agglomération urbaine, est très vulnérable à la pollution organique et autres pollutions (*plus de détaille sur le chapitre suivant*).

CHAPITRE III :
L'IMPACT
SANITAIRE ET RISQUES
HYDRIQUES

1. Historique

- Au mois d'août 1847 (*M Jule*) : “L'eau de la source de Ras-el-Ain est la plus pure de toutes les eaux tertiaires de la province d'Oran. Elle est fraîche, limpide et d'un goût agréable.

Cette source constitue l'affleurement naturel de la nappe à la faveur d'une fissuration intense affectant cette formation. Les eaux de pluie qui tombent sur le revers méridional de ce massif s'infiltrent à travers les couches du terrain tertiaire, suivant les plans de stratification, se réunissent en un cours d'eau souterrain suivant le thalweg du ravin de Ras-el-Ain, et débouchent au jour à 72 mètres environ de hauteur au-dessus du niveau de la mer et à 2000 mètres environ du rivage ; elles forment un cours d'eau volumineux, qui fournit en été 5000 m³ d'eau par vingt-quatre heures. Le ravin de Ras El Ain traverse la ville d'Oran et la divise en quelque deux parties égales. Il est très-encaissé dans la partie inférieure de son cours, près de son embouchure dans la mer, à cause de l'empiétement des constructions”.

- La SEOR Précise ce qu'il en est en 2012 : “Située au fond du ravin d'Oued Errhi, elle constitue la plus ancienne des ressources de la ville. Bien plus, la présence de cette source n'a été un facteur déterminant dans la fondation même de la ville d'Oran en ce lieu. La source de Ras-el-Ain a fait l'objet de plusieurs aménagements le long des siècles. L'eau provient de l'écoulement souterrain des eaux d'infiltration dans le calcaire fissuré du massif du Murdjadjo. Son débit journalier est de 5000 m³. Elle dessert actuellement le quartier des Planteurs et le port, y compris la centrale thermique. Les eaux de cette source ne subissent aucun traitement spécial, à l'exception d'une désinfection finale, avant distribution.”

- Ce qui reste dangereux aujourd'hui pour la santé de la population, c'est que cette source de Ras El Ain est gravement polluée. Car, si à l'origine, le site au-dessus de la nappe était vierge de toute construction, il n'en est pas le cas aujourd'hui. Devant l'exode rural et les besoins immenses en logements, une agglomération d'habitations s'est constituée progressivement au-dessus de la source, sans qu'il y ait d'égout collecteur. Ces innombrables refuges de fortune disposent de fosses septiques, lesquelles par infiltration versent leurs eaux usées dans la nappe.

D'où l'impérieuse nécessité de procéder à un contrôle quotidien de l'eau de Ras El Ain.

2. Introduction

L'étude de la chimie des eaux souterraines apporte à l'hydrogéologie une somme considérable de renseignements utiles à la compréhension des phénomènes se produisant dans les systèmes aquifères. C'est-à-dire dans les échanges possibles entre l'eau et la roche, sachant que la minéralisation des eaux souterraines peut provenir de l'acquisition des éléments chimiques par la dissolution et l'altération des minéraux du réservoir.

Les caractéristiques physiques et chimiques des eaux dépendent d'un certain nombre de facteurs tels que la composition chimique et minéralogique des terrains traversés. Une éventuelle pollution peut modifier les caractéristiques naturelles de l'eau. C'est dans ce contexte que le présent chapitre est abordé.

La source de Ras El Ain située dans des formations carbonatées karstifiées (secteur occidental) qui n'assurent aucune filtration des éléments polluants qui peuvent migrer dans le sous-sol à une vitesse très rapide.

A cela s'ajoute l'existence d'un réseau d'assainissement souvent vétuste entraînant d'importantes fuites d'eaux usées dans le sous-sol. Notons également l'existence d'importantes zones d'habitation et autres (Planteur, Ras El Ain, El Hassi...etc.) ne disposant pas d'un réseau d'assainissement d'où le rejet des eaux usées dans des fosses perdues, creusées dans ces formations, Au sud de la zone urbaine se maintient une ceinture d'activité agricole utilisatrice d'engrais, pesticides...etc. Cela peut également participer à une pollution diffuse des eaux souterraines de la zone d'étude, plus la présence au sein de l'agglomération, de cimetières, de décharges sauvages, dépôts d'hydrocarbures...etc.

L'étude de certains éléments indicateurs de pollution contenus dans les eaux souterraines permet d'apprécier leurs degrés de vulnérabilité aux activités de surface.

Les conséquences de cette pollution peuvent être classées en plusieurs catégories principales où les conséquences écologiques et industrielles, conduisent à différents risques sanitaires.

En effet. La pollution d'eau peut avoir des conséquences sur la santé publique et provoque des épidémies dues aux maladies à transmission hydrique (*MTH*) représentant les risques hydriques.

L'objectif de ce chapitre est non seulement d'étudier les facteurs des risques hydriques mais également mettre en évidence les conséquences sur la santé humaine et proposer quelques recommandations pour lutter contre les risques sanitaires.

3. Généralités

3.1. Le risque hydrique

3.1.1. Notion globale sur le risque hydrique :

Le risque hydrique survient de manière *directe* ou *indirecte*, dans le premier cas, il résulte d'un contact avec l'eau contaminée elle-même (eau usée, ressource, eaux de loisirs ou de boisson), Dans le second cas, il survient par l'intermédiaire d'aliments ou d'air contaminés par une eau de qualité impropre: végétaux consommés crus, glaces, poissons, coquillages ou crustacés, aérosols d'eau chaude, sanitaire ou de station de traitement des eaux. Les conditions d'exposition de l'homme aux facteurs de risque hydrique dépendent des usages de l'eau.

La voie d'exposition dominante pour la population est l'ingestion: elle concerne essentiellement des apports alimentaires, par l'eau de boisson elle-même ou des aliments contaminés par l'eau in situ; à cet égard, les capacités de bioconcentration de contaminants du milieu par des organismes aquatiques, tels les coquillages, sont particulièrement dangereuses pour le consommateur (Hartemann P et all., 1986).

L'ingestion involontaire d'eau contaminée intervient au cours des loisirs ou des sports aquatiques.

Les risques pour la santé liés à l'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) sont de nature *toxicologique* et *microbiologique* ;(les risques d'origine chimiques, les risques des microorganismes pathogènes, ou bien les substances indésirables présentes dans l'eau).(Festy B, Hartemann P, et all., 2003).

Dans ces études, la vulnérabilité est alors estimée sans tenir compte directement des éléments du construit urbain. Les sols et sous-sols urbains sont alors considérés dans leur globalité, en fonction uniquement de leurs caractéristiques hydrogéologiques naturelles dans l'eau de notre nappe.

L'évaluation de la vulnérabilité à la pollution des eaux de la nappe étudiée donne un aperçu sur les moyens pour faire face à la contamination.

3.1.2. Définitions relatives à la notion de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution

L'impulsion au développement de la notion de vulnérabilité des eaux souterraines a été générée par les préoccupations mondiales relatives aux problèmes de contamination des eaux souterraines.

La vulnérabilité des aquifères (à la contamination) peut être définie comme une propriété relative, non mesurable et adimensionnelle, basée sur la supposition que l'environnement physique (complexe sol-roche-eau souterraine) peut assurer un certain degré de protection aux eaux souterraines à l'égard de contaminants pénétrant dans le sous-sol

La vulnérabilité évalue donc la faiblesse ou non de cette protection naturelle. La capacité d'atténuation, ou "capacité de d'épuration" des matériaux de sub-surface est constituée par l'interaction des nombreuses propriétés physiques, chimiques, et biologiques dans le système "sol-roche-eau souterraine" et est fortement affectée par les mécanismes de transport de soluté ainsi que des conditions hydrogéologiques.

Dans la littérature, on distingue deux types de vulnérabilité ; la vulnérabilité intrinsèque et la vulnérabilité spécifique (Vrba J. & Zaporozec A., 1994).

La vulnérabilité d'une nappe dépend de multiples facteurs intervenant soit sur la nature et/ou la concentration de la contamination, soit sur son temps de transfert. (Les coures, Hassani M I).

3.1.3. La pollution

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 où 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 :

3.1.3.1. Types et origine des polluants

Tableau.05 : Différents types de pollution selon la nature des substances polluantes et leur origine (LEVEQUE, 1996 in Bouklia H, 2006).

TYPES DE POLLUTION	NATURE	SOURCES
<p><i>Physique :</i> pollution thermique pollution radioactive</p>	<p>rejets d'eau chaude radio-isotopes</p>	<p>centrales thermiques Installations nucléaires</p>
<p><i>Organique :</i></p>	<p>glucides, lipides, protides ammoniac, nitrates</p>	<p>effluents domestiques, agricoles, agro-alimentaires élevages et piscicultures</p>
<p><i>Chimique :</i> Fertilisants métaux et métalloïdes, pesticides organochlorés composées organiques de synthèse détergents Hydrocarbures</p>	<p>nitrates, phosphates mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic... insecticides, herbicides, fongicides PCB, solvants nombreuses molécules agents tensio-actifs, pétrole et dérivés.</p>	<p>agriculture, lessives industries, agriculture, pluies acides, combustion agriculture, industries, industries. industries. effluents domestiques, industrie pétrolière, transports.</p>
<p><i>Microbiologique :</i></p>	<p>Bactéries ; [Bactéries d'origine fécale, bactéries pathogènes], virus, champignons, parasite...etc.</p>	<p>effluents domestiques, effluents urbains, l'élevage.</p>

4. L'étude de pollution sur notre secteur

En milieu urbain et industrielle et lors d'un événement pluvieux, la pluie lessive tout d'abord l'atmosphère, corrode les différentes surfaces urbaines (toitures, façade de bâtiments...etc.), entraîne ensuite les dépôts accumulés sur les surfaces imperméables (chaussées, trottoirs...etc.) puis pénètre dans le réseau d'assainissement avant de rejoindre le milieu naturel. Ce dernier parmi les causes de la pollution de l'environnement. Et nous mentionnons ce qui suit :

4.1. Population

Des agglomérations jalonnent la région, les plus importantes sont bien-sûr la grande ville d'Oran et des villages comme Misserghin , Boutlelis , Es Senia...etc. Sur les piémonts et le flanc Sud du massif se sont implantés des douars à très forte densité de population, qui sont devenus des lieux de convergence des migrants venus des régions rurales vers la ville.

Cette émigration a eu pour résultat une surpopulation composée de ruraux, fuyant l'intérieur des terres vers la ville d'Oran qui évolue rapidement vers une mégapole et les immigrants se sont fixés autour des faubourgs et agglomérations.

L'ensemble vit de l'agriculture, du commerce, et de la petite industrie à l'image des regroupements autour d'un centre de ville.

Ce phénomène s'observe à l'Est d'Oran ou à l'extension continue et à l'Ouest autour des points d'eau (El Hassi, Ras El Ain...etc.) et donne des effets néfastes sur la source et l'environnement en général.

Le dernier recensement effectué en avril 2008 a fait ressortir que la taille de la population de la wilaya d'Oran est de 1.480.251 habitants avec un parc de logements de plus de 308.620 unités. Les premières estimations font état d'un taux de croissance annuelle moyen de la population d'environ 1.9 % par rapport au dernier recensement de 1998. Sachant que la superficie du territoire de la wilaya est de 2144 km², la densité de la population est ainsi de l'ordre de 717 *hab/km*². (Bouklia H R, 2017)

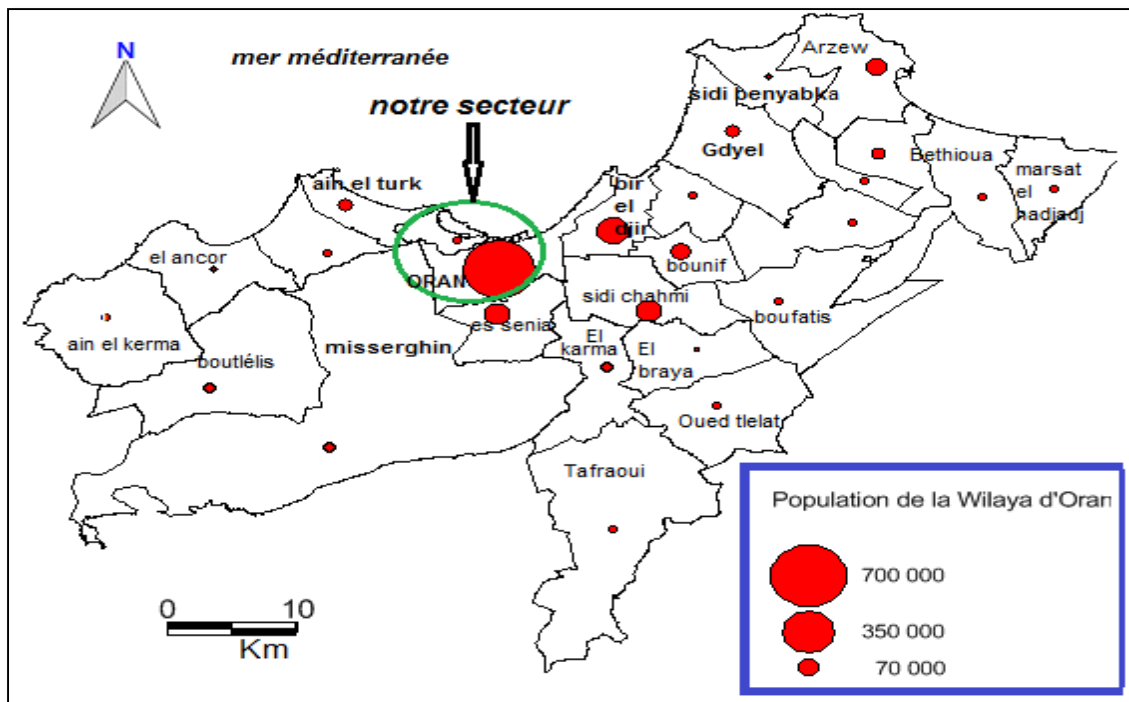


Fig.25 : Répartition de population de la wilaya d’Oran selon (RGPH, recensement général de la population de l’habitat, 2008).

4.2. Vulnérabilité

Le sous bassin de Ras El Ain Située en zone karstique, la connaissance de la vulnérabilité *intrinsèque* en premier lieu et spécifique par la suite des eaux souterraines karstiques de la région est essentielle pour sa protection.

Ces aquifères karstiques présentent des caractères originaux, et complexes qui les distinguent profondément de tous les autres milieux aquifères et leurs eaux souterraines représente une importante ressource d'eau potable, mais particulièrement vulnérable a la pollution. Par ailleurs, aucune des méthodes inventoriées pour calculer la vulnérabilité *intrinsèque* et spécifique n'ayant été utilisée auparavant en Algérie, le choix technique s'est porte sur l'usage d'une méthode simple, confinée aux systèmes d'information géographique (SIG). Elle en est de même pour ce qui de la vulnérabilité spécifique liée aux contaminants qui sera purement géostatistique.

Le résultat final sera donc la vulnérabilité globale qui focalise sur les risques potentiels et sur l'état de la pollution réelle. L'approche pourrait être complétée par des modèles corrélatifs entre les formations géologiques, la pluviométrie et les activités humaines.

La nappe présente actuellement un problème majeur du à la pollution bactériologique et aux hydrocarbures depuis 1998, l'eau s'écoule directement sur la mer a cela il faudrait ajouter la dégradation chimique des eaux, (Benabid S, 2008).

4.3. Pollution

La localisation de la nappe d'eau souterraine dans une zone *urbaine* génère des risques de pollutions multiformes issues des activités *domestiques, agricoles, et industrielles*.

A cela s'ajoute l'existence d'un réseau d'assainissement souvent vétuste entraînant d'importantes fuites d'eaux usées dans le sous-sol.

Notons également l'existence d'importantes zones d'habitation et autres (*Planteur, Ras-El Ain, El Hassi...etc.*) ne disposant pas d'un réseau d'assainissement d'où le rejet des eaux usées dans des fosses perdues, creusées dans des formations *carbonatées karstifiées* (secteur occidental) qui n'assurent *aucune filtration* des éléments polluants qui peuvent *migrer* dans le sous sol à une vitesse *très rapide*. Au sud de la zone urbaine se maintient une ceinture d'activité *agricole* utilisatrice *d'engrais, pesticides...etc.* Cela peut également participer à une *pollution diffuse* des eaux souterraines de la zone d'étude.

A cela s'ajoute la présence au sein de l'agglomération, de cimetières, de décharges sauvages, dépôts d'hydrocarbures...etc.

4.3.1. Les éléments chimiques indicateurs de pollution

Pour apprécier l'effet possible de la pollution des eaux souterraines dans la zone étudiée, nous avons procédé à l'étude de certains éléments indicateurs de pollution contenus dans les eaux souterraines. A cet effet, l'analyse des échantillons d'eau prélevés a concerné, en plus des éléments chimiques majeurs, certains éléments indicateurs de pollution.

Les résultats de l'analyse des dix dernières années sont figurés dans le tableau.06. Alors les principaux éléments analysés sont: les nitrates, les nitrites, l'ammonium, les phosphates, la matière organique acide, la matière en suspension, et la turbidité.

La détection de ces éléments dans l'eau ou de leur non-conformité aux normes de potabilité pourrait informer de l'impropre té ou non à la consommation humaine des eaux de la source de *Ras El Ain* échantillonnée sen 2011 et 2020.

Tableau.06 : Résultats des analyses physico-chimiques des éléments indicateurs de pollution de 2011, et 2020.

élément années	NO₃ (mg/l)	NO₂ (mg/l)	NH₄ (mg/l)	Phosphates (mg/l)	MO acide (mg/l)	MES (mg/l)	Turbidité (NTU)
2011	71	0.01	0.03	0.01	3.5	4	2
2020	32.74	< 0,04	< 0,06	< 0.05	1.67	/	1.38

4.3.1.1. Les Nitrates (NO₃):

Sont des composés chimiques constitués d'azote et d'oxygène. Ils résultent du cycle de l'azote qui est une substance nutritive indispensable à la vie végétale.

L'oxydation par les microorganismes des plantes, du sol ou de l'eau rend l'azote assimilable par les plantes sous forme de nitrates. Ainsi toutes les sources d'azote sont potentiellement capables de se retrouver sous forme de nitrate. Dans d'autres conditions, notamment en milieu acides, des nitrites (NO₂) sont naturellement formés à partir des nitrates. A leur tour les nitrites, peuvent se combiner aux amines et aux amides pour former ce que l'on appelle des nitrosamines. Le tableau.07 représente les teneurs en nitrate dans les eaux de la source de Ras El Ain.

Tableau.07 : Teneurs en nitrates la période 2007/2020

NOM	NO₃(mg/l)
2007	75
2010	44.61
2011	71
2018	53
2020	32.74

Les teneurs moyennes en nitrates varient entre 36 et 75 mg/l sur la période de 2007 à 2020. Le seuil limite de potabilité de 50 mg/l a été dépassé en 2007, 2011 en atteignant ($\text{NO}_3 > 71$ mg/l). En ce qui concerne les autres échantillons, malgré des améliorations constatées, notamment en 2020 avec une concentration en nitrates de 36 mg/l. La présence des Nitrates est liée à des engrais utilisés par les agricultures et aux rejets urbains de la commune d'Oran, qui se déversent dans le bassin sans subir de traitement préalable, qui sont chargés de matières organiques et produisent des nitrates. La figure qui suit, représente la variation des teneurs en nitrates de la source de Ras El Ain.

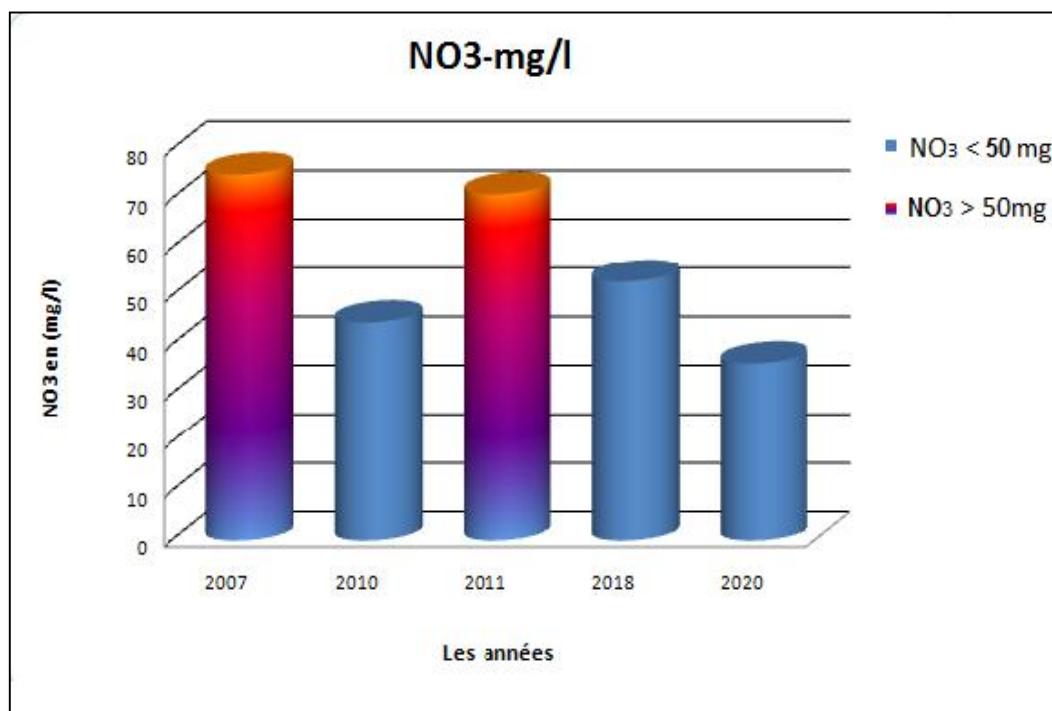


Fig.26 : Évolution des Nitrates dans la source de Ras El Ain 2007-2020.

Les différentes formes D'azote :

Peut exister sous trois formes principales: *Gazeuse, Minérale, Organique* ; il peut être en liaison avec l'hydrogène pour former l'ammoniac, ou avec l'oxygène et donner les nitrites et les nitrates, *Et Organique* il entre dans la constitution des protéines présentes dans tous les tissus vivants.

La teneur en nitrite dans les eaux de la source de Ras El Ain 0.01 selon les analyses de 2011 et 0.04 mg/l en 2020. Avec une teneur ammonium ($\text{NH}_4 < 0.06$ mg/l), qui se transforme rapidement en nitrites (NO_2) et en nitrates (NO_3) par oxydation.

Cycle de l'azote dans la nature:

Le cycle le plus complexe des cycles biogéochimiques. Il est difficile d'évaluer les quantités d'azote présentes dans les divers compartiments de la biosphère, à l'exception de l'atmosphère qui contient 79 %, et des composés d'origines industriels qui sont de 4 à 5 fois plus abondants que ceux qui proviennent de la fixation biologique de l'azote atmosphérique.

Les phases du cycle de l'azote:

Les principales phases du cycle de l'azote sont : *la minéralisation* (ammonification et nitrification) et *l'immobilisation* ou réorganisation. Le premier phénomène concerne les transformations de l'azote organique en azote ammoniacal, qui est progressivement converti en nitrites et en nitrates, alors que l'immobilisation transforme l'azote minéral en azote organique de la période froide. Ceci est fait par l'intermédiaire de certains groupes de microbes. L'immobilisation est donc la transformation inverse de minéralisation. Elle se fait par trois voies: *Dénitrification*, *Absorption de l'Azote* par les plantes, et le Phénomène de *Volatilisation*, (Mariotti, 1988).

Ces deux phénomènes sont simultanés dans le sol sont fortement influencés par les conditions environnementales tel que la température, le pH et l'humidité du sol, d'où une évolution annuelle des concentrations en nitrates dans la nappe (Pinheiro A, 1995). Les principales étapes de ces phénomènes sont les établie sur la figure.27 suivant :

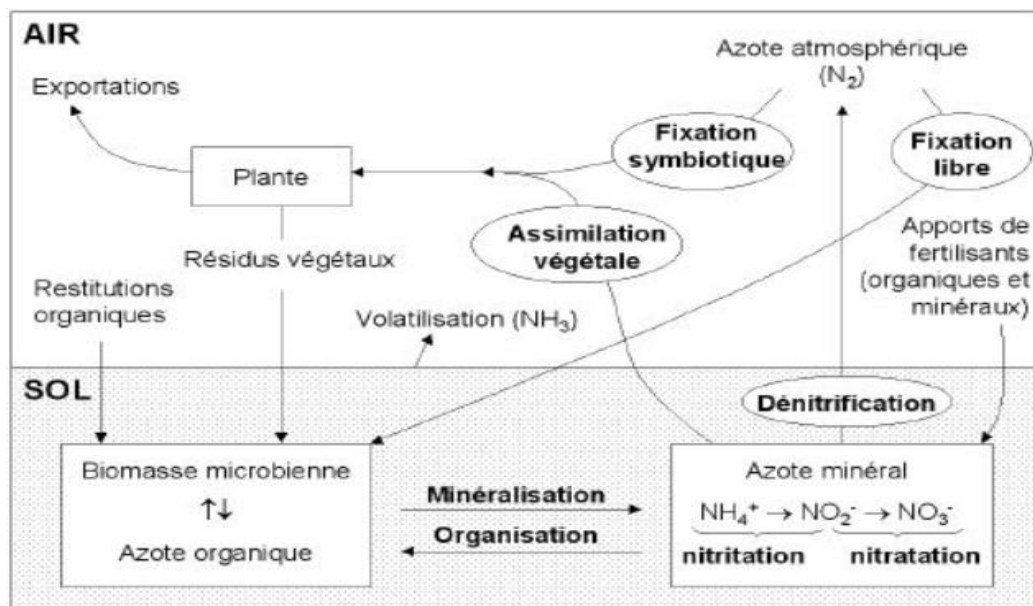


Fig.27 : Cycle de l'azote dans le sol, (Recous et al. 1997).

Nitrates et risques sanitaires:

Les préoccupations liées à la pollution par les nitrates portent sur la *toxicité* des eaux de consommation. Cependant, les nitrates ingérés par l'homme ne proviennent pas uniquement de l'eau boisson et cuisson. La dose absorbée au travers de l'alimentation (légumes: 100 mg à 2 g/kg, charcuterie: 50 à 200 mg/kg, salaisons, fruits, pain, produits laitiers) est estimée entre 100 et 300 mg/j.

La dose journalière admissible est fixée par l'OMS à 3,65 mg/kg de poids par jour (Rodier, 1996). L'importance de l'apport hydrique apparaît clairement, compte tenu d'une consommation journalière de l'ordre de 0,7 l pour le nourrisson et de 2 l pour l'adulte (Duchemin et al., 1988).

Pharmacocinétique et métabolisme : Une fois ingérés, les nitrates sont rapidement absorbés au niveau de l'intestin grêle proximal puis distribués dans tout l'organisme (Bartholomew et Hill, 1984). Une partie des nitrates absorbés, soit environ 25%, est sécrétée dans la salive (Spiegelhalder et al, 1976).

La microflore buccale contribue à transformer environ 20% des nitrates sécrétés dans la salive en nitrites. Environ 5% des nitrates ingérés sont donc réduits en nitrites par l'activité microbienne de la salive (Eisenbrand et al., 1980; Spiegelhalder et al., 1976).

Il est prouvé que les nitrites, une fois absorbés, sont responsables de la formation de la méthémoglobine (Shuval et Gruener, 1972). Les nitrites sont également reconnus pour réagir, au niveau gastrique, avec des composés nitrosables tels que les amines et les amides pour former des composés N-nitrosés (Broitman et al., 1981).

Intoxication aiguë : La méthémoglobinémie du nourrisson est le seul effet sur la santé qui a été associé de façon non équivoque à une exposition excessive aux nitrates par l'eau de consommation. Elle survient principalement chez les enfants de moins de trois mois exposés à des concentrations de nitrates qui excèdent 50 mg/l dans l'eau utilisée pour la préparation des biberons (CEPA, 1997). Des bactéries contenues entre autres dans les glandes salivaires, transforment les nitrates en nitrites.

Effets cancérigènes : Les nitrates et nitrites ne sont pas cancérigènes, mais leur transformation possible en composés N-nitroso dans l'eau ou les aliments avant l'ingestion,

ou dans l'organisme après ingestion, pourrait augmenter le risque de cancer et de malformation du fœtus chez l'être humain (Vermeer et al, 1998; Levallois et Phaneuf, 1994). Même pour les nitrates d'origine agricoles pouvant être réduits en nitrites, qui vont se lier à l'hémoglobine dans les globules rouges et provoquer des troubles plus ou moins lourds de conséquence en raison d'un défaut d'oxygénation des tissus. Par ailleurs, ils peuvent devenir éventuellement précurseurs de nitrosamines cancérigènes (Hartemann P, 2013). Cependant, selon d'autres résultats d'études, les nitrosamines ne se forment pas lors de l'ingestion ou de la digestion de légumes riches en nitrates, et la consommation de tels légumes pourrait présenter certains avantages (McKnight et al. 1999; Duncan et al. 1997). De même, certains auteurs ont observé des associations avec l'exposition aux nitrates par l'eau de consommation mais non par l'ingestion d'aliments (Weyer et al. 2001; Ward et al. 1996). De plus, plusieurs études épidémiologiques n'ont pas réussi à confirmer le lien entre l'ingestion de nitrates et le cancer (Van Leeuwen et al. 1999; Barrett et al. 1998; VanLoon et al. 1998; Cantor, 1997). Toutefois, ces études n'ont pas non plus prouvé l'absence de risque de cancer lié à leur consommation. Le risque de cancer n'est pas actuellement pris en compte dans l'établissement des normes d'eau potable, vu que l'apport de cette dernière est généralement faible, comparé à celui provenant des aliments.

Effets environnementaux des nitrates : Au point de vue environnemental, les nitrates (et les phosphates) sont responsables des phénomènes d'eutrophisation des rivières et des eaux littorales. Ils correspondent à une prolifération importante de végétaux chlorophylliens, qui provoquent la baisse des quantités d'oxygène dissous disponibles (Menesguen P 1995). Une augmentation des concentrations en composés toxiques comme l'hydrogène sulfuré et l'ammoniaque peut accompagner l'eutrophisation, et provoquer un déséquilibre biologique et biochimique perturbant les écosystèmes.

4.3.1.2. Le phosphate:

Leur présence dans les eaux naturelles dépend de la nature des terrains traversés et de la décomposition de la matière organique. Les eaux de surface ou souterraines peuvent être contaminées par des rejets industriels et domestiques ou par le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés.

- Les matières organiques présentes dans l'eau de la source de Ras El Ain :
(MO ≈ 3.5 mg/l) en 2011 et de (MO ≈ 1.67 mg/l) en 2020.

- Les teneur en phosphate comprise entre : (0.01 < phosphate en mg/l < 0.05).

4.3.1.3. *La matière en suspension:*

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables. Elles sont en fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de rejets...etc. En se déposant, elles peuvent colmater les fonds et créer des déséquilibres de la faune et la flore. En outre, ces substances peuvent favoriser la prolifération des micro-organismes pathogènes et ralentissent les phénomènes liés à la lumière (photosynthèse).

- Les eaux de la source étudié ne possèdent pas une forte teneur en MES.
La valeur maximale est constatée au (4 mg/l)

4.3.2. Les bactéries indicatrices de contamination:

4.3.2.1. *Pollution bactériologique :*

Les bactéries, virus et autres agents pathogènes rencontrés dans les eaux souterraines proviennent de fosses septiques, des décharges, des épandages d'eaux usées, de l'élevage, de matières fermentées, de cimetières, du rejet d'eaux superficielles. Ces pollutions peuvent être aussi dues à des fuites de canalisations et d'égouts ou à l'infiltration d'eaux superficielles. La majorité de ces microorganismes nocifs, susceptibles d'engendrer des infections humaines redoutables, diffuse dans l'environnement hydrique par l'intermédiaire de souillures fécales humaines ou animales.

Les pollutions microbiologiques se rencontrent surtout dans les aquifères à perméabilité de fissure (craie, massifs calcaires), dans lesquels la fonction épuratrice du sous-sol ne peut s'exercer et dans lesquels la matière organique est dégradée partiellement. Les émergences de type karstique avec des circulations souterraines rapides sont par conséquence très vulnérables à cette pollution, c'est le cas de notre secteur d'étude qui semblerait rassembler toutes les conditions à la prolifération des Bactéries et d'éléments pathogènes.

Une eau potable ne doit pas contenir d'organismes pathogènes, tout au moins en quantité susceptible de provoquer une contamination chez les personnes les plus sensibles; Il pourrait donc sembler souhaitable que soit effectué la recherche de tous les germes responsables des maladies transmises par voie hydrique.

Les micro-organismes, ayant pour origine la pollution fécale de l'eau, sont très nombreuses et très variés et ne peuvent donc faire l'objet d'une recherche spécifique. De plus leur identification est très difficile, voire impossible dans le cas de virus. En outre, leur durée de vie peut être très courte. Pour ces différentes raisons, il est préférable de rechercher des germes qui sont toujours présents. On citera les germes suivants :

Les coliformes totaux, ce sont des bactéries en formes de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives.

Les coliformes fécaux: ce sont un sous groupe des coliformes totaux, associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia Coli* (E.coli). Leur présence, dans l'eau d'un puits, indique sûrement une pollution d'origine fécale, issue du fumier ou des eaux usées provenant d'une fosse septique avoisinante.

Les streptocoques fécaux: ce sont d'excellents indicateurs de pollution et sont généralement pris en compte comme des témoins de pollution fécale, et d'autres bactéries pathogènes divisées en trois groupes, s'ajoutent d'autres bactéries pathogènes qui font l'objet d'analyses bactériologiques spécifiques du fait qu'elles sont à l'origine de maladies très dangereuses. Ces bactéries sont: *Le Vibriion Cholerae*, *La Salmonella*, *Le clostridium sulfito-réducteur*.

La surveillance microbiologique des eaux de distribution concerne les paramètres suivants: *coliformes thermo tolérants* (*Escherichia coli*, *Enterobactercloacae*, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica ...etc.*) *streptocoques fécaux* (*genres Enterococcus et Streptococcus*).

D'après l'étude bactériologique réalisée par la SEOR. À partir des données de l'année de 2010, 2011, et 2020. Et les résultats d'une campagne de prélèvement effectuée le 04 juin 2006 (AddaM.&Bouchenoukl., 2007).

La situation de la source de Ras El Ain est très inquiétante (Tableau.08).

Les *coliformes totaux* sont omniprésents dans la nature et sont associés à la matière organique en décomposition (pelouse, foin, bois, matières fécales...etc.)

Pour qu'une eau soit considérée potable, le résultat doit être de moins de 10 *ufc* (Unité Formant Colonie) par 100 ml.

Les eaux de la source de *Ras El Ain* présentent des teneurs en coliformes totaux supérieures à 10 colonies/100 ml. La teneur en coliformes totaux est particulièrement élevée à la source de Ras El Ain en 2006 (1400 colonies/100 ml: campagne 2) où l'on note

également la présence de Streptocoques fécaux (93 colonies/100 ml). Les eaux de cette source présentent également une importante variabilité de teneur en coliformes totaux: entre la première et la deuxième campagne.

L'eau de la source de Ras el Ain, avec le résultat suivant est considérée impropre à la consommation. A l'exception l'année 2020 on concéder que est potable.

Tableau.08 : Relevés Bactériologique de la source de *Ras El Ain* 2006-2020.

<i>la source de Ras El Ain</i>	2006	2010	2011	2020	<i>Norme selon OMS</i>
Coliformes totaux à 37°C	210/ 1400	21	240	0	<10
Escherichia-Coli à 44°C	00/00	2	0	0	0
Entérocoques	00/93	0	21	0	0
Clostridium Sul.Réd	/	/	/	0	0

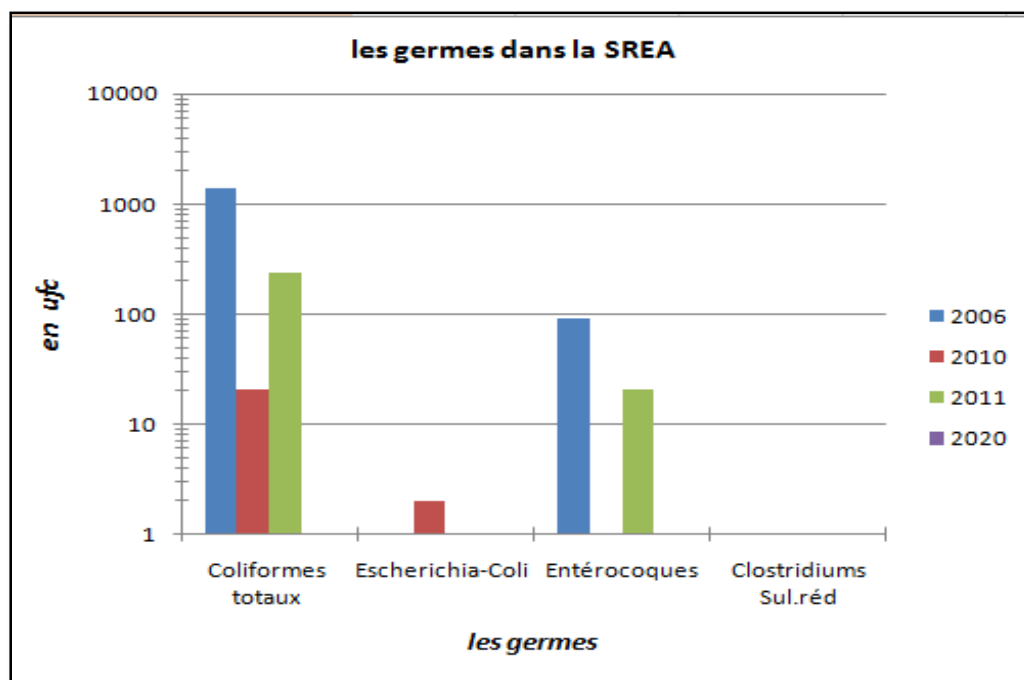


Fig.28 : Évolution Bactériologique de la Source de Ras el Ain (*SEOR 2006/2020*).

4.3.2.2. Pollution bactériologique et risque sanitaire :

Les Risques bactériologique et microbiologiques de conséquences immédiates, les dangers sanitaires dus à la qualité bactériologique de l'eau et qui ont fait l'objet de la totalité des enquêtes épidémiologiques sont dominés par des affections ORL, cutanées et surtout digestives d'origine bactérienne, virale ou parasitaire, sont directement liés à la contamination fécale de l'eau.

En revanche le risque d'origine microbienne est bien démontré, pourtant sous-estimé par la population focalisée sur le risque chimique. La pollution microbienne et parasitaire des eaux est très importante. Son origine est avant tout d'origine fécale comme avant, due aux déjections humaines et animales, au travers des eaux usées plus ou moins bien maîtrisées. Les microorganismes de pollution fécale des eaux sont des bactéries susceptibles de provoquer des troubles gastro intestinaux (*entéropathogènes*) (*salmonelles, shigelles, E.coli, vibriion cholérique...*) des virus (*entéro-virus* de type *poliovirus, coxackie* et *echovirus, virus de l'hépatiteA, corona* et *rota-virus, virus de Norwalk* et assimilés...) responsables, selon les cas, de gastro-entérites, hépatites ou syndromes neuro-méningés. Les virus sont en général plus persistants dans le milieu et plus résistants aux traitements de désinfection que les bactéries. Des parasites sont aussi en cause : ils sont fort nombreux, dans les pays tropicaux, à impliquer un stade hydrique important dans leur cycle de développement, tel *Entamoeba coli*. Qui sont de redoutables agents pathogènes, provoquant des diarrhées graves, notamment pour des sujets immunodéprimés ; leurs kystes sont aussi particulièrement résistants dans le milieu et face aux désinfectants. Mais en dehors de ces microorganismes dont le réservoir est humain ou animal. Parmi eux, certains peuvent cependant avoir un effet néfaste sur la santé humaine. L'homme a ensuite inventé l'aérosolisation de l'eau (tours à éros réfrigérantes, jeux d'eau, douche, brumisation, bains bouillonnants...etc.) et il est à ce moment exposé à l'inhalation par voie respiratoire de cette bactérie, en particulier *Legionella pneumophila*, la plus virulente. Selon son terrain immunitaire et l'état de ses poumons, la bactérie pourra s'y développer et provoquer une pneumonie grave, parfois mortelle.

Ce sera aussi le cas de certaines bactéries dites pathogènes opportunistes, naturellement présentes dans les eaux, mais pouvant poser des problèmes pour des usages quotidiennes.

De façon classique ce sont des bactéries d'origine humaine ou animale dites pathogènes vraies qui vont être responsables d'épidémies de grande ampleur dans les pays en développement (E.coli ; shigatoxines, Vibrio cholerae, Salmonella typhie ; le *typhoïde* ; ou S. paratyphi). Dans les pays développés, l'incidence des *gastro-entérites* est plus faible, en général liées à des virus. Ainsi, même dans les pays développés, la population n'est pas à l'abri d'épidémies liées à des dysfonctionnements du traitement de potabilisation ou à une irruption d'eau usée ou d'eau non traitée dans les réseaux d'eau de distribution publique. (hartemannP ,2013)

Vu le manque de données dans ce contexte nous avons jugé de présenter des exemples qui nous permettent de mieux comprendre les risques hydriques,

En milieu hospitalier l'affaire de la Clinique du sport à Paris, avec l'introduction de Mycobacterium xenopi dans les articulations lors d'examens endoscopiques après rinçage de l'appareil à l'eau du robinet et non à l'eau stérile !) Ce dernier provoque des infections chez des patients immunodéprimés ou en raison d'une inoculation intempestive dans le corps (P, Hartemann. ; 2013).

En Algérie La surveillance des maladies à Transmission Hydrique (MTH) reste basée particulièrement sur le système de déclaration et sur les statistiques de morbidité en matière de ces maladies qui fournissent par les Structures sanitaires. Ces statistiques et les déclarations ne reflètent pas totalement la réalité de la situation épidémiologique, car il y a une sous-déclaration importante et de nombreux praticiens ne déclarent pas leurs malades aux Services de prévention pour différentes raisons. Tableau.09 représente Nombre de cas déclarés de *typhoïde*, *dysenterie*, *Toxi-infection Alimentaire Collective TIAC*, et *hépatite virale* dans la wilaya d'Oran 2016/2020.

Tableau.09 : Nombre de cas des maladies a transmission hydrique déclarés,(Direction de la Santé d’Oran, avril 2020).

<i>Maladies</i>	<i>fièvre typhoïde</i>	<i>Dysenterie</i>	<i>TIAC</i>	<i>hep. Virale. A</i>
2016	1	/	161	61
2017	/	22	228	44
2018	/	2	320	99
2019	/	3	526	213
2020	/	2	79	77

En fait le système de déclaration et les dénombrements des maladies à transmission hydrique ne renseignent ni sur le nombre exact de malades atteints, ni sur la répartition dans le temps, ni dans l'espace de ces affections (point hydrogéologique) et encore moins sur le nombre éventuel de porteurs de germes. Les facteurs de propagation de ces maladies restent souvent inconnus.

4.3.3. Pollution par les hydrocarbures :

4.3.3.1. Définition :

Les polluants insolubles plus légers que l’eau : comme le Fuel, par exemple plus légers que l'eau reste à la surface de la nappe où ils s'étalent. C'est principalement le cas des hydrocarbures, même si quelques-uns sont légèrement solubles (phénols, aromatiques). Pour circuler dans le sol et rejoindre la nappe, les hydrocarbures doivent être en quantité suffisante pour former une phase continue. S'ils sont présents sous forme discontinue (gouttelettes piégées dans les pores), la pollution sera plus lente.

Les polluants insolubles et plus denses que l'eau : comme les organochlorés (boues ou les bitumes) migrent jusqu'à la nappe sans laisser de traces derrière eux. Une fois arrivés à la nappe, ils continuent à descendre jusqu'à la base, puis migrent dans le sens du pendage. Peu ou pas *biodégradables*, ils polluent la nappe pour des durées très longues. Ils sont très difficiles à localiser et à éliminer.

Pour le secteur de Ras El Ain, la nappe présente un problème majeur du à la pollution bactériologique et lié aux hydrocarbures depuis 1998.

De tout temps. La source de Ras El Ain a constitué un élément principal pour l'alimentation en eau potable de la ville d'Oran. En 1998 la source suite a ce type de pollution n'est plus utilisée pour la l'AEP de la ville et si aucune initiative n'est prise pour enrayer les causes de cette pollution, cette dernière risquerait d'être irréversible.

Ce point d'eau est menacé par :

- Des activités potentiellement polluant (station d'essence, station de lavage de voiture, les réservoirs de la caserne militaire d'Oran).
- Des logis illicites sans système d'assainissement.

4.3.3.2. Le risque hydrique lié aux Pollution par les hydrocarbures :

Les contaminants organiques d'origine anthropique potentiellement innombrables, détergents, produits phytosanitaires, solvants, hydrocarbures, plastifiants... qui interpellent le plus quant à leur impact éventuel sur la santé. Liés aux activités humaines de tous ordres, ils créent des problèmes différents selon leur solubilité (certaines molécules sont très hydrosolubles et d'autres sont insolubles, mais peuvent l'être dans les graisses comme certains pesticides), leur rémanence (aptitude à persister dans le milieu du fait de leur non-dégradation chimique passive ou active par des organismes vivants et leur devenir dans les eaux, les sols et la chaîne alimentaire) et leur toxicité.

On peut citer ici les Poly Chloro Biphenyls (PCB) provenant des huiles utilisées dans les transformateurs ou de certaines activités industrielles, les substances à effet perturbateur *endocrinien* interpellent les autorités sanitaires et les traiters d'eau. Les Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques (HPA) sont une autre classe avec des effets cancérogènes démontrés. Hormis des accidents subaigus ponctuels ou des phénomènes cumulatifs, les molécules organiques interrogent de plus en plus du fait de leur présence ubiquitaire, polyvalente et insidieuse, se manifestant par des effets avérés sur les espèces animales et des effets sur la santé de l'Homme parfois réels, mais surtout potentiels à long terme cancers, altérations endocriniennes, (Hartemann P et al., 2009).

5. Moyens de remédiation

5.1. Introduction

Afin de garantir la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine, qui est l'aliment le plus contrôlé, le système repose sur un ensemble de mesures allant de la ressource au point de distribution dont, hélas, les médias et le consommateur ne retiennent que la conformité à la norme.

Pour assurer une protection de la population vis-à-vis des risques hydriques liés aux eaux d'alimentation, la gestion technique et sanitaire doit être la plus préventive possible, à ce titre, s'appliquer dès le choix de la ressource, puis lors de la conception et de la réalisation des installations en fonctionnement quotidien, elle doit être dynamique pour permettre des actions adaptées aux difficultés : celles-ci peuvent apparaître lors d'une dérive légère de la qualité qui reste encore comprise dans les zones de sécurité des règles fixées, ou lors d'un dysfonctionnement majeur dont les effets sont constatés sur la santé d'utilisateurs. Elle doit tenir compte de l'inertie des systèmes de production et de distribution d'eau qui peut se compter en jours pour les réseaux.

Face à ces micropolluants, chimiques ou microbiologiques, il convient d'organiser la prévention de leurs conséquences pour la santé des populations et la meilleure solution est la *limitation* de la pollution de notre environnement hydrique. La restauration de la qualité de nos réserves en eau fait partie des objectifs de tout gouvernement, mais les moyens à mettre en œuvre (en particulier *épuration* de toutes les eaux usées) sont très importants et coûteux.

Si des progrès notables ont été enregistrés pour la réduction des pollutions d'origine industrielle et urbaine, il reste encore beaucoup à faire pour les pollutions diffuses, en particulier d'origine agricole et domestique.

5.2. Les périmètres de protection de la source de Ras El Ain

Pour un captage ou un champ captant, trois zones concentriques sont définies dans lesquelles des contraintes plus ou moins fortes sont instituées pour éviter la dégradation de la ressource. Le but est de protéger les abords immédiats de l'ouvrage, son voisinage et d'interdire ou réglementer les activités qui pourraient dégrader la qualité des eaux captées. Les limites méridionales et orientales ont été déterminées grâce à l'apport des travaux de Benabid S. (2007).

Ces travaux ont permis de mettre en évidence des lignes de partages des eaux souterraines faisant office de limites du bassin hydrogéologique. Ceci n'a été possible que par la densité des points mesurés et entrant dans le réseau piézométrique que nous avons conçu. Les limites *Nord* et *Nord-Ouest* correspondent à la ligne de crête où affleure le substratum constitué des schistes imperméables.

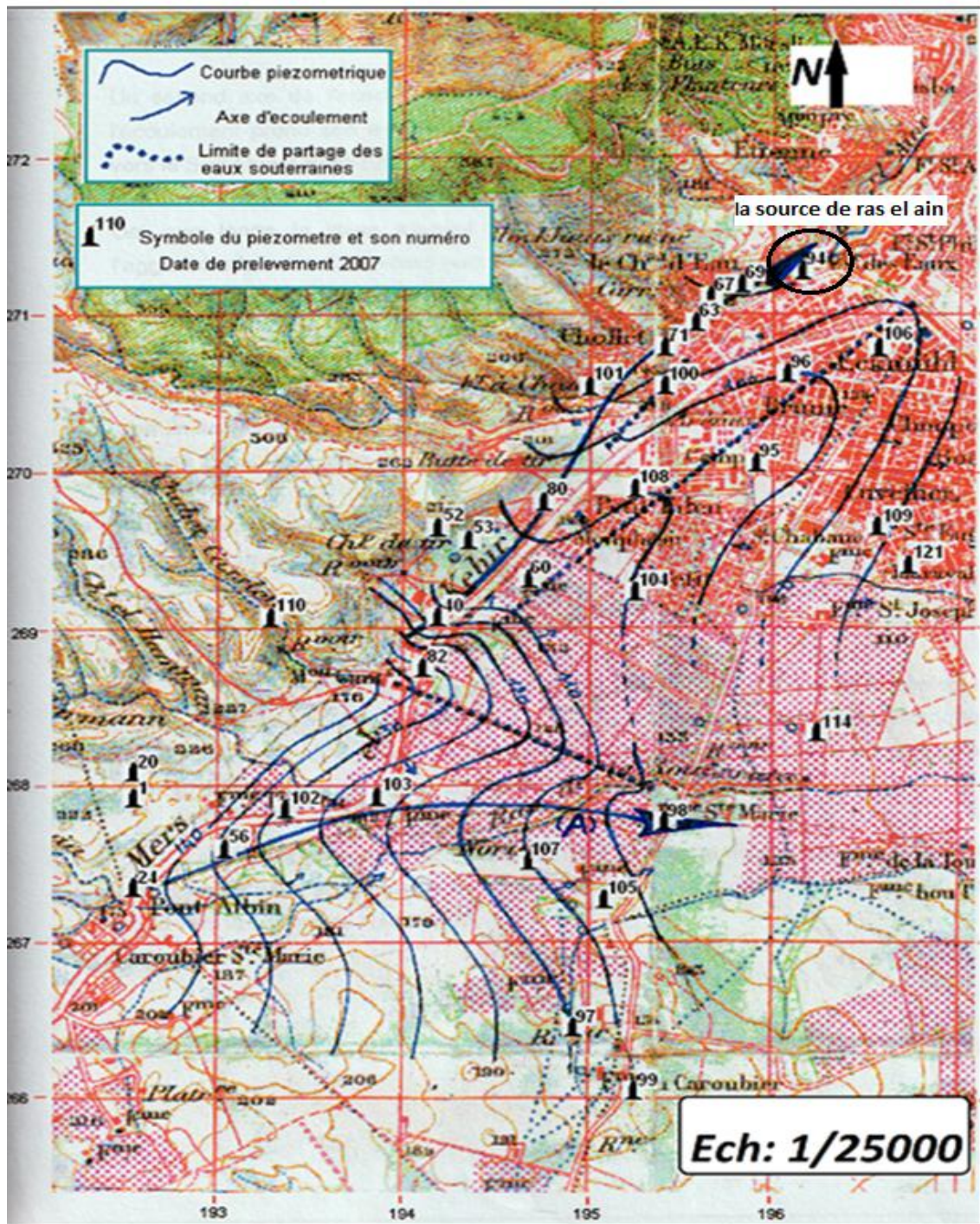


Fig.29: carte piézométrique du bassin de Ras El Ain, (Benabid S, Mai 2007).

5.2.1. Le périmètre de protection immédiate (PPI):

Ce premier périmètre contient le captage lui-même. Sa surface est limitée à quelques centaines de mètres carrés (environ 30 mètres sur 30). La collectivité locale est propriétaire du terrain qu'elle doit clôturer, sauf en cas d'impossibilité.

Toutes les activités y sont interdites, sauf celles consacrées à l'exploitation et l'entretien des équipements. Son rôle est d'empêcher la dégradation des ouvrages ou l'introduction directe de substances polluantes dans l'eau.

5.2.2. Le périmètre de protection rapprochée (PPR) :

Le périmètre de protection rapproché doit protéger le captage de la migration des substances polluantes. Sa surface dépend des caractéristiques locales; elle varie entre 1 et 10 hectares. Toutes les activités, installations et dépôts susceptibles de nuire directement ou indirectement à la qualité des eaux sont interdits ou réglementés. De prime abord, il faut garder à l'esprit que la raideur des versants, surtout la partie occidentale de Ras el Ain, intensifie avant tout l'activité des divers processus de transport, c'est aussi les lieux où les eaux courantes exercent au maximum leurs activités de transport, d'ablation latérale et d'accumulation),

En raison de l'amointrissement des forces d'inertie opposées à l'action de la gravité récapitulatif des puits et forages du Bassin de Ras El Ain délimités dans la zone II de protection rapprochée, voir figure.30.

Tableau.10 : Coordonnées Lambert des points proposé pour le périmètre de protection rapprochée (ANRH, 2007 in Benabid S, 2008).

point	X Lambert	Y Lambert	Description
A	196.13	271.25	Source de Ras El Ain.
B	196.852	270.92	Réservoir d'echmuhl.
C	196	270.27	camp des tirailleurs point de rencontre avec la limite hydrogéologique.
D	194.8	269.78	stade Bouakel.
E	193.25	270.2	point de coté 308m.
F	191.5	270.75	point de coté 365m.
G	189.825	273	Les point de coté 510 lignes de crête au nord du douar krerza.
H	190.95	273.45	point géodésique de 3 ^{ème} ordre 509 situé au nord-est de la ferme combe.
I	191.55	273	point de coté 479m a l'est de la ferme S ^{te} marie.
J	192.65	272	point de coté 410m limite des crêtes.
k	194.35	272.1	point de cote 367m.
L	195.65	271.8	au sud-Ouest du village Etienne et dans la chaaba qui longe le coté nord du cimetièrè mou El douma.

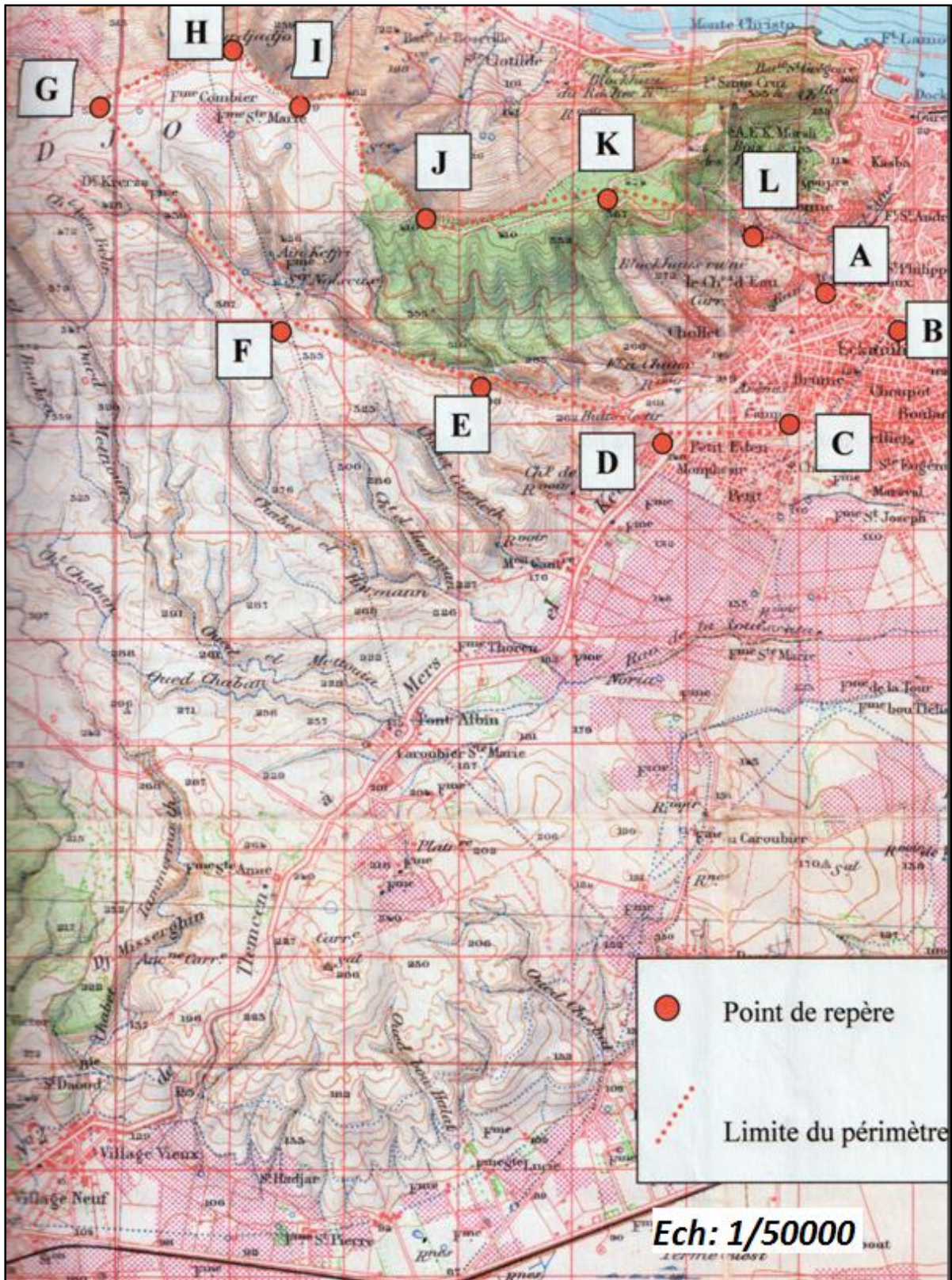


Fig.30 : périmètre de protection Rapprochée de la source de Ras El Ain.

5.2.3. Le périmètre de protection éloignée (PPE):

Le dernier périmètre n'est pas obligatoire. Il renforce le précédent. Sa surface est très variable. Sont réglementés les activités, dépôts ou installations qui présentent un danger de pollution pour les eaux prélevées, par la nature et la quantité de produits polluants mis en jeu ou par l'étendue des surfaces qu'ils affectent, voire la figure.30

Tableau.11 : Coordonnées Lambert des points proposé pour le périmètre de protection éloignée (ANRH, 2007 in Benabid S, 2008).

<i>point</i>	<i>X Lambert</i>	<i>Y Lambert</i>	<i>Description</i>
A	196.13	271.25	Source de Ras El Ain.
B	196.852	270.92	Réservoir d'échmuhl.
C	195.5	268	Ferme saint marie.
D	193.15	267.825	Ferme Thoreu.
E	192.825	268.3	Point de coté 226m.
F	192	268.25	Point de coté 268m.
G	189.65	272.25	Douar krerza.
H	190.25	273.05	Ferme combier.
I	191	273.55	Point géodésique de 3eme ordre 509 situé au nord-est de la ferme saint marie.
J	192.65	272	Point de coté 410m.
K	194.91	272.59	Point de cote 423m (Sud-ouest de Sidi AEKMorsli).
L	195.325	272.85	Koubba de Sidi AEk Morsli.

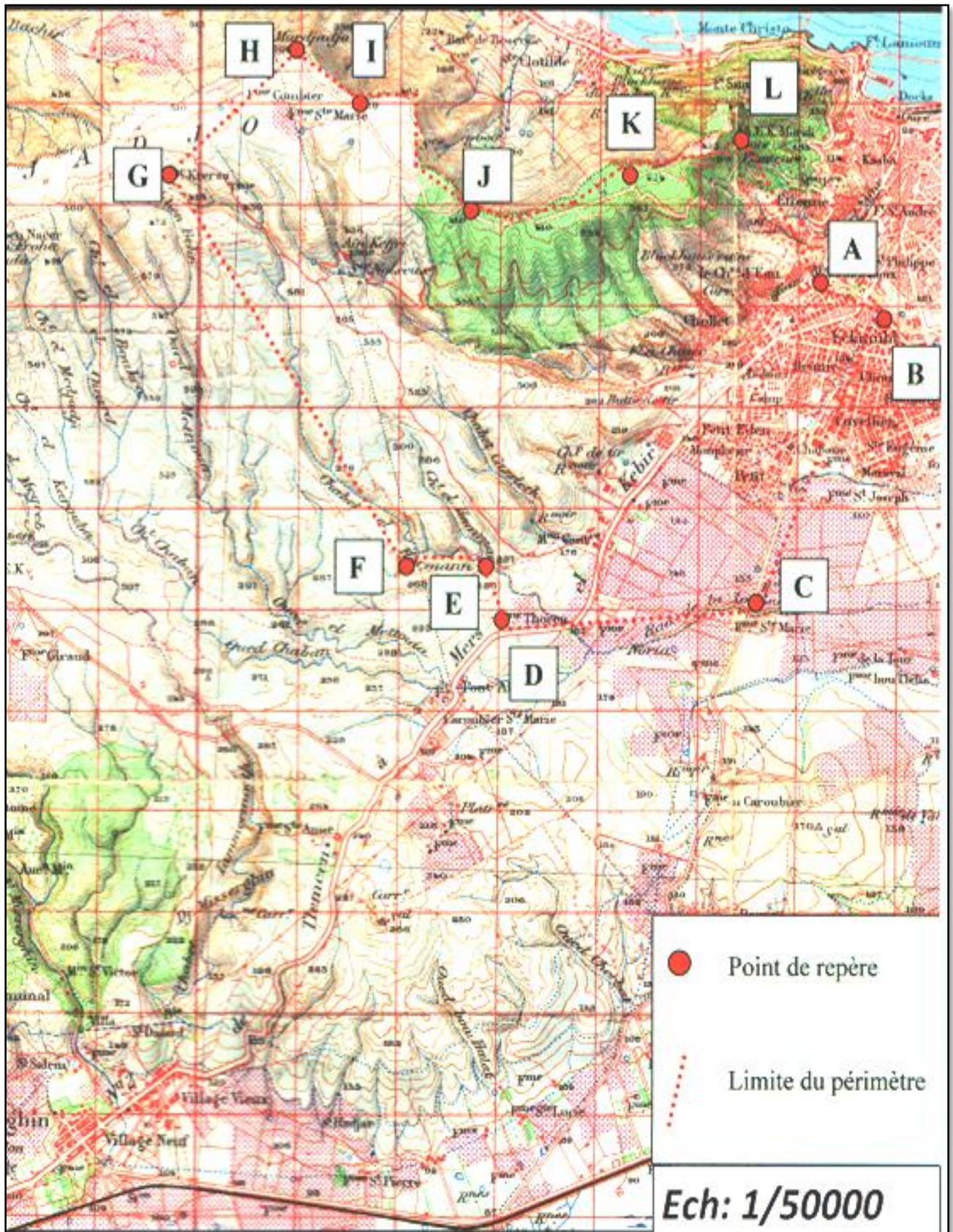


Fig.31 : périmètre de protection Eloignée de la source de Ras El Ain.

5.3. Traitement des eaux :

Sur le plan technique, pour assurer une sécurité aux usagers, la gestion sanitaire de l'eau doit prévoir la mise en place de dispositifs multi-barrières permettant une protection minimale contre les effets à court ou moyen termes. Elle peut s'appuyer sur des outils tels que des obligations de moyens, des obligations de résultats, exprimés par des valeurs de référence, des modalités de traitement, mais aussi sur une surveillance environnementale des milieux et sur une surveillance épidémiologique comportant l'analyse des incidents et des accidents. Un accent important doit être mis sur la réalisation de bilans périodiques de la qualité des eaux, et de l'efficacité des mesures prises.

5.3.1. Traitement et le control de l'EDCH :

Traitement de l'eau Il est inexistant en cas d'utilisation d'eau souterraine bien protégée et conforme aux normes de potabilité et pour un court réseau de distribution. Il peut comporter simplement une étape de filtration couplée à une post désinfection au chlore. Il peut enfin comporter toute une série d'étapes lorsque la ressource est d'origine superficielle et contient donc divers polluants chimiques et biologiques. Il comporte en général les étapes suivantes, le nombre et le choix des étapes étant fonction de la qualité de l'eau brute):

- Décantation : celle-ci peut être accélérée par l'addition d'un flocculant (sels de fer ou d'aluminium);
- Filtration sur lit de sable : cette opération étant parfois combinée à la première, ou plus récemment sur filtres en matériaux céramiques ou cellulosiques;
- Elimination des composés organiques ou minéraux indésirables ou en excès par passage sur charbon actif (adsorption des molécules organiques) ou sur résine échangeuse d'ions (élimination des sels minéraux),
- Désinfection par traitement oxydant à l'ozone, au chlore, au bioxyde de chlore ou aux dichloramines, qui élimine les micro-organismes (les bactéries, contrairement aux virus et parasites) sont beaucoup plus sensibles à la désinfection par le chlore, ce qui diminue considérablement le risque d'épidémie dues à des agents bactériens cette étape est très importante pour les eaux de la source de Ras El Ain à cause de la présence des germes bactériologiques.

- Post-chloration, avant envoi dans le réseau ou les réservoirs, de façon à maintenir une teneur résiduelle en chlore libre actif de 0,1 mg/L.

Ce sont les étapes que doit franchir l'eau de la source de Ras El Ain avant la distribution aux consommateurs afin qu'elle soit de bonne qualité et non nocive pour la santé ainsi que selon les normes de potabilité selon l'OMS.

5.3.2. Traitement des eaux usées avant rejet dans la nature :

Traitements des eaux usées Collectées par le réseau d'assainissement d'une agglomération, les eaux usées urbaines contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population (eaux ménagères, rejets des toilettes, eaux "vannes", toutes les eaux domestiques, les activités commerciales et industrielles. Elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

Le but de ce traitement est de diminuer suffisamment la quantité de substances polluantes contenues dans les eaux usées pour que l'eau finalement rejetée dans le milieu naturel ne dégrade pas ce dernier.

6. Conclusion

La localisation d'une nappe d'eau souterraine dans une zone *urbaine* génère des risques de pollutions multiformes. Le type *karstique*, on peut connaître directement le degré de la vulnérabilité de l'agglomération et a permis d'établir une estimation rapide de la sensibilité des eaux souterraines à la pollution par les activités humaines.

Il apparaît que les teneurs en nitrates dans l'eau de la source de *Ras El Ain* supérieures aux normes de potabilité de la majorité des années, sauf l'année de 2018, 2020, Les autres paramètres ne présentent pas de teneurs élevées.

L'étude concernant la pollution microbiologique, les eaux restent de mauvaise qualité bactériologique avec présence des germes indicateurs de contamination fécale pendant toutes les années à l'exception 2020. Et à partir de là, nous concluons que eau de la source de *Ras El Ain* est en passe de retrouver et récupérer son état d'origine.

La présence des nitrates et des bactéries pourrait s'expliquer par leur origine anthropique commune. Pour rappel, ce secteur se caractérise par une densité de population élevée.

Auparavant, les hydrocarbures qui polluaient la source de Ras El Ain, suite à une fuite dans les réservoirs de la caserne militaire d'Oran, ne présentent plus de risque par ces derniers.

L'évaluation partielle du risque hydrique que l'on peut faire à cet instant est plutôt rassurante dans la mesure où en fonction des concentrations parfois mesurées dans l'eau destinée à la consommation humaine pour être exposé à une dose thérapeutique elle-même et non toxique.

De là nous pouvons réduire la pollution par le contrôle de l'eau destinée à la consommation humaine, depuis son origine (terrains traversés et le périmètre de protection) jusqu'à la consommation (après traitement et désinfection) et procéder à tout empêchement de rejet des eaux usées non traitées.

CONCLUSION GENERALE

A travers ce travail, nous avons commencé par présenter le cadre physique de la région d'étude incluant les contextes géographiques, climatiques, morphologiques et hydrologiques.

L'étude géologique et hydrogéologique basée sur les travaux de plusieurs auteurs ayant étudié la région, a permis de distinguer les principales formations géologiques de cette région; 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, d'après le cadre géographique et lithologique en retient que le bassin de *Ras el Ain* se trouve focalisé sur une assise carbonatée (calcaires du Murdjadjo). Cette formation est parsemée de figure de dissolution des lapiez, dolines et avens.

Cependant, l'aquifère des calcaires au niveau du bassin de *Ras el Ain* ne constitue qu'une partie de tout le système hydrogéologique du Murdjadjo dont les autres parties se prolongent vers les bassins de Misserghine, Brédéah et Bouyakour de types endoréique. Au nord, deux directions d'écoulement convergent, l'une en provenance du Nord-Ouest alimentée par les calcaires récifaux du Djebel Murdjadjo, l'Aquifère des calcaires, ainsi bien confirmée,

La carte piézométrique a permis de fournir des informations sur les sens d'écoulement souterrain et sur le mode d'alimentation du système aquifère. Dans notre secteur, l'aspect d'écoulement dans la carte, représenté par un axe principal prédominant orienté du Sud-ouest du Djebel Murdjadjo vers l'exutoire du bassin au nord-est. Ceci est d'autant plus logique que l'alimentation de la nappe s'effectue par infiltration, au vu de la carte piézométrique actualisée (carte avril 2018). Elle indique l'exutoire principal de cette nappe, étant représenté par le ravin dit source de *Ras el Ain*.

L'étude hydro chimique a permis de caractériser les principaux paramètres physico-chimiques de la source pendant les années. Le faciès des eaux est déterminé essentiellement par la nature lithologique des formations des zones de recharge (calcaires du messinien).

La Source de *Ras El Ain* présente un faciès *chloruré-sodique*, caractérisant des eaux du influencées par les niveaux alluvionnaires.

Concernant les éléments indicateurs de pollution, il ressort que les teneurs en nitrates supérieures aux normes de potabilité ont atteint une teneur de jusqu'à 75mg/l en 2007. A partir de 2018, la teneur a considérablement diminué pour se stabiliser actuellement à 32.74mg/l.

Cependant des germes de contamination fécale ont été détectés localement au niveau de la source de Ras el Ain. A ce niveau, l'impact sur la santé induit par la consommation d'une eau de mauvaise qualité bactériologique a été présent. Ce n'est qu'à partir de 2018 que l'eau de la source bactériologiquement saine.

Les actions à entreprendre sont nombreuses ; on citera entre autre le programme de la lutte contre les Maladies à Transmission Hydrique (actions relevant du secteur de l'hydraulique, réseau de distribution, d'assainissement, épuration des eaux usées...etc.) actions qui doivent être menées par les services de santé (surveillance épidémiologique, contrôles systématiques des aliments, l'eau Destinée à la consommation Humain et de boisson) et actions prises en charge par les communes (entretien et protection des ouvrages d'adduction d'eau, l'assainissement et le contrôle des puits, forage et source).

Les moyens de lutte contre ces maladies relèvent essentiellement des collectivités locales (Commune) et portent sur l'assainissement (la Daira), l'adduction d'eau (la Wilaya), l'hygiène, le contrôle, la sensibilisation et la surveillance par le Ministère de la Santé.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques :

Abdou M H, (2020) Actualisation des connaissances hydrogéologiques de l'aquifères Plio-Quaternaires du littoral Oranais (Plaine des Andalouses, Bousfer, El Ançor, Ain Turk de la willaya d'Oran) Mémoire de master, 59 p.

Abid H. et Hacherouf B., (2001). Caractérisation hydro chimique et pollution par les nitrates des eaux souterraines de la région d'Oran. Mémoire d'ingénieur d'état, Université d'Oran. 67 p.

Adda M. et Bouchenouk I., (2007). Etude hydro chimique et bactériologique des eaux souterraines de la partie occidentale de l'agglomération oranaise (Secteur d'El Hassi" ex: Pont Albin"). Univ d'Oran. Mémoire d'ingénieur d'état, 104 p.

Adda M., (2013) Caractérisation Hydro chimique et pollution des eaux souterraines en contexte urbain, Cas de l'agglomération oranaise (Algérie) Univ d'Oran2 Thèse de Magister 138 p.

Adda M., Bouchenouk I, Hassani M.I., (2018) étude hydro chimique des eaux souterraines de la partie occidentale de l'agglomération oranaise (secteur d'el hassi ex: pont Albin). Vol 7, Issue2, Laboratoire Géoressources, Environnement & Risques Naturels (GEOREN), FSTU, Université Oran 2, BP 1015, El Mnaouer Algérie, 73-81 p.

Aissaoui A., (2010). Etablissement d'une carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines du Plateau d'Oran: Application de la méthode GOD.

Amouziane FZ, Hadjal N, (2019), Étude Piézométrique et Hydro chimique de la nappe des calcaires du Murdjadjo à l'échelle du bassin de Ras el Ain (Oran, Algérie) Univ d'Oran 2, Mémoire Master 95 p.

Belhaloui B, (1999) : Méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité des nappes libres à la pollution à partir des SIG application à la région d'Oran carte au (1/50000) d'Oran Mémoire d'Ingénieur d'Etat Univ d'Oran2. 92 p.

Belkhodadi A, (1994) Choix du réseau de surveillance qualitative du Flan sud du Murdjadjo, ANRH

Bellal S A., (2009). Ressources, usagers et gestionnaires de l'eau en zone semi-aride: Le cas des plaines littorales oranaises (Ouest algérien). Thèse de Doctorat, Univ d'Oran 2.

Bellal S A, Benchehida D, (2011), la wilaya d'Oran, un espace fortement demandeur d'eau : bilans ressources-besoins, cahiers géographiques de l'ouest n° 11, université d'Oran. 25-36 p.

Benabid S, (2008) : Le Périmètre de Protection de la Source Ras El Ain, Mémoire du d'Ingéniorat d'Etat, Univ d'Oran2, 66 p.

Benziane A, (2013), Le système aquifère de la Grande Sebka d'Oran: considérations géologiques et hydrogéologiques, Rabat Section Sciences de la Terre, n° 35, Univ des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, 77–92 p.

Bouchenouk I., (2013) processus d'enrichissement en nitrates des eaux souterraines dans les zones semi arides, cas de la plaine de boukadir (nord-ouest algérien), Mémoire Magister univ d'Oran2. 94 p.

Boudia A et BouameurA, (2017) : Caractérisation hydrochimique et qualité des eaux souterraines de la nappe Karstique de Saida. Mémoire de Master, Univ Dr Moulay Tahar de Saida, 94 p.

Boudjadja A., Messahel M. & Pauc H. (2003). Ressources hydriques en Algérie du Nord. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 16(3), 285–304 p.

Boudoura H et Bourzag H, (1999) : Structure et Fonctionnement du Système Karstique de la Source de Ras-El-Ain à Oran Mémoire d'Ingéniorat, Univ d'Oran2, 62P..

Bougherbi FZ, Sabour NE, (2019), recherche de quelques bactéries des maladies à transmissions hydrique au niveau de quelques sources d'eau de la wilaya de bouira université akli mohand ou lhadj –bouira memoire master, 71 p.

Bouklia H R, (2018), gestion intégrée des ressources en eau de la wilaya d'Oran, Univ Oran 1 Mohamed Boudiaf, Thèse de doctorat 181 p.

Castany G., (1998). Hydrogéologie (principes et méthodes) édit: Dunod, 238 p.

Delmont J, MoutonPh, (2016) Les enjeux de santé liés à la qualité de l'eau de boisson dans les pays en développement, Faculté de Médecine de Marseille – pS-Eau Atelier d'information sur la qualité de l'eau dans les projets de développement des services d'eau potable Lyon, 31 p.

Eric G, Christian M., (2008). Hydrogéologie (objets, méthodes, applications) 4^{ème} édit: Dunod, 355 p.

Fenet B.,(1975). Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir d'un élément de l'Orogenèse nord-maghrébin: Les Monts du Djebel Tessala et les Massifs du littoral oranais. Thèse de doctorat es Sciences.

Foukrache M.,(2001)Hydrogéologie de massifs côtiers Oranais (Arzew, Beni Saf).Thèse de magister, 321 p. 140 fig. 94 tab.

Gevin , (1949), Périmètre de Protection de Ras eL Ain.

Guenoune Kamilia,(2011), hydrogéologie des calcaires liasique du littoral Oranais, Mémoire d'Ingénieur, 100 p.

Hamadou H. et Zouaoui A., (2001).Etude hydrochimique et de la pollution par métaux lourds les eaux souterraines de l'agglomération oranaise. Mémoire d'ingénieur d'état, Univ d'Oran 90 p.

Hassani M.I.,(1987).Hydrogéologie d'un bassin endoréique semi-aride. Le bassin versant de la grande sebkha d'Oran (Algérie). Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle. Université de Grenoble. 304 p. 128 fig.

Hassani M.I., (2009). Vulnérabilité et protection des eaux souterraines, polycopié cours de master 1, 41 p.

Hartemann P, Festy B, Ledrans M, Levallois P, Payment P, Tricard D, (2003) Qualité de l'eau. Environnement et santé publique, Fondements et pratiques, Doc, Acton Vale / Paris pp.333-368.

Hartemann P., DAVAL M C, Hautemaniere A., (2009), Risques sanitaires liés à l'eau et à l'alimentation. Toxi-infections alimentaires, Revue Praticien, n° 59, p. 685-687. Université de Nancy

Hartemann P,(2013), Eau de consommation, risque, santé Sciences Eaux et Territoires n°10, Département Environnement et santé publique, Faculté de Médecine de Nancy, Université de Nancy,

ISSA MY, (2020), Pollution par les nitrates du versant ouest de l'aquifère du plateau d'Oran-Etat des lieux et perspectives Univ d'Oran2, Mémoire de master, 62 p.

Kherifi W., Bekiri F(2016)Les maladies à transmission hydrique en Algérie Division Eau, Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA), 12 p.

Loïc MONJOUR, (1997), Les pathologies d'origine hydrique et la potabilité de l'eau, Les Cahiers du MURS n°33, Faculté de Médecine Pitié-Salpêtrière Paris, 11-26 p.

Marie Viland, Antoine Montiel J. Duchemin, M. Larivière, P. Zarrabi Graphisme: J.c. Chazelon, (2001), Eau et Santé, programme Solidarité d'eau, Edit du Gret Guide pratique pour les intervenants en milieu rural africain, 109 p.

Sinan M., Haddouchi B., Razak M., El Hebil A., (2000). Evaluation et gestion des ressources en eau souterraine des aquifères régionaux à l'aide des systèmes d'informations géographiques. Application à la nappe du Haouz de Marrakech Maroc. Journal d'hydrogéologie B.R.G.M (France), N°4, pp 89–100.

Sourisseau B(1976),Etude hydrogéologique du massif du Murdjadjo (Brédeah-Bousfer). Rapport DEMRH Oran.

Taleb Med K(2006), État de l'assainissement d'une zone côtière Analyses et perspectives d'aménagement Cas : Commune d'Ain El Turck mémoire de magister, univ d'Oran 1, 169 p.

Zidouri A,(1986)., Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin d'alimentation de Ras El Ain. Mémoire d'ingénieur d'état, Université d'Oran2. 121 p.

Les Sites Web :

- <http://www.ihest.fr/mediatheque/series/les-etudes-de-l-ihest/dossier-l-eau-en-questions/3-la-pollution-de-l-eau#0>
- www.set-revue.fr
- <https://doi.org/10.7202/705508ar>
- <http://www.lenntech.fr/procedes/nitrates/nitrate.htm>
- <https://www.memoireonline.com/10/12/6341/Caracterisation-et-etat-de-connaissance-du-bassin-de-la-grande-Sebkha-d-Oran.html>
- <https://www.lenntech.fr/faq-purification-eau.htm>
- <http://pravarini.free.fr/Eau-Potable.htm>
- <http://www.ssents.uvsq.fr/spip.php>

Annexes

Annexes n° 01: Normes des paramètres organoleptiques (OMS).

paramètres	niveau guide	concentration max admissible	Observation
Couleur unité (p ^t /mg)	5	2	/
Turbidité (mg/l)	5	10	détermination gustative et olfactive
Odeur	0	2	détermination gout
Saveur	0	/	gout

Annexes n°02: Normes des paramètres physico-chimiques (OMS)

Paramètres	unité	niveau guide	concentration maximal admissible
<i>ph</i>	/	6.5	9
<i>conductivité</i>	$\mu\text{s}/\text{cm}^2$	200	1000
<i>Résidu sec</i>	mg/l	/	1500
<i>dureté totale</i>	F°	/	50
<i>calcium</i>	mg/l	/	100
<i>magnésium</i>	mg/l	/	50
<i>sodium</i>	mg/l	/	150
<i>potassium</i>	mg/l	/	12
<i>sulfates</i>	mg/l	/	250
<i>chlorures</i>	mg/l	/	600
<i>nitrates</i>	mg/l	/	50
<i>nitrites</i>	mg/l	/	0.1
<i>ammonium</i>	mg/l	/	0.5
<i>phosphate</i>	mg/l	/	5
<i>oxydabilité (K, MNO₄)</i>	mg/l	/	5
<i>oxygène dissous</i>	mg/l		5
<i>Aluminium</i>	mg/l	/	0.2
<i>Température</i>	C°	/	25

Emplacement du captage de la source de Ras El Ain :

