

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de : Hydraulique et Génie civil

C:.....
R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière: Hydraulique

Spécialité : traitement et épuration des eaux

Thème

*Contribution a l'étude hydro-chimique de la qualité
Des eaux exploitées en AEP
(cas de la ville HASSI MESSAOUD)*

Présenté par :

- ❖ **MESSAOUDI JAMAL EDDINE**
- ❖ **KHAIAT DJIHAD**

Soumis au jury composé de :

M^{me}: BELMABEDI	MAA	U.K.M OUARGLA	Présidente
M^r: BAOUIA KAIS	MAA	U.K.M OUARGLA	Examineur
M^r: KATEB SAMIR	MCA	U.K.M OUARGLA	Encadreur
M^r : SEDDIKI AMOR	Doctorant	U.K.M OUARGLA	Co-Encadreur

Année Universitaire: 2019 / 2020



Remerciement

Nous tenons à exprimer nos remerciements à "ALLAH" qui nous a aidés et nous a donné patience et courage durant ces longues années d'étude.

Nous voulons remercier
"Nos parents généreux " .

Monsieur le professeur "Kateb samir" qui a proposé le thème de ce mémoire, pour ses conseils et ses directives du début jusqu'à la fin de ce travail preuve au cours de ces années de thèse.

Nous tenons à nos remerciements au docteur "Seddiki Amor " Qui m'a aidé dans le mémoire.

Nous remercions également les membres de mon jury.

Maitres de conférences de l'université pour l'honneur qu'ils m'ont fait en portant leur attention sur ce travail

DÉDICACES JAMAL

Mon voyage universitaire a pris fin après l'épuisement et les épreuves.

Et me viola, je termine mes recherches supérieures avec toute la
vigueur et la vigueur.

Je suis reconnaissant à tous ceux qui ont eu du mérite dans ma
carrière, et aidez-moi, même avec un peu, des parents, une famille
respectée, des amis et des professeurs ...

Je vous présente une étude pour mon diplôme ...

DÉDICACES DJIHAD

Mon seigneur et ma chérie, le meilleur de ceux qui ont marché à la surface du globe ...

Notre professeur et notre patron le jour de l'appel ...

A Muhammad, que Dieu le bénisse et lui accorde la paix.

À ceux dont le nom est associé au nom du Dieu Tout-Puissant:

*Mon père et ma mère, qui n'ont pas échoué dans mon éducation et mon
éducation*

*Les remerciements, même s'ils atteignent la plénitude de la terre et du ciel, ne
suffiront pas à exprimer la faveur de ma mère
Mes mots ne décrivent pas à quel point je suis reconnaissant envers mon père, qui est
très gentil.*

Compagnons, famille et ami.

Je vous présente tout mon humble message à.....

*Le chemin de la recherche scientifique était ardu et difficile. Mais il y avait ceux qui
aidaient au moral*

Résumé

La recherche vise à évaluer la qualité des eaux souterraines dans la région de Hassi Messaoud, pour atteindre le but de la recherche. Des analyses physico-chimiques des eaux souterraines ont été effectuées. Des échantillons ont été étudiés pour 17 des 22 forages et nous avons mesuré les paramètres suivants: température de l'eau, pH, turbidité, minéralisation, les résidus secs, conductivité électrique, ions totaux, cations et anions... ainsi que le pourcentage d'éléments chimiques dans l'eau tels que le sodium, le potassium, le calcium, le phosphate, le magnésium, le chlore...

Les résultats ont été comparés aux valeurs admissibles pour l'eau potable selon les normes internationales de l'Organisation Mondiale de la Santé et selon les normes nationales algériennes.

Ainsi quelques couches géologiques de la région ont également été étudiées et présentées graphiquement sous forme de cartes en courbes de contour et en 3D aussi, avec une explication de leur relation avec les proportions des éléments chimiques présents dans l'eau des forages.

Mots clés : forages, eaux souterraines, éléments chimiques, géologie, analyses physico-chimiques

Abstract

The research aims to assess the quality of groundwater in the Hassi Messaoud region. Physical and chemical analyses of groundwater have been carried out. Samples were studied for 17 of the 22 wells and the following parameters were measured: water temperature, pH, turbidity, mineralization, dry tailings, electrical conductivity, total ions, cations and anions... as well as the percentage of chemical elements in the water such as sodium, potassium, calcium, phosphate, magnesium, chlorine...

The results were compared to the admissible values for drinking water according to the international standards of the World Health Organization and according to the Algerian national standards .

The geological layers of the region were also studied and presented graphically in the form of contouring and layer maps and in 3D, with an explanation of their relationship with the proportions of chemical elements present in the wells water.

Keywords: wells, groundwater, chemical elements, geology, physical and chemical analyses

Sommaire

Dédicace JAMAL

Dédicace DJIHAD

Remerciements

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Listes des figures

Sommaire

Introduction générale

CHAPITRE I

I- 1- Introduction	08
I-2- Caractéristiques des eaux potables.....	08
I-2- 1- Caractéristiques organoleptiques.....	08
I -2-2-Propriétés physico-chimiques	08
I-2-3- Propriétés bactériologiques.....	12
I-3- Normes de potabilité.....	13
I-4- Conclusion	14

CHAPITRE II

II-1- Introduction.....	16
II-2- Présentation de la ville de Hassi Messaoud.....	16
II-2-1- Situation administrative et géographique	16
II-2-2- Climat.....	16
II-2-3- Population	18
II-2-4- Géomorphologie	19
II-2-5- Géologie	20
II-2-6- Hydrogéologie.....	23
II-2-7- Hydrographie.....	25
II-2-8- Faune et la flore.....	26
II -3- Ressource en eau de la ville HASSI MESSAOUD	25
II -4- Les ouvrages de stockage et régulation.....	27
II -5- Réseau de distribution	27
II-6- Conclusion	28

CHAPITRE III

1. Introduction	29
2. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX D'AEP	30
2.1.Échantillonnage	30
2.2.Résultats et discussion	30
2.2.1. Température	31
2.2.2. Le pH.....	32
1.1.1. La conductivité électrique.....	32
2.2.3. La dureté totale.....	32
1.1.1. Les Sulfates.....	34
3. Facies chimique des eaux testées	34
3.1. Minéralisation.....	36
4. CONCLUSION.....	37

Liste des tableaux

Tableau N° 01: Qualité d'eau en fonction de sa dureté	9
Tableau N° 02 : Normes de potabilité	13
Tableau N° 03 : Représentation des données climatiques de 2008 à 2018	17
Tableau N° 04 : Estimations de l'évolution de la population aux horizons d'étude	18
Tableau N° 05: Forages d'eau de la ville de Hassi Messaoud	24
Tableau N°06: Les ouvrages de stockage et régulation de la ville de Hassi Messaoud	25
Tableau N° 07: Analyses physico- chimiques des eaux souterraines de la région d'étude	29
Tableau N° 08: Dureté des eaux de la région d'étude	31
Tableau N° 09: Minéralisation des eaux souterraines de la région étudiée	34

Liste des figures

Figure N° 01: Situation géographique de la zone d'étude	15
Figure N° 02: Évolution de la population aux horizons d'étude	18
Figure N° 03: Extension du continental intercalaire en Algérie	23
Figure N° 04: Discrétisation des bassins hydrographiques du Sahara Algérien	23
Figure N° 05: Diagramme de Piper des eaux testées de la région de HASSI MESSAOUD	33

Références

- [1] BEL F., CUCHE D (1970): Etude des nappes du complexe terminal du bas Sahara. Données géologiques et hydrogéologiques pour la construction du modèle mathématique, D.H.W., Ouargla.
- [2] BOUARICHA K (1971): contribution à l'étude de l'intoxication fluorée, chronique, osseuse dans la région su Souf (Algérie), thèse de Doctorat en Médecine, Université d'Alger.
- [3] C.D.T.N. (1992): Etude hydrochimique et isotopique des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla, rapport.
- [4] DEAN H.T. (1942): The investigation of physiological effects by the epidemiological method. Am. Assoc. Adv. Sci., 19: 23-31.
- [5] E.R.E.S.S (1972): Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Utilisation des modèles pour l'établissement des programmes d'exploitation, Vol. II, Vol. III, Vol. V.
- [6] O.M.S (1972) : Normes internationales applicables à l'eau de boisson, Genève.
- [7] O.M.S (1985): Fluor et fluorures, Critères d'hygiène de l'environnement, 36, Organisation mondiale de la santé, Genève, 150 pp.
- [8] PINET F., BARRIERE J., BOUCHE B. (1961): Endemic fluorosis of aqueous origin in Souf. Darmous and fluorosis osteoporoses. A report of 51 cases of condensing osteoses, Algérie Med, 65.
- [9] RODIER J. (1984): L'analyse de l'eau ; Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7ème Edition, Ed. Dunod, Paris.
- [10] SCHOELLER, H. (1948) : Les modifications de la composition chimique de l'eau dans une nappe. Assemblée générale d'OSLO de l'union Géodésique et Géophysique internationale.
- [11] TABOUCHE N (1999): Etude de la répartition spatiale des teneurs en fluorures des eaux souterraines du Sahara septentrional, Thèse de Magister en sciences hydrauliques, Université de Biskra, Algérie.
- [12] TRAVI Y (1993): Hydrogéologie et hydrochimie des aquifères du Sénégal. Thèse de Doctorat.

Introduction générale

L'eau est devenue un enjeu stratégique mondial et sa gestion doit inévitablement être intégrée dans une perspective de politique de développement durable. En fait, certains disent qu'au troisième millénaire, ce sera un enjeu dans des guerres comme le pétrole qui étaient et sont encore aujourd'hui.

La planète s'appelle la planète bleue parce qu'elle est l'une des planètes les plus abondantes du système solaire avec de l'eau, et l'eau se présente sous de nombreuses formes: l'eau salée dans les mers et les océans, et son pourcentage de l'eau totale disponible sur la planète est de 97% de l'eau totale, et l'eau douce est sous forme de matière. Il est solide comme la glace, l'eau liquide et la vapeur, et le pourcentage d'eau douce est d'environ 2,8%, où l'eau dans les pôles nord et sud gelés est estimée à environ 2,15% et l'eau et le reste est estimée à environ 0,65% et se trouve sous forme d'eau souterraine dans les couches poreuses de la croûte terrestre, l'eau dans les lacs doux et l'eau sous forme d'humidité à l'intérieur du sol, l'eau des rivières et l'eau recouvre la terre de 71% de sa surface et est estimée à 510 millions de kilomètres carrés, tandis que la superficie terrestre est estimée à environ 361 millions de kilomètres carrés, et donc le processus de forte évaporation est dû à l'élévation de la température de la terre dans les zones tropicales des plans d'eau. Et la terre, où la température annuelle moyenne est de 25 degrés Celsius, et c'est l'une des zones d'évaporation les plus élevées de la surface de la terre, où le taux annuel d'évaporation est estimé à 380 000 kilomètres cubes par an. La qualité et la sécurité de l'eau potable soulèvent de nombreuses préoccupations pour la santé humaine dans tous les pays du monde, et la source de la peur vient de la présence de produits chimiques toxiques ou d'agents infectieux et de matières radioactives qui peuvent affecter la santé humaine et provoquer des flambées de nombreuses maladies.

C'est pourquoi, en 1993, l'Organisation mondiale de la santé a établi des normes pour la qualité de l'eau potable, qui est un point de référence pour tous les pays du monde pour fixer des normes pour la sécurité de l'eau potable consommée dans ce pays, car les proportions admissibles de minéraux, de matière organique, de pesticides et de désinfectants sont spécifiées à la fois dans l'eau potable de surface et les eaux souterraines. Et il s'intéresse à de nombreux domaines liés à l'eau, notamment: Concernant la qualité de l'eau potable et de lavage.

Surveillance des ressources en eau et surveillance de l'approvisionnement en eau. Développement et entretien des ressources en eau. Utilisation des eaux usées. Surveiller les problèmes émergents dans les domaines de l'eau et des maladies infectieuses.

L'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence entre l'agriculture et l'industrie pour des approvisionnements limités en eau pèse déjà sur les efforts de développement dans de nombreux pays.

En Algérie, de gros investissements ont été réalisés dans la construction de barrages, en particulier dans l'est du pays. Cependant, ces eaux de surface sont soumises à divers types de pollution et sont souvent de mauvaise qualité. Il peut contenir de grandes quantités de matière organique naturelle comme l'humus mais également des composés organiques résultant de divers rejets polluants ou de pratiques agricoles intensives.

Avec l'expansion des villes et l'essor du développement en Algérie, l'approvisionnement en eau des différents consommateurs se heurte à de nombreuses difficultés: les ressources en eau diminuent, tandis que la demande en eau augmente à un rythme soutenu. Les eaux de surface du nord de l'Algérie ne sont pas bien utilisées et sont directement affectées par les précipitations, mais au sud, les eaux de surface sont très faibles. La culture hydroponique tout en préservant ces ressources dans leur cadre naturel.

Nous avons traité le sujet en quatre chapitres comme suit:

L'aspect théorique qui contient les deux parties:

Chapitre un: Il fournit des généralisations sur l'eau potable et ses caractéristiques.

Chapitre deux: traite des caractéristiques de la zone d'étude.

Le côté pratique qui contient ses deux chapitres:

Chapitre trois: traite de la présentation des résultats des analyses chimiques de l'eau.

Chapitre quatre: Il traite des résultats de l'étude hydrochimique de l'eau potable dans la zone d'étude.

I- 1- Introduction

Une eau potable est une eau qui ne provoque pas de risque infectieux ou parasitaire ni de risque due à sa composition chimique. Elle doit être limpide, fraîche et ne contient ni odeur ni saveur. Cependant, les eaux souterraines qui sont considérées comme potables, peuvent contenir des substances minérales ou organiques qui gênent par conséquence leur qualité. Durant ce chapitre, nous allons présenter les différentes caractéristiques des eaux potables (organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques).

I-2- Caractéristiques des eaux potables

I-2- 1- Caractéristiques organoleptiques:

Ces caractéristiques englobent la turbidité, la couleur, l'odeur et le goût. Jadis, lorsque les eaux renferment ces propriétés, elles sont considérées comme potables.

* *Turbidité*

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée de la teneur en matière en suspension. Une turbidité importante peut mettre les micro-organismes à l'abri des effets de la désinfection, stimule la croissance des bactéries et entraîne une demande élevée en chlore. Une eau dont la turbidité est inférieure à 5 unités néphelométrique (UNT) est généralement jugée acceptable pour la consommation.

* *Couleur*

La couleur de l'eau de boisson peut être imputable à la présence de matière organisme colorée, par exemple de substances humiques, de métaux tel que le fer et le manganèse ou de déchets industriels à coloration intense. La plupart des gens sont capables de déceler la coloration de l'eau contenue dans un verre lorsqu'elle dépasse 15UNT (unité colorimétrique vraie)

* *Goût et odeur*

L'odeur de l'eau de boisson s'explique principalement par la présence de substances organiques. Certaines odeurs témoignent une augmentation d'activité biologique tandis que d'autres tirent leur origine d'une pollution industrielle.

I -2-2-Propriétés physico-chimiques

* *pH*

Il dépend de l'équilibre carbonique dans la plupart des eaux naturelles. Le pH de la plupart des eaux brutes se situe entre 6.5 et 8.5.

Au dessous de ce seuil, l'eau est dite agressive. Il a un effet corrosif sur les canalisations, et peut conduire à la dissolution de certains métaux toxiques tels que le plomb. Le pH influe sur les différents procédés de traitement physicochimique.

$$pH = 10 - \log [H_3O^+]$$

***Température**

L'eau est plus agréable à boire fraîche que tiède. L'eau de boisson a une bonne fraîcheur si sa température varie de 9 à 12° C. Les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs saisonniers et autres. La température agit également sur les traitements physicochimiques des eaux.

*** Conductivité**

Toute eau est plus ou moins conductible. Cette conductivité est liée à la présence des ions dans l'eau, elle augmente avec la concentration des sels ioniques dissous et aussi avec la température. La conductivité donne une idée précise sur la minéralisation de l'eau.

*** Dureté (TH)**

La dureté de l'eau ou l'hydrométrie est une mesure globale de la concentration en sels (de calcium et de magnésium) dissous dans l'eau. Dans les zones où l'eau est très dure, les canalisations peuvent être obstruées par des dépôts de tartre. Une dureté de 100mg (CaCO₃)/l représente un bon compromis entre la corrosion et l'entartrage bien que, pour des considérations organoleptique, la valeur indicative recommandée soit fixée à 500 mg/l de (CaCO₃) ou soit entre 32 et 54 F°

Tableau N°01: Qualité d'eau en fonction de sa dureté

Dureté (°F)	0-7	7-22	22-32	32-54	>54
Qualité d'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	dure	Très dure

*** Titre alcalimétrique (TA)**

Le titre alcalimétrique (TA) correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde et carbonate exprimé en degré français (°F).

$$TA = [CO_3^{2-}] + [OH^-]$$

*** Titre alcalimétrique complet (TAC)**

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde, bicarbonate et carbonate exprimé en degré français (°F).

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

*** Sels minéraux nécessaires**

La nature et la composition de l'eau sont en relation avec sa structure naturelle. Au contact prolongé du sol, les eaux se chargent de plusieurs substances que l'on trouve communément dans l'eau, il s'agit essentiellement de sels minéraux comme le calcium (Ca^{+2}), le magnésium (Mg^{+2}), le potassium (K^+), le sodium (Na^+), le chlore (Cl^-), les sulfate (SO_4^{-2}), bicarbonate (HCO_3^-), les carbonate (CO_3^{-2}).

1- Calcium Ca^{2+}

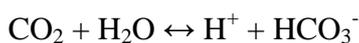
Considéré comme un élément essentiel (99% dans le squelette), le calcium doit être fourni au corps humain à raison de 0.7 à 2 g/j. Des concentrations élevées dans l'eau ne présentent pas de danger pour la santé. Le seuil de détection gustative se situe entre 100 à 300 mg/l. Dépendant de la température, du pH et de l'alcalinité de l'eau, la concentration en calcium constitue un facteur favorisant selon le cas, soit l'entartrage (forte teneur), soit la corrosion (faible teneur). Une teneur suffisante peut provoquer un léger dépôt de carbonate sur les conduites métalliques et les protèges contre la corrosion. [8]

2- Magnésium Mg^{2+}

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau. S'ils ne provoquent pas de phénomènes toxiques (sauf chez les personnes insuffisantes rénales), les sels de magnésium, essentiellement les sulfates, peuvent avoir un effet laxatif à partir de 400 mg/l. [8]

3- Bicarbonates HCO_3^-

Les bicarbonates résultent de la dissolution de carbonate de calcium ou suite à l'hydrolyse de CO_2 comme le montre les équilibres chimiques suivants :



Leur concentration dépend de plusieurs facteurs tels que le pH, l'alcalinité ainsi que la température du milieu aqueux.

4- Chlorures Cl^-

Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl₂). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, aux rejets des égouts. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux de surface et les eaux souterraines.

Les eaux chlorurées alcalines sont laxative, mais généralement les chlorures présents dans l'eau potable n'ont pas de conséquences toxiques pour l'homme, même à de fortes concentrations (1000 mg/l). A des concentrations élevées, ils peuvent provoquer des maladies rénales ou cardiovasculaires ou nuire le goût de l'eau en lui donnant une saveur salée.

5- Sodium Na⁺

Pour le sodium contenu dans les eaux de boisson, il faut souligner que les valeurs limites varient en fonction de ressources disponibles et des habitudes alimentaires. Le sodium est le plus abondant des éléments alcalins. Ses composés largement répandus dans la nature, représentent 26g/kg de la croûte terrestre.

Les eaux souterraines en contiennent parfois beaucoup, ce qui dans certains cas peut accroître leur salinité.

6 - Sulfates SO₄⁻²

La teneur en sulfate (SO₄⁻²) dans l'eau est liée aux composés alcalins de la minéralisation. Selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfates dans l'eau est de l'ordre de 400mg/l.

7- Potassium K⁺

La teneur du potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10à15mg/l à une telle valeur, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus.

8- Oxygène dissous

L'oxygène dissous dans l'eau agit essentiellement sur les réactions d'oxydoréduction qui met en jeu le fer, le magnésium, le cuivre et d'autres composés. Généralement, les eaux souterraines sont dépourvues d'oxygène et elles nécessitent une aération avant leur utilisation pour la consommation.

*** Eléments Indésirables**

1- Fer:

Le fer contenu dans les eaux superficielles peut avoir une origine géologique, mais le plus souvent il provient de lessivage de terrains et de pollution minière ou métallurgique.

Dans les eaux souterraines, plus réductrices, le fer va se retrouver sous forme ferreuse Fe^{2+} qui est soluble. Dans les eaux superficielles plus aérées, le fer se trouve. Sous forme ferrique et précipite sous forme d'hydroxyde ferrique $Fe(OH)_3$; il sera donc associé aux matières en suspension. Le fer est un élément essentiel de la nutrition humaine. Les limite des potabilités sont basées sur les effets esthétiques, les effets ménagers et sur les inconvénients qu'il procure au réseau de distribution. Pour le sulfate de fer, on a trouvé comme seuil gustatif les valeurs de 0.1 à 0.2 mg/l mais la moyenne des individus testé n'ont perçu un goût qu'a partir de 1.8 mg/l.

2- Nitrates NO_3^-

Un excès de nitrates dans les eaux de boisson peut provoquer une inflammation des muqueuses intestinales chez l'adulte. L'OMS considère comme limite maximale acceptable une concentration de 50mg/l de nitrates.

3- Nitrites NO_2^-

Un excès de nitrites dans les eaux de boisson peut provoquer de l'hypotension chez les adultes et la méthémoglobinémie chez les nourrissons. Donc, il est conseillé qu'une eau potable ne doit pas contenir plus que 0.1mg/l en azote nitreux .

4- Fluorures

Il y'a des traces de fluorures dans de nombreux types d'eau, les teneurs les plus élevées se trouvent fréquemment dans les eaux souterraines. Rien n'indique que des effets nocifs quelconques soient associés aux concentrations relativement faibles auxquelles les humains sont couramment exposés. On considère généralement qu'une faible teneur en fluore dans l'eau (0.4 mg/l) est favorable à la formation de l'email dentaire et protégé les dents contre la carie. Des doses supérieures à 1mg /l risquent de faire, apparaître des taches sur l'email dentaire qui s'aggravent par des calcifications et des chutes des dents.

* *Eléments toxiques*

Les éléments toxiques dans l'eau ayant une incidence directe sur la santé, ils regroupent les métaux lourds (mercure Hg, plomb Pb, cuivre Cu, cadmium Cd^{2+} Crome Cr^{2+}), les pesticides et les hydrocarbures. Actuellement pour les éléments toxiques dans l'eau les teneurs tolérées sont de plus en plus minimales, parfois de l'ordre de micro de gramme par litre.

I-2-3- Propriétés bactériologiques:

L'eau destinée à la consommation humaine peut contenir des microorganismes pathogènes pouvant être responsables d'épidémies.

Les deux groupes de microorganismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux.

Le groupe des coliformes totaux comprend toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives, cytochrome oxydase négative en forme de bâtonnets, qui font fermenter le lactose avec dégagement de gaz en moins de 48h à 35°C. Le groupe des coliformes fécaux comprend les coliformes pouvant former des gaz en moins de 24h à 44.5 °C.

On retrouve les bactéries de coliformes fécaux en grand nombre dans les intestins et les excréments des animaux à sang chaud. Etant donné que cette particularité est associée à la contamination fécale. On utilise de préférence les coliformes fécaux comme indicateurs de la qualité des eaux brutes, ce qui permet de déceler la présence d'organismes pathogènes à la source.

Les coliformes totaux étant largement répartis dans la nature, ils n'indiquent pas nécessairement qu'il y a une contamination. Par ailleurs, ces organismes survivent plus longtemps dans l'eau et résistent mieux à la chloration que les coliformes fécaux ou les bactéries pathogènes communes. On utilise donc de préférence les coliformes totaux comme indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau potable. La présence d'un organisme coliforme quelconque dans l'eau traité révèle en effet que le traitement n'était pas efficace ou qu'il y a eu une contamination après traitement.

I-3- Normes de potabilité

Une eau potable doit répondre à des normes physico-chimiques établies officiellement par chaque pays. En absence de ces dernières, la plupart des pays se réfère aux normes de l'OMS.

Les différentes normes de potabilité sont regroupées dans le tableau (2).

Tableau N° 02 : Normes de potabilité(SERS.OMS.2003)

Pays références paramètres	Unités	OMS	Algérie
Turbidité	FTU	10	10
Température	°C	25	25
PH	Un.pH	6,5 à 8,5	6,5 à 8,5
Conductivité	µs/cm (20°C)	2800	1250
Résidus secs	mg/l	2000	2000
chlorures	mg/l	250	200
sulfates	mg/l	400	200
Calcium	mg/l	200	75 à 200
Magnésium	mg/l	50	30 à 150
sodium	mg/l	200	200
Potassium	mg/l	12	20
Nitrates	mg/l	44	0
Nitrites	mg/l	3	0,1
Ammoniaques	mg/l	-	0,5
Hydrocarbures	µg/l	-	-
fer	µg/l	300	-
Manganèse	µg/l	100	-
Cuivre	µg/l	1000	-
Zinc	µg/l	5000	-
Fluore	µg/l	1500	-
MES	µg/l		-
Cadmium	µg/l		-
Chrome	µg/l		-
Nickel	µg/l		-
Plomb	µg/l		-
Chlore	µg/l	0,1	-
Dureté	°F	50	50
Minéralisation	mg/l	250	250
Alcalinité	°F	-	-
Germe totaux A 37 °C	UFC/ml	-	
A 22 °C	UFC/ml	-	
Coliformes totaux	ge/100 ml	-	
Echerichea-coli	ge/100 ml	-	
streptocoques fécaux	ge/100 ml	-	
clostridium sulf-red	ge/100 ml	-	
chlore résiduel libre	Mg/l	-	

I-4- Conclusion

Avant la L'utilisation de l'eau potable, il faut s'assurer que les analyses des ces eaux sont conformes aux normes de l'Organisation mondiale de la santé (O.M.S).

II-1- Introduction

Avant toute étude, une présentation plus ou moins détaillée de la zone d'étude, est d'une grande importance afin de mettre en point les différentes caractéristiques géologiques, hydrologiques, démographiques et hydrauliques.

II-2- Présentation de la ville de Hassi messaoud

II-2-1- Situation administrative et géographique:

Le périmètre de la présente étude « ville de Hassi Messaoud » fait partie du territoire de la wilaya d'Ouargla, situé à 82 km au Sud –Est du chef lieu de la wilaya, limitée à l'Est par la commune de El borna , au Nord par les communes de Taibet et El Hadjira , au Sud par la Wilaya de Tamanrasset et la commune de Bordj Omar Idriss et au Ouest par les communes de Hassi ben Abdellah , Ain Beida et Rouissat .

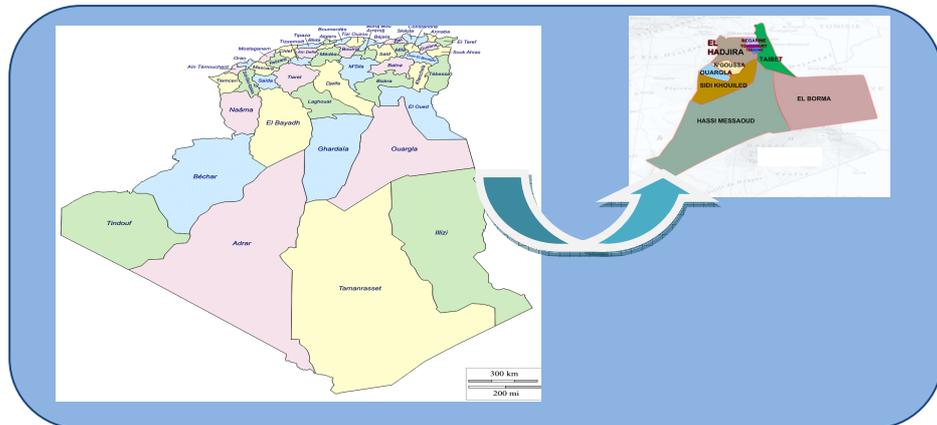


Figure N° 01: Situation géographique de la zone d'étude

La zone d'étude concernée à savoir Hassi Messaoud, est le chef lieu de la daïra depuis le découpage administratif de 1984. Son altitude est d'environ 170 m, et elle a comme coordonnées une longitude de $6^{\circ}04'21''$ E et une latitude de $31^{\circ}40'57''$ N.

II-2-2- Climat:

Le climat est l'ensemble des éléments qui dans leur succession habituelle, au cours d'une période déterminée, caractérisent l'atmosphère et concourent à donner à chaque point de la terre son individualité (Arlery et al., 1970). Les facteurs climatiques contribuent à accentuer la population de l'environnement. Aussi faut-il les étudiés et les quantifiés pour pouvoir connaître leurs impacts sur la pollution de l'environnement.

La région étudiée comporte une station météorologique fonctionnelle. Nous disposons de données météorologiques sur une période de 10 ans (2008-2018) (Tableau N° 01).

Dans notre région d'étude l'aridité est due aux faibles précipitations et irrégulières et des températures extrêmement élevées, d'où une évapotranspiration importante et une humidité faible. Toutes ces caractéristiques ont un impact direct ou indirect sur l'environnement et l'être humain.

A). Température

Le froid diminue la volatilité de certains gaz tandis que la chaleur est nécessaire pour les processus photochimique (Pascal, 2002). La région de Hassi Messaoud se caractérise par les très fortes températures mensuelles, surtout en saison estivale. Les températures moyennes mensuelles maximales et minimales augmentent progressivement pour atteindre un maximum au mois de Juillet avec 47,29 °C et diminuer de la même façon pour atteindre un minimum au mois de Janvier avec 4.84 °C.

B). Humidité

L'humidité joue un rôle dans "le captage" des particules polluantes et les gouttelettes d'eau en suspension retiennent les polluants, ce qui accroît leur stagnation (**Guelle & Emmanuel, 1998**). On remarque que l'humidité est très faible à HMD ceci est due à sa situation géographique. La moyenne annuelle (Tableau N° 01) est de 39,36% le taux d'humidité varie d'une saison à une autre, le maximum d'humidité étant de 62,4% pour le mois de Décembre et le minimal de 20,47% au mois de Juillet à cause des fortes évaporations et des vents chauds durant ce mois.

D). Evaporation

Selon le tableau N° 01, l'évaporation est maximale au mois de Juillet avec 442,6mm et minimale au mois de Janvier 93,4mm, l'augmentation avec la vitesse du vent durant la période du mois de Janvier au mois de Mai, est suivie par l'augmentation progressive de l'évaporation à partir du mois de Mai, la vitesse du vent diminue alors que l'évaporation continue à augmenter pour atteindre son maximum au mois de Juillet et Août.

E). Précipitations

Les précipitations qui conditionnent la disponibilité en eau agissent par leur quantité totale cumulée (annuelle ou mensuelle) et leur mode de répartition. La région de HMD est caractérisée par une pluviométrie faible et irrégulière dans le temps et dans l'espace.

A partir de tableau N° 01 où on observe que la moyenne annuelle des précipitations est de 28, 21mm. Le maximum des précipitations est de 7,98mm au mois de Novembre, il s'agit de mois pluvieux, par contre les mois le plus sec, est Juin et Juillet avec 0mm.

F). Vent

La vitesse et la direction du vent jouent un rôle important dans le déplacement des polluants ; plus la vitesse est élevée plus la pollution est réduite. D'après le tableau N° 01, la vitesse moyenne annuelle des vents de la région de Hassi Messaoud est 3.36 m/s, avec un maximum de 4,5 m/s au mois de Mai, et un minimum de 2,35% m/s au mois de Janvier. Les vents dominants de la région de HMD sont celles du Nord et Nord -Nord Est.

Tableau N° 03 : Représentation des données climatiques de 2008 à 2018 (Station météorologique Hassi Messaoud, 2019).

Paramètres	Température (C)			Humidité (%)	Vent (m/s)	Evaporation (mm)	Précipitation (mm)
	T(max)	T(min)	T(moy)	H	V	Evap	P
Janvier	17,7	4,84	11,29	57,6	2,35	93,4	2,57
Février	19,74	6,28	13,2	48,7	2,96	129,7	1,87
Mars	25,29	11,62	16,16	37,1	3,25	187,5	1,37
Avril	30,34	15,69	23,07	32,4	3,94	263,6	1,24
Mai	35,66	18,53	28,13	28	4,5	346	0,64
Juin	40,38	28,55	33,71	26,7	3,88	401,8	0
Juillet	47,29	28,09	35,97	20,47	3,5	442,6	0
Aout	42,51	27,84	30,15	25,4	3,64	405,2	1,09
Septembre	37,58	23,97	30,95	35,3	3,86	307	2,05
Octobre	32	18,73	25,34	45,7	2,97	214,9	6,9
Novembre	23,88	11,29	17,3	52,6	2,66	131,5	7,98
Décembre	18,52	6,18	12,24	62,4	2,85	94,4	2,59
Moyenne annuelle	30,96	16,8	23,13	39,36	3,36	251,47	28,21

II-2-3- Population :

Au dernier recensement de 2008, le nombre d'habitant de la ville est égal à 45147 hab.

Le nombre d'habitant futur se calcule par la relation suivante :

$$P = p_0 (1+T)^n$$

Avec :

P: nombre d'habitant futur

P₀: nombre d'habitant initial

T: taux d'accroissement

n: nombre d'année séparant les deux horizons

T=1.1 % (D.P.S.B au 31/12/2017)

Tableau N° 04 : Estimations de l'évolution de la population aux horizons d'étude

Pop	Pop 2008	Taux %	Pop 2017	Pop 2019	Pop 2025	Pop 2035	Pop 2045
Hassi Messaoud ville	45147	1.1	49818	50920	54375	60661	67674

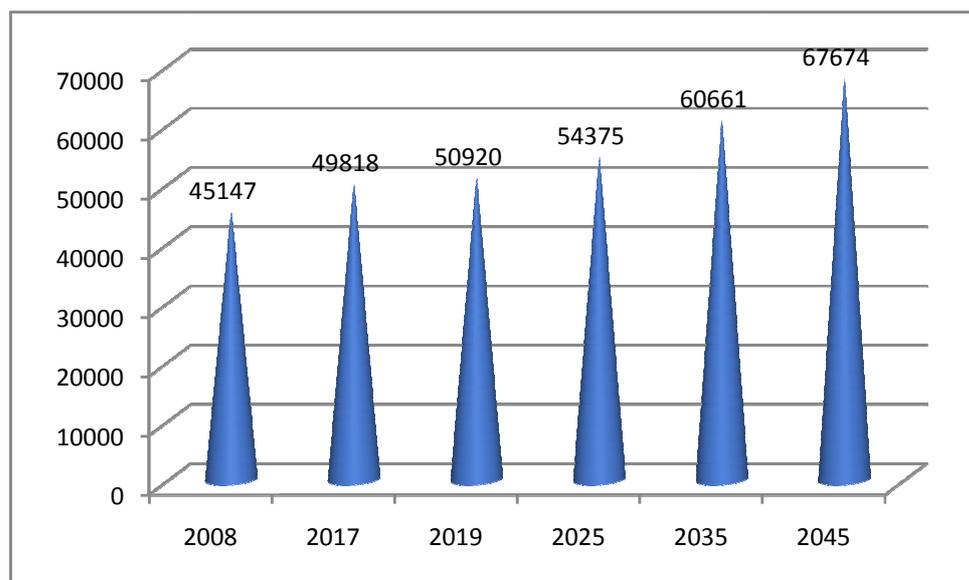


Figure N° 02 : Evolution de la population aux horizons d'étude

II-2-4- Géomorphologie :

Hassi Messaoud appartient à la zone homogène nommée Sahara oriental. La région peut être divisée en trois zones géographiques :

- Partie occidentale du territoire : elle est occupée par la Hamada et la région des Haoud (Haoud est la dépression d'Oued Mya)
- Partie centrale du territoire ; c'est une partie localisée relativement plate. On se trouvait l'Oued May, qui n'est plus l'empreinte du lit provenant d'un Fleuve ancien
- Partie orientale du territoire ; c'est la partie où se localise le grand Erg Oriental. Il forme de vastes étendues de dunes de sable (**Anonyme, 2001**).

II-2-5- Géologie :

La structure géologique du Sahara Algérien appartient au vieux socle africain ce socle de roches précambriennes a été nivelé au cours des millénaires, et la mer recouvrait une grande partie du Sahara dès la fin du précambrien, au secondaire et encore au tertiaire. Ces transgressions marines expliquent en partie l'aspect du Sahara; le socle cristallin n'affleure que dans les massifs montagneux comme le Hoggar ou l'Atakor, la mer ayant déposé sur presque tout le socle un lourd manteau de sédiments: schistes et grès du primaire, calcaires, grès et argiles au secondaire, sédiments néogènes dans le Nord, arrachés à l'Atlas au tertiaire. Conséquences de cette formation, trois types de paysage dominant :

- Les Hamadas : Plateaux de dalles rocheuses ;
- Les Regs : Grands étendus de graviers et de cailloux ;
- Les Ergs : Immenses étendues de dunes de sables.

La structure géologique de la zone d'étude est constituée des formations suivantes :

A) Le Cénozoïque :

A.1 –Eocène : représenté par des dolomies à nummulites avec la présence de rognons siliceux d'une épaisseur de 120m.

A.2 –Mio-pliocène : formation essentiellement sableuse d'origine continentale, d'une

épaisseur de 39m .**B) Le Mésozoïque :**

B.1. Le Trias :

D'une épaisseur moyenne de 325 m , il est transgressif et repose directement en discordance sur le cambrien au centre de la structure et sur et sur l'ordovicien dans les zone périphérique .On distingue tris ensembles :

- 1- Trias argileux (argiles brun, rouge et intercalation de bancs de sel, d'une épaisseur de 113m)
- 2- Trias argilo-gréseux (grés fins à moyens à ciment argileux, d'une épaisseur de 35m)
- 3- Trias salifère : sels massif (Halite et intercalation d'anhydrites, d'une épaisseur de 350m)

Ce dernière est subdivisé en trois termes :

- T.S.3 : sels massif, d'une épaisseur de 200m.
- T.S.2 : sels avec des niveaux d'anhydrites et d'argiles gypsifères.
- T.S.1 : sels massif avec passées d'anhydrite et intercalation d'argile dolomitique, d'une épaisseur de 46 m)

B.2 . le jurassique

1-Le Lias : Epaisseur de 300 m en moyenne, il se compose de cinq terme :

- L.D.3 : Marnes à passées dolomitiques de couleur gris à gris verdâtre.
- L.S.2 : Sels massif, et parfois des intercalations argilo-salifères de couleur brun rouge.
- L.D.2 :Ce niveau est composé de dolomies massives grisâtre à grains fins , et quelques passées marneuses.
- L.S.1 : Banc de sels et d'argile, accompagnés par des passées d'anhydrite blanche.
- L.D.1 : Dolomie et anhydrite avec parfois des passées argileuses.

- Le dogger :

Epaisseur moyenne 310 m il subdivise en deux niveaux :

1-Lagunaire : le plus épais (210 m) composé d'anhydrite et de dolomie avec quelque niveaux argileux.

2-argileux : constitué surtout d'argiles silteuses avec de rares niveaux gréseux.

- Le malm :

D'une épaisseur moyenne de 226 m, il est constitué de dépôts marneux et argileux avec quelque intercalation calcaire et d'anhydrites.

B .3. Le créacé

- Néocomien

Ce sont des bancs gréseux .En allant vers le sommet, on rencontre quelques intercalations de calcaires et de dolomies, d'une épaisseur de 182 m.

- Barrémien

Ce sont des grés fins, avec la présence d'intercalations de niveau argileux et grés dolomitiques, d'une épaisseur de 276 m

- Aptien

C'est une couche considérée comme nappe aquifère d'eau douce ; ces eaux sont emmagasinées dans des grés et des sables fins, d'une épaisseur de 362 m

- Cénomaniens

C'est un ensemble d'alternances de marne, calcaire, dolomie et d'anhydrite d'épaisseur de 147 m.

- Turonien

Composé de plusieurs carbonates : calcaire, craie, dolomies et de quelques niveaux argileux ; ces formations contiennent des eaux salées, d'une épaisseur de 112 m.

- Sénonien : à une épaisseur de 457 m, subdivisé en deux formations :

1-Lagunaire : ce sont des sels massifs surmontés par des niveaux marneux, dolomitiques et d'anhydrites, d'une épaisseur de 350 m.

2-Argileux : présente des bancs cabanâtes avec quelques passées d'anhydrites, d'une épaisseur

C) Le paléozoïque

Les termes post-cambriens sont absents dans la partie centrale de la structure. Les formations Ordoviciennes ne sont présentes que sur la périphérie du champ ou celles –ci ont subi une érosion différentielle.

C .1.Le cambrien

Il est représenté par des niveaux gréseux hétérogènes fins à grossiers recoupés par des passées argilo-silteuses .Ces matériaux dits grés de messaoud.

Ont été subdivisés en quatre lithozones :

- Zone R3

Constituée de grés très grossiers à conglomératique, très argileux et ne présente aucune intérêt pétrolier (épaisseur moyenne de 300 m)

- Zone R2

Grés anisométrique, argileux d'épaisseur moyenne de 100 m. Elle est considérée comme un réservoir secondaire.

- Zone Ra

Grès quartzites anisométrique, constitue le réservoir principal de Hassi messaoud son épaisseurs variables de 0 à 120 m .Cette zone est elle –même subdivisée en trois grands ensembles granulométriques qui sont :

- Zone grossière inférieure.
 - Zone fine médiane.
 - Zone grossière supérieur
- Zone Rj

Rencontrée essentiellement à la périphérie du champ , elle est constituée de grès quartzites isométriques , généralement massifs , fins à moyens , bien classés .

Le ciment est argileux siliceux avec des passées argilo- silteuses , avec la présence abondante de tigillites.

C.2.L'ordovicien

L'ordovicien est représenté dans le champ de Hassi messaoud par les formations suivantes :

- Zone des alternances : D' épaisseur moyenne de 20 m , cette zone présente une alternance de bancs de quartzite fins , isométrique et de niveaux d'argile indurée.
- Les argiles d' El –Gssi :ce sont des niveaux d'argiles noirs , verdâtres ou rougeâtres , parfois carbonatées et glauconieuses à graptolites , à épaisseur moyenne de 50 m.
- Les grès d'Elatchane : Ce sont des grès fins à très fins , argileux , de couleur gris sombre .Le ciment est de nature argileuse à une épaisseur moyenne de 20 m.

Les quartzites de Hamra : Comme le nom l'indique, ce sont des quartzites de couleur gris-claire, à granulométrie fine ; on note la présence d'intercalation argileuse .L' épaisseur moyenne de 75 m

D) L'infracambrien

D'une profondeur de 4092 m, il est composé de grès argileux de couleur rouge .

E) le socle cristallin

Ces socles à une profondeur de 3533 m ou il été décrit comme étant un granite porphyroïde (se dit d'une variété de granite qui contient de gros cristaux de feldspath) de couleur rose.

II-2-6- Hydrogéologie:

La région de Hassi Messaoud, fait partie du grand bassin sédimentaire du Sahara septentrional. Ce bassin renferme deux grands ensembles hydrauliques (parmi les grands de la planète) le Complexe Terminal et le Continental Intercalaires ; avec des énormes volumes d'eau fossiles.

A.la nappe du Continental Intercalaire

Le Continental intercalaire (CI) constitue le réservoir profond du Sahara septentrional . Il s'étend sur plus de 600 000 Km² sur les seuls territoires algérien et tunisien . Les eaux sont relativement douces comparativement avec celle de CT , (0,3 g/l la région d'El-Menia et 2,5 g/l la région de Ouargla).

B.la nappe du Complexe Terminal (CT)

Ce complexe occupe une superficie de l'ordre de 350000 Km² , leur profondeur varie entre 100 et 400 m . l'exutoire naturel de cette nappe est la zone des chotts en Algérie le chott Merouane et Melghir et en Tunisie chott El Jerid et chott El Ghersa La composition chimique de cette nappe est bonne sur les bordures est relativement élevée dans le centre du bassin (dépassé 3 g/l dans la région de Touggourt et Ouargla) .

C.la nappe phréatique

Essentiellement constituée de sables très perméables , elle est libre , sa profondeur a tendance à diminuer du Sud vers Nord , varie entre 50 cm et 1 m plus rarement jusqu'à 1.50 m , (de 1.34 m au niveau de Kardeche à 0.70 m à El-Harhira) . Les variations de la profondeur de la nappe phréatique sont liées à la fréquence de l'irrigation et aux phénomènes d'évacuation.

La figure qui suit nous donne un aperçu sur la disposition de la nappe du continental intercalaire.



Figure N° 03 : Extension du continental intercalaire en Algérie

II-2-7- Hydrographie:

Le bassin hydrographique du Sahara couvre une superficie de 2 018 054 km² et comporte une population de 3,5 millions habitants regroupés dans 264 communes.

Le bassin hydrographique se subdivise en quatre sous bassins qui sont : Chott Melrhir, le Sahara septentrional, la Saoura-Tindouf et le Hoggar-Tassili.

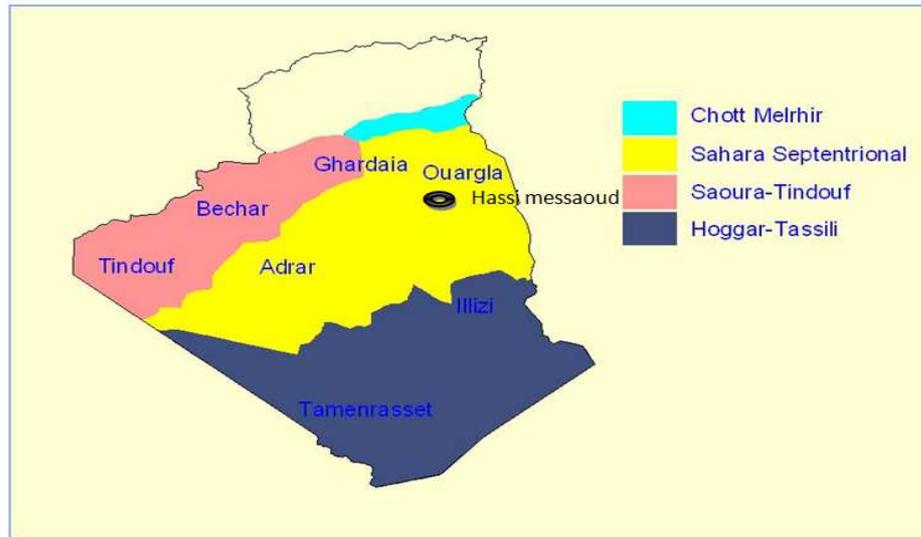


Figure N° 04 : Discrétisation des bassins hydrographiques du Sahara Algérien

(Source : Agence des bassins hydrographiques du Sahara (A.B.H.S))

La zone d'étude se trouve dans le bassin hydrographique du Sahara septentrional. Ce dernier se caractérise par deux importants aquifères au sein de la nappe du Continental Intercalaire. La rareté des pluies a fait que les ressources hydriques exploitables sont d'origines souterraine.

II-2-8- Faune et la flore:

□ Flore : la couverture végétale dans la zone d'étude est plutôt rare et éparpillée. Et se localise essentiellement dans les dépressions et spécialement dans les fons des versants. D'après l'étude "Ecology of erg el Ouar" (Anonyme, 2001), 14 espèces divisées en 11 familles ont été recensées.

□ Faunes : elle est peu nombreuse dans la zone d'étude (**Anonyme, 2001**).

II -3- Ressource en eau de la ville d'HASSI MESSAOUD

Dix Set forages existants sont destinés à alimenter les citoyens de la ville de Hassi Messaoud en eau potable selon les services de la direction des ressources en eau de la wilaya d'Ouargla.

Les caractéristiques des forages sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau N° 05: Forages d'eau de la ville de Hassi Messaoud

localité	Nom des échantillons	nappe exploitée	Profondeur (m)	Débit exploite (l/s)
zone indust	HMD101	Sénonien	365	30
cite 1850	HMD102		347	35
cite 314	HMD103		388	30
cite 272	HMD104		350	30
base de vie	HMD105		365	28
zone ENAFOR	HMD106		360	30
base la douane	HMD107		350	22.77
complexe hyd	HMD108		360	30
cite 136	HMD109		360	32.67
cite 1666	HMD110		360	30
base 24 fev	HMD111		360	25
centre ville	HMD112		350	35
cite 120	HMD113		350	30
cite 442	HMD114	Mio-pliocène	124	24
centre ville	HMD115		122	20
cité 1850	HMD116		100 m	28
cité 1856	HMD117		150	30

II -4- Les ouvrages de stockage et régulation

Les ouvrages de stockage et régulation existants sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau N° 06: Les ouvrages de stockage et régulation de la ville de Hassi Messaoud

Type d'ouvrage	Le site	Volume (m ³)	La hauteur (m)	remarque
Bâche d'eau	Zone (Z ₁₀) Industrielles complexe hydraulique	2x1500	5.50	Non exploite
Château d'eau	Zone (Z ₁₀) Industrielles complexe hydraulique	1000	26	exploite
Bâche d'eau	Cité 1666	2000	6.00	exploite

Château d'eau	Cité 1666	500	20.00	exploite
Bâche d'eau	Cité toumiat	2000	6.00	exploite
Château d'eau	Cité toumiat	500	20.00	exploite
Bâche d'eau	Zone (Z ₁₀) industrielles	2000	6.00	exploite
Château d'eau	Zone (Z ₁₀) industrielles	1000	26	exploite

II -5- Réseau de distribution

Le réseau de distribution de la zone d'étude est de type mixte : Maillé et ramifié. Ce dernier est constitué en PEHD et PVC. La longueur totale du réseau est 440000 ml, avec des diamètres variant de 40 à 500 mm, il alimente tout la zone d'étude. le taux de raccordement est de 99 (%). Les quantités d'eau distribuées dans la zone sont consommées par des abonnés domestiques et d'autres secteurs d'activités, ainsi que dans l'arrosage des espaces vert.

II-6- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé de représenter la ville, connaître la géologie, hydrogéologique la démographie, le climat et l'état actuel du système d'alimentation en potable.

La zone d'étude est caractérisée par un climat de type saharien, la nappe capte est le Dévonien, le système d'alimentation en potable se compose de : (17) forages – (09) réservoirs– réseau d'adduction en PEHD et PVC– réseau de distribution en PEHD et PVC.

5. Introduction

Dans les pays en voie de développement à climat aride, le rôle des eaux souterraines est d'autant plus important qu'elles constituent souvent la seule source d'approvisionnement en eau potable et sont donc vitales pour le développement de ces pays (TRAVI, 1993).

Pour le Sahara septentrional algérien, l'essentiel des ressources est constitué par les eaux souterraines. Ces dernières, contenues dans les formations continentales du continental intercalaire (C.I) et du complexe terminal (C.T) constituent l'un des plus vastes réservoirs hydrauliques du monde (BEL et CUCHE, 1970 ; CDTN, 1992), dont les potentialités mobilisables sont estimées à 5 milliards de mètres cube d'eau (ANRH, 1986).

Les conditions lithologiques, hydrodynamiques et hydro chimiques sont variées, notamment dans la partie Est de la région, et confèrent de ce fait un intérêt particulier à ces nappes (ERESS, 1972). Par ailleurs, diverses études entreprises depuis une trentaine d'années, ont montré que les eaux de cette région sont caractérisées par une minéralisation totale excessive, le plus souvent associée à une dureté élevée et des concentrations élevées en fluorures (ACHOUR, 1990 ; AZOUT et ABRAHAM, 1978 ; PINET et al., 1961).

La découverte de nombreux foyers de fluorose dentaire et osseuse dans différentes régions explique l'intérêt porté, depuis le début du siècle, à la présence du fluor dans les eaux naturelles. Outre qu'ils réduisent le nombre de caries dentaires, les fluorures sont rapidement fixés par l'os, qualité pour laquelle le fluor est utilisé pour soigner les individus atteints d'ostéoporose (O.M.S, 1985).

Mais l'ingestion excessive de fluorures dans quelques régions (DEAN, 1942 ; BOUARICHA, 1971; TRAVI et LECOUSSTEUR, 1982) a montré que cet effet bénéfique peut s'inverser et porter atteinte à la santé publique, ce que l'on désigne par la fluorose dentaire et plus gravement fluorose osseuse. En Algérie, le Sahara septentrional et notamment la zone orientale constitue la région la plus exposée au risque fluoritique (AZOUT et ABRAHAM, 1978 ; I.N.S.P, 1980).

Le principal objectif de cette étude est de donner un aperçu sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines du Sahara septentrional algérien. Grâce à un échantillonnage suffisamment représentatif de la nature des eaux de la région orientale, aussi bien les eaux destinées à l'alimentation en eau potable que les eaux d'irrigation.

Nous sommes plus particulièrement attardés sur la présence d'un excès en ions fluorures dans les eaux de nappes les plus exploitées.

Le principal objectif de cette étude est de donner un aperçu sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines du Sahara septentrional algérien. Grâce à un échantillonnage suffisamment représentatif de la nature des eaux de la région orientale, aussi bien les eaux destinées à l'alimentation en eau potable que les eaux d'irrigation. Nous sommes plus particulièrement attardés sur la présence d'un excès en ions fluorures dans les eaux de nappes les plus exploitées.

6. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX D'AEP

III.2.1 Échantillonnage

La campagne d'échantillonnage a concerné la région de Hassi Messaoud wilaya d'Ouargla. Nous avons choisi de prélever des échantillons à chaque niveau aquifère exploité (nappe phréatique, nappe des sables ou du Mio-pliocène, nappe des calcaires ou du Sénonien et nappe Albienne). Les prélèvements, au nombre de 17 ont été effectués manuellement dans des flacons en matière plastique de 1000 cm³ de capacité.

Lorsqu'il s'agit d'un forage destiné à l'irrigation, l'échantillon est pris directement à la tête du forage.

Mais lorsqu'il s'agit d'un château d'eau la javellisation est arrêtée, la conduite est vidangée pour que l'échantillon soit représentatif de l'eau du forage (TABOUCHE, 1999). La conductivité et la température ont été mesurées in situ chaque fois qu'il a été possible. L'échantillon doit toujours être parfaitement identifié et porter le code du forage, la date, et si possible la profondeur et le niveau aquifère.

III.2.2 Résultats et discussion

Les résultats des analyses physicochimiques sont présentés en tableaux dont nous proposons quelques exemples et cela pour toutes les régions concernées par la campagne ainsi que tous les niveaux aquifères exploités dans ces dernières.

Tableau N° 07 : Analyses physico- chimiques des eaux souterraines de la région d'étude

Localité	code	nappe	T°C	pH	CE (ms/cm)	Ca (mg/s)	Mg (mg/s)	Na (mg/s)	K (mg/s)	HCO ₃ ⁻ (mg/s)	Cl (mg/s)	SO ₄ (mg/s)
zone indust	HMD 101	Sénonien	23	7.6	2.61	128	113	179	9	174	154	751
cite 1850	HMD 102		25	7.4	4.3	180	147	383	17	149	410	1103
cite 314	HMD 103		24	7.5	2.41	116	169	99	8	140	101	883
cite 272	HMD 104		26	7.4	2.68	130	139	163	9	143	213	790
base de vie	HMD 105		24	7.45	2.41	118	120	141	9	137	151	691
zone ENAFOR	HMD 106		25	7.35	2.45	120	143	139	9	122	220	711
base de la douane	HMD 107		23	7.5	2.35	114	124	139	9	131	131	779
complexe hyd	HMD 108		26	7.5	3.61	160	118	342	16	122	300	1000
cite 136	HMD 109		24	7.45	2.38	122	127	132	9	128	256	596
cite 1666	HMD 110		25	7.45	9.2	139	128	170	9	163	209	690
base 24 fev	HMD 111		23	7.45	3.2	142	222	250	18	128	580	651
centre ville	HMD 112		24	7.15	6.28	234	191	701	25	128	1075	1191
cite 120	HMD 113		26	7.25	1.45	110	120	98	8	142	100	740
cite 442	HMD 114	Mio- pliocène	25	7.45	4.84	200	130	537	28	207	482	1191
centre ville	HMD 115		23	7.6	4.46	174	83	497	25	140	492	917
cité 1850	HMD 116		24	7.35	5.14	196	116	556	29	95	704	1000
cité 1856	HMD 117		25	7.45	5.46	200	128	573	36	95	797	1000

III.2.2.1 Température

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (HCEFLCD, 2006). Dans la région d'étude, les résultats obtenus montrent que le degré cette température ne présente pas de grandes variations d'un puits à l'autre de 23 à 26 °C

III.2.2.2 Le pH

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966; Bermond et Vuichard, 1973). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci être compris entre 5 et 9 (HCEFLCD, 2007).

Dans le cas de la région d'étude, les valeurs du pH des eaux de l'aquifères ne montrent pas de Variations notables, avec un minimum de 7,35 au puits de la cité 1850 et un maximum de 7,6 au puits de zone industrielle ce qui témoigne d'une légère alcalinité du milieu.

III.2.2.3 La conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m) : $1\text{S/m} = 10^4 \mu\text{S/cm} = 10^3 \text{S/m}$. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau (HCEFLCD, 2006). En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Les valeurs enregistrées durant la période d'étude sont varient de 2.35 à 9.2 ms/cm le minimum enregistré au puits de la cite 1666 et le maximum enregistré au puits de base (labdouane). La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé.

III.2.2.4 La dureté totale

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue: une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français); 1°F correspond à 10 mg de carbonate de Calcium dans 1 litre d'eau.

Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses : Le calcium dérive de l'attaque du CO₂ dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés. Dans les échantillons analysés (tableau 7), ce paramètre présente une grande variation d'un puits à l'autre qui serait liée à la nature lithologique de la formation géologique de la nappe phréatique et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium.

Tableau N° 08: Dureté des eaux de la région d'étude

localité	Nom des échantillons	nappe exploité	TH° F	TAC° F
zone indust	HMD101	Sénonien	79	14
cite 1850	HMD102		105	12
cite 314	HMD103		99	12
cite 272	HMD104		90	74
base de vie	HMD105		79	11
zone ENAFOR	HMD106		89	10
base la douane	HMD107		80	11
complexe hyd	HMD108		89	10
cite 136	HMD109		87	11
cite 1666	HMD110		87.2	14
base 24 fev	HMD111		127	11
centre ville	HMD112		138	11
cite 120	HMD113		77	12
cite 442	HMD114	Mio-pliocène	103	17
centre ville	HMD115		78	12
cité 1850	HMD116		97	8
cité 1856	HMD117		102	8

D'après les normes de potabilité des eaux établies par l'O.M.S (tableau 3), on remarque que pour tous les échantillons prélevés, le titre hydrotimétrique minimal dépasse 54°F ; ce qui montre que les eaux de cette région orientale du Sahara septentrional sont très dures.

Tableau N° 09: Norme pour la dureté des eaux de boisson d'après O.M.S (1972)

TH (°F)	0-7	7-22	22-32	32-54	54
dureté de l'eau	douce	moderement douce	assez douce	dure	très dure

III.2.2.5 Les Sulfates

Les sulfates (SO_4^{2-}) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, et

c.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique en sulfate (HCEFLCD, 2006). D'après les résultats des échantillons analysés (tableau 1), les valeurs enregistrées restent inférieurs à la valeur guide (VG= 200mg/l) de la norme algérienne relative à la qualité des eaux destinées à la production de l'eau potable.

III.3. Facies chimique des eaux testées

Nous avons utilisé le diagramme de Piper (figure 8) qui permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eau. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global.

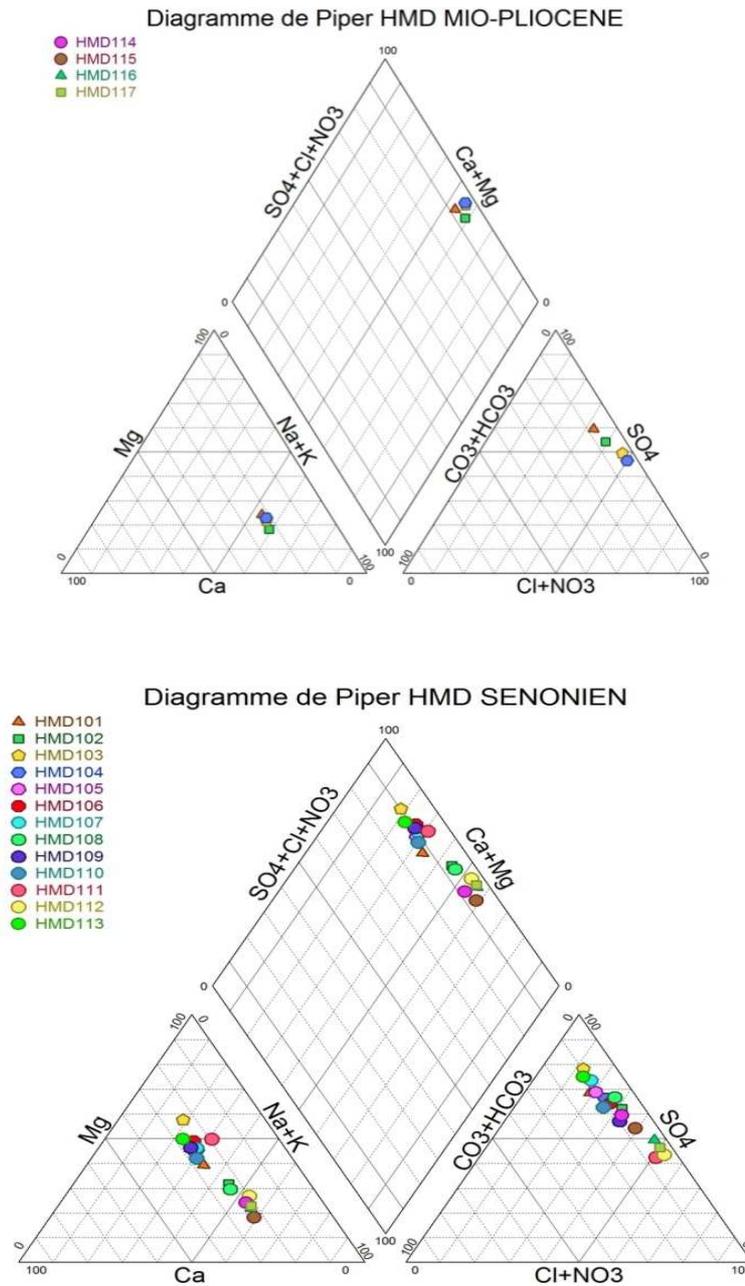


Figure 01 : Diagramme de Piper des eaux testées de la région de HASSI MESSAOUD

Tableau N°10 : Faciès chimique des eaux souterraines de la région étudiée

hassi messaoud	Nappe du miopliocène	: sulfaté chloruré et sodique et calcique et magnésienne Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ > Na ⁺ Cl ⁻ > SO4 ⁻⁻ > HCO3
----------------	----------------------	--

	Nappe du Sénonien	chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne Ca ⁺⁺ >Mg ⁺⁺ >Na ⁺ Cl ⁻ >SO ₄ ⁻ >HCO ₃
--	--------------------------	---

III.3.1 Minéralisation :

La minéralisation correspond à la totalité des sels dissous contenus dans l'eau. Nous l'avons déterminé à partir de la conductivité des échantillons prélevés, toutes les valeurs mesurées de la conductivité indiquent une minéralisation élevée car elles sont toutes globalement supérieures à 1000 µs/cm. De plus, elles correspondent à des valeurs de minéralisation totale dépassant les normes de l'O.M.S, soit 1500 mg/l. Pour mieux suivre l'évolution de ces

Tableau N°11 : Minéralisation des eaux souterraines de la région étudiée

localité	NAPPE	NOM F	TDS (mg/l)	Résidus sec à 110°C
zone indust	Sénonien	HMD101	1941	1448
cite 1850		HMD102	3264	2582
cite 314		HMD103	1829	1622
cite 272		HMD104	2034	1664
base de vie		HMD105	1829	1466
zone ENAFOR		HMD106	1860	1554
base la douane		HMD107	1784	1422
complexe hyd		HMD108	2740	2108
cite 136		HMD109	1806	1638
cite 1666		HMD110	2016	1616
base 24 fev		HMD111	2558	2130
centre ville		HMD112	4767	3948
cite 120		HMD113	1751	1404
cite 442	Mio-pliocène	HMD114	3674	3384
centre ville		HMD115	3385	2474
cité 1850		HMD116	3901	2912
cité 1856		HMD117	4144	3164

Concentrations dans les différentes nappes exploitées, nous avons opté pour une représentation en tableau de minéralisation (concentrations en sels dissous en g/l) désignant chaque nappe et dans toutes les régions étudiées. Pour la nappe du Miopliocène de la zone d'étude, les concentrations varient entre une valeur minimale de 3,36 g/l et une valeur maximale de 4,14 g/l.

Selon SCHOELLER(1948) ,pour la famille chlorurée et sulfatée sodi-calcique et magnésienne ainsi que pour la famille chlorurée sodique et potassique la lithologie de l'aquifère est plus fine, la circulation de l'eau est difficile, le temps de contact eau- roche augmente d'où l'augmentation de la salinité et l'influence des argiles devient plus marquée. Cette interprétation traduit le phénomène de concentration par dissolution.

Les eaux de la nappe de Sénonien sont modérément minéralisées, les concentrations en sels varient entre 1,73 g/l a 2,74 g/l.

III.4. CONCLUSION :

Cette campagne a concerné les deux principaux aquifères du Sahara septentrional, le complexe terminal et dans les régions de hassi messaoud. Nous avons utilisé une variété de méthodes analytiques dans le dosage des éléments minéraux. Il nous a été possible d'étudier l'évolution des principaux paramètres de qualité physicochimique tant du point de vue géographique que géologique.

En particulier, les conductivités sont variables selon la région considérée et diminuent avec la profondeur de l'aquifère en allant de la nappe mio-ploicen vers la nappe senonien . Les ions dominants sont le plus souvent les chlorures et les sulfates ainsi que le calcium et le magnésium.

D'une façon générale, les caractéristiques minérales des eaux de la région d'étude sont apparues globalement médiocres avec des valeurs non- conformes aux normes de potabilité, notamment en ce qui concerne les nappes les plus exploitées (Nappes senonien).

CONCLUSION

A région de HASSI MESSAOUD renferme d'énormes quantités des eaux souterraines qui jouent un rôle important dans le développement de cette ville industrielle. En effet, cette dernière s'approvisionne de la nappe du Complexe Terminal (CT). L'étude statistique a été effectuée sur les analyses des paramètres physicochimiques. Ceci a permis de distinguer que la minéralisation des eaux est élevée. Le faciès chimique des eaux dans la plus part des forages est Chloruré sodique. La statistique élémentaire et bi variée a été effectuée pour caractériser la qualité des eaux.

Il ressort que la concentration des éléments chimiques dans la plus part des puits dépasse les normes algériennes.. Cette campagne a concerné les deux principaux aquifères du Sahara septentrional, le complexe terminal et dans les régions de Hassi Messaoud. Nous avons utilisé une variété de méthodes analytiques dans le dosage des éléments minéraux. Il nous a été possible d'étudier l'évolution des principaux paramètres de qualité physicochimique tant du point de vue géographique que géologique.

En particulier, les conductivités sont variables selon la région considérée et diminuent avec la profondeur de l'aquifère en allant de la nappe mio-pliocène vers la nappe sénonienne. Les ions dominants sont le plus souvent les chlorures et les sulfates ainsi que le calcium et le magnésium.

D'une façon générale, les caractéristiques minérales des eaux de la région d'étude sont apparues globalement médiocres avec des valeurs non- conformes aux normes de potabilité, notamment en ce qui concerne les nappes les plus exploitées (Nappes sénonienne).