

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abbès Laghrour
- Khenchela-



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département d'Ecologie & Environnement

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master Génie de l'environnement
Spécialité : Ecologie et Environnement

Thème

Qualité de l'eau potable dans la commune
d'EL-Mahmel

Présenté par :

Hamdaoui Fouzia /Djembia Dalila

DEVANT LE JURY :

Présidente : ouanasse Miyada	MAA	Université Abbes Laghrour
Examineur : Dib Dounia	MAA	Université Abbes Laghrour
Encadreur : Dellaa Yasmina	MAA	Université Abbes Laghrour

Année universitaire : 2015/2016

REMERCIEMENTS

Nous remercions en premier lieu **Dieu tout puissant** de nous avoir accordé la puissance et la volonté pour terminer ce travail.

L'occasion m'est offerte ici pour lui exprimer mes sincères remerciements et toute ma gratitude pour m'avoir encadrée Mdm le **Dr.** Dellaa Yasmina et pour avoir dirigé ce travail avec compétence et rigueur scientifiques, merci à vous pour les conseils, orientation, aide et disponibilité,

Nous remercions d'autre part :

Mdm. le **Dr.** Ouanas miyada pour avoir accepté de présider mon jury, et à : Mdm. le **Dr.** Dib dounia d'avoir acceptés d'être membres de jury.

Mes remerciements sont aussi adressés à tout le personnel de laboratoire de l'ADE Khenchela et de laboratoire RNAMS (ressource naturelles et aménagement des milieux sensibles de l'université EL ARBI BEN MEHIDI Oum albawaghi. au université de Oum El Bouaghi , particulièrement Mdm Dibe Dounia, Mr toufique.

Mes plus tendres remerciements vont à ma famille pour les encouragements et la patience qu'ils m'ont témoignés durant cette tâche.

Enfin, il est de mon devoir d'exprimer tous mes remerciements aux personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

DÉDICACE

*Je dédie ce modeste travail à ceux qui m'ont toujours tenu et
Sacrifié leurs bons moments pour que je réussisse dans ma vie
A celle qui a sacrifié sa noble existence pour que je sois, ce que je
Suis aujourd'hui, qui est la plus chère du monde*

Ma mère.

A celui qui a sacrifié sa vie pour mon bonheur en mon bien Être

Mon père.

A mon frère et ma sœur : Yahia . Hanane

Mon binôme : Dalila

*A mes très chère Amis : Raouia, Nadjet, Amal, Hadjar ,
Rahima , Imene , Ahlem, Fato, Amira . Tefaha*

*A Tous Mes collègues de la promotion 2015-2016 sur tous : Aymen, Zouhir ,
EL-aïd, Ibtissem, Imene,*

Tous ceux qui je respect.

A Tous ceux qui j'aime.

A Tous ceux qui portent dans mon cœur.

Fouzia H

DÉDICACE

*Je dédie ce modeste travail à ceux qui m'ont toujours tenu et
Sacrifié leurs bons moments pour que je réussisse dans ma vie :
A celle qui a sacrifié sa noble existence pour que je sois, ce que je
Suis aujourd'hui, qui est la plus chère du monde*

Ma mère.

A celui qui a sacrifié sa vie pour mon bonheur en mon bien Etre

Mon père.

A mes frères et soeurs

A mes oncles, mes tantes et toute la famille surtout

A mes très chère Amis.

A ma copine et celle qui partage avec moi ce travail.

A toutes mes amis au quel j'ai partagée des bons moments de bonheur

DALILA DJ

Table des matières

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
Table des Matières	I
Liste des figures	V
Liste des tableaux.....	VII
Liste des abréviations	VIII
Introduction générale.....	01

Chapitre I : Généralités sur l'eau

I.1.L'abondance de l'eau.....	2
I.2. Le cycle de l'eau.....	2
I.2.1. L'évaporation.....	2
I.2.2. La condensation.....	2
I.2.3. Les précipitations.....	2
I.3. L'eau potable.....	3
I.3.1. Paramètres organoleptiques.....	4
I.3.2. Paramètres concernant les substances toxiques.....	4
I.3.3. Paramètres microbiologiques.....	4
I.4. Les propriétés de l'eau.....	5
I.4.1.Les propriétés physiques de l'eau.....	5
I.4.1.1.Masse volumique.....	5
I.4.1.2. Viscosité.....	5
I.4.2.Propriétés électriques.....	5
I.4.2.1.Constante diélectrique.....	6
I.4.2.2. Conductivité électrique de l'eau.....	6
I.4.3. Propriétés optiques.....	6
I.4.4. Solubilité des substances chimiques dans l'eau.....	6
I.4.4.1. Les sels dissous.....	6
I.4.4.2. Les gaz dissous.....	7
I.4.5. Solubilité des liquides.....	7
I.4.6. Solubilité des solides.....	8
I.5. Les sources d'alimentation en eau.....	8

I.5.1. Les eaux de surface.....	8
I.5.2. Les eaux souterraines.....	8

Chapitre II : la zone d'étude

II. Présentation générale.....	9
I I.1. Description générale et localisation de la wilaya de Khenchela.....	9
II.2. La zone d'étude.....	10
II.2.1. Situation géographique.....	10
II.2.2. Situation administrative.....	12
II.3. Caractères géomorphologiques, géologiques et pédologiques.....	12
II.3.1.Caractères géomorphologiques.....	12
II.3.1.1. Relief.....	12
II.3.1.2. Altitude.....	13
II.3.1.3. Pente.....	13
II.3.2. Caractères géologiques.....	15
II.3.2.1. Aperçu géologique de zone d'étude.....	16
II.3.2.1. 1.Géomorphologie.....	16
II.3.2.1.2.La Stratigraphie.....	16
II.3.3. Caractères pédologiques.....	16
II.3.3.1.La Pédologie de cette zone.....	17
II.4. Caractères hydrographiques.....	19
II.4.1.Ressources en eau de Cette zone.....	20
II.4.1.1.Les eaux superficielles.....	20
II.4.1.2. Les eaux souterraines.....	20
II.5. Distribution des terres de la wilaya de Khenchela.....	21
II.5.1.Les parcours.....	21
II.5.2 .Les terres agricoles.....	21
II.5.3. Les terres forestières.....	21
II.5.4. Les terres improductives.....	21

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1. Échantillonnage.....	22
III .1.1. Prélèvement.....	22
III.1.2. Matériels utilisés.....	23
III.1.3. Matériels de laboratoire.....	23
III.2. Paramètres physico-chimique.....	24

III.2.1. paramètres physiques.....	25
III.2.1.1. Conductivité électrique.....	25
III.2.1.2. Potentiel hydrogène (pH).....	25
III.2.1.3. Température.....	25
III.2.2. Les paramètre chimiques (anions et cations).....	26
A- Cations majeurs.....	26
B- Les anions majeurs.....	30
III.3.Paramètres de pollution.....	34
III. 3.1. Les nitrates (NO ₃ -).....	34
III.4. Les nitrites (NO ₂ -).....	36

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV-1-Etude des paramètres physico-chimiques.....	37
IV-1-1-Les paramètres physiques.....	37
IV-1-1-1-La température.....	37
IV-1-1-2- Le potentiel d'Hydrogène (pH).....	37
IV-1-1-3- La conductivité.....	38
IV-1-2-Etude des paramètres chimiques.....	39
IV-1-2-1-Les cations	39
IV-1-2-2- Les anions	43
IV-1-2-3- Les éléments indicateurs de pollution.....	45
IV-2- Le faciès chimique... ..	49
IV-2-1- Le diagramme de Piper.....	49
Conclusion générale.....	51
Références bibliographique	

Listes des figures

Chapitre I : Généralités sur l'eau

Figure 1 : Représentation schématique du cycle de l'eau.....	3
---	----------

Chapitre II : la zone d'étude

Figure 3 : Situation de la wilaya de Khenchela.....	10
Figure 4 : La situation géographique de la commune d'El Mahmel.....	11
Figure 5: photo Aérienne de la source par Google earth.....	11
Figure 6 : Les limites de la commune d'El Mahmel.....	12
Figure 7: Le relief de wilaya de khenchela.....	13
Figure 8 : Les pentes de la wilaya de Khenchela.....	14
Figure 9 : Les pentes de la commune d'El Mahmel.....	15
Figure10.: Carte géologique de la Wilaya de Khenchela.....	16
Figure 11 : Carte des classes des sols de la wilaya de Khenchela.....	17
Figure12 : Les sols de la région d'El Mahmel.....	18
Figure13 : Principales unités morphologiques de la région d'El Mahmel.....	19
Figure14: Carte du réseau hydrographique de la wilaya.....	20
Figure 15 : Carte de représentation la terre de la wilaya de khenchela.....	21

Chapitre III : Matériels et Méthodes

Figure 16 : Carte d'inventaire du point de prélèvement.....	23
Figure 17 : La spectrophotométrie à Flamme	24
Figure 18 : Dispositif du dosage titrimétrique.....	24
Figure 19 : Conductimètre (HI 2315).....	25
Figure 20: Multi paramètres.....	25
Figure 21 : coloration avant virage de l'indicateur coloré.....	27
Figure 22 : Spectrophotomètre UV/Visible utilisé.....	30
Figure 23 : virage à la Couleur jaune indicatrice de la présence de Nitrates.....	35

Chapitre IV : Résultats et discussions

Figure24 : Température des eaux robinet distribuées dans d'El Mahmel.....	37
Figure25 : pH des eaux de robinet.....	38
Figure26 : Conductivité des eaux de robinet.....	39
Figure27 : Concentrations du calcium des eaux de robinet.....	40
Figure28 : Concentrations de K⁺ en des eaux robiner.....	41
Figure29 : Concentrations de Na²⁺ des eaux robinet.....	42
Figure 30: Concentration de Magnésium Mg⁺⁺ des eaux robinet.....	42
Figure 31: Concentration de Cl⁻ des eaux de robinet.....	43
Figure32 : Concentration de HCO₃⁻ des eaux de robinet.....	44

Figure33 : Concentration de SO ₄ ²⁻ des eaux de robinet.....	44
Figure34 : Concentrations de NO ₂ ⁻ des eaux de robinet.....	45
Figure35 : Concentrations de NH ₄ ⁺ dans les eaux de robinet.....	46
Figure 36: Concentrations de PO ₄ ²⁻ des eaux de robinet.....	47
Figure37: Concentrations de NO ₃ ⁻ des eaux de robinet.....	47
Figure38 : Concentrations de TA+ TAC des eaux de robinet	48
Figure 39: Le diagramme de Piper des eaux de robinet la commune d'El Mahmel.....	49

Liste de tableaux

Chapitre I : Généralités sur l'eau

Tableau 1 : Au cours de son cycle, l'eau se transforme d'une phase à une autre.....	2
Tableau 2: Les paramètres de qualité d'eau potable.....	5
Tableau 3: masse volumique de l'eau en fonction de la température.....	5
Tableau4: concentration des sels dissous dans l'eau.....	6

Liste de l'abréviation

GPS: Global Positioning System;
 H₂O : vapeurs d'eau
 Dj : Djebel ;
 m³/s : mètre cube par seconde
 mg : milligramme
 mg/l : Milligramme par litre ;
 ml : millilitre;
 mn : minute
 NE-SW : Nord Est-Sud Ouest
 NGL: L'azote global NH₄⁺ : L'azote ammoniacal
 NO₂⁻ : L'azote nitreux
 NO₃⁻ :L'azote nitrique
 NT : Azote total
 OMS : Organisation Mondiale de la Santé
 CF: conservation de foret.
 CO₂ : Gaz Carbonique.
 DH W : direction hydrauliques de wilaya.
 ADE : Algérienne Des Eaux.
 PH : Potentiel Hydrogène.
 TAC : Titre alcalimétrique complet.
 ADE : Entreprise Algérienne des eaux.
 RNAMS : Ressource naturelles et aménagement des milieux sensibles.
 EDTA : d'éthylène Diamine Tétra Acétique.
 TH : Titre hydrométrique.
 % : pourcentages ;

°C : Degré Celsius ;
cm : centimètre ;
g : Gramme ;
g/l : Gramme par litre ;
h : Heure ;
Kg : kilo gramme
Km2 : Kilomètre carré ;
m : Mètre ;
m3 : mètre cube ;
m3/h : mètre cube par heure ;
m3/j : mètre cube par jour ;
m3/s : mètre cube par seconde ;
meq.l / l : Milliéquivalent par litre ;
mg : milligramme ;
mg/l : Milligramme par litre ;
ml : millilitre;
mn : minute.
μS/cm : Micro siemens par centimètre ;

Introduction générale

Introduction général

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, ce qui influera sur les possibilités de son utilisation pour l'alimentation en eau potable, ou pour d'autres usages.

Les recherches scientifiques bases sur l'hydrochimie des eaux robinet sont d'un grand intérêt. La région d'étude (la commune d'El Mahmel) se situe à l'Est de la Wilaya de Khenchela à l'Est de l'Algérie. Cette plaine s'étale sur une superficie de 371 km². L'étude proposée a pour objet la connaissance des caractères géologiques, hydrologiques, climatique, avec une synthèse hydrochimique des ressources en eau de robinet de cette commune.

Le programme d'action pour la réalisation de ce travail doit répondre aux préoccupations suivantes :

- Pourquoi La population n'utilise pas l'eau de robinet?
- Quel est l'état actuel de la qualité chimique des eaux de robinet de cette commune?

Afin de répondre à ces préoccupations, notre démarche a été fondée sur deux principaux axes : un axe théorique et un autre pratique.

La partie théorique est réservée à l'étude bibliographique comprenant deux chapitres :

- Le premier chapitre de ce travail, est l'étude bibliographique soulignant quelques notions fondamentales sur la potabilité des eaux et sur leurs ressources.
- Le deuxième chapitre porte sur la présentation du site d'étude et sa géologie.

La partie pratique ; est réservée à l'étude expérimentale comprenant un chapitre :

- Matériels et méthodes
 - L'hydrochimie qui a pour but de définir les faciès chimiques des eaux de robinet.
- Et enfin, une conclusion.

Chapitre I

Généralités sur l'eau

Chapitre I

Généralités sur les eaux

L'eau est un corps simple de la nature, qui est en même temps une amie et une ennemie de l'homme. Elle est d'une absolue nécessité pour l'hygiène individuelle et collective et pour la quasi-totalité des activités humaines. Partout dans le monde, une eau saine et propre est indispensable au confort, à la santé et à la survie de l'homme (Bouziani, 2000).

I.1.L'abondance de l'eau

Sur notre planète, l'eau (H₂O) est très abondante et existe sous trois états différents (Tableau 1) :

- Liquide : l'eau salée des mers et des océans, ou l'eau douce des lacs, rivières et souterraines.
- Solide : la neige, la glace et la grêle.
- Gazeux : la vapeur d'eau.

Tableau 1 : Au cours de son cycle, l'eau se transforme d'une phase à une autre

En prélevant de l'énergie dans son environnement par :	En restituant cette énergie à son environnement par :
- Evaporation (liquide/gazeux)	- Condensation (gazeux/liquide)
- Sublimation (solide/gazeux)	- Solidification (Liquide/solide)
- Fusion (solide/liquide)	- Condensation (gazeux/solide)

(Bouziani, 2000)

I.2. Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau peut se décomposer en 4 étapes (Figure 01) :

I.2.1. L'évaporation

Chauffée par le soleil, l'eau des océans, des rivières et des lacs s'évapore et monte dans l'atmosphère.

I.2.2. La condensation

Au contact des couches d'air froid de l'atmosphère, la vapeur d'eau se condense en minuscules gouttelettes qui, poussées par les vents, se rassemblent et forment des nuages.

I.2.3. Les précipitations

Les nuages déversent leur contenu sur la terre, sous forme de pluie, neige ou grêle.

I.2.4. Le ruissellement

La plus grande partie de l'eau tombe directement dans les océans. Le reste s'infiltre dans le sol pour former des nappes souterraines qui donnent naissance à des sources, ou ruisselle pour aller grossir les rivières qui à leur tour, vont alimenter les océans.

Enfin, l'eau possède également des qualités gustatives qui varient selon la propriété des roches et des sols qu'elle rencontre. Selon le lieu, elle sera plus ou moins calcaire fluorée, riche en magnésium, parfois douce et dure.

Remarquons qu'il est plus juste de parler d'eau douce ou dure que d'eau calcaire ou non calcaire en référence à la norme française

→ **< 15°F**, l'eau est considérée comme douce.

→ **> 30°F**, l'eau est considérée comme dure.

Le degré Français °F est une unité de mesure correspondant à la dureté de l'eau. 1 °F = 4mg de Calcium/l et 2,4 mg de magnésium/l) (Anctyl, 2012).

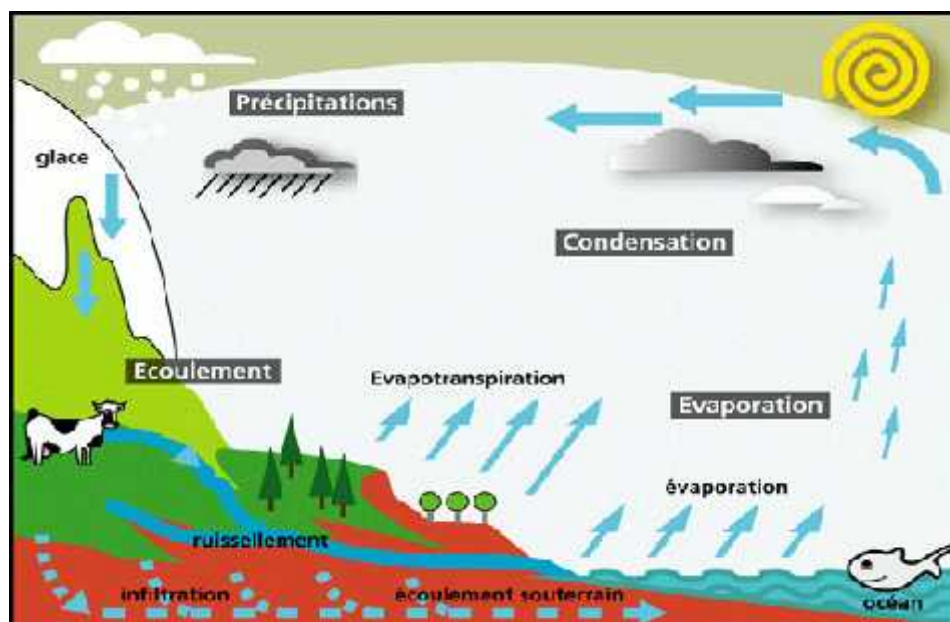


Figure 1 : Représentation schématique du cycle de l'eau.

I.3. L'eau potable

C'est l'eau destinée à la consommation humaine. C'est une eau non susceptible de porter atteinte à la santé de celui qui la consomme, ne doit contenir d'agents pathogènes ou toxiques, ni d'éléments chimiques indésirables. Elle ne doit pas présenter un danger microbien sous forme de bactéries, virus, parasites, etc. De plus, c'est une eau agréable à boire, claire et sans odeur (Bordet, 2007).

Chez l'individu, les besoins corporels en eau sont plus impératifs que tout autre besoin, à part l'oxygène. Généralement, un sujet adulte élimine, par les urines, la sueur, la perspiration

cutanée et la respiration pulmonaire environ trois litres d'eau, par jour. L'homme a donc besoin quotidiennement d'une quantité égale, dont la moitié est apportée par l'eau contenue dans les aliments solides, le reste, soit un litre et demi, est fourni journalièrement par les boissons.

I.3.1. Paramètres organoleptiques

Une eau destinée à la consommation humaine doit être limpide, fraîche, de saveur agréable et exempte de couleur et d'odeur. La couleur des eaux naturelles est généralement due à la présence en excès de certains minéraux comme le fer, et également certaines matières organiques, leur élimination par traitement est indispensable pour rendre l'eau agréable à boire, il est important de dire qu'une eau présentant une belle couleur n'est pas forcément potable. La saveur et l'odeur sont deux propriétés très subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Une saveur désagréable dans l'eau est généralement conférée par un excès de fer, de manganèse, de chlore actif, de phénol et chlorophénol ; elle se développe de façon plus accrue avec l'augmentation de la température. Un développement d'odeur dans l'eau de consommation est généralement dû au plancton et aux algues mortes pour les eaux de surfaces et au sulfure d'hydrogène pour les eaux souterraines (Ancyl, 2012).

I.3.2. Paramètres concernant les substances toxiques

Une pollution industrielle du captage ou une dégradation des réseaux de distribution peut entraîner la présence d'éléments toxiques dans l'eau dangereux pour la santé en cas de consommation régulière. Ils sont essentiellement représentés par les métaux lourds tels que plomb, Nickel, Mercure, Cyanure ...

I.3.3. Paramètres microbiologiques

La surveillance de la qualité microbiologique des eaux destinées à la consommation humaine, repose sur la recherche des bactéries indicatrices de contamination fécale comme : les coliformes, entérocoques, les clostridium sulfite-réducteurs ... etc. Ces bactéries constituent les paramètres microbiologiques impératifs rattachés à la limite de la qualité de ces eaux fixée par la réglementation (Haslay et Leclerc, 1993).

Tableau 2: Les paramètres de qualité d'eau potable.

Catégories	Paramètres
Organoleptiques	Couleur, odeur
Physico-chimiques	Température, pH, conductivité à 20C°, Chlorures, sulfates, MES, O ₂ dissous, DBO ₅ , DCO, oxydabilité KMnO ₄ .
Substances indésirables	Nitrates, NTK, ammonium, baryum, phosphates, phosphore, total, fer total, cuivre, zinc, manganèse, fluorures, hydrocarbures, phénols, détergents anioniques.
Substances toxiques	Arsenic, cadmium, chrome total, plomb, mercure, Nickel, sélénium, pesticides par substance, pesticides totaux, H.P.A total
Bactériologiques	Coliformes fécaux, coliformes totaux, streptocoques fécaux.
Biologique	Chlorophylle

I.4. Les propriétés de l'eau

I.4.1. Les propriétés physiques de l'eau

I.4.1.1. Masse volumique

Par tassement progressif de l'édifice moléculaire, la masse volumique varie avec la température et la pression, pour l'eau pure, sous pression atmosphérique, par un maximum à environ 4 °C, plus exactement 3,982 °C, sa variation en fonction de la température est la suivante (tableau03) :

Tableau 3 : masse volumique de l'eau en fonction de la température (Degremont, 2005).

T °C	Masse volumique Kg/dm ³	T °C	Masse volumique Kg/dm ³
0	0,999 839	20	0,998 204
4	0,999 972	25	0,997 045
10	0,999 699	30	0,995 647
15	0,999 099	100	0,85

I.4.1.2. Viscosité

C'est la propriété que présente un fluide, liquide ou gaz, d'opposer une résistance aux divers mouvements soit internes (turbulence), soit globaux (écoulement), cette résistance est due aux frottements réciproques des molécules en mouvement, elle est à la base des pertes d'énergie cinétique et joue donc un rôle important en traitement des eaux (Kemmer, 1984).

I.4.2. Propriétés électriques

I.4.2.1. Constante diélectrique

La constante diélectrique de l'eau, de l'ordre de 80 farads stéradian par mètre, est l'une des plus élevées que l'on connaisse ; raison pour laquelle l'eau possède un pouvoir ionisant très important (Degremont, 2005).

I.4.2.2. Conductivité électrique de l'eau

L'eau est légèrement conductrice, la conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est 4,2 micro-siemens par mètre à 20 °C, correspondant à une résistivité de 23,8 mégahoms-centimètres, elle augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau et elle varie en fonction de la température (Degremont, 2005).

I.4.3. Propriétés optiques

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse. Si l'UV passe bien, l'IR, si utile du point de vue physique et biologique, d'où la couleur bleu de la lumière transmise en couche épaisse, cette transparence est souvent utilisée pour apprécier certaines formes de pollution et, en conséquence, l'efficacité du traitement d'épuration ; de même, elle conditionne l'emploi des ultraviolets en désinfection (Degremont, 2005).

I.4.4. Solubilité des substances chimiques dans l'eau

I.4.4.1. Les sels dissous

On dit de l'eau que c'est un solvant universel car, elle possède la capacité de dissoudre une grande quantité de substances dans des quantités appréciables. Par exemple, le sel de table (NaCl) est composé d'ions complémentaires (Cl^- et Na^+), la polarité des molécules d'eau a pour effet de réduire l'attraction qui maintient les ions Cl et Na unis, le sel est alors dissous et ses ions sont enrobés par des molécules d'eau, cette hydratation, attribuable à la capacité de la molécule d'eau à établir des liaisons hydrogènes, a pour effet d'isoler les ions de sel les uns des autres.

Tableau4: concentration des sels dissous dans l'eau.

Ions	Symboles valence	Eau de mer mg/1000 g	Eau de rivière mg/1000g	Eau de pluie continentale mg/1000g	Eau de pluie océanique mg/1000g
Sodium	Na^+	10 770	5,2	0,2 - 1	1 - 5
Magnésium	Mg^{++}	1 290	3,4	0,05 – 0,5	0,4 – 1,5
Calcium	Ca^{++}	410	13,4	0,1 – 3	0,2 – 1,5
Potassium	K^+	400	1,3	0,1 – 0,3	0,2 – 0,6
Chlorure	Cl^-	19 350	5,8	0,2 – 2	1 – 10
Sulfate	SO_4^{--}	2 710	5,3	1 – 3	1 – 3
Bicarbonate	HCO_3^-	120	52,0	Trace	Trace
Silice	SiO_2	Trace	10,4	Trace	Trace

L'eau de pluie contient beaucoup moins de sels dissous, en fait, pour y être présents, ces sels doivent d'abord être suspendus dans l'atmosphère qu'ils ont rejoint soit depuis une source volcanique, soit depuis l'océan, soit à la suite des rejets industriels, les concentrations en sels dissous de l'eau de pluie ne sont pas uniformes puisqu'elles dépendent de la disponibilité de ces ions dans l'atmosphère (Anctyl, 2008). Les concentrations sont plus élevées au-dessus des océans qu'au dessus des continents (tableau 04).

I.4.4.2. Les gaz dissous

A l'interface avec l'atmosphère, de petites quantités de gaz se dissolvent dans l'eau. Cette dissolution cesse dès qu'une concentration limite est atteinte. Celle-ci est inversement proportionnelle à la température et à la salinité de l'eau, la température ayant l'effet le plus marqué. Les volumes des gaz atmosphériques dissous dans les océans représentent moins du 1/5^{ème} du volume total des gaz sur la terre. Par conséquent, l'atmosphère dicte la concentration des gaz dissous dans les océans. Le CO₂ fait exception, puisque dans ce cas c'est l'océan qui abrite la plus grande part de cette molécule et qui, en conséquence, impose les concentrations de l'atmosphère.

Le cas du dioxyde de carbone et de l'oxygène est particulier parce que leurs concentrations dans les eaux sont contrôlées par plusieurs processus biologiques et chimiques, notamment la photosynthèse et la respiration. Le processus de photosynthèse chez les plantes et les algues exploite le rayonnement solaire (énergie) pour convertir le CO₂ et l'eau en matière organique et en oxygène. En contrepartie, la plupart des organismes vivants, incluant bactéries, plantes et animaux, respirent. Au cours de ce processus, ils convertissent de la matière organique et de l'oxygène en CO₂, eau et énergie disponibles pour leur propre métabolisme (François et al., 2008).

I.4.5. Solubilité des liquides

La molécule d'eau étant polaire, la solubilité d'un liquide dans l'eau dépend de la polarité des molécules du liquide considéré. Par exemple, les molécules qui comprennent des groupes fonctionnels OH (les alcools, les céures), SH, NH₂, étant très polaires, sont très solubles dans l'eau alors que d'autres liquides comme les hydrocarbures, le tétrachlorure de carbone, les huiles et les graisses ... non polaires, sont très peu solubles.

Il peut y avoir miscibilité partielle : par exemple, une substance n'est miscible en toutes proportions avec l'eau qu'au-dessus d'une température critique (T supérieure à 63,5°C pour

le mélange eau-phénol), ou au-dessous d'une limite inférieure (la triméthylamine n'est soluble en toutes proportions qu'en dessous de 18,5 °C), ou entre deux températures critiques (le système eau-nicotine) (Degremont, 2005).

I.4.6. Solubilité des solides

L'eau présente un exceptionnel pouvoir de dissolution des sels minéraux. Sa solubilité dépend de la température, par exemple à 10° C, la dissolution des composés ioniques ou polaires opère par association des molécules d'eau avec les cations via l'atome d'oxygène et avec les anions via l'atome d'hydrogène. La solubilité augmente lorsque le pouvoir polarisant de l'ion, défini par le rapport de sa charge sur le carré du rayon, cas des sulfates de magnésium et calcium, cas de la soude et du chlorure de sodium) (Tableau 4) (Degremont, 2005).

I.5. Les sources d'alimentation en eau potable en Algérie

I.5.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface proviennent surtout des pluies, sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eaux souterraines. Les eaux de surface sont constituées également par les lacs, les retenues d'eau de pluie, les réservoirs de stockage d'eau....etc.

I.5.2. Les eaux souterraines

Les nappes d'eau souterraines sont des nappes phréatiques dont certaines sont très profondes et ne subissent aucune modification pendant des milliers ou même des millions d'années. Les nappes phréatiques revêtent une importance énorme pour l'approvisionnement en eau, car elles constituent les plus grandes réserves d'eau potable dans la plupart des régions du monde. Les sources représentent l'émergence des eaux souterraines, elles sont plus fréquemment rencontrées dans les régions montagneuses. On distingue trois types de sources :

- Les sources d'affleurement, pour lesquelles l'approvisionnement se fait sur un fond imperméable dans la vallée (au pied de la pente).
- Les sources d'émergence, ou artésiennes, elles sont alimentées par la couche inférieure de la nappe.
- Les sources de déversement, elles naissent sur les pentes ou des grandes hauteurs (au-dessus du fond de la vallée).

Chapitre II

La zone d'étude

Chapitre II

La zone d'étude

Introduction

De par sa position géographique, la wilaya de Khenchela fait partie du grand ensemble régional des hauts plateaux et se positionne aux portes des grandes villes du sud pays et non loin des villes métropolitaines de l'est algérien. C'est aussi une région qui, depuis les cinq dernières années, connaît un développement accéléré pour résorber les déficits enregistrés dans tous les secteurs, ce qui constituera un moteur pour la promotion des activités socio-économiques, particulièrement pour lancer les jalons de la petite et moyenne entreprise orientée vers l'agro-alimentaire.

Cependant, on enregistre une complexité topographique et une diversité biologique très importante, d'où la wilaya présente des tranches altitudinales très variables allant de 2328 m (Ras Kaltoumi), à moins de 26 m (Chott Melghir) au dessous du niveau de la mer. Grâce aux diversités appréhendées, la wilaya jouit d'une vocation agro-sylvo-pastorale et saharienne édictant quatre zones agricoles : les montagnes, les plateaux, les plaines les parcours steppiques (Conservation des forêts, 2016).

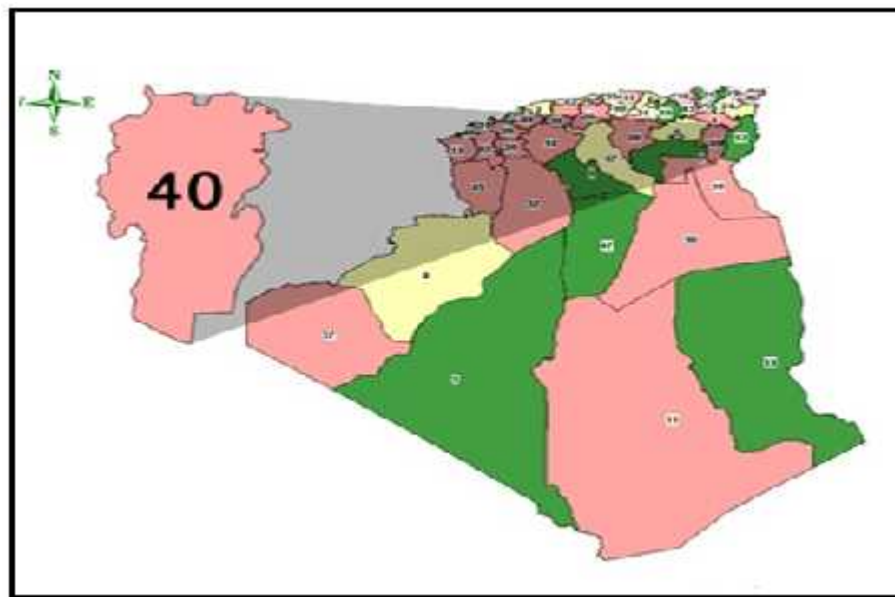


Figure 2 : Situation de la Wilaya de Khenchela (DSP ,2015).

II. Présentation générale

I I.1. Description générale et localisation de la wilaya de Khenchela

La wilaya de Khenchela est située à l'Est du pays, au contrefort des monts des Aurès, dans l'aire géographique comprise entre 6° 32' et 7° 34' de longitude Est et entre 35° 7' et 35° 38'

de latitude Nord. Elle est limitée au Nord par la wilaya d'Oum El Bouaghi, au Nord-Ouest par la wilaya de Batna, au Sud-Ouest par la wilaya de Biskra, au Sud, par la wilaya d'El Oued et à l'Est par la wilaya de Tébessa. Son étendue territoriale couvre une superficie totale de 9715Km² (La conservation des forêts, 2016).

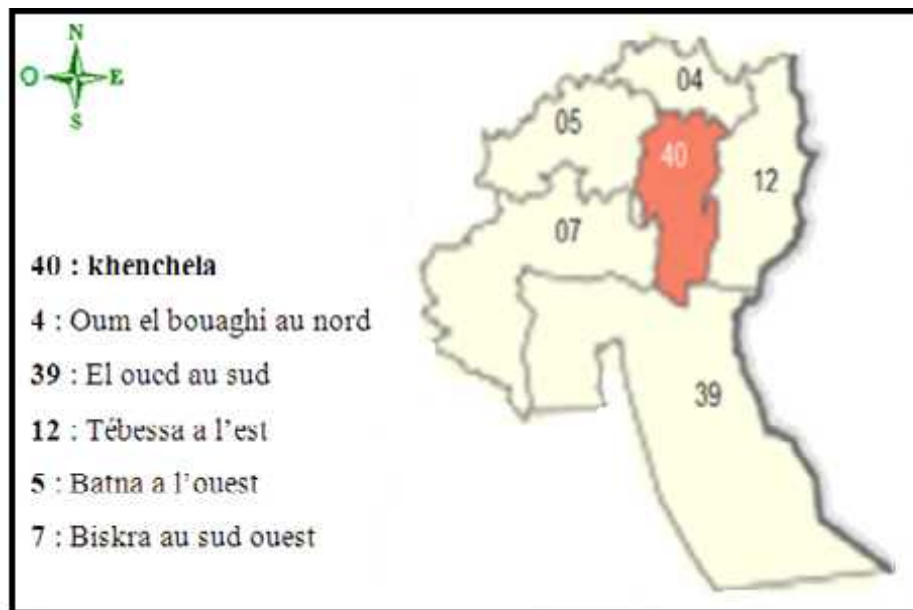


Figure 3 : Situation de la wilaya de Khenchela (DPAT, 2011).

II.2. La zone d'étude

II.2.1. Situation géographique

La commune d'El Mahmel (**Tazouguert**) a été rattachée en 1985 à la Wilaya de Khenchela, située à l'Est de la Wilaya, elle s'étend sur une superficie de 371Km². Elle compte deux agglomérations secondaires (Ouled Azzedine et Icherthithéne).

La commune d'El Mahmel fait partie de la Daïra d'Ouled Rechache (Zoui), située à 9 km du chef-lieu de la Wilaya. Sur l'axe de la RN n°:32 qui traverse l'agglomération d'Est en Ouest la reliant au chef-lieu de Daïra d'Ouled Rechache. Elle occupe un site relativement plat en légère déclivité d'Ouest en Est (Figure 04).

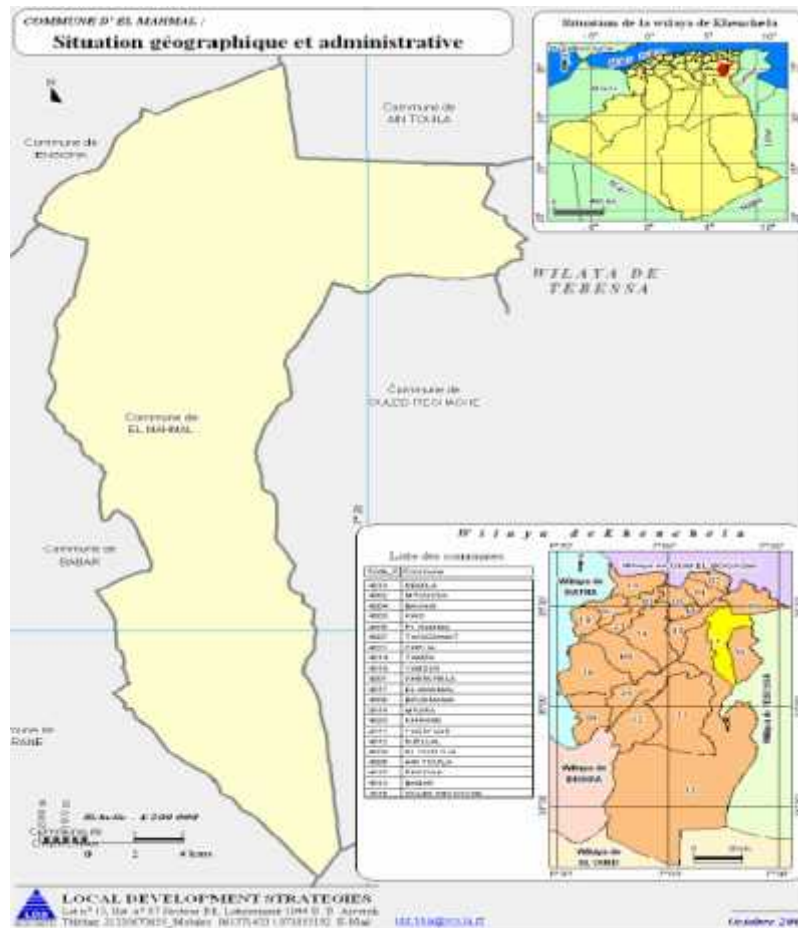


Figure 4 : La situation géographique de la commune d'El Mahmel.

Les cordonnées GPS du point de prélèvement de l'eau à étudier sont :

- N35° 22 '30,73''
- E7° 12'51 ,63''



Figure 5: photo Aérienne de la commune d'El Mahmel par Google earth

II.2.2. Situation administrative

La commune était d'origine rurale, elle est limitée par :

- la commune d'AINTOUILA au Nord.
- la commune de N'SIGHA au Nord-Ouest.
- la commune de BABAR à l'Ouest et Sud-ouest.
- la commune de BIDJEN et OULED RECHACHE à l'Est.
- la wilaya de TEBESSA au Sud (**Figure 6**).

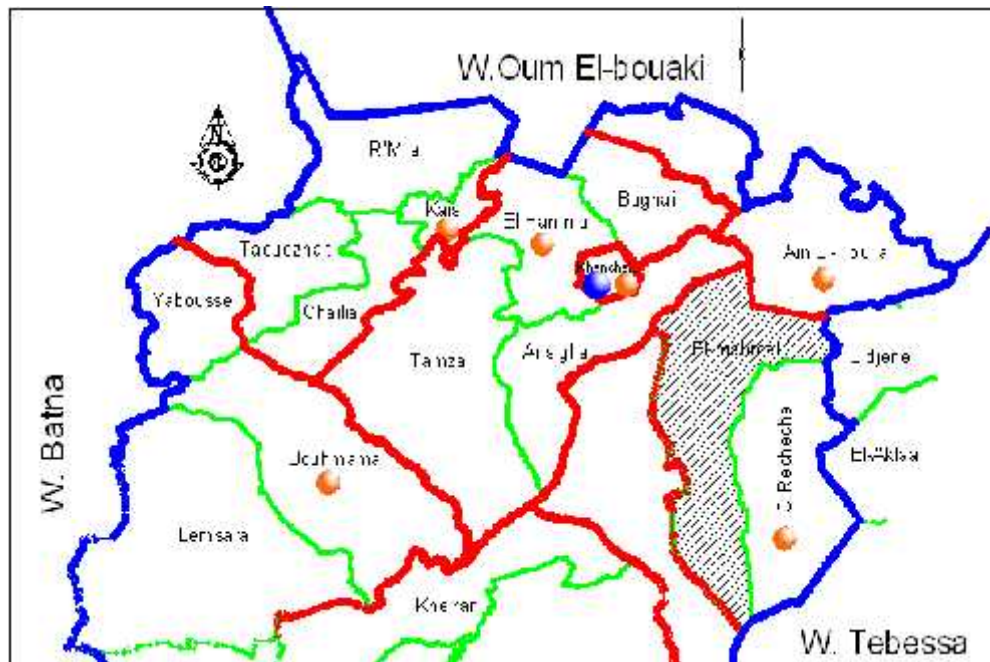


Figure 6 : Les limites de la commune d'El Mahmel (D.H.K 2015).

II.3. Caractères géomorphologiques, géologiques et pédologiques

II.3.1. Caractères géomorphologiques

II.3.1.1. Relief

La structure physique de la Wilaya de Khenchela est très hétérogène. Elle se caractérise par trois régions naturelles distinctes :

- **Les hautes plaines du nord** : constitués par le bassin de Tarf qui comprend les plaines de Remila Boudrehem et de M'toussa, ainsi que le plateau des Ouled Rechache (plaines de Mahmel et de Zoui) et la plaine de Khenchela.
- **La zone montagneuse** : occupe les parties centrale et ouest de la Wilaya. Elle est constituée de deux massifs importants: les Aurès et les monts de Nemamcha.
- **Le parcours steppique et saharien** : couvre la moitié sud de la wilaya (**Figure 7**)

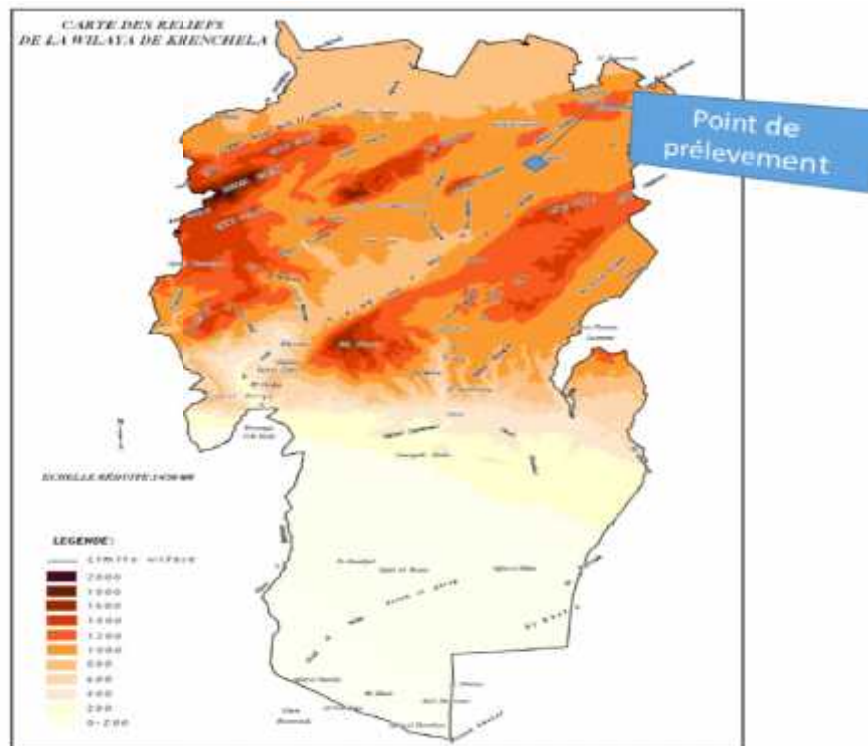


Figure 7: Le relief de wilaya de Khenchela (C.F ,2015).

II.3.1.2. Altitude

La wilaya de Khenchela se caractérise par une très forte dénivellation. En effet l'altitude oscille entre moins 26 mètres au dessous du niveau de la mer (Chott Melghir au Sud-est de la wilaya) et 2169 mètres au dessus du niveau de la mer (Djebel Chelia) sur les monts des Aurès au Nord-ouest de la wilaya (C.F, 2016).

II.3.1.3. Pente

Carte des classes de pente caractérisant le territoire de la wilaya a été dressée, sur la base de la grille retenue par le MATET (Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme) pour le classement des zones de montagnes. Cette grille, qui tient compte de l'utilisation souhaitable des terres, préconise 4 classes:

- **Classe 1** : pente comprise entre 0 et 3,5 % : Relativement favorable à l'intensification agricole (mécanisation et irrigation) et à la réalisation d'infrastructures techniques.
- **Classe 2** : pente comprise entre 3 et 12,5 % : elle est favorable au développement d'une agriculture intensive à semi intensive.
- **Classe 3** : pente comprise entre 12,5 et 25 % : Favorable à l'arboriculture fruitière et autres cultures pérennes fixatrices du sol au détriment des cultures annuelles et notamment les grandes cultures.

- **Classe 4** : pente supérieure à 25 % : constituant de ce fait une contrainte majeure pour la pratique des activités agricoles et un handicap pour la réalisation des infrastructures socioéconomiques. A ce titre, l'occupation du sol au niveau de cette classe doit privilégier la sylviculture (C. F., 2016).

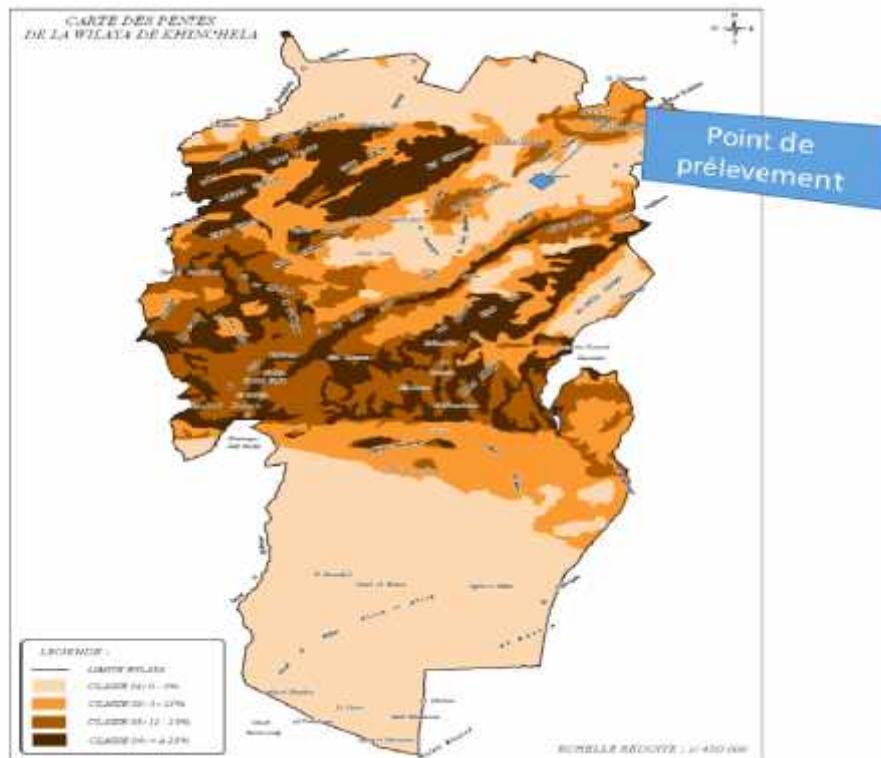


Figure 8 : Les pentes de la wilaya de Khenchela (D .H .K .2015).

- La zone comprenant les pentes très fortes (17%et plus). Ce sont les hautes collines et les versants abrupts de l'ensemble montagneux de Tadelist.
- Ces terrains sont défavorables la construction et à la culture (POS, 2010).

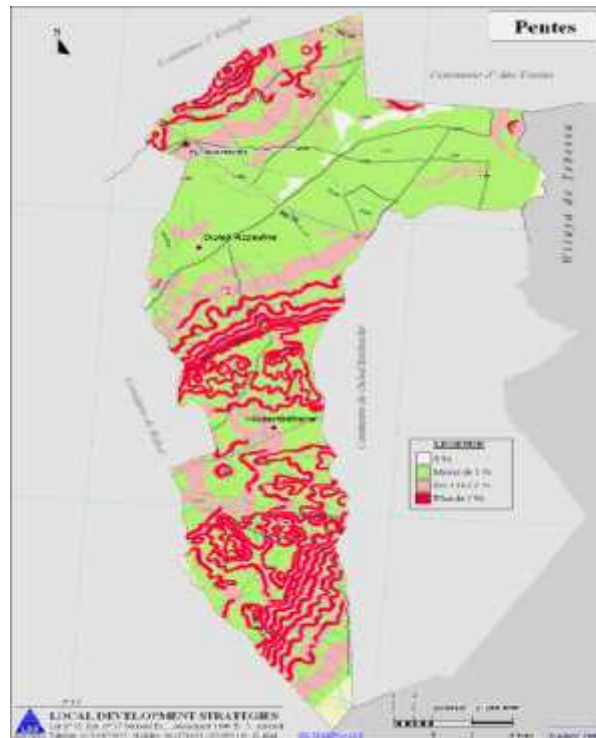


Figure 9 : Les pentes de la commune d'El Mahmel (D. H. K., 2015)

II.3.2. Caractères géologiques

La wilaya de Khenchela est caractérisée par trois régions naturelles qui peuvent être distinguées de la façon suivante :

- Au Nord : c'est le bassin miocène de Timgad et de Douffana. C'est une zone plate, steppique qui correspond à la bordure méridionale de la grande dépression de Garaat el Tarf.
- Les parties occidentale et centrale de la wilaya constituent la terminaison périclinale Nord Est de la chaîne des Aurès, région caractérisée par les diapirs triasiques.
- La zone méridionale au Sud constitue les monts des Nememcha ; et plus au Sud, c'est une zone plate qui correspond à la bordure septentrionale du pays des chotts.

Du point de vue tectonique, le territoire de la wilaya est situé au Nord de la flexure Sud atlasique. Les reliefs montagneux sont très accidentés par des failles. On rencontre deux principales familles : La première correspond aux plus grandes failles de direction Est-Ouest à Nord-Est et Sud-Ouest. La seconde, celle des plus petites failles et dont la direction est Nord-Ouest et Sud-Est. Ces deux types de failles sont verticaux.

Il est à noter aussi que les diapirs ou dômes triasiques empruntent généralement des zones de failles et de faible résistance pour remonter à la surface du sol et affleurer. Ces diapirs se rencontrent dans la partie orientale de la wilaya.

Du point de vue lithologique et pétrographique, on rencontre dans la wilaya des calcaires, des marnes, des argiles, du gypse, des sables, des grès et des conglomérats.

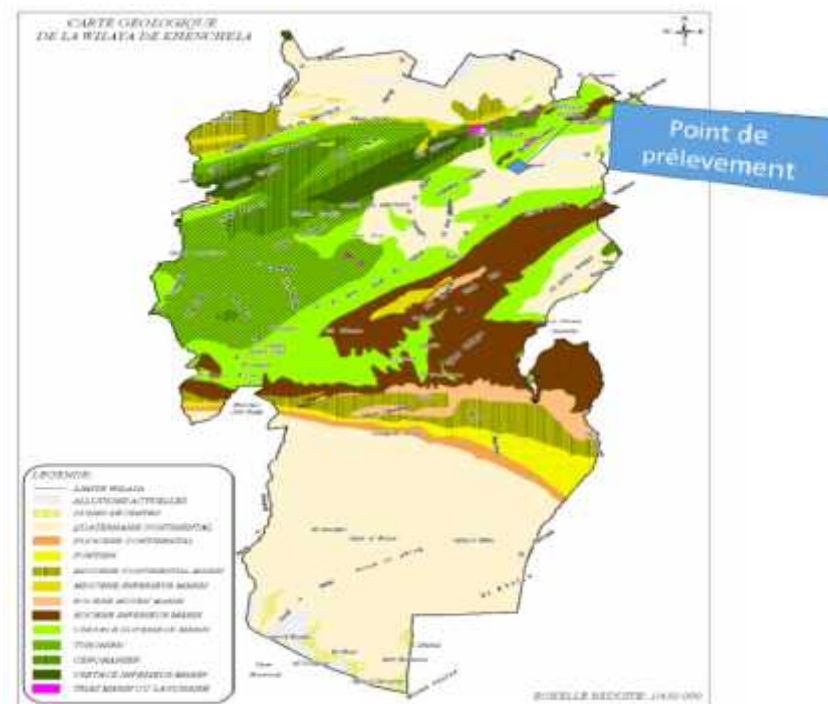


Figure10.: Carte géologique de la Wilaya de Khenchela (D .H .W, 2015)

II.3.2.1. Aperçu géologique de zone d'étude

II.3.2.1. 1.Géomorphologie

Sur le plan géologique, malgré la diversité des structures et des paysages morphologiques dans cette zone entre montagnes, piémonts et plaines, le territoire de la commune d'El Mahmel appartient totalement au domaine atlasique.

II.3.2.1.2.La Stratigraphie

La stratigraphie de cette région se caractérise par la prédominance des terrains secondaires crétacés et partiellement jurassiques et des formations tertiaires, éocènes, oligocènes et miocènes. Les terrains néogènes et quaternaires ne sont dominants que dans les bassins et dans les couloirs intra montagneux et sur les bordures, particulièrement celles du Sud.

II.3.3. Caractères pédologiques

On a dénombré six classes de sols auxquelles il convient d'ajouter la classe des sols minéraux bruts, affleurement de la roche mère, et la classe des sols halomorphes (sols salés):

- **Les sols calcaires humifères:** Ils sont rencontrés sur les monts et les piémonts de l'Aurès, à une altitude comprise entre 1 000 et 1500 mètres.

- **Les sols insaturés humifères:** Ces sols sont rencontrés sur les reliefs les plus élevés (plus de 1500 mètres d'altitude) de l'Aurès. Ils sont occupés par des forêts.
- **Les sols calciques:** Ces sols sont rencontrés sur les bas piémonts, et sur les hautes plaines longeant la route qui mène de Khenchela à Faïs en passant par Kaïs et Remila. Ils s'étendent à l'Est jusqu'à Ain Touila et au Sud jusqu'à Babar en partant de Khenchela.
- **Les roches mères:** Ces roches, résultat d'une érosion intense due à une conjugaison de facteurs négatifs (relief montagneux, intensité des pluies, substratum tendre et à une absence de couvert végétal pérenne) affleurent notamment les monts des Nemenchas (La conservation des forêts, 2016) (Figure 11).

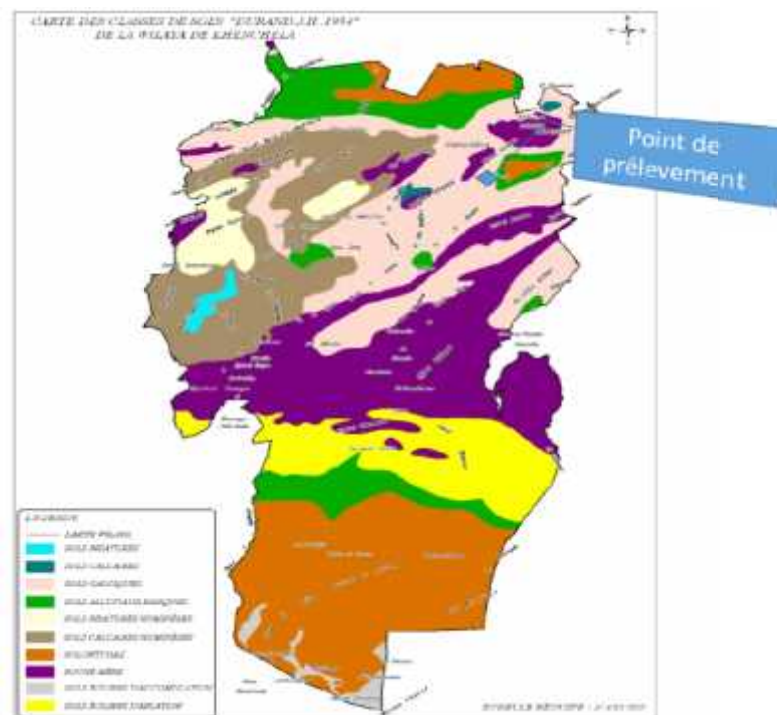


Figure 11 : Carte des classes des sols de la wilaya de Khenchela (D.H .W, 2015).

II.3.3.1.La Pédologie de cette zone

Les ressources en sols ont été évaluées sur la base de l'exploitation de la carte des sols de Tébéssa de 1938 au 1/500.000ème. Les types des sols identifiés sont :

- **Les sols calciques (cq) :** Sont à l'origine des paysages pédologiques de la zone.
- **Les sols calcaires (c) :** Sont souvent humifères viennent augmenter le dosage carbonaté des sols de la zone.

- **Les sols en carbonates de calcium** : Sont présentés en grande partie dans le grand développement des croûtes et des encroûtements calcaires, ils sont des sols à caractère nuancé et blanchâtre.
- **Les sols de type lithosols** : Composés de roche mère dure.
- **Les sols de type régosols (rm)** : Ce sont des sols de montagnes sur substrats, soit de roches tendres plus ou moins altérées, soit de roches dures avec horizons humifères très minces.
- **Les Sols alluviaux basiques (ab)** : Ces sols caractérisent au centre Nord de la commune se sont des sols sales de type solontchak (sk) au coeur de la dépression Sebkha.
- **Les sols peu évolués ou les sols non évolués ou sols minéraux brut** : Caractérisent les fonds des Oueds et les terrasses (D.H .W, 2015).

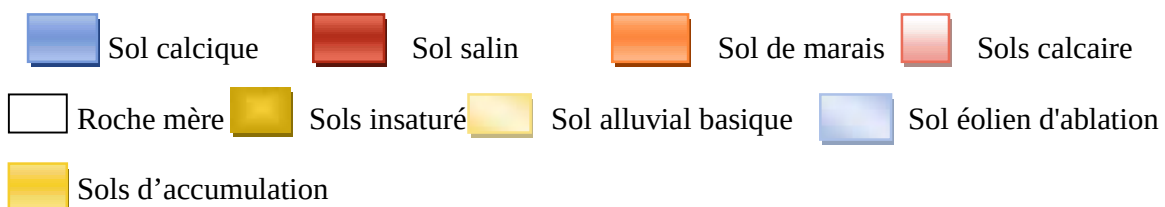
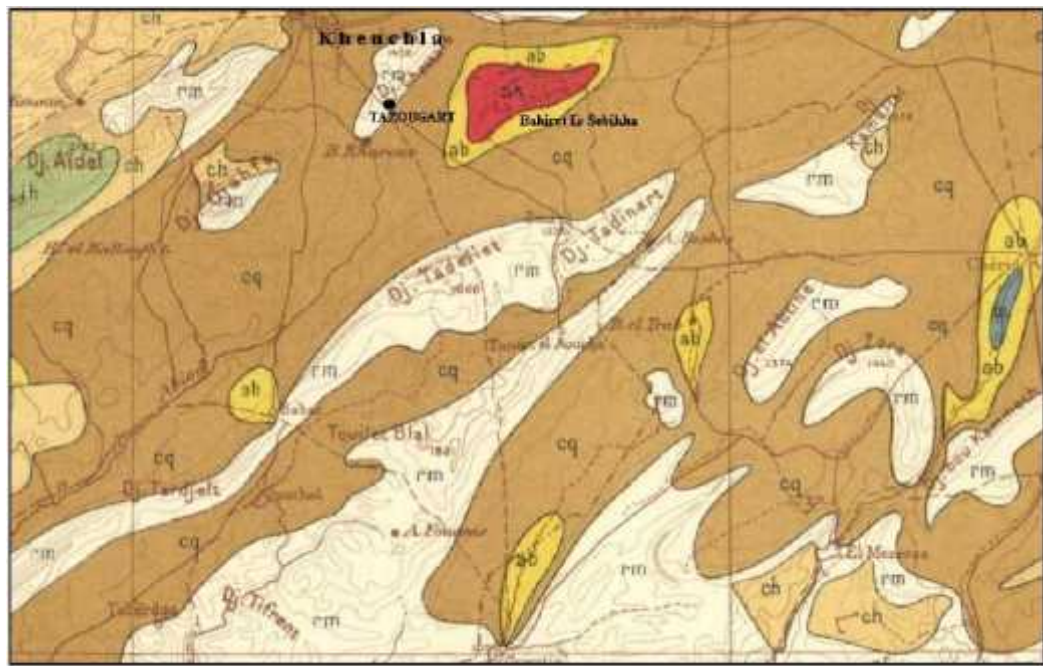


Figure12 : Les sols de la région d'El Mahmel

- **Les unités morphologiques**

La caractérisation physique de la commune ne peut se faire qu'à travers l'analyse détaillée des reliefs, la géomorphologie, l'organisation des structures et la connaissance des éléments

bioclimatologiques. Ce diagnostic doit aboutir, aussi, à la compréhension des processus et des mécanismes d'évolution de la zone, à partir des liens et des interactions entre le milieu physique et l'homme (Figure 13).



Figure13 : Principales unités morphologiques de la région d'El Mahmel.

II.4. Caractères hydrographiques

La wilaya de Khenchela s'inscrit dans les limites géographiques de trois bassins versants:

- Le bassin versant des Hautes Plaines constantinoises: qui correspond à la partie nord de la wilaya (piémonts nord des Aurès et zone des dépressions).
- Le bassin versant de la Médjerdah: pour la partie nord-est correspondant aux versants sud des djebels: Chettaia, Tafrem1t et Bou Tokhma, et, aux versants nord des Djebels: Tadelist et Tadjinnart.
- Le bassin versant du Chott Melghir: pour les parties médianes et sud de la wilaya, correspondant au massif des Aurès, aux monts des Nemenchas, aux vallées des oueds El Arab et Mellagou, ainsi qu'aux plaines steppiques et présaharienne du sud (La conservation des forêts, 2016).

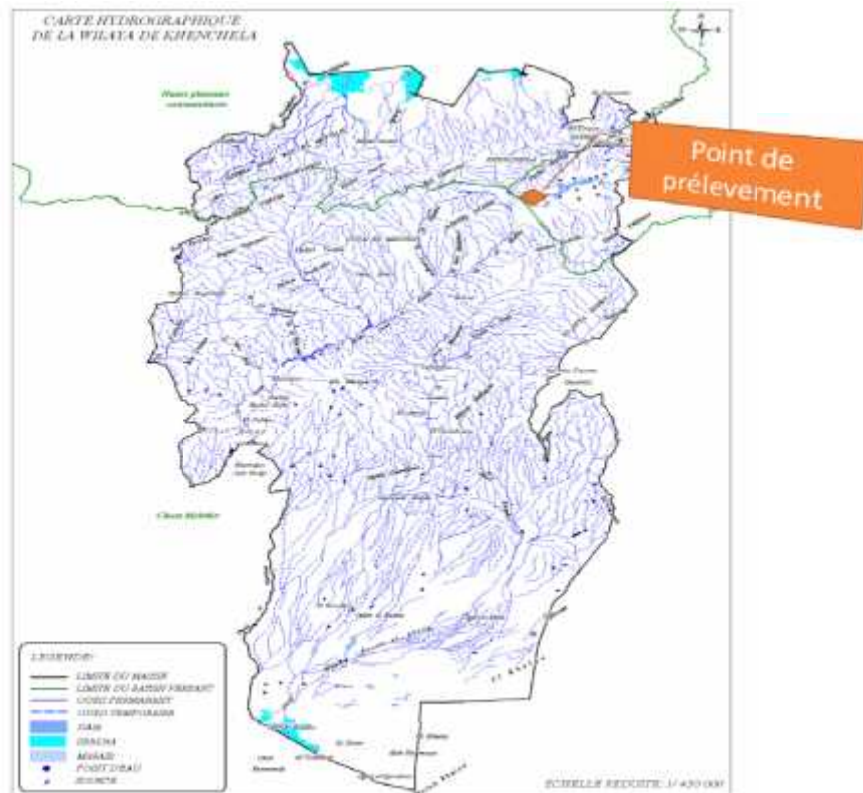


Figure14 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya (DHW, 2015)

II.4.1. Ressources en eau de Cette zone :

II.4.1.1. Les eaux superficielles

Le régime hydrologique des Oueds présente deux saisons. Dès le mois de septembre le retour des pluies, après la saison sèche, n'est pas suffisant, car l'augmentation des débits des Oueds n'est pas sensible. C'est plutôt vers la fin de la période humide que les crues risquent de se produire avec une augmentation des débits des Oueds au mois de mars. La coïncidence entre cette période avec les effets du ruissellement entraîne alors une augmentation de l'efficacité de l'action érosive des Oueds aux débouchés des plaines, qui sont soumises à des inondations régulières.

II.4.1.2. Les eaux souterraines

Le territoire de la commune d'El Mahmel est traversé par de nombreux Oueds qui convergent, pour la plupart d'entre eux, vers les zones basses notamment Sebkhia située dans la partie Nord de la commune et qui par conséquent constituent une source d'alimentation des nappes (Atehyd, 2012).

II.5. Distribution des terres de la wilaya de Khenchela

Les terres de la wilaya appartiennent à quatre grands types et qui sont :

II.5.1. Les parcours

Avec 558.204 Ha c'est-à-dire 58 % de la superficie totale. Ils représentent la majorité des terres de la wilaya ; sont constituées essentiellement de parcours à Alfa et de parcours steppiques à base d'armoïse blanche, sparte et des halophytes ainsi que des parcours sahariens. Les terres de ces parcours sont soumises à une dégradation continue suite aux surpâturages, et aux défrichements pour la mise en cultures.

II.5.2 .Les terres agricoles

Elles représentent 26 % de la superficie totale, soit 246.797 Ha. Et sont composées principalement de terres labourables (cultures herbacées et jachérées).

II.5.3. Les terres forestières

Ce sont des forêts proprement dites, maquis et reboisement. Elles couvrent 15 % des terres de la wilaya ce qui représente 146.303 Ha.

II.5.4. Les terres improductives

Sont insignifiantes avec une surface de 5288 Ha soit 1 %. Donc la wilaya de Khenchela est de typologie Agro-Sylvo-Pastorale (Conservation des Forêts, 2012).

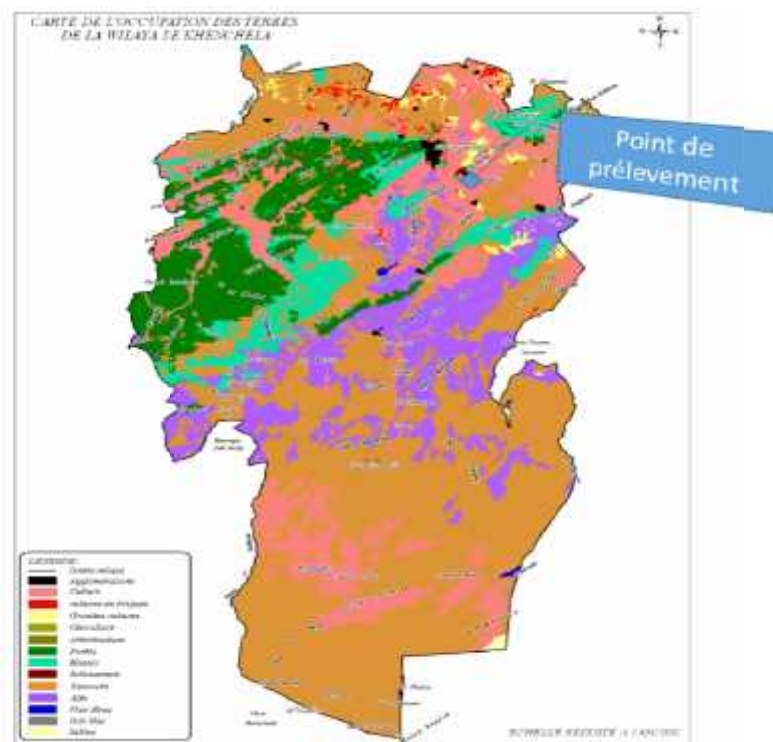


Figure 15 : Carte de représentation des terres de la wilaya de Khenchela (C.F., 2012).

Chapitre III

Matériels et méthodes

Chapitre 3

Matériels et méthodes

Introduction

Ce chapitre présente la méthodologie mise en œuvre pour la partie expérimentale du mémoire. Il inclut tout d'abord une description des caractéristiques des solutions et des réactifs utilisés puis les méthodes de dosage des différents paramètres physico-chimiques.

Les analyses au laboratoire concernant les paramètres physicochimiques (cations et anions) ont été effectués au niveau du laboratoire RNAMS (Ressource naturelles et aménagement des milieux sensibles) de l'université Laarbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi, et du laboratoire de l'ADE (Entreprise Algérienne des eaux) de Khenchela.

On distingue 2 types de paramètres :

- Electrochimie

- pH : potentiel Hydrogène
- C. E : Conductivité électrique
- Turbidité
- Température

- Volumétrie

- Chlorure
- Calcium
- Titre hydrométrique (TH)
- Titre alcalimétrique complet (T.A.C)

III.1. Échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté car, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) (Rodier et al, 2009).

III .1.1. Prélèvement

- Le prélèvement a eu lieu le 05 mai 2016
- Le prélèvement on été fais sur 01poits d'eau

- Les échantillons d'eaux destinées aux analyses physico-chimiques sont prélevés dans de flacon en polyéthylènes stériles et bien rincés (figure16).



Figure 16 : Carte représentative du point de prélèvement

III.1.2. Matériels utilisés

Le matériel utilisés est constitué de Bouteilles en plastique de 1,5 litres ; dispositif de prélèvement ; multiparamètres de marque «CONSORT C931» et un appareil photo.

III.1.3. Matériels de laboratoire

- Verrerie (Entonnoirs, Bêchers de différents volumes) ;
- pH-mètre de laboratoire ;
- Conductimètre de laboratoire ;
- Spectrophotomètre UV-Visible (utilisé pour mesurer les anions SO_4^{2-} , NO_3^- et NO_2^-);
- Spectrophotomètre à flamme (pour mesurer les cations Na^+ et K^+) (Figure 17),

- Le dispositif de dosage titrimétrique (Figure) est utilisé pour mesurer Ca^{+} , Mg^{2+} , HCO_3^{-} et Cl) (Figure 17).



Figure 17 : La spectrophotométrie à Flamme (spectrophotomètre à Flamme ORNING410)



Figure 18 : Dispositif du dosage titrimétrique

Mesure de la qualité physico-chimique de l'eau

III.2. Paramètres physico-chimique

La mesure des paramètres physiques est effectuée à l'aide d'un multi-paramètre, du laboratoire de l'Entreprise Algérienne des eaux (ADE) de Khenchela et au niveau du laboratoire RNAMS (Ressource naturelles et aménagement des milieux sensibles) de l'université Laarbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi.

III.2.1. paramètres physiques

III.2.1.1. Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm , mesurée au moyen d'un conductimètre électrique, donnant des mesures en $\mu\text{S. cm}^{-1}$ (Rodier et al., 2005).



Figure 19 : Conductimètre (HI 2315)

III.2.1.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. C'est un facteur d'investigation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau (Coulibaly, 2005). Il est mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre portatif.



Figure 20: Multi paramètres

Matériel spécial : Comparateur de pH avec tubes ou disques et Colorimètre.

III.2.1.3. Température

La température est un paramètre intéressant dans l'étude des eaux elle joue un rôle très important dans la solubilité des minéraux.

La mesure de température est effectuée sur terrain, on utilise souvent dans ce but un thermomètre ou un multi paramètre. La lecture est effectuée après une immersion de 10 minutes (Rodier et al., 2009).

III.2.2. Les paramètres chimiques (anions et cations)

A- Cations majeurs

A.1. Détermination de la concentration totale en calcium et magnésium (Ca et Mg) par la méthode de titrimétrie à l'aide de l'EDTA (Rodier et al., 2009)

Principe

Titration des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine Tétracétique (EDTA).

- On utilise comme indicateur coloré le noir ériochrome T qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions Mg^{+2} , Ca^{+2} .

- A.1. Détermination de la dureté d'une eau par un titrimétrie

Cette instruction est destinée au dosage du calcium Ca^{2+} et du magnésium Mg^{2+} présents dans l'eau échantillonnée pour déterminer sa dureté.

• Équipement utilisé

- ❖ Burette graduée
- ❖ Agitateur magnétique
- ❖ Balance électrique
- ❖ Etuve réglable à 107°C
- ❖ Solution d'éthylène Diamine Tétracétique « EDTA »
- ❖ Indicateurs colorés : Murexide et Noir d'Eriochrome

• Préparation de l'EDTA

Une petite quantité d'éthylène Diamine Tétracétique EDTA est mise dans l'étuve à 107°C pendant 20 mn pour éliminer l'humidité. Puis, on pèse avec une balance 3,721 g. le contenu est versé dans la fiole jaugée de 1000 ml contenant de l'eau désionisée.

A.2. Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un des éléments les plus répandus dans la nature. Il existe dans de nombreux gisements de calcaire, de craie, de marbre, qui tous sont des variétés naturelles du carbonate de calcium CaCO_3 . on trouve également de grandes quantités de gypse (pierre à plâtres) (Les ions Ca^{2+} sont dosés par complexométrie dans un milieu alcalin à pH12, en présence de la soude (NaOH) avec le Murexide comme indicateur coloré (Rodier et al., 2009).



Figure 21 : coloration avant virage de l'indicateur coloré (Murexide)

Méthode titrimétrique à l'EDTA

A.2.1. Principe

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale. Toutefois, comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, l'acide calccone carboxylique, ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge.

A.2.2. Réactifs

– Solution d'EDTA 0,02 N (0,01 M).

Dissoudre 3,721 g de sel disodique de l'acide éthylène-diamine tétracétique (cristallisé $2\text{H}_2\text{O}$) dans un litre d'eau déionisée. 1 ml d'EDTA 0,02 N correspond à 0,4008 mg de calcium, soit 1 mg de carbonate de calcium. À conserver dans des flacons en polyéthylène.

– Solution d'hydroxyde de sodium 2 N.

– Indicateur : acide calccone carboxylique : acide [hydroxy-2-(hydroxyl-2-sulfo-4-naphtyl-azo-1)- 1naphtalène carboxylique] ou HSN 0,2 g, chlorure de sodium ou sulfate de sodium 100 g.

Pulvériser l'indicateur et mélanger intimement avec le chlorure ou le sulfate de sodium.

– Solution étalon de calcium (0,01 M) : carbonate de calcium pur 1,001 g d'acide chlorhydrique 2 N q.s.p. pour dissoudre, eau désionisée q.s.p. 1 l. À conserver dans un flacon en polyéthylène.

A.2.3. Mode opératoire

Étalonnage de l'EDTA

Dans une fiole conique de 100 ml, introduire successivement :

Solution étalon de calcium 20 ml

Eau déionisée q.s.p. 50 ml

Solution d'hydroxyde de sodium 2 ml

Indicateur 0,2 g

Ajouter la quantité nécessaire de solution d'EDTA jusqu'à virage au bleu.

Soit x le nombre de millilitres versés.

Effectuer le dosage une deuxième fois. Prendre la moyenne de ces deux titrages, soit f le rapport entre le titre ainsi mesuré de la solution d'EDTA et le titre théorique (0,01 M).

Dosage proprement dit :

Dans une fiole conique de 250 ml, introduire successivement : Eau à analyser 50 ml, Solution d'hydroxyde de sodium 2 ml et Indicateur 0,2 g environ.

Ajouter la quantité de solution d'EDTA nécessaire pour avoir un virage au bleu. Soit y le nombre de millilitres versés.

Effectuer le dosage une deuxième fois. Prendre la moyenne des deux résultats. Soit V le volume ainsi déterminé.

A.3. Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est fort répandu dans l'écorce terrestre. On trouve l'état naturel de grandes quantités de carbonate de magnésium qui constitue la minérale magnésite ($MgCO_3$), ainsi que la minérale dolomite ($MgCO_3$ et $CaCO_3$).

Il constitue 2,1 % de l'écorce terrestre (Rodier et al., 2009). Les ions Mg^{2+} mesuré par La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne (la teneur en magnésium) (Rodier et al., 2009).

- **A.4. Détermination des concentrations en Potassium et en Sodium par la photométrie à Flamme** (Rodier et al., 2009)

- A.4.1. Principe

Quand on pulvérise dans une flamme la solution d'un sel métallique, l'énergie thermique de la flamme provoque :

- La vaporisation de l'eau
- Eventuellement des réactions secondaires
- La vaporisation du sel métallique (et des autres produits) et la formation d'atomes
- L'excitation des atomes.

Cette excitation, si elle est suffisante va amener les électrons des sous-couches périphériques à des niveaux énergétiques supérieurs.

Puis ces électrons vont tendre à revenir à leur état initial en libérant leur énergie supplémentaire sous forme d'une émission de lumière (photon).

Pour les éléments les plus fréquemment dosés on utilise les longueurs d'ondes suivantes :

- Sodium : raie de résonance à 589 nm (raie D).
- Potassium : raie de résonance à 767 nm.
- Equipement utilisé

L'intensité émise par une raie est proportionnelle à la pression des atomes du métal dans la flamme, ce qui permet la détermination de la concentration de ce métal dans la solution pulvérisée.

- Photomètre à flamme
- Solution de calibration (plusieurs concentrations)
- Eau distillée

Les résultats sont lus directement sans besoin de dosage particulier.

A.5. L'ammonium (NH_4^+)

A.5.1. Principe de la méthode de dosage de l'ammonium :

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols.

A.5.2. Dosage de l'ammonium (NH_4^+)

Le dosage de l'ammonium a été effectué au laboratoire de l'Algérienne Des Eaux, Khenchela.

Protocole expérimental

Prendre 40 ml de l'échantillon à analyser, lui ajouter 4 ml de réactif 1, 4ml de réactif 2, ajuster à 50 ml avec l'eau distillée et attendre 1 heure. L'apparition de coloration verdâtre indique la présence de (NH_4^+) .



Figure 22 : Spectrophotomètre UV/Visible utilisé.

B- Les anions majeurs

B.1. Sulfates (SO_4^-)

Ils résultent de la solubilité du gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), La présence du sulfate liée à la présence du trias et gypse, l'augmentation des sulfates peut provenir en grande partie de la dissolution des minéraux évaporitiques, de l'oxydation du soufre des roches sédimentaires Sulfates (SO_4^{2-}) sont dosés par le principe néphélométrique (Rodier et al., 2009).

Méthode néphélométrique

B.1.1. Principe

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

B.1.2. Réactifs

- Solution d'acide chlorhydrique au 1/10.
- Solution de polyvinyl-pyrrolidone ou de Tween 20 à 25 %.
- Solution de chlorure de baryum stabilisée : chlorure de baryum ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 10 g

- solution de Tween 20 [polyoxyéthylène (20) sorbitan monolaurate] ou 5 ml de solution de polyvinyl-pyrrolidone 20 ml et eau déionisée *q.s.p.* 100 mL
- Solution étalon de sulfate de sodium à 150 mg/l de SO_4^{2-} : sulfate de sodium anhydre 0,221g et eau déionisée *q.s.p.* 1 000 mL.

B.1.3. Mode opératoire

Dans un tube, introduire successivement :

eau à analyser 50 ml et acide chlorhydrique au 1/10 1 ml, solution de chlorure de baryum + Tween 20 ou solution de chlorure de baryum + PVP 5 ml. Préparer dans les mêmes conditions un tube témoin en remplaçant l'eau à analyser par de l'eau déminéralisé.

Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes. Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage (Rodier et al., 2009).

B.2. Chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3), en présence de chromate de potassium (KCrO_4) jusqu'à apparition d'une coloration rouge brique, c'est le principe de la méthode de Mohr (Rodier et al., 2009).

Méthode de Mohr

B.2.1. Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

B.2.2. Réactifs

- Acide nitrique pur.
- Carbonate de calcium pur.
- Solution de chromate de potassium à 10 %.
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

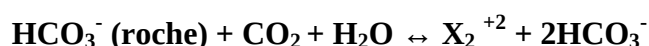
B.2.3. Mode opératoire

Introduire 100 ml d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire). Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de

chromate de potassium à 10 %. Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes. Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

B.3. Titre alcalimétrique (TAC+TA)

Le titre alcalimétrique (TAC+TA) est déterminé pour mesurer les teneurs en bicarbonates. La dissolution des roches carbonatées est l'origine principale des bicarbonates, ces derniers résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique d'après l'équation générale suivante :



Donc, la dissolution des roches carbonates dépend de plusieurs paramètres tels que :

- la tension du CO₂ dissous ; pH de l'eau ; la température de l'eau et la Nature des terrains traversés (Bouaicha, 2009).

Méthode titrimétrique de dosage du TA et du TAC

B.3.1. Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

B.3.2. Réactifs

- Acide chlorhydrique ou sulfurique 0,02 N.
- Solution de phénolphtaléine dans l'alcool à 0,5 % (voir acidité).
- Solution de vert de bromocrésol et de méthyle orange :

Vert de bromocrésol 0,2 g

Méthyle orange 0,015 g

Éthanol à 90 % q.s.p. 100 cm³

- Eau déionisée exempte d'anhydride carbonique libre (par ébullition de 15 min).

B.3.3. Mode opératoire

Détermination du TA

Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole conique. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénol phtaléine. Une coloration rose doit alors se développer. Dans le cas contraire le TA est nul, (pH < 8,3). Verser ensuite doucement l'acide dans la fiole à l'aide

d'une burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH 8,3). Soit V le volume d'acide utilisé pour obtenir le virage.

Détermination du TAC

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de vert de bromocrésol et de méthyle orange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'à disparition de la coloration bleu verdâtre et apparition de la couleur rose (pH 4,5). Le dosage doit être effectué rapidement pour réduire les pertes de CO₂ qui pourraient entraîner une élévation du pH de virage. Soit V' le volume d'acide 0,02 N versé depuis le début du dosage (TAC : $V \times 12,2$).

B.4. Phosphates PO₄⁻

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (Rodier et al., 2009).

Prélever 100 ml d'eau limpide, ajouter 10 ml d'acide sulfurique et procéder à l'hydrolyse pendant 30 minutes à ébullition. Après refroidissement, amener à environ pH 2 avec la solution d'hydroxyde de sodium. Ramener le volume à 100 ml avec de l'eau permutée.

Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire

B.4.1. Principe

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des orthophosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

B.4.2. Réactifs

- Solution d'acide sulfurique ($d = 1,84$) à 15 % environ en volume.
- Solution de molybdate d'ammonium à 40 g/l.
- Molybdate d'ammonium tétrahydraté 20 g et eau déionisée *q.s.p.* 500 ml

Filtrer si nécessaire, à conserver en flacon de polyéthylène à 4 °C.

- Solution d'acide ascorbique à 20 g/l : acide ascorbique 2 g et eau déionisée *q.s.p.* 100 ml.

À renouveler la préparation chaque jour.

- Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2,8 g/l : tartrate double d'antimoine et de potassium 0,28 g et eau déionisée *q.s.p.* 100 ml
- Réactif combiné : solution d'acide sulfurique 50 ml
solution de tartrate double d'antimoine et de potassium 5 ml
solution de molybdate d'ammonium 15 ml et eau déionisée *q.s.p.* 100 ml

Conserver le réactif au réfrigérateur à 4 °C.

- Solution mère étalon à 50 mg/l de phosphore : dihydrogénophosphate de potassium desséché au préalable à l'étuve à 100 °C 219,7 mg et eau déionisée *q.s.p.* 100 ml.
Acidifier la solution par 1 ml d'acide sulfurique à 15 % avant d'ajuster le volume.
- Solution fille étalon à 1 mg/l de phosphore.
Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau désionisée au moment de l'emploi

B.4.3. Mode opératoire

Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20 ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml, ajouter 1 ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage, réalisée par la précieuse aide de M^{me} Dib. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage. Effectuer le dosage des phosphates en employant l'une des méthodes présentées (Rodier et al., 2009).

III.3. Paramètres de pollution

III.1.1. Les nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification. En milieu naturel, sa concentration dépasse rarement 0,45 mg/l.

III.1.1. Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique.

III.1.2. Matériel spécial

- Capsule de 60 ml environ et Bain-marie.



Figure 23 : virage à la Couleur jaune indicatrice de la présence de Nitrates

III.1.3. Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 10 g/L à renouveler toutes les 24 heures.
- Acide sulfurique concentré ($d = 1,84$).
- Solution d’hydroxyde de sodium : hydroxyde de sodium 200 g ; sel disodique de l’acide éthylène diamine tétracétique 50 g et eau déionisée *q.s.p.* 1 L

Dissoudre avec précaution l’hydroxyde de sodium dans 800 mL d’eau déionisée ; ajouter le sel sodique EDTA. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 1 litre. Conserver cette solution dans un flacon de polyéthylène.

- Solution d’azoture de sodium : azoture de sodium 50 mg et eau déionisée *q.s.p.* 100 ml
- Solution mère étalon d’azote nitrique à 100 mg/l : nitrate de potassium anhydre 722 mg et eau déionisée *q.s.p.* 1 000 ml, qu’il faut renouveler tous les deux mois.
- Solution fille étalon d’azote nitrique à 5 mg/l.

Amener 50 ml de la solution mère à 1 000 ml avec de l’eau désionisée.

III.1.4. Mode opératoire

Introduire 10 ml d’eau dans une capsule de 60 ml (pour des teneurs en azote nitrique supérieures à 10 mg/l, opérer une dilution). Alcaliniser faiblement avec la solution d’hydroxyde de sodium. Poursuivre le dosage comme pour la courbe d’étalonnage. Préparer de la même façon un témoin avec 10 ml d’eau déminéralisée. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d’onde de 415 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin (Rodier et al., 2009).

III.2. Les nitrites (NO_2^-)

Elle représente une forme de passage entre les nitrates et l'ammonium, les nitrites NO_2^- sont extrêmement toxiques et leur toxicité ne dépend pas du pH.

Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire

III.2.1. Principe

La diazotation de l'amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de *N*-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrométrique.

III.2.2. Réactifs

– Acide orthophosphorique ($d = 1,70$).

– Réactif de diazotation :

amino-4-benzènesulfonamide 40 g

dichlorure de *N*-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane 2 g

acide orthophosphorique ($d = 1,7$) 100 mL

eau déionisée *q.s.p.* 1 000 mL

Mélanger dans un bécher 800 mL d'eau déionisée et 100 mL d'acide phosphorique, ajouter l'amino-4-benzènesulfonamide puis après dissolution, ajouter le dichlorure de *N*-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane. Agiter jusqu'à complète dissolution. Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1 000 mL, ajuster le volume avec de l'eau déionisée, mélanger.

Conservée au réfrigérateur, cette solution est stable un mois.

– Solution mère étalon d'azote nitreux (NO_2) à 100 mg/L : nitrite de sodium 492,8 mg et eau déionisée *q.s.p.* 1 000 ml

Conservée en flacon de verre inactinique, cette solution est stable un mois.

– Solution fille étalon d'azote nitreux (NO_2) à 1 mg/L :

Diluer au 1/100 la solution précédente avec de l'eau déionisée. À préparer extemporanément

III.2.3. Mode opératoire

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée puis poursuivre le pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage (Rodier et al., 2009).

Chapitre IV

Résultats et Discussions

Chapitre IV

Résultats et discussions

Introduction

L'eau de robinet qui alimentent la commune d'El Mahmel proviennent du barrage Koudiat-Elmdaour, dans la wilaya de Batna. On en déduit que ce sont des eaux collectées principalement des eaux des précipitations (pluies, neige ...). Ce qui nous amène à conclure que les eaux de la commune sont des eaux superficielles.

IV-1-Etude des paramètres physico-chimiques

En dehors des études de contrôle et des recherches scientifiques, la plupart des analyses physico-chimiques de l'eau ont pour objet la lutte contre la pollution et la surveillance des eaux.

IV-1-1-Les paramètres physiques

IV-1-1-1-La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, car elle joue un rôle dans la solubilité des sels, donc la conductivité électrique et la détermination du pH et surtout des gaz dissous. Ce paramètre sert également à la connaissance de l'origine de l'eau (Rodier et al., 2005).

La valeur de température enregistrée dans les eaux distribuées dans la Commune d'El Mahmel est de 21,5 °C. Cette valeur est inférieure à la norme de potabilité fixée par l'OMS qui est de 25 °C. Ce qui concorde avec la norme de température de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 25 °C.

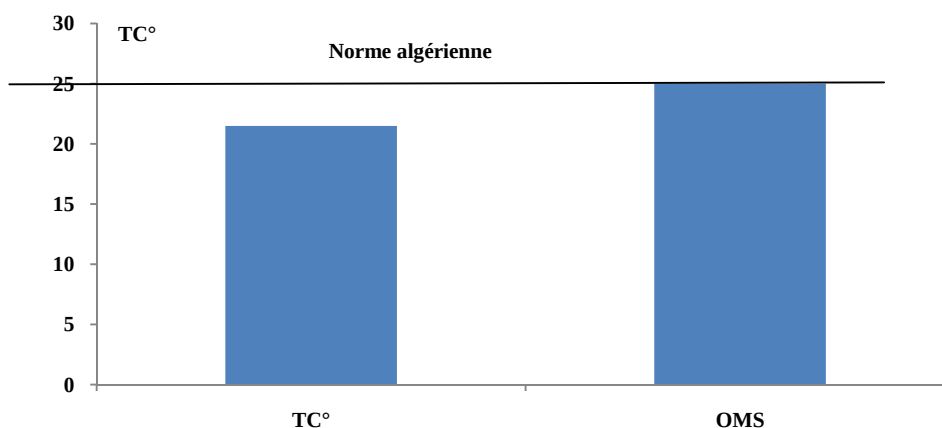


Figure 24 : Température des eaux robinet distribuées dans la commune d'El Mahmel.

IV-1-1-2- Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le principal déterminant du pH est la dissociation des molécules d'eau en H^+ et OH^- (Cano et al., 2006). La valeur du pH dans la région d'étude est de 7,46. Pour que l'eau garde un bon goût, le pH doit être compris entre 6,5 et 9. On note que le pH mesuré se situe dans la gamme des valeurs guides de l'OMS (Figure 25).

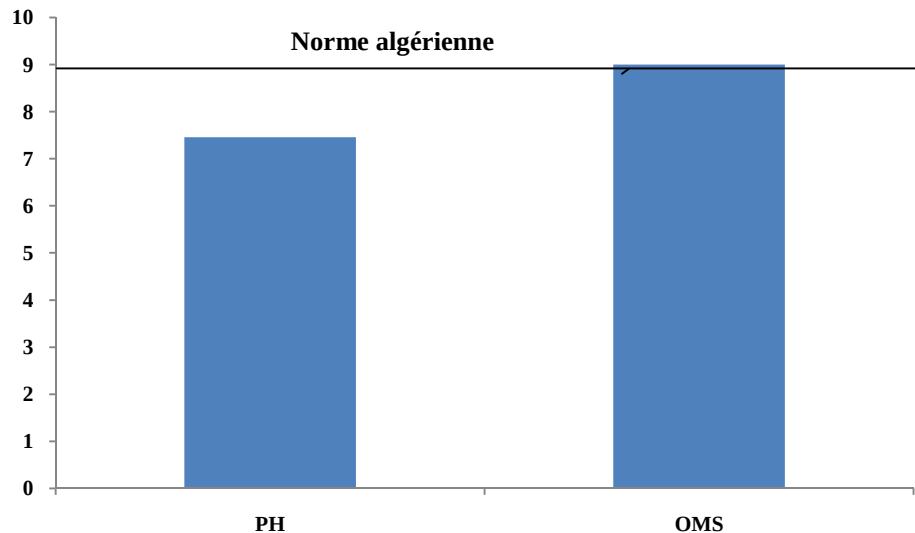


Figure 25 : pH des eaux de robinet.

Les directives de l'OMS Conseillent, pour l'eau destinée à la consommation humaine, qu'elle ne doit pas être agressive ou entartrante. L'eau agressive dissout le calcaire et attaque les métaux. Ces résultats indiquent en général que le pH a un caractère neutre.

Ce qui concorde avec la norme de température de l'eau de robinet en Algérie et qui est de Compris entre 6,5 et 9.

IV-1-1-3- La conductivité

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. La conductivité électrique est liée à la présence d'ions en solution. Elle augmente avec la température et la concentration en sels dissous.

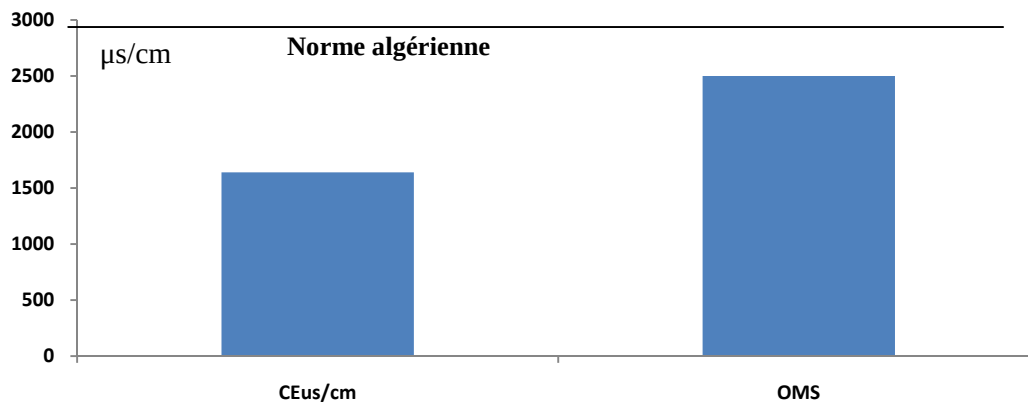


Figure 26 : Conductivité des eaux de robinet.

La conductivité électrique d'une eau permet d'avoir une idée sur sa minéralisation. La valeur de conductivité enregistrée dans les échantillons de notre travail est de 1640 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Cette valeur reste inférieure à la limite de potabilité fixée par l'OMS et qui est de 2500 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Ce qui concorde avec la norme de la conductivité de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Les valeurs importantes de la conductivité, dépendent du temps de séjours dans le réservoir (château d'eau), de la mobilité des ions et de la température. A ce taux, l'eau de robinet de la commune d'El Mahmel n'est pas corrosive.

IV-1-2-Etude des paramètres chimiques

Les paramètres physico-chimiques analysés au laboratoire sont :

- **Les cations :** Calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), le sodium et le potassium ($\text{Na}^{+}\text{K}^{+}$).
- **Les anions :** Chlorures (Cl^{-}), sulfates (SO_4^{2-}), bicarbonates (HCO_3^{-}).
- **Les éléments indicateurs de pollution :** les nitrates (NO_3^{-}), les nitrites (NO_2^{-}), l'ammonium (NH_4^{+}) et les Phosphate (PO_4^{-}).

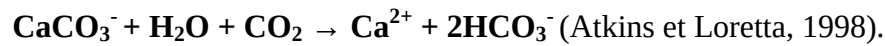
IV-1-2-1-Les cations

IV-1-2-1-1-Calcium (Ca^{2+})

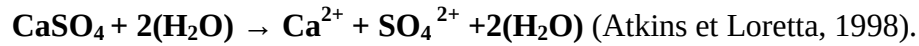
Le calcium est un métal alcalino terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il est généralement l'élément dominant des eaux potables. L'influence du calcium de l'eau sur la santé de l'individu a été souvent discutée. Cependant, les recherches et les études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose/effet avec la teneur de cet élément dans l'eau.

Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/L de calcium soit 150 à 200 mg en CaO ou 250 à 350 mg en CaCO_3 (Rodier et al., 2005). La présence des ions de Ca^{2+} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles :

- Soit la dissolution des formations carbonatées :



- Soit par la dissolution des formations gypseuses :



Les concentrations de Ca^{2+} trouvées dans l'eau au niveau de l'échantillon de la commune d'El Mehmel sont de l'ordre de 116 mg/l (Figure 27). Cette concentration est inférieure du seuil de potabilité fixée par l'OMS (200 mg/l). Cette valeur est largement inférieure aux teneurs pouvant provoquer des problèmes de santé à la population. Ce qui Corrobore avec la norme de calcium de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 200 mg/l.

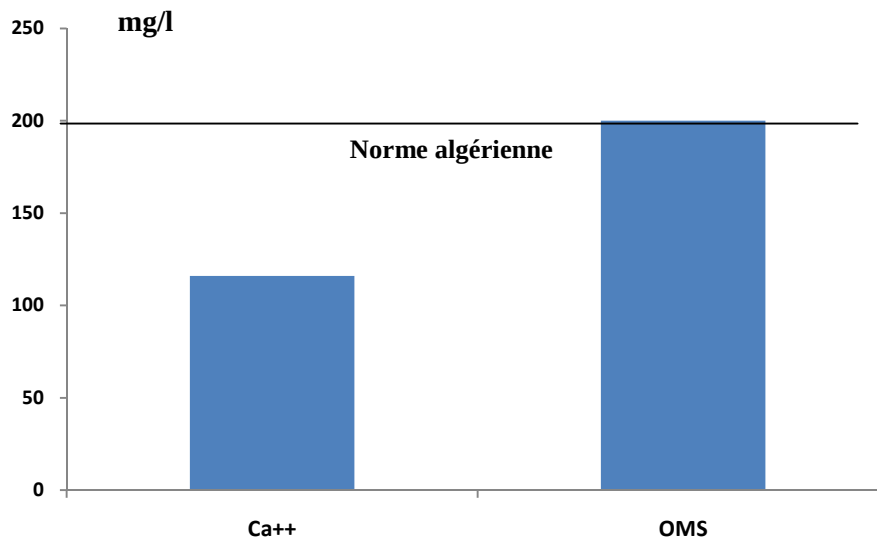


Figure 27 : Concentrations du calcium des eaux de robinet

IV-1-2-1-2- Potassium K^+

Le Potassium est issu du résultat de l'altération des argiles potassiques et la formation silicatées. Les besoins de l'organisme sont de 3 à 4 g/j, facilement fournis par l'apport alimentaire, qui est important, par exemple : les légumes verts et les fruits en contiennent 3 à 4 g/kg. Cet élément joue un rôle dans l'os molarité des cellules (Rodier et al., 2009).

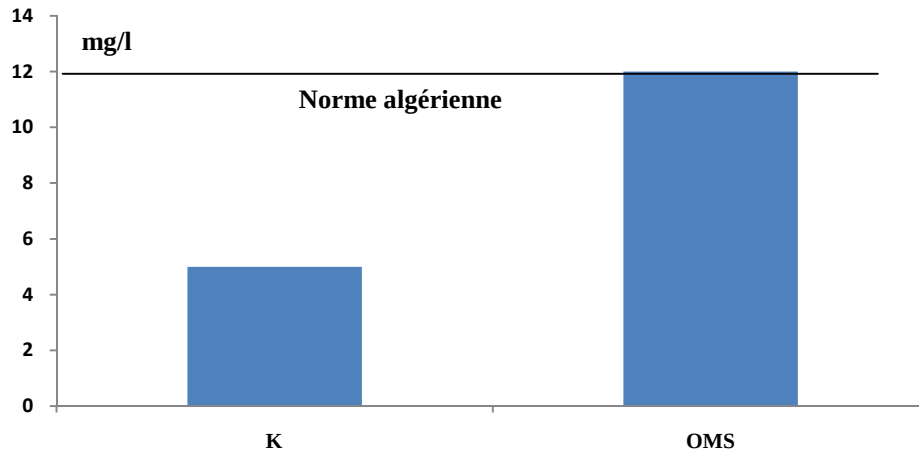


Figure 28 : Concentrations de K^+ en des eaux robiner

L'OMS recommande comme valeur limite de potassium dans l'eau destinée à la consommation humaine, un niveau guide de 10 mg/l et une concentration maximale admissible de 12 mg/l. Dans le cas des eaux étudiées, la concentration représente presque le tiers de la valeur des norme OMS. Ce qui Corrobore avec la norme de potassium de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 12 mg/l.

IV-1-2-1-3- Sodium (Na^{2+})

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, ses concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/l et même au-delà indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium (Rodier et al., 2009).

L'OMS recommande une valeur limite de 200 mg/l, fixée d'après des critères gustatifs. Dans l'état actuel des choses, il n'existe pas d'argument suffisant pour justifier la fixation d'une valeur indicative pour le sodium dans l'eau sur la base d'un risque sanitaire. Dans l'eau au niveau de l'échantillon de la commune d'El Mehmel la teneur en Na^{2+} est de l'ordre de 60 mg/l, valeur qui reste inférieure à la limite de potabilité (Figure 29).

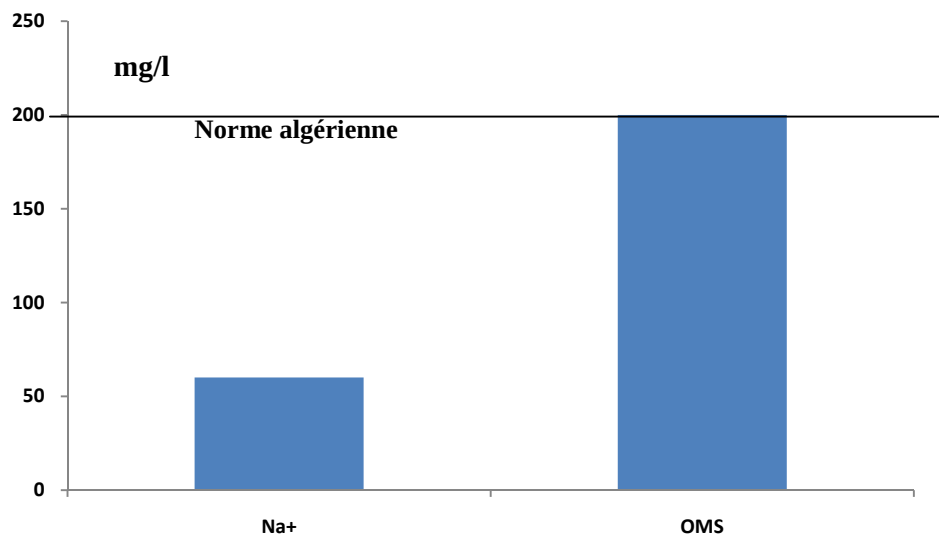


Figure 29 : Concentrations de Na^{2+} des eaux robinet.

IV-1-2-1-4- Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature ; il constitue environ 2,1 % de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau (Rodier et al., 2005). Les teneurs en Mg^{2+} enregistrées dans l'eau du robinet au niveau de l'échantillon de la commune d'El Mehmel sont de l'ordre de 24,3 mg/l. Cette concentration est inférieure au seuil de potabilité fixé par l'OMS et pouvant atteindre 50 mg /l.

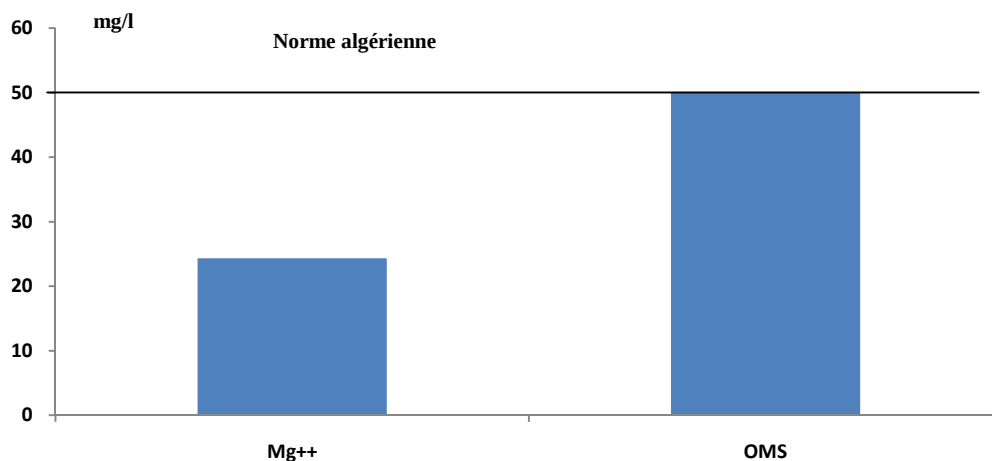


Figure 30 : Concentration de Magnésium Mg^{2+} des eaux robinet.

Les ions Mg^{2+} proviennent, comme les ions calcium, de la formation carbonatée riche en magnésium telle que la magnésite et la dolomite, selon les réactions suivantes :

pour le Magnésium $\text{Mg CO}_3 \longleftrightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$

pour la Dolomite : $\text{CaMg (CO}_3)_2 \longleftrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 2\text{CO}_3^{2-}$ (Hunt, 1867).

IV-1-2-2- Les anions

IV-1-2-2-1- Les chlorures (Cl^-)

Il existe plusieurs formes de chlore, chlore gazeux, acide, hypochloreux ou ion hypochlorite, qui est le réactif le plus utilisé en additif pour la désinfection de l'eau. Sa dissolution dans l'eau conduit à la formation d'acide hypochloreux (HClO) et d'ions hypochlorite (ClO^-), la réaction d'équilibre dépendant du pH et de la température (Rodier et al., 2009).

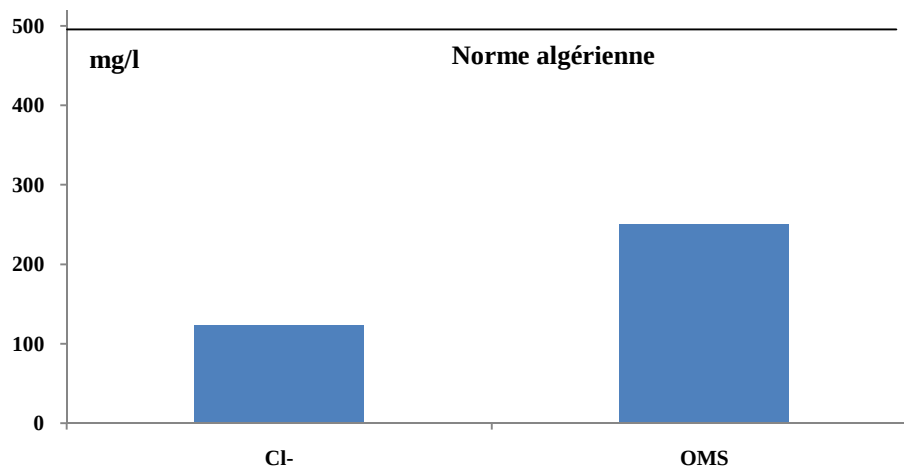
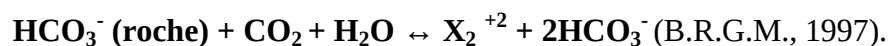


Figure 31: Concentration de Cl^- des eaux de robinet

La concentration de chlorures dans l'eau de robinet d'El Mahmel est de 123 mg/l (Figure 31), ce qui représente presque la moitié de sa valeur dans les normes OMS (250 mg/l) pour des considérations gustatives et des risques de corrosion. La réglementation algérienne Intègre ce paramètre dans les références de qualité avec comme valeur 250 mg/l. Ce qui Corrobore avec la norme de chlorure de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 500mg/l.

IV-1-2-2-2- Bicarbonates (HCO_3^-)

Les bicarbonates résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique d'après l'équation générale suivante :



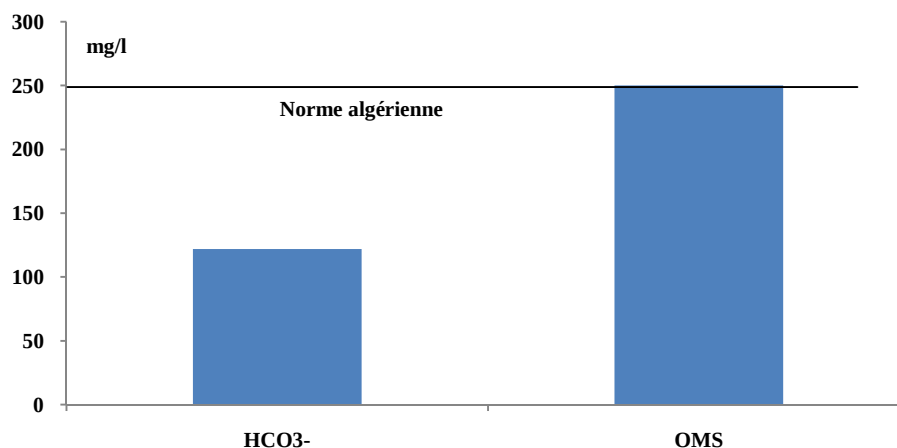


Figure 32 : Concentration de HCO_3^- des eaux de robinet

L'OMS recommande comme valeur limite pour bicarbonates 250 mg/l dans la l'échantillon de la commune d'El Mehmel qui est de l'ordre de 122 mg/ l donc inférieure à la norme de l'OMS. Ce résultat peut suggérer qu'il existe une absence de l'influence des cailloutis calcaire. Ce qui Corrobore avec la norme de bicarbonates de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 250 mg/l.

IV-1-2-2-3- Les sulfates (SO_4^{2-})

La présence des sulfates dans l'eau peut être d'origine naturelle liée à la dissolution du gypse. La concentration en ions sulfates des eaux naturelles est très variable. Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (goût, corrosion, odeur) (Rodier et al., 2009).

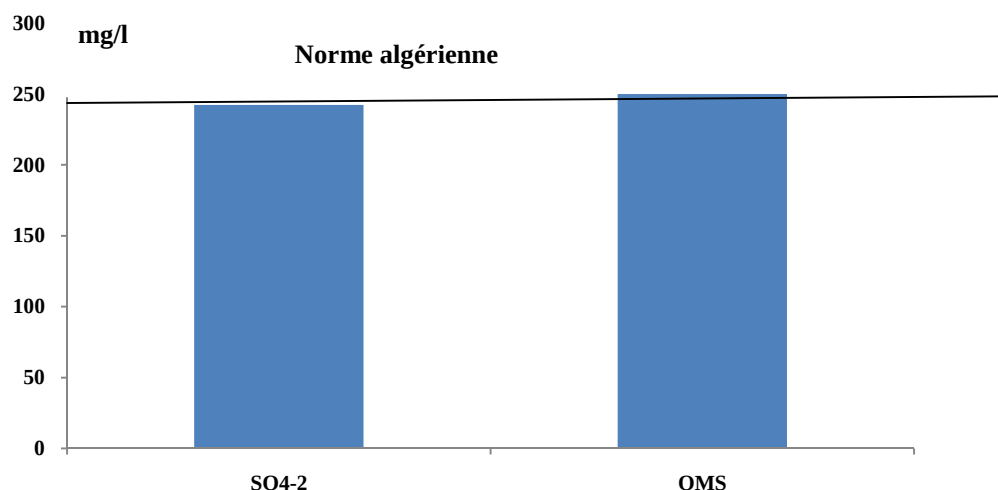


Figure 33 : Concentration de SO_4^{2-} des eaux de robinet.

L'OMS recommande comme valeur limite 250 mg/l. Les valeurs mesurées dans l'eau de robinet d'El Mahmel sont 242,1 mg/l approuvable par apport aux normes de l'OMS.

La présence de sulfates en quantité supérieure à 300 mg/l peut entraîner dans certaines conditions une attaque du béton et accélérer la corrosion du Fer. Ce qui Corrobore avec la norme de sulfates de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 250 mg/l.

La valeur des teneurs en sulfates est proche des normes aussi bien algérienne que celles de l'OMS, c'est ce qui confère à l'eau de la commune une odeur répugnante et qui pousse la population à ne pas consommer ces eaux.

IV-1-2-2- Les éléments indicateurs de pollution

IV-1-2-2-1- Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (Rodier et al., 2005). Les nitrites sont une forme oxygénée de l'azote, peu stable, qui s'insèrent dans le cycle de l'azote ammoniacal (NH_4^+) et l'azote nitrique (NO_3^-). La présence de nitrites d'origine naturelle est rare. Une eau renfermant des nitrites peut être considérée comme suspecte voire toxique (Le Pimpec et al., 2002).

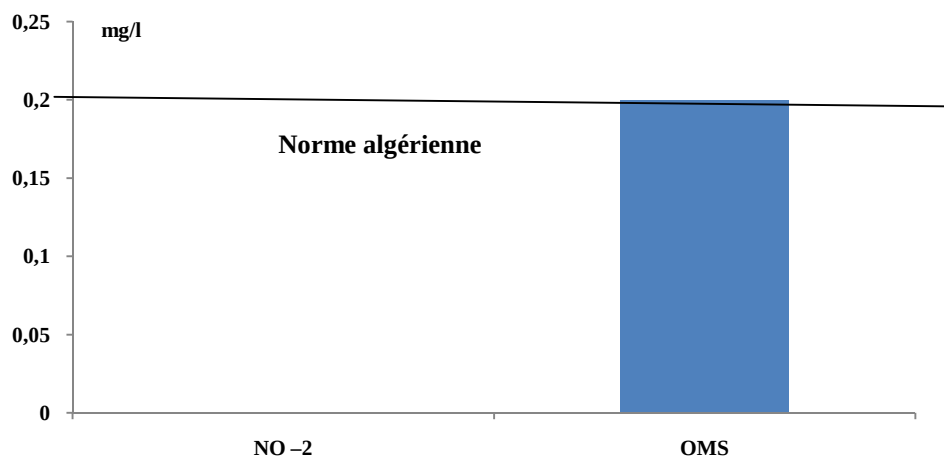


Figure 34 : Concentrations de NO_2^- des eaux de robinet.

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS recommande une valeur guide provisoire de 3 mg (NO_2^-)/l et précise qu'il doit être tenu compte aussi de la concentration en nitrates de telle façon que la somme des rapports des concentrations en nitrites et nitrates par rapport à leurs valeurs guides respectives doit être inférieure à 1.

Selon ce travail, les teneurs en nitrites sont approuvables par rapport aux normes OMS, car on a une concentration de 0mg/l (Figure 34). Ce qui Corrobore avec la norme de nitrites de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 0,2 mg/l.

IV-1-2-2-2- Ion Ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique (Rodier et al., 2009).

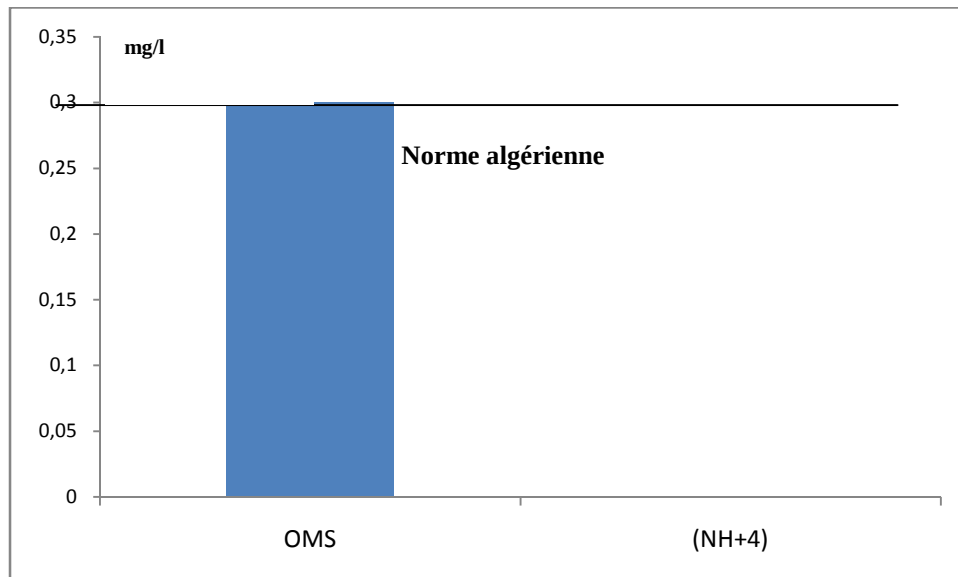


Figure 35 : Concentrations de NH_4^+ dans les eaux de robinet

L'OMS recommande comme valeur limite pour l'ammonium 1,5 mg/l. Dans l'eau de robinet de la commune d'El Mehmel, cette teneur est de 0 mg/l (Figure 35). Cette teneur constitue ainsi un bon indicateur de non pollution de l'eau. Ce qui Corrobore avec la norme d'ammonium de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 0,2 mg/l.

IV-1-2-2-3. Phosphore (PO_4^{2-})

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les orthophosphates et les polyphosphates (Rodier et al., 2009).

L'OMS retient une valeur limite de 5 mg/l. la concentration calculée dans ce travail est de 0,16 mg/l (Figure 36).

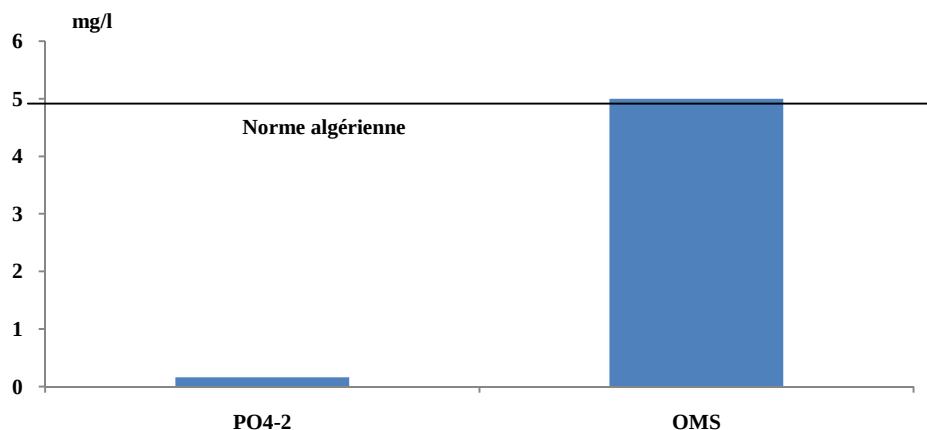


Figure 36 : Concentrations de PO_4^{2-} des eaux de robinet

Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues ; il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les réservoirs, les grosses canalisations et les eaux des lacs. Dans les analyses de l'échantillon de la commune d'El Mahmel la présence de phosphore pourrait indiquer le développement d'algues. Ce qui Corrobore avec la norme de phosphore de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 5 mg/l.

IV-1-2-2-4- Nitrates (NO_3^-)

Toutes les formes d'azote organique, ammoniacal ou nitrites sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux (Rodier et al., 2005).

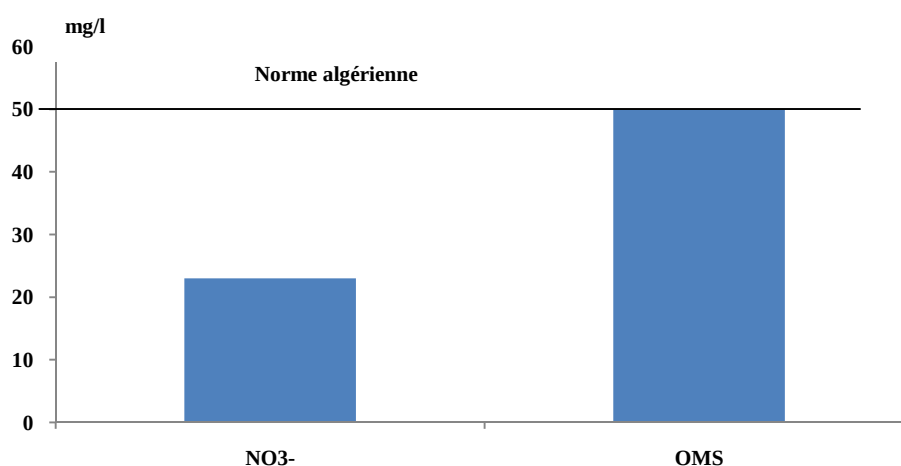


Figure 37 : Concentrations de NO_3^- des eaux de robinet

L'OMS recommande pour les eaux destinées à la consommation humaine une valeur limite de 50 mg/l (NO_3^-) alors que la concentration de l'échantillon concerné par cette étude ne dépasse

pas la valeur de 23 mg /l (Figure 37). Ce qui Concorde avec la norme de NO_3^- de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 50 mg/l.

IV-1-2-2-5. Titre Alcalimétrique et Titre Alcalimétrique Complet

C'est un paramètre très important pour l'eau distribuée dans les canalisations du fait de son action sur celles-ci. En effet, le TAC ne doit pas être considéré seul mais doit être pris en compte dans un ensemble de paramètres tels que la minéralisation, le pH, la température et la dureté de l'eau. Cet ensemble de paramètre permet de définir le caractère de l'eau par rapport à l'équilibre calco-carbonique (Rejsek, 2002).

Les valeurs relatives du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique Complet (TAC) permettent de connaître les quantités d'hydroxydes, de carbonates ou d'hydrogénocarbonates alcalins ou alcalinoterreux présents dans l'eau.

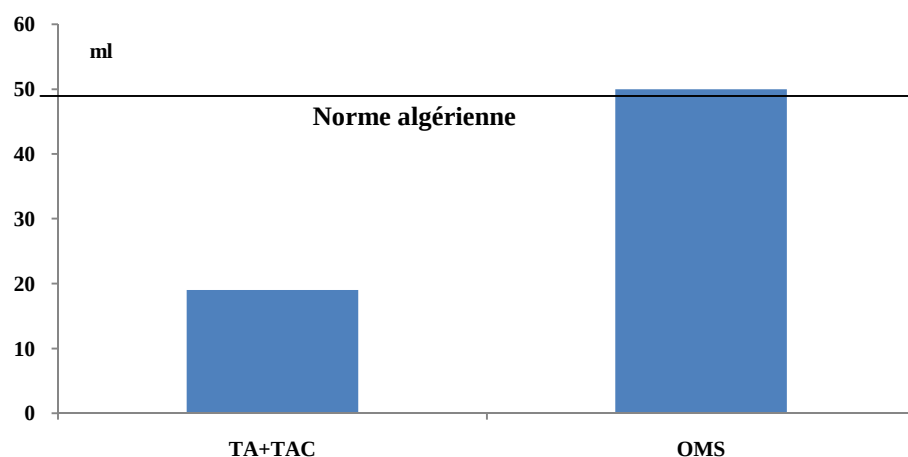


Figure 38 : Concentrations de TA+ TAC des eaux de robinet

Le titre alcalimétrique simple (TA), qui mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et en carbonates alcalins caustiques, diffère du titre alcalimétrique complet (TAC) qui correspond à la teneur en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates (Rodier et al., 2005).

Les teneurs **TA + TAC** trouvées dans l'eau au niveau de l'échantillon de la commune d'EL Mehmel sont de l'ordre de 19 ml (Figure 38). Cette concentration est inférieure au seuil de potabilité fixée par l'OMS et qui est de 50 ml. Ce résultat coïncide avec la norme de **TA + TAC** de l'eau de robinet en Algérie et qui est de 50 mg/l

IV-2- Le faciès chimique

Le faciès chimique des eaux de robinet de la commune d'EL Mahmel est donnée par le diagramme de Piper.

IV-2-1- Le diagramme de Piper

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles témoignant les teneurs relatives en chacun des ions par rapport au total des ions. A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle (Atteia, 2015).

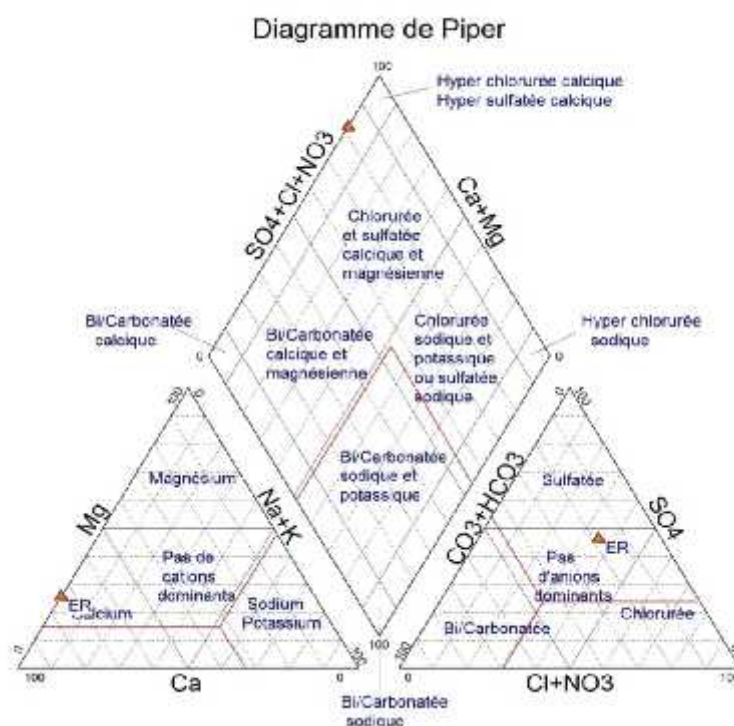


Figure 39 : Diagramme de Piper des eaux de robinet de la commune d'El Mahmel

Le diagramme triangulaire de Piper permet de statuer sur le faciès chimique des eaux selon une classification en quatre familles : chlorurée sulfatée calcique et magnésienne, chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique, bi/carbonatée sodique et potassique, puis bi/carbonatée calcique et magnésienne. Il est composé de deux triangles représentant la répartition des anions et celle des cations, la position d'un résultat sur chacun de ces deux triangles permet de préciser en premier lieu la dominance anionique et cationique. A ces deux triangles un losange est associé sur lequel est reportée l'intersection des deux triangles, définissant la répartition synthétique des ions majeur (Figure 39).

Le diagramme de Piper démontre clairement que les eaux de la zone étudiée ont un faciès chimique **chloruré et sulfaté calcique et magnésien** (Figure 39).

Conclusion

- Les résultats d'analyses des eaux de la commune d'El Mahmel nous démontre l'existence d'un faciès chimique pour les eaux de robinet: **chloruré et sulfaté calcique et magnésien**.
- Certaines teneurs de chaque paramètre mesuré, qu'il soit physique ou chimique ne sont pas acceptables en comparaison avec les normes OMS et les normes algérienne, La valeur des teneurs en sulfates et en nitrates est proche des normes aussi bien que celles de l'OMS et norme algérienne, c'est ce qui confère à l'eau de la commune une odeur et en goûts répugnante.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les résultats d'analyses des divers paramètres nous ont permis d'apprécier la qualité physico-chimique des eaux du robinet de la zone d'étude, à savoir la commune d'El Mahmel.

Cette étude de caractérisation des eaux de robinet d'EL-mahmel, largement utilisée par la population au niveau de la wilaya de Khenchela, à l'est de l'Algérie, a été menée dans le but de déterminer la qualité physico-chimique de l'eau potable de cette commune.

Du point de vue physico-chimique, les différentes teneurs mesurées et observées pour chaque paramètre étudié, au niveau de point du prélèvement, en comparaison avec les normes OMS et algériennes ont donné les résultats suivants :

- 1- Certaines teneurs de chaque paramètre mesuré, qu'il soit physique ou chimique ne sont pas acceptables en comparaison avec les normes OMS, La valeur des teneurs en sulfates et en nitrates est proche des normes aussi bien que celles de l'OMS, c'est ce qui confère à l'eau de la commune une odeur et en gouts répugnante.
- 2- L'étude Hydro chimique a permis de caractériser les principaux paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau de robinet, Et le diagramme de Piper démontre clairement que les eaux de la zone étudiée ont un facies chimique **chloruré et sulfaté calcique et magnésien**.

Enfin et d'après tous les résultats affichés, on peut dire que la qualité de l'eau du robinet et qui sont poussent la population à ne pas consommer ces eaux.

Références bibliographiques

Atehyd Y. (2012). Rapport Phase 01 El Mahmel, 15p

Atkins P., Loretta J., (1998). Chimie : molécules, matières, métamorphoses. 3^{ème} Ed. Boeck. 998 p.

Atteia O. (2015). Chimie et pollution des eaux souterraines. Ed. Lavoisier. 421 p.

B.R.G.M., (1997). Les eaux minérales et le gaz carbonique. Note technique N° 10 France. 19 P.

Bordet J. (2007). L'eau dans son environnement rural. Ed. Johanet. pp

- **Bouziani M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. Ibn-khaldoun. pp :21-27,47-68.
- **Cano N., Barnound D., Scheidre S., Vasson M.P., Hasselmann M., Leverve X., (2006).** Traité de nutrition artificielle de l'adulte. Ed. Springer shop. 1189 p.
- **D.E.W., (2015).** Plan d'aménagement et de développement durable de la wilaya de Khenchela ; Direction de l'environnement de la wilaya de Khenchela (2015).
- **D.P.A.T., (2011).** Documentation et données statistiques. Service d'aménagement. Direction de la planification et l'aménagement du territoire de la Wilaya de Khenchela.
- **Degrémont. (2005).** Mémento technique de l'eau. Tome 1, Ed. Lavoisier, Paris. Dixième édition. P : 4-8
- **Franck R. (2000).** Analyse des eaux, Ed. ressources pour l'éducation nationale.
- **Francois A . (2008).** L'eau et ses enjeux. Ed. De boeck. pp :19-28, 29-44.
- **Gouaidia L. (2008).** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de Meskiana, nord est Algérien, thèse de doctorat. Univ. Badji Mokhtar Annaba. 199p.
- **O.M.S., (2008).** Nitrate and nitrite in Drinking-water, Background document for Développement of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, Geneva.
- **Olivier A. (2015).** Chimie et pollutions des eaux souterraines. Ed. Lavoisier. p : 3-15.
- **Olivier W., Dufraisse A., Pétreqium P. (2008).** Sel, eau et forêt d'hier à aujourd'hui. Ed. Presses universitaires de Franche-comté. 573p.
- **Plan d'Occupation des Sols, 2010 : (POS DE RESTRUCTURATION N°6 / 2eme PHASE)** El Mahmel Wilaya de Khenchela.
- **Rodier J. (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9^{ème} édition (Entièrement mise à jour), Ed. Dunod, Paris. pp1207-1349.

- **Rodier J. (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, **9ème** édition (Entièrement mise à jour), Ed. Dunod, Paris. pp326.
- **Tardat-Henry, M., Beaudry, J.P., (1984).** Chimie des eaux, Ed. LE griffon d'argile INC, Canada.

Résumé

Qualité de l'eau potable dans la commune d'El Mahmel

La commune d'El Mahmel, comme les autres communes de la wilaya, souffre d'une forte demande des ressources en eau. L'eau de robinet qui alimente la commune d'El Mahmel provient du barrage Koudiat-Elmdaour, dans la wilaya de Batna. On en déduit que ce sont des eaux collectées principalement des eaux de précipitations (pluies, neige ...). Ce qui nous amène à conclure que les eaux de la commune sont des eaux superficielles. Le choix du présent sujet consiste à déterminer les caractéristiques physico-chimiques de la source de l'eau potable de la commune, pour essayer de trouver une réponse au problème de non utilisation de la population de cette eau pour la boisson. Après le prélèvement d'échantillons pour les analyses, une collecte des données est réalisée pour déterminer le bilan hydrique. L'hydrochimie qui permet une classification des eaux est faite en utilisant le diagramme pour la classification des eaux (Piper). L'interprétation des différents résultats et le diagramme utilisé s'est faite en comparant ces résultats avec les normes OMS, qui confirme que les eaux dites potables ne le sont pas, ce qui pousse la population à ne pas les consommer.

Mots Clés : El Mahmel, eaux de robinet, Physico-chimie, eau de barrage.

ملخص

بلدية المحمل كغيرها من البلديات التي تعاني من الطلب المتزايد على مصادر المياه. إن سبب اختيار موضوع البحث كان من أجل توضيح الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمنبع الماء الشروب للبلدية، فبعد أخذ العينة لتحليلها وكذا جمع المعلومات وحساب الحصيلة المائية التي تسمح لنا بتصنيف مياه المنبع عن طريق المخطط البياني، وكذا مقارنة النتائج مع معايير المنظمة العالمية للصحة وجدنا أن المنبع لا يتمتع بنوعية جيدة للشرب.

كلمات مفتاحية : المحمل، صالحة للشرب، ماء للسد، المعايير، الفيزيائية والكيميائية

Abstract

Quality of drinking water in the town of El-Mahmel

The town of El Mahmel, like other towns of the province, suffers from high demand of water resources. The water that feeds the town of El Mahmel comes from the barrage of Koudiat Elmdaour, in the wilaya of Batna. It follows that they are mainly water collected rainfall water (rain, snow ...). Which leads to conclude that the waters of the town are surface water. The choice of this topic is to determine the physical and chemical characteristics of the source of drinking water for the town to try to find an answer to the problem of non-use of the population of this water for drinking. After taking samples for analysis, a data collection is carried out to determine the water balance. The water chemistry that allows water classification is made using the diagram for water classification (Piper diagram). The interpretation of the various results and chart used was made by comparing these results with the WHO standards, which confirms that the drinking water say are not, what edge people not to consume them.

Key words : El Mahmel, drinking water, physical and chemical analysis, water dam