



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté : Sciences exactes et sciences de la nature et de la vie  
Département des Sciences Agronomiques

# MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences exactes et sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Qualité et métrologie appliquée à l'agronomie

Réf. :

---

Présenté et soutenu par :

**MERZOUG Abderrahmane**

Le : 29-06-2022

## Contribution à l'étude qualitative des eaux potables dans la région de Biskra

---

Jury :

M.	BOUMAARAF B.	MAA	Université Med Khider Biskra	Président
M.	ACHOURA A.	MCA	Université Med Khider Biskra	Rapporteur
M.	KHACHAÏ S.	MAA	Université Med Khider Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021-2022



# REMERCIEMENTS

*Au terme de cette étude, je remercie avant, Dieu tout puissant de m'avoir guidé de suivre le chemin de la science et m'avoir permis la réalisation de ce présent travail.*

*Tout d'abord, qui m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.*

*Je tiens vivement à exprimer ma profonde reconnaissance et gratitude au mon encadreur **M. Ammar ACHOURA** à l'université de Biskra, qui a bien voulu, diriger cette étude, qui a fait preuve d'une grande patience. Ses conseils, ses orientations ainsi que, ses qualités humaines et ses intérêts portés pour mon sujet de recherche m'ont permis de mener à terme ce projet. Son encadrement était des plus exemplaires.*

*Enfin, ce travail n'aurait pas été mené à terme sans les concessions et les encouragements de mes parents et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail, auxquels je dis tout simplement merci.*

**ABDERRAHMANE**

# *Dédicaces*

*A ma mère, A mon père*

*...pour leurs sacrifices et leurs efforts consentis, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde affection.*

*A mes Frères et ma sœur*

*...pour leurs compréhensions et leurs encouragements, qu'ils trouvent ici l'expression de ma sincère amitié.*

*A mes chers amis*

*...pour leur compréhension et leurs encouragements durant tout le temps de mon travail.*

***ABDERRAHMANE***

# *SOMMAIRE*

**Remercîment**

**Dédicaces**

**Sommaire**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

**Introduction générale**

## **Partie Synthèses bibliographiques**

### **Chapitre I : Données bibliographiques sur l'eau**

1. Introduction .....	03
2. Ressources en eau .....	03
2.1. Définition de l'eau .....	03
2.2. Origine de l'eau .....	04
2.3. Structure de l'eau .....	04
2.4. Etats de l'eau .....	05
2.4.1. Sous forme liquide .....	05
2.4.2. Sous forme solide .....	05
2.4.3. Sous forme de gaz .....	05
2.5. Propriétés de l'eau .....	05
2.6. Cycle de l'eau .....	06
2.6.1. Les eaux de pluie .....	08
2.6.2. Les eaux superficielles .....	08
2.6.3. Les eaux souterraines .....	08
2.6.3.1. Nappes phréatiques .....	09
2.6.3.2. Nappes captives .....	09

2.7. Acquisition de la minéralisation au cours du cycle de l'eau .....	11
2.7.1. Evaporation .....	11
2.7.2. Condensation et la précipitation .....	11
2.7.3. Ruissellement et l'infiltration .....	12
3. Potabilité des eaux .....	12

## **Chapitre II : Utilisation et exploitation de l'eau**

1. Introduction .....	13
2. Eaux de consommation humaine .....	13
3. Importance et rôles de l'eau .....	14
4. Usage de l'eau .....	14
4.1. L'eau au quotidien (domicile) .....	15
4.1.1. Quantité moyenne d'eau en litres nécessaire .....	16
4.2. L'eau dans l'industrie .....	16
4.3. L'eau indispensable à l'agriculture .....	17
4.3.1. L'aquaculture, produire dans l'eau .....	17
4.3.2. Caractéristiques des eaux d'irrigation .....	19
4.4. L'eau, source d'énergie .....	20
4.4.1. Une énergie renouvelable .....	20
4.5. L'eau, voie de circulation .....	22
5. Pollution de l'eau induit par son utilisation .....	22
5.1. Pollution des eaux .....	22
5.1.1. Définition .....	22
5.2. Sources de pollution .....	23
5.2.1. Pollution ponctuelle .....	23
5.2.1.1. Pollution urbaine .....	23
5.2.1.2. Pollution industrielle .....	24
5.2.2. Pollution diffuse .....	24

5.2.2.1. Pollution agricole .....	25
5.2.2.2. Pollution atmosphérique .....	25
6. Les principaux polluants des eaux .....	25

### **Chapitre III : Normes techniques national et international exploitées pour les eaux**

1. Introduction .....	26
2. Normes de la qualité de l'eau potable .....	26
2.1. Normes des paramètres physico-chimiques .....	27
2.2. Normes des substances indésirables .....	27
2.3. Normes des substances toxiques .....	28
2.4. Normes des paramètres organoleptiques .....	29
2.4.1. Couleur .....	29
2.4.2. Odeur .....	30
2.4.3. Saveur .....	30
2.5. Normes des paramètres biologiques et bactériologiques .....	31
2.5.1. Coliformes fécaux .....	31
2.5.2. Streptocoques fécaux .....	32
3. Etude de la variation des paramètres physico-chimiques .....	32
3.1. Température .....	32
3.2. Potentiel d'hydrogène (pH) .....	32
3.3. Conductivité électrique .....	33
3.4. Turbidité .....	34
3.5. Résidus secs .....	34
3.6. Salinité, solides totaux dissous (TDS) .....	35
3.7. Dureté .....	35
3.7.1. Dureté totale (Titre Hydrométrique) .....	35
3.7.2. Dureté carbonatée (Temporaire) .....	35

3.8. Alcalinité .....	35
4. Anions .....	36
4.1. Chlorures (Cl <sup>-</sup> ) .....	36
4.2. Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) .....	36
4.3. Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	36
4.4. Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	37
4.5. Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	37
5. Cations .....	37
5.1. Calcium (Ca <sup>+2</sup> ) .....	37
5.2. Magnésium (Mg <sup>2+</sup> ) .....	38
5.3. Sodium (Na <sup>+</sup> ) .....	38
5.4. Potassium (K <sup>+</sup> ) .....	39
5.5. Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	39

## **Partie Expérimentale**

### **Chapitre I : Présentation de la région d'étude**

1. Introduction .....	40
2. Données relatives à la région de Biskra .....	40
2.1. Présentation de la Wilaya de Biskra .....	40
2.1.1. Présentation administrative .....	40
2.1.2. Localisation géographique de la wilaya de Biskra .....	42
3. Contexte géographique .....	43
3.1. Le relief .....	43
3.2. Le réseau hydrographique .....	45
4. contexte climatologique .....	47
4.1. Données climatologiques pour la région de Biskra .....	47
4.1.1. Les vents .....	47
4.1.2. L'humidité relative de l'air .....	47



4.1.3. Les Précipitations .....	48
4.1.4. Température .....	48
5. contexte hydrogéologique .....	49
5.1. Le Continental Intercalaire .....	49
5.2. Le Complexe Terminal .....	50
5.3. Les nappes .....	50
5.3.1. Les nappes superficielles .....	50
5.3.2. La nappe des sables .....	51
5.3.3. La nappe des calcaires .....	51
5.3.4. La nappe du Continental Intercalaire .....	51
6. Contexte socio-économique .....	52
6.1. Population .....	52
6.2. Agriculture .....	52
6.3. Santé .....	53
6.4. Industrie .....	53
6.5. Ressources en eau .....	53
6.6. Réseau d'alimentation en eau potable et réseau d'assainissement .....	54

## **Chapitre II : Matériels et méthodes**

1. Introduction .....	55
2. Matériels utilisés .....	55
2.1. Quelques matériels dans laboratoire de la département .....	56
2.2. Quelques matériels dans laboratoire Moussaoui .....	56
2.3. Quelques matériels dans laboratoire (ADE Biskra) .....	57
3. Procédure expérimentale .....	58
3.1. Choix du site de prélèvement .....	58
3.2. Échantillonnage .....	58

3.3. Transport et conservation au laboratoire .....	59
4. Méthodes d'analyses .....	60
4.1. Mesure in situ .....	60
4.2. Mesure au laboratoire .....	60
4.2.1. Le pH .....	60
4.2.2. La dureté .....	62
4.2.3. Dosage de calcium et magnésium .....	62
4.2.3.1. Détermination du Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) .....	62
4.2.3.2. Détermination du magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) .....	64
4.2.4. Titre alcalimétrique .....	65
4.2.5. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) .....	67
4.2.6. Les sulfates ( $\text{SO}_4^-$ ) .....	69
4.2.7. Sodium et Potassium .....	70
4.2.7.1. Méthode par spectrophotométrie à flamme .....	71
4.2.7.2. Méthode (AUBERT, 1978) .....	71
4.2.8. Dosage de la matière organique .....	72
4.2.9. Détermination des résidus secs .....	73

### **Chapitre III : Résultats et discussion**

Introduction .....	75
1. Résultats et interprétation .....	75
1.1. Les résultats des analyses organoleptiques .....	75
1.2. Les résultats des analyses physico-chimiques .....	76
2. Étude de la variation des paramètres physico-chimiques mesurés .....	76
2.1. La température .....	76
2.2. Potentiel d'hydrogène (pH) .....	77
2.3. La conductivité électrique .....	77
2.4. Titre hydrométrique (TH) .....	78

2.5. Le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) .....	78
2.6. Le Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) .....	79
2.7. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	80
2.8. Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) .....	80
2.9. Alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ) .....	81
2.10. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) .....	81
2.11. Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....	82
2.12. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	83
2.13. Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ), Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) .....	83
2.14. Les Résidus secs .....	83
2.15. Turbidité .....	84
2.16. Sodium ( $\text{Na}^+$ ) .....	84
2.17. Potassium ( $\text{K}^+$ ) .....	85
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>86</b>

## **Résumé**

# *LISTE DES TABLEAUX*

<b>Tableau 01</b> : Les principales différences entre les eaux de Surface et les eaux Souterraines.....	10
<b>Tableau 02</b> : Les normes de qualité des eaux d'irrigation.....	19
<b>Tableau 03</b> : Normes des paramètres physico-chimiques.....	27
<b>Tableau 04</b> : Normes des substances indésirables.....	28
<b>Tableau 05</b> : Normes des substances toxiques.....	29
<b>Tableau 06</b> : Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable.....	30
<b>Tableau 07</b> : Classification des eaux d'après leur pH.....	33
<b>Tableau 08</b> : Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	33
<b>Tableau 09</b> : Classification des eaux en fonction de la turbidité.....	34
<b>Tableau 10</b> : Caractéristiques des bassins versants dans la région.....	46
<b>Tableau 11</b> : Température moyennes mensuelles en °C à la station de Biskra.....	48
<b>Tableau 12</b> : Conditions de conservation de prélèvement.....	59
<b>Tableau 13</b> : Caractéristiques des substances humiques étudiées.....	73
<b>Tableau 14</b> : Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau des différentes communes de la région de Biskra.....	76

# *LISTE DES FIGURES*

<b>Figure 01</b> : Ultra structure de la molécule d'eau (H <sub>2</sub> O).....	04
<b>Figure 02</b> : Cycle général de l'eau.....	07
<b>Figure 03</b> : Activités quotidiennes à domicile.....	15
<b>Figure 04</b> : L'eau dans l'industrie.....	17
<b>Figure 05</b> : Technique d'irrigation agricole en ferme.....	18
<b>Figure 06</b> : L'aquaculture : produire dans l'eau.....	18
<b>Figure 07</b> : Les barrages hydroélectriques.....	21
<b>Figure 08</b> : Les pollutions des eaux par l'urbanisme.....	23
<b>Figure 09</b> : Les pollutions des eaux produites par l'industrie.....	24
<b>Figure 10</b> : Oxydation de l'azote ammoniacal.....	39
<b>Figure 11</b> : Situation de la Wilaya de Biskra.....	41
<b>Figure 12</b> : Localisation géographique de la Wilaya de Biskra.....	43
<b>Figure 13</b> : Carte du milieu physique de la Wilaya de Biskra.....	44
<b>Figure 14</b> : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra.....	46
<b>Figure 15</b> : pH-mètre.....	61
<b>Figure 16</b> : photo de titrage de (Ca <sup>2+</sup> ).....	63
<b>Figure 17</b> : photo de la coloration finale (violet).....	63
<b>Figure 18</b> : photo de titrage de (Mg <sup>2+</sup> ).....	65
<b>Figure 19</b> : photo de la coloration finale (bleu).....	65
<b>Figure 20</b> : photo de titrage de (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (En début).....	67
<b>Figure 21</b> : photo de titrage de (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (La coloration devient orange).....	67

**Figure 22** : photo de titrage de  $\text{Cl}^-$  (En début).....69

**Figure 23** : photo titrage de  $\text{Cl}^-$  à la fin (La coloration devient brun).....69

# ***LISTE DES ABRÉVIATIONS***

**ADE:** Algériennes des Eaux.

**ANAT :** Agence Nationale d'Aménagement du Territoire.

**ANDI :** Agence Nationale de Développement de l'Investissement.

**ANIRF :** Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.

**ANRH :** Agence Nationale des Ressources Hydriques.

**CE :** Conductivité électrique.

**EDTA :** Acide Ethylène Diamin Tetracétique.

**ISO :** Organisation Internationale de normalisation.

**JORA :** Journal Officiel de la République Algérienne.

**Mg/L :** Milligramme par Litre.

**NTU:** Néphlometric Turbidity Unit.

**OMS :** Organisation Mondial de la Santé.

**ONM :** Office National de Météorologie.

**PH :** Potentiel d'hydrogène.

**Rs :** Résidus sec.

**SASS :** Système Aquifère du Sahara Septentrional.

**T° :** Température.

**TA :** Titre Alcalimétrique.

**TAC :** Titre Alcalimétrique Complet.

**TDS:** Solides totaux dissous.

**TH :** Titre Hydrométrique.

**μS :** Micro Siemens.

## Introduction générale

---

L'eau représente un aliment essentiel indispensable à la vie, l'eau potable ordinaire, est une eau possédant des qualités chimiques, microbiologiques et organoleptiques qui la rendent apte à la consommation humaine (**GUIRAUD, 1998**).

Elle couvre environ 70% de la planète, c'est-à-dire environ 1.4 milliards de km<sup>3</sup>. C'est pour cela qu'on donne souvent à la Terre le nom de planète bleue. Dans toute cette eau, 97.2% est de l'eau salée et seulement 2.8% est de l'eau douce. (**GRAINI L, 2011**).

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel et doit être protégée, défendue et traitée comme tel (**DEVAUX, 1999 ; ECOSSE, 2001**).

Elle est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Elle est très inégalement répartie sur la planète. Tous les pays auront, à court ou à long terme, à faire face au problème de sa raréfaction (**METAHRI, 2012**).

La problématique de l'eau est liée au développement durable où l'eau doit permettre de répondre aux besoins actuels des citoyens et aussi des besoins futurs pour les générations futures. L'accroissement des populations et le développement des agglomérations, le développement des unités industrielles et une grande activité agricole entraînant un accroissement des besoins en eau et une dégradation de la qualité des ressources (**BAALI et al, 2007**).

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau (**AZIZ, 2014**).

L'implantation de zones urbaines, accompagnées des zones industrielles et un développement accru de l'activité agricole, a été la cause d'une dégradation de la ressource en eau, tant sur le plan quantitatif que celui de la qualité (**LARBES, 2005**).

En Algérie, comme partout dans le monde, les activités industrielles et métallurgiques, rejettent dans l'environnement une grande variété d'éléments traces. Tous ces facteurs anthropiques rendent les eaux souterraines très vulnérables au phénomène de la pollution.

Les activités agricoles, minières et industrielles de l'homme moderne génèrent des déchets chargés en éléments polluants (**FRIOUA, 2014**).



## Introduction générale

---

Dans la wilaya de Biskra, les eaux souterraines constituent la première source pour l'alimentation en eau potable et pour l'irrigation et ces ressources sont parfois exploitées d'une manière irrationnelle. En contrepartie, la demande en eau est sans cesse croissante.

Les contraintes importantes liées à la ressource en eau proviennent surtout d'une gestion actuelle avec diverses lacunes. Il faut ainsi noter les forts rabattements des niveaux hydrostatiques et les chutes de pression observés sur les nappes autour de certains grands centres urbains et aires d'irrigation (ANAT, 2003).

Dans le cadre de cette étude, l'objectif est de réaliser une mise au point sur la qualité des eaux dans la région de Biskra et en donner une image plus précise.

La structure de la thèse sera construite en partant de différentes données collectées auprès des services concernés mais qui ont fait néanmoins l'objet d'une synthèse. Cependant, le travail présenté au cours de cette thèse s'appuie dans sa grande majorité sur les résultats de nos campagnes d'échantillonnage et d'analyses des eaux de la région de Biskra.

Le plan de la thèse est alors organisé en plusieurs étapes. Après une introduction générale qui présente essentiellement la problématique de l'étude, six chapitres composent la thèse.

La partie bibliographique a été développée à travers trois chapitres, et la partie expérimentale également sur trois chapitres.

La première partie divisé en données bibliographiques qui incluent tout ce qui concerne l'eau, et connaissons l'exploitation des eaux dans notre vie quotidien, enfin les normes techniques national et international pour les eaux potables.

La dernière partie présente l'étude expérimentale, en commençant par une présentation de la région d'étude, jusqu'à l'étude et l'analyse de quelques échantillons, et réaliser une mise au point sur la qualité des eaux dans la région de Biskra et en donner une image plus précise. Nous achevons ce modeste travail par une conclusion générale.

## **1. Introduction :**

Généralement, il est bien admis que l'eau dans la nature est rarement pure car différents éléments peuvent altérer sa constitution de base par diffusion, dissolution ou par un simple mélange.

La composition de l'eau dépend de l'environnement dans lequel elle se trouve sous forme d'un processus d'écoulement ou d'un stockage. Ainsi, une eau est identifiée par ses propres caractéristiques physico-chimiques telles que la dureté, la salinité et le pH.

Les éléments qui se mélangent à l'eau lui confèrent un chimisme particulier traduisant certaines propriétés ou spécificités intrinsèques au trajet suivi par l'eau. L'eau traverse des couches de terrains perméables, ce qui entraîne une augmentation de la minéralisation par lessivage des roches, notamment ceux à nappes libres. Cette situation donne lieu à des atteintes graves à la qualité de l'eau par contamination verticale (**CHAOUI, 2007**).

Les eaux souterraines, constituent une ressource de qualité généralement meilleure par rapport à celle des eaux de surface. La vulnérabilité des systèmes aquifères situés à proximité des centres urbains, est matérialisée par une contamination par des affluents qui se jettent dans les cours d'eau.

Comme il y'a une relation entre les eaux de surface et les eaux souterraines, la pollution est systématiquement étendue vers les eaux souterraines et superficielles par drainage ou infiltration.

## **2. Ressources en eau :**

### **2.1. Définition de l'eau :**

L'eau est un corps, incolore, inodore, et insipide de formule  $H_2O$ . C'est la seule molécule présente sur terre sous trois états : solide, liquide et gazeux. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques. L'eau est un solvant efficace pour beaucoup de corps solides c'est pour cette raison qu'elle est souvent désignée de « solvant universel ». L'eau que l'on trouve sur terre est rarement pure.

Les chimistes utilisent de l'eau distillée pour leurs solutions, mais cette eau n'étant pure qu'à 99 %, il s'agit techniquement d'une solution aqueuse (**BIRECH et MESSAOUDI, 2006**).

Il est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques (**BAZIZ N, 2008**).

L'eau liquide est souvent perçue comme une substance assez ordinaire car elle est transparente, inodore, insipide et se présente sur terre en grande quantité (**GRAINI L, 2011**).

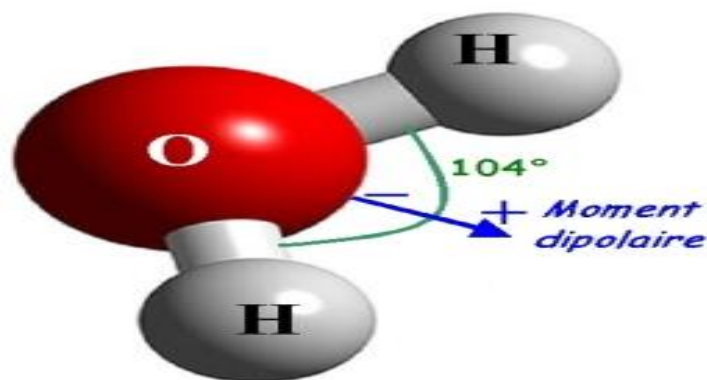
## 2.2. Origine de l'eau :

Selon le mode de gisement, deux sources principales d'eau ; les eaux superficielles (les eaux des oueds, des lacs, des océans et des mers) et les eaux souterraines (l'eau accumulée dans les nappes).

## 2.3. Structure de l'eau :

La molécule d'eau est composée de deux atomes d'hydrogène (de symbole chimique H) et d'un atome d'oxygène (de symbole chimique O) lié par deux liaisons covalentes simples, formant un angle de  $104.5^\circ$ ; sa formule chimique est  $H_2O$ . Les liaisons entre les molécules d'eau sont appelées liaisons hydrogène (sont des liaisons physiques très faibles) (Fig. 01).

Comme toute molécule, celle de l'eau est électriquement neutre. La molécule d'eau présente un moment dipolaire élevé (1,85D), dû à la forte électronégativité de l'atome d'oxygène. Cette polarisation permet d'expliquer pourquoi l'eau conduit le courant électrique et d'autres propriétés remarquables.



**Figure 01** : Ultra structure de la molécule d'eau ( $H_2O$ ) (**BENJAH, 2007**).

## 2.4. Etats de l'eau :

L'eau est un constituant fondamental de notre environnement. Elle se présente sous différents états : sous forme liquide, solide et gazeuse.

### 2.4.1. Sous forme liquide :

Les plus grands réservoirs d'eau liquide sont les océans et les mers constitués d'eau salée ; ils représentent 97,2 % de l'eau de la Terre. Les autres réservoirs d'eau liquide sont les lacs, les rivières et les eaux souterraines.

Ils sont constitués d'eau douce. Les lacs et les rivières correspondent à 0,01 % de l'eau présente sur Terre et les eaux souterraines à 0,06 % de cette eau (**GRAINI L, 2011**).

### 2.4.2. Sous forme solide :

L'eau est solide quand la température est inférieure à 0 °C. C'est la glace de la banquise au niveau des pôles, celle des glaciers alpins, la neige sur laquelle nous pouvons skier, le givre qui se forme par temps froid sur les arbres en hiver.

Les calottes glaciaires et les glaciers représentent 2,1 % de l'eau présente sur la Terre (**MEROUANI M. et BOUGUEDAH A, 2013**).

### 2.4.3. Sous forme de gaz :

Dans l'atmosphère, l'eau existe sous forme de gaz. C'est la vapeur d'eau présente dans l'air humide. Elle ne correspond qu'à 0,001 % de l'eau de la Terre. (**MEROUANI M. et BOUGUEDAH A, 2013**).

## 2.5. Propriétés de l'eau :

Parmi les propriétés physico-chimiques de l'eau, certaines concernent, plus spécialement, les changements de l'état et les transferts de chaleur latente de fusion, la chaleur latente de vaporisation, la conductibilité thermique et la viscosité.

L'eau pure possède un certain nombre de propriétés rigoureusement invariables qui en font des critères de pureté :

- La température de vaporisation pendant l'ébullition et la solidification est constante (100°C à pression atmosphérique normale).
- Une masse volumique égale à 1 g/cm<sup>3</sup> à 4°C.
- La distillation de l'eau pure redonne de l'eau absolument identique.
- C'est un fluide dense à température de congélation de 0°C par définition sachant que son maximum de densité se situe à 4°C par 760 mm de mercure est plus légère que l'eau (densité  $d = 0,917$ ).
- Chaleur spécifique de l'eau est très importante.
- L'eau dissout de nombreux gaz et sels, parmi les gaz l'oxygène et le gaz carbonique.
- Les principales substances dissoutes par l'eau sont: les carbonates, les sulfates, les chlorures, alcalin (Na, K) et Alcalino-terreux (Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>+</sup>).

S-y- ajoutent bien d'autres éléments qui, s'ils ne sont pas grandes quantités, sont d'une grande importance du point de vue écologique, des anions (nitrates, nitrites, sulfates, fluor, arsenic, sulfures, oligoéléments, etc....).

## **2.6. Cycle de l'eau :**

L'eau est un corps essentiel pour tous les organismes vivants. 71 % de la surface de la terre est recouverte d'eau, soit 97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce dans différents réservoirs. L'eau peut changer d'état sans intervention humaine. Ces changements d'états dépendent essentiellement de la température et de la pression mais aussi des composés chimiques. Le cycle de l'eau (Fig. 02) décompose le phénomène complexe de ces transformations successives de l'eau en différents états.

Les trois phases principales du cycle peuvent être résumées ainsi : évaporation, précipitation, écoulements souterrains et ruissellement. Leur élément moteur est l'énergie solaire.

En fonction des caractéristiques géologiques du sous-sol, les eaux souterraines peuvent connaître de longues périodes d'emmagasinements de l'ordre du millénaire (BENISTON, 2009).

Les eaux de surface résultent des précipitations. Une partie de cette eau s'évapore et retourne dans l'air sous forme de vapeur d'eau. La deuxième durcit à cause du froid, ou s'écoule à la surface du sol et pénètre jusqu'à la nappe phréatique.

Le cycle de l'eau se fait donc, par évaporation permanente des eaux de mer ou de rivière, formant des nuages et des brouillards, puis retombent sous forme de précipitations (pluie ou neige) dans les lacs, rivières et océans (DJOGHLAF A. *et* ANADA T. M, 2010 *et* SIGG L. *et al*, 2014).

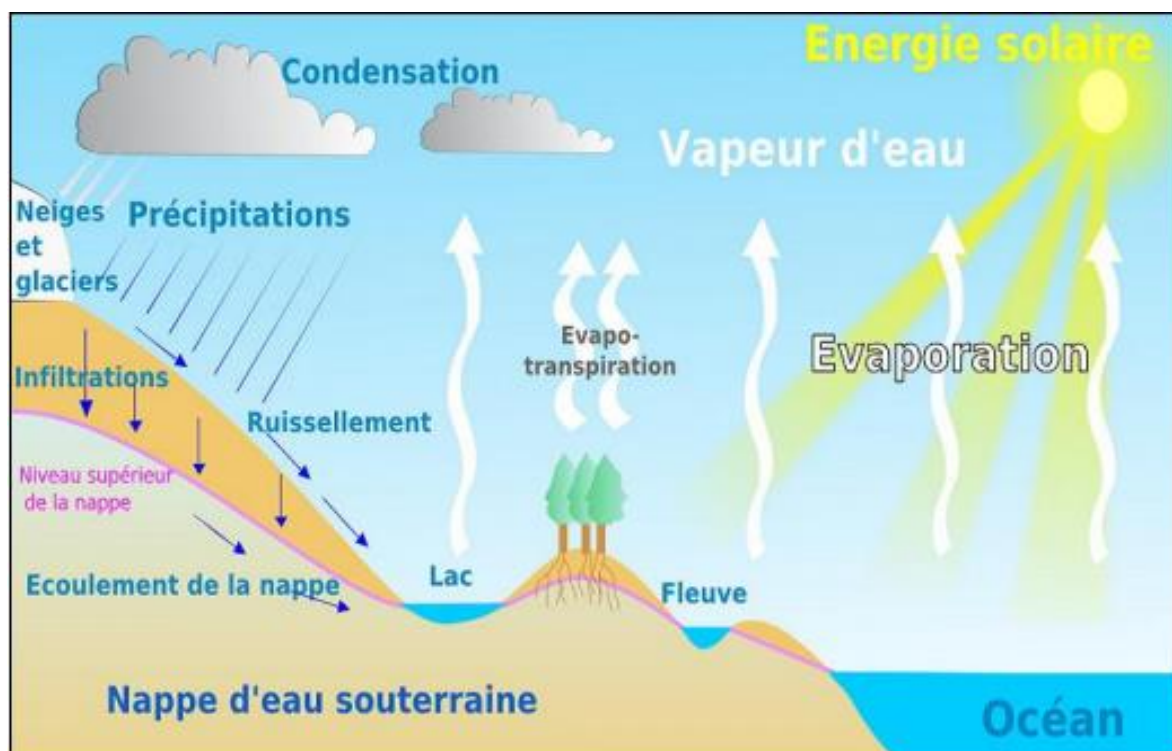


Figure 02 : Cycle général de l'eau (SARI H, 2014).

### 2.6.1. Les eaux de pluie :

Les eaux de pluie peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums. A l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, magnésium, manganèse, fer, iode (**BOUGUETIT et BENHAMIDA, 2015**).

### 2.6.2. Les eaux superficielles :

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact au- atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable.

Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (**DUSSART, 1992 ; BONTOUX, 1993**).

Cette ressource est facilement accessible mais malheureusement fragile et vulnérable à la pollution ce qui la rendant souvent impropre à l'utilisation en l'absence d'un traitement préalable.

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (**DUSSART, 1992 ; BONTOUX, 1993**).

### 2.6.3. Les eaux souterraines :

Il s'agit dans ce cas de nappes plus au moins profondes formées par l'accumulation des infiltrations dans le sol à travers le temps conditionnées par la porosité et de la structure géologique du sol. Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles sont donc d'excellent qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface.

Selon les roches-magasins et selon la nature du réservoir, on distingue plusieurs types de nappes (**MEBARKI, 1982**).

### **2.6.3.1. Nappes phréatiques :**

Ces nappes sont dites libres parce que la surface supérieure de l'eau fluctue sans contrainte.

Il n'y a pas de toit du réservoir et la pluie peut les alimenter par toute la surface. Certaines nappes libres sont constituées par des plateaux calcaires où les vides sont surtout des fissures élargies par la dissolution, parfois jusqu'à la taille de gouffres et de cavernes. Ils peuvent donner lieu à de grosses sources (Fontaine de Vaucluse Dans les régions méditerranéennes, beaucoup de ces sources tarissent en fin d'été) (**BOUGUETIT et BENHAMIDA, 2015**).

### **2.6.3.2. Nappes captives :**

Elles sont constituées à peu près des mêmes types de roche, mais sont recouvertes par une autre couche géologique imperméable qui confine l'eau. Celle-ci est alors sous pression et peut jaillir dans des forages dits artésiens.

L'alimentation ne peut se faire que par des zones d'affleurement limitées ou des communications souterraines. Dans les déserts, ces nappes sont fossiles. Elles ne reçoivent plus d'alimentation et sont alors des mines d'eau épuisables non renouvelées. Les nappes captives sont souvent profondes, voire très profondes (1000 m et plus).

On peut alors les exploiter pour la géothermie. (**BOUGUETIT et BENHAMIDA, 2015**).



**Tableau 01** : Les principales différences entre les eaux de Surface et les eaux Souterraines (MEROUANI M *et* BOUGUEDAH A, 2013).

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux de souterraines
Température	Variable suivent saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable parfois élevée	Faible ou nul
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides	Liée surtout aux matières en solutions (acides humiques)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations	Sensiblement constante en générale nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe <sup>+2</sup> et Mn <sup>+2</sup>	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eaux en état d'eutrophisation	Généralement présente
CO <sub>2</sub> agressif	Généralement absent	Souvent présent en grand quantité
O <sub>2</sub> dissous	La plus souvent au voisinage de la saturation.	Absent la plupart du temps

H <sub>2</sub> S	Généralement présente	Souvent présent
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrate, Nitrite et Silice	Peu abondant en générale	Teneur souvent élevée
Micropolluant minéraux et organique	Présent dans les eaux de payes développées, mais susceptible de disparaître rapidement après suppression des sources	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Éléments vivants	Bactérie (dont certains pathogènes) virus, plancton (animale et végétale)	Ferme bactérie fréquents

## 2.7. Acquisition de la minéralisation au cours du cycle de l'eau :

### 2.7.1. Evaporation :

L'évaporation désigne le passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique. Elle nécessite un apport énergétique (énergie solaire) et peut être importante si l'étendue d'eau est vaste. Au cours de ce processus, les molécules d'eau ( $H_2O$ ) de l'étendue (mer, lacs...) sont vaporisées vers l'atmosphère.

L'évaporation partielle laisse la phase liquide enrichie en éléments solubles, augmentant ainsi la minéralisation de cette dernière. Ce processus peut aller jusqu'à la formation de saumures et engendrer, si la saturation vis-à-vis de certaines phases minérales est atteinte, la précipitation de minéraux évaporitiques. (DEBBAKH A, 2012).

### 2.7.2. Condensation et la précipitation :

Lorsque les conditions de pression et de température favorables à la condensation sont réunies, les molécules d'eau passent de l'état gazeux à l'état liquide. Cette transformation nécessite la présence de grains de poussières atmosphériques qui agissent comme noyaux de condensation.

La minéralisation de la gouttelette initiale dépend donc directement de la nature du noyau sur lequel elle se forme. Ce phénomène est à l'origine de la formation des nuages.

Les gouttelettes interagissent avec la phase gazeuse et dissolvent les gaz atmosphériques en fonction de leur pression partielle et la température selon la loi de Henry. Lorsque le poids de la goutte d'eau est suffisamment important, celle-ci est entraînée par gravité vers la surface terrestre. (DEBBAKH A, 2012).

On parle de précipitation. Pendant sa chute, l'eau de pluie lessive les couches basses de l'atmosphère, interagit avec les aérosols qui s'y trouvent et s'enrichit considérablement en éléments dissous, les eaux de pluie participent ainsi à la minéralisation des eaux de surface (rivières, lacs, zones humides). Globalement, les concentrations en Chlorures des eaux pluies décroissent de la côte vers le continent et diminuent avec l'altitude. (MEYBECK, 1989 et DEBBAKH A, 2012).

### 2.7.3. Ruissellement et l'infiltration :

Au cours de l'évènement pluvieux l'eau météorique est retenue dans les dépressions du sol. L'interaction eau-roche commence dès l'arrivée des premières gouttes sur le sol. Les réactions avec le réservoir géologique dépendent directement du caractère agressif de la pluie qui est en conditions naturelles, essentiellement lié à sa teneur en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dissous. Dans un milieu pollué, les composés du soufre et azotés (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) peuvent jouer un rôle déterminant dans la formation de pluies acides.

Les eaux de ruissellement et d'infiltration interagissent avec les minéraux, les gaz, la matière organique, les végétaux et la microbiologie du sol et de la zone non saturée. Sur tout le trajet du transfert sol-rivière et sol aquifère, la minéralisation des eaux est influencée par les gaz du sol et par la minéralogie des ensembles pédologiques et lithologiques traversés. **(DEBBAKH A, 2012).**

### 3. Potabilité des eaux :

La bonne qualité de l'eau de boisson, est primordiale pour la santé humaine, surtout que les risques de pollutions existent à chaque étape du parcours de l'eau. Les maladies liées à la contamination de l'eau de boisson représentent une charge considérable pour l'humanité. Les interventions visant à améliorer la qualité de l'eau de boisson, apportent des bénéfices notables en matière de santé **(OMS, 2004).**

Le coût du mètre cube d'eau est directement lié à son traitement et donc à la pollution de la ressource. A cet effet, dans toute gestion de ressource, les actions préventives doivent être privilégiées par rapport aux actions curatives **(MONTIEL, 1999).**

## 1. Introduction :

Les ressources en eau subissent des pressions de plus en plus fortes en lien avec les facteurs globaux tels que la croissance démographique, le développement économique et / ou les changements climatiques. Ainsi, bien que l'eau soit une ressource limitée, elle est utilisée par de plus en plus de personnes pour divers usages, tout en devant rester disponible en quantité et en qualité suffisante pour l'environnement.

La nécessité d'un approvisionnement fiable, l'interdépendance avec les secteurs de l'énergie et de l'alimentation, et le besoin de protection des écosystèmes requièrent une meilleure gouvernance de la ressource en eau.

## 2. Eaux de consommation humaine :

Une eau destinée à la consommation humaine est considérée comme potable si elle répond à des exigences de qualité bien définies sur le plan de ses caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques qui ne doivent pas porter atteinte à la santé du consommateur. Pour la qualité des eaux distribuées, on se réfère essentiellement à deux aspects **(BOEGLIN, 2000)**.

La satisfaction de l'utilisateur, subjective car fondée essentiellement sur la qualité organoleptique et visuelle : « L'eau doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. » **(BOEGLIN, 2000)**.

Et surtout, la composition et sa compatibilité avec l'hygiène et la protection de la santé publique (qualité sanitaire). L'eau de distribution publique est définie par des normes nationales découlant des travaux de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et de directives européennes **(BOEGLIN, 2000)**.

L'OMS dans ses directives établies en 1983 a regroupé les paramètres concernant la qualité de l'eau en catégories **(BOEGLIN, 2000)**.

- La qualité microbiologique.
- Les composés inorganiques ayant une conséquence sur la santé.
- Les composés organiques ayant une conséquence sur la santé.
- La qualité esthétique (transparence, absence de coloration).

### **3. Importance et rôles de l'eau :**

L'eau est le principal constituant de tous les êtres vivants (bactéries, champignons, plantes, arbres, animaux, hommes). Les êtres humains sont constitués en moyenne de 70 % d'eau tandis que les méduses en contiennent plus de 90 %.

L'eau est un élément essentiel de la vie, c'est aussi le support, le solvant, le composant prioritaire grâce à sa propriété physique, elle est la substance la plus utilisée dans l'industrie agroalimentaire (entre dans la composition des produits, stérilisation, conservation, cuisson, congélation, refroidissement,...).

Cependant elle a une importance considérable, d'une part elle intervient dans la nutrition des plantes à la fois directement et indirectement, en tant que véhicule des éléments nutritifs dissout, d'autre part c'est l'un des principaux facteurs de pédogenèse, qui conditionne la plupart des processus de formation des sols.

L'eau est aussi une source d'énergie, Dans les régions de montagne, de grands barrages-réservoirs construits en amont des torrents et des rivières (c'est-à-dire à leur source) font chuter l'eau par des conduites artificielles jusqu'aux centrales hydroélectriques. L'industrie utilise aussi l'eau des rivières pour le refroidissement: c'est notamment le cas des centrales nucléaires.

### **4. Usage de l'eau :**

L'eau est une substance indispensable à la pérennité de tous les êtres vivants ayant besoin de leur ration quotidienne d'eau.

L'eau est également une ressource essentielle au développement des sociétés humaines qui se sont implantées au bord des cours d'eau. Grâce à ses propriétés exceptionnelles, l'eau est en effet nécessaire à toutes les activités humaines. Ses usages se sont d'ailleurs intensifiés et les volumes d'eau utilisés par l'homme ont décuplé depuis le début du XXe siècle **(DEFrance, 1996)**.

Les utilisations de l'eau sont traditionnellement réparties entre trois secteurs : domestique, agricole et industrielle en pourcentage de l'utilisation totale de l'eau.

Le secteur domestique comprend généralement des utilisations domestiques et municipales ainsi que l'utilisation commerciale et gouvernementale de l'eau.

Le secteur industriel comprend généralement l'eau utilisée pour le refroidissement des centrales électriques et la production industrielle. Le secteur agricole comprend l'eau pour l'irrigation et l'élevage. Le secteur de l'énergie (compris la production d'électricité et la production d'énergie primaire) est souvent inclus dans le secteur industriel dans les analyses de l'utilisation de l'eau; gros utilisateur et consommateur, il peut faire d'autre-part l'objet d'un comptage séparé.

#### **4.1. L'eau au quotidien (domicile) :**

L'eau potable à domicile est une conquête du XXe siècle dans les pays les plus développés. D'abord considérée comme un luxe, elle se banalise après la seconde guerre mondiale avec le développement des réseaux d'alimentation en eau dans les villes, puis dans les campagnes. Elle contribue à plus de propreté et de salubrité. On la retrouve ainsi dans toutes les activités qui rythment notre quotidien: toilette, lavages divers, évacuation des déchets. La consommation domestique d'eau représente aujourd'hui 10 % de la consommation d'eau mondiale, avec de fortes variations selon le niveau et le mode de vie des pays.

(« **EAU ET SANTE** » *et* « **EAU DANS LE MONDE** »).



**Figure 03 :** Activités quotidiennes à domicile

**4.1.1. Quantité moyenne d'eau en litres nécessaire à :**

- Une chasse d'eau: 6 à 12.
- Une douche: 60 à 80.
- Un bain: 150 à 200.
- Une vaisselle: 5 à 15.
- Un cycle de lave-vaisselle: 10 à 30.
- Un remplissage de piscine: plusieurs milliers de litres.

(« **EAU ET SANTE** » *et* « **EAU DANS LE MONDE** »).

**4.2. L'eau dans l'industrie :**

La présence d'une ressource en eau abondante et de bonne qualité est souvent un facteur d'implantation d'industries près des cours d'eau. L'eau peut ainsi être utilisée pour réaliser de nombreuses opérations :

- Le lavage d'objets, de récipients, de canalisations, de sols d'ateliers.
- Le chauffage ou le refroidissement d'objets.
- La réalisation de réactions chimiques en milieu aqueux.
- Le transport d'objets par canalisations.

La consommation industrielle d'eau représente environ 20 % de la consommation mondiale. Elle varie selon les pays et les secteurs d'activité: toute l'eau utilisée par l'industrie n'est pas forcément consommée, elle peut parfois être rejetée dans le milieu après avoir servi.

Les industries de transformation sont les plus gourmandes en eau. La qualité requise pour l'eau industrielle dépend de l'activité: les industries agroalimentaires ont besoin d'eau potable; les industries électronique, médicale et biotechnologique requièrent une eau très pure.



**Figure 04 :** L'eau dans l'industrie.

### **4.3. L'eau indispensable à l'agriculture :**

L'agriculture est l'activité humaine la plus consommatrice d'eau: elle représente en moyenne 70 % de la consommation mondiale. Elle varie selon les pays, les climats, les types de cultures, les techniques d'irrigation, etc.

Avec l'intensification de la production agricole, l'usage de l'irrigation se répand et engendre des consommations d'eau croissantes. L'alimentation du bétail nécessite également un approvisionnement abondant en eau dans les régions d'élevage.

#### **4.3.1. L'aquaculture, produire dans l'eau :**

L'aquaculture, c'est-à-dire l'élevage d'espèces aquatiques, végétales ou animales, se développe pour répondre aux besoins alimentaires. Il en existe quatre types : la conchyliculture (élevage de coquillages), la pisciculture (élevage de poissons), l'élevage de crustacés et l'algoculture (culture d'algues). Les espèces aquatiques sont très sensibles à la qualité de l'eau dans laquelle elles évoluent.



Les cultures marines nécessitent une bonne qualité bactériologique et chimique pour que les espèces puissent se développer et être consommées.

(« L'EAU ET LA SANTE » *et* « LE LITTORAL »).



**Figure 05 :** Technique d'irrigation agricole en ferme.



**Figure 06 :** L'aquaculture : produire dans l'eau.

### 4.3.2. Caractéristiques des eaux d'irrigation :

L'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées. De plus, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées (BOUAROUJ, 2011).

Une eau conforme à l'irrigation est une eau dont les caractéristiques respectent les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans des tableaux de normes. L'exemple du tableau 02 donne les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation. (MAYNARD *et* HOCHMUTH, 1997).

**Tableau 02** : Les normes de qualité des eaux d'irrigation (MAYNARD *et* HOCHMUTH, 1997).

Type de problèmes	Sévérité du problème		
	Aucune	légère	elevée
-Salinité	< 0,75	0,75-3,0	> 3
-Conductivité (dS/m)	< 700	700-2000	> 2000
-Matières dissoutes totales (mg/litre)			
RAS (Ration d'Absorption du Sodium)	< 3	3-9 >	> 9
Alcalinité ou dureté (équivalent en CaCO3)	80-120		>200
pH (risque de colmatage)	< 7	7-8	>8
Fe mg/l (risque de Colmatage)	<0.2	0.2-1.5	>1.5
Manganèse mg/L (risque de colmatage)	<0.1	0.1-1.5	>1.5

Les normes varient selon les pays, mais dans la majorité des pays on fait référence, à quelques exceptions près, aux cinq critères de qualité sus cités (BOUAROUJ, 2011).

Les normes ont pour objectif de :

- Protéger le public et les ouvriers agricoles.
- Protéger les consommateurs des produits agricoles.
- Protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols.
- Protéger le matériel d'irrigation.
- Maintenir des rendements acceptables.

#### **4.4. L'eau, source d'énergie :**

L'énergie hydraulique désigne l'énergie fournie par le mouvement de l'eau, sous toutes ses formes : chute, cours d'eau, courant marin, marée, vagues.

Historiquement, elle était directement utilisée sous forme d'énergie mécanique (moulins à eau, etc.). Elle peut aussi servir à produire de l'électricité:

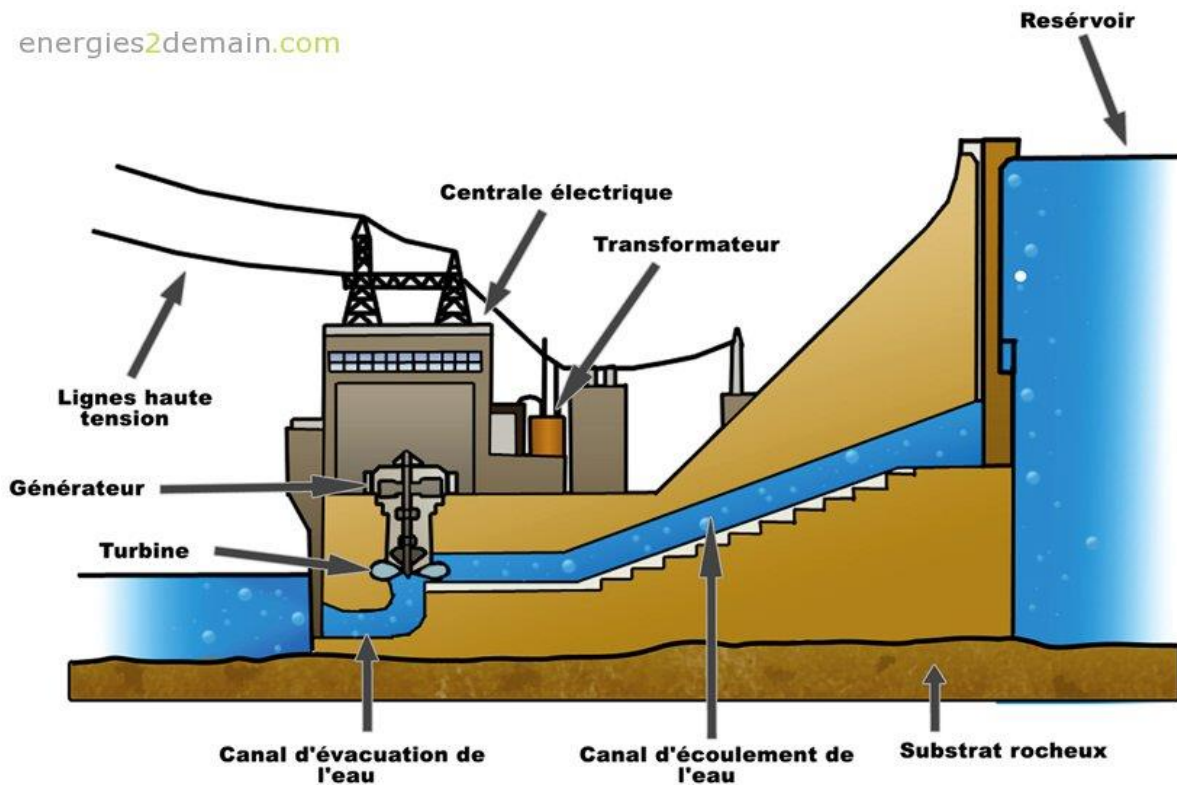
- Une centrale hydroélectrique utilise l'énergie de la hauteur de chute et du débit d'un cours d'eau.
- Une centrale marémotrice utilise l'énergie des marées.
- Une hydrolienne utilise celle des courants marins.
- L'énergie des vagues peut aussi être exploitée.

##### **4.4.1. Une énergie renouvelable :**

- Qui produit peu de gaz à effet de serre (contrairement au pétrole, au gaz, au charbon).
- Si l'énergie ne se stocke pas, les retenues d'eau peuvent être rapidement mobilisées pour produire de l'énergie en grande quantité (contrairement au vent ou à la lumière).

**Mais qui n'est pas sans impact sur le milieu aquatique:**

- En segmentant les cours d'eau, les barrages sont des obstacles pour les poissons migrateurs qui ont besoin de remonter les cours d'eau pour se reproduire.
- Les barrages sont également des obstacles au transport des sédiments du cours d'eau.
- Ils modifient les régimes des cours d'eau.
- Dans la retenue d'eau créée par un barrage, la vitesse d'écoulement ralentit. Les eaux stagnent et se réchauffent, bactéries et algues se développent et l'oxygénation de l'eau est réduite (phénomène d'eutrophisation).



**Figure 07 :** Les barrages hydroélectriques (ENERGIES DEMAIN.COM).

#### 4.5. L'eau, voie de circulation :

Les transports fluviaux et maritimes représentent aujourd'hui les modes de transport de personnes et de marchandises les plus économiques et ils émettent peu de gaz à effet de serre. Ainsi, une barge fluviale peut transporter l'équivalent de 200 gros transporteurs routiers ou d'un convoi ferroviaire d'une centaine de wagons. Capable de transporter des marchandises lourdes et encombrantes, le transport fluvial permet d'alléger le trafic routier.

Le transport maritime représente 90 % du trafic mondial. Chaque année, plus de 6 milliards de tonnes de matières premières, produits alimentaires, textiles et produits chimiques empruntent ainsi la mer. Les capacités du transport maritime se développent encore avec les porte conteneurs, pouvant convoyer jusqu'à 18000 conteneurs. **(LE LITTORAL)**.

### 5. Pollution de l'eau induit par son utilisation :

#### 5.1. Pollution des eaux :

##### 5.1.1. Définition :

Le terme pollution peut être défini comme suit : « c'est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaines, au travers des effets directs ou indirects des niveaux de radiation, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes.

Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autre produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives des milieux ou encore en enlaidissant la nature **(KOLLER, 2004)**.

La pollution d'eau est une altération des qualités naturelles (physiques et chimiques) d'une eau. C'est à la fois l'action et les processus de dégradation des qualités de l'eau. La pollution des eaux souterraines entraîne le risque permanent de limitation de cette ressource dans un proche avenir. Elle résulte essentiellement de l'activité humaine indépendamment de la détérioration naturelle liée aux facteurs géologiques. **(BOUCENNA F, 2009)**.

La plupart des sources d'eau potables sont contaminées propagation des grandes épidémies (peste, choléra, typhoïde....etc.) (KHALID A, 2007).

## 5.2. Sources de pollution :

On distingue deux sources de pollutions à savoir :

### 5.2.1. Pollution ponctuelle :

Elle est formée de rejets localisés, plus ou moins abondants relativement faciles à identifier. Chronique ou accidentelle, cette pollution est provoquée par des déversements domestiques, urbains, ou industriels peu ou non traités (BENCHEIKH *et* GOUDJILE, 2011 ; BIRECH *et* MESSAOUDI, 2006).

#### 5.2.1.1. Pollution urbaine :

Ce sont les eaux des habitations et des commerces qui entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération notamment des rejets industriels rejetés par les entreprises en quantités variables selon l'importance de l'agglomération et son activité (MELGHIT M, 2012).

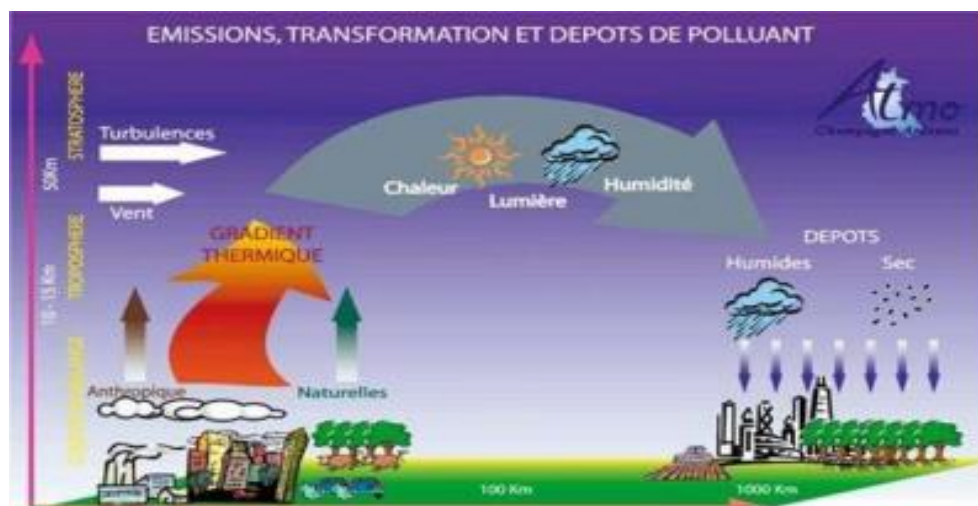


Figure 08 : Les pollutions des eaux par l'urbanisme (BOUGUETIT *et* BENHAMIDA, 2015)

### 5.2.1.2. Pollution industrielle :

Le développement accéléré des techniques industrielles modernes a engendré une pollution très importante. En effet, celle-ci est devenue plus massive, plus variée et plus insidieuse. Devant l'extrême diversité de ces rejets, une investigation propre à chaque type d'industrie est nécessaire: il est donc primordial d'être parfaitement informé sur les procédés de fabrication et le circuit des réactifs et des produits. (OUBAGHA N, 2011).



**Figure 09** : Les pollutions des eaux produites par l'industrie  
(BOUGUETIT *et* BENHAMIDA, 2015)

### 5.2.2. Pollution diffuse :

Elle est due au lessivage et à l'érosion plus ou moins rapide et accusée des sols. Différentes substances sont entraînées vers les nappes et les rivières tel que les hydrocarbures, les métaux lourds, les pesticides. Cette pollution peut s'étendre sur de grandes surfaces. Elle est difficile identifier et donc difficile à maîtriser (BIRECH *et* MESSAOUDI, 2006).

### 5.2.2.1. Pollution agricole :

L'agriculture, l'élevage, l'aquaculture et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates.

Utilisation des engrais en agriculture: La modernisation de l'agriculture et son intensification ont été généralement accompagnées d'une utilisation abusive et non rationnelle des engrais azotés, notamment. Utilisation des pesticides en agriculture: les pesticides sont utilisés en agriculture pour protéger les cultures et les récoltes contre les insectes prédateurs afin d'augmenter les rendements (**MELGHIT M, 2012 et OUBAGHA N, 2011**).

### 5.2.2.2. Pollution atmosphérique :

L'atmosphère terrestre s'il contient des polluants peut être une source non négligeable de pollution. En effet en cas d'orage les sols seront contaminés et le ruissellement et l'infiltration des polluants menacent à la fois les eaux superficielles et les eaux souterraines. Cette contamination qui risque d'être durable cause de grande difficulté de traitement. (**BIRECH et MESSAOUDI, 2006**).

## 6. Les principaux polluants des eaux :

On distingue :

- Les matières en suspension.
- Les matières organiques.
- Matières fertilisantes.
- Polluants métalliques et les polluants chimiques persistants.
- Les sels minéraux.
- Polluants microbiologiques de l'eau.



## **1. Introduction :**

Généralement, pour chaque paramètre, on recherche sa présence et l'on détermine sa quantité dans l'eau. La norme pour un paramètre dans l'eau est représentée par un chiffre, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser et une limite inférieure à respecter. Si un paramètre dépasse la concentration limite, il y a absence de conformité par rapport aux normes établis.

A ce titre la norme Algérienne et l'OMS, dans ses recommandations, ne fixe pas des normes strictes, mais plutôt des valeurs guides qui sont susceptibles d'être utilisées avec une certaine souplesse, dans le souci constant de protection de la santé de la population, tout en permettant de porter un jugement comparatif sur la qualité de l'eau.

## **2. Normes de la qualité de l'eau potable:**

L'eau est un élément indispensable à la vie et l'état de santé de la population. Elle est liée à la qualité physico-chimique et bactériologique qu'elles consomment. L'élaboration des normes de potabilité est basée sur les études scientifiques montrant les effets nocifs sur la santé, des éléments physico-chimiques à partir d'une certaine concentration maximale à ne pas dépasser. Par sécurité la valeur de la norme sera largement inférieure à cette dose, afin d'éviter le développement de pathologie, malgré le dépassement du seuil.

L'organisation mondiale de la santé (**O.M.S.**) propose des valeurs guides; qui servent de base à l'élaboration des normes. Ces valeurs guides sont spécifiques pour chaque élément.

Les normes sont réparties en cinq groupes :

- Normes des paramètres physico-chimiques.
- Normes des substances indésirables.
- Normes des substances toxiques.
- Normes des substances toxiques.
- Normes des paramètres biologiques et bactériologiques.

## CHAPITRE III Normes techniques nationales et internationales exploitées pour les eaux

---

### 2.1. Normes des paramètres physico-chimiques :

Les paramètres physico-chimiques permettant de définir les normes de potabilité des eaux qui sont : le pH, la conductivité électrique, turbidité, concentration en sulfates, chlorures, etc. C'est différentes normes sont consignées dans le tableau 03.

**Tableau 03** : Normes des paramètres physico-chimiques (OMS, 1986).

Paramètres	Unités	Niveau guide
Température	°C	12
pH	/	6,5 > pH < 8,5
Conductivités	µs/cm	400
Chlorures	mg/l	25
Sulfates	mg/l	25
Calcium	mg/l	100
Magnésium	mg/l	30
Sodium	mg/l	20
Potassium	mg/l	10
Ammonium	mg/l	0,05
Nitrites	mg/l	0,01
Nitrates	mg/l	25
Dureté(THT)	°F (CaCO <sub>3</sub> )	35(350)
Fer	mg/l	0,05
Phosphore	mg/l	70

### 2.2. Normes des substances indésirables :

Les substances indésirables sont des substances dont sa présence est tolérée en faible concentration exigée par une réglementation. Parmi ces substances, on peut trouver des éléments qui ne causent que des désagréments pour l'utilisateur ; mais d'autres peuvent avoir une incidence sur la santé.

## CHAPITRE III Normes techniques nationales et internationales exploitées pour les eaux

**Tableau 04 :** Normes des substances indésirables.

paramètres	unités	Normes de						
		U. Européenne		OMS	Suisse		France	USA
		NG	CMA	CMA	NG	CMA	CMA	CMA
Ammonium	mg/l	0,05	0.5	0.5	<0.05	0.1-0,5	0,1	-
Argent	µg/l	-	10	10	-	0.1	-	0.1
Cuivre soluble	mg/l	-	1	1	<0.005 (source)	1.5	2	1.3
Fer soluble	mg/l	50	0,2	0,2	<0.05 (dissous)	0.3 (total)	0,2	0.3
Fluorures	mg/l	-	1,5	-	<0.5	1.5	1,5	-
Manganèse	mg/l	200	0.05	0.05	<0.02 (dissous)	0.05 (total)	0.05	0.05
Nitrates	mg/l	25	50	50	<25	40	50	45
Nitrites	mg/l	-	0.1	0.1	<0.01	0.1	0.1	3
Oxydabilité (O2 au d'O2)	mg/l	-	5	-	< 3	-	5	-
Zinc	mg/l	-	5	5	<0.01 (source)	5	5	5

**NG :** Niveau Guide.

**CMA :** Concentration Maximale Admissible.

### 2.3. Normes des substances toxiques :

Les normes fixées sont sensiblement inférieures aux seuils considérés comme acceptables en toxicologie, C'est pourquoi les teneurs tolérées sont extrêmement faibles.

Ces paramètres concernent le plomb et le chrome entre autres.

## CHAPITRE III Normes techniques nationales et internationales exploitées pour les eaux

**Tableau 05** : Normes des substances toxiques.

paramètres	unités	Normes de				
		Union Européenne	OMS	SUISSE	France	USA
		CMA	CMA	CMA	CMA	CMA
Arsenic	µg/l	50	50	< 2	10	50
Cadmium	µg/l	5	5	< 0.5	5	5
Chrome soluble	µg/l	50	50	< 1	50	100
Cyanures	µg/l	50	50		50	200
Mercure	µg/l	1	1	< 0.1	1	2
Nickel	µg/l	50	50	-	20	-
Phosphore	mg/l	5	5	-	-	-
Plomb	µg/l	50	50	< 0.001	10	15

**CMA** : Concentration Maximale Admissible.

### 2.4. Normes des paramètres organoleptiques :

Ces paramètres concernent la couleur, la transparence, la saveur et l'odeur de l'eau. Cependant ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe. Une eau peut être trouble, colorée ou avoir une odeur particulière et néanmoins être consommable.

L'eau potable doit répondre à certaines caractéristiques organoleptiques.

#### 2.4.1. Couleur :

La couleur des eaux naturelles est généralement due à la présence de substances organiques en solution, principalement des acides humiques et fulviques, provenant du sol, de la tourbe et de la décomposition de la végétation. En outre, certaines eaux souterraines ou de surface peuvent présenter une coloration rouge ou noire due respectivement à la présence de composés inorganiques de fer et de manganèse (OMS, 2000).

La couleur vraie « réelle » d'une eau est due seulement aux substances dissoutes, elle est déterminée après filtration de l'échantillon d'eau à travers une membrane de 0,15 µm.

## CHAPITRE III Normes techniques nationales et internationales exploitées pour les eaux

### 2.4.2. Odeur :

L'odeur d'une eau est due à la présence des substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre SO<sub>2</sub> ou le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) ; ou organiques comme les esters, les alcools, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés, résultant de la décomposition des matières animales ou végétales (algues) ou encore dus à la pollution d'origine urbaine, agricole et industrielle.

Les odeurs sont dues notamment au plancton aux algues mortes pour les eaux de rivières, et H<sub>2</sub>S pour les eaux souterraines (GHIBECHE, 2011).

### 2.4.3. Saveur :

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (GHIBECHE, 2011).

Les principales substances qui peuvent donner à l'eau une saveur, désagréable sont : le fer, le manganèse, le chlore actif, le phénol, et elle se développe avec l'augmentation de la température.

**Tableau 06 :** Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable.

Paramètres organoleptiques	Unité	Norme (OMS, 2006)	Norme (UE, 1998)	Norme (Algérienne, 2000)
Turbidité	Unité Jackson	<5	2	Au maximum 2
Couleur	mg/l de platine	15	-	Au maximum 25
Odeur	Seuil de perception à 25°C	4	2	Au maximum 4
Saveur	Seuil de perception à 25°C	2	4	Au maximum 4

## **2.5. Normes des paramètres biologiques et bactériologiques :**

Les paramètres biologiques et bactériologiques identifient les micro-organismes présents dans le milieu et donnent une estimation de leur Concentration (**SARI H, 2014**).

L'analyse bactériologique de l'eau a pour but de mettre en évidence la présence des bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, ces organismes possèdent plusieurs caractéristiques telles que :

- La provenance exclusive des matières fécales des animaux à sang chaud.
- La résistance aux antiseptiques voisins de ceux des bactéries pathogènes.
- Leur non prolifération anarchique dans la nature.
- La production des réactions simples et spécifiques au cours de leur étude.
- Leur apparition en très grand nombre dans le milieu par rapport aux germes pathogènes.

En général, les germes utilisés sont les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux (**MBEUKAM K. E, 2013**).

### **2.5.1. Coliformes fécaux :**

Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptone contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes. (**PNUE/OMS, 1977 ; RODIER J. et al, 1996 ; JOLY et REYNAUD, 2003**).

Les Coliformes fécaux thermo-tolérants (44°C) sont considérés d'origine humaine (**GAUJOUS D, 1995**). Les coliformes fécaux répondent aux critères de bons indicateurs, la principale difficulté qui s'attache à leur emploi, est leur survie relativement courte en eau de mer, ce qui peut exiger un recours à des indicateurs supplémentaires (**PNUE/OMS, 1977**).

### **2.5.2. Streptocoques fécaux :**

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus*. Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz (MANUEL DE BERGEY, 1984).

Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant y compris dans les milieux salés (GAUJOUS D, 1995). Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé (PNUE/OMS, 1977).

### **3. Etude de la variation des paramètres physico-chimiques :**

Les paramètres physico-chimiques (conductivité, salinité, solides totaux dissout la concentration des ions majeurs ...). Ces analyses physico-chimiques des eaux ont concerné dix éléments majeurs regroupés en cations et anions (MERABET S, 2011).

#### **3.1. Température :**

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un thermomètre incorporé à l'oxymétrie étalonné avant chaque manipulation. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (°C) (KASSIM C, 2005).

La température des eaux potables devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. La température des eaux souterraines est d'environ 12 à 15 °C alors que celle des eaux superficielles varie de 2 à 30 °C (LEGUBE, 2015).

#### **3.2. Potentiel d'hydrogène (pH) :**

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électro-métrique avec électrode combinée selon la norme AFNOR. Cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon, (une électrode spécifique) (LAZHAR G, 2011).

## CHAPITRE III Normes techniques nationales et internationales exploitées pour les eaux

**Tableau 07** : Classification des eaux d'après leur pH.

pH	L'alcalinité ou l'acidité des eaux
pH < 5	Acidité forte présence des minéraux ou matières organiques dans eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

### 3.3. Conductivité électrique :

La conductivité (en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) indique la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Elle dépend de la présence des ions et de leur concentration relative, ainsi que de la température à laquelle s'opère la mesure. La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement, mais approximativement la minéralisation globale de l'eau Elle s'effectue à l'aide d'un conductimètre (MBEUKAM K. E, 2013 et SARI H, 2014).

**Tableau 08** : Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité électrique (RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009).

conductivité < 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : minéralisation très faible;  
100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  < conductivité < 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : minéralisation faible;  
200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  < conductivité < 333  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : minéralisation moyenne;  
333  $\mu\text{S}/\text{cm}$  < conductivité < 666  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : minéralisation moyenne accentuée;  
666  $\mu\text{S}/\text{cm}$  < conductivité < 1 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : minéralisation importante;  
conductivité > 1 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : minéralisation élevée.



### 3.4. Turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension à savoir : Argiles, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité.

Méthode néphélo-métrique, le faisceau lumineux traverse horizontalement la cuvette contenant l'échantillon, une partie de cette lumière est diffusée par effet Tyndall grâce aux particules en suspension. Le photomultiplicateur d'électron situé à un angle de 90° par rapport au faisceau lumineux capte les photons diffusés et transforme cette énergie lumineuse en signal électrique dont le potentiel est fonction de la turbidité.

(LAZHAR G, 2011 *et* SARI H, 2014).

**Tableau 09** : Classification des eaux en fonction de la turbidité. (LAZHAR G, 2011 *et* SARI H, 2014).

<b>Turbidité</b>	<b>Nature de l'eau</b>
NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

NTU : Nephelometric Turbidity Unit.

### 3.5. Résidus secs :

Le résidu sec ; exprimé en (mg/l) ; représente la totalité des sels dissous. Il est obtenu par dessiccation de l'eau à 110°C. Le résidu sec calciné est déterminé par calcination à 180°C. (GHIBECHE, 2011).

### **3.6. Salinité, solides totaux dissous (TDS) :**

La salinité traduit le caractère salin de l'eau. Les solides totaux dissous traduisent l'ensemble de solides dissous dans une eau. La mesure de tous ces paramètres a été faite à l'aide du TDS /conductimètre (BOUCHAR F, 2010).

### **3.7. Dureté :**

#### **3.7.1. Dureté totale (Titre Hydrométrique) :**

La dureté totale (TH) détermine la concentration en calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et du magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) dissous. Qui résultent principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires et dolomitiques.

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel di sodique de l'Acide Éthylène Diamin Tetracétique (EDTA). (MELGHIT M, 2012).

#### **3.7.2. Dureté carbonatée (Temporaire) :**

Correspondant à la quantité d'ions alcalino-terreux qui peuvent être associées aux ions hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), qui précipitent lors de la cuisson sous forme de carbonates alcalino-terreux insolubles, ce qui atténue la dureté de l'eau :



La différence entre la dureté totale et la dureté temporaire est appelée dureté permanente.

### **3.8. Alcalinité :**

L'alcalinité d'une eau est due à la présence des bicarbonates, (carbonates et hydroxydes), celles qui renferment des valeurs nulles de TA quand son pH initial est inférieur à 8,3. Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral, dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau (RODIER J, 2005).

#### 4. Anions :

##### 4.1. Chlorures (Cl<sup>-</sup>) :

Les chlorures provenant essentiellement de la dissolution des sels naturels provoqués par lessivage des formations salifères, ainsi que l'évaporation intense, dans des régions où le niveau piézométrique est proche, de la surface du sol. La présence des chlorures dans les eaux souterraines peut avoir une origine essentiellement agricole (engrais, pesticides ...etc.); industrielle et urbaine (eaux usées).

Les chlorures sont fréquents dans les réserves d'eaux douces à un taux de 10 mg/l à 100 mg/l. Une forte teneur en chlorures peut indiquer une pollution par des eaux usées (NALCO, 1983).

##### 4.2. Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) :

La présence des sulfates dans les eaux souterraines proviennent essentiellement de la dissolution des formations gypseuses selon la relation suivante :



Ou de lessivage des terrains contenant les pyrites ; dont les sulfures entraînés s'oxydent en sulfate à l'air. Teneurs en sulfates des eaux naturelles sont variables, de 5 à 200 mg/l

(BARKAT, 2016).

##### 4.3. Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :

Les nitrates, en faible quantité dans les eaux souterraines proviennent de la nitrification de l'azote organique des sols par les bactéries et de l'oxyde d'azote atmosphérique apporté par la pluie, les teneurs anormalement élevés sont liées aux apports d'engrais chimiques ou organiques et aux rejets des eaux usées ; d'origine domestique et industrielle.

## CHAPITRE III Normes techniques nationales et internationales exploitées pour les eaux

---

Les concentrations bien plus importantes relevées depuis plusieurs décennies et (depuis longtemps) en progression de 1 à 2 mg/L supplémentaire par année (quel que soit le type d'eau) (LEGUBE, 2015).

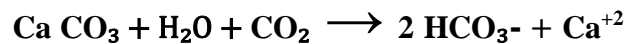
### 4.4. Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :

Le nitrite ou azote nitreux, représente une forme moins oxygénée et moins stable, elle résulte de passage entre les nitrates et l'ammonium, c'est une forme toxique.

En absence de pollution (rejet d'industrie agroalimentaire), il y a très peu (ou pas) de nitrites dans les ressources en eaux. Dans ce cas, leur présence provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal (LEGUBE, 2015).

### 4.5. Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique. L'équation de la dissolution est donnée comme suite :

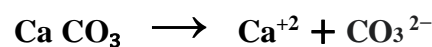


Les bicarbonates n'ont pas un rôle prépondérant direct sur la santé humaine.

## 5. Cations :

### 5.1. Calcium (Ca<sup>+2</sup>) :

La présence des ions (Ca<sup>+2</sup>) est liés principalement à deux origines naturelles : soit à la dissolution des formations carbonatées (CaCO<sub>3</sub>), soit à la dissolution des formations gypseuses :



## CHAPITRE III Normes techniques nationales et internationales exploitées pour les eaux

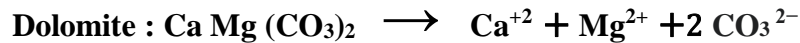
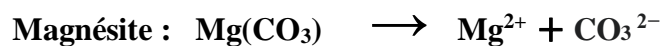
---

Avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau ; cette dureté de l'eau est exprimée par le titre hydrotimétrique (TH). Sur le plan de la santé, les eaux dures (à forte teneur en calcium) n'entraînent pas de conséquence.

### 5.2. Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) :

Il constitue l'élément significatif de la dureté de l'eau avec les ions calcium, c'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature (RODIER *et al*, 2009).

Ses origines sont comparables à celles du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à forte teneur en oxygène (magnésite et dolomite) ; selon l'équation suivante:



### 5.3. Sodium ( $Na^+$ ) :

En raison de sa solubilité, le sodium est un élément fréquemment du pH de l'eau. Les ions ( $CO_3$ ) ne sont présents en concentration mesurable que dans les eaux dont le pH est supérieur à 8 ; tandis que les ions ( $HCO_3$ ) constituent la forme la plus abondante sous laquelle on trouve le carbone minéral. D'autre part la présence des  $HCO_3$  est liée à la nature lithologique des terrains traversés.

Il se trouve dans la majorité des eaux souterraines et de surface ; Des teneurs anormalement élevées peuvent provenir d'apports industriels ou domestiques ; La concentration dans l'eau de boisson est normalement inférieure à 50 mg/l (RODIER, 2005).

#### 5.4. Potassium ( $K^+$ ) :

Bien que dans les roches ignées la teneur en potassium ( $K^+$ ) soit presque aussi importante que celle du sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépassent pas habituellement 10 à 15 mg/l (GHIBECHE, 2011).

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), ainsi que les argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques.

#### 5.5. Ammonium ( $NH_4^+$ ) :

L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique, sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels. L'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation.

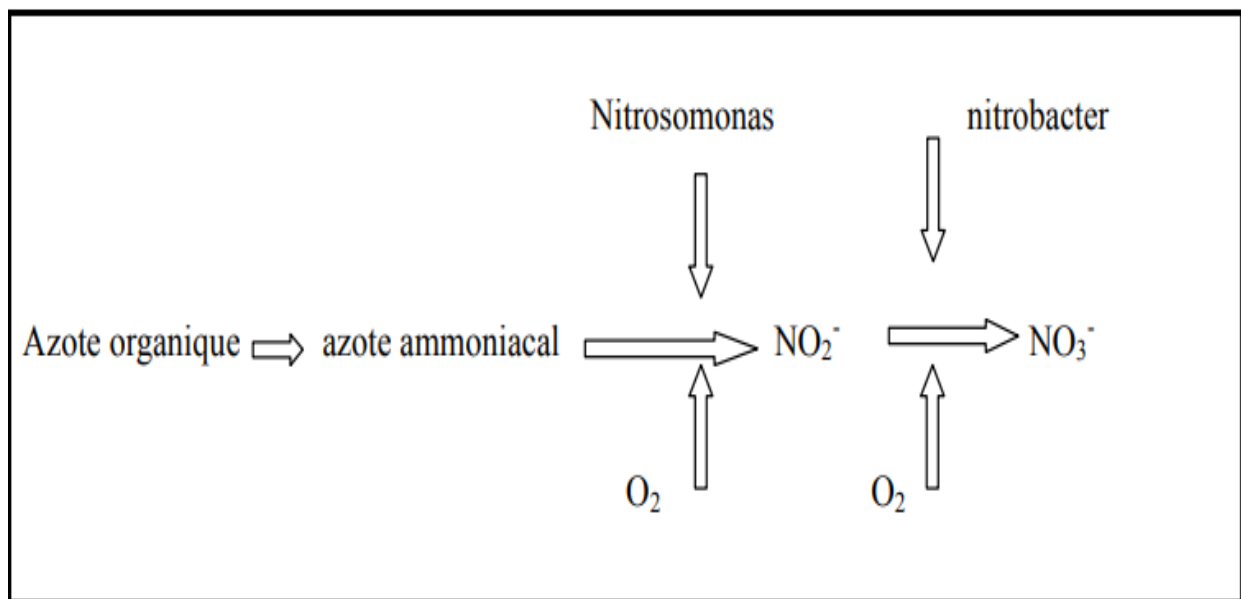


Figure 10 : Oxydation de l'azote ammoniacal.

**1. Introduction :**

La région de Biskra constitue une des zones les plus franches de transition entre les domaines atlasiques montagneux et plissés du Nord (Algérie Méditerranéenne) et les étendues plates et désertiques du Sahara septentrional au Sud (Algérie Saharienne).

Deux domaines très contrastés, tant du point de vue géomorphologique que géologique, sont séparés par l'accident Sud atlasique ou flexure Saharienne des anciens auteurs.

Elle est formée d'un ensemble de bassin et (ou) sous bassin aligné presque parallèlement Nord-Sud.

La partie Nord de la région se présente sous la forme d'une chaîne, grossièrement, orientée (Nord-Est-Sud-Ouest) : l'atlas Saharien qui inscrit dans son prolongement oriental le massif de l'Aurès culminant à 2328 m; le relief est de type jurassien et se présente sous la forme de plis courts et espacés, tantôt creusés par de profondes combes de flanc, tantôt festonnés de chevrons sous l'effet de l'attaque du ruissellement (**CHEBBAH, 2007**).

**2. Données relatives à la région de Biskra :****2.1. Présentation de la Wilaya de Biskra :****2.1.1. Présentation administrative :**

La wilaya de Biskra est issue du découpage administratif de 1974 et comprend actuellement douze daïras et trente trois communes. Les douze daïras sont : Biskra, Sidi Okba, Tolga, Foughala, Ourlel, Sidi Khaled, Ouled Djellal, M'chounech, El Kantara, El Outaya, Zeribet El Oued et Djemorah (**A.N.A.T, 2003**). Elles sont divisées comme suit :

- ✓ Biskra : Biskra - El Hadjeb.
- ✓ Djamourah : Djamourah- Branisse.
- ✓ El-Kantara : El-Kantara- Aïn Zaatout.
- ✓ M'Chounech : M'Chounech.
- ✓ Sidi-Okba : Sidi-Okba- Chetma- El Haouch- Aïn Naga.
- ✓ Zeribet El-Oued : Zeribet El-Oued- El Mizaraa- El Feidh- Khenguet Sidi Nadji.

- ✓ Ourlel : Ourlel- Lioua- Oumache- Mekhadma- M'Lili.
- ✓ Tolga : Tolga- Bouchagroune- Bordj Ben Azzouz- Lichana- Doucen.
- ✓ Ouled-Djellal : Ouled-Djellal- Ech Chaïba- El Daoussen.
- ✓ Sidi-Khaled : Sidi-Khaled- Besbes- Ras El Miaad.
- ✓ Foughala : Foughala- El Ghrous.
- ✓ El Outaya : El Outaya.

(A.N.D.I, 2013 ; A.N.I.R.F)

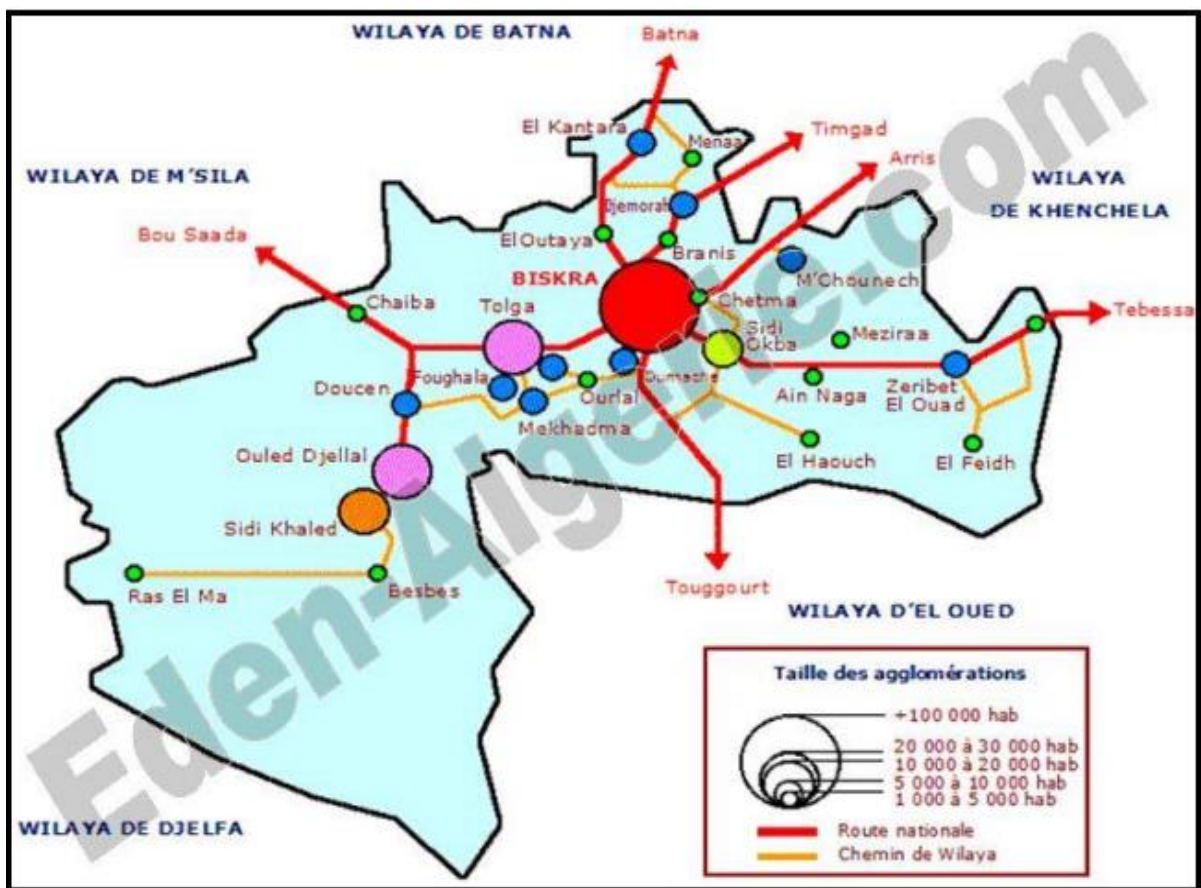


Figure 11 : Situation de la Wilaya de Biskra (Eden-Algérie.com)



**2.1.2. Localisation géographique de la wilaya de Biskra :**

La wilaya de Biskra se situe au Nord -Est du Sahara Septentrional, elle est située au Sud -Est de l'Algérie aux portes du Sahara. Avec une altitude de 112 m au niveau de la mer. Ce qui fait d'elle une des villes les plus basses d'Algérie (ANDI, 2013). Le Chef lieu de la wilaya est situé à 400 km au Sud-est de la capitale, Alger (ANDI, 2013 ; A.N.I.R.F).

Elle s'étend au Sud - Est jusqu'à la zone de Chott Melghir et au Sud -Ouest jusqu'au le commencement du grand Erg oriental (A.N.A.T, 2003). Elle s'étend sur une superficie de 21 671,24 km<sup>2</sup> (ANDI, 2013).

La wilaya de Biskra est limitée par celle (Fig12) :

- De Batna au Nord.
- De M'sila au Nord-Ouest.
- Et celle de Khanchela au Nord -Est.
- De Djelfa au Sud -Ouest.
- D'El Oued au Sud.



Figure 12 : Localisation géographique de la Wilaya de Biskra (A.N.D.I, 2013).

### 3. Contexte géographique :

#### 3.1. Le relief :

La wilaya de Biskra constitue une zone charnière entre le Sud et le Nord algérien. Elle forme une région de transition du point de vue morphologique et bioclimatique. Ce passage se fait subitement au pied de l'Atlas Saharien. On passe d'un relief assez élevé et accidenté au nord à une topographie de plateau légèrement inclinée vers le Sud.

D'une manière générale la région de Biskra est composée de quatre éléments géomorphologiques divers : les montagnes, les plaines, les plateaux et les dépressions (GOUSKOV, 1964; DUBOST *et* LARBI, 1998; I.N.R.A.A, 2006; BOUGHERARA *et* LACAZE, 2009).

➤ **Les montagnes** : la région presque découvertes de toutes végétations naturelles (El-Kantara, Djemoura et M'Chounech).

- **Les plateaux** : à l'ouest, ils s'étendent du nord au sud englobant presque les daïrates d'Ouled Djellal, Sidi Khaled et une partie de Tolga.
- **Les plaines** : sur l'axe El-Outaya-Doucen, se développent vers l'est et couvrent la quasi totalité des daïrates d'El-Outaya, Sidi Okba, Zeribet El-Oued et la commune de Daoucen.
- **Les dépressions** : dans la partie sud-est de la wilaya de Biskra, (Chott Melghir) (A.N.A.T, 2006 ; BOUAMMAR, 2010).

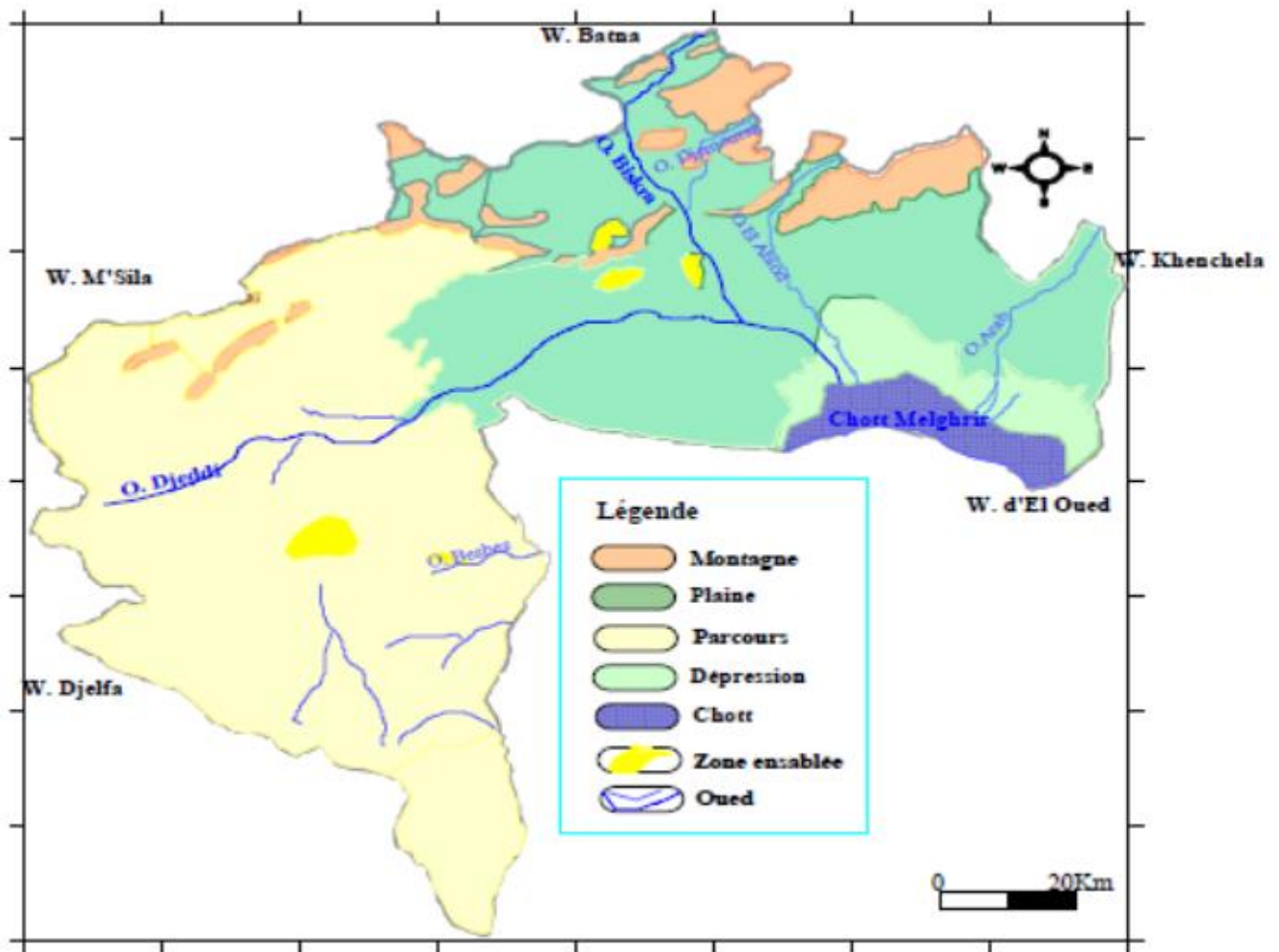


Figure 13 : Carte du milieu physique de la Wilaya de Biskra (ANRH, 2008).

### 3.2. Le réseau hydrographique :

Le bassin hydrographique, ou bassin versant est l'unité ou le cadre de toute étude hydrologique. Les limites d'un bassin sont formées par les lignes de partage des eaux ; qui le séparent des bassins adjacents. Elles sont facilement réparables dans les régions où le relief est bien marqué, il n'en est pas de même dans les régions très plates, où les eaux divaguent dans celles où les écoulements temporaires se perdent dans les sables ou dans les cuvettes désertiques (MEGUENNI-TANI, 2013).

La wilaya de Biskra est traversée par plusieurs oueds qui constituent un réseau hydrographique simple qui ne fonctionne qu'en hivers ou pendant les pluies exceptionnelles. Ces Oueds prennent naissance dans le massif des Aurès. Leur importance dépend des bassins versants qu'ils drainent. Divers oueds et cours d'eau temporaires à écoulement principal sillonnent la région et se déversent dans la dépression du Chott Melghir. Les plus importants sont Oued Djedi, Oued Biskra, Oued El-Arab et Oued El-Abiod (BOUAMMAR, 2010). L'ensemble des Oueds (Fig14) parcourant la région fait partie du grand bassin versant Saharien du Chott Melghir.

- L'Oued Djeddi (l'oued le plus important du bassin), présente l'axe de drainage d'un bassin versant de 9130 Km<sup>2</sup> ; il constitue un collecteur des eaux de ruissellement d'une superficie importante du flanc Sud de l'Atlas Saharien.
- L'Oued Biskra, son réseau hydrographique est constitué par un grand nombre d'affluent qui collectent les eaux de ruissellement du Sud-Ouest de l'Aurès. Cet Oued a formé une vallée alluviale qui recèle une importante nappe d'inféro-flux actuellement exploitée.
- L'Oued El Arab prend sa source des monts qui constituent la partie Orientale des Aurès et se jette dans la zone dépressionnaire du chott Melghir (ANRH, 2008).

Les caractéristiques de ces Oueds sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Caractéristiques des bassins versants dans la région (ANRH, 2000).

Désignation du bassin	Superficie (Ha)	Nom de l'oued principal	Principaux affluents
Bassin versant de l'Oued El Arab	208500	Oued El Arab	Oued Mestaoua
Bassin versant de l'Oued Labiod	24500	Oued Labiod	Oueds (Latrous et Elkatar)
Bassin versant de l'Oued Djeddi	216000	Oued Djeddi	Oueds (Trifia, Boumlili, Tamda, Ouzen, Elhai, Branis)

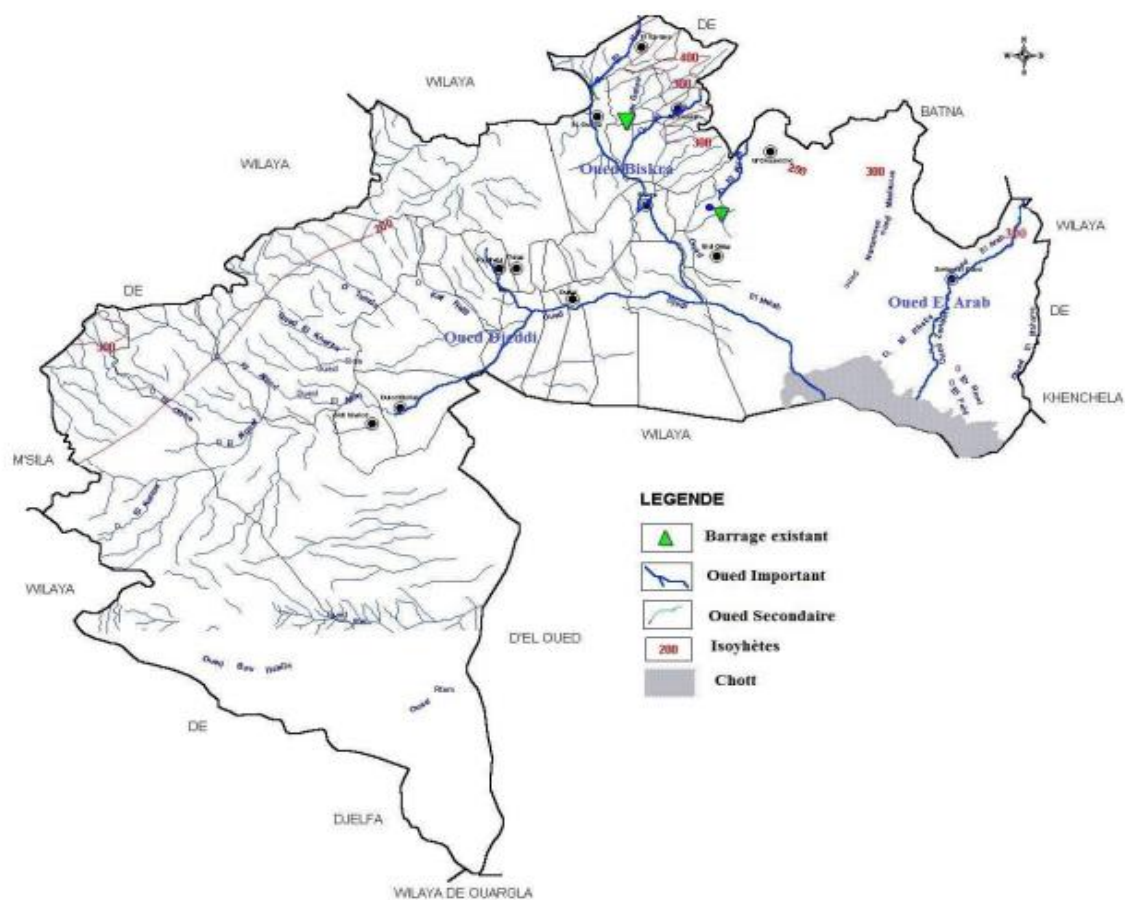


Figure 14 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra (ANRH, 2008).

#### 4. contexte climatologique :

Plus que d'autres facteurs, le climat est le facteur le plus déterminant des ressources en eau. L'étude des caractéristiques climatologiques joue un rôle primordial dans la connaissance des comportements des cours d'eaux, les variations des réserves, la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles. Pour cela, l'étude climatologique est indispensable pour mieux comprendre le fonctionnement et les influences d'un système hydrologique de surface d'une région donnée.

Les précipitations, les températures, le vent, l'humidité, l'évapotranspiration et l'ensoleillement et d'autres phénomènes atmosphériques constituent le climat de la région. Ainsi, l'étude des possibilités de la maîtrise des ressources en eau dans les bassins est extrêmement liée à ces phénomènes qui régissent les écoulements. Pour cela, il est très utile de faire l'approche hydro climatiques (BOUTOUGA, 2012).

##### 4.1. Données climatologiques pour la région de Biskra :

###### 4.1.1. Les vents :

Les vents ont une conséquence importante sur les phénomènes d'évaporation, de précipitation et a un degré moindre sur les températures. Les vents sont relativement fréquents au printemps et en été.

Dans la région de Biskra la seule station qui mentionne la vitesse du vent c'est la station de Biskra (ONM), d'après les données des moyennes des vents de cette station sur la période (1988/89-2009/10), on remarque que la fréquence de vitesse des vents atteint son maximum en hiver (Avril) avec 5.9 m/s, par contre le minimum des vents est enregistré en mois d'Octobre avec 4 m/s. on constate aussi que les vitesses du vent sont presque homogènes pendant plusieurs mois de l'année, la vitesse moyenne annuelle est de l'ordre de 4.5 m/s.

###### 4.1.2. L'humidité relative de l'air :

Se situant aux ports du Sahara, la région de Biskra est considérée comme une zone aride, qui caractérisé par un climat sec et chaud, il est cependant tout à fait normal de constater des pourcentages d'humidités moins importants.

D'après les données de la station de Biskra (ONM) on observe que le taux d'humidité moyenne mensuelle est élevé pendant les mois de Mars, Avril et Mai, respectivement de

l'ordre de 54 %, 59 %, 57%, tandis que le plus faible est remarqué au mois de Novembre (26%).

#### 4.1.3. Les Précipitations :

Les précipitations sont l'élément le plus important parce qu'elles reflètent la circulation des eaux superficielles et souterraines. De plus, toute étude climatologique nécessite une analyse bien détaillée des précipitations, car la pluie est un facteur qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent, le régime des cours d'eaux ainsi que celui des nappes. Elles sont variables et irrégulières d'une année à une autre et d'une saison à une autre.

A la station de Biskra (ONM), l'élévation annuelle des précipitations pour la période considérée varie de 279.7 mm en (2003/2004) à 35.2 mm en (1988/1989). Tandis que le module pluviométrique interannuel est égal à 132.7 mm.

Les précipitations atteignent le maximum au mois de janvier avec une hauteur de 21.8 mm et le minimum au mois de Juillet avec 0.8 mm.

#### 4.1.4. Température :

La variation de la température agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration et par conséquent le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. On dispose des données de températures moyennes mensuelles de la station de Biskra (ONM) période de (1988-89/2009-2010). Pour évaluer la variation des températures moyennes mensuelles, nous avons établi le tableau suivant :

**Tableau 11** : Température moyennes mensuelles en °C à la station de Biskra (ONM, 2011).

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aou	moy
moy	28,8	23,5	16,5	17,7	11,6	13,6	17,3	20,6	26,1	31,3	34,4	34	23

D'après les données climatiques de la station de Biskra (ONM), la région est caractérisé par un climat chaud et sec, on constate deux périodes, la température décroît du mois de Juillet (maximum : 34 ,4°C) jusqu'au mois de Janvier (minimum : 11.6 °C).

La deuxième période se démarque par une augmentation de la température de 13.6 °C en Février à 34.4 °C en Juillet. La température moyenne mensuelle est de l'ordre de 23 °C.

## 5. contexte hydrogéologique :

La wilaya de Biskra fait partie du grand bassin hydrogéologique du Sahara septentrional, présente plusieurs réservoirs aquifères d'importance bien distincte de part leur constitution lithologique, leur structure géologique et leur facilités d'exploitation.

Les travaux géophysiques, la réalisation de forages ainsi que la disposition des colonnes stratigraphiques, permettent d'identifier les différentes nappes aquifères exploitées dans la région de Biskra.

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional « SASS » s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Libye.

Ce bassin englobe une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) (SASS, 2003).

### 5.1. Le Continental Intercalaire :

Des études géologiques (CORNET, 1964 ; BUSSON, 1972 ; ERESS, 1972 ; FABRE, 1974), ont permis de préciser l'âge, les limites stratigraphiques de la formation aquifère, son extension géographique et ses zones d'affleurements.

La nappe du Continental Intercalaire couvre la majeure partie du territoire saharien septentrional. Le bassin ayant approximativement une superficie de 600.000 km<sup>2</sup>, la capacité en eau est de l'ordre de 50.000 Milliards de mètres cube (ANRH, 1996), d'une épaisseur moyenne de 600 m, dont la moitié environ est constituée par des grès de porosité 26%. C'est le résultat d'une longue histoire stratigraphique reflétant, un épisode continentale intercalé entre deux cycles sédimentaires (ERESS, 1972).

- A la base, le cycle essentiellement marin du paléozoïque que clôt l'orogénèse hercynienne.
- Au sommet, le cycle marin que déclenche la transgression du crétacé supérieur.

Le continental intercalaire ainsi défini, occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du Trias (localement Permo-Trias) et le sommet de l'Albien.



La plus grosse part des ressources en eau du continental intercalaire est due à la fonction de stockage importante de ce réservoir rempli pendant les périodes pluvieuses du Quaternaire.

## 5.2. Le Complexe Terminal :

D'après plusieurs études (CORNET, 1964 ; BEL *et* CUCHE, 1970 ; ERESS, 1972 ; ARMINES, 1975), la nappe du complexe terminal couvre la majeure partie du territoire saharien septentrional. Dans le bassin occidental. Cependant, cette nappe est en liaison étroite avec la nappe sous jacente du continental intercalaire. Dans le Sud-Ouest, sous le plateau du Tademaït, cette nappe est peu importante et même parfois absente (ERESS, 1972) ; au niveau du bassin oriental, le continental intercalaire et le complexe terminal sont séparés par la transgression cénomaniennne.

Cette nappe est limitée à l'Ouest par la dorsale du M'Zab, au Nord par l'accident majeur de l'Atlas saharien, à l'Est par le Dahar, au Sud par une ligne passant au Nord de l'axe In Salah - Zarzatine sous l'erg oriental. Sa superficie est de 350,000 km<sup>2</sup> pour la seule région oriental (CDTN, 1991).

La nappe circule dans l'une ou les deux formations litho-stratigraphiques suivantes :

- Sénonien et Eocène carbonaté.
- Miopliocène sableux (continental terminal).

## 5.3. Les nappes :

### 5.3.1. Les nappes superficielles :

Cette nappe se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, et c'est au niveau des palmerais qu'elles sont le mieux connu avec une profondeur comprise entre 20 et 150 m et un débit de 5 à 10 l/s. Les nappes les plus importantes dans la wilaya, sont celles de l'Oued Biskra et de l'Oued Djeddi. Leur alimentation est assurée par les précipitations atmosphériques, l'infiltration des eaux des oueds en période de crue et par les eaux d'irrigation.

### 5.3.2. La nappe des sables :

Constituée par une alternance de niveaux d'argile, sable et cailloutis d'âge Miopliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya. Cette nappe est fortement exploitée dans la partie Est de la Wilaya et notamment dans la zone de M'Zirâa.

Du point de vue hydrodynamique, cette nappe présente un système très hétérogène représenté par des couches de diverses perméabilités. La profondeur de cette nappe est de 100 à 300 m, avec un débit moyen de 15 L/s.

A l'Est de la wilaya de Biskra, cette nappe se subdivise en deux aquifères séparés par une épaisse couche d'argile et d'argile sableuse, l'un profond désigné sous le nom du Pontien et l'autre moyennement profond qui est la nappe du Mio-pliocène connue dans cette région.

### 5.3.3. La nappe des calcaires :

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissurés d'âge Eocène inférieur. Elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Ziban, où elle est appelée « Nappe de Tolga ».

La profondeur de cette nappe varie de 100 m dans la zone de Tolga à 500 m dans la zone de Lioua. Le débit varie de 10 L/s par pompage jusqu'à 30 L/s jaillissant (cas d'Ourlal et Lioua).

Au Nord et au Nord Est de la wilaya, la nappe des calcaires est représentée par un aquifère très important qui est le Maestrichtien et le Campanien d'une profondeur comprise entre 200 et 900 m et d'une bonne qualité chimique d'eau. On note par ailleurs l'existence de la nappe du Turonien qui n'est pas très exploitée dans la région (ANAT, 2003).

### 5.3.4. La nappe du Continental Intercalaire :

C'est un réservoir très important constitué essentiellement de grès et de marne d'âge Albien et Barrémien, d'une profondeur comprise entre 1600 et 2500 m, et un débit moyen de 80 L/s jaillissant. Son exploitation est très coûteuse en raison de sa profondeur. En outre sa température excessive la rend difficilement utilisable aussi bien pour l'alimentation en eau potable que pour l'irrigation.

Cette nappe est exploitée dans 19 forages dans la wilaya.

## 6. Contexte socio-économique :

### 6.1. Population :

D'après la monographie de la wilaya de Biskra en 2014.

L'estimation de la population jusqu'à 31/12/2014 donne les résultats suivants:

- La taux d'accroissement annuel est de 2.30%
- La densité de population est de 40 habitants/Km<sup>2</sup>.

Le nombre total de la population dans la wilaya de Biskra atteint 849672 personne, dont:

- 433333 hommes présentent 51% de la population. -
- 416339 femmes présentent 49% de la population.

La répartition des populations dans la wilaya sont comme suit:

- Rassemblements de sièges municipaux est estimé à 655009 personnes, soit 77,09%.
- Rassemblements secondaires de l'ordre de 69950 personnes, soit 8,23%.
- Zones dispersées avec 114467 personnes, soit 13,47%.

La répartition de la population selon les zones est:

- Dans les zones urbaines, la population est de 519574 habitants, soit 61,15%.
- Dans les zones rurales, il y'a 330098 habitants, soit 38,85%. **(D.P.A.T, 2014).**

### 6.2. Agriculture :

La wilaya de Biskra est l'une des wilayas pionnier dans le domaine agricole, leur climat et sa richesse en ressources en eaux souterraines et son sol propice à l'agriculture, la rende en tête des wilayas dans la poulie et la diversité du produit agricole.

La superficie agricole totale est estimé à 1 652 751 hectares de terres classées zones agricoles, soit environ 77% de la superficie totale de la wilaya, dont 185 473 ha de surface agricole utile (SAU), soit 8,66% **(ANDI, 2013; D.P.A.T, 2014)**. Dont, 105 920,85 hectares des terres irriguées représentent 57,11% de la superficie arable agricole.

Les palmiers dattiers sont le premier produit en agriculture, environ 4 286 345 palmiers dont 3 894 898 productives, la plupart sont situé dans la région du Zeb Occidentale (Daïras de

Tolga, Foughala et Ourlal). La partie Orientale de la wilaya (Daïras de Sidi Okba, Zeribet El Oued) est spécialisée en champ culturel (haricot, pastèque ou melon). Le côté Nord est connu des produits trimestriels (abricot, pomme, olive, ...) **(D.P.A.T, 2014)**.

### **6.3. Santé :**

Dans la wilaya de Biskra, le secteur de la santé se compose de 4 institutions publiques hôpitaux, dont deux institutions spécialisées (Ophtalmologie, et Obstétrique) et 9 institutions publiques de santé de proximité. Il y a 1163 lits répartis comme suit:

- 800 lits dans 4 hôpitaux.
- 195 lits dans 5 cliniques.
- 168 lits dans les groupes sanitaires.

Il y a aussi :

- 124 salles de traitement.
- 181 pharmacies dont 10 pharmacies publiques **(D.P.A.T, 2014)**.

### **6.4. Industrie :**

La wilaya connaît un tissu industriel varié, il se compose de sept (7) établissements dans le secteur public et soixante (60) établissements dans le secteur privé. Ce secteur touche une vaste gamme de produits comme la fabrication des matériaux de construction, produits alimentaires, Farine, broderie, tissage, artisanat, bois, papier et imprimerie **(ANDI, 2013)**.

### **6.5. Ressources en eau :**

Le secteur d'Hydraulique a connu une grande importance dans le domaine du développement afin que reprendre un rôle stratégique dans la politique de l'Etat en terme de fournir les besoins fondamentaux des citoyens. La quantité d'eau consacrée à la wilaya de Biskra est de 1017 millions de m<sup>3</sup>, dont 22 millions de m<sup>3</sup> eau de surface, soit 2,16 % et 995 millions de m<sup>3</sup> d'eau souterraine ce qui représente 97,84 %.

La distribution des eaux souterraines exploitées dans la région comme suit:

- 771 millions de m<sup>3</sup> destinées à l'agriculture, soit 85 %.

- 126 millions de m<sup>3</sup> destinées à l'alimentation en eau potable, présente 14 %.
- 10 millions de m<sup>3</sup> destiné à l'industrie, soit 1%.

Il y a deux barrages dans la wilaya dirigés spécifiquement pour l'irrigation des terres agricoles.

➤ Barrage Foug El Gherza qui a une capacité de stockage initiale de 47 millions de m<sup>3</sup>, couvre les besoins de 130 000 palmiers d'une capacité annuelle régulière de 8 millions de m<sup>3</sup>.

➤ Barrage Fontaines des Gazelles d'une capacité de stockage initiale de 55,5 millions de m<sup>3</sup>, destiné à l'irrigation d'un périmètre de la commune d'El Outaya (la superficie de périmètre est de 90 hectares) d'une capacité annuelle régulière de 14 millions de m<sup>3</sup> (D.P.A.T, 2014).

### 6.6. Réseau d'alimentation en eau potable et réseau d'assainissement :

La plupart des parties de la wilaya ont été liés au réseau d'alimentation en eau potable, au cours de l'année 2014, la longueur du réseau est atteint 1912 Km avec un taux de raccordement de 93 %, la dotation été 260 litres/jour.

En ce qui concerne le réseau d'assainissement le taux de raccordement est de 1447 Km de longueur, soit 93% (D.P.A.T, 2014).

## 1. Introduction :

Notre étude expérimentale est basée sur l'étude de la qualité des eaux potables dans la région de Biskra. Les analyses physico-chimiques des échantillons prélevés, ont été réalisées au niveau du laboratoire, et ont portées essentiellement sur les dosages des éléments majeurs à savoir : le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ). Ainsi que les analyses des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ), le pH, et dosage de la matière organique.

## 2. Matériels utilisés :

- Spectrophotomètre UV / visible.
- Spectrophotomètre à flamme.
- Autoclave.
- Autoclave traditionnelle.
- Etuve.
- Bain marie.
- Balance de précision.
- Banque chauffe magnétique.
- Conductimètre.
- pH mètre.
- Agitateur magnétique.
- Fioles jaugées de (50 et 100) ml.
- Bécher de 50 ml.
- Erlenmeyer.
- Réfrigérateur.
- Les réactifs spécifiques.

2.1. Quelques matériels dans laboratoire de la département :



Spectrophotomètre à flamme



Spectrophotomètre UV / visible



Etuve

2.2. Quelques matériels dans laboratoire Moussaoui :



Bain marie



Autoclave



Balance de précision

2.3. Quelques matériels dans laboratoire (ADE Biskra) :



Multi paramètre  
(pH, TDS, NaCl mètre)



Conductimètre





Turbidimètre portable



Spectrophotomètre UV / visible

### 3. Procédure expérimentale :

#### 3.1. Choix du site de prélèvement :

Pour mettre en évidence la qualité physico-chimique ainsi que les paramètres de pollution des eaux de la région de Biskra. Le choix a été fait de telle sorte à couvrir les différentes nappes exploitées de différentes zones de la région de BISKRA (Biskra, Ouled djelal, Tolga, Sidi okba).

#### 3.2. Échantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté; 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, 2009).

Concernant les analyses physico-chimiques les échantillons sont prélevés dans des flacons en plastique d'un 2 litres. Celles-ci sont rincées abondamment à l'eau ordinaire, et au moment

des prélèvements, elles sont de nouveau rincées trois fois avec de l'eau à analyser pour éviter toute évolution, ces échantillons sont conservés à la température de 4°C.

### 3.3. Transport et conservation au laboratoire :

L'échantillon doit être recueilli dans des flacons hermétiques qui auront été soigneusement rincés sur place avec la solution de la prise, en prenant soin de ne pas laisser des bulles d'air sous le bouchon (RODIER, 1996).

Le transport à la température de 4°C à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante. Les échantillons sont conservés immédiatement dans une glacière portative avec une réserve de froid suffisante pour garder une température inférieure à 4°C, jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

**Tableau 12 :** Conditions de conservation de prélèvement (RODIER, 1996).

Caractéristique à analysé	Volume minimum du prélèvement (mL)	Température de Conservation à (°c)	Effectuer la mesure avant
<b>pH</b>	-	4	24h (obsc)
<b>CE</b>	100	4	48h (obsc)
<b>Chlorure</b>	100	-	15 jours
<b>Sulfate</b>	200	4	07 jours
<b>Nitrate</b>	-	4	48h (obsc)
<b>Nitrite</b>	-	4	48h (obsc)
<b>Calcium</b>	800	4	Plusieurs mois
<b>Magnésium</b>	-	4	Plusieurs mois
<b>Potassium</b>	-	4	Plusieurs mois
<b>Sodium</b>	-	4	Plusieurs mois
<b>Carbonate et bicarbonate</b>	500	4	Quelques jours (obsc)

## 4. Méthodes d'analyses :

### 4.1. Mesure in situ :

Deux paramètres ont été mesurés in situ, la température et la conductivité électrique. La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz ainsi que sur la valeur du pH. La connaissance de ce paramètre permet aussi de donner des indications sur les profondeurs de circulation des eaux souterraines (DE VILLERS *et al*, 2005).

La température de l'eau sera prise au niveau même du prélèvement de l'échantillon. Elle a été mesurée avec un thermomètre précis, gradué au 1/10 de degré.

Pour la détermination de la conductivité, il est utilisé un conductivimètre (WTW LF 315) donnant directement la conductivité de l'échantillon, à la température adoptée (25°C) en ms/cm ou en  $\mu\text{s/cm}$ . Elle est déterminée après rinçage plusieurs fois de l'électrode, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.

### 4.2. Mesure au laboratoire :

Les analyses physico-chimiques des échantillons d'eaux ont été effectuées au sein du laboratoire Moussaoui et laboratoire ADE Biskra. Les procédures de dosage sont déduites des méthodes d'analyse standard (TARDAT-HENRY, 1984 ; REJESK, 2002 ; RODIER, 2005) ou les catalogues des appareillages utilisés.

#### 4.2.1. Le pH :

Nous avons utilisé un pH mètre de laboratoire sur lequel nous avons branché une électrode combinée. La température peut être adaptée à celle de l'échantillon grâce à une gamme de réglage de température comprise entre 10° et 60° C.

#### Principe :

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène  $[\text{H}^+]$  présent dans l'eau ou les solutions. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (K Cl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $\text{H}^+$  L'appareil employé est le

pH-mètre à base d'Electrode de pH combinée et en utilisant des réactifs à pH=9, pH=7 et pH=4 comme solution tampon.

**Mode opératoire :**

Etalonnage de l'appareil :

- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre dans un petit bécher, la solution tampon étant pH = 7.
- Régler l'agitation à faible vitesse.
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 7.
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- Ré étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH = 9 où pH = 4.
- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.



**Figure 15 :** pH-mètre

#### 4.2.2. La dureté :

Ce sont essentiellement les ions  $\text{Ca}^{+2}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  dont les sels sont naturellement très solubles, responsables de la dureté. On dit qu'ils possèdent une grande mobilité dans l'environnement aquatique qualité qu'ils partagent avec les sels de Sodium et de Potassium.

La dissolution du  $\text{Ca}^{2+}$  et de  $\text{Mg}^{2+}$  résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires et dolomitiques. Cette dissolution est accrue par la présence dans l'eau de gaz carbonique  $\text{CO}_2$ , provenant de l'atmosphère et des couches superficielles du sol. (TARDATHENRY, 1984).

La dureté totale a été déterminée par complexométrie, en utilisant l'EDTA magnésien comme réactif et le noir Eriochrome comme indicateur coloré. Ce dosage représente la mesure de la dureté de l'eau (TH) en degré français, avec  $\text{TH} (^\circ\text{F}) = [\text{Ca}^{2+} (\text{m}\acute{\text{e}}\text{q.}^{-1}) + \text{Mg}^{2+} (\text{m}\acute{\text{e}}\text{q.}^{-1})] \times 5$ , et par conséquent :  $\text{Mg}^{2+} = \text{TH} - \text{Ca}^{2+}$  (EDELIN, 1992).

#### 4.2.3. Dosage de calcium et magnésium :

##### 4.2.3.1. Détermination du Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) :

###### Principe :

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

###### Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N.
- Ajouter du Murexide.

Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).

**Mesures et calcul du résultat :**

La concentration totale en calcium, exprimée en °F, est donnée par la formule :

$$TH = V2 \times 2 \times F \times Fc$$

**TH** : dureté exprimée en °F

**V2** : est le volume, en millilitres, d'échantillon dosé

**Fc** : facteur de correction

**F** : facteur de dilution



**Figure 16** : photo de titrage de (Ca<sup>2+</sup>).



**Figure 17** : photo de la coloration finale (violet)

#### 4.2.3.2. Détermination du magnésium ( $Mg^{2+}$ ):

##### Principe :

Le principe est le même que pour la mesure de la dureté calcique, mais l'utilisation d'indicateur de Noir Eriochrome permet de doser simultanément ; et sur un même échantillon, le calcium et le magnésium.

L'indicateur utilisé qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium. Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

##### Mode opératoire :

Ajouter à l'échantillon à analyser 2 ml de solution d'hydroxyde de sodium puis verser la quantité nécessaire de solution d'EDTA pour obtenir le virage au violet. Noter cette quantité (V1).

Ajouter 3.2 ml d'acide chlorhydrique 1N et agiter durant 1 minute jusqu'à la dissolution totale du précipité magnésien. Verser 4 ml de solution tampon et 1 goutte de solution de Noir Eriochrome. Bien mélanger. Introduire la quantité de la solution d'EDTA nécessaire au virage au bleu (V2).

##### Mesures et calcul du résultat :

La concentration totale en magnésium, exprimée en °F, est donnée par la formule :

$$TH = V2 \times 2 \times F \times Fc$$

**TH** : dureté exprimée en °F

**V2** : est le volume, en millilitres, d'échantillon dosé

**Fc** : facteur de correction

**F** : facteur de dilution



**Figure 18 :** photo de titrage de  $(Mg^{2+})$ .



**Figure 19 :** photo de la coloration finale (bleu).

#### 4.2.4. Titre alcalimétrique :

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène ( $H^+$ ) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonates ( $HCO_3$ ), carbonate ( $CO_2-3$ ) et hydroxyde ( $OH$ ). Les normes ISO 9963 définissent plusieurs types d'alcalinité : Alcalinité au virage du rouge de méthyle, elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4,5, pour déterminer les ions  $HCO_3$ ,  $CO_2-3$ ,  $OH^-$  (TAC). Alcalinité au point de virage de la phénolphtaleïne, elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions  $OH$  et à la moitié des ions  $CO_2-3$  (TA) (REJSEK, 2002).

#### Principe :

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de  $pH = 8.3$  et  $4.5$ , le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).



**Mode opératoire :**

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 gouttes méthylorange.
- Titrer avec HCl à 0,01 N jusqu'à coloration orange.

**Mesures et calcul du résultat :**

Le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC), exprimés en mg/l par litre sont donnés respectivement par les expressions :

$$\text{TA} = (\text{V1} \times \text{N} \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates} / \text{V}$$

$$\text{TAC} = (\text{V2} \times \text{N} \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates} / \text{V}$$

$$\text{Masse molaire des bicarbonates} = 61 \text{mg}$$

$$\text{Masse molaire des carbonates} = 60 \text{mg}$$

Si l'eau contient des bicarbonates seulement donc :  $\text{TA} = 0$  et

$$\text{TAC} = (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = \text{V1} \times 61.$$

Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates donc :  $\text{TA} = (\text{CO}_3^{2-}) \text{ mg/l} / 2$  et

$$\text{TAC} = (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} + 2\text{TA}.$$

**V** : est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.

**V1** : est le volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N versé de la burette.

**V2** : est le volume d'acide chlorhydrique en millilitres.

**N** : est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01N.



**Figure 20** : photo de titrage de ( $\text{HCO}_3^-$ )

(En début).



**Figure 21** : photo de titrage de ( $\text{HCO}_3^-$ )

(La coloration devient orange).

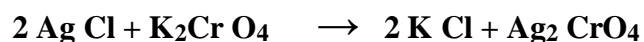
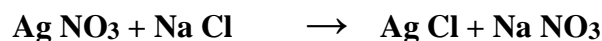
#### 4.2.5. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) :

Les chlorures  $\text{Cl}^-$ , selon la méthode de Mohr, basée sur le titrage d'un volume d'eau avec une solution de nitrates d'argent  $\text{AgNO}_3$  concentrée en présence de l'indicateur Chromates de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ), jusqu'au virage de la coloration du jaune au rouge brique et le début du dépôt d'un précipité rouge. (RODIER, 2009).

##### Principe :

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur.

Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.



### Mode opératoire :

- Prendre 5 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 gouttes de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (coloration jaunâtre).
- Titrer avec  $\text{Ag NO}_3$  à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

### Mesures et calcul du résultat :

La concentration en chlorure  $\text{P}_{\text{Cl}}$  exprimée en milligrammes par litre, est donnée par formule :

$$\text{P}_{\text{Cl}} = \frac{(\text{V}_s - \text{V}_b)}{\text{V}_a} \text{ C f}$$

$\text{P}_{\text{Cl}}$  : est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

$\text{V}_a$  : est le volume, en millilitres de l'échantillon pour essai (maximum 100 ml ; les dilutions doivent être prises en compte).

$\text{V}_b$ : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du blanc.

$\text{V}_s$ : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du l'échantillon.

$\text{C}$ : est la concentration réelle exprimée en moles d' $\text{AgNO}_3$  par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.

$\text{f}$  : est le facteur de conversion  $\text{f}=35453 \text{ mg/mol}$ .

**Dosage :**

Introduire 100 ml de l'échantillon dans une capsule en porcelaine blanche ou dans une fiole ou dans un bêcher conique, placé sur un fond blanc. Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium (b) et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre. Après addition d'une goutte de solution de Chlorure de Sodium cette coloration doit disparaître.



**Figure 22 :** photo de titrage de  $\text{Cl}^-$

(En début).



**Figure 23 :** photo titrage de  $\text{Cl}^-$  à la fin

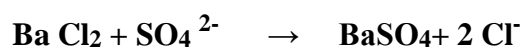
(La coloration devient brun).

**4.2.6. Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :****Dosage des sulfates par turbidimétrie :**

Cette méthode est basé sur la réaction entre l'ion sulfate (de l'échantillon) et le chlorure de baryum (ajouté en poudre) qui conduit à la formation de sulfate de baryum ( $\text{BaSO}_4$ ), maintenu en suspension grâce à un agent stabilisant qui est la glycérine. On effectue sur le trouble une mesure turbidimétrique à la longueur d'onde de 520 nm.

**Principe :**

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum, en présence de Ba Cl<sub>2</sub>

**Réactifs :**

- Eau déminéralisée ayant une conductivité <0.1 mSm<sup>-1</sup>.
- Solution Na Cl, HCl.
- Gomme d'acacia 0.25 %.
- Chlorure de baryum (BaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O) en poudre.
- Solution mère de sulfate de sodium (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 200méq.l<sup>-1</sup>.
- Solution fille de sulfate de sodium (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

**Mode opératoire :**

- Transférer 25ml de l'extrait dilué (à 10 ou à 100) dans une fiole jaugé de 100ml et ajouter 10ml de la solution (Na Cl. HCl), 2ml de gomme d'acacia et 1g de poudre de chlorure de baryum.
- Agiter à la main et ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée. Homogénéiser.
- Préparer un témoin et la solution filles selon le même protocole.
- En prenant le témoin comme référence, ajuster à 0.00 l'absorbance du spectrophotomètre, régler à 600nm.
- Mesurer l'absorbance au spectrophotomètre à 600nm pour la solution filles et les échantillons.
- Lecture des résultats.

**4.2.7. Sodium et Potassium :**

Le sodium est un élément constant dans l'eau, toutefois, les 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, le sel peut provenir de la décomposition des sels minéraux comme les silicates de

sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères. Bien que dans les roches ignées la teneur en potassium soit presque aussi importante que celle du sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l (**RODIER, 2005**).

**Dosage du sodium et potassium ( $\text{Na}^+$ ), ( $\text{K}^+$ ) :****4.2.7.1. Méthode par spectrophotométrie à flamme :****Principe :**

Cette méthode physique d'analyse utilise la propriété qu'ont les atomes neutres d'absorber à une certaine longueur d'onde un quantum.

**Mode opératoire :**

Nébuliser l'eau à analyser dans une flamme air-acétylène oxydant en intercalant de l'eau permutée entre chaque échantillon. Effectuer les lectures à la longueur d'onde de 766.5nm.

- Le sodium est dosé par photométrie d'émission de flamme (PFP7 JENWAY LTD), avec filtres sélectifs Na, K.

On utilise une solution de Na Cl comme solution étalon.

- Le potassium est dosé par émission de flamme (PFP7 JENWAY LTD), dans ce cas la solution étalon est celle de KCl.

**4.2.7.2. Méthode (AUBERT, 1978) :****Dosage du sodium :**

- La solution mère :

- Chlorure de sodium (1000 ppm): dans une fiole jaugée de 1000 ml dissoudre 2.54 g de chlorure de sodium (Na Cl) dans 500 ml d'eau

distillée et ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

- Les solutions filles :

- Dans une fiole jaugée de 100 ml diluer respectivement 1, 2, 4, 6, 8 et 10ml

de la solution mère (NaCl) avec l'eau distillée, ces solution contiennent respectivement 10, 20, 40,60 ,80 et100 ppm.

- Ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.
- Passé les échantillons au spectrophotomètre à flamme.
- Lecture des résultats.

### **Dosage du potassium :**

- La solution mère :

Chlorure de potassium (1000 ppm) : dans une fiole jaugée de 1000 ml dissoudre 1.90 gde chlorure de potassium (KCl) dans 500ml d'eau distillée et ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

- Les solutions filles :

Dans une fiole jaugée de 100 ml diluer respectivement 1, 1.5, 2, 2.5 et 3 ml de la solution mère (KCl) avec l'eau distillée, ces solution contiennent respectivement 5, 10,20, 30 et 50 ppm.

- Ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.
- Passé les échantillons au spectrophotomètre à flamme.
- Lecture des résultats.

### **4.2.8. Dosage de la matière organique :**

#### **Détermination des substances humiques :**

Pour estimer les teneurs en (SH) dans les eaux, nous utilisons la méthode des ajouts dosés. Il faut tracer les deux courbes d'étalonnage des substances humiques ajoutées pour chaque eau, nous déterminerons les valeurs de l'absorbance correspondant aux différentes concentrations des solutions étalons (mg/l), le dosage des SH s'effectue sur un spectrophotomètre de type « Spectrophotomètre Jenway 6405 UV/Vis » à la longueur d'onde  $\lambda = 254 \text{ nm}$ .

**Tableau 13** : Caractéristiques des substances humiques étudiées (ACHOUR, 2001)

Analyse élémentaire %	Fonction carboxyles (meq.g-1)	Fonction hydroxyles (meq.g-1)	Aromaticité unité DO mg-1SH
C=51,5 ; O=29,3 ; H = 4,6 ; N =0,7	3,4	0,8	0,015

#### 4.2.9. Détermination des résidus secs :

##### Principe :

Evaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisie en fonction des quantités de matières fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu.

- **Le résidu sec à 100-105 °C :**

Résulte de l'évaporation simple de l'eau mais aussi de l'évaporation, en totalité ou en partie, de l'eau occluse et de l'eau de cristallisation des sels ; des pertes en dioxyde de carbone peuvent résulter de la transformation des bicarbonates en carbonates. Il peut y avoir, en outre, une perte plus au moins négligeable de matières organiques.

- **Le résidu sec à 175-185 °C :**

Peut encore résulter de la perte d'eau de cristallisation, en particulier si des sulfates sont présents ; la presque totalité de l'eau occluse est éliminée, les bicarbonates sont transformés en carbonates, certains chlorures et certains nitrates sont décomposés où même volatilisés. Les matières organiques, d'origine naturelles sont peu atteintes bien que certaines d'entre elles puissent être volatilisées.

##### Mode opératoire :

- Nettoyer la capsule à l'acide chlorhydrique (HCl) ou à l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) dilués au dixième environ et tièdes, puis à l'eau distillée. La sécher par passage à l'étuve, puis la calciner dans le four réglé à 525 °C. Laisser refroidir presque jusqu'à la température ambiante puis placer dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et peser. Soit M<sub>0</sub> la masse de la capsule vide.



- Faire évaporer progressivement au bain d'eau bouillante la prise d'essai introduite, éventuellement en plusieurs fractions successives, dans la capsule : il est recommandé de ne remplir celle-ci que jusqu'à mi-hauteur, vers la fin de l'opération, rincer à l'eau distillée la fiole jaugée qui a servi à mesurer la prise d'essai et verser les eaux de lavage dans la capsule. Une fois l'eau évaporée, placer la capsule dans l'étuve, réglée à 100-105°C et l'y laisser pendant 1 heure.
- **Si l'essai a pour objet la détermination du résidu sec à 100-105 °C** laisser refroidir la capsule et son contenu presque jusqu'à la température ambiante, pour la placer ensuite dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et peser. Recommencer le cycle chauffage à 100-105°C – refroidissement- pesée jusqu'à ce que deux pesées consécutives ne diffèrent pas de plus de 0.5 mg. Soit  $M_1$  la masse trouvée.
- **Si l'essai a pour objet la détermination du résidu sec à 175-180°C** poursuivre la dessiccation en plaçant la capsule pendant deux heures dans l'étuve à 175-180°C puis la laisser refroidir presque jusqu'à la température ambiante pour la placer ensuite dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et peser. Recommencer le cycle chauffage à 175-180°C- refroidissement- pesée jusqu'à ce que deux pesées consécutives ne diffèrent pas de plus de 0.5 mg. Soit  $M_2$  la masse trouvée.

#### Mesures et calcul du résultat :

##### Soient :

$V$  : Le volume, en millilitres, de la prise d'essai.

$M_0$  : La masse, en milligramme de la capsule vide.

$M_1$  : La masse, en milligrammes, de la capsule et de son contenu après étuvage à 100- 105°C.

$M_2$  : La masse en milligramme, de la capsule et de son contenu après étuvage à 175- 185°C.

Le résidu sec à 100-105°C, exprimé en milligrammes par litre, est donné par l'expression :

$$(M_1 - M_0) * 1000 / V$$

Le résidu sec à 175-185°C, exprimé en milligramme par litre, est donné par l'expression :

$$(M_2 - M_0) * 1000 / V$$

**Introduction :**

Le chimisme des eaux souterraines dépend principalement de la composition lithologique des couches traversées et du temps de séjour des eaux dans le sol. Cette interaction influe sur la teneur des éléments dissous ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , ...). Les concentrations en ces éléments sont conditionnées par divers facteurs tels que les paramètres climatiques, l'activité anthropique, les échanges entre l'aquifère et les eaux de surface (GOUAIDIA, 2008).

La qualité d'une eau souterraine est caractérisée par un certain nombre de paramètres physiques et chimiques, déterminant à leur tour des caractères organoleptiques seuls immédiatement perceptibles pour l'utilisateur. La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc.).

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des analyses physico-chimiques d'échantillons d'eau que nous avons prélevés au niveau de la région de Biskra.

**1. Résultats et interprétation :**

Les analyses ont pour but d'évaluer la qualité de l'eau dans différentes communes dans la région de Biskra.

**1.1. Les résultats des analyses organoleptiques :**

- **Couleur** : est toujours limpide, ceci indique l'absence des ions métallique fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) et fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ; qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'eau, voire aussi les divers colloïdes.
- **Odeur** : toujours était inodore, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition et de protozoaires.

## 1.2. Les résultats des analyses physico-chimiques :

**Tableau 14** : Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau des différentes communes de la région de Biskra (ADE BISKRA, 2022).

Point d'eau de production (point de prélèvement)	Paramètres Physico-chimiques																			
	TC°	pH	COND µs/cm	TDS mg/l	TH F°	Ca <sup>++</sup> mg/l	Mg <sup>++</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	TAC (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	R <sub>s</sub> SEC (mg/l)	Tr NTU	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)
Forage Oueld djallal	55,0	7,3	3510	1755	135	280	158	0	0	167	203,7	616	125	16	0	0	2120	4,37	308	20
Forage Tolga	20,00	7,6	1871	935,5	86	420	87	0	0	109	133	160	85	10	0	0	1300	0,45	300	14
Forage Biskra	22,0	7,95	6300	3150	150	401	124	0	0	220	268,4	1170	198	44	0	0	4280	0,64	620	35
Forage Sidi okba	24,0	7,4	2711	1356	88	164	70,70	0	0	160	195,2	360	120	18	0	0	2000	0,66	177	13
<b>Normes</b>	25	6,5-8,5	2800	/	500	200	150	0,1	0,5	/	250	500	250	50	0,3	0,5	2000	5	200	12

## 2. Étude de la variation des paramètres physico-chimiques mesurés :

### 2.1. La température :

Les températures obtenues varient entre 20 et 55°C. Les eaux analysées de Biskra, Sidi okba et Tolga sont Conformes aux normes nationales (JORA, 2011). Mais la température à Oueld djallal est supérieure à la valeur acceptable dans les normes nationales parce que l'eau de ses forages appartient à la nappe du Continental Intercalaire, d'une profondeur comprise 1600 et 2500 m, et un débit moyen de 80 l/s. Ces valeurs varient en fonction de l'heure du prélèvement, des saisons et de la profondeur de la source. La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air.

Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant, une température élevée (supérieure à 20 °C) favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs. Par contre, une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux. (RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009).

## 2.2. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH obtenu est comprise entre 7.3 et 7.9 . Ces valeurs sont conformes aux normes nationales (JORA, 2011), Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité ; à pH 7 une eau est dite neutre, à un pH inférieur à 7 une eau dite acide et à un pH supérieur à 7, elle est dite basique. Les eaux analysées ont un pH voisin de la neutralité avec un caractère plus alcalin.

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6. C'est d'ailleurs à l'intérieur de ces deux valeurs que se situe généralement le pH des eaux distribuées aux collectivités, Un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution. De plus, au-dessus de pH 8, il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination microbienne par le chlore. Par ailleurs, la chloration diminue le pH (RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009).

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS ne fixe pas de valeur mais précise qu'un faible pH peut poser des problèmes de corrosion et un pH élevé entraîner des problèmes de goût et de consommation accrue de savon ; elle recommande un pH inférieur à 8 pour une bonne désinfection par le chlore. Généralement, le pH n'a pas d'effet direct sur la santé humaine, mais les valeurs de pH extrême provoquent la corrosion des canaux de distribution (OMS, 2004).

## 2.3. La conductivité électrique :

Les valeurs de la conductivité observées, pour tous les échantillons variaient entre (1871et 6300)  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , La conductivité obtenue dans (Tolga, Sidi okba) sont conformes aux normes nationales (JORA, 2011), mais à (Biskra, Oueld djalel) sont non conformes aux normes nationales Parce que c'est plus que la valeur acceptable 2800  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Donc les eaux sont très minéralisées. Ces fortes conductivités peuvent être dues soit à la nature des terrains Traversés, soit à la présence d'éléments minéraux indésirables dans nos eaux de consommation, soit à la

durée de vie des réservoirs de stockage. Il faut noter que la conductivité correspond au degré de minéralisation de l'eau (**GUERGAZI et ACHOUR, 2004**).

Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (**MENS et DEROUANE, 2000**).

Généralement la conductivité n'a pas d'effet direct sur la santé humaine, mais ces valeurs élevées donnent un goût désagréable à l'eau.

#### **2.4. Titre hydrométrique (TH) :**

Le titre hydrométrique = la dureté totale

D'après les normes de potabilité des eaux établies par (**JORA, 2011**) l'ensemble des valeurs de la dureté totale sont conformes. L'ensemble des valeurs de la dureté totale sont élevées et dépassent 50°F. Ce qui montre que les eaux sont très dures.

La dureté totale traduit la somme des teneurs en calcium et magnésium et permet une évaluation de la qualité des eaux exprimée en degré français (°F).

Il n'est pas facile de définir un niveau entre ce qui constitue une eau dure et une eau douce. Cependant, on peut considérer qu'une eau ayant une teneur inférieure à 75 mg/L de CaCO<sub>3</sub> (c'est-à-dire 7,5 ° de TH calcique) ou à 30 mg/L de Ca est une eau douce et qu'au-dessus, il s'agit d'une eau dure. Les eaux provenant de terrains calcaires et surtout de terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1 g/L de CaCO<sub>3</sub>. Par contre, les eaux en provenance de terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux auront des duretés très faibles (**RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N et al, 2009**).

L'OMS ne recommande pas de valeur mais indique qu'une dureté élevée peut provoquer la formation de dépôts tandis qu'une faible dureté peut engendrer des problèmes de corrosion.

#### **2.5. Le calcium (Ca<sup>2+</sup>) :**

Les concentrations en ions calcium (Ca<sup>2+</sup>) dans les échantillons variaient entre (164 et 420) mg/L. Ils sont non conformes aux normes nationales (**JORA, 2011**), sauf l'eau de la commune Sidi Okba. Les fortes concentrations peuvent provenir de la nature des terrains traversés.

Cette forte concentration en calcium n'a pas de risque majeur sur la santé humaine.

Selon (BAZIZ N, (2008) ; MEROUANI M *et* BOUGUEDAH A B, 2013),  $\text{Ca}^{+2}$  est un élément dominant dans les eaux potables. Composant majeur de la dureté de l'eau. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures...etc.

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  $\text{CaCO}_3$ . En dehors de certaines manifestations gustatives, les eaux qui dépassent 200 mg/L de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières. À titre indicatif, les anciennes directives du Conseil des communautés européennes indiquaient comme teneur du calcium dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 100 mg/L. (RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009).

## 2.6. Le Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) :

Les concentrations en ions Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) dans les échantillons variaient entre (70 et 158) mg/L. Ils sont conformes aux normes Algérienne d'eau potable (JORA, 2011), sauf l'eau de la commune Oueld Djeljel dépasse la valeur acceptable 150 mg/L.

La concentration élevée de magnésium rend l'eau de mauvaise qualité organoleptique. Les valeurs les plus faibles sont relevées dans la plupart des eaux des massifs anciens.

L'interprétation du taux de magnésium dans l'eau doit se faire en liaison avec les sulfates. Élément essentiel de la nutrition chez l'homme et l'animal, le magnésium est aussi un composant de tous les types de chlorophylle. Il joue le rôle de stabilisateur de la membrane cellulaire en protégeant la cellule contre une rétention de sodium.

À titre indicatif, les anciennes directives du Conseil des communautés européennes indiquaient comme teneur du magnésium dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 30 mg/L et une concentration maximale admissible de 50 mg/L. (RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009).

### 2.7. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :

Les résultats d'analyse effectuée montrent que la teneur en Nitrites est inexistante, nul (= 0), et la norme Algérienne d'eau potable très faible 0.1 mg/L, Donc les eaux sont conformes.

Il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux Preuve de l'absence de pollution. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique. Cependant, pour l'interprétation définitive des résultats, il sera nécessaire de tenir compte des teneurs en nitrates, en azote ammoniacal, en matières organiques et de l'examen bactériologique (**RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009**).

Selon (**BENGOUMI M, 2004**) *et* (**CHAIBI R, 2014**), les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans les eaux.

Le nitrite étant toxique pour l'organisme l'être humain la présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (**COULIBALY K, 2005**).

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'**POMS** recommande une valeur guide provisoire de 3 mg/L ( $\text{NO}_2^-$ ) 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 1mg/L.

### 2.8. Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) :

Les résultats d'analyse effectuée montrent que la teneur en Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) est inexistante, nul (= 0), et la norme Algérienne d'eau potable très faible 0.5 mg/L, Donc les eaux sont conformes.

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Immédiatement en aval des foyers de pollution, on trouve souvent des teneurs de l'ordre de 0,5 à 1 mg/L. Les eaux usées après traitement contiennent habituellement de l'ammoniaque dont la teneur varie suivant le procédé adopté et qui contribue à la consommation de l'oxygène dissous dans l'eau.

L'oxydation biologique de l'ammoniaque peut développer des zones anaérobies dans certaines parties des réseaux de distribution et entraîner ainsi des goûts désagréables et provoquer la corrosion des conduites. L'élimination de l'ammoniaque pour la production d'eau potable peut se faire par les échangeurs d'ions, l'oxydation et la nitrification biologique (**RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009**).

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (goût, odeur), l'OMS recommande comme valeur limite pour l'ammonium 1,5 mg/L.

### 2.9. Alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ) :

L'alcalinité obtenue est comprise entre (133 et 268.4) mg/L. Les eaux analysées de Sidi okba, Tolga et Oueld djalal sont conformes aux normes nationales (**JORA, 2011**). Mais à Biskra est supérieure à la valeur acceptable dans la norme Algérienne d'eau potable (250 mg/L).

L'alcalinité varie de 100 à 250 mg/L dans les régions calcaires (Jura, Normandie...). Une alcalinité comprise entre 25 et 50 mg/L se rencontre dans la plupart des cours d'eau en région à substrat acide (Massif central, Bretagne...)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), de carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), d'ions hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ) et d'une façon plus limitée, aux ions silicates ( $\text{HSiO}_3^{2-}$ ), phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ou encore aux espèces moléculaires des acides faibles.

Dans les eaux naturelles, l'alcalinité, exprimée en ( $\text{HCO}_3^-$ ), varie de 10 à 350 mg/L. La concentration en ( $\text{OH}^-$ ) dans les eaux de distribution est faible, Pour les eaux adoucies ou déminéralisées livrées à la consommation humaine, il est conseillé que l'alcalinité ne doit pas être inférieure à 2,5 degrés français (**RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009**).

### 2.10. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) :

Les valeurs de le chlorure observées, pour tous les échantillons variaient entre (160 et 1170) mg/L. Le chlorure obtenue dans (Tolga, Sidi okba) sont conformes aux normes nationales (**JORA, 2011**), mais à (Biskra, Oueld djalel) sont non conformes aux normes nationales Parce que c'est plus que la valeur acceptable 500 mg/L.



Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Mais dans certaines régions, la traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles de 1 000 mg/L (Biskra par exemple).

Les teneurs en chlorures des eaux naturelles sont susceptibles de subir des variations provoquées : dans les zones arides par un lessivage superficiel en cas de fortes pluies ; dans les zones urbaines et industrielles par des pollutions liées à des eaux usées.

Le salage des aliments constitue la principale source d'apport des chlorures chez l'homme. L'OMS recommande pour la teneur en chlorures dans l'eau destinée à la consommation humaine une valeur guide de 250 mg/L pour des considérations gustatives et des risques de corrosion. (RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009).

Les chlorures provenant essentiellement de la dissolution des sels naturels provoqués par lessivage des formations salifères, ainsi que l'évaporation intense, dans des régions où le niveau piézométrique est proche de la surface du sol. La présence des chlorures dans les eaux souterraines peut avoir une origine essentiellement agricole (engrais, pesticides etc.), industrielle et urbaine (eaux usées) (ACHOUR *et al*, 2002).

### 2.11. Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) :

D'après les normes de potabilité des eaux établies par (JORA, 2011) l'ensemble des valeurs du les sulfates sont conformes. C'est-à-dire que l'eau n'est pas proche des zones de gypse (RODIER, 1996). Parce que dans les zones contenant du gypse, le chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/L).

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (goût, corrosion), l'OMS recommande comme valeur limite 250 mg/L. L'organisme est susceptible cependant de supporter des doses plus élevées, sans inconvénient majeur autre qu'une action laxative temporaire.

Selon (RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009) en agriculture, des concentrations élevées (plusieurs centaines de milligrammes par litre) peuvent poser des problèmes, pour l'irrigation et l'abreuvement.

Une teneur supérieure à 480 mg/L rend l'eau impropre à l'agriculture.

### 2.12. Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :

Les résultats d'analyse effectuée montrent que la teneur en Nitrate est comprise entre (10 et 44) mg/L, et la norme Algérienne d'eau potable est 50 mg/L, Donc les eaux sont conformes. Le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux. Dans les eaux naturelles non polluées il peut varier de 1 à 15 mg/L et une concentration de 2 ou 3 mg/L peut être considérée comme normale.

Il a été observé une élévation lente mais inexorable et sans amorce de stabilisation de la teneur en nitrates des eaux souterraines et superficielles de certaines régions ; celle-ci est souvent liée au développement des élevages, à une fertilisation excessive des zones agricoles par les engrais, les fientes et fumiers divers, voire les boues de stations d'épuration.

L'OMS recommande pour les eaux destinées à la consommation humaine une valeur limite de 50 mg/L (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et précise qu'il doit être tenu compte aussi de la concentration en nitrites de telle façon que la somme des rapports des concentrations (en nitrates et nitrites) par rapport à leurs valeurs guides respectives doit être inférieure à 1. Selon le rapport de la **FAO/OMS, (1974)**, la dose journalière admissible pour un homme de 70 kg serait de 350 mg de nitrate de sodium, et de 14 mg de nitrite de sodium. L'absorption des nitrates dans l'organisme se fait en particulier dans l'intestin grêle, et l'élimination est principalement rénale (**RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N et al, 2009**).

### 2.13. Fer (Fe<sup>2+</sup>), Phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) :

Les résultats d'analyse effectuée montrent que la teneur en (Fe<sup>2+</sup>) et (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) sont inexistantes, nul (= 0), et la norme Algérienne d'eau potable successivement très faible 0.3 mg/L et 0.5 mg/L Donc les eaux sont conformes.

### 2.14. Les Résidus secs :

Les valeurs du les résidus secs, pour tous les échantillons variaient entre (1300 et 4280) mg/L. les résidus secs obtenues dans (Tolga, Sidi okba) sont conformes aux normes nationales

(JORA, 2011), mais à (Biskra, Oueld djalel) sont non conformes aux normes nationales Parce que c'est plus que la valeur acceptable 2000 mg/L.

Selon (MEBARKI *et al*, 2014), si une eau possède un taux élevé en résidus secs, ceci signifie que ces eaux sont fortement minéralisées. Donc, ce sont des eaux de qualité organoleptique inacceptable.

### 2.15. Turbidité :

D'après les normes de potabilité des eaux établies par (JORA, 2011) l'ensemble des valeurs de turbidité sont conformes. La turbidité est liée à la présence de particules organiques diverses, d'argile, de colloïdes, de plancton, etc. ; Elle peut être favorisée par la pluviométrie

La mesure de la turbidité, très utile pour le contrôle d'un traitement, ne donne pas d'indications sur la nature, la concentration, la taille des particules en suspension qui doivent faire l'objet de mesures spécifiques. Les normes concernant la turbidité de l'eau potable sont assez différentes et variables. L'OMS recommande comme valeur limite 5 unités NTU et précise que dans le cas où l'on pratique la désinfection, il conviendrait que la turbidité soit inférieure à 1 NTU. (RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009).

### 2.16. Sodium (Na<sup>+</sup>) :

Les concentrations en ions Sodium (Na<sup>+</sup>) dans les échantillons variaient entre (177 et 620) mg/L. Ils Sont non conformes aux normes Algérienne d'eau potable (JORA, 2011), sauf l'eau de la commune Sidi Okba, la valeur est acceptable.

D'après (MAKHLOUFI *et al*, 2011) cette forte concentration peut être traduite par l'utilisation des traitements chimiques par l'hypochlorite de sodium. Ce qui agit sur la qualité organoleptique de l'eau et peut déclencher des effets néfastes sur la santé publique telle que l'hypertension artérielle. L'absorption de quantités relativement importantes de sodium peut être dangereuse chez certains malades. C'est le cas des sujets qui souffrent d'accidents vasculaires cérébraux, de thrombose coronaire, d'hypertension...etc.

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.

**2.17. Potassium (K<sup>+</sup>) :**

Les concentrations en ions Potassium (K<sup>+</sup>) dans les échantillons variaient entre (13 et 35) mg/L. Ils Sont non conformes aux normes Algérienne d'eau potable (**JORA, 2011**).

Bien que dans les roches ignées la teneur en potassium soit presque aussi importante que celle du sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/L.

À titre indicatif, les anciennes directives du Conseil des communautés européennes indiquaient comme teneur du 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. (**RODIER J ; LEGUBE B ; MERLET N *et al*, 2009**).

On peut dire que tous les cas étudiés ont un effet indésirable sur la santé publique. Les fortes concentrations en Potassium peuvent provoquer des effets dangereux comme l'hypertension artérielle.

## Conclusion générale

---

L'étude que nous avons entreprise nous a permis d'apporter notre contribution à la connaissance de la qualité physico-chimique des eaux potables de la région de Biskra.

Le développement hydro-agricole et l'accroissement de la population dans la wilaya ont engendré une demande importante en eau. Ce qui reflète la forte consommation en eau pour l'irrigation. A cet effet, la demande en eau dans la wilaya de Biskra est en augmentation pour les secteurs (irrigation et industries).

Par ailleurs, la connaissance de la qualité des eaux est un paramètre important surtout lors de la prise de décision concernant l'implantation et la destination d'un forage. Pour la région considérée, l'étude de la qualité des eaux utilisées est d'autant plus cruciale dans le contexte d'un climat aride avec de faibles précipitations et une demande en eau avec des besoins toujours en augmentation.

La composition minérale des eaux dépend généralement des terrains traversés, principalement des différentes couches géologiques ainsi que la charge physico-chimique et biologique des eaux d'infiltrations. Notre étude expérimentale a pu donner une image plus précise de la qualité physico-chimique des eaux de la région de Biskra grâce à plusieurs campagnes d'échantillonnage.

La classification des eaux se fait tout simplement en comparant les teneurs en pourcentage des cations entre eux et des anions entre eux, en tenant compte les normes définies par la réglementation nationale (JORA) ou internationale (OMS). La Concentration de certaines substances qui peuvent rendre ces eaux suspectes ou impropres à la Consommation. Dans notre étude, la teneur en sodium ( $\text{Na}^+$ ) est la plus élevée parmi les cations considérés et pour les anions c'est la teneur en chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) qui est la plus élevée, ces résultats montre que les eaux des quatres communes de la wilaya de Biskra sont dures et salées.

Le potentiel d'hydrogène (pH) : est de 7,3 à 7,9 conforme aux normes Algériennes qui fixent des valeurs de pH entre 6.5 et 8.5.

La température est presque constante et proches (20-24)°C, sauf à ouled djalel est supérieur à la norme Algérienne.

Concentration des ions magnésium varie entre 70 à 158 mg/L, inférieure à la valeur sont conformes aux Normes de l'OMS 200 mg/L au maximum.

## Conclusion générale

---

Concentration des ions potassium entre 13 et 35 mg/L, supérieur à la valeur aux normes Algérienne 12mg/L au maximum, Donc sont non conformes.

L'ion du sulfate 85 et 198 mg// Sont conformes aux (JORA), Donc cette eau garde un aspect très dure (dépasse 50 F°) et possède une forte minéralisation.

La matière organique est présente mais n'atteint pas des valeurs excessives et peut avoir aussi bien des origines anthropique que naturelle, notamment de nature humique.

Pour les paramètres organoleptiques sont acceptables mais avec un gout salé.

À la fin la région de Biskra fait partie du grand bassin du Sahara Septentrional et la qualité des eaux des nappes dans cette région présente une qualité moyenne à mauvaise avec une minéralisation excessive. Cela rend la qualité de l'eau distribuée, impropre à la consommation humaine.

## Conclusion générale

---

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**ACHOUR, 2001.** Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de composés organiques et minéraux des eaux naturelles, Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Hydrauliques, Université de Tizi-Ouzou, 231 p.

**ANAT, 2003.** Schéma directeur des ressources en eau de la Wilaya de Biskra, Dossier 2, Agence nationale de l'aménagement du territoire, Algérie.

**A.N.A.T, 2006.** (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire) Monographie de wilaya de Biskra. 2006, Algérie. 256p.

**ANDI, 2013.** Agence Nationale de Développement de l'Investissement.

**A.N.I.R.F.** Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière (rubrique monographie Wilaya (wilaya de Biskra).

**ANRH, 1996.** Etude des grandes unités hydrogéologiques du Sahara Septentrional.

**ANRH, 2008.** Inventaire des points d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Biskra (2008), rapport.

**AUBERT, 1978.** Méthodes d'analyse des sols. Éditions C.R.D.P., Marseille, France, 360 p.

**AZIZ, 2014.** Application de quelques traitements statistiques aux données hydro-chimiques de la nappe alluviale du fosse de Sebdou (Nord-Ouest de l'Algérie). Mémoire de Master, en Sciences de la Terre et de l'Univers, option Géo-Ressources. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, Algérie.

**BAALI *et al*, 2007.** Qualité des eaux souterraines et risque de pollution en milieu semi-aride.cas de la cuvette de Chéria (NE Algérien). Estudios Geologicos, 63 (2). Julio-Diciembre 2007, 127- 133.ISNN.0367-0449.

**BARKAT, 2016.** Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun.

Mémoire. Magister : Département. Biologie. Université. Constantine ,15 \_16p.

**BAZIZ N, 2008.** Étude sur la qualité de l'eau potable et risque potentiels sur la santé cas de la ville de Batna. Mémoire magister. Université colonel ELHADJ LAKHDAR BATNA.154P.



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**BENCHEIKH et GOUDJILE, 2011.** La pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla, Sud-Est Algérien, diplôme de Master, université de Kasdi Merbah Ouargla, p13 p14 p15 p23 p24 p26 p27 p28.

**BENGOUMI M, 2004.** Qualité de l'eau en aviculture .Revue trimestrielle d'information scientifique et technique – Volume 3 – N°1. Maroc. 25 P.

**BENISTON M, 2009.** Changements climatiques et impact, Lausanne : presses universitaires romandes, p 41.

**BIRECH et MESSAOUDI, 2006.** La contamination des eaux par les métaux cas de chott Ain Baida de la région de Ouargla, mémoire d'ingénieur, université de Ouargla.

**BOEGLIN, 2000.** Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Ed. Techniques de l'ingénieur, 24 p.

**BOUAMMAR, 2010.** Le développement agricole dans les régions Sahariennes, Etude de cas de la région d'Ouargla et de la région de Biskra (2006-2008). Thèse de Doctorat en Sciences économiques, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.

**BOUAROUDJ, 2011.** Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation. MÉMOIRE Magistère, université Constantine, 3p.

**BOUCENNA F, 2009.** Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité a la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale de l'Oued Djendjen (Jijel, Nord –Est Algérien). Mémoire de Magister en hydrogéologie environnemental et modélisation. Université d'Annaba, Algérie 133P.

**BOUGUETIT et BENHAMIDA, 2015.** Etude de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla (Cas de la nappe du Continental Intercalaire), Mémoire d'obtention de Master Académique en Sciences et Technique, Université KASDI MERBAH OUARGLA. P 50.

**BOUTOUGA F, 2012.** Ressources et essai de gestion des eaux dans le Zeb Est de Biskra. Thèse de Magister, en Ingénierie des ressources en eau. Université Badji Mokhtar-Annaba, Algérie.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**CDTN, 1991.** Etude hydro-chimique et isotopique des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla. Centre de développement des techniques nucléaires.

1er Rapport : 1ère campagne novembre 1991. 2ème Rapport : 2ème campagne 1992.

**CHAIBI R, 2014.** Connaissance de l'ichtyofaune des eaux continentales de la région des aures et du sahara septentrional avec sa mise en valeur. Thèse doctorat en biologie Université Mohamed Khider –Biskra. P237.

**CHEBBAH M, 2007.** Lithostratigraphie, Sédimentologie et Modèles de Bassin des dépôts néogène de la région de Biskra, de part et d'autre de l'accident Sud Atlasique (Ziban, Algérie). Thèse de doctorat d'état en Géologie, de l'Université Mentouri, 417 p.

**CORNET, 1964.** Introduction à l'hydrogéologie Saharienne. SNED, Alger Algérie, 572p.

**COULIBALY K, 2005.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de BAMAKO. Thèse doctorat. Faculté de Médecine de Pharmacie et D'odonto- Stomatologie. P69.

**DEBBAKH A, 2012.** Qualité et dynamique des eaux des systèmes Lacustres en amont de l'Oued Righ. Mémoire magister. Université de KASDI MERBAH. Spécialité: hydraulique. P176.

**DEFRANCE M, 1996.** L'eau dans tous ses états, édition ellipses, paris, p 632. Drinking Water and Cancer: Incidence in Trnava District, Slovakia. Environ. Res. Section A, 88, pp. 182- 187.

**DEVAUX I, 1999.** Intérêts et limites de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise. Thèse « Sciences de la Vie et de la Santé », Univ. Joseph Fourier, Grenoble, 257p.

**DE VILLERS *et al*, 2005.** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

**D.P.A.T, 2014.** Monographie de la wilaya de Biskra. Ed. Wilaya de Biskra. 280 P.

**DUSSART, 1992.** Limnologie, L'étude des eaux continentales, 2ème édition, Boubée, p736.

**EDELINE M, 1992.** Epuration physico-chimique des eaux, 2ème édition, Ed.CEBEDOC.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**ERESS, 1972.** Etude des Ressources en Eau de Sahara Septentrional. UNESCO, Paris. (7 Vols. and Annexes).

**FRIOUA S, 2014.** Localisation et caractéristiques des zones sources de pollution des ressources en eau de la ville de Biskra à l'aide de S.I.G. Mémoire de Master en Sciences de l'Eau et de l'Environnement. Université Mohamed Khider Biskra, Algérie, 79P.

**GAUJOUS D, 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris. 220p.

**GHIBECHE I, 2011.** Contribution à la régionalisation stochastique des paramètres physico- chimiques des eaux souterraines dans le cadre d'un SIG .thèse . Doctoral : Département Hydrolique. Université .El Harrach-Alger, pp 15\_ 40.

**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 Annaba, 130p).

**GOUSKOV, 1964.** Notice explicative de la carte géologique au 1/200 000. Biskra. Serv. Géol. De l'Algérie. Alger., 1964.13 p.

**GRAINI L, 2011.** Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique Mémoire magister. Université FERHAT ABBAS-SETIF. P106.

**GUERGAZI S., ACHOUR S. 2004.** Qualité des eaux de consommation de la ville de Biskra conséquences sur la santé publique. Colloque international « Terre et eau », Annaba. pp.125.

**GURIAUD J, 1998 .**Microbiologie alimentaire .Ed. Dunod, Paris, 45p.

**JORA, 2011.** Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif a la qualité de l'eau de consommation humaine, JO N°18.

**KASSIM C, 2005.** Etude de la qualité Physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako .Thèse doctorat. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie BAMAKO. P69.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- KOLLER E, 2004.** Traitement des pollutions industrielles, Dunod, Paris, p 4-6-7.
- LARBES, 2005.** Etude sur modèle mathématique du système aquifère de la région de Biskra. (ANRH).Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara CIRESS, 12-13 Déc.2005, Ouargla, Algérie.
- LAZHAR G, 2011.** Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique. Mémoire de magister. Université FERHAT ABBAS-SETIF. P106.
- LEGUBE, 2015.** Production d'eau potable: Filières et procédés de traitement. Ed, Dunod, Paris, 366\_389p.
- MAKHLOUFI *et al*, 2011.** Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau potable dans la ville de Béchar, Sud ouest Algérie.
- 1<sup>er</sup> séminaire international sur la ressource en eau au Sahara : évaluation, économie et protection. Ouargla, Algérie. p 356.
- MANUEL DE BERGEY, 1984.** Systématique bactériologie ; 9th edition.P533.
- MAYNARD *et* HOCHMUTH, 1997.** Knott's Handbook for vegetables growers. 582p. ([http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr\\_htm](http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr_htm)), 4p.
- MBEUKAM K. E, 2013.** Evaluation de la qualité bactériologique et physico – chimique des eaux du lac municipal d'akonolinga. Département des sciences biologiques. (D.I.P.E.S. II). Université de YAOUNDE I. P60.
- MEBARKI A, 1982).** Le bassin du kebir, ressources en eaux et aménagement en Algérie, thèse doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, université de Nancy II, p303.
- MEGUENNI-TANI, 2013.** Contribution a l'étude hydrogéologique de la nappe du MoiPlio-Quaternaire de la région Sud de la ville de Biskra, Algérie. Mémoire Master Académique, en Géo-ressources, Université Abou Bekr BelKaid-Tlemcen, Algérie.
- MELGHIT M, 2012.** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments eau / sédiments de l'oued rhumel, et des barrages HAMMAM GROUZ ET BENI HAROUN. Mémoire magister. Université MENTOURI CONSTANTINE. P175.
- MENS *et* DEROUANE, 2000.** État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- MERABET S, 2011.** Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (chott Merouane et Ain el BEIDA), environnement et signes de dégradation. Mémoire magister. Université KASDI MERBAH. OUARGLA. P171.
- MEROUANI M. et BOUGUEDAH A, 2013.** Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'OUARGLA. Mémoire master. Université KASDI MARBAH OUARGLA. P59.
- METAHRI, 2012.** Elimination simultanée de pollution azotée et phosphatée des eaux traitées, par des procédés mixtes .Cas de la steppe est de la ville de TIZI-OUZOU. Université MOULOU MAMMARI DE TIZI-OUZOU. Thèse doctorat. P172.
- MEYBECK, 1989.** La qualité des cours d'eau: de l'état vierge au niveau mondial pollution. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.(Global Section Planète Change).P309.
- MONTIEL A, 1999.** Contrôle de la pollution de l'eau. Ed. Techniques de l'ingénieur, 12 p.
- OMS, 2000.** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, 1050 p.
- OMS, 2004.** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol. 1. Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p.
- OUBAGHA N, 2011.** Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique. Mémoire magister. Université MOULOU MAMMARI.TIZI OUZOU. P151.
- PNUE/OMS, 1977.** Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague. P168.
- REJSEK, 2002.** Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques. EdCRDP, Aquitaine .France. 358 p.
- RODIER et al, 1996.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. Dunod, 8 ème Edition, Paris.
- RODIER J, 2005.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**RODIER *et al*, 2009.** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9eme édition: Dunod, PARIS. Livre. P1579.

**SARI H, 2014.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen), Mémoire de Master, en Sciences des aliments. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie.92p.

**SASS, 2003.** Système aquifère du Sahara Septentrional, une Conscience de bassin, 2ème édition. Hydrogéologie, volume II, Juin 2003.

**TARDATHENRY, 1984.** Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile, INC, Québec.

Les sites web :

**<http://www.Eden-Algérie.com>**

**<http://WWW.ENERGIESDEMAIN.COM>**

## ملخص :

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تشخيص جودة مياه الشرب في منطقة بسكرة. تهتم الدراسة بشكل خاص على تقييم المياه الموجهة للاستهلاك بسبب تأثير جودتها على الصحة العامة.

يتعلق تحليل الجودة الفيزيائية والكيميائية بالعينات المأخوذة من مختلف بلديات الولاية المستخدمة لإمداد مياه الشرب.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن جودة المياه متوسطة إلى ضعيفة ، وهذا يتعلق بشكل خاص بدرجة الحموضة والناقلية (التمعدن) والصلابة الكلية والتركيز العالي للعناصر الرئيسية وكذلك التلوث الناتج عن الاستخدام المكثف للأسمدة والمبيدات.

ولهذا فإن التقييم المستمر لنوعية المياه بات أمرا حتميا ومعالجة هذه المياه للحد من تدهور نوعيتها والقضاء على المشاكل الصحية يبدو أمرا ضروريا.

**الكلمات المفتاحية :** مياه الشرب, تشخيص, الجودة الفيزيائية و الكيميائية, الصحة العامة.

## Résumé :

L'objectif principal de ce travail est un diagnostic de la qualité des eaux potables de la région de Biskra.

L'étude s'intéresse plus particulièrement à l'évaluation des eaux destinées à la consommation du fait de l'incidence de leur qualité sur la santé publique.

L'analyse de la qualité physico-chimique a concerné des échantillons prélevés à partir de différente commune de la wilaya utilisés pour l'alimentation en eau potable.

Les résultats obtenus ont montré que la qualité de l'eau est de moyenne à mauvaise, Ceci concerne plus particulièrement le pH, la conductivité (minéralisation), la dureté totale, concentration élevée des éléments majeurs ainsi que la Pollution résultant de l'utilisation intensive d'engrais et de pesticides.

A cet effet, l'évaluation continue de la qualité des eaux est impérative et un traitement pour réduire la détérioration de la qualité des eaux et éliminer les problèmes de santé peut s'avérer nécessaire.

**Mots clés :** Eaux potables, diagnostic, qualité physico-chimique, santé publique.

**Abstract :**

The main objective of this work is a diagnosis of the quality of drinking water in the Biskra region. The study focuses more particularly on the evaluation of water intended for consumption because of the impact of its quality on public health.

The analysis of the physico-chemical quality concerned samples taken from different communes of the wilaya used for drinking water supply.

The results obtained showed that the water quality is average to poor. This concerns more particularly the pH, conductivity (mineralization), total hardness, high concentration of major elements as well as pollution resulting from intensive use. fertilizers and pesticides.

For this purpose, continuous water quality assessment is imperative and treatment to reduce water quality deterioration and eliminate health problems may be necessary.

**Keywords:** Drinking water, diagnosis, physico-chemical quality, public health.