



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الجيلالي بونعامة – خميس مليانة

Université Djilali Bounamaa-Khemis Miliana

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض و الكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم علوم الأرض و الكون

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Géologie appliquée

Spécialité : Géo-environnement et Ressources en eau

**Thème :**

**Qualité des eaux de consommation distribuées dans  
certains quartiers de la ville d'AIN DEFLA (Algérie N)**

Présenté par : M<sup>elle</sup> DILMI LEMYA

*Soutenu le :*

Devant le jury composé de :

<b>Président</b>	: M <sup>r</sup> BOUDERBALA AEK	MCA	université de Djilali Bounaama –Khemis Milaina
<b>Examineur</b>	: M <sup>me</sup> ZAKOUDA Naima	MCB	université de Djilali Bounaama –Khemis Milaina
<b>Promoteur</b>	: M <sup>r</sup> GUENFOUD Ahmed	MAA	université de Djilali Bounaama –Khemis Milaina
<b>Co-promoteur</b>	: M <sup>me</sup> HADJ MOHAMED Nacera	MAA	université de Djilali Bounaama –Khemis Milaina

Année universitaire  
2020-2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
وَجِئْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلِّ شَيْءٍ حَيٍّ  
صَلَّى اللَّهُ الْعَظِيمِ



## *Remerciements*

*Avant tout, Je tiens à remercier Dieu le tout puissant, le Miséricordieux, de m'avoir donné la santé, la force, le courage et la persistance et de m'avoir permis de finaliser ce travail dans de meilleures conditions.*

*Je tiens à remercier mes chers parents, ma chère sœur et mes chers frères.*

*Je tiens à remercier ma promotrice madame HADJ MOHAMED Nacera, pour l'honneur qu'elle m'a fait en dirigeant ce travail, pour son aide, ses conseils, tout au long de l'élaboration de ce modeste travail.*

*Je remercie madame ZEKOUA Naima qui a accepté d'examiner ce travail et pour son aide et ses conseils.*

*Je tiens à présenter mes plus vifs remerciements à monsieur GUENFOUD Ahmed pour l'honneur, son aide et ses conseils.*

*Je tiens à présenter mes remerciements à monsieur Zeddami Miloud pour son aide et ses conseils.*

*Je tiens également à présenter mes remerciements à monsieur BOUDERBALA Abdelkader pour l'honneur en acceptant de présider la commission d'examen de cette thèse.*

*Je tiens aussi à présenter mes remerciements à monsieur BENALI Hamid, chef du laboratoire (analyse des eaux) au barrage SMBT Ain-Defla et aussi à monsieur BESKRI Fathi et à toute l'équipe du laboratoire pour leur aide.*

*Je remercie sincèrement tous mes enseignants du département des Sciences de la Terre et de l'Univers.*

*Je remercie tous mes collègues et ami(e)s.*





*Dédicace*



*Je dédie ce modeste travail à ceux que j'aime le plus au monde à mes chers parents avec tous mes sentiments remplis de tendresse, de chaleur et de reconnaissance en signe de remerciements pour leur soutien. Que Dieu les gardes pour moi et les récompense pour leurs sacrifices.*

*Je dédie ce modeste travail à ma chère sœur Samira à mes chers frères Mohamed et Abdelmalek.*

*Je dédie aussi ce travail à tous mes collègues de la promotion de l'année universitaire 2020/2021.*

*Ainsi qu'à tous ceux que j'aime dans ma vie.*

*LAMIA*



## ملخص

يجب أن تفي المياه المخصصة للاستهلاك البشري بالمعايير المطلوبة للشرب في الواقع ، يمكن للعديد من المشكلات خاصة تلك المتعلقة بشبكة إمدادات مياه الشرب ، أن تتغير وأحياناً تؤدي إلى تدهور جودة المياه المعبأة لملف تعريف المستخدمين. بمعنى هذا العمل ، الهدف الرئيسي منه هو توصيف الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية على مستوى نقاط التجميع (الآبار وخزانات التوزيع) ، مروراً بخزانات التخزين وتوزيع المياه في مدينة عين الدفلى.

بالنسبة للمعايير الفيزيائية والكيميائية التي تمت دراستها ، فإن النتائج التي تم الحصول عليها من الآبار وخزانات التوزيع تتوافق مع معايير الشرب التي أقرتها منظمة الصحة العالمية والدولة الجزائرية ، باستثناء بعض قيم النترات التي تتجاوز القيمة المحددة (50 مغ / لتر) للآبار والخزانات (بئر الضاية ، بئر الزنادرة ، خزان الحاج صادوق) ودرجة الحرارة (27 درجة مئوية على مستوى خزانات (خزان الحاج صادوق و خزان شوكاليط) يمكن تفسير هذه القيم المرتفعة بالتلوث الزراعي وعملية النترجة للحالة الأولى ، ودرجة الحرارة الموسمية وحالة التعبئة للحالة الثانية.

فيما يتعلق بالتحليلات البكتريولوجية ، كشفت النتائج التي تم الحصول عليها عن عدم وجود القولونيات البرازية ، العقديات البرازية ، كلوستريديوم مخفض سلفيتو و مجموع الجراثيم الهوائية ميزوفيليك و التي تتوافق مع معايير الشرب المحددة وطنياً وإرشادات منظمة الصحة العالمية.

لذلك، فإن مراقبة وتقييم المياه من حيث النوعية تبقى مهمة أساسية لمسيري المياه من أجل المحافظة على الصحة العمومية.

**الكلمات المفتاحية :** المياه ، الصالحة للشرب ، الآبار ، خزانات التوزيع ، الجودة ، الكيمياء الفيزيائية ، البكتريولوجية مدينة عين الدفلى.

## Résumé

Une eau destinée à la consommation humaine doit être répondre aux normes exigées de potabilité. En effet, plusieurs problèmes, notamment ceux liés au réseau d'AEP peuvent altérer, parfois dégrader la qualité de l'eau mobilisée au profil des usagers. Dans ce sens que s'inscrit le présent travail dont l'objectif principal consiste à caractériser la qualité physico-chimique et bactériologique au niveau des points de captage (Forages et réservoirs de distribution), passant par les réservoirs de stockage et distribution des eaux dans la ville d'AIN DEFLA.

Pour les paramètres physico-chimiques étudiées, les résultats obtenus pour forages et réservoirs de distribution sont conformes aux normes de potabilité édictées par l'OMS et l'état Algérienne, à l'exception des certains valeurs des nitrates qui dépassent la norme exigée (50 mg /l) pour les forages et réservoir (F. Dhaya, F. Zenadra et R.HS), et de température (27°C au niveau de réservoir R.Ch et R.HS). Ces valeurs élevées peuvent être expliqués par la pollution agricole et processus de nitrification pour le premier cas, et la température saisonnière et l'état de remplissage en eau pour le deuxième cas.

En ce qui concerne les analyses bactériologiques, les résultats obtenus révèlent l'absence de coliformes fécaux, Streptocoques fécaux, Clostridium sulfite-réducteurs et GMAT, et répondre ainsi aux critères de potabilité fixés par les normes nationales et celles des directives de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Donc, la surveillance et l'évaluation de la qualité des eaux demeurent une tâche primordiale pour préserver la santé publique.

**Mots clés :** Eau, Potabilité, Forages, Réservoirs de distribution, Qualité, Physico-chimie, Bactériologique, ville AIN DEFLA.

## Abstract

Water intended for human consumption must meet the required standards of drinkability. Indeed, several problems, especially those related to the drinking water supply network can alter, sometimes degrade the quality of the water mobilized to the profile of users. In the sense of the present work, the main objective of which is to characterize the physico-chemical and bacteriological quality at the level of the collection points (boreholes and distribution reservoirs), passing through the storage reservoirs and distribution of water in the city of AIN DEFLA.

For the physico-chemical parameters studied, the results obtained for boreholes and distribution reservoirs comply with the standards of drinkability decreed by the World Health Organization « WHO » and the Algerian state, with the exception of some nitrate values which exceed the required standard (50 mg/l) for boreholes and reservoir (F. Dhaya, F. Zenadra and R.HS), and temperature (27°C) at the level of R.Ch and R.HS reservoir). These high values can be explained by the agricultural pollution and nitrification process for the first case, and the seasonal temperature and water filling state for the second case.

Regarding the bacteriological analyzes, the results obtained reveal the absence of fecal coliforms, fecal streptococci, Clostridium sulfite-reducing and GMAT, and thus meet the drinkability criteria set by national standards and those of the guidelines of the World Organization of Health.

So, the monitoring and evaluation of water quality remains an essential task for water managers in order to preserve public health.

**Keywords:** Water, drinkability, Boreholes, Distribution reservoirs, Quality, Physico-chemistry, Bacteriological, city AIN DEFLA.

## Liste des tableaux

N°	Titre de tableau	Page	
<b>01</b>	<b>Chapitre I</b>	Valeurs de la disponibilité en eau potable depuis l'indépendance jusqu'à l'année 2020	06
<b>02</b>		Valeurs de la dureté Totale ou Titre hydrométrique de l'eau	09
<b>03</b>		Normes des paramètres physico-chimiques de l'OMS en 2006 concernant l'eau potable	14
<b>04</b>		Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine	15
<b>05</b>		Quelques causes et conséquences d'altération de la qualité de l'eau Potable	16
<b>06</b>		Maladies associées à une eau contaminée	18
<b>07</b>	<b>Chapitre II</b>	Nombre de population urbaine et rurale de la ville AIN DEFLA	22
<b>08</b>		Données sur la zone industrielle de la commune Ain Defla	22
<b>09</b>		Les unités industrielles dans la région d'Ain defla	23
<b>10</b>		Forages alimentant la ville d'AIN DEFLA et ses environs en eau Potable	32
<b>11</b>		Programme de distribution 2021 de la commune AIN DEFLA	55
<b>12</b>	<b>Chapitre IV</b>	Valeurs des paramètres bactériologiques durant deux périodes d'échantillonnage des eaux de forages et Réservoirs.	55

## Liste des figures

N°	Titre de figure	Page	
<b>01</b>	<b>Chapitre I</b>	Répartition de l'eau salée et de l'eau douce sur terre	05
<b>02</b>		Schéma illustrant les différentes étapes de production de l'eau potable	13
<b>03</b>	<b>Chapitre II</b>	Localisation géographique de la ville d'AIN DEFLA	21
<b>04</b>		Précipitations moyennes mensuelles de la ville d'Ain Defla (1987 -2017)	24
<b>05</b>		Précipitations moyennes annuelles de la ville d'Ain Defla (1987-2017)	25
<b>06</b>		variations des températures mensuelles de la ville d'Ain Defla	26
<b>07</b>		distribution de la température moyenne annuelle de la ville d'Ain Defla	26
<b>08</b>		Carte géologique du Doui	27
<b>09</b>		Coupe synthétique montrant les relations entre les différentes séries du primaire du Chélif	30
<b>10</b>		Log lithostratigraphique d'Ain Defla	31
<b>11</b>	<b>Chapitre III</b>	Appareil de multi-paramètres	36
<b>12</b>		Turbidimètre	37
<b>13</b>		Appareil Dr LANGE (JENWAY)	38
<b>14</b>		Spectrophotomètre UV Visible	38
<b>15</b>	<b>Chapitre IV</b>	variation des températures des eaux des forages et réservoirs alimentant la ville d'AIN DEFLA	43
<b>16</b>		Variation de pH des eaux des forages et réservoirs alimentant la ville d'AIN DEFLA	44
<b>17</b>		Variation de la conductivité des eaux des forages et des réservoirs alimentant la ville D'AIN DEFLA	45
<b>18</b>		Variation de la concentration de la turbidité des eaux des forages et des deux réservoirs alimentant la ville d'AIN DEFLA	46
<b>19</b>		Variation de la concentration de calcium des eaux des forages et des réservoirs (ville d'AIN DEFLA)	47
<b>20</b>		Variation de la concentration de magnésium des eaux analysées (forages et réservoirs de distribution) dans la ville d'AIN DEFLA	48
<b>21</b>		Variation de la concentration des chlorures des eaux analysées (forages et réservoirs) alimentant la ville d'AIN DEFLA	49
<b>22</b>		Variation de la concentration de sodium des eaux des forages et des deux réservoirs la ville d'AIN DEFLA	49
<b>23</b>		Variation de la concentration de potassium des eaux des forages et des réservoirs destinées à l'alimentation de la ville d'AIN DEFLA	50
<b>24</b>		Variation de la concentration des sulfates des eaux alimentant la ville d'AIN DEFLA	51
<b>25</b>		Variation de la concentration des valeurs nitrates pour les eaux des forages et réservoirs alimentant la ville d'AIN DEFLA	52
<b>26</b>		Valeurs de la concentration des nitrites pour les eaux des forages et des deux réservoirs alimentant la ville d'AIN DEFLA	52
<b>27</b>		Variation de la concentration d'azote ammoniacal des eaux alimentant la ville d'AIN DEFLA	53
<b>28</b>		Variation de la concentration des Orthophosphates des eaux destinées à la ville d'AIN DEFLA	54

## Liste des abréviations

<b>OMS</b>	: Organisation Mondiale de la Santé
<b>UNSCO</b>	: United Nations Special Coordinator
<b>GAMT</b>	: Germes Aérobie Mésophile Totaux
<b>JORA</b>	: Journal Officiel de la République Algérienne
<b>AEP</b>	: Approvisionnement en Eau Potable
<b>FNDAE</b>	: Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau
<b>MTH</b>	: maladies à transmission hydrique
<b>DIM</b>	: Direction de l'Industrie et des Mines
<b>ANRH</b>	: Agence National des Ressources Hydrique
<b>ONM</b>	: Office National de la Météorologie
<b>ADE</b>	: Algérienne Des Eaux
<b>SMBT</b>	: Sidi M'hamed Ben Taiba
<b>F</b>	: Forage
<b>F.Dh</b>	: Forage Dhaya
<b>F.Zn</b>	: Forage Zenadra
<b>F.Az</b>	: Forage Azaizia
<b>F.Ch</b>	: Forage Choukalit
<b>F.SH</b>	: Forage Hadj Sadouk
<b>R</b>	: Réservoir
<b>R.HS</b>	: Réservoir Hadj Sadouk
<b>R.Az</b>	: Réservoir Azaizia
<b>R.Ch</b>	: Réservoir Choukalit
<b>R.Dh</b>	: Réservoir Dhaya
<b>E. Coli</b>	: Escherichia Coli
<b>Ct</b>	: Coliformes totaux
<b>ASR</b>	: Anaérobies Sulfito-Reductrices
<b>SF</b>	: Staphylocoque fécaux
<b>Gt</b>	: Germes totaux
<b>NTU</b>	: Unité Néphélométrie de Turbidité
<b>PH</b>	: potentiel hydrique
<b>C.E</b>	: Conductivité électriques
<b>Mg/l</b>	: Milligramme par litre

# Table des matières

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

<b>Introduction général</b> .....	<b>01</b>
<b>Chapitre I: Synthèse bibliographique</b> .....	<b>04</b>
I.1. L'importance de l'eau .....	04
I.2. L'eau dans le monde .....	04
I.3. Potentialités hydriques en Algérie .....	05
I.4. Qualités des eaux de consommation humaine .....	07
I.4.1. Caractéristiques physico-chimiques .....	07
I.4.1.1. Température .....	07
I.4.1.2. PH .....	08
I.4.1.3. Conductivité électrique .....	08
I.4.1.4. Turbidité .....	08
I.4.1.5. Dureté ou Titre hydrométrique (TH) .....	08
I.4.1.6. Chlorures .....	09
I.4.1.7. Sulfates .....	09
I.4.1.8. Sodium et Potassium .....	09
I.4.1.9. Nitrates .....	10
I.4.1.10. Nitrites .....	10
I.4.1.11. Paramètres liés aux substances toxiques .....	10
I.4.2. Caractéristiques microbiologiques .....	10
I.4.2.1. Germes aérobies mésophiles Totaux (GAMT) .....	11
I.4.2.2. Coliformes .....	11
I.4.2.3. Coliformes fécaux .....	11
I.4.2.4. Entérocoques .....	11
I.4.2.5. Clostridie sulfito-réducteurs .....	12
I.4.2.6. Salmonelles .....	12
I.5. Production de l'eau potable .....	12

I.5.1. Qu'est-ce qu'une eau potable ?.....	12
I.5.2. Etapes de production de l'eau potable .....	12
I.5.3. Normes de potabilité .....	13
I.5.3.1. Normes internationales .....	13
I.5.3.2. Normes Algériennes.....	14
I.6. Facteurs de dégradation de l'eau potable .....	15
I.7. l'eau et la santé publique .....	17
<b>Chapitre II : Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>19</b>
II.1. Localisation géographique de la ville d'AIN DEFLA .....	20
II.2. Données socio-économiques .....	21
II.2.1. Population .....	21
II.2.2. Industries .....	22
II.2.3. Tourisme .....	23
II.3. Cadre climatique .....	23
II.4. Aperçu géologique .....	27
II.5. Réseau d'approvisionnement en eau potable « AEP » .....	32
II.5.1. Ressources en eau captées.....	32
II.5.2. Stockage et distribution .....	33
<b>Chapitre III : Matériels et Méthodes.....</b>	<b>35</b>
III.1. Echantillonnage .....	36
III.2. Méthodes d'analyse des échantillons .....	38
III.2.1. Mesure par des méthodes instrumentales .....	38
III.2.1. Paramètres physiques.....	38
III.2.2. Analyses au Laboratoire .....	38
III.2.3. Méthodes Bactériologiques .....	41
<b>Chapitre IV : Résultats et Discussion .....</b>	<b>43</b>
IV.1. Présentation et discussion des résultats .....	44
IV.1.1. Qualité physico-chimique .....	44
IV.1.1.1. Eléments physiques .....	44
IV.1.1.2. Paramètres chimiques .....	48
IV.1.2. Qualité Bactériologique .....	56
<b>Conclusion générale et recommandations .....</b>	<b>59</b>
<b>Références Bibliographiques .....</b>	<b>61</b>
<b>Annexe</b>	

# **INTRODUCTION GENERALE**

## Introduction générale

Les ressources en eau qu'elles soient superficielles ou souterraines sont l'une des richesses capitales des régions, des pays qui sont essentielles à la vie et nécessaires au développement des différents secteurs [Dahmani, 2016]. Plusieurs régions sont actuellement confrontées par la rareté d'eau, ce qui répercute sur l'essor de certaines activités socio-économiques et également environnementales. Cette problématique ne se limite pas à la quantité, mais porte également sur sa qualité. Des nombreuses études ont montré que la qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration [Hadeff et Hasni, 2017].

En effet, l'eau destinée à la consommation humaine et aux différents usages domestiques habituels doit être potable par rapport aux normes recommandées internationales ou nationales. Elle doit être de qualité alimentaire ou hygiénique excellente de point de vue physico-chimique et microbiologique [Hounsounou et al, 2018]. Nombreuses maladies qui affectent actuellement la population dans le monde sont liées directement ou indirectement à une mauvaise qualité de l'eau [El Ouali Lalami et al, 2014].

L'approvisionnement en eau potable des populations constitue réellement un défi majeur pour les gestionnaires de l'eau depuis son captage jusqu'aux usagers, où beaucoup de problèmes peuvent être apparaitre en influençant sur la qualité de l'eau desservie, à savoir : les fuites au niveau de réseaux d'adduction et de distribution, la cross-connexion, l'entartage et formation des Biofilms, l'état des réservoirs de stockage, etc.) . Par exemple , un mauvais état de joint ou des conduites en plastique peut altérer ou modifier les caractéristiques de l'eau par l'introduction des substances ou microorganismes exogènes , comme , les hydrocarbures , bactéries pathogènes, etc. [Blindu, 2004 ].

Dans ce contexte que s'inscrit le présent travail de fin d'études dont l'objectif principal consiste à caractériser la qualité des eaux mobilisées et distribuées, sur le plan physico-chimique et bactériologique, au niveau de certains quartiers de la ville d'AIN DEFLA.

Ce modeste travail s'articule sur quatre chapitres :

- Chapitre I est réservé à la synthèse bibliographique où nous allons voir des données générales sur l'eau, notamment l'eau dans le monde et en Algérie, la qualité des eaux destinée à la consommation humaine et les différents facteurs de dégradation des eaux distribuées.

- Chapitre II sera consacré à la présentation de la zone d'étude en mettant l'accent sur la localisation géographique, la population et les activités économiques, le cadre climatique, la géologie, et enfin l'approvisionnement en eau potable.
- Chapitre III abordera les matériels et méthodes utilisés pour évaluer la qualité de l'eau fournie aux consommateurs dans la ville d'AIN DEFLA.
- Chapitre IV sera focalisé sur la présentation et la discussion des résultats obtenus.

En fin de ce travail, il y a une conclusion générale et des recommandations en vue d'améliorer la gestion de l'eau distribuée tant quantitativement que qualitativement.

*Chapitre I :*  
**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

### I.1. L'importance de l'eau

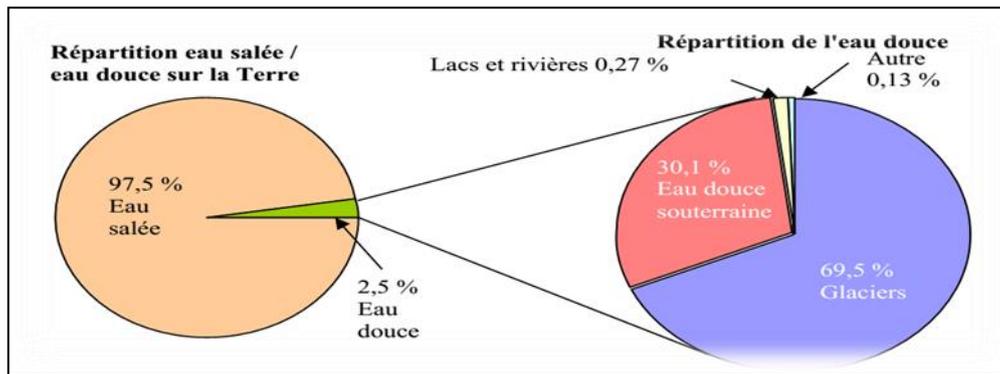
Omniprésente sur Terre il y a depuis trois milliards d'années en quantité constante [Morel, 2007], l'eau est l'une des molécules chimiques, composée deux atomes d'hydrogènes et un atome d'oxygène, ayant une importance biologique et économique capitale. Elle représente, par exemple, entre 70 et 80 % du poids du corps humain, et constitue l'élément vital pour nos activités quotidiennes [1].

Globalement, les utilisations des eaux sont multiples et variées. Certaines utilisations affectent une valeur économique à l'eau (usages domestiques et industriels, irrigation agricole, production de l'énergie, conservation de la biodiversité, etc.), alors que d'autres une valeur symbolique, esthétique, ludique, etc. (c.-à-d. des valeurs socio-culturelles tels que : baignade, loisirs...) [Hellier et Vaucelle, 2011].

Malheureusement, tous ces avantages sont actuellement menacés par la conjugaison de plusieurs facteurs dont les principaux sont la pollution et les changements climatiques caractérisés par la baisse des précipitations et, en général, les sécheresses récurrentes.

### I.2. L'eau dans le monde

En quantité colossale, l'eau recouvre 72% (soit environ  $1,4 \cdot 10^9 \text{ km}^3$ ) des 510 millions  $\text{Km}^2$  de la surface du globe terrestre. La plus grande partie de cette eau (**Fig.1**), soit 97,5% (c.-à-d. environ 1,365 milliards  $\text{Km}^3$ ), est représentée par les océans et mers. Des volumes d'eau dont la salinité moyenne est d'environ 35g/l, une salinité qui limite l'utilisation directe de cette eau. En revanche, l'eau dite douce représente une proportion de 2,5 % (soit 35 millions de  $\text{km}^3$ ) [Zella, 2007], dont la grande quantité est sous forme de glace et neige (69,5%) et 30,1 % est de l'eau souterraine, 0,27 % sous forme d'eau dans les lacs et rivières et le reste sous une autre forme (atmosphère, humidité dans le sol, marais, etc.) [UNESCO ,2006 in Morel, 2007]



**Figure n°1 : Répartition de l'eau salée et de l'eau douce sur terre**  
[UNSCO ,2006 in Morel, 2007]

En effet, les ressources en eau douce sont rares et mal réparties sur les continents, où il y a certaines régions se caractérisent par une aisance hydrique (comme les pays nordiques et équatoriaux), alors que d'autres régions sont en souffrance hydrique comme le cas de l'Afrique du Nord, de Proche Orient et du Sahel [Zella, 2010].

Globalement, seule une faible quantité d'eau provenant des nappes souterraines, des eaux des cours d'eau, des réservoirs d'eau de surface naturelle ou artificielle (environ 0,028% de l'hydrosphère) peut être utilisée pour les besoins de l'homme. Cette très faible d'eau douce exploitable est actuellement plus vulnérable aux perturbations de l'environnement résultant, principalement, des activités anthropiques (pollutions, réchauffement planétaires, surexploitation de la ressources, etc.).

Ainsi, la préservation des milieux aquatiques continentaux et marins et leurs écosystèmes est indispensable, aujourd'hui plus que demain, à la gestion durable de la ressource en eau afin de garantir les demandes croissantes en eau pour des différents usages.

### **I.3. Potentialités hydriques en Algérie**

Appartient à un étage bioclimatique semi-aride à même Aride (200 à 400 mm) affectant la majeure partie du pays, l'Algérie se caractérise par des ressources en eau faibles, irrégulières, et localisées principalement dans le Nord [Katteb, 2010]. Cette situation a fait l'Algérie d'être partie des pays les plus déficitaires en eau dont la disponibilité théorique moyenne est estimée à 500 m<sup>3</sup>/hab/an en l'année 2000, sachant que la banque mondiale a fixé le seuil de rareté à 1000 m<sup>3</sup>/hab./an [Maliki, 2006]. Le tableau suivant montre la diminution de la disponibilité en eau en fonction du temps (années).

**Tableau n°1 : Valeurs de la disponibilité en eau potable depuis l'indépendance jusqu'à l'année 2020 [Katteb, 2010].**

Année	1962	1990	1995	1998	2000	2020
m <sup>3</sup> / Hab.	1500	720	680	630	500	430

En réalité, la potentialité globale en eau de notre pays est estimée en moyenne à 17,2 milliards de m<sup>3</sup>/an dont :

- 12 milliards de m<sup>3</sup> dans les régions Nord du pays réparties comme suit :
  - 10 milliards m<sup>3</sup> (ressources superficielles),
  - 02 milliards m<sup>3</sup> (ressources souterraines).
- 5,2 milliards de m<sup>3</sup>/an dans les régions Sahariennes dont :
  - 0,2 milliards m<sup>3</sup> (ressources superficielles),
  - 05 milliards m<sup>3</sup> (ressources souterraines).

En tenant en compte des sécheresses récurrentes de ces dernières décennies qui frappent le pays, les estimations des potentialités ont été revues à la baisse. A titre d'exemple, les eaux superficielles dans le Nord ont diminué par 04 Mds de m<sup>3</sup>/an dans les années 2000 [**Bouchedja, 2012**].

Malgré les efforts de l'état algérienne en manière de mobilisation des ressources en eau vu les différents projets achevés ou en cours de réalisation ( barrages , forages , stations de dessalement ... ) , la demande en eau douce pour les utilisateurs (domestiques, industriels et agricoles) croît chaque année de 4 à 5%, tandis que les ressources naturelles restent limitées , et parfois elles diminuaient à cause de divers problèmes comme la pollution de plus en plus grande , la baisse des précipitations , l'érosion des sols, etc. . Cette équation montre que la demande sera toujours supérieure aux ressources disponibles [**Katteb, 2010**].

Des chiffres ont été annoncés par la ministre des Ressources en Eau en 2020 lors d' une conférence de presse où elle montrait que la production d'eau s'élevait à 11,96 milliards de m<sup>3</sup> dont 34% du volume mobilisée est dédié à l'approvisionnement en eau potable, 64% à l'irrigation des terres agricoles et 2% au secteur industriel [2]. Ces efforts restent insuffisants par rapport aux besoins qui ne cessent d'augmenter d'une année à l'autre. Ainsi, la gestion des ressources en eau doit être intégrée, aujourd'hui que plus jamais, tous les facteurs économiques et sociaux d'une politique concertée et durable afin de relever les défis à l'avenir en matière de cette ressource précieuse.

## I.4. Qualités des eaux de consommation humaine

Représentant un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine, les eaux destinées à la consommation humaine doivent être salubres, propres et exemptes de tous micro-organismes qui peuvent constituer un danger potentiel pour la santé des personnes [SALGHI, 2017].

En fait, le choix de l'eau à traiter parmi les ressources disponibles (eaux souterraines, eaux de surface courantes ou stockées) avant distribution dépend de plusieurs facteurs, à savoir :

- **La quantité** : la « source » doit être capable de fournir, en toutes circonstances, la quantité d'eau nécessaire ;
- **La qualité** : La qualité de l'eau brute disponible doit être conforme à la législation en vigueur ;
- **L'économie** : il faut ensuite comparer les coûts d'investissement et de fonctionnement relatifs à chacune des ressources disponibles : stockage et transport de l'eau brute, traitement de l'eau, stockage et distribution de l'eau traitée [SALGHI, 2017].

### I.4.1. Caractéristiques physico-chimiques

L'analyse d'une eau naturelle destinée à une consommation humaine doit apprécier la concentration de ses éléments caractéristiques et la valeur de ses grandeurs physiques et chimiques tels que : T°C, pH, Turbidité, Conductivité, la dureté...) [RODIER, 2009].

#### I.4.1.1. Température

Jouant un rôle important dans la solubilité des gaz, la dissolution des sels dissous, et dans la détermination du pH, et également sur la conductibilité électrique, la température permet parfois d'obtenir des indications sur l'origine de l'écoulement de l'eau. Elle est influencée en fait par plusieurs facteurs tels que, la température atmosphérique, l'altitude, la présence du couvert végétale, la lithologie, etc. En rapport avec les normes de potabilité de l'eau fixées par l'OMS en 1994, l'eau est :

- Excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C ;
- Passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25°C ;
- Médiocre lorsqu'elle est comprise entre 25 et 30°C

Lorsque la température dépasse à 30°C, on parle d'une pollution excessive [RODIER, 2009].

#### I.4.1.2. pH

Le pH détermine l'acidité, l'alcalinité et la neutralité des solutions. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend des facteurs multiples dont l'origine de l'eau [RODIER, 2009].

En général, la modification du pH dans l'eau est liée à la nature du terrain traversée, du climat, aux activités anthropiques et aux organismes. A partir du pH, on peut classer les eaux de la manière suivante :

- pH inférieur à 5 : acidité forte
- pH égale à 7 : neutralité (eau pure)
- pH de 7 à 8 : neutralité rapprochée (eau de surface)
- pH de 5.5 à 8 : majorité des eaux souterraines.
- pH supérieur à 8 : alcalinité, évaporation intense [RODIER, 2009].

#### I.4.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique, exprimée en  $\mu\text{s/cm}$ , désigne la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Elle permet généralement d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau. Sa variation peut permettre de suivre l'évolution d'une pollution chimique. Plusieurs classes des eaux peuvent être distinguées en fonction de ce paramètre, à savoir :

- Conductivité égale à  $0.05 \mu\text{s/cm}$  : eau déminéralisée ;
- Conductivité de 10 à  $80 \mu\text{s/cm}$  : eau de pluie ;
- Conductivité de 80 à  $100 \mu\text{s/cm}$  : eau peu minéralisée ;
- Conductivité de 300 à  $500 \mu\text{s/cm}$  : eau moyennement minéralisée ;
- Conductivité de 1000 à  $3000 \mu\text{s/cm}$  : eau saline ;
- Conductivité supérieure à  $3000 \mu\text{s/cm}$  : eau de mer [RODIER, 2009].

#### I.4.1.4. Turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules qui la troublent. Elle est considérée comme un paramètre de contrôle de qualité de l'eau en renseignant sur l'efficacité des processus de traitement et de désinfection. La valeur médiane de la turbidité idéale pour les eaux destinée à la consommation humaine devrait être inférieure à 0.1 NTU [Orelien, 2017].

#### I.4.1.5. Dureté ou Titre hydrométrique (TH)

D'après Rodier (2009), la dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, hormis ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Elle est

également appelée dureté calcique et dureté magnésienne. L'unité de mesure est souvent donnée en degré français (Tab. ci-dessous).

**Tableau n°2 : Valeurs de la dureté Totale ou Titre hydrométrique de l'eau [RODIER, 2009].**

TH (°F)	0 à7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	>40
Nature de l'Eau	Très douce	Eau douce	Moyennement dure	Dure	Très dure

#### I.4.1.6. Chlorures

Constituant un bon indicateur de la pollution chimique, les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, Des concentrations élevées de chlorure confèrent à l'eau et aux boissons un goût salé.

En effet, l'OMS recommande pour la teneur en chlorure dans l'eau destinée à la consommation humaine une valeur guide de 250 mg/l pour des considérations gustatives et des risques de corrosion [Orelien, 2017].

#### I.4.1.7. Sulfates

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Elle dépend principalement des terrains traversés .Par exemple, dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre peut être très largement dépassé jusqu'à 300 mg/l dans les formations sulfatées comme le cas du gypse. Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS recommande comme valeur limite 250 mg/l [RODIER, 2009].

#### I.4.1.8. Sodium et Potassium

Le sodium est un élément alcalin qui se présente généralement sous forme ionisée. Pour des raisons de qualité esthétique ou organoleptique, la concentration du sodium dans l'eau potable est fixée à  $\leq 200$  mg/L. Au-delà de cette concentration, le goût de l'eau potable est devenu désagréable. En effet, cet élément chimique n'est pas considéré comme toxique [3].

Considéré ainsi comme un alcalin, le potassium est un élément essentiel pour les êtres humains, et n'est pas trouvé dans l'eau potable à des concentrations préoccupantes pour la santé humaine [MS Canada, 2008].

#### **I.4.1.9. Nitrates**

Le nitrate représente la forme la plus stable et finale de l'oxydation de l'azote organique. Sous l'effet des microorganismes, en particulier les bactéries, via des processus biologiques naturels, il peut être réduit en nitrite, qui est la forme la plus toxique pour la santé humaine [Boughrous, 2007].

Pour l'eau potable, la norme exige une concentration en  $\text{NO}_3^-$  inférieure 50 mg/L. En effet, cette valeur a été fixée en fonction des risques courus pour les classes des populations les plus vulnérables tels que les nourrissons et les femmes enceintes.

#### **I.4.1.10. Nitrites**

Ce sont les sels de l'acide nitreux, dont ce dernier est instable, de formule  $\text{HNO}_2$ . Les nitrites proviennent de la réduction des nitrates ou d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque. Ils représentent un indicateur important de pollution des eaux, même en faible concentration [Hachemaoui Ch., 2007].

D'ensemble, l'ion nitrite peut être trouvé à l'état de traces dans les eaux souterraines ou se former dans les canalisations à cause de la corrosion importante, mais il est très rapidement oxydé en ion nitrate par le chlore libre, de sorte qu'il n'est qu'exceptionnellement retrouvé dans les eaux distribuées au profit des consommateurs [4].

#### **I.4.1.11. Paramètres liés aux substances toxiques**

Présentées en état de traces (ETM) dans la nature, les micropolluants minéraux (métaux et métalloïdes comme nickel, Arsenic...) et les micropolluants organiques (hydrocarbures,...) sont soumis à des normes de l'eau potable très sévères à cause de leur toxicité pour l'être humain [5].

#### **I.4.2. Caractéristiques microbiologiques**

La qualité microbiologique de l'eau se définit comme étant l'état de l'eau caractérisé par un niveau de présence de micro-organismes (virus, bactéries, protozoaires...). Sa maîtrise repose sur des mesures de contrôle et de surveillance de paramètres microbiologiques et la mise en place d'une maintenance préventive [MAUX.M, et SIMONART.T].

En effet, les analyses microbiologiques des eaux sont fondées généralement sur la recherche des bactéries considérées comme des indicateurs de contamination fécale parce qu'elles permettent d'apprécier, avec plus ou moins de sûreté ou de précocité, le risque d'une contamination par des matières fécales pouvant véhiculer des micro-organismes pathogènes, comme les salmonelles [Rodier, 2009].

Ainsi, la détermination de ces bactéries dans l'eau destinée à la consommation humaine est donc très importante car la qualité bactériologique d'une eau n'est pas un paramètre stable, mais au contraire elle est assujettie à variation par pollution accidentelle [Orelien, 2017].

Globalement, les principales bactéries recherchées et dénombrées dans les eaux de consommation sont :

#### **I.4.2.1. Germes aérobies mésophiles Totaux (GAMT)**

Ils sont utilisés comme indicateur de pollution que ce soit dans les milieux naturels ou dans les réseaux d'approvisionnement d'eau potable. Pour ce dernier, le dénombrement de ces germes est également utilisé souvent comme indicateur d'efficacité de traitement, en particulier des traitements physiques tels que la filtration [Rodier, 2009].

#### **I.4.2.2. Coliformes**

Le terme de « coliformes » regroupe en fait un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Il s'agit des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies.

En effet, le dénombrement de ces bactéries à 37 °C est souvent désigné sous l'expression de « dénombrement des coliformes totaux » [Rodier, 2009].

#### **I.4.2.3. Coliformes fécaux**

Le terme de coliformes fécaux ou coliformes thermotélérants correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés caractéristiques des coliformes après incubation à la température de 44°C. [Rodier, 2009]. Parmi ces bactéries, il y a les *Escherichia coli* (*E. coli*) qui sont considérées comme le meilleur indice de contamination des eaux par les métières fécaux qui peuvent contenir autres micro-organismes pathogènes, comme des bactéries, des virus ou des parasites [Orelien, 2017].

#### **I.4.2.4. Entérocoques**

Anciennement appelées « streptocoques fécaux », les entérocoques sont des bactéries de forme circulaire, regroupées en chaînette et possédant la substance antigénique qui caractérise le groupe D de Lancefield, c.-à-d. essentiellement les espèces *Streptococcus faecalis*, *St. Faecium*, *St. durans*, *St. Bovis* et *St. equinus*. La présence de l'un de ces streptocoques du groupe D dans une eau témoigne globalement d'une contamination fécale humaine ou animale. En effet, le rapport CF/SF est utilisé pour déterminer l'origine de la contamination [Rodier, 2009 ; Hassi, 2014].

#### **I.4.2.5. Clostridie sulfito-réducteurs**

Bactéries bacilles à Gram positif, sporulés et anaérobies, les Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente à cause de leur résistance dans les milieux aquatiques que les coliformes fécaux et des streptocoques fécaux [Rodier, 2009]

#### **I.4.2.6. Salmonelles**

Le genre Salmonella comprend de nombreuses espèces dont leur pathogénèse varie énormément : fièvres typhoïdes, salmonelloses systémiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires. . Elles peuvent être rencontrées globalement dans les eaux des égouts agricoles et domestiques, les eaux douces superficielles et souterraines, y compris les eaux potables ainsi que l'eau de mer [Rodier, 2009]

### **I.5. Production de l'eau potable**

#### **I.5.1. Qu'est-ce qu'une eau potable ?**

Selon l'organisation mondiale de la santé (1948), l'eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. C'est une eau ayant des caractéristiques microbiennes, chimiques et physiques qui répondent aux directives de l'OMS ou aux normes limites relatives à la qualité de l'eau de boisson mer [OMS]

#### **I.5.2. Etapes de production de l'eau potable**

Avant d'être distribuées par le réseau d'AEP, les eaux brutes captées subissent plusieurs traitements en prenant en considération leur qualité et leurs constituants, critères qui varient souvent dans le temps et l'espace. Globalement, l'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de connaître le traitement de potabilisation appropriée [6]. Pour cette dernière, différentes étapes sont nécessaires. La figure ci-dessous récapitule les étapes d'une filière de la production de l'eau potable à partir des eaux de surface et des eaux souterraines.

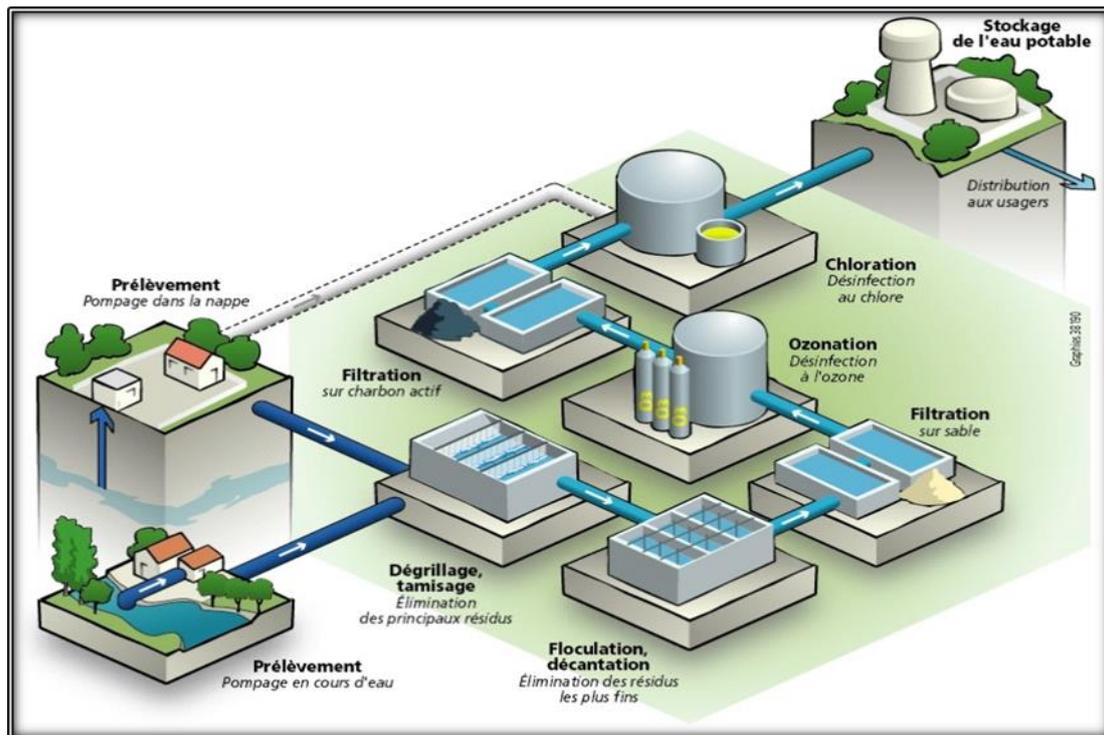


Figure n°2 : Schéma illustrant les différentes étapes de production de l'eau potable  
(Source : [www.services.eaufrance.fr](http://www.services.eaufrance.fr)).

### I.5.3. Normes de potabilité

Par définition, la norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser, ou une limite inférieure à respecter [AUBRIL CARHON, L.2013].

En tant que élément essentiel pour la vie, l'eau fournie aux usagers doit répondre aux normes de la qualité c.-à-d. il doit être exemptée de tous agents infectieux, de produits chimiques ou de radioactivité qui peuvent altérer ou dégrader les critères de potabilité de l'eau en mettant la santé humaine en danger [AUBRIL CARHON, L.2013].

En effet, plusieurs normes de qualité de l'eau ont été développées que ce soit à l'échelle internationale, régionale ou nationale. Pour notre travail, nous nous referons aux normes édictées par l'OMS et par l'état algérien.

#### I.5.3.1. Normes internationales

Les lignes directrices de l'OMS concernant la qualité de l'eau potable, actualisées en 2006, sont présentées dans le tableau ci-après.

**Tableau n°3 : Normes des paramètres physico-chimiques de l'OMS en 2006 concernant l'eau potable [7].**

N°	Elément/ substance	Symbole/ formule	Unités	Norme
1	Température	T°	°C	Acceptable
2	Potentiel d'hydrogène	PH	Unité PH	6.5-8.5
3	Conductivité	CD	µs/cm	2500 µs/cm
4	Turbidité	-	NTU	Moins de 5 NTU
5	Oxygène dissous	O <sub>2</sub> dis.	-	Moins de 75% de la concentration de saturation
6	Dureté totale	TH	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	150-500
7	Aluminium	AL	mg/l	0.2
8	Bore	B	mg/l	0.3
9	Cadmium	Cd	mg/l	0.003
10	Fer	Fe	mg/l	0.3
11	Manganèse	Mn	mg/l	0.5
12	Chlore	Cl <sup>-</sup>	mg/l	250
13	Cyanure	CN	mg/l	0.07
14	Sulfate	SO <sub>4</sub>	mg/l	500
15	Nitrates	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
16	Nitrites	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50

### I.5.3.2. Normes Algériennes

Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des critères de potabilité très stricte dictée par l'état algérien. Ces normes se sont en fait inspirées de celles de l'OMS. Le tableau ci-après rassemble les paramètres de qualité de l'eau potable.

**Tableau n°4 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine**  
(Source : JORA n° 13 du 09 mars 2014)

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs limites
<i>Taux dilution</i> <i>Paramètres organoleptiques</i>	Couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur 25 °C	Taux dilution	4
	Saveur 25 °C	Taux dilution	4
<i>Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux</i>	Alcalinité	mg/l CaCO <sub>3</sub>	65 pour les eaux déssalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité PH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité 20 °C	µs/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Fer total	mg/l	0.3
	Manganèse	mg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	C°	25
<i>Paramètres microbiologiques</i>	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfito-réductrices y compris les spores	n/20ml	0

### I.6. Facteurs de dégradation de l'eau potable

De tout temps, l'homme a essayé de maîtriser l'écoulement de l'eau en vue d'assurer ses besoins en cette ressource précieuse. Cette maîtrise a évolué avec le temps, donnant naissance à, tout ce que nous connaissons aujourd'hui comme techniques hydrauliques, aux stations et procédés de traitement et aux réseaux d'adduction et de distribution de l'eau [Kerkeb, 2011].

Mais, tout réseau d'AEP dans le monde a son lot de problèmes que ce soit techniques, environnementaux, économiques, de gestion ou de la politique de gestionnaire, ce qui influence souvent sur la qualité et la quantité des eaux fournies à la consommation humaine. Généralement, ces problèmes sont observés soit lors de conception ou de l'exploitation des installations des réseaux. Ainsi, le tableau suivant résume quelques facteurs d'altération de l'eau potable.

**Tableau n°5 : Quelques causes et conséquences d'altération de la qualité de l'eau potable**  
(Source : FNDAE n° 12 ; <http://www.fndae.fr>)

Origines	Causes	Conséquences	Dangers possibles
<b>Réservoirs</b>	<i>Mauvaise étanchéité de l'ouvrage</i>	<i>Infiltration de l'eau de pluie</i>	<i>Contamination microbiologique</i>
	<i>Mauvais entretien (nettoyage en particulier)</i>	<i>Apports nutritifs du fait de l'encrassement, ou de sédiments organiques</i>	<i>Développement de germes comme les Clostridiuims.</i>
	<i>Réservoir exposé à la lumière du jour</i>	<i>Croissance d'algues</i>	<i>Apports de matières organiques</i>
	<i>Interventions effectuées en dehors des règles de l'art (désinfection, prélèvements, accès au plan d'eau, ...)</i>	<i>Eau potable souillée</i>	<i>Contamination microbiologique</i>
<b>Environnement extérieur de la conduite</b>	<i>Fuites, usures au joint et dépression Perméation</i>	<i>-Intrusion d'eaux terreaux - Introduction de polluants</i>	<i>-Pollution microbiologique essentiellement. -Pollution toxique ou organoleptique.</i>
<b>Défauts du réseau</b>	<i>Matériau inadéquat pour l'alimentation en eau potable</i>	<i>-Relargage de polluants - Apports nutritifs -Adhérence trop importante des germes - Corrosion</i>	<i>-Pollution toxique -Favorise le biofilm -Contamination Micro. -Altération des paramètres métaux comme le Fe, Zn, Pb, Cu, Cd, ...)</i>
<b>Interventions sur le réseau</b>	<i>Désinfection insuffisante à la suite d'une réparation ou d'un renouvellement au niveau du réseau (branchement).</i>	<i>-Développement de germes -Mise en suspension de dépôts</i>	<i>Contamination microbiologique Pollution organoleptique (modification de couleur, saveur et d'odeur)</i>

### **I.7. l'eau et la santé publique**

L'eau, ressource naturelle indispensable à la vie et aux activités humaines, mais aussi elle est devenue de manière directe ou indirecte la première cause de la santé publique dans le monde [**Revue de presse, 2003**]. Selon le rapport de l'Organisation mondiale de la santé (2007), au moins deux millions de décès d'enfants dans le monde sont dus aux maladies d'origine hydrique, et cela revient à la mauvaise qualité de l'eau [**OMS, 2007**].

En Algérie, et malgré les efforts en matière d'accès en eau potable et d'assainissement ainsi que la lutte contre la pollution, il y a toujours des cas de maladies à transmission hydrique (MTH) enregistrées annuellement. A titre d'exemple, pendant la période de 2000-2015, les MTH représentaient 33% des maladies à déclaration obligatoire [**INSP, 2000**].

En effet, les MTH varient en fonction de l'agent responsable. Le tableau ci-après récapitule les différentes maladies et leurs pathogénèses.

Tableau n°6 : Maladies associées à une eau contaminée (Benbouzid H. et Fares kh, 2017).

<i>Maladies potentielles</i>	<i>Source</i>	<i>Comment nous tomber malade</i>	<i>Comment cesser d'être malade</i>
<i>Diarrhée, Choléra, Typhoïde shigellose, hépatite A et E, dysenterie amibienne, cryptosporidiose, giardiase, ver de Guinée.</i>	<i>Véhiculées par l'eau</i>	<i>En buvant de l'eau contenant des agents pathogènes traiter.</i>	<i>Traiter l'eau pour la rendre salubre.</i>
<i>Trachome, gale</i>	<i>Rincage par l'eau</i>	<i>Quand les agents pathogènes entrant en contact avec la peau ou les yeux</i>	<i>Traiter l'eau pour la rendre salubre.</i>
<i>Schistosomiase</i>	<i>D'origine aquatique</i>	<i>Les agents pathogènes passent par la peau</i>	<i>Ne se pas baigner dans l'eau dont la contamination est connue. Améliorer la qualité de l'eau en éliminant ou en tuant les agents pathogènes</i>
<i>Malaria, dengue, fièvre jaune, filarirose, onchocercose maladie du sommeil</i>	<i>Le vecteur est un insecte aquatique</i>	<i>Les agents pathogènes sont transmis par des insectes qui se reproduisent ou vivent dans l'eau comme les moustiques</i>	<i>Empêche les insectes de se reproduire dans l'eau. Utiliser des pesticides pour contrôler les insectes. Empêcher les insectes de piquer en utilisant des moustiquaires et en portant des vêtements longs.</i>

*Chapitre II :*  
**PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

## **Chapitre II : Présentation de la zone d'étude**

### **II.1. Localisation géographique de la ville d'AIN DEFLA**

La ville d'AIN DEFLA (**Fig.3**) est située dans un rétrécissement de la vallée du Cheliff, entre la Dahra au nord et le Djebel Doui (1 000 m) qui annonce le massif d'Ouarsenis au sud. Elle est située au centre de l'Algérie à 145 km au sud-ouest de la capitale d'Alger dans une zone reliant l'Est et l'Ouest, couvrant une superficie d'environ 86 Km<sup>2</sup>, avec une altitude moyenne de 273m. Géographiquement, cette ville se détermine par les coordonnées sexagésimales suivantes : latitude Nord 36° 15' 55" et longitude Est 1° 58' 13".

La commune d'AIN DEFLA est limitée administrativement par les communes suivantes :

- Au Nord par les communes EL AMRA, MEKHATRIA, ARIB ;
- Au l'Est par les communes ARIB, SIDI LAKHEDAR ;
- Au l'Ouest par les communes BOURACHED, ROUINA ;
- Au Sud par les communes DJELIDA, BOURACHED [**ANDI, 2013**].

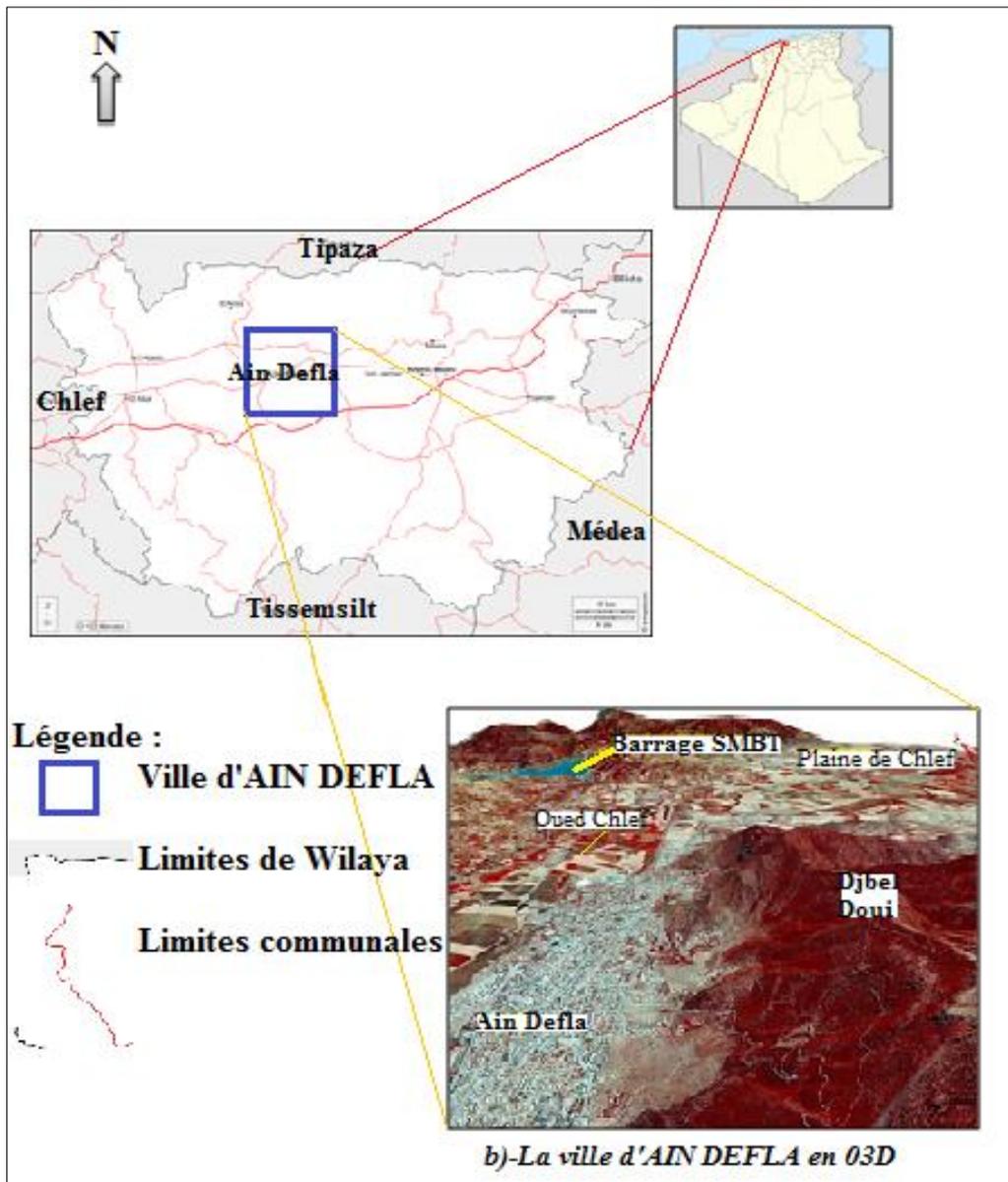


Figure n°3 : Localisation géographique de la ville d'AIN DEFLA [google.com, 2021]

## II.2. Données socio-économiques

### II.2.1. Population

La ville d'AIN DEFLA compte 86 874 habitants répartie sur une superficie de 104.76 Km<sup>2</sup>, soit une densité de 829 hab/Km<sup>2</sup> (**annexe1**), contre 64551 Habitants en 2008. S'agissant de la concentration de la population, 77,7% de la population totale résidente est en milieu urbain et 22,3% en zones rural (APC AIN DEFLA, 2014). Le tableau ci-dessous montre l'évolution de la population d'AIN DEFLA durant cinq décennies.

**Tableau n°7 : Nombre de population urbaine et rurale de la ville AIN DEFLA (APC Ain Defla, 2014).**

Années	1977	1987	1997	2008	2014
<b>Nombre Hab.</b>	31770	33355	52371	64551	75972
<b>Centre municipale</b>	15688	25245	41180	52311	61570
<b>Rassemblements secondaires</b>	15954	-	4225	6398	-
<b>Zones éparses</b>	128	8110	6966	5842	14402

### II.2.2. Industries

La wilaya d'AIN Defla comporte 2 zones industrielles (Boumedfaa et AIN Defla) occupant une superficie de 222 ha, 10 Zones d'activité et 4 microzones industrielles (anciennes plus les nouvelles) totalisant une superficie de 292 ha. Le tissu industriel est déjà opérationnel avec 52 unités dont 44 relevant du secteur privé et 12 du secteur public, qui ont généré 5 159 emplois directs. 21% des 52 unités, déjà opérationnelles, activent dans le secteur qui domine celui de l'ISMMEE et 19% dans le secteur agroalimentaire (Direction de l'industrie et des mines AIN DEFLA 2019).

L'importante zone industrielle se localise au niveau la ville d'AIN DEFLA avec une superficie de 164 ha (tableau ci-après) :

**Tableau n°8 : Données sur la zone industrielle de la commune Ain Defla (DIM, Ain Defla 2021)**

Localisation	AIN DEFLA	Superficie
<b>Superficie totale de la zone (ha)</b>	164	/
<b>Superficie occupée (ha)</b>	131	/
<b>Nombres de lots</b>	75	1 313 005 m <sup>2</sup>
<b>Lots affectés</b>	73	1 306 375 m <sup>2</sup>
<b>Lots disponibles</b>	03	17 218 m <sup>2</sup>
<b>Lots exploités</b>	62	1 129 948 m <sup>2</sup>
<b>Lots non exploités</b>	11	176 916 m <sup>2</sup>

Le tableau suivant représente quelques unités industrielles dans notre région d'étude :

**Tableau n°9 : les unités industrielles dans la région d'Ain defla  
Direction du commerce de la wilaya Ain Defla 2017**

N°	Raison social de l'entreprise	Adresse	Nature de l'activité	Nombres de travailleurs
01	BATICIC	<b>Zone industriel Ain Defla</b>	Construction métallique	433
02	BATIMITAL montagne		Montagne métallique	367
03	ALCAHYD		Fabrication industriel de prod béton Autres qu'agglomérés	191
04	ENIR		Réalisation des ouvrages	140
05	SPA maghrib tubes		Fabrication des tubes aciers	171
06	SPA profiles aluminum de maghreb		Production de profiles aluminum	50

### II.2.3. Tourisme

Au regard de la position de « carrefour » d'Ain Defla, ses sites forestiers, ses monuments historiques, ses sources thermales (EGT Hammam Righa) et ses barrages (Barrage Ghrib et Oued-Chorfa), la wilaya offre, par ailleurs, les possibilités indéniables pour le développement des activités touristiques.

De nombreux festivals sont abrités, chaque année, par la wilaya à l'instar de la quinzaine culturelle organisée au mois de mai (folklore, variétés et concours hippique) ainsi que la fête de la cerise qui se tient à Miliana durant le même période ; et la Manufacture d'armes et Musée de l'Emir Abdelkader (Miliana)

Autre endroit à la fois touristique et culturel, les ruines romaines de « Gargar » situées dans la commune d'el AMRA (15 km au nord de chef-lieu de la wilaya), qui constituaient un centre de repos pour les légions romaines de temps de l'occupation romaine de l'Algérie.

De nos jours, il y a une proposition de création et aménagement de nouvelles zones d'expansions touristiques tels que la zone touristique d'El Abed (Djebel Doui) (**Fig.3b**).

### II.3. Cadre climatique

La wilaya d'Ain Defla est caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité très marqué et un écart de température de 20°C entre les températures du mois de janvier et celle d'août. L'été s'étend sur 5 à 6 mois environ avec des masses d'air chaud à partir du mois de mai. La pluviométrie reste variable et atteint 500 à 600 mm/an. Une série d'étages climatiques qui va du sub aride au fond de la vallée au sub humide

sur les reliefs. Cette situation est liée à l'orographie : plus l'altitude est élevée plus l'étage est humide. De même pour l'enneigement qui touche les reliefs de plus de 600 m d'altitude.

### II.3.1. Précipitation

La pluie est un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région ; pour le cas de notre zone d'étude, nous avons utilisé les données de l'ANRH Blida pour les précipitations moyennes mensuelles et les variations des précipitations annuelles de la période allant de 1987 à 2017 (**annexe 2**)

#### II.3.1.1. Précipitations moyennes mensuelles

Pour les données pluviométriques s'étalant de 1987 à 2017 relatives à la ville d'Ain Defla (**Fig.4**), on remarque la moyenne mensuelle des précipitations est maximale durant les mois de janvier et novembre avec des moyennes de 64.28 mm et 59.9 mm respectivement, par contre, le mois de juillet 2.25 mm, et même le mois d'Août 4.84 mm, sont caractérisés par les plus faibles moyennes mensuelles des précipitations.

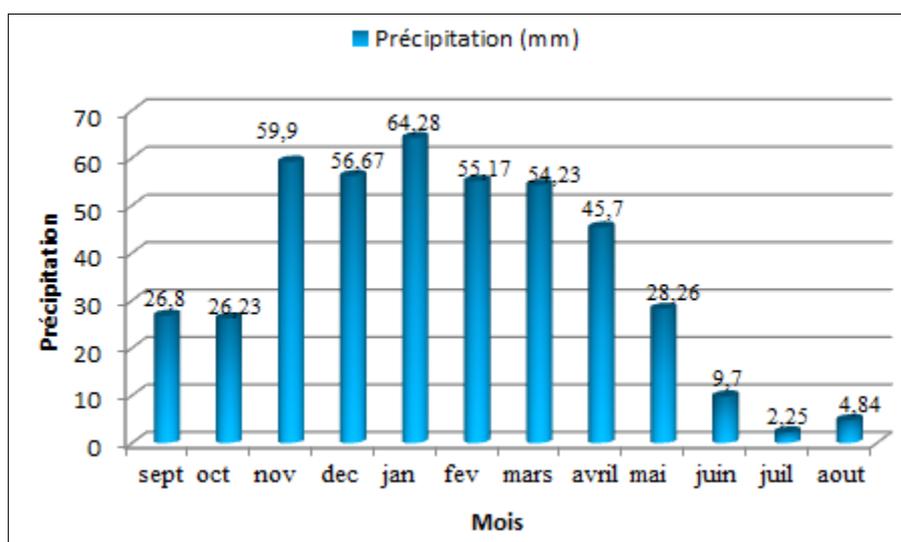


Figure n°4 : Précipitations moyennes mensuelles de la ville d'Ain Defla (1987 -2017)  
(ARNH, 2021)

#### II.3.1.2. Régime des précipitations annuelles

Pour une période allant de 1987 à 2017, les observations des précipitations moyennes annuelles relatives à la ville d'AIN DEFLA sont présentées dans la figure ci-après.

La figure ci-après représente bien l'aspect irrégulier des précipitations interannuelles qui totalisent une moyenne de 418.7mm. Cependant, il est intéressant de noter, qu'à l'exception des années 2008 (668 mm), 1993(224.4 mm), un caractère ascendant-descendant peut caractériser la variabilité des précipitations en fonction du temps.

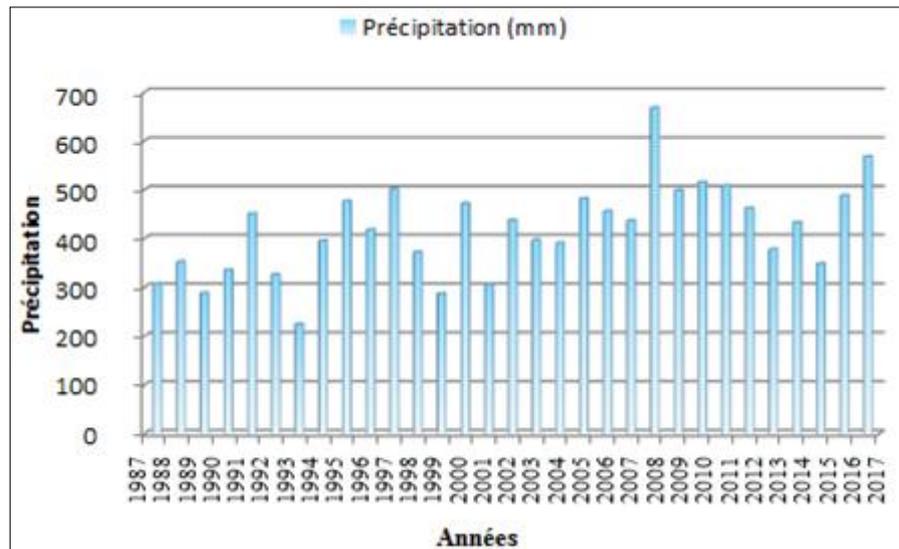


Figure n°5 : Précipitations moyennes annuelles de la ville d'Ain Defla (1987-2017) (ANRH, 2021).

### II.3.2. Température

Les températures représentent un facteur important dans la détermination des types de climat d'une région. Pour notre étude nous avons utilisé les données d'Office National de la Météorologie (ONM) pour les variations de la température mensuelle et la température moyenne annuelle et se reposent sur une période qui s'étale de 2001 à 2018.

#### II.3.2.1. Températures mensuelles

La température mensuelle est nettement variable entre la période estivale et hivernale, sa distribution est irrégulière sur toute l'année (**Fig.6**).

D'après la figure qui résume les moyennes mensuelles des températures moyennes, maximales et minimales, on peut remarquer :

- ✓ Un pôle froid allant du mois de novembre au mois de mars d'où la température moyenne atteint 4.5 °C au mois de Février.
- ✓ Un pôle chaud allant du mois d'avril au mois d'octobre d'où la température atteint 35.13°C au mois de juillet.

Avec une amplitude thermique mensuelle est de 30.63 C°.

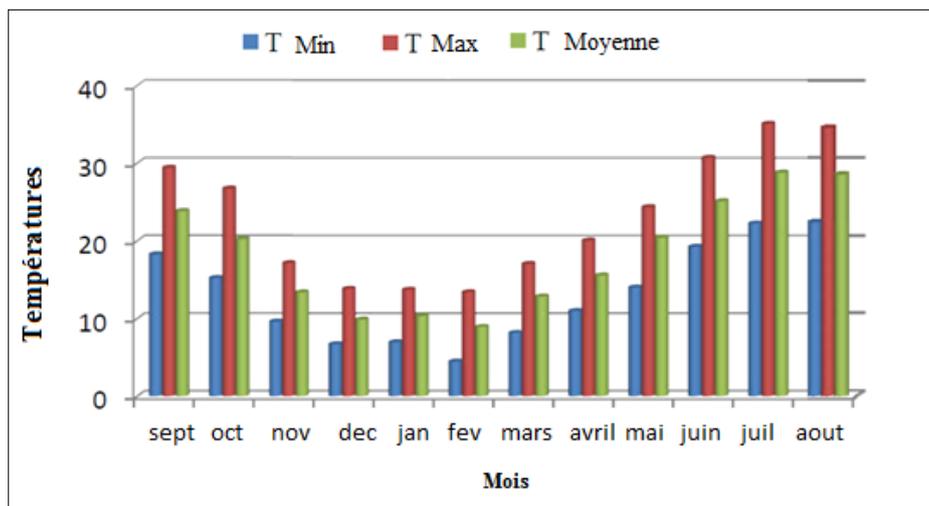


Figure n°6 : variations des températures mensuelles de la ville d'Ain Defla (ONM, 2001-2018)

### II.3.2.2. Températures moyennes annuelles

Selon la figure si dessus, résume la répartition de la température moyenne annuelles de la période 2001à 2018 .D'après figure ci-dessous on remarque que l'année la plus chaude et celle de l'année 2006 avec une moyenne annuelle de température qui atteint les 27.3 c° ; tandis que l'année est considérée comme l'année la plus froide avec une moyenne annuelle plus faible 17.78 c°.

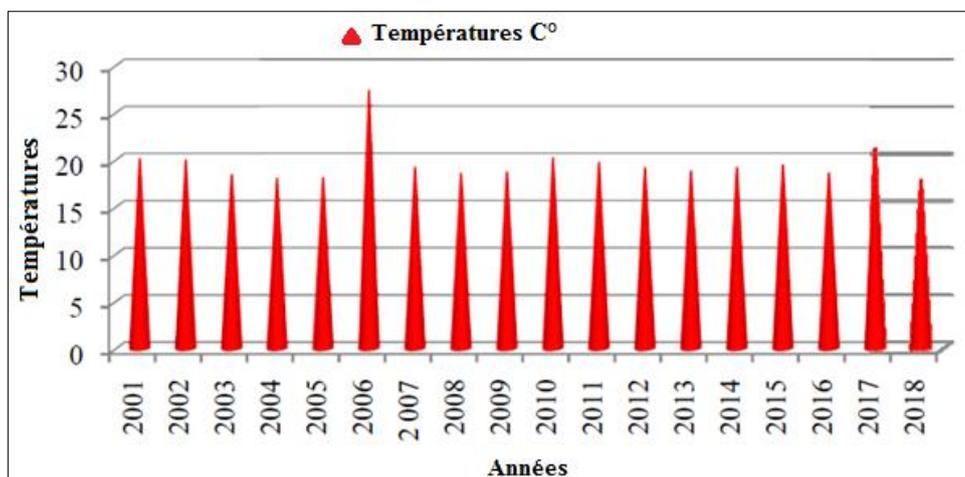


Figure n°7 : distribution de la température moyenne annuelle de la ville d'Ain Defla (ONM, 2001-2018)

#### **II.4. Aperçu géologique**

La région d'Ain-Defla est caractérisée par des roches magmatiques du massif du Doui et de ses environs ; et fait partie du bassin du moyen Chélif adossé à son socle du Dahra au Nord et des massifs à schistosité qui apparaissent en boutonnière de l'Est vers l'ouest au Zaccar , au Doui et au Temoulga (**Figure n° 8**)

On trouve dans notre région d'étude les massifs montagneux (montagnes : 1480 km , collines et piémonts : 1520 km, plaines : 699 km, relief non différencié : 370 km) ; qui fait partie intégrante de la région du Tell, elle est formée par le massif de la Dahra au nord qui culmine au mont Zaccar (1 550 m) au nord de Miliana, par l'Ouarsenis qui culmine au mont Achaouen près de 1 800 m au Sud-Est de Tarik Ibn Ziad, et la vallée de Cheliff entre les deux massif (**Belmouloud, Fawzi, 2012**).

Dans ce sens le Chélif est le plus grand oued algérien, il prend ses sources dans l'atlas saharien et draine un bassin versant d'une superficie de 45.000 km<sup>2</sup>, le cours d'eau principal d'oued Cheliff résulte de la jonction des deux grands oueds Touil et Nahr Ouassel, parmi les bassins d'oued Chélif le haut Chélif qui est située à 110 km au Sud-Ouest d'Alger d'une part, d'autre part la plaine du haut Chélif est limitée au Nord par les calcaires dolomitiques du djebel Zaccar et les grés de djebel Gantas, et au Sud par les premiers contreforts du massif de l'Ouarsenis marno-argilo-gréseux .On y pénètre à l'Est par le seuil de Djendel et on en sort à l'Ouest par le seuil de Doui (**Mania 1990**).

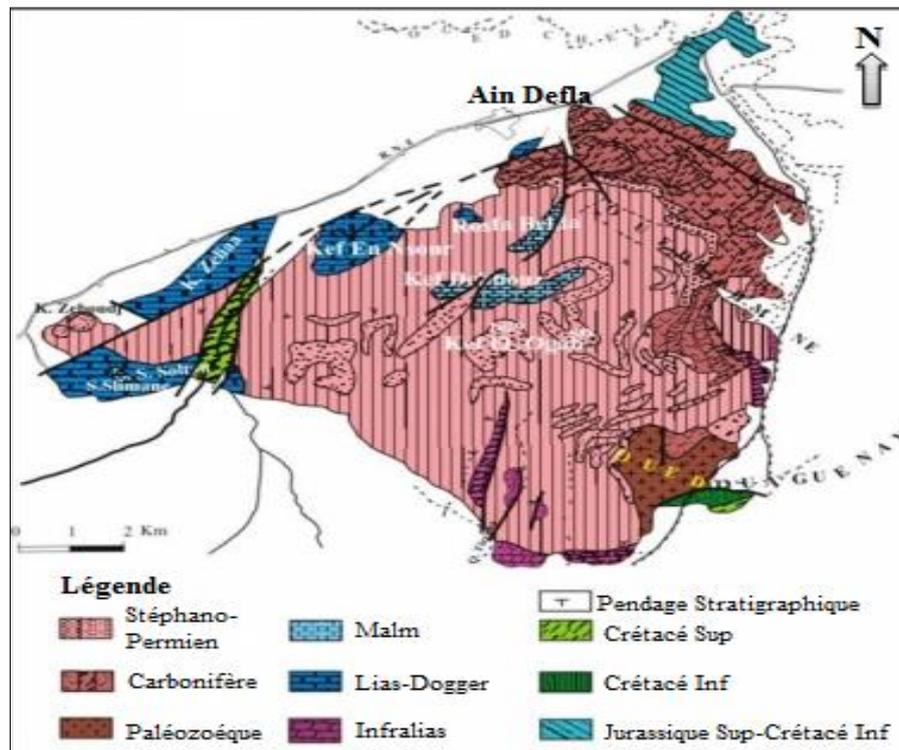


Figure n°8 : Carte géologique du Doui  
(Kirèche ; 1977)

#### II.4.1. La lithostratigraphie de la région

Les formations qui affleurent dans la région vont du Paléozoïque au Crétacé supérieur (Figure n° 10)

##### II.4.1.1. Le Paléozoïque

Les massifs du Chélif (Figure n°9) sont constitués de bas au haut par la succession suivante :

- **Le socle cristallophyllien du Doui** : découvert par Glangeaud au sud de Doui dans le secteur de Ouegnay, il s'agit du seul pointement du socle cristallophyllien connu dans la région tellienne autre que le littoral, il est représenté par des pegmatites qui traversent un complexe métamorphique très altéré (MATTAUER, 1958).
- **La série schisto-calcaire du Littré** : son nom est tiré de l'ancien village du Littré aujourd'hui Arib, cette série affleure sur une vaste étendue ; on la trouve aussi dans les massifs du Doui, de Rouina et de Lamartine (El Karimia) ; elle est représentée par des calcaires en gros bancs légèrement marneux à intercalations calcschisteuses, des schistes plus au moins argileux et calcshisteux, bréchiques à pyroclastites, des calcshistes finement lités et des schistes argileux à quartzites mouchetés, formant un ensemble épais à faciès flysch (Kireche, 1977).

- **La série schisto-quartziteuse :** déterminée par des dépôts azoïques qui affleurent dans le Zaccar chergui sous une série volcanique (**Caire A, 1970**). On y distingue une série de schistes verdâtres, feuilletés légèrement métamorphisés, surmontés par une série gréso- quartziteuse blanche contenant des lentilles de schistes noires, d'âge peut être carbonifère.
- **La série volcanique du Zaccar et du Doui :** Elle affleure dans les massifs du Doui et du Zaccar sous forme d'intercalations de tufs rhyolitiques blancs dans la série schisto gréseuse du sommet ; dans le Doui, il repose en discordance sur la série schisto-calcaire de Littré, qui s'accroît pour donner une série franche avec des tufs et des brèches volcaniques, des roches d'épanchement vitreuses, des intrusions de rhyolitoides, d'andésites dacitoides et des dolérites andésitiques (**Glangeaud, 1952**) ; Ce volcanisme est souvent affecté par un hydrothermalisme important.
- **La série schisto- gréseuse et conglomératique du Doui et de Zaccar :** représentée par des bancs de grès quartzitiques roses ainsi que des conglomérats à ciment quartzeux, surmonte partout le complexe volcanique, le plus grand affleurement se trouve dans le Doui plus de 200 m d'épaisseur, cette série est plissée avec le Jurassique.

#### II.4.1.2. Le Trias

Le Trias affleure dans le Sud-Est de Doui, il est représenté par des calcaires jurassiques ; et est formé d'un niveau dolomitique triasique ou infra-liasique (**Mattauer, 1958**).

#### II.4.1.3. Le Jurassique

- Au Zaccar (Ain N'sour) où le Jurassique repose en discordance sur le paléozoïque recouvert par du Néocomien au nord et au sud du massif, les calcaires francs du Zaccar sont couronnées à l'Ouest (Sidi Mjahed) et au nord (Kef Tazrout) par un faciès schisto-calcaire à radiolaires attribué au Malm.
- Au Tazrout, apparaissant des grès quartzites à débris de plantes (Mattauer ; 1958).
- Dans le massif de Doui, le Jurassique peut être subdivisé en cinq termes lithologiques (**Kirèche, 1977**) :

Terme A : les calcaires dolomitiques (50 m) ; terme B : les calcaires massifs gris-bleu (80 m)

Terme C : les calcaires détritiques en petit bancs ; terme D: les marnes schisteuses versicolores (30 m)

Et terme E : les calcaires blancs massif.

Dans la partie nord du Doui, ce sont les affleurements de Sidi Slimane, Koudiat Telia, Kef N'sour, Kef Debbouz, Koudiat Rosfa Beida, Ain Defla et Kef Dahmane.

A l'Est, le Juassique affleure à Oued Mohamed, Oued Tlaouine, Oued Cheriech et Oued Ouaguenay.

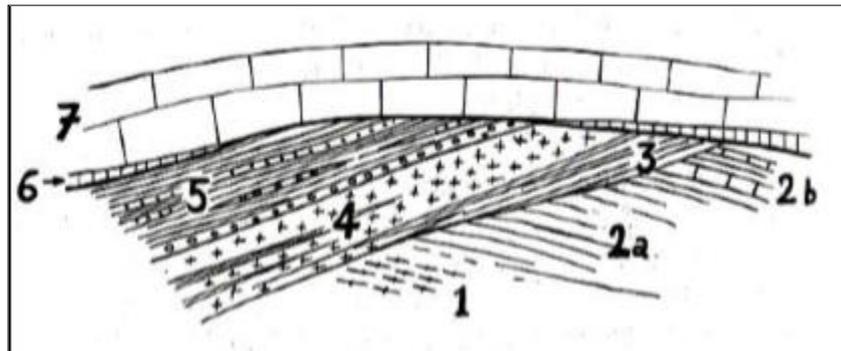
Au sud, ce sont les terrains d'Oued Tizegha, Oued Doar, Ain El Hadj et Oued Mamorah.

- Dans le Temoulga, le jurassique est affectée par des plis complexes, on peut y distinguer de bas en haut les formations suivantes : les calcaires dolomitiques gris-bleu massif ; plus haut en retrouve les calcaires détritiques

Puis des calcaires à « rognons de silex » ; en affleurement dans les flancs Nord-Est et Nord-Ouest du massif.

Au niveau supérieur ce sont des calcaires à lits siliceux riches en silice, azoïques, que Kirèche en 1977 regroupe avec les calcaires à silex pour rattacher l'ensemble du Dogger.

Dans la partie sommitale, ce sont des calcaires schisteux et des marnes schisteuses.



**Figure n°9 : Coupe synthétique montrant les relations entre les différentes séries du primaire du Chélif (Mattauer ; 1958).**

**1 :** Cristallophyllien ; **2 :** Série de Littré (**2a :** schistes ; **2b :** calcaires) ; **3 :** Série schisto-quartziteuse du Zaccar ; **4 :** Série volcanique du Zaccar et du Doui ; **5 :** Série schisto-gréseuse et conglomératiques du Zaccar et du Doui ; **6 :** Trias ; **7 :** Jurassique.

#### II.4.1.4. Le Crétacé inférieur

- Dans les massifs du Chélif, l'épaisseur du Crétacé est très réduite en le comparant à celui de l'Ouarsenis et au Dahra. Il affleure au nord de Doui près de Sidi Slimane, et au sud près du socle. Ce sont surtout des calcschistes, des schistes argileux et grès quartzites de la série de Littré (Mattauer ,1958) qui pourraient représenter le crétacé inférieur.

- Au Temouglia et dans sa partie méridionale, le Crétacé inférieur est formé de marnes brunes ou grises avec des intercalations marno-calcaire en contact avec le Jurassique d'âge sénonien (Mattauer, 1958)

A l'ouest du massif des blocs de calcaires sénonien bordent la route des Attafs vert Lamartine et à l'est du massif, un klippe sédimentaire formée de marnes beige-brune est attribuée au Crétacé inférieur.

#### II.4.1.5. Le Crétacé supérieur

Le Crétacé supérieur affleure dans les massifs du Chélif, il est formé par des lambeaux isolés constitués de marnes et de calcaires marneux à Globotruncana et se présentent en de simples structures différentes de celles du Crétacé inférieur et du Jurassique. Son allochtonie observée en certains endroits peut être étendue à tous les affleurements du Chélif.

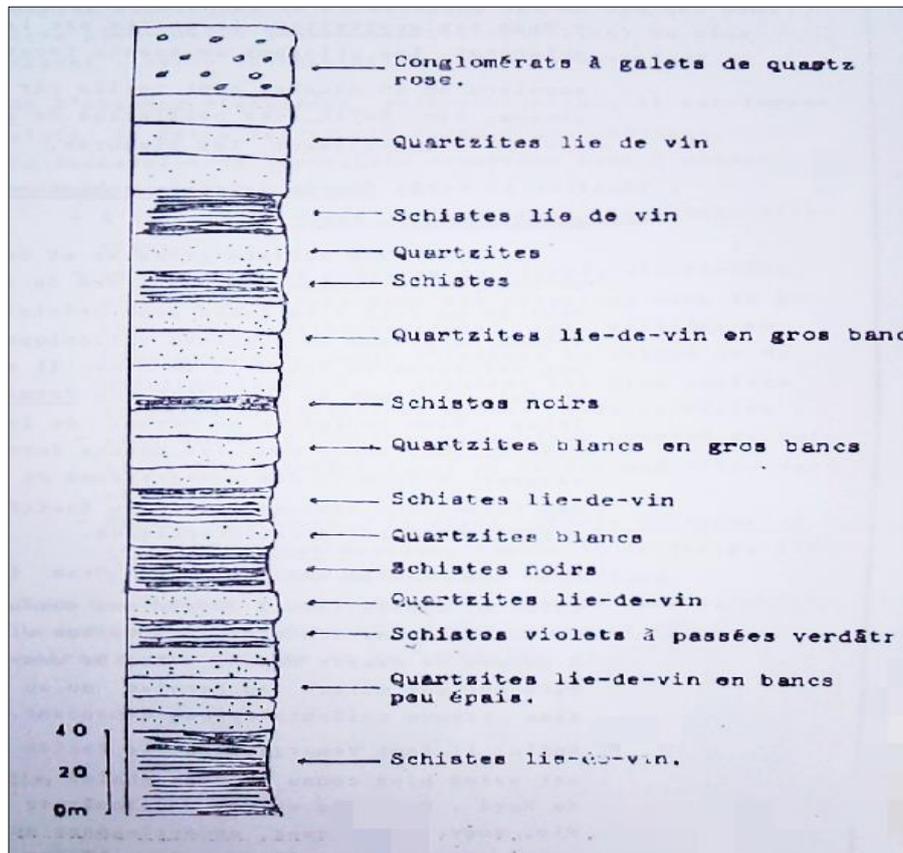


Figure n° 10 : Log lithostratigraphique d'Ain Defla (Kireche ; 1977)

## II.5. Réseau d'approvisionnement en eau potable « AEP »

### II.5.1. Ressources en eau captée

Alimentée par un réseau de distribution de longueur 45 km de long et rénové récemment, la ville d'AIN DEFLA est tributaire en grand partie des eaux souterraines pour assurer ses besoin en eau potable, à l'exception du volume provenant de Barrage Sidi M'hamed Ben Taiba. C'est grâce à l'étude hydrogéologique qu'on arrive à déterminer la profondeur des différents forages comme suit : F. HS, F. Feghailia 2 atteint un volume de 125 m, F. Feghailia 1, F. Zn nouveau atteint 100 m, et F. Sidi Belgacem, F. Zn 1, F.Dh, F. Az atteint 80 m de volume. Le tableau ci-après récapitule ces forages exploités pour l'AEP.

**Tableau n° 10 : Forages alimentant la ville d'AIN DEFLA et ses environs en eau potable  
(ADE\_ AIN DEFLA, 2021)**

N°	Localité (commune)	Nom de forage	Débit de forage	Profondeur(m)	Année mise en service	Gestion
1	Arib	F1 Arib	44	150	1997	ADE
2		F2 Arib	40	200	1982	ADE
3		F3 Arib	35	150	1999	ADE
4		F4 Arib	20	150	2001	ADE
5		F5 Arib	4	80	2005	ADE
6		F6 Arib	18	100	2008	ADE
7	Ain defla	F sidi Belgacem	3	80	1974	ADE
8		F Hadj Sadouk	22	125	1987	ADE
9		F Feghailia 01	12	100	1983	ADE
10		F Feghailia 02	20	125	201 7	ADE
11		F Zenadra 1	3	80	1982	ADE
		F Zenadra 1 remplace	/	/	1982	ADE
12		F Zenadra nouveau	/	100	2018	ADE
13		F Dhaya	6	80	1998	ADE
14	F Azaizia	4	80	2004	ADE	

La ville d'Ain Defla contient plus de sept 7 forages (**Tableau n° 10**) classés d'une manière descendante selon leurs débits comme suit :

Forage Hadj Sadouk avec un débit de 22 m<sup>3</sup>/s ; Forage Feghailia 02 : 20 m<sup>3</sup>/s ; Forage Feghailia 01 : 12 m<sup>3</sup>/s ; Forage Dhaya : 6 m<sup>3</sup>/s ; Forage Azaizia : 4 m<sup>3</sup>/s ; et les deux forages suivants « Sidi Belgacem et Zenadra avec un débit de 3 m<sup>3</sup>/s.

### **II.5.2. Stockage et distribution**

La ville d'AIN DEFLA et ses zones éparses est desservie par plusieurs réservoirs de stockage et distribution dont les eaux issues des forages et du barrage de Sidi M'hamed Ben Taiba.

Au niveau de la ville d'Ain Defla existe différentes réservoirs de stockage, on les cite à partir de leurs capacités de stockage descendante comme suit (**Tableau n° 11**)

- ❖ R3000 polle qui se trouve au « sud » de la ville et englobe 3000 m<sup>3</sup>.
- ❖ R2\*2000m<sup>3</sup> Hadj Sadouk II, qui se trouve au « sud » et occupe 2000 m<sup>3</sup>.
- ❖ Les réservoirs suivants : Meregueb « est »; Choukalit « centre » ; EPLF « sud-ouest » ; Mazouni « ouest » Belbal « sud », occupent une capacité de 1000 m<sup>3</sup>.
- ❖ R500 m<sup>3</sup> Kouadri « sud-est » et R 500 Zenadra m<sup>3</sup> « nord-ouest ».
- ❖ R 400 m<sup>3</sup> Fghailia Centre.
- ❖ R 200 + R 200 m<sup>3</sup> Dhaya « ouest » ; R 200 m<sup>3</sup> Zenadra « nord-ouest » ; R 200 m<sup>3</sup> Fghailia Chlef « sud-est »
- ❖ R 100 Saidani m<sup>3</sup> R100 m<sup>3</sup> Kouadri « sud-est ».
- ❖ R 50 m<sup>3</sup> Surélévé Zenadra « nord-ouest ».
- ❖ R 25 m<sup>3</sup> Nakhla.

En effet, le réseau de distribution le plus long de la ville contient les deux principaux réservoirs suivants : Hadj Sadouk II et le réservoir d'EPLF d'un volume de 5500 m<sup>3</sup>/j, desservie sur les quartiers suivants : EPLF Villas, Fraction Hadj Sadouk 2, Hadj Sadok 1; Cite Khachab ; 114 Logts, 200 Logts, EPLF Villas (2), 65 Logts, 100 Logts, 118 Logts, Chefra, Onex.

Tableau n° 11 : Programme de distribution 2021 de la commune AIN DEFLA (ADE, AIN DEFLA, 2021)

Commune	La ressource	Etage de distribution	Volume Mobilisé m3/j	Quartiers desservies	24h	Quotidien		
					%	%	Plage Horaire	
Ain Defla	Barrage SMBT + Forage 1-2-3-4-6	<b>R1000 m3 Meregueb</b>	1250	Quartier Prefabriqué, Mregueb Est, 20 Logts Police, Rue Ahmed Saadi, Beni Naghlane, 70 LogtsPP, 72 LogtsLSP, Rue Merouane, Sidi Yahia, Cité Chouhada, 80 Logts Social, 30 LogtsGare, 12 Logts, 12 LogtsAcademie, 50 Logts, 12 Logts Social, 50 LogtsP/Academie;	/	100%	7h	
		<b>R 1000 Choukalit</b>	5000	Cité Nadjema, Cité 34 Villas, Cité 12 Villas, Fraction Hadjsadok 1, 144 Logts, 110 Logts, 60 Logts, Hay Ferhat, Hay Nasr, Hay Nadjem, PrefabriquéHadjkadour, 40 Logts, Hay Buonaama, 118 Logts, 142 Logts, Cité Miloudi, 38 LogtsCNEP, 18 Logts, Cooperatives, 32 Logts Wilaya, 40 Logts Social, Cité Mbarek, 17 LogtsCooperative, Hay Menad, 200 Logts, Rue Emir AEK, BVD Chouhada, BVD Ibn Badis, Rue Emir Khaled	/	100%	7h	
		<b>R2*2000 m3 Hadj Sadok II et R 1000 EPLF</b>	5500	EpIf Villas, Fraction Hadj Sadok2, Hadj Sadok1; Cite Khachab ; 114 Logts, 200 Logts, EpIf Villas (2), 65 Logts, 100 Logts, 118 Logts, Chefra, Onex	/	100%	7h -	
		<b>R1000 m3 Mazouni</b>	3000	Cité CommunaleMazouni, 3*10 Logts,30Logts, 2*40 Logts, 20 Logts, 70 Logts, 3*100 Logts, 130 Logts, 30 Logts, 42 Logts, 2*50logts,33Logts, LotMazouni,Fractio nAttatfa, Mazouni, CitéBatimatal,64Lots LSP	/	100%	5h	
		<b>R3000 polle</b>	2000	Hay Chellal	/	100%	4h	
		<b>R1000 Belbal</b>	800	BalbalEt Lot Rezkallah	/	100%	3h	
		<b>R 100 Saidani</b>	120	Hai Saidani	/	100%	3h	
		<b>R100 et R500 Kouadri</b>	400	Hai Kouadri	/	100%	3h	
		<b>R 25 Nakhla</b>	50		/	100%	5h	
		<b>Forage Zenadra</b>	<b>R 200 + R 50 Surélévé + R 500 ZENADRA</b>	450	Zenadra	/	100%	2h
		<b>Forage Dhaya</b>	<b>R 200 + R 200 Dhaya</b>	400	Dhaya	/	100%	5h
		<b>F2 Fghailia</b>	<b>R 400 Fghailia Centre</b>	1300	Fghailia Centre	/	100%	5h
	<b>R 200 Fghailia Chlef</b>	Fghailia Chlef	/		100%	4h		

*Chapitre III :*  
**MATERIELS ET METHODES**

## Chapitre III : Matériels et Méthodes

### III.1. Echantillonnage

L'étude expérimentale est un outil d'évaluation de la qualité des eaux, on commence par l'échantillonnage qui est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser (**Rodier et al .2009**).

Pour notre étude, les échantillons (**Fig. 11**) ont été prélevées dans les points choisis (forages, barrage Sidi M'hamed Ben Taïba et réservoirs de distribution) par les laborantins de l'ADE, et ce selon des protocoles d'échantillonnage bien définis, c-à-d les échantillons doivent être prélevés par des récipients propres, rincés plusieurs fois avec l'eau et stérile puis fermés hermétiquement.

Habituellement, après toute opération de prélèvement des échantillons des eaux, il est nécessaire de mentionner au moins les renseignements suivants :

- ✓ Identité du préleveur ;
- ✓ Date et heure du prélèvement ;
- ✓ Lieu et point du prélèvement ;
- ✓ Analyses à effectuer ;
- ✓ Présence des lâchés ou non.
- ✓ Température de l'eau et de l'air ;
- ✓ Cordonnées du point d'eau (**Rodier et al.2009**).

A la fin de l'opération d'échantillonnage, les échantillons prélevés en flacons étiquetées doivent être conservés à une température inférieure à celle de remplissage. Ils doivent être à une température de 04° C dans une glacière au cours du transport au laboratoire et à une période relativement courte avant leur analyse (**Rodier et al.2009**). En effet, les méthodes d'analyse utilisées au niveau du laboratoire d'ADE dans l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique sont celles de l'ISO et Rodier.

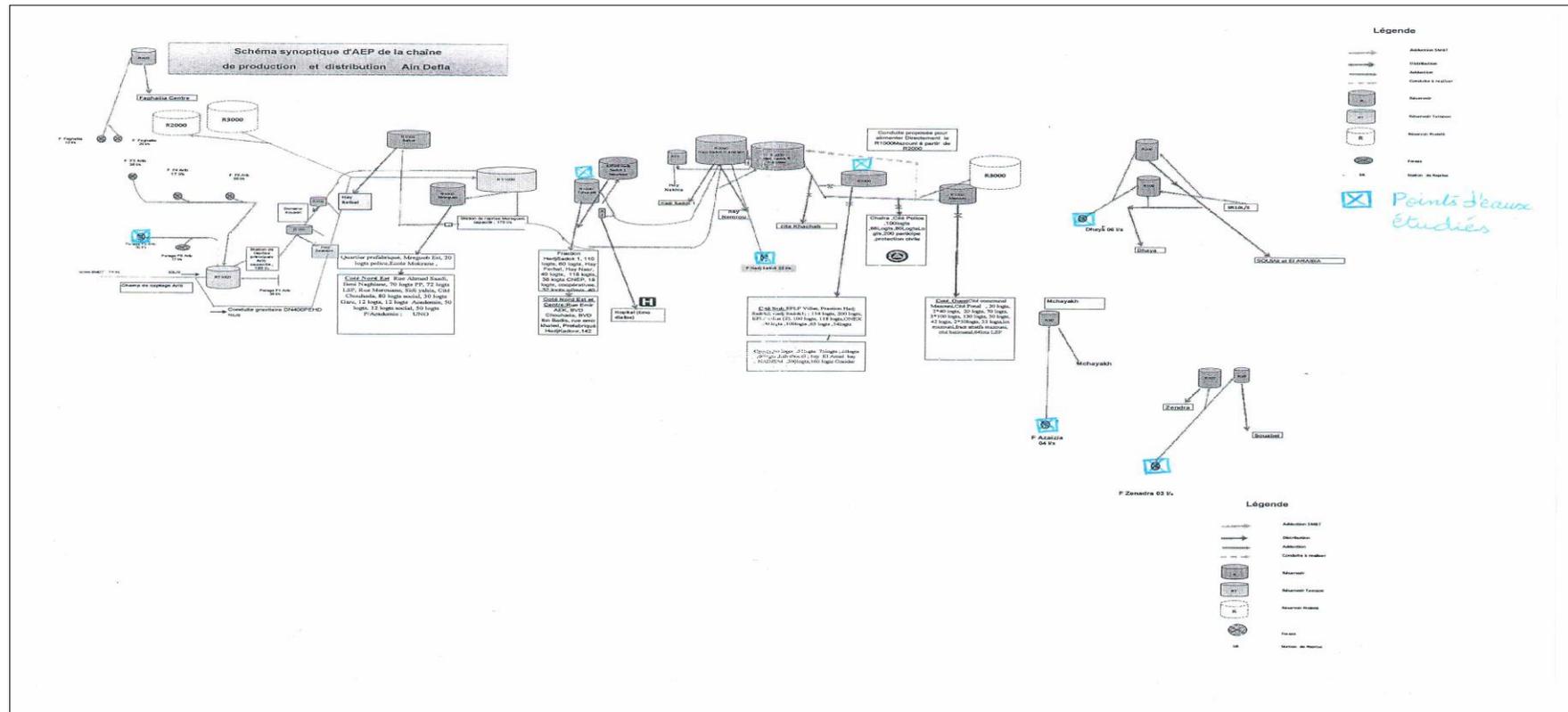


Figure n° 11 : Schéma synoptique d'AEP représentant la localisation des points d'eaux étudiés

Source :(ADE, 2021)

## III.2. Méthodes d'analyse des échantillons

### III.2.1. Mesure par des méthodes instrumentales

#### III.2.1. Paramètres physiques

Le pH, la Température et la conductivité électrique sont préférentiellement mesurés in situ en utilisant des instruments spécifiques pour chaque paramètre. Globalement, il y a un appareil de multi- paramètres (**Fig. 11**) réservé à ce genre de mesures.



**Figure n° 11 : Appareil de multi-paramètres (pH, Température, Conductivité)**

*Source : (Cliché DILMI, 2021)*

### III.2.2. Analyses au Laboratoire

#### III.2.2.1. Principe de détermination de la Turbidité

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée (**Fig. 12**).



Figure n° 12 : Turbidimètre

Source : (Cliché DILMI, 2021)

### III.2.2.2. Principes du dosage éléments chimiques

#### A/ Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) : Titrimétrie par l'EDTA

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A à pH entre 12 et 13. Ce dosage s'ait en présence du Murexide, l'E.D.T.A réagi tout d'abord avec les ions calcium libres puis avec les ions calcium combinés avec l'indicateur coloré qui vire alors de la couleur rouge au violet. La méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

#### B/ Chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

Les chlorures ont été dosés avec le nitrate d'argent, selon la méthode de Mohr, après ajout d'un indicateur coloré qui est le chromate de potassium.

#### C/ Sodium et Potassium ; Méthode de photométrie de la flamme.

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino-terreux. Ainsi, les éléments à analyser comme Sodium, Potassium, Lithium, Calcium etc ... sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions (**Fig. 13**)



**Figure n° 13 : Appareil Dr LANGE (JENWAY)**  
*Source : (Cliché DILMI, 2021)*

#### **D/ Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de  $\text{BaCl}_2$ .

#### **E/-Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

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

#### **F/-Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm.



**Figure n° 14 : Spectrophotomètre UV Visible**  
*Source : (Cliché DILMI, 2021)*

**G/- l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

**H/- phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)**

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

**III.2.3. Méthodes Bactériologiques****III.2.3.1. Dénombrement des bactéries coliformes et d'Escherichia Coli**

On entend par coliforme des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capable de se multiplier en présence de sels bilinéaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprises entre 36 et 37°C. Les coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés que les coliformes mais à 42 ± 2°C.

Les Echerichia Coli sont des coliformes thermo tolérants ayant la particularité de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 42 ± 2°C.

Le dénombrement des Coliformes est basé sur la filtration d'un volume donné d'échantillon d'eau bien homogénéisé à travers une membrane filtrante de porosité 0,45 µm. La membrane est transférée sur un milieu de culture sélectif de gélose lactosée contenant du chlorure de triphényl-2,3,5 tétrazolium comme indicateur coloré. Ce dernier est réduit en jaune par les Coliformes.

Incubation de la membrane pendant minimum 18 heures et maximum 24 heures : soit à 36°C ± 2°C pour la recherche des bactéries coliformes, soit à 44°C ± 0,5°C pour la recherche des coliformes thermorésistants.

Dénombrement direct des colonies caractéristiques formées sur la membrane, et repiquage sur milieux de confirmation.

Calcul du nombre d'organismes susceptibles de se trouver dans minimum 100 ml d'échantillon.

### **III.2.3.2. Dénombrement des entérocoques intestinaux (ou Streptocoques fécaux)**

La recherche et le dénombrement des entérocoques est fondé sur la filtration de l'échantillon à analyser à travers une membrane filtrante ayant une porosité de 0,45  $\mu\text{m}$  suffisante pour retenir les bactéries.

Le filtre est placé sur un milieu sélectif solide contenant de l'azoture de sodium pour supprimer la croissance des bactéries gram-négatif et du chlorure de 2, 3,5-triphenyl-tetrazolium, qui est réduit en formazan rouge par les entérocoques intestinaux.

### **III.2.3.4. Recherche et dénombrement des Spores de bactéries Anaérobies**

#### **Sulfito-Reductrices**

- Rétention des spores de bactéries sur le filtre de 0,22  $\mu\text{m}$  (de préférence, sinon 0,45  $\mu\text{m}$ ) après destruction des forme végétative par chauffage de l'échantillon à  $75 \pm 5^\circ\text{C}$  (bain-marie) pendant 15 min ;
- Incubation de la membrane sur milieu gélose Viande-Foie (ou milieu gélosé Tryptose sulfite) additionné d'une ampoule de sulfite de sodium et une ampoule d'alun de fer pendant  $22 \pm 2$  h et  $44 \pm 4$  h à  $37^\circ\text{C}$  ;
- Dénombrement des colonies noir coin coloration est due à la réduction des sulfites en sulfure par action des bactéries sulfure réagissent avec le fer couleur noire.

### **III.2.3.5. Recherche et dénombrement des GAMT à $22^\circ\text{C}$ et à $37^\circ\text{C}$**

Le dénombrement des germes hétérotrophes ration de volume terminé échantillon ou de dilution de l'échantillon dans un milieu de culture nutritif strictement définis et non sélectif.

La lecture et faire après  $48 \pm 4$  heures et  $36^\circ\text{C} \pm 2$  degrés Celsius d'une part et après  $68 \pm 4$  h d'incubation à  $22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  d'autre part.

Le calcul du nombre d'unité de colonie former (U.C.F) par millilitre d'échantillon et effectué à partir du nombre 2 colonies former dans ou sur le milieu.

Dans le sens de cette méthode, en étant par mes crocs organisme: Bactérie levure ou moisissure, capable de se développer aero bios, et formant des colonies sur le milieu spécifier et effectuer selon les conditions de la méthode spécifiée.

*Chapitre IV :*  
**RESULTATS ET DISCUSSION**

## Chapitre IV : Résultats et Discussion

### IV.1. Présentation et discussion des résultats

Nous nous intéressons dans ce travail aux paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de cinq forages (05) et de deux (02) réservoirs, grâce auxquels la ville d'Ain DEFLA sécurise ses besoins en eau potable. Les données présentées ultérieurement sont celles de l'année 2020 et 2021.

#### IV.1.1. Qualité physico-chimique

##### IV.1.1.1. Eléments physiques

###### IV.1.1.1.1. Température

Suivant les résultats obtenus (**figure n° 15**), nous remarquons que les valeurs de la température des eaux distribuées dans différents quartiers de la ville d'AIN DEFLA pendant l'année passée «2020» et l'année actuelle «2021» varient entre 13.6 °C et 27.1 °C.

En effet, les eaux de forages destinées à la consommation humaines des quartiers de SOUIAK , EL ARAIBIA , MCHAYAKH , SOUABEL Partie de HADJ SADOUK 1, Hay NASR, Rue EMIR AEK, Boulevard de CHOUHADA, Boulevard de IBN BADIS 142 , se caractérisent par des valeurs des températures inférieures à 25°C à la norme recommandée par l'OMS et l'état algérienne .

Par contre, les valeurs de températures enregistrées aux niveaux de réservoirs de distribution, notamment les R.Ch, R.HS qui alimentent Cité NADJEMA, Hay FERHAT, EPLF villas (Côté sud de la ville), sont supérieures à la norme de 25°C. Cette légère augmentation en T°C peut être justifiée par l'état de remplissage en eau des réservoirs et l'effet de la température atmosphérique.

Globalement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant, une température supérieure à 15°C favorise parfois le développement de certains microorganismes dans les canalisations ou réservoirs en influençant au fil du temps sur la qualité de l'eau De plus, elle peut également altérer les paramètres organoleptiques comme l'intensification des odeurs et saveurs. Par contre, une température inférieure à 10°C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux [**Rodier ,2009**].

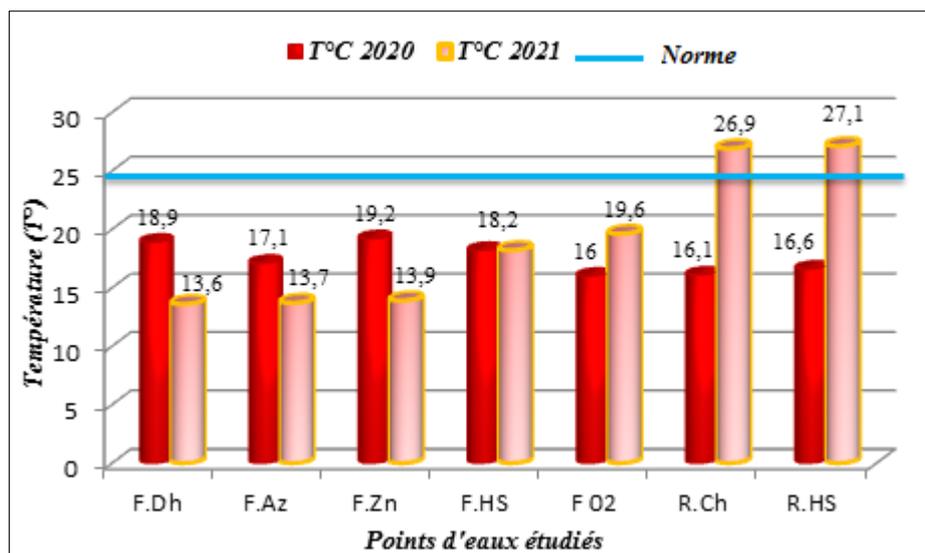


Figure n° 15 : Variation des températures des eaux des forages et réservoirs alimentant la ville d'AIN DEFLA

#### IV.1.1.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

D'après les résultats obtenus (**figure n° 16**), on observe que les valeurs de Ph oscillent entre 6.60 et 7.84 pour l'ensemble des points étudiés (forages et réservoirs). Ces valeurs sont dans la fourchette de la norme fixée par l'OMS qu'est de 6.5 à 8.5.

Globalement, un pH acide peut conduire à mobiliser certains métaux du sol et des réseaux de tuyauterie, ce qui augmente leur biodisponibilité et change leur toxicité [**Redjem et Rahmouni, 2018**]. Par contre, un pH très basique peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution. En effet, l'OMS précise qu'un faible pH peut poser des problèmes de corrosion, alors qu'un pH élevé entraîne des problèmes de goût et de consommation accrue de savon; elle recommande un pH inférieur à 8 pour une bonne désinfection par le chlore [**Rodier, 2009**].

Donc le pH est l'un des paramètres parmi les plus importants de la qualité de l'eau, qui doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement.

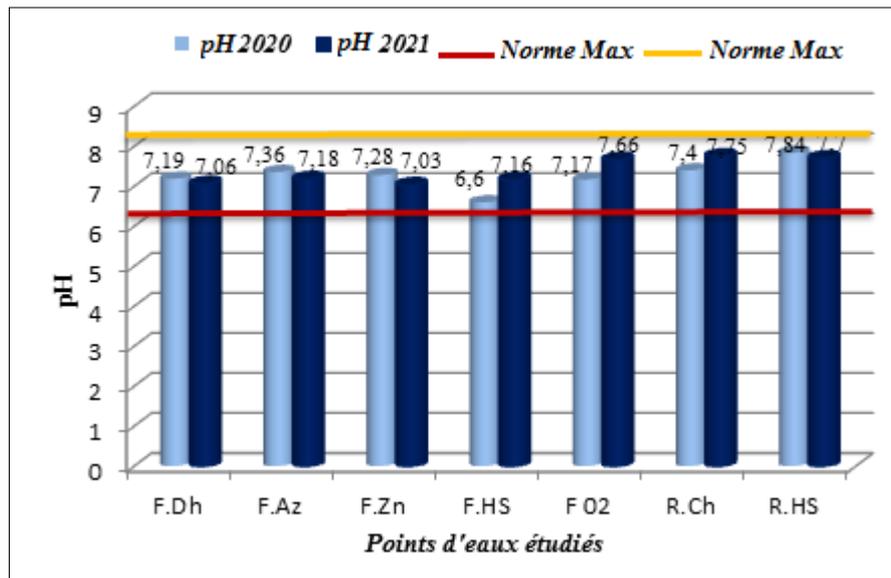


Figure n° 16 : Variation de pH des eaux des forages et réservoirs alimentant la ville d'AIN DEFLA

#### IV.1.1.1.3. Conductivité électrique (CE)

Selon les résultats obtenus et présentés dans la figure suivante, On constate que les valeurs de la CE des eaux des forages et des deux réservoirs fluctuent entre 800 et 2780 uS/cm. Les valeurs basses ont été enregistrées dans le F.Azla (830 uS/cm en 2020 et 800 uS/cm en 2021), ce qui signifie que ces eaux sont caractérisées par une dureté basse, ainsi que le taux des sels dissous (TDS). .

Pour les autres eaux des forages et réservoirs, les CE dépassent les 1000 uS/cm, mais elles restent dans la norme de potabilité en se référant aux normes nationales et celles de l'OMS. En effet, une conductivité élevée peut être justifiée par une minéralisation globale de l'eau élevée. C'est le cas de F02 où la CE dépasse 2700 uS/cm durant l'année 2021.

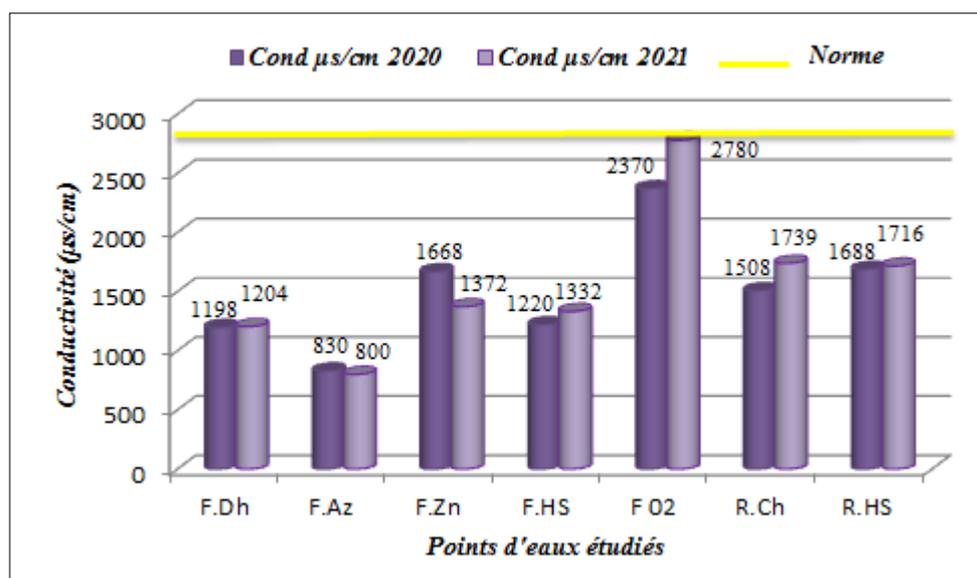


Figure n° 17 : Variation de la conductivité des eaux des forages et des réservoirs alimentant la ville D'AIN DEFLA

#### IV.1.1.1.4. Turbidité

D'après les résultats obtenus à l'aide d'un turbidimètre (**figure n° 18**), les valeurs de la turbidité d'eaux des forages et réservoirs de distribution sont comprises entre 0.16 NTU et 0.98 NTU, c.-à-d. elles sont inférieures à 1NTU et au même temps sont compatibles aux normes algériennes et de l'OMS « 5 NTU ». Exception faite pour le F.Zn qui a une turbidité remarquable « 19.5 NTU » qui alimente le quartier « SOUABEL ». Cette augmentation est due probablement à la présence des particules en suspension et des colloïdales tels que argiles, limons, grains de silice, matières organiques. Globalement, la turbidité de l'eau souterraine est surtout inorganique et causée par des facteurs géologiques naturels

En réalité, la mesure de la turbidité, très utile pour le contrôle d'un traitement, il semblerait qu'une turbidité supérieure à 5 NTU limiterait la destruction des coliformes par le chlore résiduel libre. Par ailleurs, les particules en suspension peuvent entraîner des goûts et odeurs désagréables [Rodier ,2009].

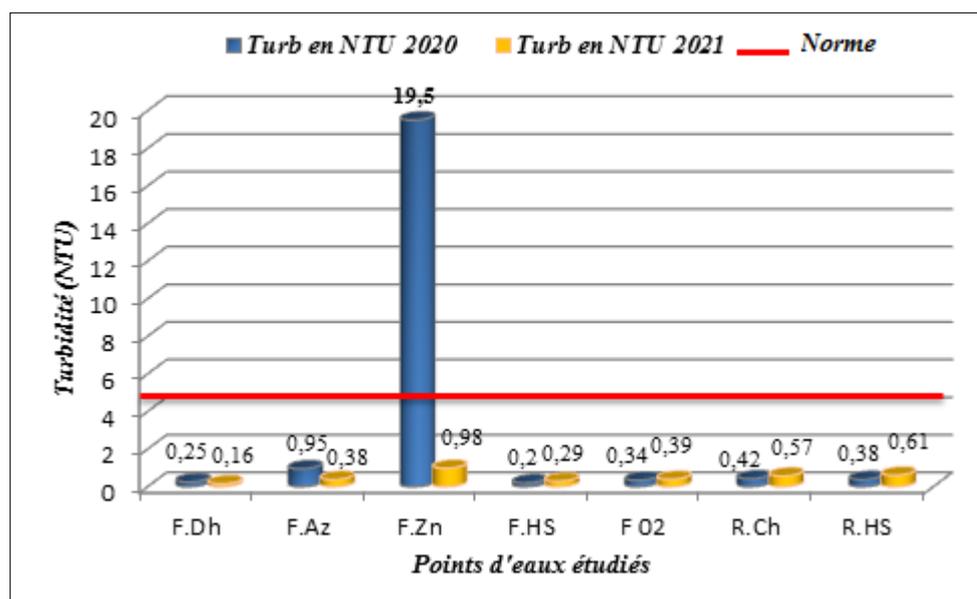


Figure n° 18 : Variation de la concentration de la turbidité des eaux des forages et des deux réservoirs alimentant la ville d'AIN DEFLA

#### IV.1.1.2. Paramètres chimiques

##### IV.1.1.2.1. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

De l'analyse des résultats obtenus (**figure n°19**), on constate que les valeurs de calcium diffèrent entre 84 et 188 mg/l au cours les deux périodes d'échantillonnage (2020 et 2021). Ces valeurs sont inférieures à la valeur indicative fixée à 200 mg/l par la réglementation algérienne, ce qui montre que les eaux de forages et des deux réservoirs sont conformes à la norme de potabilité par rapport à ce paramètre. D'ensemble, la valeur maximale a été observée au niveau du forage F 02 d'une capacité de 30 l/s, ce dernier alimente « le domaine KOUADRI ».

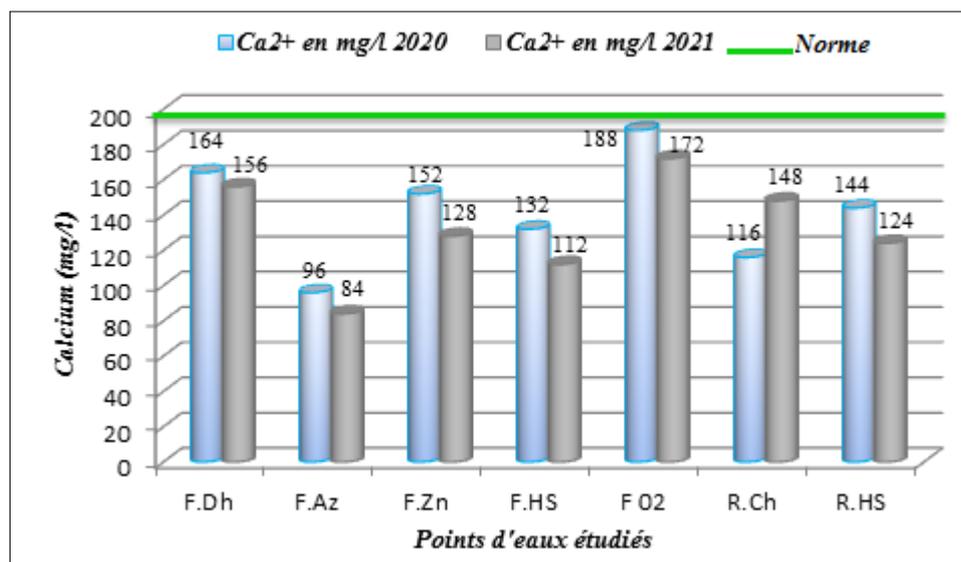


Figure n° 19 : Variation de la concentration de calcium des eaux des forages et des réservoirs (ville d'AIN DEFLA)

#### IV.1.1.2.2. Magnésium (Mg<sup>2+</sup>)

Considéré comme l'un des éléments de la dureté, les résultats obtenus des eaux analysées (figure n° 20) montrent clairement que les teneurs en magnésium varient entre 21.87 et 82.62 mg/l au cours de l'année actuelle et l'année précédente.

D'après l'examen des résultats, on peut retenir les points suivants :

- Les valeurs de Mg<sup>2+</sup> ont diminué pendant les deux années d'échantillonnage (2020 à 2021) pour le F.Dh, F.Az, F.Zn, F 02, et R.Ch. Par contre, elles augmentent pour le forage F.HS et le réservoir de HS,
- Les valeurs de Mg<sup>2+</sup> sont minimales à 50 mg/l pour les forages suivants : F.Dh, F.Az (2020-2021) ; F.Z (2021) et R.HS (2020). Ce qui montre que ces eaux sont compatibles avec les normes algériennes où la valeur est limitée par 50 mg/l.

Les valeurs sont maximales à 50 mg/l pour les forages suivants : F.HS, F 02, R.Ch (2020-2021), R.HS (2021), F.Zn (2020) dont la valeur maximale est 82.62mg/l, dépassant la norme recommandée. Cette augmentation revient principalement au facteur géologique (Présence des formations dolomitiques). Car parmi les caractéristiques des dolomites (Roche sédimentaire carbonatée) un carbonate double de calcium et de magnésium, de composition chimique Ca Mg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

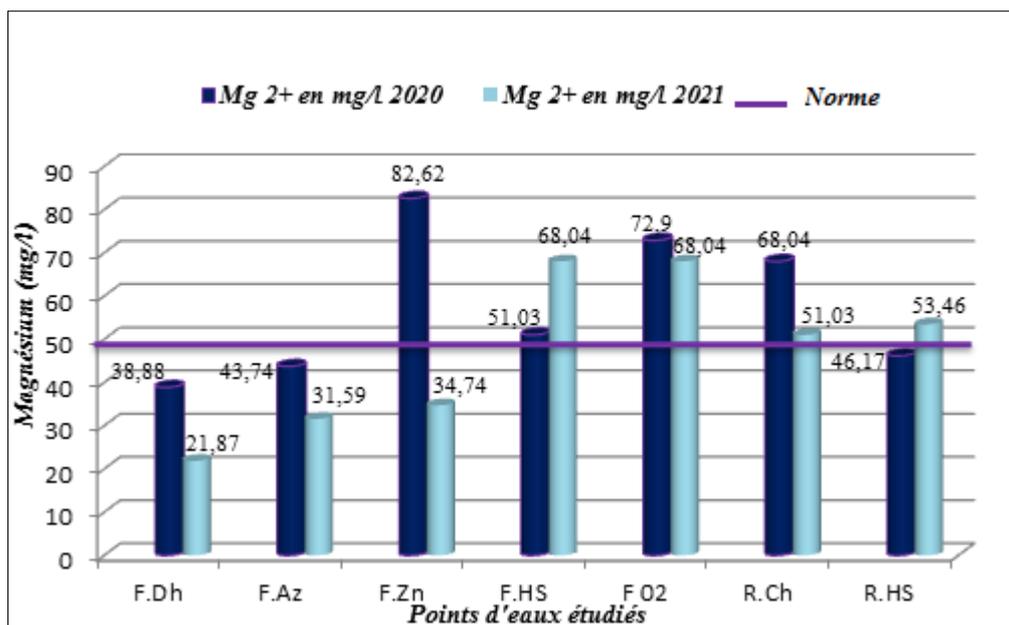


Figure n° 20 : Variation de la concentration de magnésium des eaux analysées (forages et réservoirs) de distribution dans la ville d'AIN DEFLA

#### IV.1.1.2.3. Chlorures (Cl<sup>-</sup>)

Les résultats de la figure suivante indiquent que les valeurs des chlorures sont variables entre 101.17 et 485.66 mg/l dont la valeur supérieure est notée au niveau de F 02 « 485.66 mg/l ». Pour forages suivants : F.Dh, F.Az, F.Zn, la teneur de chlorure ne dépasse pas 250 mg/l, et reste dans la norme de potabilité de l'OMS. Cependant, les eaux de F.HS, F.02, R.Ch, R.HS ont connu une augmentation en ce qui concerne ce paramètre chimique. Globalement, les normes algériennes tolèrent jusqu'aux 500 mg/l » de Cl<sup>-</sup>.

En effet, les sources des chlorures sont naturelles (formations géologiques), dans ce sens on peut expliquer que cette teneur est dues à la présence d'une série saline datant du triasique dans la région et anthropiques (pollution ponctuelle).

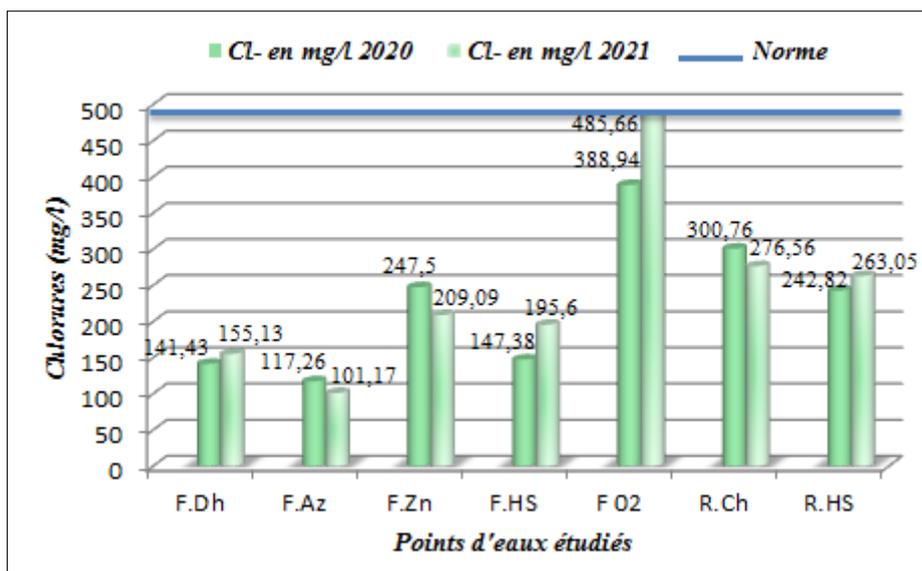


Figure n° 21 : Variation de la concentration des chlorures des eaux analysées (forages et réservoirs) alimentant la ville d’AIN DEFLA

#### IV.1.1.2.4. Sodium

D’après l’analyse des résultats obtenus (figure n° 22), nous remarquons que les valeurs de sodium fluctuent entre 43.5 et 176 mg/l, mais elles restent conformes aux normes fixées par la directive algérienne dont la valeur guide est 200 mg/l.

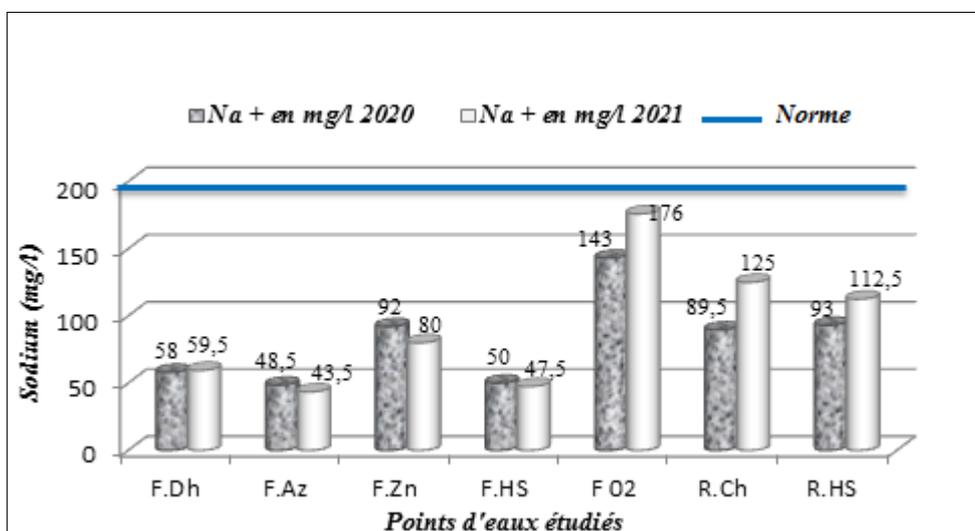
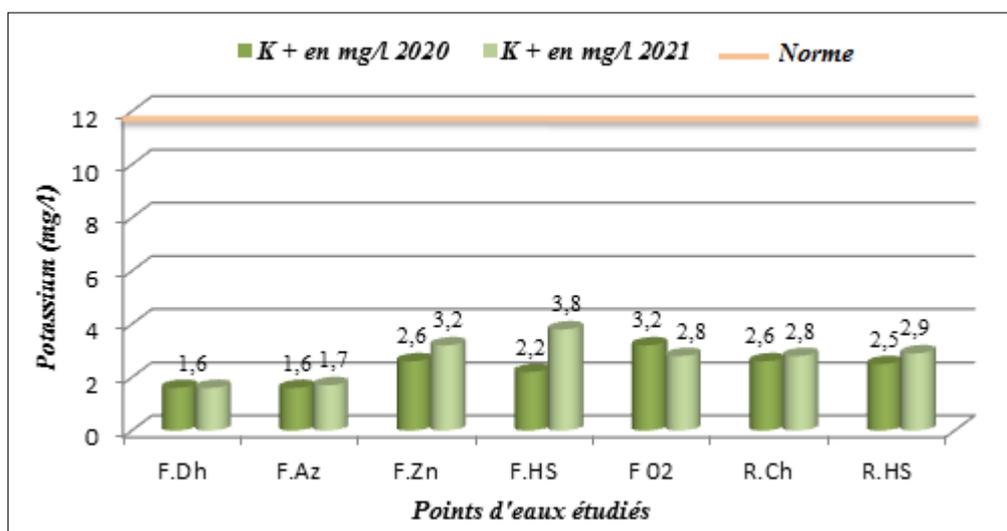


Figure n° 22 : Variation de la concentration de sodium des eaux des forages et des deux réservoirs de la ville d’AIN DEFLA

#### IV.1.1.2.5. Potassium

D'après les résultats obtenus (**figure n° 23**), Les valeurs ne dépassent pas 4 mg/l pour tous les forages et les réservoirs de la ville d'AIN DEFLA. La valeur maximale est enregistrée au niveau du F.HS « 3.8 mg/l » pour cette année.

En comparant nos résultats aux normes algériennes et on résulte que les eaux analysées sont conformes, dont la valeur fixée est « 12 mg/l ».



**Figure n° 23 : Variation de la concentration de potassium des eaux des forages et des réservoirs destinées à l'alimentation de la ville d'AIN DEFLA**

#### IV.1.1.2.6. Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

D'après les résultats obtenus et présentées dans la figure ci-dessous, on constate que les valeurs de sulfates varient entre 102 et 391.21 mg/L. La valeur maximale est enregistrée au niveau du forage F O2 avec une valeur de « 391.21 mg/l » et est inférieure par rapport aux normes admises par l'O.M.S qui recommande « 500 mg/l » comme une valeur limite « 500 mg/l » et même pour les directives algériennes « 400 mg/l », donc les eaux analysées sont potable par rapport à ce paramètre chimique.

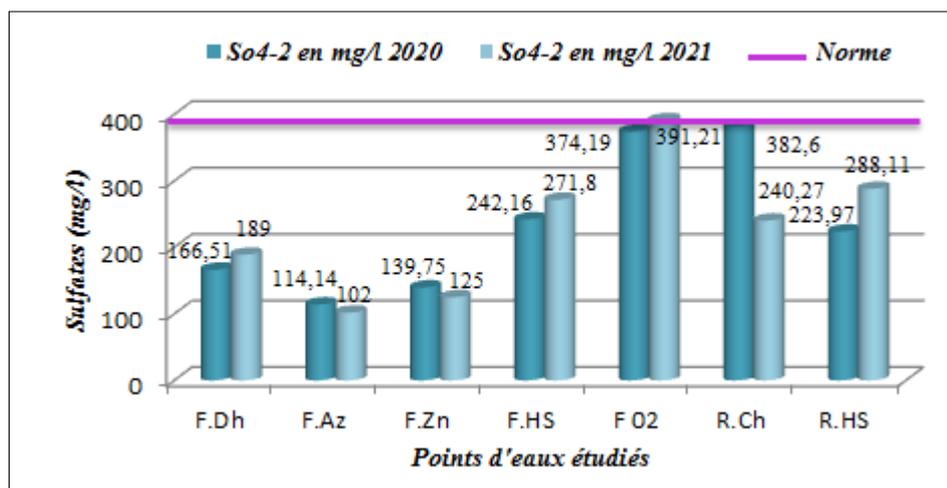


Figure n° 24 : Variation de la concentration des sulfates des eaux alimentant la ville d'AIN DEFLA

#### IV.1.1.2.7. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les résultats obtenus et présentés dans la figure ci-après montrent que les valeurs de nitrates sont différentes entre 8.1 et 85.06 mg/l, dont la valeur supérieure est enregistrée au niveau du forage F.Zn « 85.06 mg/l ». Cette augmentation est due principalement à l'infiltration des eaux polluées par les engrais agricoles.

En fait , les valeurs minimales (inférieure de 50 mg/l) sont enregistrées pour les forages suivants : F.Az, F.O2 (2020-2021), F.HS (2020) et pour les deux réservoirs R.HS, et R.CH(2020-2021) .Par contre , les valeurs des  $\text{NO}_3^-$  qui dépassent sont observées au niveau des forages de F.Dh, F.Zn (2020-2021) et Réservoirs R.HS (2021), dont la valeur maximale est 82.06 mg/l, ce qui montre que ces points d'eau ne sont pas compatibles aux normes exigées par la réglementation algérienne ainsi que de celles de l'OMS.

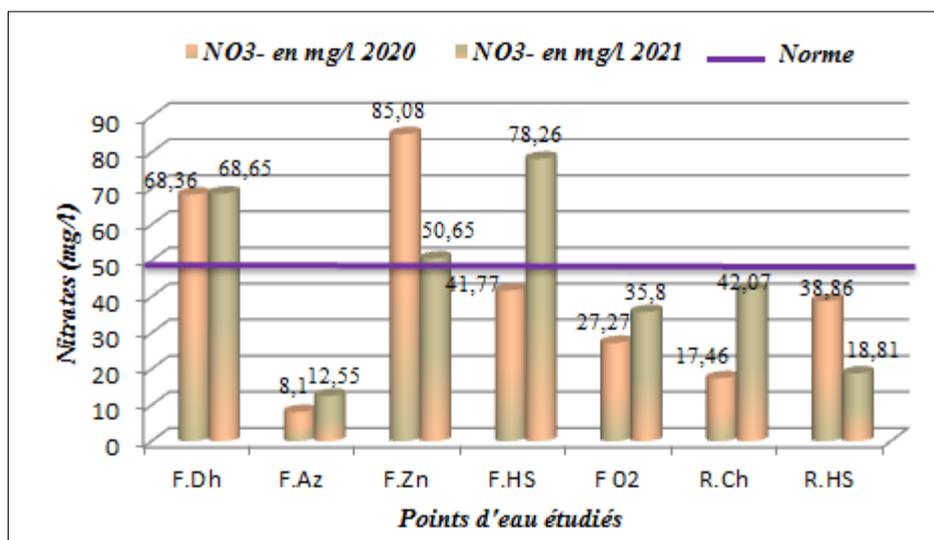


Figure n° 25 : Variation de la concentration des valeurs de nitrates pour les eaux des forages et réservoirs alimentant la ville d’AIN DEFLA

IV.1.1.2.8. Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

D’après les résultats obtenus (figure n° 26), on observe que les valeurs des nitrites sont les mêmes pour les eaux des 5 forages et les 2 réservoirs (0.02 mg/l), mais restent dans l’ensemble inférieure de la norme édictée pour l’eau destinée à la consommation humaine.

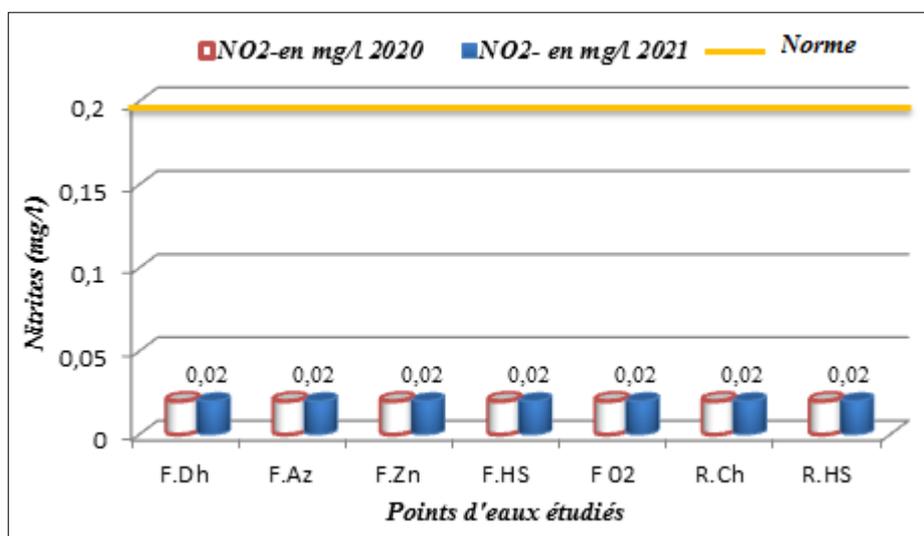
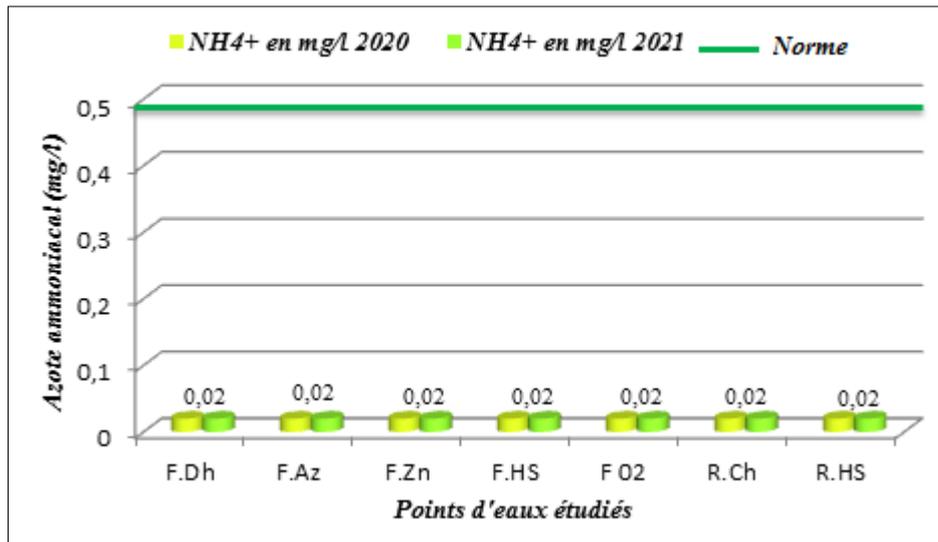


Figure n° 26 : Valeurs de la concentration des nitrites pour les eaux des forages et des deux réservoirs alimentant la ville d’AIN DEFLA

#### IV.1.1.2.9. Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

Suivant les résultats obtenus (**figure n° 27**), on remarque que tous les résultats ne dépassent pas « 0.1 mg/l » dans tous les forages et même les réservoirs, sachant que la valeur limite est de 0.5 mg/l, ce qui montre que les eaux analysées sont potables par rapport à ce paramètre azoté.



**Figure n° 27 : Variation de la concentration d'azote ammoniacal des eaux alimentant la ville d'AIN DEFLA**

#### IV.1.1.2.10. Orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

De l'analyse des résultats obtenus (**figure n° 28**), on constate que les valeurs de phosphates ne dépassent pas 0.1 mg/l, dont la valeur supérieure est 0.09 mg/l. Ainsi, les eaux analysées des forages et réservoirs sont potable car elles sont conformes à la norme qui est de 0.5 mg/l.

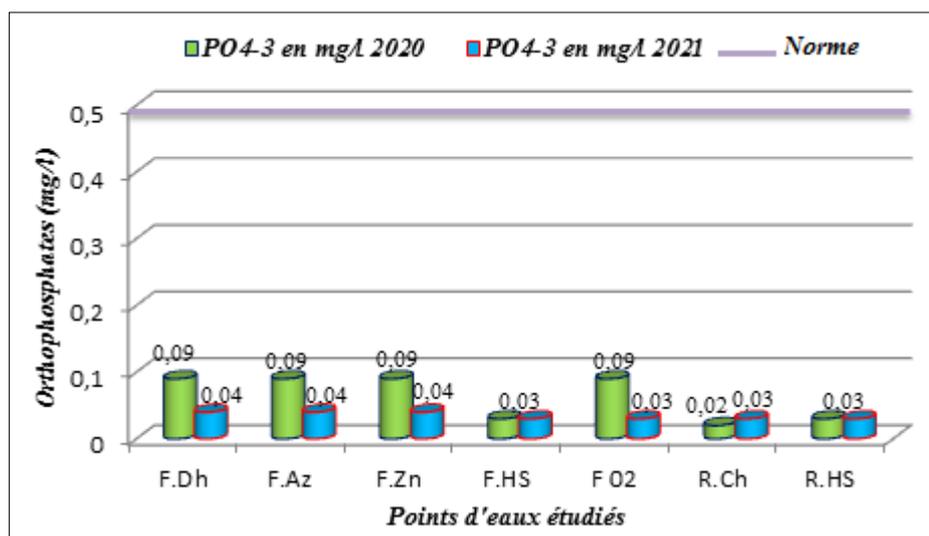


Figure n° 28 : Variation de la concentration des Orthophosphates des eaux destinées à la ville d'AIN DEFLA

#### IV.1.2. Qualité Bactériologique

Habituellement, la pollution bactériologique de l'eau est évaluée à travers la recherche et le dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale dont la présence en nombre élevé indique une pollution d'origine fécale et renseigner également sur la présence des espèces microbiennes de nature pathogènes [Karrouch et Chahlaoui, 2009]. Ainsi, les analyses microbiologique ont but de vérifier l'efficacité du processus de traitement de l'eau destinée aux consommateurs.

Pour notre travail, la recherche et le dénombrement des coliformes fécaux, Streptocoques fécaux, Clostridium Sulfito-réductrices, et les Germes aérobies mésophiles totaux à 22°C et 37°C (Tableau ci-après), montrent que les eaux analysées des différents points (forages et Réservoirs de distribution) durant les années 2020 et 2021, sont de bonne qualité en se référant aux normes nationales ainsi que de celles de l'OMS de potabilité. Exception observée pour les coliformes totaux (Tab. 12) où on a enregistré des cas de CT pour les eaux de Forages de F.Dh, F. Zn et F. Az. Cette présence en ce genre de germes peut être expliqué par au rejet domestique, au lessivage des sols agricoles et infiltration des eaux chargés en matière organique d'origine animale. A ceci s'ajoute le manque ou l'insuffisance du processus de désinfection par le Chlore résiduel malgré la concentration élevé des chlorures ; car il y a certains kystes, tels que le Cryptosporidium (organisme unicellulaire), résistants à la chloration en partie à cause de leur épaisse membrane extérieure, ainsi que ; si

l'eau contient des sédiments, il est possible que les bactéries résidant à l'intérieur ne soient pas atteintes par le chlore.

En effet, une telle salubrité des eaux, pourrait être interprétée par un certain nombre de points, à savoir :

- Origine souterraine des eaux, donc à l'abri souvent des pollutions de type biologique,
- Respect des normes de sécurité pour l'établissement des réseaux (le réseau d'AEP doit toujours surmonter celui des eaux vannes),
- Étanchéité des canalisations transportant l'eau de boisson,
- Efficacité du traitement au niveau des stations de traitement des eaux.

**Tableau n° 12 : Valeurs des paramètres bactériologiques durant deux périodes d'échantillonnage des eaux de forages et Réservoirs.**

Année d'échanti.	Point de prélèv.	Cl2	Ct	E.coli	SF	Gt à 22°C	Gt à 37°C	ASR
		mg /l	/100ml	/100ml	/100ml	/1ml	/1ml	/20ml
<b>Année 2020</b>	<b>F.Dh</b>	00	45	00	00	01	00	00
	<b>F.Az</b>	00	100	00	00	13	00	00
	<b>F. Zn</b>	00	28	00	00	00	00	00
	<b>F.02</b>	0.1	14	00	00	36	112	00
	<b>R.Dh</b>	0.2	00	00	00	00	00	00
	<b>R.Az</b>	0.1	00	00	00	00	00	00
<b>Année 2021</b>	<b>F.Dh</b>	00	45	00	00	55	130	00
	<b>F.Az</b>	00	100	00	00	300	12	00
	<b>F. Zn</b>	00	28	00	00	08	04	00
	<b>F.HS</b>	00	00	00	00	00	32	00
	<b>F.02</b>	/	15	00	00	300	264	01
	<b>R.Dh</b>	0.2	00	00	00	26	14	00
	<b>R.HS</b>	0.1	00	00	00	00	00	00
	<b>R.Ch</b>	0.1	00	00	00	23	21	00

***CONCLUSION GENERALE ET  
RECOMMANDATIONS***

## **Conclusion générale et recommandations**

Au terme de ce travail de fin d'études, nous avons arrivés à conclure par les points suivants :

➤ La ville d'AIN DEFLA, située au Nord-ouest d'Algérie, répartie sur une superficie de 86 Km<sup>2</sup>, est tributaire en grande partie des eaux souterraines pour satisfaire ses besoins en eau potable. A ceci s'ajoute une quantité provenant du barrage Sidi M'hamed Ben Taïba.

➤ En général, l'évolution observée de la qualité de l'eau entre 2020 et 2021 est représentée par une bonne eau consommable; d'après les analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées, répondant ainsi aux critères de potabilité fixés par les normes nationales et internationales.

➤ Les analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux des forages et des deux réservoirs de stockage et distribution ont fait ressortir que ces eaux sont conformes aux normes nationales et internationales (OMS) de potabilité, à l'exception de nitrates où les valeurs dépassent la limite recommandée qui est de 50 mg/l au niveau des forages de F.Dh, F.Zn (2020-2021) et Réservoir R.HS (2021).

➤ Du point de vue bactériologique, les eaux des forages et des réservoirs distribués dans la ville d'AIN DEFLA sont de bonne qualité pour l'ensemble des germes évalués, mise à part les coliformes totaux qui ont été enregistrés au niveau des forages de F.Dh, F. Zn, F. Az et F 02.

A la lumière de ces résultats, nous recommandons un certain nombre d'actions pour la meilleure gestion de l'eau destinée à la consommation humaine des populations d'AIN DEFLA :

- Réglementer l'utilisation des fertilisants agricoles, azotés et phosphorés, ainsi que les produits phytosanitaires dans l'agriculture ;
- Maintien dans le réseau d'une concentration en chlore résiduel libre suffisante, pour y prévenir tout développement microbien ;
- Nettoyage, entretien et désinfection d'une manière régulière les réservoirs de stockage et de distribution
- Activer le processus de récupération et de traitement des eaux usées non seulement au sein de la ville d'AIN DEFLA, mais aussi à l'échelle de l'ensemble du bassin versant du Haut Cheliff ;

- Lutte contre les points de cross-connexion des réseaux d'AEP ;
- Lutte contre les fuites de réseaux d'AEP et les points de débordement des réseaux d'assainissement ;
- Sensibilisation des populations envers la préservation des ressources naturelles, notamment l'eau, afin de concrétiser le concept du développement durable.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 01)-ANDI :** Agence Nationale de Développement des Investissements, 2013 : Monographique de la wilaya d'Ain defla, Disponible sur le site : <http://www.andi.dz/> (Consulté le 04/2017).
- 02)-AUBRIL CARHON, Laure;** Responsable Territoriale Régions Normandie et Centre-Val de Loire · ANFA, 2013.
- 03)-Benbouzid H. et Fares kh, 2017 :** Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de source dans la localité de Abdelmelek Ramdan, mémoire de fin d'études université de Mostaganem. Disponible sur le site d'internet : <http://e-biblio.univ-mosta.dz> (consulté en juin 2021).
- 04)-Blindu I., 2004 :** Outil d'aide au diagnostic du réseau d'AEP pour la ville de CHISINAU par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques, Thèse de doctorat, disponible sur le site d'internet : [www.archives-ouvertes.fr](http://www.archives-ouvertes.fr) (consulté juin 2021)
- 05)-Bouchedja A., 2012 :** la politique de l'eau en Algérie, 10ème Conférence Internationale, Istanbul – Turquie – 17 au 19 Octobre 2012, disponible sur le site d'internet : <https://www.riob.org> (consulté en 2021).
- 06)-Boughrous A A., 2007 :** Biodiversité, écologie et qualité des eaux souterraines de deux régions arides du Maroc : le Tafilalet et la région de Marrakech, Thèse de doctorat, université Marrakech, Maroc ,207p. Disponible sur le lien suivant : [www.taxonomy.be/.../Ali-Ait-Boughrous.../these-ait-boughrous.../these-ait](http://www.taxonomy.be/.../Ali-Ait-Boughrous.../these-ait-boughrous.../these-ait).
- 07)-Dahmani N M., 2016 :** étude hydrologique et hydrogéologique du bassin versant de l'Oued Saida, mémoire de magister, université de d'ORAN 2, disponible sur le site : [www.univ-oran2.dz](http://www.univ-oran2.dz) (consulté mars 2021).
- 08)-El Ouali Lalami A. et al.2014 :** Contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès au Maroc, *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S1) (2014) 2325-2332. ISSN : 2028-2508.
- 09)-Hachemaoui Ch., 2007 :** Etude et simulation de la variation et de la propagation de la pollution dans la nappe de Saida, mémoire de magistère, université Stanbouli Mustapha-Mascara(Algérie),
- 10)-HadeF Dj.et Hasni M., 2017 :** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W. Ain Defla, mémoire de master, université de Djilali Bounaama –Khemis Miliana.

- 11)-Hassi M., 2014 :** Microbiologie appliquée, cours pour licences, université d'Agadir \_Maroc, disponible sur internet.
- 12)-Hellier E.et Vaucelle H., 2011 :** les utilisations de l'eau et leurs usages, document de synthèses, disponible sur le site d'internet ; <http://uved.univ-lemans.fr/docs/Grain-2.pdf> (consulté juin 2021).
- 13)-Hounsounou E.O et al. 2018 :** contamination des eaux des puits par les salmonelles et les vibrions non-O1/non-O139 dans les quartiers précaires du 6ème arrondissement de COTONOU (Sud de Bénin), *European Scientific Journal*, edition Vol.14, No.6 ISSN: 1857 – 7881.
- 14)-INSP, 2000 :** Situation épidémiologique sur la base des cas déclarés à L'INSP. Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie.07 Mars 2009.
- 15)-Katteb A., 2010 :** professeur d'université Bouira, Ecole Nationale Polytechnique (ENP) - Alger, Laboratoire de Recherche des Sciences de l'Eau (LRS-EAU) ; Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision ; disponible sur le site : <https://www.researchgate.net>
- 16)-Kerkeb .A ,2011 :** Diagnostic de la qualité des eaux distribuées dans la ville de saïda (nord-ouest de l'Algérie) et problèmes rencontrés dans son réseau d'alimentation en eau potable, mémoire de magister, université de Djilali Liabes – Sidi Bel Abbés, 156 p.
- 17)-Maliki S S., 2006 :** Politique de l'eau en Algérie ; les modèles marchands face à la pauvreté, les Cahiers du MECAS, N° 2, disponible sur le site : [www.researchgate.net/publication](http://www.researchgate.net/publication) (consulté en juin 2021).
- 18)-Mania J., et Djeda F., (1990) :** Hydrogéologie de la plaine alluviale du Haut Cheliff de la région de Khemis–Miliana (Algérie). Bull. Soc. Géol. France, 1990, (8), t, VI, n° 3, pp. 505-513.
- 19)-Mélinda MAUX :** IPL – Santé, Environnement Durables Nord, France ; **Tristan SIMONART :** Institut Pasteur de Lille (1993-2008) ; Surveillance microbiologique de l'eau
- 20)-Ministère de la Santé Canada, 2008 :** Document de conseils sur le potassium provenant des adoucisseurs d'eau, Ottawa-Canada. Disponible sur le site d'internet <https://www.canada.ca> (consulté en Mai 2021).
- 21)-Morel J., 2007 :** Les ressources en eau sur Terre : origine, utilisation et perspectives dans le contexte du changement climatique – un tour d'horizon de la littérature, note de synthèse, disponible sur le site : [www.archives-ouvertes.fr](http://www.archives-ouvertes.fr) (consulté 2020).

- 22)-Office nationale des services de l'eau et d'assainissement**, traitement de l'eau potable. Disponible sur le site d'internet : [www.services.eaufrance.fr](http://www.services.eaufrance.fr) (consulté juin 2021).
- 23)-OMS** : organisation mondiale de la sante, 07/04/1948.
- 24)-Orelien F., 2017** : Etude de la qualité des eaux destinée à la consommation humaine dans le sous bassin versant de Ravine Diable (Anse-a-veau), mémoire de master, université de liège –Belgique, Disponible sur le site d'internet : <https://matheo.uliege.be/> (consulté mai, 2021).
- 25)-Organisation Mondiale de la Santé, 2014** : Directives de qualité pour l'eau de boisson, 04<sup>ème</sup> édition. Disponible sur le site d'internet : <https://apps.who.int> (consulté juin 2021).
- 26)-Revue de presse thématique n° 27 (2003)**; Les maladies hydriques, Recherche et Gestion des savoirs RGS/AGC/SS Mars 2003 disponible sur site d'internet : <https://www.crstra.dz> (consulté février 2021).
- 27)-Rodier et al. 2009 : Rodier .Jean et al. ,2009** : L'analyse de l'Eau., 9<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris. 1526 p.
- 28)-SALGHI R., 2017** : Professeur à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir Première année GPEE « CHIMIE DES EAUX ».
- 29)-Zella L., 2007** : L'eau ; pénurie ou incurie, livre, office des publications universitaires, p12.
- 30)-Zella L., 2010** : Cas d'eaux, livre, office des publications universitaires, p111.

## WEBNET

- [1] : <http://www.eaurmc.fr>
- [2] : [www.apc.dz](http://www.apc.dz) ALGERIE PRESSE SERVICE, 2020.
- [3] : <https://www.canada.ca/>: Recommandation pour la qualité de l'eau potable au canada, document technique sur le Sodium (consulté en juin 2021).
- [4] : <https://www.anses.fr> : Evaluation des risques sanitaires liés au dépassement des limites de qualité des nitrates et des nitrites dans les eaux destinées à la consommation humaine , Fiche technique , 2001 ;( consulté en juin 2021) .
- [5] : <http://www.eau-seine-normandie.fr> : Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales, Agence de l'eau, 2008. (Consulté en juin 2021).
- [6] : <https://www.cieau.com>
- [7] : <https://www.lenntech.fr>

**ANNEXE 1 :**  
**MONOGRAPHIE DE LA WILAYA D'AIN DEFLA 2020, AU 31/12/2020**  
**SOURCE : DPSB**

Commune	Superficie (km <sup>2</sup> )	POPULATION AU 31/12/2020			poids par Commune	Densité (hab/km <sup>2</sup> )
		Masculin	Féminin	Total		
AIN-DEFLA	104,76	43720	43154	86874	9,37%	829
<b>Total Daira</b>	<b>104,76</b>	<b>43720</b>	<b>43154</b>	<b>86874</b>	<b>9,37%</b>	<b>829</b>
EL-ATTAF	84,29	35252	33604	68856	7,43%	817
TIBERKANINE	107,46	9323	9146	18469	1,99%	172
<b>Total Daira</b>	<b>191,75</b>	<b>44575</b>	<b>42750</b>	<b>87325</b>	<b>9,42%</b>	<b>455</b>
EL-KHEMIS	41,19	50541	49068	99609	10,75%	2418
SIDI LAKHDAR	35,35	13970	13383	27353	2,95%	774
<b>Total Daira</b>	<b>76,54</b>	<b>64511</b>	<b>62451</b>	<b>126962</b>	<b>13,70%</b>	<b>1659</b>
EL-AMRA	180,45	19904	19096	39000	4,21%	216
MEKHATRIA	104,41	10405	9921	20326	2,19%	195
ARIB	218,59	15976	15339	31315	3,38%	143
<b>Total Daira</b>	<b>503,45</b>	<b>46285</b>	<b>44356</b>	<b>90641</b>	<b>9,78%</b>	<b>180</b>
DJELIDA	204,48	22901	21820	44721	4,83%	219
BOURACHED	122,05	17779	17572	35351	3,81%	290
D O ,CHIEKH	136,94	4153	4137	8290	0,89%	61
<b>Total Daira</b>	<b>463,47</b>	<b>44833</b>	<b>43529</b>	<b>88362</b>	<b>9,53%</b>	<b>191</b>
BORD,E KHALED	169,63	5479	5205	10684	1,15%	63
TARIK I ZIAD	406,46	5535	5475	11010	1,19%	27
B.O.KHELIFA	65,8	8295	8030	16325	1,76%	248
<b>Total Daira</b>	<b>641,89</b>	<b>19309</b>	<b>18710</b>	<b>38019</b>	<b>4,10%</b>	<b>59</b>
MILIANA	39,27	25510	25260	50770	5,48%	1293
BEN-ALLEL	143,47	5405	5262	10667	1,15%	74
<b>Total Daira</b>	<b>182,74</b>	<b>30915</b>	<b>30522</b>	<b>61437</b>	<b>6,63%</b>	<b>336</b>
BATHIA	105,54	3293	3352	6645	0,72%	63
HASSANIA	146,72	1833	1813	3646	0,39%	25
BELAAS	151,94	2776	2865	5641	0,61%	37
<b>Total Daira</b>	<b>404,2</b>	<b>7902</b>	<b>8030</b>	<b>15932</b>	<b>1,72%</b>	<b>39</b>
DJENDEL	162,38	17893	17065	34958	3,77%	215
OUED CHORFA	79,06	7911	7446	15357	1,66%	194
BIRBOUCHE	75,02	2655	2521	5176	0,56%	69
<b>Total Daira</b>	<b>316,46</b>	<b>28459</b>	<b>27032</b>	<b>55491</b>	<b>5,99%</b>	<b>175</b>
AIN-LECHIEKH	132,85	8282	7844	16126	1,74%	121
OUED DJEMAA	244,17	4557	4583	9140	0,99%	37
AIN-SOLTANE	104,88	13433	12674	26107	2,82%	249
<b>Total Daira</b>	<b>481,9</b>	<b>26272</b>	<b>25101</b>	<b>51373</b>	<b>5,54%</b>	<b>107</b>
BOUMEDFAA	128,94	13757	13306	27063	2,92%	210
HOUCEINIA	71,47	4061	3938	7999	0,86%	112
<b>Total Daira</b>	<b>200,41</b>	<b>17818</b>	<b>17244</b>	<b>35062</b>	<b>3,78%</b>	<b>175</b>
HAMMAM RIGHA	81,67	5378	5156	10534	1,14%	129
AIN-BENIAN	30,82	3431	3279	6710	0,72%	218
AIN-TORKI	100,36	5870	5556	11426	1,23%	114
<b>Total Daira</b>	<b>212,85</b>	<b>14679</b>	<b>13991</b>	<b>28670</b>	<b>3,09%</b>	<b>135</b>
EL-ABADIA	105,41	26795	25833	52628	5,68%	499
AIN-BOUYAHIA	136,59	9995	9681	19676	2,12%	144
TACHETA	182,32	14639	14436	29075	3,14%	159
<b>Total Daira</b>	<b>424,32</b>	<b>51429</b>	<b>49950</b>	<b>101379</b>	<b>10,94%</b>	<b>239</b>
ROUINA	59,05	14306	13938	28244	3,05%	478
ZEDDINE	106,08	7920	8032	15952	1,72%	150
EL-MAINE	174,41	7426	7617	15043	1,62%	86
<b>Total Daira</b>	<b>339,54</b>	<b>29652</b>	<b>29587</b>	<b>59239</b>	<b>6,39%</b>	<b>174</b>
<b>Total Wilaya</b>	<b>4544,28</b>	<b>470359</b>	<b>456407</b>	<b>926766</b>	<b>100%</b>	<b>204</b>

## ANNEXE 2 :

Variations de précipitation de la période allant de 1987 à 2017, Source : l'ARNH Blida 2021

An/mois	Sept	Oct	nov	Dec	janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	annuel
1987	15.7	15.7	49.8	35.4	45.9	16	35.5	42.7	24.5	26	0.2	0	307.4
1988	30.6	30.6	18.2	86.1	2.4	26	61.6	55.1	5.2	13	0	23.9	352.7
1989	16.8	16.8	18.9	27.8	71.6	0	45.2	61.3	19.7	0	9.8	0	287.9
1990	5.8	5.8	55.6	55.7	54.7	62	62.3	18.9	7.8	5	0	2	335.6
1991	40.6	40.6	42	9.7	117.2	13.1	76.6	43.2	26.2	32.3	9.5	0	451.0
1992	26.9	26.9	36.5	15.6	1.6	53.2	47.3	94.3	23.7	0	0	0	326.0
1993	10	10	16.5	37.6	32.1	69.5	3.2	21.7	23.8	0	0	0	224.4
1994	28.6	28.6	26.8	55.5	95.7	29.2	69.6	18.5	3.5	25.2	0	16.5	395.7
1995	19.3	19.3	40.9	25.7	63.7	132.5	92.6	34	29.8	9.6	6.8	2.6	476.8
1996	26.3	26.3	10.2	44	66.8	21.2	84.5	84.5	46.8	0	0	7.3	417.9
1997	36.9	36.9	116.2	46.7	13.6	49.7	24.9	43.1	127.7	3	0	3	501.7
1998	25	25	29	12.3	71.9	113	69.7	6	7.2	0	0	12.8	371.9
1999	15.2	15.2	56.8	114.1	1.8	0	5.4	34.2	14.2	30	0	0	286.9
2000	59.1	59.1	93.9	26.6	131.3	26.2	0	59.1	16.1	0	0.4	0	471.8
2001	4.3	4.3	105.2	31.6	15.3	14	50.4	37.7	27.9	0	0	14.6	305.3
2002	21.5	21.5	71	40.6	117.4	77.8	16	43.1	23.5	0	0	4.8	437.2
2003	22	22	74.3	80.2	43.4	38.7	31.3	28.2	39.9	10.5	0	0	397.8
2004	28.8	28.8	49.2	97.1	58.1	87.3	29.9	11.5	0	0	0	0	390.7
2005	37.4	37.4	78.8	73.8	50.4	84.3	19.9	20.2	73.4	0	0	5.6	481.2
2006	0	0	0	105.5	20.9	56.4	115.5	119.5	11.5	0	26.5	0	455.8
2007	60.4	60.4	106.2	28.7	24.8	20.9	54.3	10.4	57.6	13.1	0	0	436.8
2008	58.6	58.6	91.1	117	127.1	32.2	79	76.8	27.6	0	0	0	668
2009	59.7	4.6	78.5	91	94.4	89.1	38	26.4	15.2	1.2	0.3	0.2	498.6
2010	14.1	68.1	95.6	39.5	64.4	72.4	27.8	54.8	59.2	16.6	1.7	1.3	515.4
2011	14.0	30.9	112.5	36.6	31.7	122.8	56.0	90.2	9.1	2.8	0.3	1.3	508.4
2012	15.0	26.0	70.9	3.8	84.4	66.9	68.1	68.3	41.9	0.5	1.7	15.0	462.5
2013	33.9	2.0	70.0	57.6	61.4	39.7	73.4	19.0	3.8	16.7	0.3	0.0	377.8
2014	21.1	11.4	48.9	108.1	66.6	102.7	40.9	5.7	7.4	10.2	0.5	9.1	432.7
2015	19.0	15.9	12.2	0.0	32.8	57.2	128.2	39.8	33.1	4.1	9.1	0.0	348.7
2016	15.0	6.0	53.8	90.2	228.9	13.2	19.3	6.1	3.8	42.8	0.3	8.5	488.0
2017	22.6	32.3	46.5	91.7	34.4	67.3	104.1	87.8	37.0	34.5	0.2	9.5	567.9

### **ANNEXE 3 :**

#### **Paramètres physico-chimiques**

##### **Analyse physique**

##### **Mesure électro métrique du pH avec l'électrode de verre**

**Appareil :** pH Mètre

**Electrode :** Electrode de pH combinée

##### **Réactifs**

- Tampon pH = 9
- Tampon pH = 7
- Tampon pH = 4

##### **Dosage de l'échantillon**

- ❖ Prendre environ  $\approx$  100 ml d'eau à analyser.
- ❖ Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- ❖ Tremper l'électrode dans le bécher.
- ❖ Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- ❖ Puis noter le pH.

##### **Mesure de la conductivité électrique**

**Appareil :** Conductimètre

**Expression des résultats :** Le résultat est donné directement en  $\mu\text{S/cm}$ .

##### **Turbidité**

**Appareillage :** HACH 2100N, Turbidimètre.

- Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.

##### **Mode opératoire**

Remplir une cuvette de mesure propre. Bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

**Expression des résultats :** La mesure est obtenue directement en NTU.

## Détermination du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et du magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

### Réactifs

#### Solution d'E.D.T.A N/50 ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) : (0,02N ou 0,01M)

- EDTA ..... 3,725 g.  
Après déshydratation à  $80^\circ\text{C}$  pendant 2 h.
- $\text{H}_2\text{O}$  distillée ..... q.s.p 1000 ml.

#### Solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) 2 N

- $\text{NaOH}$  (pastilles) ..... 80 g.
- $\text{H}_2\text{O}$  distillée ..... q.s.p 1000 ml.

#### Solution d'hydroxyde d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) pH = 10,1

- Chlorure d'ammonium ..... 67,5 g.
- $\text{NH}_4\text{OH}$  (25%) ..... 570 ml
- $\text{HCl}$  concentré ..... jusqu'à..... pH = 10,1
- $\text{H}_2\text{O}$  distillée ..... q.s.p 1000

### Noir Eriochrome T.

#### Mode opératoire

##### (V<sub>1</sub>) $\text{Ca}^{2+}$

- ❖ Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- ❖ Ajouter 2 ml de  $\text{NaOH}$  à 2 N.
- ❖ Ajouter du Murexide.
- ❖ Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).

##### (V<sub>2</sub>) $\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$

- ❖ Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- ❖ Ajouter 2 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  (10,1).
- ❖ Ajouter noir Eriochrome (NET)
- ❖ Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

**Expression des résultats :** La détermination du Calcium et du Magnésium en mg/l.

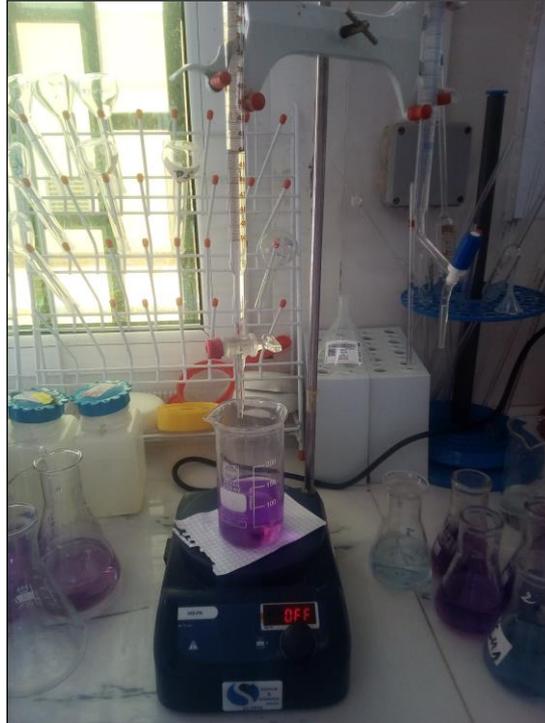


Figure : Détermination de Calcium

Source : (Cliché DILMI, 2021)

### Détermination des chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

#### Réactifs

- **Solution de nitrate d'argent à 0,01 N**  
1,6987 g d' $\text{AgNO}_3 \rightarrow 1000$  ml d'eau distillée
- **Indicateur coloré  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  à 10 %**  
10 g de  $\text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow$  Q.S.P 100 ml d' $\text{H}_2\text{O}$  distillée.
- **Solution de chlorures à 71 mg/l**  
0.107g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....1000ml d'eau distillée.

#### Mode opératoire

- ❖ Prendre 5 ml d'eau à analyser,
- ❖ Ajouter 2 gouttes de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (coloration jaunâtre).
- ❖ Titrer avec  $\text{AgNO}_3$  à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

## **Dosage de Sodium et de Potassium**

### **Mode opératoire**

Il faut le suivre étape par étape :

- ❖ Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power).
- ❖ Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
- ❖ Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran.
- ❖ Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.
- ❖ Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton "fuel" jusqu'à ce que la couleur devienne bleue violacée.
- ❖ Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank".
- ❖ Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes.
- ❖ Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de  $\text{Na}^+$  ou de  $\text{K}^+$  à 10 mg/l.
- ❖ Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE"
- ❖ Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de " $\text{Na}^+$ " ou de " $\text{K}^+$ " à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000).
- ❖ Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de " $\text{Na}^+$ " ou de " $\text{K}^+$ " à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10).
- ❖ Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- ❖ A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon).

A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

### **Préparation des étalons**

- Solution fille de sodium ( $\text{Na}^+$ ) à 10 mg/l de la solution mère de Na Cl à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée.  
(2,54 mg de Na Cl 1000cc d' $\text{H}_2\text{O}$  distillée : solution mère de  $\text{Na}^+$  à 1 g/l).
- Solution fille de potassium ( $\text{K}^+$ ) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de Kcl à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée.  
(1.91 g de Kcl 1000 cc d' $\text{H}_2\text{O}$  distillée : solution mère de  $\text{K}^+$  à 1 g/l).

**Expression des résultats :** Le résultat est donné directement en mg/l.

**Remarque**

Avant de doser le sodium ( $\text{Na}^+$ ) il faut toujours vérifier les valeurs de la "conductivité" car cette dernière a un rapport proportionnel à la dilution, c'est à dire plus que la conductivité est grande plus que la dilution du  $\text{Na}^+$  est grande et vice versa. Alors pour le cas de  $\text{K}^+$  on ne fait pas la dilution sauf que la conductivité est grande.

**Détermination des Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

**Appareil :** Spectrophotomètre UV Visible.

**Réactifs**

- Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- Peser 1,479 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ..... 1000 ml d'eau distillée.

**Solution stabilisante**

- Acide chlorhydrique (c) ..... 60 ml.
- Ethanol ..... 200 ml.
- Chlorure de sodium ..... 150 g.
- Glycérol ..... 100 ml.
- Eau distillée ..... Q.S.P. 1000 ml.

**Solution de chlorure de baryum**

- Chlorure de baryum ..... 150 g.
- Acide chlorhydrique ..... 5 ml.
- Eau distillée ..... Q.S.P. 1000 ml.

**Mode opératoire**

- ❖ Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- ❖ Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- ❖ Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- ❖ Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- ❖ Passer au spectrophotomètre  $\lambda = 420 \text{ nm}$ .

**Expression des résultats :**  $[\text{SO}_4^{2-}] \text{ mg/l} = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre} \times \text{facteur de la dilution.}$

## Dosage des Nitrates $\text{NO}_3^-$ Méthode au salicylate de sodium

### Réactifs

#### Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h).

0.5 Gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

- Solution d'hydroxyde de sodium à 30 %.

30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

- $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré.
- Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium Na OH ..... 400 g.

Tartrate de sodium et de potassium ..... 60 g.

Eau distillée ..... qsp 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

#### Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

• Nitrate de potassium anhydre ..... 0.722 g.

• Eau distillée ..... 1000 ml.

• Chloroforme ..... 1 ml.

#### Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

#### Appareillage : Etuve.

Spectrophotomètre U.V visible.

#### Mode opératoire

- ❖ Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- ❖ Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- ❖ Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- ❖ Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.  
(Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- ❖ Reprendre le résidu avec 2 ml.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  laisser reposer 10 mn.
- ❖ Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- ❖ Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 420 nm.

#### Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 420 nm.

Multiplier par 4,43 pour obtenir le résultat en  $\text{NO}_3^-$ .

## Dosage des Nitrites (NO<sub>2</sub>-)

### Réactifs

#### Réactif Mixte

- Sulfanilamide ..... 40 g.
- Acide phosphorique ..... 100 ml.
- Naphtyl éthylène diamine ..... 2 g.
- H<sub>2</sub>O distillée ..... q.s.p 1000 ml.

**Appareillage :** Spectrophotomètre UV-Visible

#### Mode opératoire

- ❖ Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- ❖ Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- ❖ Attendre 10mn.

L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.

Effectuer la lecture à  $\lambda=543$  nm.

**Expression des résultats :** Le résultat est donné directement en mg/l.

## Détermination de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

### Réactifs

#### Réactif I

- Acide dichloroisocyanurique ..... 2 g.
- Hydroxyde de sodium ( NaOH ) ..... 32 g.
- H<sub>2</sub>O distillée ..... q.s.p 1000 ml.

#### Réactif II (coloré)

- Trictrate de sodium ..... 130 g.
- Salicylate de sodium ..... 130 g.
- Nitropruciate de sodium ..... 0.97 g.
- H<sub>2</sub>O distillée ..... q.s.p 1000 ml

**Appareillage :** Spectrophotomètre UV-Visible

### Mode opératoire

- ❖ Prendre 40 ml d'eau à analyser
- ❖ Ajouter 4 ml du réactif I
- ❖ Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H<sub>2</sub>O distillée et attendre 1h.30.

L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

Effectuer la lecture à λ=655 nm.

**Expression des résultats :** Le résultat est donné directement en mg/l.



**Figure :** Titrage d'Azote ammoniacal

*Source : (Cliché DILMI, 2021)*

### Détermination des Orthophosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

**Appareils :** Spectrophotomètre UV. Visible

#### Réactifs

##### Réactif Mixte

- |                                   |          |   |
|-----------------------------------|----------|---|
| • Heptamolybdate d'ammonium ..... | 13 g.    | A |
| Eau distillée .....               | 100 ml.  |   |
| • Tartrate d'antimoine .....      | 0.35 g.  | B |
| Eau distillée .....               | 100 ml.  |   |
| • Acide sulfurique pur .....      | 150 ml © | C |
| Eau distillée .....               | 150 ml.  |   |

(A + B) + C → 500 ml d'eau distillée.

**Acide ascorbique à 10 %**

- Acide ascorbique.....10 g.
- Eau distillée .....100ml.

**Solution mère à 50 mg/l PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**

**Solution fille à 25 mg/l PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**

**Mode opératoire**

- ❖ 40 ml d'eau à analyser.
- ❖ 1 ml acide ascorbique
- ❖ 2 ml du réactif mixte.
- ❖ Attendre 10 nm le développement de la couleur bleue.
- ❖ Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.

**Expression des résultats :** Le résultat est donné directement en mg/l.

**Paramètres bactériologiques**

**Recherche et dénombrement des bactéries Coliformes**

**Appareillage**

Rampe de filtration

Pompe à vide.

Membrane poreuse + entonnoir.

Récipient.



**Figure : Rampe de filtration**

*Source : (Cliché DILMI, 2021)*



**Figure : Pompe à vide**

*Source : (Cliché DILMI, 2021)*

### **Mode opératoire**

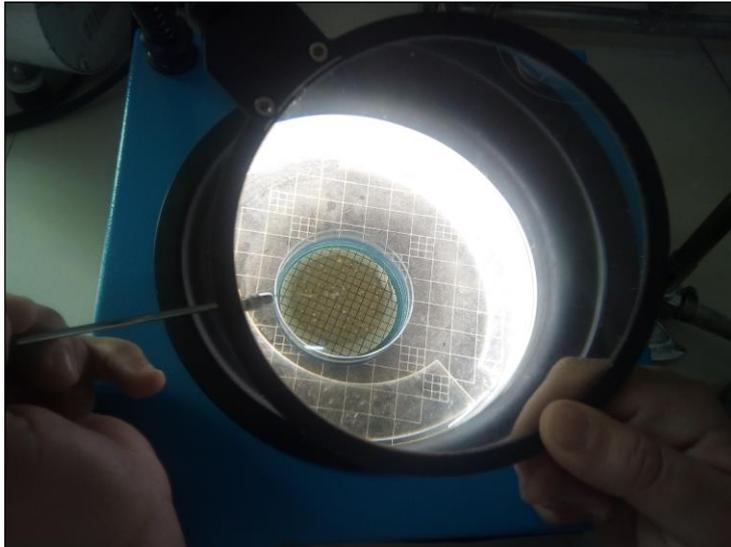
- ❖ Stériliser la membrane poreuse.
- ❖ Stériliser l'entonnoir.
- ❖ Refroidir l'entonnoir.
- ❖ Déposer un filtre de 0,45  $\mu\text{m}$  de diamètre sur la membrane poreuse.
- ❖ Remplir l'entonnoir jusqu'à 250 ml.
- ❖ Remettre le couvercle pour certaines rampes.
- ❖ Transférer la membrane aseptiquement sur:
  - Une plaque de gélose Tergitol TTC.
  - Incuber à  $36 \pm 2$  °C; le couvercle en bas, pendant  $21 \pm 3$  h (jusqu'à  $44 \pm 4$ h).

### **Préparation de la gélose Tergitol**

- Faire fondre la gélose.
- Laisser refroidir à la température 45°C.
- Rajouter les additifs.
- Couler dans des boites de pétri 55 mm de diamètre.
- Conserver les boites à + 4°C.

### **Dénombrer les colonies caractéristiques des coliformes**

Le nombre de colonies jaunes et jaunes orangées que l'on trouve sur le filtre égale au nombre de coliformes totaux dans 100 ou 250 ml.



**Figure : Dénombrement des coliformes**

*Source : (Cliché DILMI, 2021)*

## Recherche et dénombrement des Escherichia Coli

### Mode opératoire

- ❖ Repiquer 5 colonies caractéristiques du Gélose Tergitol incubée à 37°C avec l'anse de platine sur gélose TSA Incuber  $21 \pm 2$  h à  $36 \pm 2$  °C.
- ❖ Ensemencer des bouillons tryptophane à partir de 5 colonies caractéristiques Incuber  $21 \pm 3$  h à  $44 \pm 0,5$ °C.

### Test de L'oxydase

- On fait le test à l'oxydase à partir de chaque boîte TSA.
- Imbiber l'H<sub>2</sub>O stérile à l'aide d'une goutte distillée, sur un disque d'oxydase.
- Verser 2 à 3 gouttes du réactif tétraméthyl – p – phénylènediamine sur le papier filtre.

### Lecture

Pas de virage = OXYDASE -

Virage au bleu violet foncé = OXYDASE +

### Recherche de l'indole

- On met 2 à 3 gouttes de réactif KOWACS dans deux tubes d'Escherichia coli

### Lecture

Formation d'une nappe rouge = INDOLE +

Absence de nappe rouge = INDOLE -



**Figure : Dénombrement des Escherichia Coli**

*Source : (Cliché DILMI, 2021)*

## **Recherche et dénombrement des Coliformes Totaux**

### **Mode opératoire**

- ❖ Ensemencer le flacon et les tubes avec de l'eau à analyser.
- ❖ Chasser le gaz présent dans les cloches avant l'incubation.
- ❖ Incuber 24 - 48h à 37°C.

### **Lecture des coliformes totaux à 37°C**

- Aspect d'un tube de milieu BCPL + cloche positif.
- Acidification du milieu = Gaz +.
- Noter le nombre de tubes positifs à 37°C et se référer à la table de NPP.

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			INDICE NPP
1 tube de 50 ml	5 tubes de 10 ml	5 tubes de 1 ml	
0	0	1	1
0	0	2	2
0	1	0	1
0	1	1	2
0	1	2	3
0	2	0	2
0	2	1	3
0	2	2	4
0	3	0	3
0	3	1	5
0	4	0	5
1	0	0	1
1	0	1	3
1	0	2	4
1	0	3	6
1	1	0	3
1	1	1	5
1	1	2	7
1	1	3	9
1	2	0	5
1	2	1	7
1	2	2	10
1	2	3	12
1	3	0	8
1	3	1	11
1	3	2	14
1	3	3	18
1	3	4	21
1	4	0	13
1	4	1	17
1	4	2	22
1	4	3	28
1	4	4	35
1	4	5	43
1	5	0	24
1	5	1	35
1	5	2	54
1	5	3	92
1	5	4	161

Tableau : la table de NPP.

## Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-reductrices

### Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds

Milieu utilisé: TSC ou Gélose Viande Foie

#### Mode opératoire

- ❖ Chauffer l'eau à analyser pendant 15 mn à 75°C lors de l'emploi de la gélose VF(Ne pas chauffer pour la gélose TSC OU TSN).
- ❖ Refroidir immédiatement sous l'eau de robinet le tube.
- ❖ Repartir les 20 ml d'eau dans 4 tubes stériles à raison de 5 ml par tube.

- ❖ Ajouter 18 à 20 ml de gélose TSC ou Viande Foie dans chaque tube.
- ❖ Mélanger doucement par retournement et éviter d'introduire des bulles d'air.
- ❖ Laisser solidifier 30 mn, Incuber les tubes  $20 \pm 4\text{h}$  à  $44 \pm 4^\circ\text{C}$  pour TSC et incuber les tubes  $44 \pm 4\text{h}$  à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pour VF.

### **Lecture**

- Dénombrer les colonies caractéristiques de couleurs noires de 5 mm de diamètre sur les 4 tubes.
- La 1ère lecture sera après 16 h d'incubation, ASR = colonie.

### **Recherche et dénombrement des microorganismes vérifiable a $22^\circ\text{C}$ et a $37^\circ\text{C}$ dans les eaux minérales embouteillées**

**Milieu utilisé: Gélose TGEA**

### **Mode opératoire**

#### **Préparation des dilutions décimales**

- ❖ Verser dans deux tubes met 9 ml d'eau distillée pour chacun +1ml eau à analyser.
- ❖ Inoculer 2 séries de boites de pétri avec 1 ml des différentes dilutions.
- ❖ Couler la gélose TGEA  $\approx 19$  ml ; refroidie  $\approx 45 \pm 2^\circ\text{C}$ .
- ❖ Faire mouvements circulaires va-et-vient en forme de 8.
- ❖ Couler une deuxième couche de gélose blanche  $\approx 5$  ml.
- ❖ Laisser solidifier.
- ❖ Incuber les boites couvercle en bas ;( 1ère série  $68 \pm 4\text{h}$  à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ) et (2ère série  $44 \pm 4\text{h}$  à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

### **Dénombrer les colonies de formes lenticulaires qui poussent en masse et noter les dilutions correspondantes**

- Tenir compte des boites ayant un nombre compris entre 15 et 300 des Germes totaux.



**Figure :** la haute

*Source : (Cliché DILMI, 2021)*

**Le rôle :** absorbe les odeurs des produits chimiques puissants.