

Université MUSTAPHA Stambouli

Mascara



جامعة مصطفى اسطمبولي

معسكر

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Sciences Agronomique

Laboratoire de Bioconversion, Ingénierie Microbiologie et Sécurité Alimentaire

## THESE de DOCTORAT en SCIENCES

Spécialité : Sciences de la Terre et de l'univers

Intitulée

Analyse de la qualité de l'eau dans le réseau d'eau potable

- Cas de la ville de Béchar -

Présentée par : Mme ARBAOUI Assia

Le 28/ 02/ 2024 à la bibliothèque de la faculté SNV

Devant le jury :

Président	HAMIMED Abderahmane	Pr	Université de Mascara
Examineur	BOUKHARI Yahia	M.C. A	Université de Mascara
Examineur	KENDOUCI Mohamed Amine	M.C. A	Université de Béchar
Examineur	BENMOUSSAT Abdelkader	M.C. A	Université de Sidi Bel-Abbés
Encadreur	DRIS Mohamed El-Amine	Pr	Université de Sidi Bel-Abbés
Co-encadreur	MEDDAH Boumediene	Pr	Université de Mascara

Année Universitaire : 2023 - 2024

# Dédicaces

---

À Mes parents

Mon époux

Mes filles et mon petit poussin



# Remerciements

---

Tout d'abord je tiens à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour mener à terme ma formation et pouvoir réaliser ce travail de recherche.

En premier lieu, j'exprime ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements à mon Directeur de thèse le Professeur DRIS Mohammed El-Amine, de l'université de Sidi Bel-Abbès, ainsi que le Professeur Meddah Boumedienne, de l'université de Mascara pour leurs conseils et leurs orientations qui m'ont aidé à la réalisation de ma thèse.

Je voudrais remercier aussi, le Professeur HAMIMED Abderahmane d'avoir accepté de présider le Jury, je lui en suis très reconnaissante.

Je remercie également le Docteur BOUKHARI Yahia MCA à l'université de Mascara et le Docteur KENDOUCI Mohamed Amine MCA à l'université de Béchar, le Docteur BENMOUSSAT Abdelkader MCA à l'université de Sidi Bel Abbés d'avoir accepté d'examiner ce travail et pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette thèse.

Je tiens à exprimer ma gratitude au docteur NASRI Bahous, pour ses accueils chaleureux à chaque fois que j'ai demandé son aide.

Je remercie ma famille et tout particulièrement mes parents, qui m'ont toujours soutenu et ont eu foi en moi durant toute ma scolarité.

Et le grand remerciement à mon neveu docteur ARBAOUI Ilyace, MCA à l'université d'Adrar pour m'avoir encouragé à achever ma thèse de doctorat et de ses conseils tout au long de cette période.

Enfin, au terme de cette recherche, il m'est très agréable d'exprimer toute ma gratitude, ma reconnaissance et mes très vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

# Résumé

---

## Résumé

La région saharienne est caractérisée par de grands inconvénients, à l'instar du climat aride qui influence directement la quantité et la qualité de l'eau. La ville de Béchar n'en échappe pas à cause également de la faiblesse de la pluviosité. Cette ville est confrontée à des problèmes d'eau aigus ; elle subit comme toutes les villes algériennes, une forte demande en eau proportionnellement à l'augmentation de la population. Actuellement la sécheresse dans la région de Béchar a provoqué une diminution très grave du niveau du barrage Djorf-Torba, ce qui crée une vraie crise dans le processus d'approvisionnement en eau potable et par conséquent l'obligation de recours aux eaux souterraines.

Aussi, la ville de Béchar souffre actuellement de la mauvaise qualité de l'eau potable due à divers facteurs et ce malgré la présence d'une station de traitement en amont du barrage. Cela est dû aux rejets urbains et industriels chargés d'éléments chimiques et organiques, souvent toxiques. Une meilleure connaissance du point de vue qualitatif des ressources en eau existantes est donc plus que nécessaire.

C'est dans cette perspective que s'inscrit l'objectif de cette étude qui consiste à suivre la qualité de l'eau depuis la source jusqu'au consommateur afin de trouver les causes de sa détérioration dans le réseau de distribution. Pour ce faire, une enquête sur le terrain a été menée sur un échantillon aléatoire simple de 200 citoyens représentant différents quartiers de la ville. Cette enquête a révélé la non satisfaction des habitants de la qualité de l'eau qu'ils reçoivent dans leurs robinets. Les eaux analysées possèdent des températures supérieures aux normes (25°C). Elles sont aussi très dures.

Du point de vue organoleptique, les eaux des ressources souterraines sont claires et présentent une odeur et une saveur agréables contrairement aux eaux de surface et cela à cause surtout du mauvais fonctionnement de la station de traitement, de la diminution du niveau d'eau du barrage et de la forte chaleur.

L'addition de l'acide sulfurique  $H_2SO_4^{2-}$  a changé l'aspect des eaux de la région de Béchar d'une eau incrustante à une eau corrosive. Cette variation dépend de plusieurs paramètres. Les essais de neutralité semblent donner de très bons résultats. Ces solutions sont à même d'assurer une eau potable de meilleure qualité et de préserver la santé des consommateurs.

**Mots clés :** *Eau potable - Traitement de l'eau - Analyse physicochimique – Réseau de distribution - Barrage - Ressources en eau – Réservoir – Stockage.*

## ملخص

تتميز المنطقة الصحراوية بعيوب كبيرة، مثل المناخ القاحل الذي يؤثر بشكل مباشر على كمية المياه ونوعيتها. ولا تُعد مدينة بشار استثناءً من هذه القاعدة، بسبب انخفاض هطول الأمطار. ومثلها مثل جميع المدن الجزائرية، فهي تعاني من ارتفاع الطلب على المياه بما يتناسب مع النمو السكاني. وقد أدى الجفاف الحالي في منطقة بشار إلى انخفاض خطير في منسوب سد جرف تربة مما خلق أزمة حقيقية في عملية التزود بمياه الشرب وأجبرنا على اللجوء إلى المياه الجوفية.

كما تعاني مدينة بشار حالياً من رداءة نوعية مياه الشرب بسبب عوامل مختلفة، على الرغم من وجود محطة معالجة في أعلى السد. ويرجع ذلك إلى النفايات الحضرية والصناعية المحملة بعناصر كيميائية وعضوية غالباً ما تكون سامة. لذلك من الضروري الفهم الجيد لنوعية الموارد المائية الحالية.

ومن هذا المنطلق، كان الهدف من هذه الدراسة هو رصد جودة المياه من المصدر إلى المستهلك، من أجل تحديد أسباب تدهورها في شبكة التوزيع. ولتحقيق ذلك، تم إجراء استطلاع ميداني على عينة عشوائية بسيطة مكونة من 200 مواطن يمثلون مناطق مختلفة من المدينة. وكشف الاستطلاع أن السكان لم يكونوا راضين عن جودة المياه التي يحصلون عليها من صنابيرهم. وقد كانت درجة حرارة المياه التي تم تحليلها أعلى من المعايير (25 درجة مئوية)، وهي أيضاً قاسية للغاية.

من وجهة النظر الحسية فإن المياه الجوفية صافية وذات رائحة وطعم لذيذ، على عكس المياه السطحية. ويرجع ذلك أساساً إلى سوء تشغيل محطة المعالجة وانخفاض مستوى المياه في السد وارتفاع درجات الحرارة.

أدت إضافة حمض الكبريتيك  $H_2SO_4^{2-}$  إلى تغيير نوعية المياه في منطقة بشار من مياه مترسبة إلى مياه تآكلية أو مؤكسدة وهذا التغيير كان بسبب العديد من العوامل. وقد أعطت تجارب الحياد نتائج جيدة للغاية. هذه الحلول قادرة على ضمان مياه شرب ذات جودة أفضل وتحافظ على صحة المستهلكين.

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب - معالجة المياه - تحاليل فيزيوكيميائية - شبكة التوزيع - سد - موارد المائية

خزان - تخزين.

## Abstract

The Saharan region is characterized by great disadvantages, such as the arid climate that directly influences the quantity and quality of water. The city of Béchar is not exempt from these challenges, primarily due to low rainfall. The city faces acute water problems, experiencing, like all Algerian cities, a high demand for water that is proportional to the increase in population. Currently, drought in the Béchar region has caused a severe decrease in the water level of the Djorf-Torba dam, resulting in a genuine crisis in the supply of drinking water and, consequently, the necessity to resort to groundwater.

Furthermore, the city of Béchar is currently experiencing poor quality of drinking water, despite the presence of a treatment plant upstream of the dam. This is due to urban and industrial discharges containing various chemical and organic elements, often toxic. A better qualitative understanding of existing water resources is, therefore, more than necessary.

The objective of this study is to monitor water quality from its source to the consumer in order to identify the causes of its deterioration in the distribution network. To achieve this, a field survey was carried out on a simple random sample of 200 citizens representing various neighborhoods of the city. The survey revealed that residents were not satisfied with the quality of the water they received from their taps. The water analyzed had higher than normal temperatures (25°C). It also displays high hardness.

From an organoleptic standpoint, groundwater is clear with a pleasant odor and taste, in contrast to surface waters. This distinction can be attributed to the poor functioning of the treatment plant, the decrease in the water level of the dam, and the high temperatures.

The addition of sulphuric acid  $\text{H}_2\text{SO}_4^{2-}$  has changed the appearance of water in the Bechar region from incrusting water to corrosive water, this variation depends on several parameters. The neutrality tests seem to give very good results. These solutions have the potential to ensure better-quality drinking water and safeguard the health of consumers.

**Keywords:** *Drinking water - Water treatment - Physicochemical analysis - Distribution network - Dam - Water resources - Reservoir - Storage.*

# Sommaire

Dédicaces .....	II
Remerciements .....	III
Résumé.....	IV
Index des tableaux.....	XII
Index des figures .....	XIV
Abréviations .....	XVII

<b>Introduction générale</b> .....	1
Objectif de l'étude .....	2
Problématique.....	2
Méthodologie adoptée .....	3

## 1<sup>ère</sup> PARTIE (Cadre général)

### CHAPITRE I Généralité

Introduction .....	7
I. La distribution d'eau potable.....	7
II. Traitement des eaux.....	8
III. Facteurs à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux.....	8
III.1. Facteurs physicochimiques influençant la dégradation de la qualité de l'eau .....	9
III.1.1. Le pH et la minéralisation .....	9
III.1.2. La température.....	9
III.1.3. L'Oxygène dissous.....	10
III.1.4. La turbidité .....	10
III.1.5. L'ammonium.....	11
III.1.6. Les matières organiques .....	11
• Principe de la désinfection.....	12
III.2. Les facteurs organoleptiques : indicateurs de qualité.....	12
III.3. Influence des phénomènes de corrosions sur la qualité de l'eau .....	12
IV. Facteurs de dégradation liés à la conception ou à la gestion du réseau .....	12
IV.1. L'hydraulique du réseau .....	12
IV.2. Influence du choix des matériaux .....	13
IV.3. Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et .....	14
conséquences.....	15
Conclusion.....	16

### CHAPITRE II Généralités sur la région d'étude

I. Aspect général.....	18
I.1. Situation Géographique .....	18
I.2. Situation démographique .....	18
I.3. Situation agricole .....	19
II. Aspect climatologique .....	19
II.1. La pluviométrie.....	19

II.2. La température .....	20
II.3. Le vent .....	21
II.4. Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN .....	21
II.5. Humidité relative de l'air .....	22
II.6. Détermination des Indices climatiques de la région .....	22
II.6.1. Quotient pluviométrique .....	22
II.6.2. Indice de MARTONE .....	23
III. Aspect géologique .....	24
IV. Aspect hydrogéologique .....	25
IV.1. Aquifères superficiels .....	26
• Nappe infero-flux de l'oued Messouar .....	26
• Nappes d'infero-flux de l'Oued Béchar .....	26
• Nappe du Quaternaire .....	26
IV.2. Aquifères profonds .....	26
• Nappe du continental terminal .....	26
• Nappe du Carbonifère .....	27
• Nappe des Calcaires du Carbonifère (Namurien inférieur) .....	27
• La nappe des grés carbonifères .....	27
• Nappe du Turonien .....	27

### **CHAPITRE III**

#### **L'aspect quantitatif des ressources hydriques**

Introduction .....	30
I. Les ressources en eau de la région de Béchar .....	30
II. Quantification des ressources en eau de la ville de Béchar .....	33
III. Situation actuelle de l'alimentation en eau potable de Béchar .....	34
III.1. La dotation .....	34
III.2. Le réseau d'AEP de la ville de Béchar .....	34
III.3. Les ouvrages de stockage .....	35
III.4. Le volume (m <sup>3</sup> ) traité sortie station de traitement Djorf-Torba .....	35
III.5. Les besoins en eaux .....	36
III.6. Les régions du réseau de distribution .....	36
• Gravitaire .....	36
• Refoulement /distribution .....	36
III.7. Alimentation en eau potable à partir des forages .....	37
III.8. Alimentation en eau potable à partir du Barrage .....	40
III.9. Adduction des forages .....	42
III.10. Connexion entre réservoirs .....	42
III.11. Capacité de stockage .....	42
III.12. Sectorisation (Nom des zones) .....	43
III.13. Distribution d'eau à Béchar par les réservoirs (ADE ,2022) .....	45
Conclusion .....	46

### **2<sup>ème</sup>Partie (Résultats et discussions)**

#### **CHAPITRE I**

#### **Enquêtes sur terrain**

Introduction .....	49
--------------------	----

I. Répartition de la population.....	49
II. Méthodologies analytiques.....	50
III. Résultats et discussions.....	51
Conclusion.....	55

## CHAPITRE II

### Suivi mensuel des eaux du barrage

Introduction.....	57
I.Présentation du barrage Djorf-Torba.....	57
II. Caractéristiques du barrage.....	57
II.1. Caractéristiques hydrologiques.....	58
II.2. Caractéristiques techniques.....	58
III. Méthodologies analytiques.....	58
IV. Résultats et discussions.....	59
IV.1.Vérification de la fiabilité des résultats.....	59
IV .2. Analyses organoleptiques.....	60
IV.3. Analyses physico-chimiques.....	60
• La température (T°).....	60
• La Conductivité (EC).....	61
• Le potentiel d’Hydrogène (pH).....	62
• Total des sels dissous (TDS).....	62
• Dureté totale (TH).....	63
• La teneur en Sulfates.....	63
• La teneur en chlorures.....	64
• La teneur en nitrates.....	64
• La teneur en ammonium.....	65
• La teneur en nitrites.....	65
• Les éléments traces métalliques.....	66
IV.5. Indice de la qualité de l’eau.....	67
Conclusion.....	70

## CHAPITRE III

### Suivi de la qualité de l’eau depuis la source jusqu’au consommateur

Introduction.....	72
I. Aspect quantitative des ressources en eau de la région de Béchar.....	72
II. Aspect qualitatif des ressources en eau de la région de Béchar.....	72
III. La répartition de la population.....	73
IV. Echantillonnage et méthodes analytiques.....	73
V. Résultats et discussions.....	74
V.1.Vérification de la fiabilité des résultats.....	74
V .2. Analyses organoleptiques.....	75
V.3. Analyses physico-chimiques.....	76
• La température.....	76
• Le potentiel d’Hydrogène (pH).....	76
• La conductivité (EC).....	77
• Le total des sels dissous (TDS).....	78
• La dureté totale (TH).....	78
• La teneur en Sulfates.....	79

• □La teneur en chlorures .....	79
• La teneur en nitrates .....	80
• Le calcium .....	80
• La teneur en ammonium .....	81
• Les éléments traces métalliques .....	81
V.4. Indice de la qualité de l'Eau .....	82
Conclusion.....	84

## CHAPITRE IV

### Evaluation des différentes ressources en eaux

Introduction .....	86
I. Quantification des ressources en eau de la ville de Béchar .....	86
II. Etat des ressources en eau de la ville de Béchar.....	87
III. Echantillonnage et méthodes analytiques .....	88
IV. Résultats et discussions.....	88
IV .1. Vérification de la fiabilité des résultats.....	88
IV .2. Analyses organoleptiques .....	89
IV.3. Analyses physico-chimiques.....	89
• La température .....	89
• Le potentiel d'Hydrogène (pH) .....	90
• La conductivité (EC) .....	90
• Le total des sels dissous (TDS).....	91
• La dureté totale (TH) .....	91
• Le calcium .....	92
• Le chlore .....	92
• La teneur en Sulfates .....	93
• La teneur en nitrates .....	93
• Les éléments traces métalliques .....	93
IV.4. Indice de qualité de l'eau .....	95
Conclusion.....	95

## CHAPITRE V

### Détérioration de la qualité de l'eau potable en réseau

Introduction .....	97
I. Réseau actuel d'AEP.....	97
II. Situation épidémiologique au niveau de la wilaya de Béchar .....	98
III. Les facteurs de détérioration de la qualité de l'eau potable dans le réseau .....	99
• La température .....	99
• Le chlore .....	99
• La dureté .....	99
• L'alcalinité.....	99
• Temps de séjour.....	100
• Les matériaux des conduites.....	100
• Les conditions d'écoulement.....	100
• Vieillesse de la station de traitement.....	100
• L'assèchement du barrage .....	100
IV. La qualité de l'eau.....	100

IV.1. Agressivité et incrustation d'une eau .....	100
IV.2. Définition de l'entartrage .....	101
IV.3. Les conséquences du tartre sur l'installation hydraulique .....	101
V. Solutions pour améliorer la qualité de l'eau dans le réseau .....	101
V.1. Changement de source d'approvisionnement .....	101
V.1.1. Echantillonnage et méthodes analytiques.....	102
V.1.2. Résultats et discussions .....	103
V.1.3. Calcul des indices d'agressivité de l'eau distribuée dans la région de Béchar .....	104
• Indice de Langelier .....	104
• Indice de Ryznar .....	105
V.2. Ajustement de PH (Correction de PHs) .....	106
V.2.1. Méthodes analytiques .....	107
V.2.2. Résultats et discussions .....	107
V.3. La filtration.....	108
• La cartouche sédiment .....	109
• La cartouche filtrante au charbon actif .....	110
• La cartouche lavable .....	110
• La cartouche polyphosphate .....	110
• La cartouche reminéralisante .....	111
V.2.1. Méthode de travail.....	111
V.2.2. Résultats et discussions .....	112
V.2.3. L'impact de l'utilisation du polyphosphate sur l'environnement .....	113
Conclusion.....	113
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>114</b>

**Références bibliographiques.**

**Annexes.**

# Index des tableaux

---

## 1<sup>ère</sup> PARTIE (Cadre général)

### Chapitre I

<b>Tableau I.1</b> : Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et conséquences .....	<b>15</b>
---	-----------

### Chapitre II

<b>Tableau II.1</b> : Caractéristiques de la station climatique de la ville de Béchar .....	<b>19</b>
---	-----------

### Chapitre III

<b>Tableau III.1</b> : Les écoulements de surface des différents systèmes hydrologiques de la région de Béchar.....	<b>30</b>
---	-----------

<b>Tableau III.2</b> : Capacité d'eau des ressources en eau mobilisable dans la ville de Béchar Situation Années 2020 .....	<b>33</b>
--	-----------

<b>Tableau III.3</b> : Capacité des réservoirs alimentent la commune de Béchar en eau potable .....	<b>35</b>
---	-----------

<b>Tableau III.4</b> : Les besoins en eau de la commune de Béchar .....	<b>36</b>
---	-----------

<b>Tableau III.5</b> : Caractéristiques principales des forages de la ville de Béchar .....	<b>37</b>
---	-----------

<b>Tableau III.6</b> : Capacité de stockage des réservoirs de ville de Béchar. ....	<b>42</b>
---	-----------

<b>Tableau III.7</b> : Distribution de l'eau vers la ville de Béchar .....	<b>45</b>
--	-----------

## 2<sup>ème</sup> PARTIE (Résultats et discussions)

### Chapitre II

<b>Tableau II.1</b> : Poids relatifs des paramètres physico-chimiques.....	<b>68</b>
--	-----------

<b>Tableau II.2</b> : Les classes de qualité selon l'indice de qualité des eaux IQE .....	<b>69</b>
---	-----------

<b>Tableau II.3</b> : Les résultats de l'indice de qualité de l'eau du Barrage Djorf-Torba .....	<b>69</b>
--	-----------

### Chapitre III

<b>Tableau III.1</b> : Poids relatifs des paramètres physico-chimiques. ....	<b>83</b>
--	-----------

<b>Tableau III.2</b> : Les résultats de calcul de l'indice de qualité de l'eau de la ville de Béchar.....	<b>84</b>
---	-----------

### Chapitre IV

<b>Tableau IV.1</b> : Capacité d'eau mobilisable dans la ville de Béchar. ....	<b>86</b>
--	-----------

<b>Tableau IV.2</b> : Les résultats de l'indice de qualité de l'eau de la ville de Béchar .....	<b>95</b>
---	-----------

### Chapitre V

<b>Tableau V.1</b> : Répartitions des conduites par type de diamètre. ....	<b>98</b>
--	-----------

<b>Tableau V.2</b> : Evolution de l'incidence des maladies à transmission hydrique (MTH) dans la wilaya de Béchar durant la période (2019-2021).....	<b>99</b>
---	-----------

<b>Tableau V.3</b> : Principales différences entre eaux de surfaces et eaux souterraines. ....	<b>102</b>
--	------------

<b>Tableau V.4</b> : Les résultats du traitement des deux ressources d'eau dans la région de Béchar.....	<b>103</b>
--	------------

<b>Tableau V.5 :</b> Les valeurs du facteur de totalité des sels dissous .....	<b>104</b>
<b>Tableau V.6 :</b> Les différents facteurs pour calculer l'indice de Langelier. ....	<b>104</b>
<b>Tableau V.7 :</b> Calcul de pHs pour l'eau distribuée dans le réseau de la région de Béchar .....	<b>105</b>
<b>Tableau V.8 :</b> Calcul de l'indice de Langelier pour l'eau distribuée dans le réseau de la région de Béchar .....	<b>105</b>
<b>Tableau V.9 :</b> Les valeurs de classification de l'indice de Ryznar .....	<b>106</b>
<b>Tableau V.10 :</b> Calcul de l'indice de Ryznar pour l'eau distribuée dans le réseau de la région de Béchar .....	<b>106</b>
<b>Tableau V.11 :</b> Les résultats des tests d'ajustement de pH de l'eau de Boussir .....	<b>107</b>
<b>Tableau V.12 :</b> Les résultats de l'eau filtrée .....	<b>112</b>

# Index des figures

---

## 1<sup>ère</sup> PARTIE (Cadre général)

### Chapitre I

<b>Figure I.2</b> : Conduite de distribution d'eau potable dégrader. ....	<b>9</b>
<b>Figure I.1</b> : Schéma général de distribution d'eau .....	<b>8</b>

### Chapitre II

<b>Figure II.1</b> : Situation de la région d'étude.....	<b>18</b>
<b>Figure II.2</b> : Histogramme des variations des précipitations moyennes annuelles (2000-2016).....	<b>19</b>
<b>Figure II.3</b> : Courbe des Températures minimales, maximales et moyennes mensuelles Interannuelles de la région Bechar, station de Béchar (2000-2016).....	<b>20</b>
<b>Figure II.4</b> : Variations moyennes mensuelles des vitesses du vent de la région de Béchar, station de Béchar (2000-2016).....	<b>21</b>
<b>Figure II.5</b> : Diagramme Ombro-thermique de la région de Béchar pour la période (2000-2016) .....	<b>21</b>
<b>Figure II.6</b> : Histogramme des variations moyen annuel de l'humidité relative de l'air (2000-2016).....	<b>22</b>
<b>Figure II.7</b> : Climagramme d'Emberger de la région de Béchar. ....	<b>23</b>
<b>Figure II.8</b> : Abaque de l'Indice d'aridité annuel de Demartone (1923) de la région de Béchar.....	<b>24</b>
<b>Figure II.9</b> : Carte géologique de la région de Béchar.....	<b>25</b>
<b>Figure II.10</b> : Carte d'affleurements du Turonien et ouvrages de captages. ....	<b>28</b>

### Chapitre III

<b>Figure III.1</b> : Le barrage de Djorf-Torba .....	<b>31</b>
<b>Figure III.2</b> : Transfert Béni- Ounif vers Béchar.....	<b>33</b>
<b>Figure III.3</b> : Les ressources en eau de Béchar.....	<b>33</b>
<b>Figure III.4</b> : Les régions du réseau de distribution.....	<b>37</b>
<b>Figure III.5</b> : Les débits des forages en exploitation de la ville de <i>Béchar</i> .....	<b>38</b>
<b>Figure III.6</b> : Schéma synoptique de système d'Ouakda .....	<b>39</b>
<b>Figure III.7</b> : Schéma synoptique de système Mougheul .....	<b>40</b>
<b>Figure III.8</b> : Schéma synoptique du système de distribution d'eau potable dans la région de Béchar .....	<b>41</b>
<b>Figure III.9</b> : La distribution d'après les réservoirs de la ville de Béchar .....	<b>46</b>

## 2<sup>ème</sup> PARTIE (Résultats et discussions)

### Chapitre I

<b>Figure I.1</b> : Répartition de la population communale .....	<b>49</b>
<b>Figure I.2</b> : Localisation du site de l'étude .....	<b>50</b>
<b>Figure I.3</b> : Pourcentages concernant le type d'eau bue .....	<b>51</b>
<b>Figure I.4</b> : Pourcentage concernant l'eau du robinet.....	<b>51</b>
<b>Figure I.5</b> : Pourcentage de la qualité de l'eau du robinet .....	<b>52</b>

<b>Figure I.6</b> : Pourcentage concernant l'eau du Barrage .....	<b>52</b>
<b>Figure I.7</b> : Pourcentage concernant l'eau du Forage .....	<b>53</b>
<b>Figure I.8</b> : Pourcentage concernant la couleur de l'eau à domicile.....	<b>53</b>
<b>Figure I.9</b> : Pourcentage concernant le gout de l'eau à domicile.....	<b>54</b>
<b>Figure I.10</b> : Pourcentage concernant la satisfaction de la qualité de l'eau à domicile.....	<b>54</b>
<b>Figure I.11</b> : Pourcentage concernant le réseau d'eau potable.....	<b>55</b>
<b>Figure I.12</b> : Pourcentage concernant les réservoirs de stockage d'eau.....	<b>55</b>

## Chapitre II

<b>Figure II.1</b> : Présentation du barrage Djorf-Torba.....	<b>57</b>
<b>Figure II.2</b> : Représentation graphique de la balance ionique des eaux du barrage.....	<b>59</b>
<b>Figure II.3</b> : Les différents échantillons d'eau.....	<b>60</b>
<b>Figure II.4</b> : Variation mensuelle de la température des eaux de Barrage.....	<b>61</b>
<b>Figure II.5</b> : Variation mensuelle de la conductivité électrique des eaux de Barrage.....	<b>61</b>
<b>Figure II.6</b> : Variation mensuel du pH des eaux de Barrage.....	<b>62</b>
<b>Figure II.7</b> : Evolution mensuelle du TDS des eaux de barrage .....	<b>62</b>
<b>Figure II.8</b> : Evolution mensuelle de la dureté de l'eau de Barrage.....	<b>63</b>
<b>Figure II.9</b> : Evolution mensuelle de la teneur en sulfates des eaux de Barrage.....	<b>63</b>
<b>Figure II.10</b> : Evolution mensuelle de la teneur en chlorures des eaux de barrage.....	<b>64</b>
<b>Figure II.11</b> : Evolution mensuelle des teneurs en nitrates des eaux de Barrage.....	<b>65</b>
<b>Figure II.12</b> : Evolution mensuelle de la teneur en ammonium des eaux de Barrage.....	<b>65</b>
<b>Figure II.13</b> : Evolution mensuelle de la teneur en nitrites des eaux de Barrage.....	<b>66</b>
<b>Figure II.14</b> : Evolution mensuelle de la teneur en Fer dans les eaux du Barrage.....	<b>66</b>
<b>Figure II.15</b> : Evolution mensuelle de la teneur de Manganèse dans les eaux du Barrage .....	<b>67</b>
<b>Figure II.16</b> : Les résultats de l'indice de qualité de l'eau du Barrage Djorf-Torba.....	<b>70</b>

## Chapitre III

<b>Figure III.1</b> : Le débit exploité dans la région de Béchar .....	<b>72</b>
<b>Figure III.2</b> : Répartition de la population communal.....	<b>73</b>
<b>Figure III.3</b> : Représentation graphique de la balance ionique des eaux du Barrage jusqu'au robinet du consommateur. ....	<b>74</b>
<b>Figure III.4</b> : Les différents échantillons d'eau .....	<b>75</b>
<b>Figure III.5</b> : Variation de la température des eaux de la ville de Béchar .....	<b>76</b>
<b>Figure III.6</b> : Variation de PH des eaux de la ville de Béchar .....	<b>76</b>
<b>Figure III.7</b> : Variation de la conductivité électrique des eaux de la ville de Béchar .....	<b>77</b>
<b>Figure III.8</b> : Variation de TDS des eaux de la ville de Béchar.....	<b>78</b>
<b>Figure III.9</b> : Variation de La dureté totale des eaux de la ville de Béchar .....	<b>78</b>
<b>Figure III.10</b> : Variation des Sulfates dans les eaux de la ville de Béchar. ....	<b>79</b>
<b>Figure III.11</b> : Variation de Chlore des eaux de la ville de Béchar .....	<b>79</b>
<b>Figure III.12</b> : Variation de Nitrate dans les eaux de la ville de Béchar.....	<b>80</b>
<b>Figure III.13</b> : Variation de Ca <sup>2+</sup> des eaux de la ville de Béchar .....	<b>80</b>

<b>Figure III.14</b> : Variation de $\text{NH}_4^+$ des eaux de la ville de Béchar.....	<b>81</b>
<b>Figure III.15</b> : Variation de $\text{Fe}^{2+}$ des eaux de la ville de Béchar .....	<b>82</b>
<b>Figure III.16</b> : Variation de $\text{Mn}^{2+}$ des eaux de la ville de Béchar.....	<b>82</b>

## Chapitre IV

<b>Figure IV.1</b> : Variation des volumes des ressources superficielles et souterraines de la période 2010/2021 .....	<b>87</b>
<b>Figure IV.2</b> : Les débits exploités (l/s) des eaux souterraines de la ville de Béchar.....	<b>87</b>
<b>Figure IV.3</b> : Représentation graphique des balances ioniques calculées.....	<b>88</b>
<b>Figure IV.4</b> : Les différents échantillons d'eau .....	<b>89</b>
<b>Figure IV.5</b> : Variation de la température des ressources en eau de la ville de Béchar .....	<b>89</b>
<b>Figure IV.6</b> : Variation de pH des ressources en eau de la ville de Béchar .....	<b>90</b>
<b>Figure IV.7</b> : Variation de la température des ressources en eau de la ville de Béchar .....	<b>90</b>
<b>Figure IV.8</b> : Variation de TDS des ressources en eau de la ville de Béchar.....	<b>91</b>
<b>Figure IV.9</b> : Variation de La dureté totale des ressources en eau de la ville de Béchar .....	<b>91</b>
<b>Figure IV.10</b> : Variation des teneurs en calcium des eaux de la ville de Béchar .....	<b>92</b>
<b>Figure IV.11</b> : Variation des teneurs en chlorures des eaux de la ville de Béchar.....	<b>92</b>
<b>Figure IV.12</b> : Variation des teneurs en sulfates des eaux de la ville de Béchar .....	<b>93</b>
<b>Figure IV.13</b> : Variation des teneurs en nitrates des eaux de la ville de Béchar.....	<b>93</b>
<b>Figure IV.14</b> : Variation des teneurs en fer des eaux de la ville de Béchar .....	<b>94</b>
<b>Figure IV.15</b> : Variation des teneurs en Manganèse des eaux de la ville de Béchar.....	<b>94</b>

## Chapitre V

<b>Figure V.1</b> : Diagramme conséquences du tartre sur l'installation hydraulique .....	<b>101</b>
<b>Figure V.3</b> : L'indice de Langelier après l'addition de $\text{H}_2\text{SO}_4^{2+}$ .....	<b>108</b>
<b>Figure V.3</b> : L'indice de Ryznar après l'addition de $\text{H}_2\text{SO}_4^{2+}$ .....	<b>108</b>
<b>Figure V.3</b> : Les différents types de filtres de prétraitement.....	<b>109</b>
<b>Figure V.2</b> : Les composants du filtre.....	<b>109</b>
<b>Figure V.4</b> : La cartouche sédiment .....	<b>109</b>
<b>Figure V.5</b> : La cartouche filtrante au charbon actif .....	<b>110</b>
<b>Figure V.6</b> : La cartouche lavable.....	<b>110</b>
<b>Figure V.7</b> : La cartouche polyphosphate .....	<b>110</b>
<b>Figure V.8</b> : La cartouche reminéralisante.....	<b>111</b>
<b>Figure V.9</b> : Schéma synoptique de réseau d'eau à domicile .....	<b>111</b>

# Abréviations

---

**A.D.E** : Algérienne des eaux

**A.N.R.H** : L'agence National des Ressources Hydriques

**SONAREM** : Société Nationale de Recherches et d'Exploitation Minières

**OMS** : Organisation Mondial de la Santé

**CEE** : Communauté Economique Européenne.

**NA** : Norme Algérienne

**RQEP** : Règlement sur la Qualité de l'eau Potable

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

**pH<sub>s</sub>** : Potentiel d'hydrogène de saturation

**pH** : Potentiel Hydrogène

**TA** : Titre alcalimétrique

**TAC** : Titre alcalimétrique complet

**TH** : Dureté

**MES** : Matières en suspension

**TDS** : Taux des Sels Dissous.

**CE** : Conductivité électrique

**UFC** : Unité formant colonies

**°C** : Degré Celsius

**PN** : Pression Nominale

**Mg/l** : Milligramme par litre

**UFC** : Unité Formant Colonie

**°F** : Degré Français

**µs/cm** : micro siemens par centimètre

**NTU** : Unité de Turbidité Néphélométrique

**PVC** : Polychlorure de vinyle

**PEHD** : polyéthylène haute densité

# Introduction générale

---

L'origine et la survie de l'humanité reposent sur l'eau. L'eau est l'une des ressources les plus abondantes sur terre, couvrant les trois quarts de la surface terrestre.

L'eau est l'aliment dont la qualité est la plus strictement réglementée et contrôlée à tous les stades de la production (bassins fluviaux et stations d'épuration) et de la distribution. De plus, l'eau est au cœur de la plupart des activités productives humaines : Principalement l'agriculture, la production industrielle et la production d'électricité. L'accès à une eau dite propre pour la consommation humaine est donc le fondement de toute civilisation.

Au cours du siècle dernier, la consommation mondiale d'eau a presque décuplé, atteignant ou dépassant les limites des ressources en eau renouvelables dans certaines régions, comme le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord.

Les ressources en eaux de surface et souterraines sont l'un des atouts les plus importants du pays. L'eau demeure une ressource limitée et vulnérable essentielle à la vie, au développement et à l'environnement [11] [39]. Par conséquent, leur protection et leur bonne gestion sont plus que nécessaires.

Au cours de la dernière décennie, les habitants et les autorités semblent avoir pris davantage conscience de la nécessité de mieux gérer et protéger l'eau [20]. Cependant, des considérations économiques et politiques guident toujours la politique de l'eau. Bien que les ressources en eau de surface et les ressources en eau souterraine soient généralement distinguées, dans la pratique, elles sont étroitement liées [18]. Le défi que s'est fixé le ministère des ressources en eau au cours de la dernière décennie était « l'eau pour tous » [58] [18]. Le défi actuel est d'offrir à tous une eau de qualité répondant aux normes mondiales (Organisation mondiale de la santé).

Le contrôle qualitatif et quantitatif des eaux de surface et des eaux souterraines à une fréquence et sur une période de temps raisonnable est l'aspect le plus fondamental de l'évaluation des ressources en eau [17] [41]. La réduction de la dégradation de l'eau causée par des processus purement naturels est difficile, mais pas impossible. D'une part, on peut plus facilement essayer de prioriser et de contrôler les prélèvements d'eau en fonction de sa qualité d'origine, et d'autre part, de protéger l'eau des rejets non réglementés ou trop pollués.

La qualité de l'eau fournie aux robinets des consommateurs dépend de la qualité de l'eau des rivières et des eaux souterraines. L'eau est d'abord prélevée, ensuite traitée. Par conséquent, la qualité de la ressource doit être préservée avant l'extraction afin de réduire le niveau de traitement requis pour bénéficier du potentiel de cette ressource.

En effet, l'eau est un produit dont la qualité se dégrade lors des transports sur de longues distances et du stockage à long terme [45]. Par conséquent, il est souhaitable de collecter l'eau du milieu naturel aussi près que possible de la zone d'application. Dans le cas contraire, l'eau brute sera envoyée vers une station de traitement située à proximité de l'utilisateur. Lors de la collecte, du traitement, du stockage et de la distribution de l'eau potable, de nombreux produits chimiques sont ajoutés intentionnellement (ajout direct) pour améliorer la sécurité et la qualité de l'eau potable destinée au consommateur [48]. De plus, l'eau est en contact permanent avec les surfaces des tuyaux, des vannes, des robinets et des réservoirs, ce qui peut générer des produits chimiques supplémentaires dans l'eau (ajout indirect). Donc, l'eau fournie aux consommateurs doit être de qualité satisfaisante [51].

### **Objectif de l'étude**

La protection à court, moyen et long terme de l'eau potable dans les réseaux s'appuie sur des modèles et des outils d'aide à la décision. Les recherches présentées dans cette thèse visent à concevoir des méthodologies ou des approches d'aide à la décision sur l'état de la dégradation de l'eau dans les réseaux d'approvisionnement en eau potable, sur la base de plusieurs critères permettant de répondre à des demandes en eau de qualité et adéquates.

### **Problématique**

L'eau potable dans la ville de Béchar est transportée dans des canalisations dont la plupart sont enterrées. Elles sont fabriquées en fonte grise ou ductile, en polyéthylène haute densité ou en Polychlorure de vinyle. En raison des conditions de pose, du régime hydraulique, de l'environnement ou de la qualité de l'eau, ces canalisations peuvent vieillir, se calcifier, se corroder et perdre la qualité de la matière et deviennent cassantes, et par conséquent sensibles aux dégâts des eaux. Les dommages réduisent les performances hydrauliques et dégradent la qualité de l'eau [53].

Compte tenu de l'impact des canalisations sur la qualité de l'eau en général et sur la santé des consommateurs en particulier, certaines questions se posent :

- Que savent les citoyens de la ville de Béchar sur la qualité des eaux potables qu'ils consomment ?

- Quelles sont les causes de la détérioration de l'eau dans les réseaux ?
- Connaissent-ils les différents contaminants de la conduite d'eau potable ?
- Quelles mesures faut-il prendre pour assurer la qualité de l'eau du robinet ?

### **Méthodologie adoptée**

La présente étude est subdivisée en deux parties : une partie théorique et une partie expérimentale.

La partie théorique est subdivisée à son tour en trois chapitres : le premier est une généralité sur l'eau, sa distribution et les facteurs à l'origine de la dégradation de sa qualité dans les réseaux. Le second chapitre est consacré à la description de la zone d'étude. Le troisième chapitre est consacré à l'aspect quantitatif des ressources en eau de la région de Béchar, où seront présentés les ressources en eau, ainsi que les sites de forage et leurs caractéristiques, et les infrastructures hydrauliques de la ville de Béchar, telles que les travaux de stockage. Sont également présentées dans ce chapitre les caractéristiques générales de l'alimentation en eau potable avec les paramètres par défaut enregistrés.

La deuxième partie est la partie expérimentale. Elle vise à faire un suivi de la qualité de l'eau depuis la ressource jusqu'au consommateur afin de trouver les causes de la détérioration de sa qualité dans le réseau de distribution.

Pour mener à bien ce travail, la démarche a été scindée en plusieurs phases. D'abord, il a été question de collecter des données de la part des citoyens de la ville de Béchar sous forme d'enquêtes sur le terrain.

La seconde étape a été consacrée au suivi de l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Djorf-Torba dans différentes stations de traitement et une série de comparaison son été effectué afin de relever d'éventuels écarts par rapport aux normes Algérienne et celles de l'OMS de potabilité de l'eau.

La troisième étape a trait au suivi de la qualité de l'eau depuis la source (barrage de Djorf-Torba) jusqu'au consommateur, en utilisant la base de données d'analyses des eaux effectuées par le laboratoire de contrôle et de surveillance de la qualité d'eau des services de l'Algérienne des eaux de Béchar.

La quatrième phase a concerné l'évaluation de la qualité de l'eau des ressources alimentant la ville de Béchar. Pour ce faire ; des analyses basées sur la mesure de paramètres physico-chimiques ont été effectuées sur l'eau des ressources principales d'eau potable. Afin de mieux reconnaître les variations et les fluctuations de la qualité de l'eau, la surveillance est effectuée à trois niveaux selon les normes nationales et internationales : La principale amenée

(Le barrage de Djorf-Torba) ; les réservoirs qui alimentent directement la population (Les deux réservoirs de capacité 2000 m<sup>3</sup> ; Les trois réservoirs de capacité 3000 m<sup>3</sup> et Les trois réservoirs de capacité 250 m<sup>3</sup>) et les robinets du consommateur de quatre quartiers différents : Béchar Djedid, Debdaba, Hai El Badr et le centre-ville.

Enfin, la dernière phase a été consacrée, au contrôle de la qualité de l'eau distribuée dans la région de Béchar et au calcul des indices d'agressivité de cette eau et ce afin de trouver les causes de la détérioration de sa qualité dans le réseau et aussi à la proposition de quelques solutions aux problèmes rencontrés.

La thèse est achevée par une conclusion générale relatant les principaux résultats de l'étude ainsi qu'un certain nombre de recommandations.



1ère PARTIE  
(Cadre général)

---

## Généralité

### Sommaire

---

Introduction

I. La distribution d'eau potable

II. Traitement des eaux

III. Facteurs à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux

III.1. Facteurs physicochimiques influençant la dégradation de la qualité de l'eau

III.1.1. Le pH et la minéralisation

III.1.2. La température.

III.1.3. L'Oxygène dissous

III.1.4. La turbidité

III.1.5. L'ammonium

III.1.6. La matières organiques

III.1.7. Désinfectant résiduel

III.2. Les facteurs organoleptiques : indicateurs de qualité

III.3. Influence des phénomènes de corrosions sur la qualité de l'eau

IV. Facteurs de dégradation liés à la conception ou à la gestion du réseau

IV. 1. L'hydraulique du réseau

IV.2. Influence du choix des matériaux

IV. 3. Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux

Conclusion.

---

## Introduction

L'eau est un élément omniprésent de la nature. Elle est le liquide le plus répandu et le plus utilisé à la surface de la terre, mais ce n'est pas un simple liquide qui est le même partout.

C'est une substance physico-chimique active et efficace qui a un effet destructeur puissant et durable sur la croûte terrestre[53]. L'eau contient pratiquement toutes les substances existantes sur terre [53] [83] sous forme de vraies suspensions, de suspensions colloïdales ou de solutions dans des quantités qui varient considérablement du gramme au nano gramme (ou moins) par litre de transport [83].

Seules les eaux souterraines et les eaux courantes peuvent être mobilisées pour répondre aux besoins humains. Du fait des fortes variations saisonnières, on suppose à nouveau que 20% de la population mondiale actuelle ne dispose que d'environ 7% des réserves mobilisables à l'échelle mondiale [67]. L'eau est l'aliment dont la qualité est la plus strictement réglementée et contrôlée à tous les stades de la production (bassins fluviaux et stations d'épuration) et de la distribution [67] [13]. De plus, l'eau est au cœur de la plupart des activités productives humaines. Principalement l'agriculture, la production industrielle et la production d'électricité.

### I. La distribution d'eau potable

La distribution d'eau en bon état dans les villes et les zones densément peuplées se fait à travers les réseaux d'alimentation en eau potable. Sa tâche principale est d'assurer un approvisionnement continu et permanent en eau potable à la population.

Un système d'alimentation en eau potable (AEP) est l'ensemble des infrastructures et équipements nécessaires pour répondre à la demande totale en eau potable des zones urbaines et industrielles.

De manière générale, selon la nature du captage (eau souterraine, eau de surface), les systèmes requis pour la distribution d'eau potable sont :

- Prises d'eau, puits ou forages.
- Première station de pompage (SP1).
- Station de traitement (ou de dessalement) de l'eau
- Réservoirs enterrés ou semi-enterrés.
- Deuxième station de pompage (SP2).
- Réservoirs surélevés (ou sur-tours ou châteaux d'eau).
- Réseau de distribution d'eau potable

Le transport de l'eau de la source jusqu'au point de distribution se fait suivant plusieurs phases comme montré dans la figure I.1 : L'eau extraite (souterraine ou de surface) est acheminée vers la station de traitement, puis l'eau traitée est acheminée vers des réservoirs de stockage, pour finalement être distribuée au consommateur.

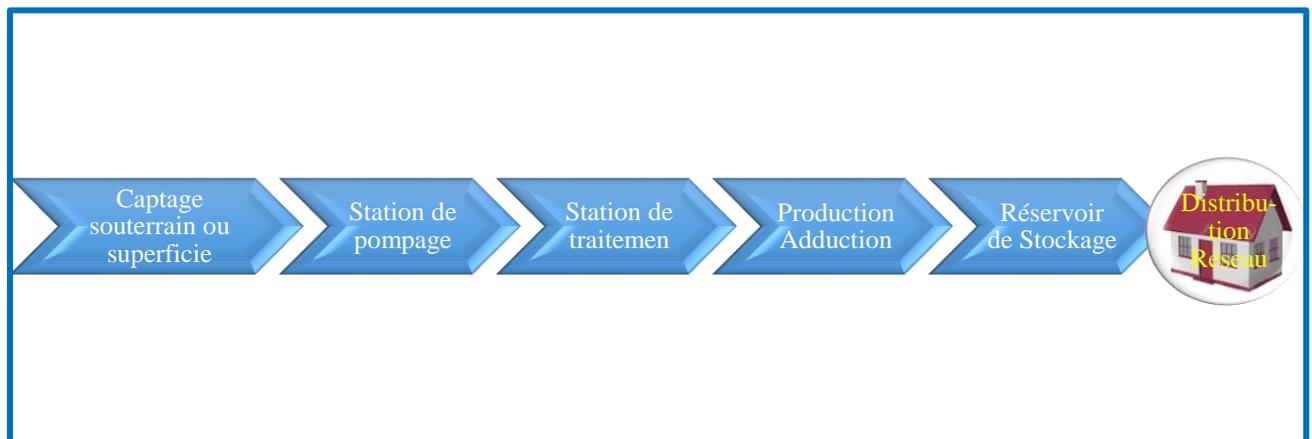


Figure I.1 : Schéma général de distribution d'eau

## II. Traitement des eaux

L'eau collectée doit normalement être traitée pour être potable. Ce traitement est généralement appliqué aux eaux de surface. Ce traitement est fait pour éliminer les bactéries de l'eau et éventuellement améliorer son goût.

## III. Facteurs à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux

Souvent, les réseaux de distribution d'eau potable sont considérés comme de véritables réacteurs où l'eau et ses composants (comme les canalisations) interagissent sur les plans physique, chimique et biologique [47] [48]. L'eau du robinet peut être d'une qualité très différente de la qualité de l'usine de production. Les conditions qui contrôlent la progression de la qualité de l'eau au sein des réseaux sont complexes et ont fait l'objet de nombreuses recherches ces dernières années [48] [17][47][14].

Il est crucial pour les services opérationnels (en usine ou réseaux de production) d'avoir une bonne connaissance des facteurs pouvant impacter la qualité de l'eau au sein d'un réseau afin d'anticiper et d'éviter les problèmes potentiels [37] [21].

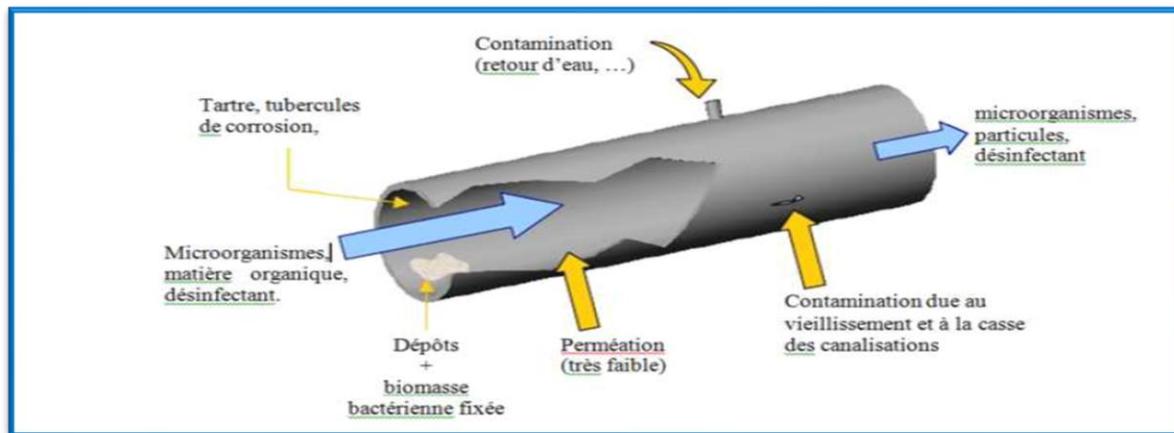


Figure I.2 : Conduite de distribution d'eau potable dégradée [24] [21].

### III.1. Facteurs physicochimiques influençant la dégradation de la qualité de l'eau

#### III.1.1. Le pH et la minéralisation

Au sein du réseau, le pH et la minéralisation sont importants pour contrôler la corrosion, l'agression de l'eau, l'action désinfectante et la précipitation des éléments dissous [47]. Cependant, le pH peut varier le long de la distribution en raison des changements de concentration de  $\text{CO}_2$  dissous et du débit d'eau traitée de la station [53]. L'aération du réservoir durcit l'eau, provoque une perte de  $\text{CO}_2$  et risque de boucher les canalisations avec des dépôts calcaires [45]. La solution consiste à ajouter du  $\text{CO}_2$  ou à retirer du  $\text{CaCO}_3$  pour rétablir l'équilibre [11]. A l'inverse, une eau au  $\text{CO}_2$  agressif (pH bas) a tendance à attaquer les substances qu'elle rencontre, avec des conséquences graves : Dissolution du ciment, attaque (corrosion) des métaux ferreux ou attaque des métaux toxiques comme le plomb [2]. Les solutions possibles incluent l'élimination du  $\text{CO}_2$  agressif, l'ajout de chaux pour équilibrer la chaux et le carbone, ou des traitements de reminéralisations [17]. Avec une composition judicieuse, l'eau permet de développer à la surface des matériaux une couche protectrice composée en partie de carbonate de calcium. Pour favoriser la formation de cette couche protectrice, il est recommandé d'épandre de l'eau légèrement sursaturée en carbonate de calcium [53] [21].

#### III.1.2. La température

La température de l'eau peut fluctuer de plusieurs degrés lors de son passage dans le réseau [47]. A titre d'exemple, on observe un écart maximal de  $4^\circ\text{C}$  entre les points extrêmes du réseau en région saharienne. Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont d'origine superficielle [17]. Des goûts et des odeurs désagréables peuvent apparaître à des températures élevées [11]. De plus, il accélère la plupart des réactions

physico-chimiques et biologiques dans le réseau, influence la croissance bactérienne en agissant sur les constantes d'équilibre et élimine les effets des résidus de désinfectant [4]. On a observé sur certains réseaux en climat tempéré que le nombre de conformes dans des réseaux de distribution variait de façon saisonnière, les plus hauts niveaux se produisant durant les mois d'été [45]. L'activité bactérienne augmente significativement à des températures supérieures à 15°C.

La température joue aussi un rôle notable lorsque l'on fait des mélanges entre des eaux de composition différentes ; la couche protectrice formée par l'eau légèrement entartrant sur les parois Cela peut modifier la structure et réduire l'épaisseur [45] ce qui n'est pas souhaitable. La température est aussi un des facteurs le plus important pour la dissolution des éléments tels que le plomb. Par exemple, sa solubilité double approximativement entre 12°C et 25°C [2] [21].

### III.1.3. L'Oxygène dissous

L'oxygène dissous peut être considérablement appauvri lors de la distribution à partir de la saturation à l'entrée du réseau par des réactions d'oxydation et la croissance bactérienne [11]. La diminution de l'oxygène dissous observée au sein du réseau peut être interprétée comme un signe de croissance biologique [49].

Un anaérobie étendu ne se produit qu'à des temps de séjour très longs si le réseau est correctement entretenu. D'une part, des zones anoxiques locales peuvent se former [45]. La sursaturation en oxygène reste rare [11] [21].

### III.1.4. La turbidité

La turbidité est causée par la présence de colloïdes qui protègent les bactéries des oxydants. Quand la turbidité de l'eau est supérieure à 0,4 NTU, le désinfectant ralentit ou est éliminé. En règle générale, la garantie bactériologique d'une eau de 1 heure à 0,4 n'est valable que si la turbidité est inférieure à 0,4 NTU [47] [52].

Si l'eau est très trouble, le réseau aura les problèmes suivants :

- ❖ Précipitation du fer, de l'aluminium et du manganèse par oxydation dans le réseau.
- ❖ Précipitation lente de  $\text{CaCO}_3$  (ou parfois hydroxydes de magnésium), due à un mauvais ajustement du pH à l'usine de traitement.
- ❖ Une corrosion importante.
- ❖ Bactéries agglutinées par l'agglutination naturelle des colloïdes causée par la rupture du biofilm, ou glycocalyx (polysaccharides sur la paroi externe de la bactérie).

- ❖ Une fuite de matières dans la filière de filtration de l'usine de traitement (on dit que les filtres sont « percés ») [47].

Les précipités formés par action post-floculation (action continue et polymérisation incomplète des flocculant) au sein du réseau réduisent la qualité organoleptique de l'eau et favorisent la croissance microbienne [11]. Le paramètre turbidité est suivi tout particulièrement par les producteurs d'eau car il est aujourd'hui facile à mesurer en continu et permet d'évaluer rapidement la qualité de l'eau produite [4]. En d'autres termes, c'est un bon indicateur du traitement global [45].

Par conséquent, la mesure de la turbidité fournit un moyen fiable d'éliminer certains micro-organismes résistants aux traitements chimiques, tels que les spores et les kystes [19]. Celles-ci ne sont préservées que par des traitements physiques de rétention. Il existe une bonne corrélation entre la réduction microbienne et la turbidité, puis que la turbidité protège ces microbes de la même manière que les bactéries qui ne sont pas librement présentes dans l'eau. Ceci est mis en évidence par la corrélation entre les réductions post-traitement des algues, kystes et autres organismes clostridies et les réductions de turbidité constatées dans certaines usines de traitement d'eau potable [11] [21].

### III.1.5. L'ammonium

Il est important d'éliminer l'ammonium avant l'introduction de l'eau dans le réseau parce que l'ammonium réagit avec le chlore pour produire des chloramines, qui sont des désinfectants moins efficaces et peuvent provoquer des goûts désagréables. Certaines bactéries prolifèrent aussi en transformant l'ammonium en nitrites puis en nitrates [4] [21].

### III.1.6. Les matières organiques

La teneur en éléments carbonés organiques est une source nutritive essentielle à la croissance bactérienne est aujourd'hui reconnue comme un facteur clé de contrôle de la qualité microbiologique [17] [19] de l'eau des réseaux. , une consommation de la matière organique s'accompagne d'un accroissement de la densité bactérienne présente au niveau du biofilm, Comme dans le cas de l'eau en circulation, plusieurs mesures du potentiel nutritif carboné ont été réalisées sa fin de fournir une référence indicative pour limiter de manière fiable la croissance bactérienne au sein du réseau [71] [21].

### III.1.7. Désinfectant résiduel

- **Principe de la désinfection**

La désinfection est la dernière étape du processus de préparation de l'eau destinée à la consommation humaine. Son objectif est d'éliminer les agents pathogènes, les virus et les bactéries les plus courantes afin de maintenir les normes de qualité de l'eau potable.

Une réduction des résidus de désinfectant peut entraîner une croissance bactérienne au sein du réseau, mais l'expérience a montré que le maintien des résidus de désinfectant n'empêche pas complètement la résurgence de ces bactéries [24].

### III.2. Les facteurs organoleptiques : indicateurs de qualité

Les consommateurs sont très sensibles à la dégradation organoleptique de l'eau dans le réseau. Malheureusement, le goût et l'odeur sont les caractéristiques les plus difficiles à maîtriser en raison des multiples causes et interactions, telle que (La nature de la ressource, Le traitement, Le réseau, La microbiologie) [24] [45].

### III.3. Influence des phénomènes de corrosions sur la qualité de l'eau

La corrosion est souvent causée par la présence de fer, de plomb, de cuivre, de cadmium ou de zinc dans l'eau. Ils peuvent protéger les micro-organismes du déracinement hydraulique, ralentir le débit et détourner localement le débit.

La corrosion est causée par des phénomènes électrochimiques localisés très variés (différents mécanismes de corrosion) ; par exemple à pH faible ou lorsque le taux d'oxygène est élevé, souvent exacerbée par des bactéries qui accélèrent la réaction. La protection contre la corrosion doit être obtenue par des mesures de précaution dans le traitement de l'eau et un bon entretien des réseaux.

## IV. Facteurs de dégradation liés à la conception ou à la gestion du réseau

### IV.1. L'hydraulique du réseau

La conservation de la qualité de l'eau est facilitée par une réduction du temps de séjour dans le réseau. Dans les réseaux urbains, il y a souvent un maillage élevé, ce qui assure la sécurité quantitative, impératifs de la sécurité incendie, permet de parer aux heures de pointes et facilite les arrêts d'eau s'il y a lieu. Il accroît cependant le temps de séjour de l'eau dans le

réseau. Les réservoirs peuvent connaître des temps de séjour de l'eau plus longs en raison de contraintes opérationnelles ou de défauts de conception à des points individuels du réseau.

- ❖ Le temps de séjour n'est pas une seule valeur pour le réseau, mais est représenté par une distribution statistique. Le temps de séjour moyen dans le réseau peut être de l'ordre de quelques jours. Cependant, dans les zones à faible débit ou à demande en eau quasi nulle (comme les périodes de vacances), une quantité d'eau donnée peut stagner pendant 10 jours ou plus.
- ❖ Des études ont montré que le problème de stagnation, qui favorise la corrosion et la sédimentation, apparaît rapidement lorsque la vitesse de l'eau est inférieure à  $0,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  et disparaît lorsque la vitesse de l'eau est supérieure à  $0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Lors de la conception des réseaux, le diamètre des canalisations est ainsi calculé à partir des débits de pointes horaires. Il est conseillé des valeurs guides d'écoulement entre  $0,5$  et  $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

On a vu que l'écoulement de l'eau limite la croissance bactérienne par un effet d'arrachage du biofilm. Une augmentation du débit peut dégrader brutalement la qualité microbiologique de l'eau, notamment lors de la mise en service d'une bouche d'incendie. Une demande élevée de l'eau en été (arrosage, piscines, etc.) peut aussi entraîner une dégradation de la qualité de l'eau pour la même raison [17].

## IV.2. Influence du choix des matériaux

Les interactions entre l'eau et le matériau du réseau de distribution, c'est-à-dire les réservoirs, peuvent conduire à une diminution de la qualité de l'eau distribuée.

Comme on l'a présenté antérieurement, il faut éviter le contact direct eau / métal (acier fonte) de façon à lutter contre tout phénomène de corrosion.

L'ancien réseau était essentiellement en fonte sans revêtement interne et une campagne de nettoyage a montré que les sédiments collectés par sédimentation étaient effectivement réduits de 40% en poids de fer. Tout matériau métallique migrera des traces de contaminants dans l'eau. Ceci est essentiellement lié aux réactions de corrosion électrochimique, tant pour le cuivre (eau à faible pH, tampon faible) que pour le plomb (eau en dessous de Ph 7, eau dissoute incontournable, eau faible minéralisation), les canalisations en acier galvanisé (après corrosion, une migration du zinc est observée et peut être contaminée par du plomb, de l'arsenic et du cadmium) et des alliages métalliques qui peuvent reléguer certains éléments les constituant suivant la qualité de l'eau en contact [45].

Pour les matériaux à base de ciment (béton notamment), avec une eau agressive (Sous-entend du au carbonate de calcium), la chaux du liant se dissoudra progressivement en entraînant une élévation de la porosité du matériau et une élévation du pH de l'eau sans autre conséquence majeure sur la qualité.

Les joints des réseaux qui constituent aussi le contenant, sont soupçonnés, dans certains cas, de reléguer des substances nutritives dans l'eau pouvant stimuler la croissance bactérienne : Exemples de joints d'étanchéité et de presse-étoupes utilisés jusqu'à récemment. Certains matériaux de revêtement interne de grosses conduites ou de réservoirs relégueront pour leur part des polymères ou des adjuvants, ou des solvants ce qui se traduira par l'apparition de saveurs désagréables.

Pour la mise en œuvre de ces matériaux dans les revêtements d'étanchéité, il convient d'être particulièrement attentif aux critères suivants :

- Restrictions démisées en œuvre sur les chantiers.
- Adhérence au support maçonné.
- Compatibilité avec les méthodes de nettoyage des produits et des structures.
- Certains matériaux favorisent la croissance bactérienne.
- Les tuyaux et les matières plastiques qui éliminent le risque de corrosion et dans certains cas, les avantages d'un nombre réduit de joints et de fuites peuvent entraîner une mauvaise qualité dans certaines situations d'application.

Par exemple, l'eau dans les zones où il existe un risque de contamination par des hydrocarbures ou des solvants (stations-service, nettoyage à sec, industrie chimique organique, etc.).

En effet, certaines matières plastiques sont perméables à ces produits organiques et traversent la paroi de la conduite en phase gazeuse ou liquide. Outre le risque de contamination chimique de l'eau, ces contaminants peuvent également apporter des nutriments à la flore, en fonction de leur biodégradabilité.

Le plomb utilisé pour les branchements faits de plomb ou les brasures qui en contiennent ainsi que pour les canalisations à intérieures est également une source importante de dégradation de la qualité de l'eau potable. Sur de longues durées (plus de six heures), le plomb peut se dissoudre dans l'eau potable accumulée dans les tuyauteries en contenant notamment en fonction des caractéristiques de l'eau transportée (pH, température...). La nouvelle réglementation française sur l'eau potable stipule une valeur maximale admissible de 25µg/l au lieu de 50µg/l au titre du précédent décret 89-3, avant d'être ramené à 10µg [45].

### IV.3. Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et conséquences

L'eau potable produite dans l'usine doit en effet conserver sa qualité depuis la sortie de l'usine jusqu'au robinet de l'usager. Une bonne distribution résulte donc d'un transit de l'eau sans aléas tous le long du réseau [45].

Cette énumération ne traite pas de cas liés à la contamination de l'eau brute ou de défauts de fonctionnement dans l'unité de production [24].

**Tableau I.1 : Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et conséquences [24].**

Origines	Causes	Conséquences	Dangers
Réservoirs	Mauvaise étanchéité de l'ouvrage	Infiltration de l'eau de Pluie	Contamination microbiologique
	Orifices de ventilation ou voies d'accès mal protégées	Pénétration d'insectes ou autres animalcules	Altération de l'eau sur le plan organique organoleptique ou microbiologique
	Mauvais entretien (nettoyage Notamment	Apports nutritifs du fait de l'encrassage, ou de sédiments organiques	Développement de germes (clostridium, ...)
	Surdimensionnement, points bas courts circuits de l'eau entrée-sortie,	Stagnation de l'eau Altération des qualités initiales	Altération des qualités initiale pour divers paramètres
	Réservoir exposé à la lumière du jour	Croissance d'algues	Apports de matières organiques
	Réservoir exposé à la lumière du jour	Croissance d'algues	Apports de matières organiques
	Interventions effectuées en dehors des règles de l'art (désinfection, prélèvements, accès au plan d'eau, ...)	Eau potable souillée	Contamination microbiologique
Retours d'eau	Dépression (pompage intensif sur réseau, rupture de canalisation,...) ou contrepression (mise en pression dans une installation privée, ...)	Siphonage ou refoulement de substances indésirables ou polluantes	Pollutions toxiques, microbiologiques, ou organoleptique
Environnement extérieur de la conduite	Fuites, usures au joint et dépression Perméation	Intrusion d'eaux terreuses Introduction de polluants	Pollution microbiologique essentiellement Pollution toxique ou organoleptique
Défauts du réseau	Matériau inadéquat pour l'alimentation en eau potable	Relargage de polluants Apports nutritifs Adhérence trop importante des germes Mise en suspension de Dépôts	Pollution toxique Favorise le biofilm Contamination microbiologique Altération des paramètres métaux (Fe, Zn, Pb, Cu, Cd, ..)
Intrusion de polluants au niveau d'une ventouse (rare)	Ventouse mal située	Eau potable Souillée	

Installation Intérieure	Matériau inadéquat Juxta position de matériaux inadéquate Dysfonctionnement des dispositifs de traitement domestiques (surdosage, cartouches saturées ou colonisées par des bactéries, Colonisation des zones stagnantes par circuit d'eau chaude Sur dimensionnement (faible consommation, longueur, ...)	Corrosion ou relargage Corrosion Stagnation de l'eau	Pollution toxique ou Organoleptique Altération des paramètres métaux Relargage de bactéries ou d'éléments minéraux Contamination microbiologique (Le gionella) Pollution microbiologique, chimique (NH <sub>3</sub> ), organoleptique
-------------------------	--	--	--

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous étudie le phénomène de dégradation de la qualité de l'eau potable dans le réseau de distribution. Généralement, la dégradation de la qualité de l'eau reste liée à la vétusté ou le manque d'entretien des équipements de stockage qui peut être à l'origine d'une décontamination de l'eau au cours de sa distribution, l'infiltrations le long du réseau, la corrosion, les fuites, ... etc. De plus, ce phénomène provoque des risques sanitaires.

---

## Généralités sur la région d'étude

### Sommaire

---

- I. Aspect général
    - I.1. Situation géographique
    - I.2. Situation démographique.
    - I.3. Situation agricole
  - II. Aspect climatologique
    - II.1. La pluviométrie
    - II.2. La température
    - II.3. Le vent
    - II.4. Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN
    - II.5. Humidité relative de l'air
    - II.6. Détermination des Indices climatiques de la région
      - II.6.1. Quotient pluviométrique
      - II.6.2. Indice de MARTONE
  - III. Aspect géologique
  - IV. Aspect hydrogéologique
    - IV.1. Aquifères superficiels
    - IV.2. Aquifères profonds
-

## I. Aspect général

### I.1. Situation Géographique

La wilaya de Béchar est située dans le sud-ouest algérien, au pied du sud de l'Atlas saharien. Elle est à 950 km de la capitale Alger limitée au Nord par la wilaya de Naama, à l'Ouest par la frontière avec le Maroc, au Sud par les Wilayas d'Adrar et Tindouf, à l'Est par la wilaya d'El Bayadh.

La Wilaya de Béchar s'étale sur une superficie approximative de 50050 Km<sup>2</sup>. Elle compte vingt et un (21) communes et six (6) daïras, avec une population de 297482 habitants en 2020 [28].

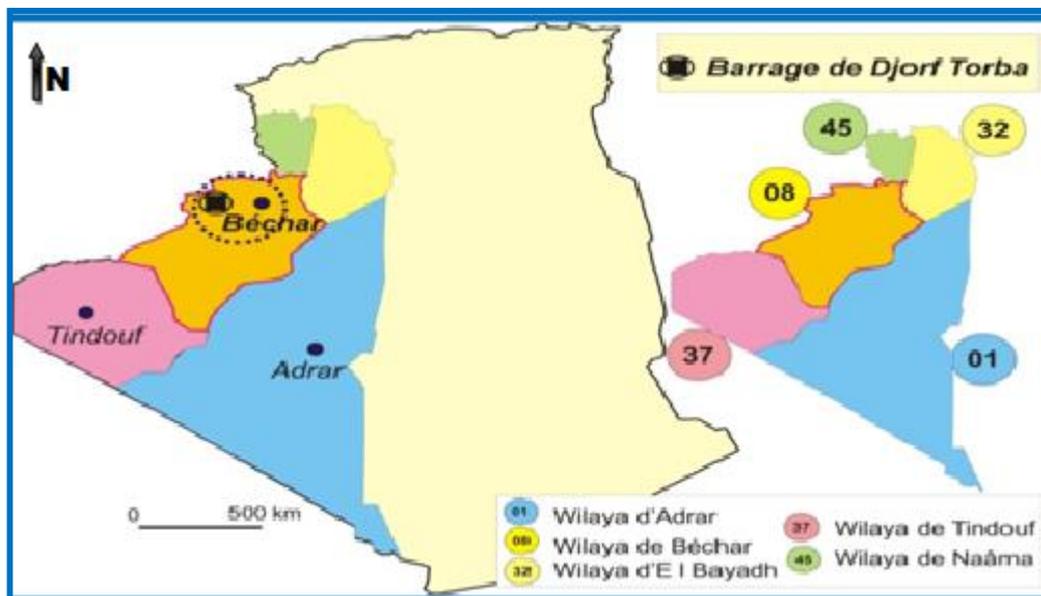


Figure II.1 : Situation de la région d'étude

### I.2. Situation démographique

La ville de Béchar présente presque 62.01% de la population totale de la wilaya. En 2022, elle comptait environ 223770 habitants [3]. Cette population est répartie sur plusieurs quartiers avec des proportions variables dans le temps et dans l'espace qui sont actifs principalement dans l'administration et le commerce local. L'industrie est une activité rare, alors que l'agriculture commence à prendre un élan considérable, surtout avec le lancement du programme national de développement de l'agriculture, et la mobilisation des ressources superficielles et des nappes phréatiques.

### I.3. Situation agricole

La wilaya de Béchar dispose d'une superficie agricole totale estimée à environ 138 400 ha, répartie entre les terres de parcours (138 190 ha) et une superficie agricole utile estimée à 210 ha qui représente toutes les caractéristiques d'une agriculture saharienne. A cela s'ajoute un espace agricole (non oasisien) constitué du périmètre d'Abadla et des terres agricoles créées dans le cadre de l'accession à la propriété foncière agricole lié à la présence de l'eau, le potentiel agricole se localise principalement le long des principaux oueds qui traversent la wilaya [44].

## II. Aspect climatologique

La station climatique de la ville de Béchar est présentée dans le tableau II.1.

Tableau II.1 : Caractéristiques de la station climatique de la ville de Béchar[9].

Station	Code		X	Y	Z	Paramètre relevé	Année d'observation
Béchar	13-01-32		31°37'00''N	02° 14' 00''W	772	T, P, vent, Hr	2000 - 2016

### II.1. La pluviométrie

La station météorologique de Béchar a enregistré les précipitations qui sont représentées dans la figure II.2 suivantes :

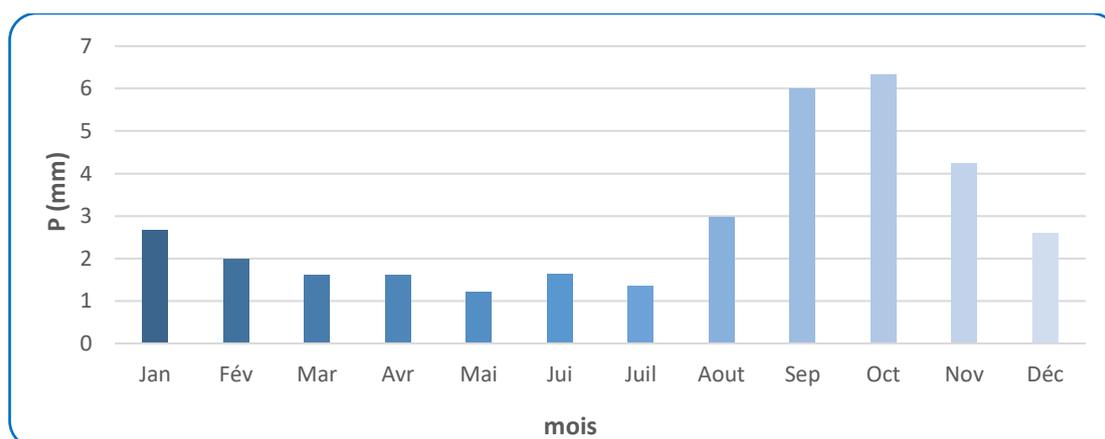


Figure II.2 : Histogramme des variations des précipitations moyennes annuelles (2000-2016) [9].

La pluviométrie est un facteur écologique essentiel. Avec la température, elle conditionne les climats terrestres. La région de Béchar est caractérisée par une faible pluviométrie, avec des

précipitations irrégulières. La figure II.2 montre que la pluviométrie atteint sa valeur maximale au mois d'Octobre (6.33 mm) et elle est minimale le mois de Juillet (1.35 mm).

## II.2. La température

La température est un élément fondamental du climat, sa variation influe sur la transformation de l'eau en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol, elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux. Toutefois, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique, c'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région.

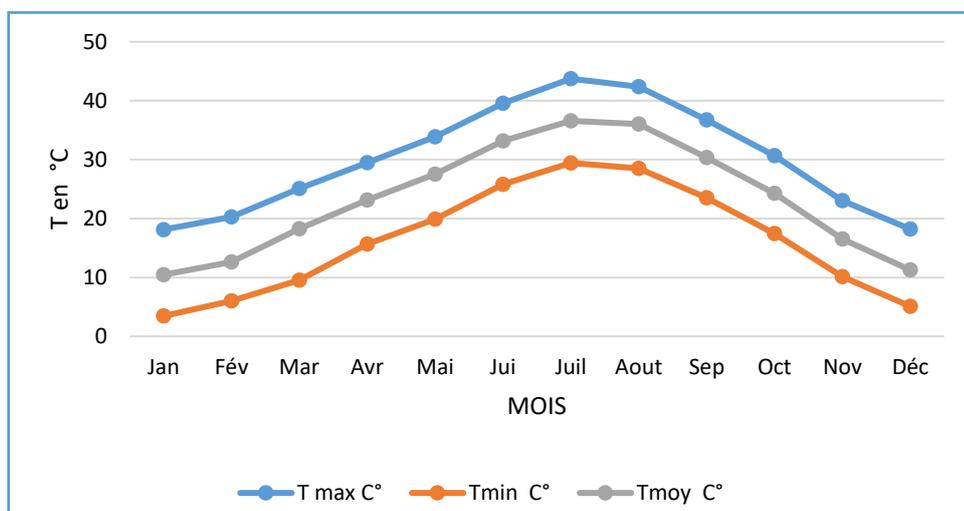


Figure II.3 : Courbe des Températures minimales, maximales et moyennes mensuelles Interannuelles de la région Bechar, station de Béchar (2000-2016) [9].

La figure II.3. Indique que la zone d'étude est caractérisée par un climat chaud et sec, caractéristique d'un climat saharien. Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées essentiellement pendant la période d'été (Juin à Septembre) avec des températures variant de 30,36 à 36,02°C. Par contre, les températures les plus basses, de 10,46 à 18,28°C, sont observées pendant la période d'hiver (décembre à mars) avec un minimum pendant le mois de janvier (10,46°C). Les autres mois présentent des températures intermédiaires (11,3 à 27,54°C).

Les températures maximales présentent un minimum en janvier (18,13°C), et un maximum en juillet (43,73°C). Les températures minimales montrent un minimum en janvier (3,45°C), et un maximum en juin (25,8°C), alors que les températures moyennes exposent un minimum en janvier (10,46°C) et un maximum en juillet (37,37°C).

### II.3. Le vent

La ville est soumise à un vent relativement régulier, avec une vitesse moyenne de 15,90 km/h, pour la période de 2000/2016. Sur la figure 4 on distingue deux périodes, la première de Mars à Aout avec des vitesses dépassant 15 km/h, et la deuxième s'étale de septembre à février avec des vitesses inférieures à la moyenne (15 km/h).

Les fréquences des vents dominants de direction Nord et Sud-ouest sont de l'ordre, respectivement de 10,15 % et 10,61 % (Figure II.4).

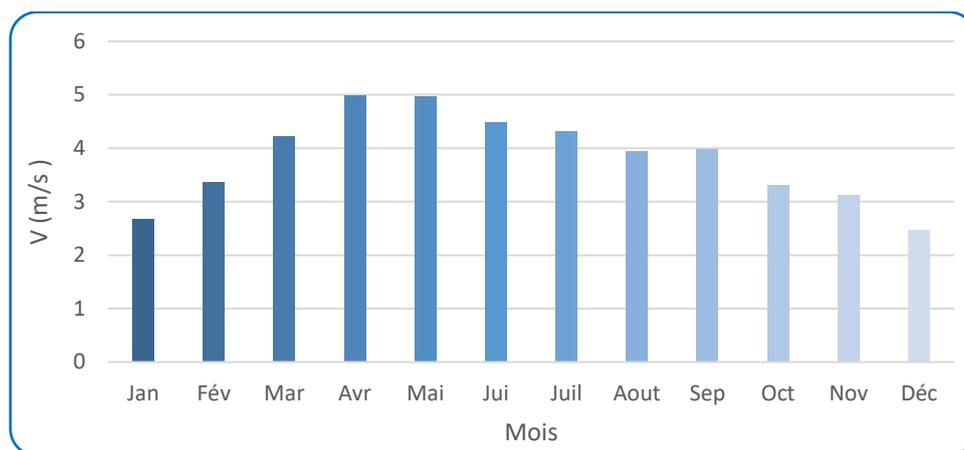


Figure II.4 : Variations moyennes mensuelles des vitesses du vent de la région de Béchar, station de Béchar (2000-2016)[9].

### II.4. Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN

Le diagramme Ombro-thermique (Figure II.5) de Gausсен permet de calculer la durée de la saison sèche. Dans notre cas la courbe des précipitations passe largement au-dessous de la courbe des températures, cette allure permet de constater que la période sèche s'étale sur toute l'année.

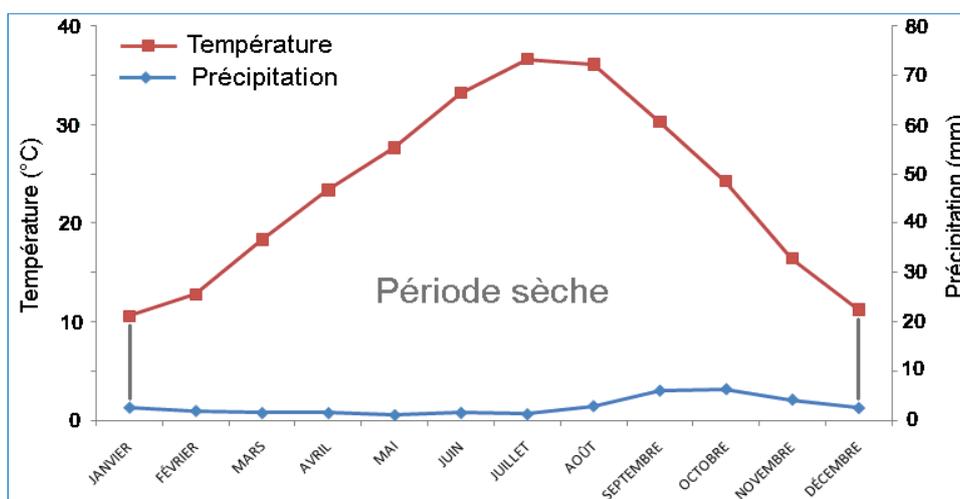


Figure II.5 : Diagramme Ombro-thermique de la région de Béchar pour la période (2000-2016)[9].

## II.5. Humidité relative de l'air

La répartition des résultats de mesures de l'humidité est l'inverse de la répartition des résultats de la température. La valeur maximale de l'humidité de l'air est obtenue en hiver (Décembre- Janvier) et la valeur minimale en été (Juin- Juillet) tel que présenté dans la figure II.6. L'humidité relative est faible, elle est inférieure à 20%.

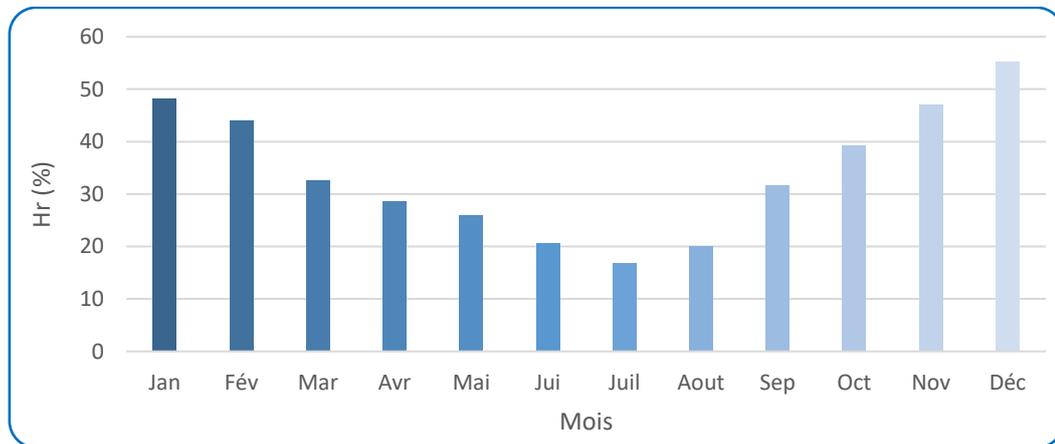


Figure II.6 : Histogramme des variations moyen annuel de l'humidité relative de l'air (2000-2016) [9].

## II.6. Détermination des Indices climatiques de la région

Pour avoir une idée sur le climat dominant de la zone d'étude, quelques indices et diagramme sont été introduits.

### II.6.1. Quotient pluviométrique

Pour déterminer le climat, Emberger a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique  $Q_2$ , qui dépend des précipitations moyennes annuelles et des moyennes de températures minimale et maximale, respectivement du mois le plus froid et le plus chaud qui permet de positionner une station sur un diagramme, il propose donc la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{P \times 1000}{\left(\frac{M+m}{2}\right) (M-m)} \dots\dots\dots (1)$$

Avec :

- **P** : Précipitation moyenne annuelle (mm).
- **M** : Moyenne des maximale du mois le plus chaud (en degré Kelvin).
- **m** : moyenne des minimale du mois le plus froid (en degré Kelvin).
- **P** : 13.25 mm, **M**=311.48°K et **m**=286.09°K.

Ce qui donne :  $Q_2=1.74$

La valeur de  $Q_2$  calculée permet de positionner notre région d'étude sur le climagramme d'Emberger (Figure II.7), elle est caractérisée par un climat de type saharien à hiver très chaud.

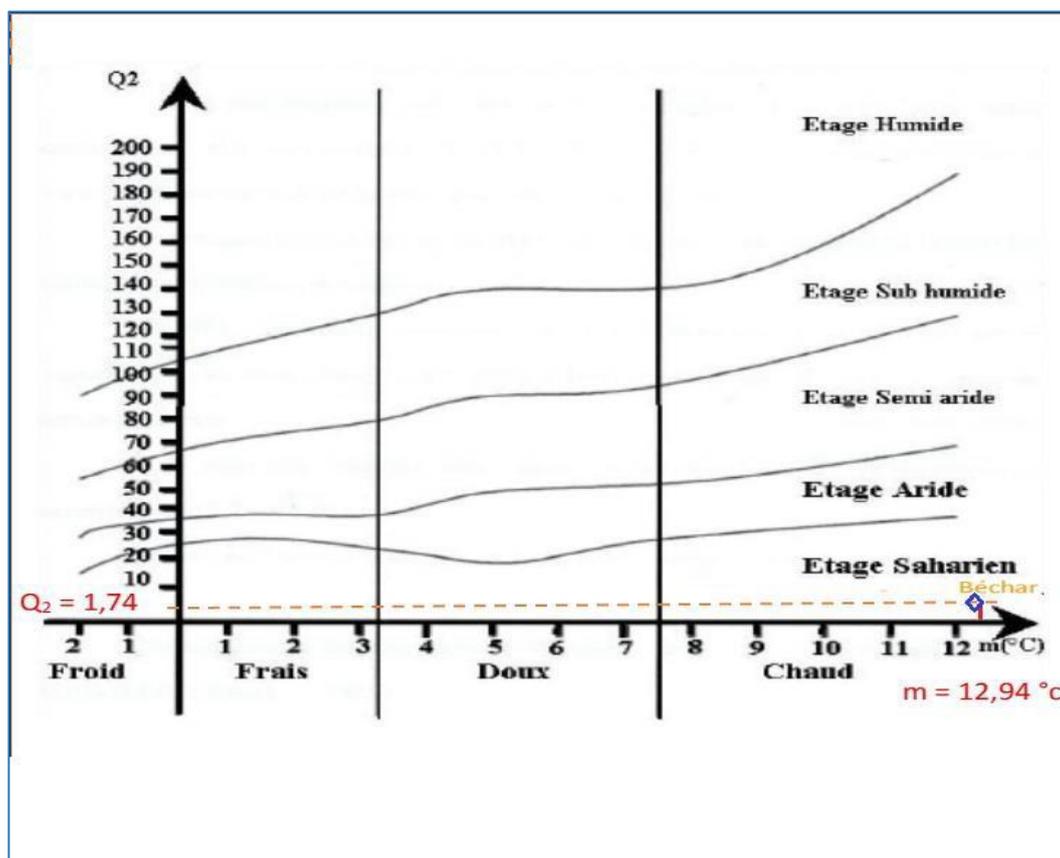


Figure II.7 : Climagramme d'Emberger de la région de Béchar.

### II.6.2. Indice de MARTONE

En 1923, un indice d'aridité noté  $I$  a été défini par le géographe MARTONE se basant sur les températures et les précipitations selon la relation suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10} \dots\dots\dots (2)$$

Avec :

- **P** : Précipitations annuelles moyennes (mm)
- **T** : Température moyenne annuelle (°C)

### Classification de l'indice de MARTONE :

- $I < 5$  : Climat hyperaride (CH)
- $5 < I < 7,5$  : Climat désertique (CD)
- $7,5 < I < 10$  : Climat steppique (CS)
- $10 < I < 20$  : Climat semi-aride (CSD)
- $20 < I < 30$  : Climat tempéré (CT)

➤ **Pour la station de Béchar, Série : 2000/2016**

$$P=38,30\text{mm}$$

$$T=23,42^\circ\text{C}$$

$$I = 38,30 / (23,42 + 10)$$

$$\text{Donc : } I = 1,15$$

L'indice d'aridité est inférieur à 5, cela dénote un climat hyper aride (figure II.8).

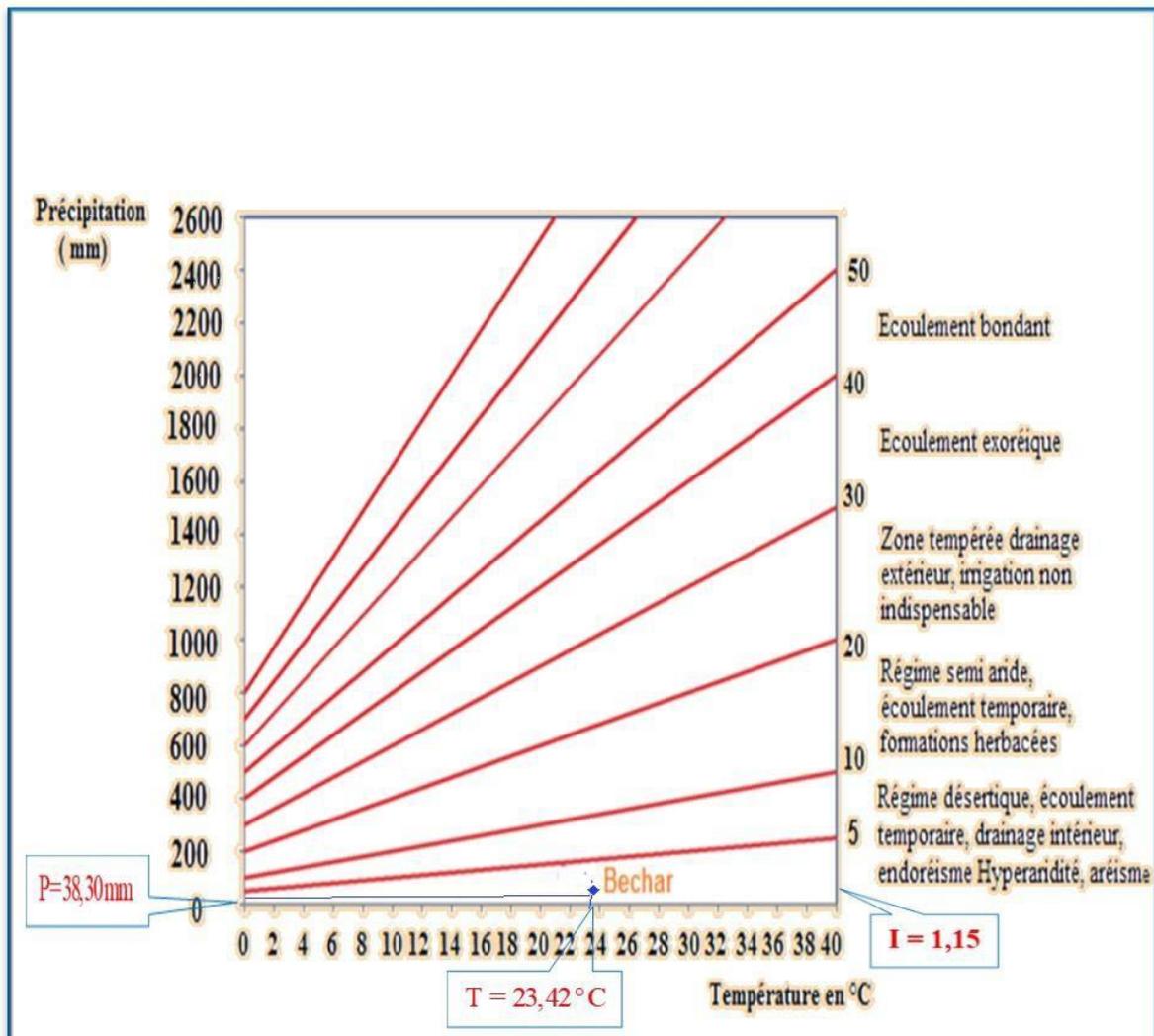


Figure II.8 : Abaque de l'Indice d'aridité annuel de Demartone (1923) de la région de Béchar

### III. Aspect géologique

Il y a beaucoup de travaux géologiques consacrés à l'étude de la région de Béchar qui montrent que le bassin versant de Béchar est constitué de formations carbonifères qui forment le Djebel Béchar à l'est et la Chebkat Mennouna au Sud. La Formation Cénomano-Turonien forme deux bargas. Il s'agit de terrain argilo-gréseux sous des cuestas calcaires.

Les terrains tertiaires ont principalement constitué de grès, d'argiles et de dalles de calcaires lacustres formant de hauts reliefs (Garet Oum Sbaa, Gara Ziar, seconde Barga). Les terrains quaternaires englobent les Sebkhass, les dunes de sables et les alluvions des Oueds.

Les ressources géologiques du sous bassin de Béchar sont représentées par le charbon, les argiles, le gypse, l'anhydrite, les elgemma et les granulats. Ces ressources confèrent à la commune la possibilité de création d'unités de production notamment dans le domaine des matériaux de construction (chaux, plâtre, agrégats, brique...) [22].

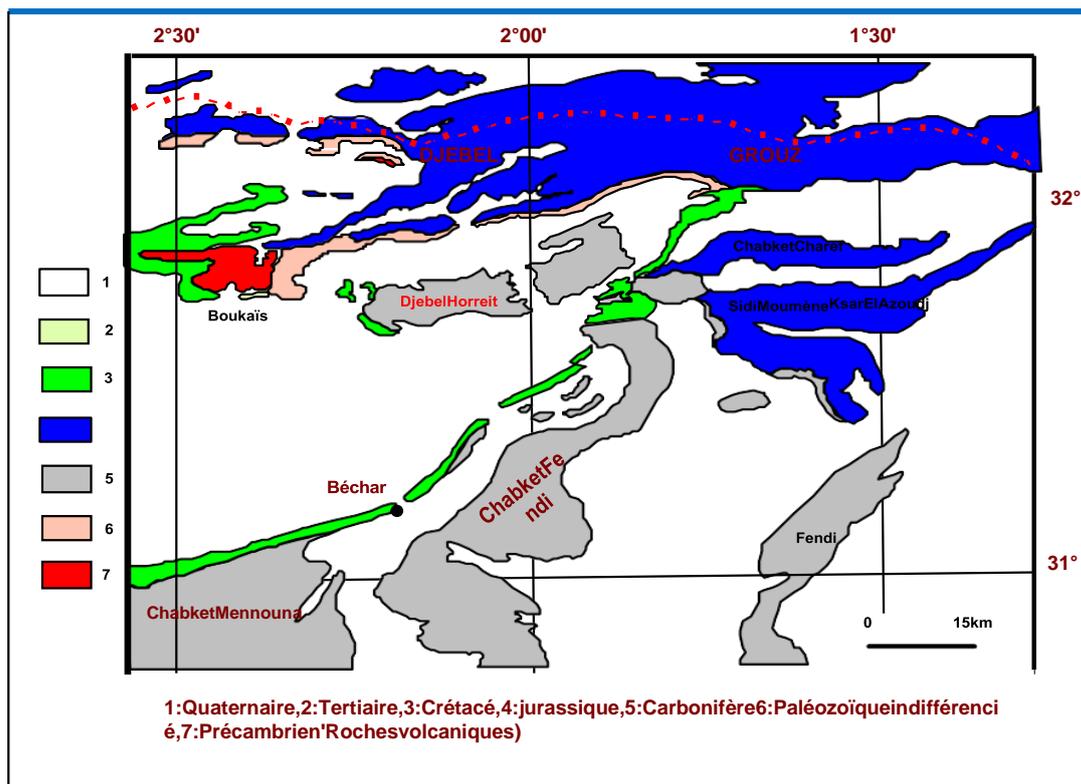


Figure II.9 : Carte géologique de la région de Béchar [22]

#### IV. Aspect hydrogéologique

L'hydrogéologie de la région de Béchar (SO Algérien) a fait l'objet d'études de grande envergure, par plusieurs auteurs en général et du point de vue hydrogéologique que, le bassin de Béchar est une unité indépendante, formée par une superposition de couches perméables, aquifères séparées par des formations imperméables qui retiennent et mettent en charge ces nappes (Figure. II.10). Toutefois, nous pouvons simplifier cette structure en dressant la subdivision suivante :

#### IV.1. Aquifères superficiels

Les nappes d'infero-flux et du Quaternaire, sont liées aux alluvions des Oueds et aux différents dépôts du Quaternaire.

- **Nappe infero-flux de l'oued Messouar**

Cette nappe superficielle est liée aux alluvions d'Oued et aux différents dépôts du Quaternaire. Leur épaisseur varie de 5 à 6 mètres avec une forte perméabilité (porosité interstitielle). L'alimentation de la nappe se fait par les précipitations sous forme d'orages, qui peut donner lieu à une infiltration directe [12].

- **Nappes d'infero-flux d'Oued Béchar**

Elles comprennent la nappe d'infero-flux d'Oued Béchar, l'épaisseur varie de 20 à 40m parfois plus. Le niveau de la surface piézométrique de la nappe présente des valeurs moyennes comprises entre 5 et 10 mètres et peut atteindre 18 m selon la profondeur en relation avec la distance du captage, à partir du lit de l'Oued. L'alimentation de cette nappe se fait d'une part directement par les précipitations et d'autre part par la nappe des grés du Carbonifère [12][22].

- **Nappe du Quaternaire**

Les formations quaternaires alluvionnaires sont présentes sur une large zone et sont directement liées à Oued Messouar, Oued Bechar et leurs exutoires. Ces affleurements reposent sur des strates de gypsifères et de marnes salifères de l'âge Sénonien. L'alimentation de la nappe se fait par les précipitations d'une part et l'infero-flux de l'Oued Messouar et de l'Oued Bechar d'autre part [82].

#### IV.2. Aquifères profonds

- **Nappe du continental terminal**

Ces nappes sont situées dans l'aquifère calcaire de l'Éocène supérieur existant au Nord-Ouest de Béchar. Nous utilisons le terme « continental terminal » pour définir la succession continentale tertiaire fermant le bassin de Bechar-kenadsa [66][62].

C'est une nappe formée de calcaires lacustres, d'une épaisseur de 60 m, le niveau de la nappe a une profondeur de 20 m, avec un débit de l'ordre de 4 à 5 l/s, sa perméabilité est moyenne est caractérisée par une transmissivité d'environ  $2.5 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$  [57].

Le chimisme des eaux démontre que le résidu sec est de 2 à 2.4 g/l. L'exutoire naturel de la nappe n'est pas visible à l'exception de quelques sources à débit insignifiant. Cependant,

une partie de l'eau pourrait être détournée par des cascades d'oueds alluviaux qui tombent des falaises du plateau d'El Gada à l'ouest du bassin versant [12].

La nappe peut être alimentée seulement par des précipitations parce qu'elle n'est pas traversée par des Oueds. Son alimentation est assurée dans les d'affleurements qui représentent seulement la bordure extérieure de ce réservoir ; il est plus hypothétique dans la plupart du bassin, où ce réservoir peut être recouvert par des terrains imperméables [57][22].

- **Nappe du Carbonifère**

- **Nappe des Calcaires du Carbonifère (Namurien inférieur)**

La nappe contenue dans les formations calcaires du Namurien inférieur localisée à l'extrémité sud occidentale du bassin de Kenadsa (Anticlinal de Mennouna). La série stratigraphique du Namurien inférieur est représentée de haut en bas par les formations suivantes : Tagnana, Djenien et El Guelmouna, L'épaisseur atteint les 1000m ; les calcaires formant cette nappe sont très fracturés avec une orientation des failles Est-Ouest et Nord-est/Sud-ouest. Le débit des puits varie entre 1.5 et 7.6l/s [57].

- **La nappe des grés carbonifères**

Les grés carbonifères sont le siège de nappes aquifères libres séparées entre elles par différents régimes hydrauliques. En continu, de l'eau se retrouve dans les parties altérées du relief grésomarneux, ou dans les zones de fracture affectant la Westphalienne et même la Stéphanien. L'emplacement de ces aquifères s'étend sur la zone située entre Jebel Béchar et le bassin de Kenadsa. Elles sont exploitées grâce à l'implantation des différents puits [22].

- **Nappe du Turonien**

L'aquifère du Turonien a fait l'objet de diverses études en raison de sa grande capacité. Les eaux extraites à partir de cette nappe sont destinées à l'alimentation en eau des localités de Béchar et de Kenadsa. Elle était la seule source en eau avant la réalisation du barrage Djorf-Torba. La nappe occupe environ 4000 Km<sup>2</sup> dans le bassin Béchar et se prolonge à l'Ouest dans le bassin crétacé de Boudnib (8000 Km<sup>2</sup>). L'alimentation de cette nappe s'effectue par :

Une alimentation directe par la pluie sur les affleurements [12];

Une alimentation au moyen de la communication avec les nappes superficielles (infero-flux et Quaternaire) [57].

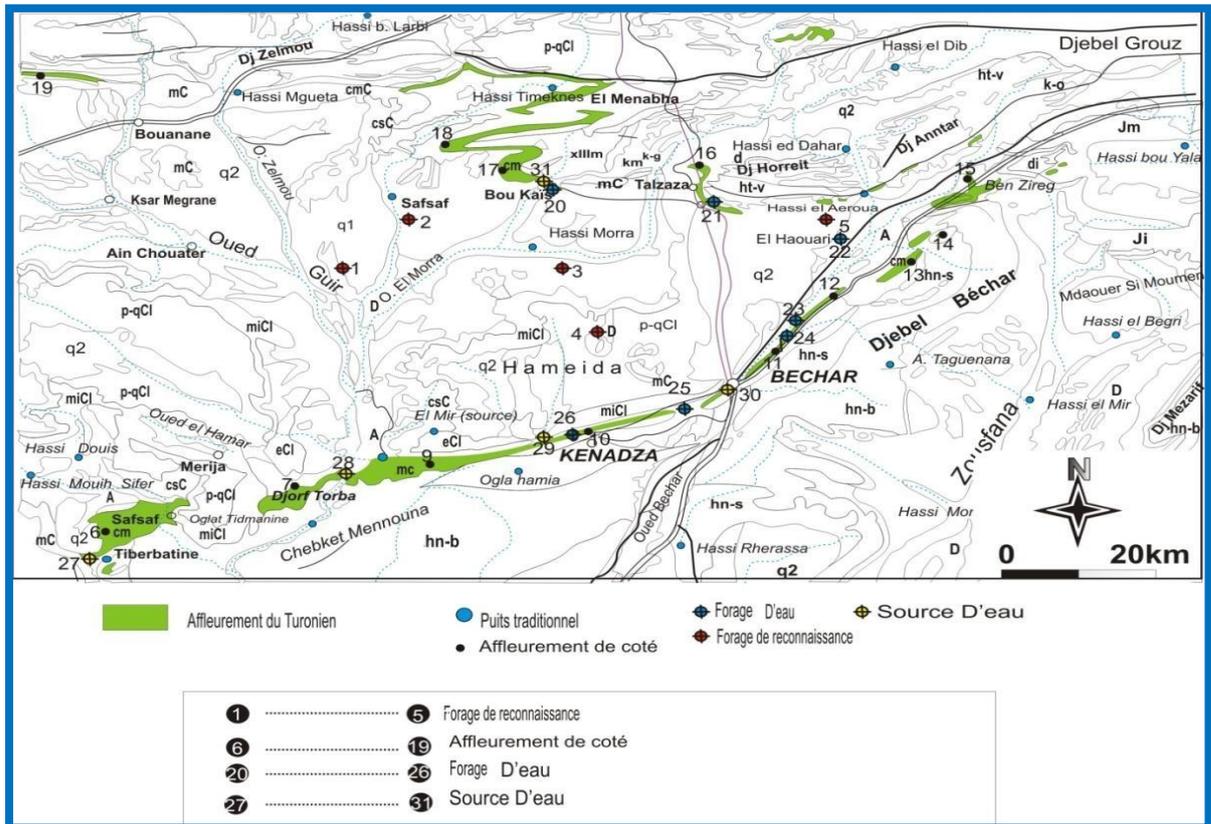
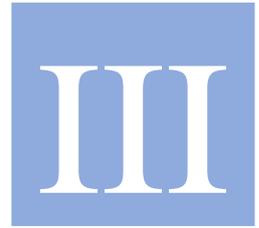


Figure II.10 : Carte d'affleurements du Turonien et ouvrages de captages [57].



---

## L'aspect quantitatif des ressources hydriques

### Sommaire

---

- Introduction
- I. Les ressources en eau de la région de Béchar
- II. Quantification des ressources en eau de la ville de Béchar
- III. Situation actuelle de l'alimentation en eau potable de Béchar
  - III.1. La dotation
  - III.2. Le réseau d'AEP de la ville de Béchar
  - III.3. Les ouvrage de stockage
  - III.4. Le volume (m<sup>3</sup>) traité sortie station de traitement Djorf-Torba
  - III.5. Les besoins en eaux
  - III.6. Les régions du réseau de distribution
  - III.7. Alimentation en eau potable à partir des forages
  - III.8. Alimentation en eau potable à partir du Barrage
  - III.9. Adduction des forages
  - III.10. Connexion entre réservoirs
  - III.11. Capacité de stockage
  - III.12. Sectorisation (Nom des zones)
  - III.13. Distribution d'eau à Béchar par les réservoirs
- Conclusion

---

## Introduction

Au cours des dernières années, la croissance démographique accélérée qu'a connue la région de Bechar a induit une expansion des centres urbains, par conséquent un accroissement de la demande en eau dû à l'apparition de nouveaux modes de vie ont aboutis à la consommation excessive de l'eau, alors que les ressources sont limitées et parfois non renouvelables dans cette région en l'absence d'une bonne gestion de la ressource.

Dans ce cadre quantitatif des ressources en eau de la région de Béchar, nous présenterons les ressources en eau, ainsi que les sites de forage et leurs caractéristiques, et les infrastructures hydrauliques de la ville de Béchar, telles que les travaux de stockage. Nous présenterons également les caractéristiques générales de l'alimentation en eau potable avec les paramètres par défaut enregistrés.

### I. Les ressources en eau de la région de Béchar

Les ressources en eau de surface de la région de Béchar, restent relativement faibles, plus particulièrement depuis la rétention des eaux de l'artère principale du Guir par le barrage de Djorf-Torba.

Les écoulements de surface du système « Guir-Saoura », proviennent en grande partie du Maroc, dont une grande partie est déjà exploitée, l'apport moyen interannuel du Guir à la frontière Algéro-Marocaine est estimé à 200 hm<sup>3</sup>/an [72].

**Tableau III.1 : Les écoulements de surface des différents systèmes hydrologiques de la région de Béchar [9].**

Bassin versant	Superficie (km <sup>2</sup> )	Apports (hm <sup>3</sup> )	Débit moyen annuel (m <sup>3</sup> /s)
Oued Guir	22 000	200	6.32
Oued Zouzfana	16 600	7	0.22
Oued Béchar	7 800	1.05	0.033
Oued Namous	8 900	4.6	0.14

Les ressources hydriques mobilisées au niveau de la wilaya de Béchar sont les ressources superficielles mobilisées par le biais du barrage de Djorf-Torba et des 11 retenues collinaires, elles sont estimées à 15,5 hm<sup>3</sup> [72].

Le barrage de Djorf-Torba est situé à 70 km à l'ouest de la ville de Béchar le long d'oued Guir et a un bassin versant de 22 000 km<sup>2</sup>. Construit en 1969 dans le cadre du plan de développement de la vallée de la plaine d'Abadla, il a une capacité théorique de 360 millions de

mètres cubes. Cette valeur a été réduite à 260 hm<sup>3</sup> car le barrage est fortement envasé. La contribution des solides transportés depuis ce bassin versant est estimée à 2,56 hm<sup>3</sup> par an. Cette structure accueille un volume de 130 hm<sup>3</sup> par an.



Figure III.1 : Le barrage de Djorf-Torba

La wilaya dispose de 11 retenues collinaires d'une capacité totale de 2,666 millions de m<sup>3</sup>, principalement utilisé pour l'irrigation.

Concernant les eaux souterraines la notice explicative de la carte hydrogéologique de Béchar élaborée par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) en 1995 fait la remarque suivante : qu'eau de surface et eau souterraine ne forment qu'une même ressource, la ressource apportée par les eaux souterraines alluviales (eaux souterraines) étant essentiellement un « sous-produit » de la dépendance des eaux de crue et de leurs aquifères adjacents (nappe de l'erg).

Les nappes des calcaires du Turonien, et Carbonifère, qui par leur étendue et leur épaisseur, renferment des quantités d'eau appréciables. Mais les eaux de ces nappes ne sont exploitables que dans les environs de la ville de Béchar.

Vers l'ouest en direction de Kenadsa ; l'eau est salée, à cause de la présence du Sénonien salifère. Les potentialités effectives ne doivent excéder le niveau d'exploitation, soit 80 l/s (2,5 hm<sup>3</sup>/an).

Dans cet ensemble, la nappe de Ouakda constituée par deux niveaux aquifères (Turonien et Quaternaire) fait figure d'une entité à La ressource en eau de cet aquifère, estimée par l'ANRH à 3,5 hm<sup>3</sup> par an, est constituée de :

- Calcaire Turonien = 2,2 hm<sup>3</sup>/an.
- Quaternaire = 1,3 hm<sup>3</sup>/an.

D'autres aquifères, comme l'aquifère terminal et les grès carbonifères, n'ont qu'un intérêt local. Les ressources du terminal continental dans la région de Béchar ont été estimées à 36 l/s (1,1 hm<sup>3</sup>/an [72]).

L'alimentation d'eau potable de Béchar a été renforcée par la récente mise en service de plusieurs puits de diagraphie en calcaire jurassique dans la région du Mougheul au nord de Béchar près de la frontière algéro-marocaine. Le débit total de ces puits est d'environ 100 l/s (3,8 hm<sup>3</sup>/an) [9].

Le recrutement d'origine souterraine se produit par des forages, des puits et d'autres combinaisons d'origines. L'exploitation de cette ressource à des fins diverses a nécessité 66 forages, 75 puits et 2 puits identifiés avec une production totale de 604,86 l/s soit 19,1 hm<sup>3</sup>. Ainsi, la ressource totale sur terre est d'environ 34,6 hm<sup>3</sup> [9].

Au cours de l'année (2018), la région de Béchar a connu le début d'une `` vraie " crise dans la distribution d'eau potable au profit de la population, en raison de la baisse du niveau d'eau du barrage en falaise en sol de 55 millions de m<sup>3</sup> [5].

Dans ce contexte, et afin de mettre un terme à la dépendance des habitants de ces zones vis-à-vis de l'eau du barrage, le ministère des ressources en eau a pris l'initiative d'approuver un programme « Urgent » de réalisation de dix puits dans la zone de Boussir.

Ce projet "prometteur" contribuera à détourner l'eau alébien du champ d'eau de la zone de "Boussir" dans la zone frontalière Beni-ounif vers Béchar afin de répondre aux besoins en eau des habitants de ces communautés, qui ont été fortement touchées par la dépression du niveau d'eau du barrage Djorf-Torba. Il permettra également d'augmenter le volume d'approvisionnement de cette matière vitale dans la région, pour atteindre 30 000 m<sup>3</sup>/j, selon le technicien de la direction des ressources en eau.

Les travaux en cours permettront à ce projet de se concrétiser, car il a été confié aux institutions nationales sous la tutelle de l'agence nationale des barrages et dérivations, de réaliser 190 km de canaux, trois stations de pompage et deux grands réservoirs d'une capacité de 15000 et 20 000 mètres cubes, qui seront alimentés à partir de ces puits, selon les responsables du secteur [5] [65].



Figure III.2 : Transfert Béni- Ounif vers Béchar

## II. Quantification des ressources en eau de la ville de Béchar

La disponibilité est de 15 puits profonds dont 13 puits au total de débit journalier moyen estimé à environ 12510 m<sup>3</sup>/jour, distribués par 13 réservoirs d'eau d'une capacité totale de 22250 m<sup>3</sup>. La longueur du réseau qui contribue à cette production de l'ordre de 107 220 mètres linéaires **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Malgré l'existence de ressources de surface (barrage Djorf-Torba), la région de Béchar possède une réserve hydraulique souterraine présente sous la forme de trois nappes souterraines.

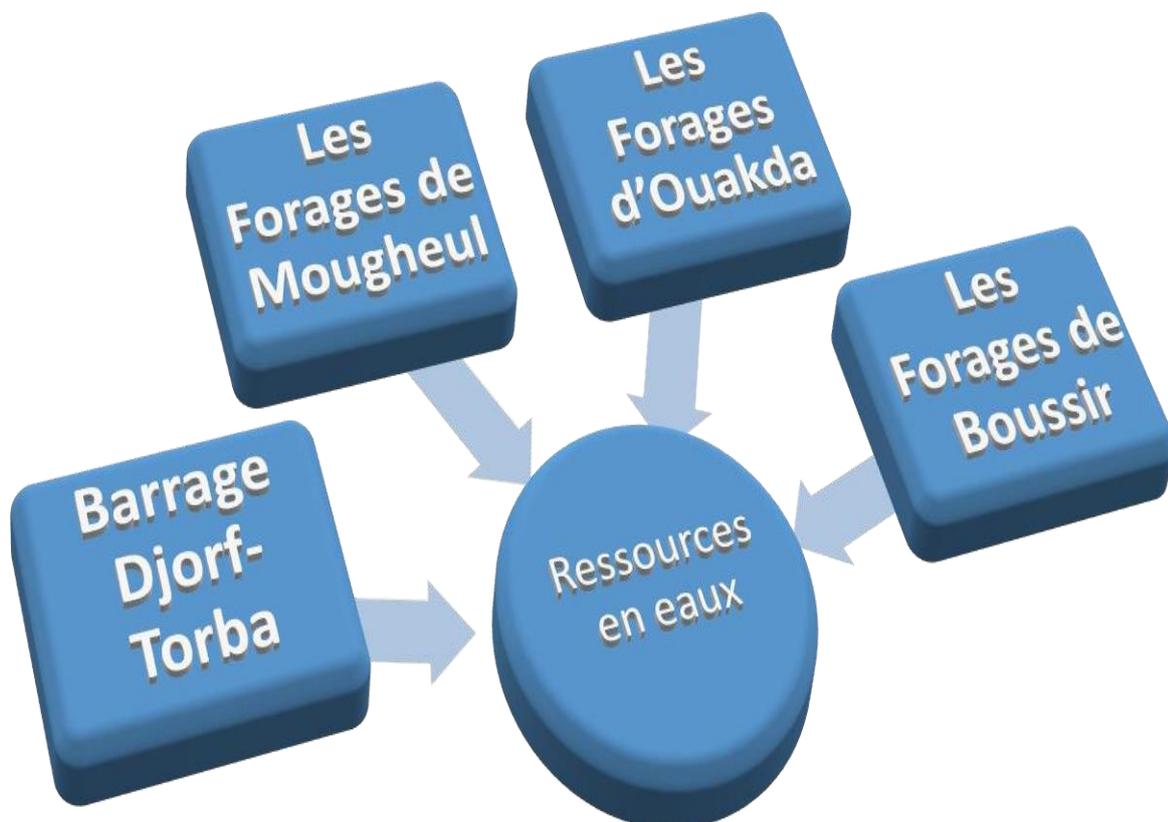


Figure III.3 : Les ressources en eau de Béchar

**Tableau III.2 : Capacité d'eau des ressources en eau mobilisable dans la ville de Béchar**  
**Situation Années 2020**

N°	Désignation	Valeur	Unité
01	Capacité globale d'eau de production	16,68	Million M <sup>3</sup> /An
02	Capacité globale d'eau de distribution	14,87	Million M <sup>3</sup> /An
03	Nombre de forages	15	Nombre
04	Capacité des forages (volume de production)	159,44	L/S
05	Longueur du réseau d'AEP	606,138	Km
06	Capacité de traitement des stations	45 000	M <sup>3</sup> /J

(Source :[3])

### III. Situation actuelle de l'alimentation en eau potable de Béchar

Selon les données publiées par l'Agence de l'eau (ADE), il est nécessaire de renouveler complètement le réseau d'eau potable de la ville de Béchar et la station de traitement de Djorf-Torba.

À cet effet, on a conclu que l'alimentation en eau potable de la commune de Béchar est soumise à plusieurs contraintes. À savoir :

- Le nombre élevé de fuites.
- La dégradation des réseaux d'alimentation en eau potable.
- Le vieillissement de la station de traitement.
- L'envasement du barrage Djorf-Torba et la baisse du niveau d'eau.

#### III.1. La dotation

La consommation domestique moyenne est généralement liée au nombre d'habitants, puis exprimée en litres par jour et par habitant (litres/jour/habitant). Cette consommation dépend de plusieurs facteurs : mode de vie, habitudes, eau disponible, climat, prix de l'eau, forme d'approvisionnement en eau (adduction d'eau personnelle ou borne fontaine), etc. En revanche, elle évolue d'une année à l'autre et est liée à l'évolution des modes de vie.

Selon les renseignements de la direction des ressources en eau (D.R.E), la dotation en eau potable actuelle est de 180 l/j/hab.

#### III.2. Le réseau d'AEP de la ville de Béchar

Les réseaux d'alimentation en eau potable de Béchar ont une longueur de 606,138Km [3]. Les conduites d'alimentation sont fabriquées en acier, amiante ciment, Polychlorure de vinyle

et polyéthylène haute densité , ont des diamètres confondus de (63, 90, 110, 125, 160, 200, 250, 315, 400 et 500 mm) sur les positions générales des réseaux d'alimentation en eau potable de la commune de Béchar [3].

Généralement, dans un réseau d'alimentation d'eau potable on peut estimer les fuites à :

- 20% pour un réseau en bon état.
- 25 à 35% pour un réseau en état moyen.
- 52% pour un réseau en mauvais état.

### III.3. Les ouvrages de stockage

Les différents réservoirs alimentant actuellement la commune de Béchar en eau potable sont regroupés dans le tableau III.3. Ci-dessous :

**Tableau III.3 : Capacité des réservoirs alimentent la commune de Béchar en eau potable**

N° de Réservoir	Cité	Nature Ouvrage	Capacité de réservoir (m <sup>3</sup> )
1	3X2000 3RM	Béton Armé	6000
2	2X3000 MERNIGER	Béton Armé	6000
3	2X2000 ESCADRON	Béton Armé	4000
4	3X250 BECHAR DJEDID	Béton Armé	750
5	4000 HAI FATH	Béton Armé	4000
6	1000 ZONE BLEUE	Béton Armé	1000
7	500 OUAKDA	Béton Armé	500
<b>Total</b>			<b>22250</b>

(Source : [3])

### III.4. Le volume (m<sup>3</sup>) traité sortie station de traitement Djorf-Torba

Le barrage de Djorf-Torba est considéré comme l'une des principales sources d'approvisionnement de la Wilaya de Béchar en eau potable.

L'eau potable est distribuée à partir de la station de traitement comme suit :

- Le volume d'eau fourni à la ville de Béchar est estimé à : **7520 m<sup>3</sup>/j**
- Le volume d'eau fourni à la ville de Kenadsa est estimé à : **4384 m<sup>3</sup>/j**
- Le volume d'eau fourni à la ville d'Abadla est estimé à : **2455 m<sup>3</sup>/j**
- Le volume total : **14359 m<sup>3</sup>/j**

### III.5. Les besoins en eaux

Nous présentons les besoins de la commune de Béchar, dans le tableau III.4 suivants :

**Tableau III.4 : Les besoins en eau de la commune de Béchar**

Horizon Commune	2015			2025			2035		
	Nbrd'habitant	Dotation (l/j/hab.)	Consommation (m <sup>3</sup> /j)	Nbrd'habitant	Dotation l/j/hab.	Consommation (m <sup>3</sup> /j)	Nbrd'habitant	Dotation l/j/hab.	Consommation (m <sup>3</sup> /j)
Béchar	194 204	300	58 261 200	253 491	300	76 047 300	330 877	300	99 263 100

(Source :[3])

### III.6. Les régions du réseau de distribution

Le réseau de distribution comprend huit régions principales de pression, reliées à des sites de stockage et de production.

- **Gravitaire**

- 1- Région « Debdaba Nord »,
- 2- Région « Debdaba sud »,
- 3- Région « Béchar Centre »,
- 4- Région « Béchar Djedid »,
- 5- Région « ZHUN »,
- 6- Région « Zone Industrielle »,
- 7- Région « Nouveau Réservoir 1000 m<sup>3</sup> »,

- **Refoulement /distribution**

- 8- La Région Refoulement « Ouakda ».

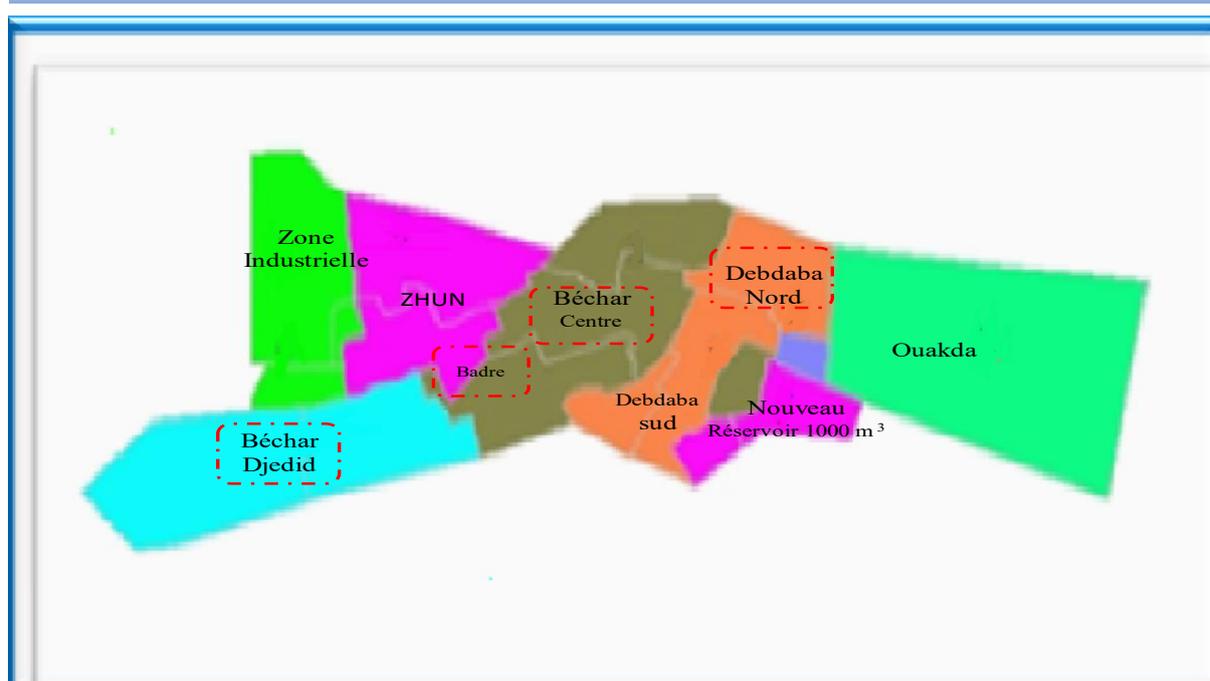


Figure III.4 : Les régions du réseau de distribution [3]

### III.7. Alimentation en eau potable à partir des forages

Les principaux forages alimentant la ville de Béchar en eau potable sont donnés dans le tableau III.5 ci – dessous.

**Tableau III.5 : Caractéristiques principales des forages de la ville de Béchar[3]**

Localisation	Champ captant	Désignation du forage	Débit exploité (l/s)	Etat
BECHAR	Ouakda	Forage Hassi Houari	12	Exploité
		Forage Hycobar 3	8	Exploité
		Forage Hycobar 4	0	A l'arrêt
		Forage Hycobar 4 Bis	4	Exploité
		Forage Ouakda 2	7	Exploité
		Forage Ouakda 3	22.5	Exploité
		Forage Ouakda 5	22	Exploité
	Béchar djedid	Forage p 9	6	Exploité
	Tegheline	Forage S1Tegheline	2	Exploité
		Forage S3 Tegheline	0.5	Exploité
Forage S4 Tegheline		2	Exploité	
MOUGHEUL	Mougheul	Forage F2Mougheul	14	Exploité
		Forage F3 Mougheul	7	Exploité
		Forage F3 Mougheul	7	Exploité
		Forage F4	10,5	Exploité
		Forage F5	9	Exploité
BOUSSIR	Boussir	10 Forages	35	Exploité

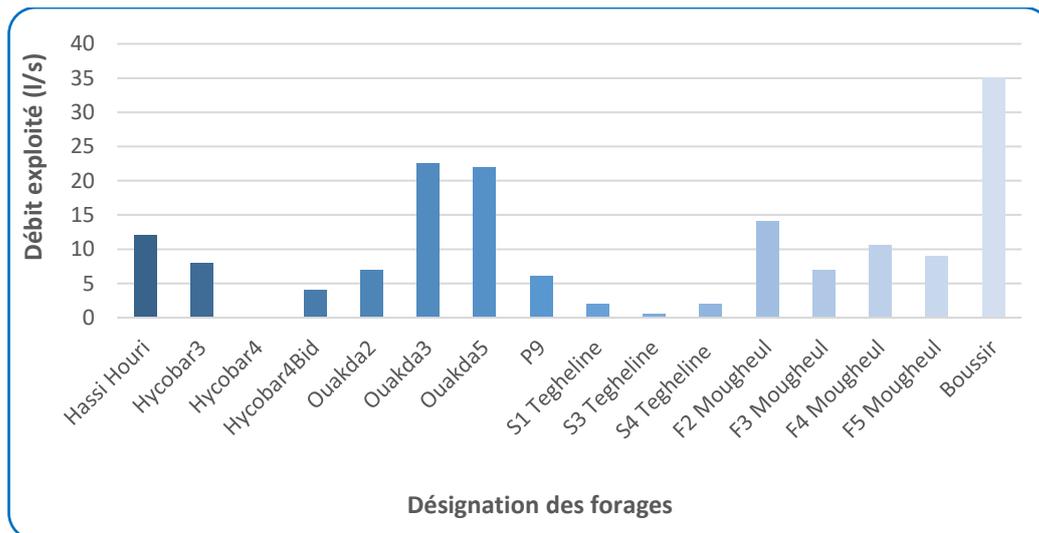


Figure III.5 : Les débits des forages en exploitation de la ville de Béchar [3].

Pratiquement, la totalité de l'eau produite au niveau des forages est refoulée vers les baches d'eau de (4000 m<sup>3</sup>) appartenant à la station de pompage d'Ouakda. Moyennant un écoulement gravitaire, les pompes de la station de pompage sont alimentées et permettent le refoulement de l'eau vers les réservoirs (3x3000 m<sup>3</sup>). Aussi il est à signaler qu'une distribution se fait vers Hai El Fateh (qui comprend les quartiers ; Sabane, Traingle et El Hedeb) directement à partir des réservoirs de 4000 m<sup>3</sup>.

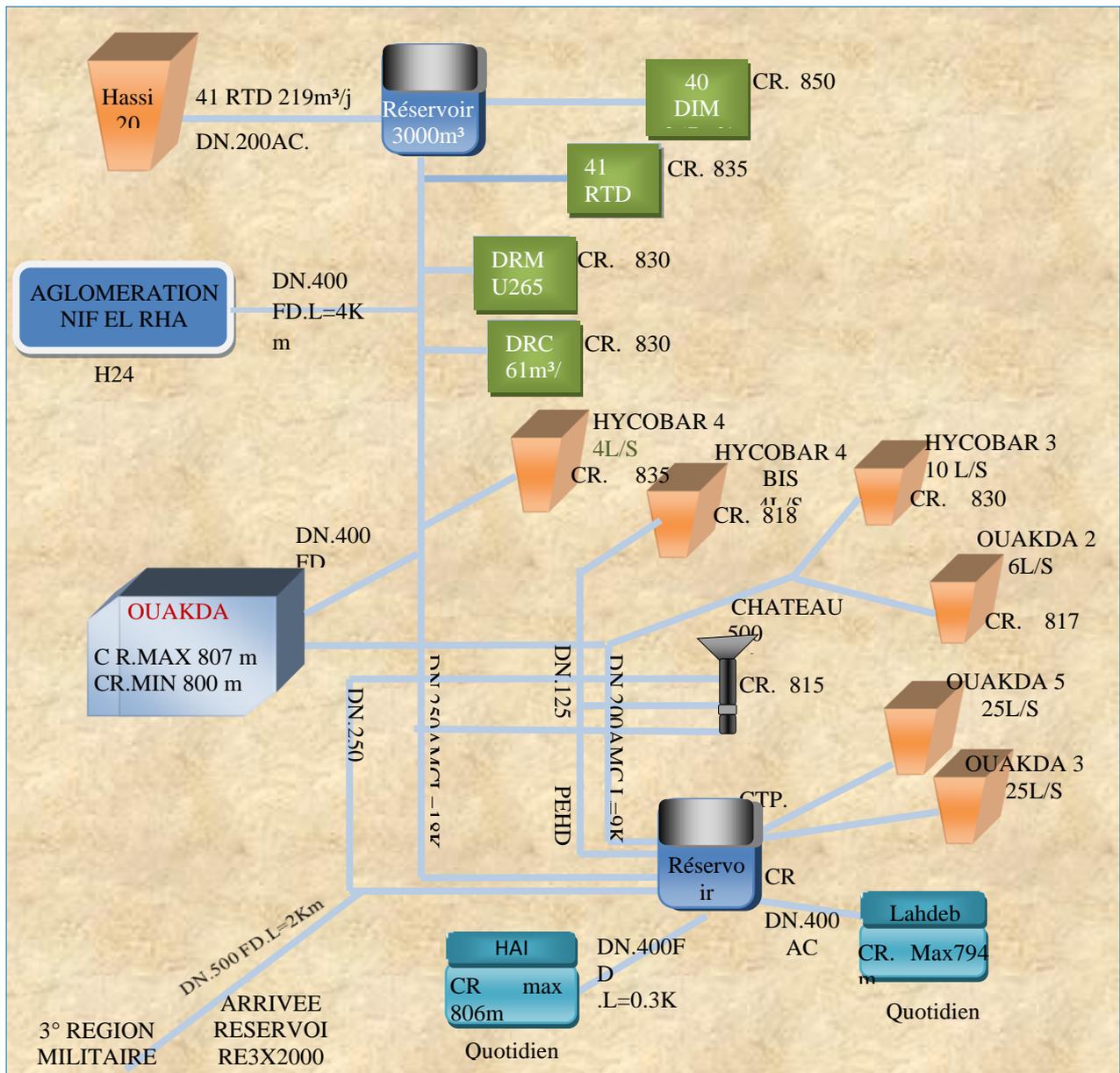


Figure III.6 : Schéma synoptique de système de distribution d'eau potable d'Ouakda

Le débit qui sort de la station de pompage d'Ouakda vers le réservoir ( $3 \times 3000 \text{ m}^3$ ) varie entre  $80242$  et  $106058 \text{ m}^3/\text{mois}$  et selon l'hiver ou l'été.

Concernant le forage f9 de Béchar Djedid, il alimente un réservoir de  $50 \text{ m}^3$  qui alimente à son tour les habitants de Béchar Djedid.

Quant aux forages Mougheul qui ont un débit de  $31686 \text{ m}^3/\text{an}$ , ils sont repoussés vers les réservoirs  $3 \times 3000$  avec un débit de  $1300 \text{ m}^3/\text{j}$ . Ces forages se prolongent sur leur chemin vers la commune Lahmar avec le débit de  $18576 \text{ m}^3/\text{an}$ , la caserne militaire (caserne 1 avec le débit  $265 \text{ m}^3/\text{j}$  et caserne 2 avec le débit  $215 \text{ m}^3/\text{j}$ ) et l'hôpital de Cuba avec le débit  $125 \text{ m}^3/\text{j}$ .

L'eau produite est pompée dans les forages Boussir avec un débit de  $35 \text{ l/s}$  vers les réservoirs  $3 \times 3000 \text{ m}^3$  de Mer Niger.

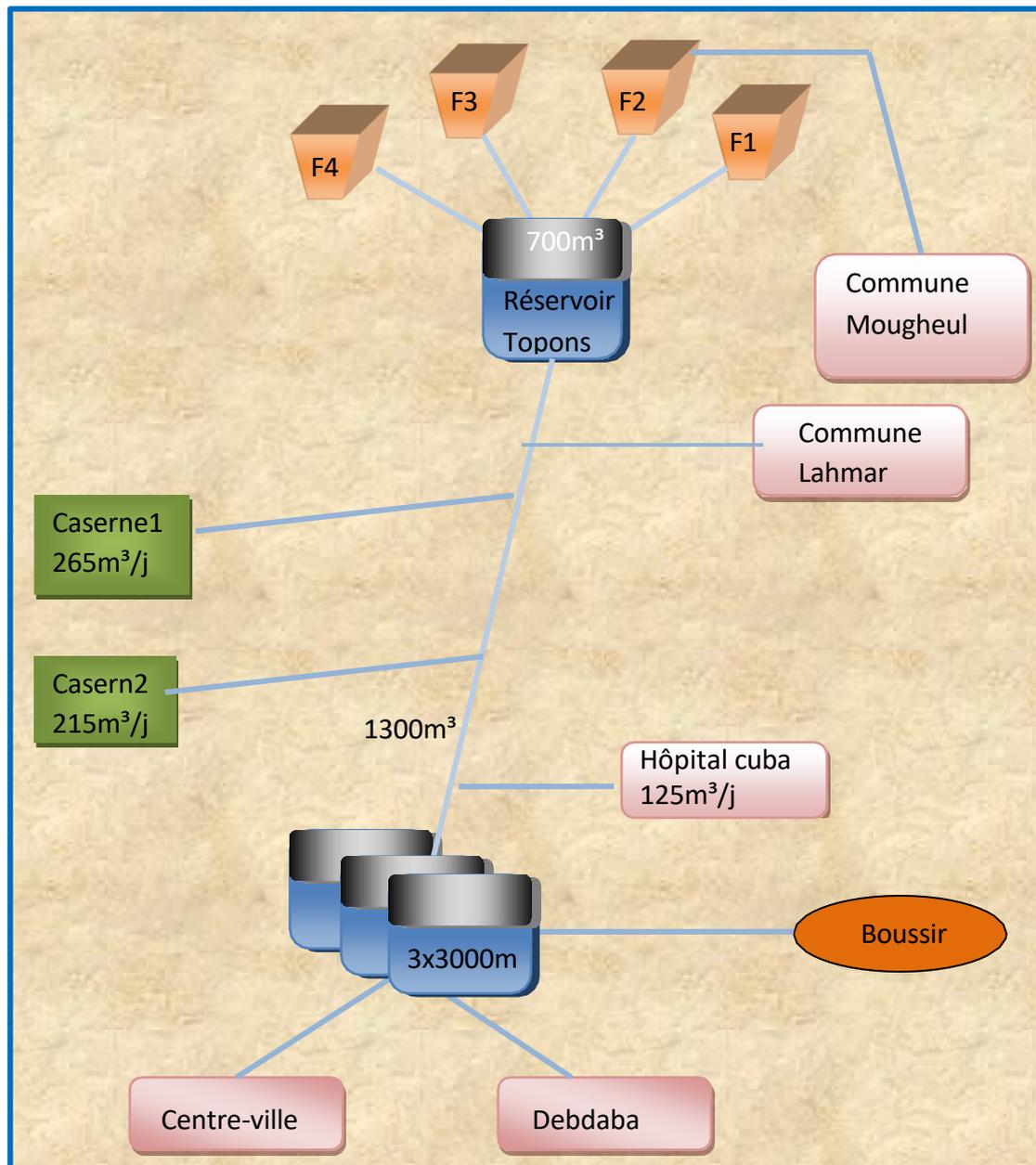


Figure III.7 : Schéma synoptique de système de distribution d'eau potable de Mougheul

### III.8. Alimentation en eau potable à partir du Barrage

L'eau prélevée dans la retenue de Djorf-Torba (station de pompage) est refoulée à la station de traitement d'eau potable par une conduite en acier d'une longueur de 686m.

L'eau traitée est ensuite refoulée vers un château d'eau (700m<sup>3</sup>) via un adducteur de refoulement en acier DN800 de 2219 m. Cette station de relevage est équipée de trois groupes dont un en secours de 909 m<sup>3</sup>/h chacun.

A l'aval de ce château d'eau, un adducteur de 319838 m en acier DN 800 alimente la bache de la station de pompage de Kenadsa (2200 m<sup>3</sup>) par gravité.

Cette station est constituée de trois sous-stations. La première alimente le réservoir de distribution de la ville de Kenadsa, la seconde celui de la ville d'Abadla, la troisième les réservoirs 3x2000 m<sup>3</sup> de Béchar situés sur la zone de la 3<sup>ème</sup> région militaire (Voir figure III.8).

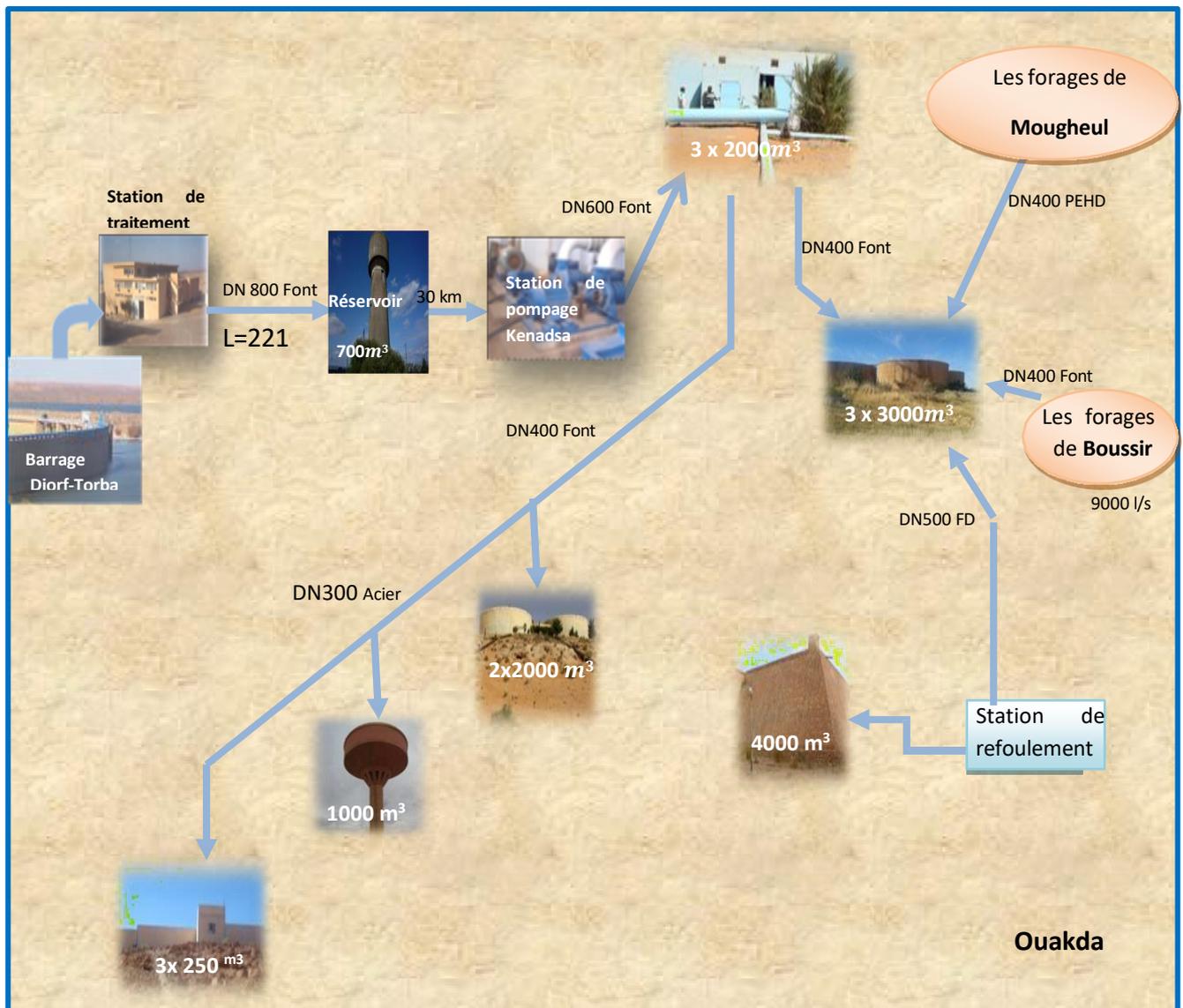


Figure III.8 : Schéma synoptique du système de distribution d'eau potable dans la région de Béchar

Les réservoirs 3RM- 3x2000m<sup>3</sup> alimentent gravitairement plusieurs réservoirs :

- Réservoirs Mer Niger 3x3000 m<sup>3</sup>
- Réservoirs Escadron 2x2000 m<sup>3</sup>+5000m<sup>3</sup>.
- Réservoir ZI 1000 m<sup>3</sup>.
- Réservoirs 3x250 m<sup>3</sup>.

### III.9. Adduction des forages

L'approvisionnement de la région de Béchar en eau de forages se fait à travers trois systèmes :

- Système Ouakda :(Forage de Hassi Houari, Hycobar 4, Forage de Hycobar 3, Ouakda 2 et Ouakda 5, Forage de Ouakda 3).
- Système Mougheul : 04 Forages Nappe Mougheul.
- Système Boussir : se fait depuis 10 forages dans la région de Boussir (Wilaya de Béchar) sur une longueur de 200 Km avec une conduite de Ø700 de nature PRV (polyester renforcé en fibre de verre) et en fonte [3].

### III.10. Connexion entre réservoirs

Les réservoirs (3x2000 m<sup>3</sup>) de la troisième région militaire alimentent : les réservoirs (2x2000 m<sup>3</sup>) de l'escadron, le réservoir (1000 m<sup>3</sup>) de la zone industrielle, les réservoirs (3x250 m<sup>3</sup>) Malah et les (3x3000m<sup>3</sup>) de Mer Niger, le réservoir Mer Niger reçoit un apport provenant des forages de Mougheul (Voir figure III.8).

### III.11. Capacité de stockage

La ville de Béchar dispose, actuellement une capacité de stockage de près de 34550 m<sup>3</sup>.

**Tableau III.6 : Capacité de stockage des réservoirs de ville de Béchar [3]**

Commune	Ouvrages de stockage		Nombre		Capacités m <sup>3</sup>	Observation
	Non de l'installation	Réservoir/château d'eau				
Béchar	La région militaire	Réservoir	15	3x2000	32050	(2*4000) en cours de réfection (1*20000) encours réalisation
	Benzireg					(1*15000) encours réalisation
	MerNiger			3*3000		
	Hassi 20			300		
	Ouakda			4000+3000		4600 abandonnés
	Béchar djedid			3*250		
	Escadron			2*2000+5000		
	Ouakda	Château d'eau	3	500	2500	
	ADL			1000		
	Zone bleu			1000		
Total			18		34550	

### III.12. Sectorisation (Nom des zones)

Pour faciliter le repérage et la programmation des mesures des zones, il a été utilisé la codification suivante :

- **Zone 1 : Centre-ville** 93.57 km.

Réseau distribué par le réservoir de la 3<sup>ème</sup> région militaire (3x2000 m<sup>3</sup>) et le réservoir Mer Niger (2x3000m<sup>3</sup>).

- **Z1-S1** : Longueur 35.61km alimentant le quartier Hai Gouray.
- **Z1-S2** : Longueur 42.61 km alimentant le quartier Centre-ville.
- **Z1-S3** : Longueur 15.35 km alimentant le quartier Hai Essalem.

- **Zone 2** : Debdaba 79.89 km.

Réseau distribué par le réservoir Mer Niger (3x3000 m<sup>3</sup>).

- **Z2-S1** : Longueur 16.86 km alimentant le quartier Hai Nur.
- **Z2-S2** : Longueur 36.77 km alimentant le quartier Debdaba centre.
- **Z2-S3** : Longueur 17.53 km alimentant le quartier Mer Niger.
- **Z2-S4** : Longueur 3.08 km liaison entre le réservoir Mer Niger et l'aéroport.
- **Z2-S5** : Longueur 5.65 km liaison entre 3<sup>ème</sup> région militaire et le réservoir de Mer Niger.

- **Zone 3** : Debdaba Nord 11.55 km.

Réseau distribué par le réservoir d'Ouakda (4000m<sup>3</sup>).

Compte tenu de la taille du réseau, aucune sectorisation n'a été réalisée.

- **Zone 4** : Lahdeb 31.75 km.

Réseau distribué par le réservoir d'Ouakda (4000m<sup>3</sup>).

- **Z4-S1** : Longueur 42.61 km, alimentant le quartier Lahdeb Sud.
- **Z4-S2** : Longueur 42.61 km, alimentant le quartier Lahdeb Nor.

- **Zone 5** : Ouakda 36.43 km.

Réseau distribué par les forages d'Ouakda n°20, 14, 10,2.

- **Z5-S1** : Longueur 8.79 km, alimentant le quartier d'Ouakda .
- **Z5-S2** : Longueur 24.94km, alimentant l'adduction d'Ouakda.

- **Z5-S3** : Longueur 5.65 km, liaison entre la station de pompage d'Ouakda et le réservoir de Mer Niger.

- **Zone 6** : Zhun 84.53km.

Réseau distribué par le réservoir l'Escadron ( $2 \times 2000 \text{m}^3 + 5000 \text{m}^3$ ).

- **Z6-S1** : Longueur 17.02 km, alimentant le quartier Université.
- **Z6-S2** : Longueur 38.62km, alimentant le quartier El Badre.
- **Z6-S3** : Longueur 28.89km, alimentant le quartier Zone bleue.

- **Zone 7** : Zone industrielle 40.20km.

Réseau distribué par le réservoir de la 3<sup>ème</sup> région militaire ( $3 \times 2000 \text{m}^3$ ).

- **Z7-S1** : Longueur 5.25km, alimentant le quartier CRU.
- **Z7-S2** : Longueur 3.77km, alimentant le quartier ZI.
- **Z7-S3** : Longueur 20.87km, alimentant le quartier Saoura.
- **Z7-S4** : Longueur 10.28 km, alimentant le quartier Evolutif.

- **Zone 8** : Béchar djedid 100.56km.

Réseau distribué par le réservoir de la 3<sup>ème</sup> région militaire ( $3 \times 2000 \text{m}^3$ ), le réservoir Malah ( $3 \times 250 \text{m}^3$ ). et le réservoir de l'Escadron.

- **Z8-S1** : Longueur 2.72km, alimentant le quartier Behar Djedid Nord.
- **Z8-S2** : Longueur 36.63km, alimentant le quartier Bechar Djedid Centre.
- **Z8-S3** : Longueur 8.79km, alimentant le quartier Bechar Djedid Sud.

- **Zone 9** : Adduction du barrage Djorf Torba 70.74km.

Adduction du Barrage Djorf Torba au réservoir de la 3<sup>ème</sup> région militaire ( $3 \times 2000 \text{m}^3$ ) à Béchar.

- **Z9-S1** : Longueur 34.11km, du barrage Djorf Torba à la station de Kenadsa.
- **Z9-S2** : Longueur 34.11km, de la station de Kenadsa au le réservoir de la 3<sup>ème</sup> région militaire ( $3 \times 2000 \text{m}^3$ ) à Béchar.

### III.13. Distribution d'eau à Béchar par les réservoirs

Tableau III.7 : Distribution de l'eau vers la ville de Béchar [3].

Réservoir 3x2000	Réservoir 3x3000	Réservoir 2x2000+5000	Réservoir 1000	Réservoir 3x250	Réservoir 4000	Répartition depuis le Néguev
<b>Distribution 24 /24</b>  150 logements covalents, résidences universitaires Route lahmar, Hai el Salam...	<b>Distribution quotidienne</b>  Hai Mer Niger Hai jniendifellh,  <b>Distribution 1 /2</b>	<b>Distribution quotidienne</b>  257 logements, L'université, 100 logements militaires, Triangle universitaire, Hai el- bader...	<b>Distribution quotidienne</b>  Hai Al tataouri, 240 logements, une partie des résidences 550, 96 logements cubains, Hai Saoura, Hai fadjr1 et 2, Hai 1500 logement...	<b>Distribution</b>  64 logements, Hai fadjer, Secteur 20, villa Toma Bechar djedid,	<b>Distribution 24 /24</b>  Hai el fath,  <b>Distribution quotidienne</b>  Hai lahdeb, Hai el foursane,	<b>Distribution 24/24</b>  Ouakda
<b>Distribution Quotidienne</b>  Bechar djedid, Quartier du centre-ville El-barga, Hai el karma, 84 logements universitaires Hai el bader...	Centre-ville IssatIdir, Hai Houba ... Debdaba Debdaba- centre Rue Al- Amir Abdel Kader, Hai Nour...	<b>Distribution 1 /2</b>  Hai 622 logements, Diar al hadjra, 800 logements, Afrique Handasa, Escadron, Cité militaires...				

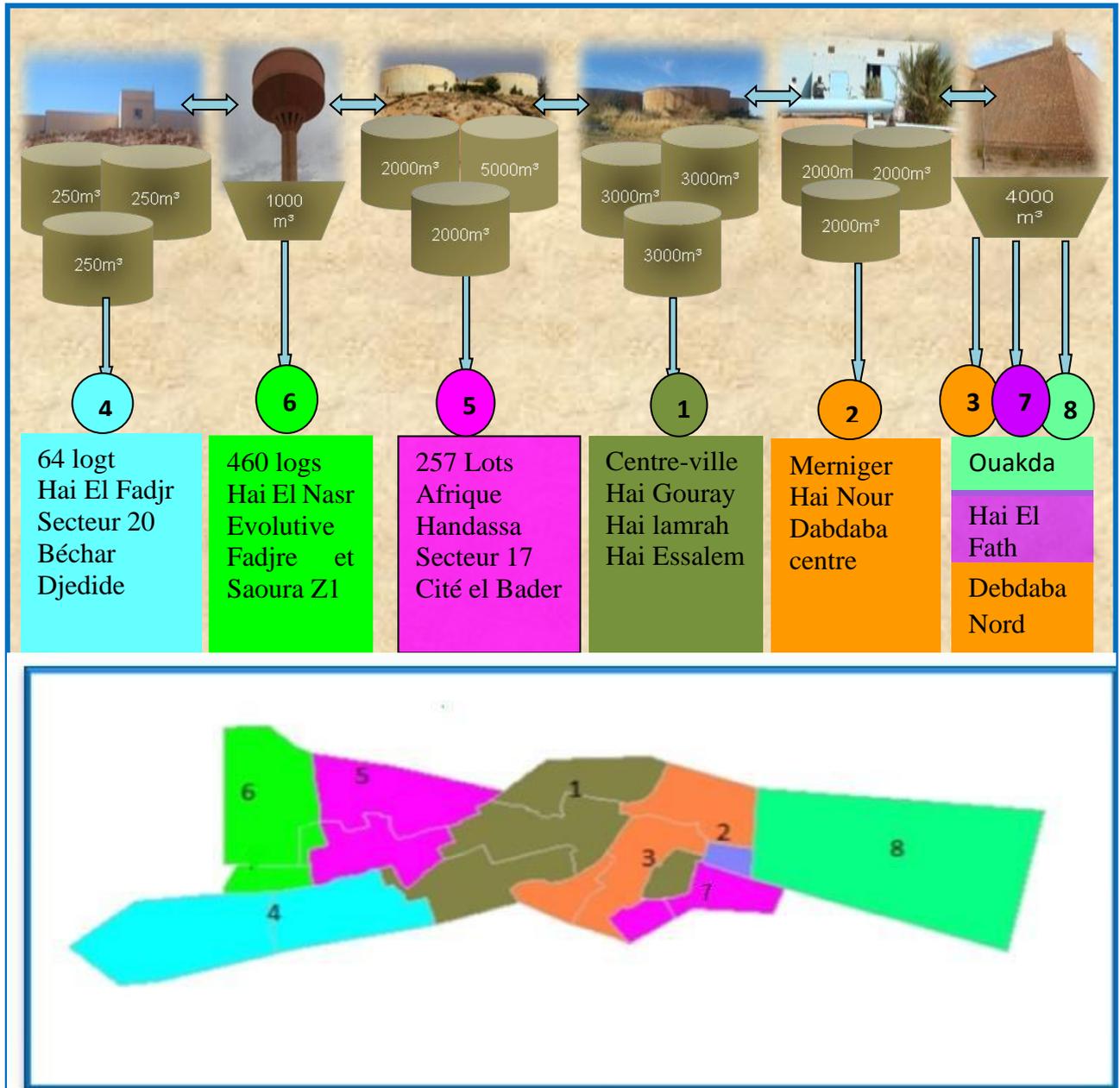


Figure III.9 : La distribution d'eau potable d'après les réservoirs de la ville de Béchar

### Conclusion

Malgré l'existence de ressources de surface (barrage Djorf-Torba), la région de Béchar possède une réserve hydraulique souterraine très importante présente sous la forme de trois nappes souterraines. Elle dispose, actuellement d'une capacité de stockage de près de 34550 m<sup>3</sup>. Le réseau de distribution se compose de 8 régions principales de pression, ces 8 régions sont rattachées à des sites de stockage et de production.

Ce chapitre nous a permis de déterminer les sources et la quantité des ressources en eau, ainsi que l'état actuel du réseau d'eau potable distribuée dans la ville de Béchar et les ouvrages hydrauliques.



2<sup>ème</sup> Partie  
(Résultats et discussions)

---

## Enquêtes sur terrain

### Sommaire

---

Introduction  
I. Répartition de la population  
II. Méthodologies analytiques  
III. Résultats et discussions  
Conclusion

---

## Introduction

L'eau destinée à la consommation humaine est distribuée par les réseaux publics de distribution après captage et un traitement plus ou moins poussé selon la qualité de la ressource.

L'eau doit subir une série de traitements, connus sous le nom de processus de potabilisation. Ce processus permet de s'assurer qu'il existe un réseau public de distribution d'eau potable afin d'assurer que l'eau potable soit accessible à tous les consommateurs et doit répondre à un certain nombre de critères de qualité. Ces normes sont proposées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) puis imposées réglementairement par les états.

L'objectif de cette étude est de suivre la qualité de l'eau depuis la source jusqu'au consommateur afin de trouver les causes de la détérioration de la qualité de l'eau dans le réseau de distribution. Cependant, la question qui se pose est la suivante:

*Que savent les citoyens de la ville de Béchar sur la qualité des eaux potables qu'ils consomment ?*

### I. Répartition de la population

La population de la ville de Béchar est répartie sur plusieurs quartiers aux proportions temporelles et spatiales différentes en rapport avec le développement socio-économique de la ville [42]. Les principaux quartiers sont : Le centre-ville, Debdaba et Béchar Djedid qui sont les plus peuplés, les plus grands et les plus anciens quartiers de la ville de Béchar.

Les principaux résultats du recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) en 2021 d'après l'APC de Béchar sont présentés dans la figure I.1.

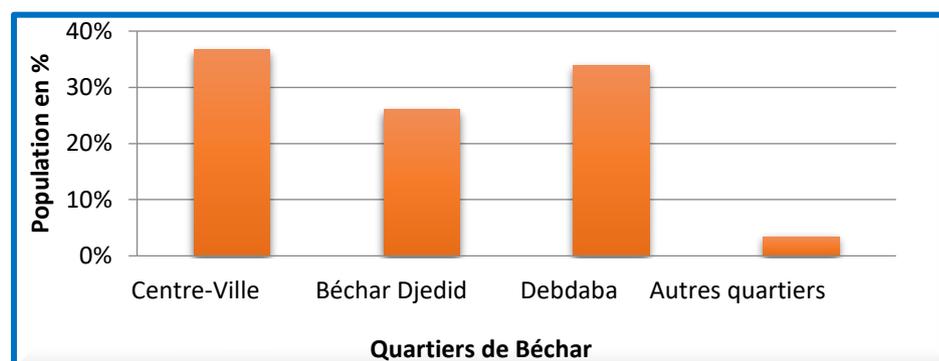


Figure I.1 : Répartition de la population communale [3].

## II. Méthodologies analytiques

L'enquête a été menée sur un échantillon aléatoire simple de 200 citoyens de la ville de Béchar dans différents quartiers (à raison de 50 citoyens dans chaque quartier). Les quartiers choisis sont :

- ❖ Cité Béchar Djedid (au sud de la ville de Béchar).
- ❖ Cité Debdaba (au nord de la ville de Béchar).
- ❖ Cité Badr (à l'ouest de la ville de Béchar).
- ❖ Centre-ville

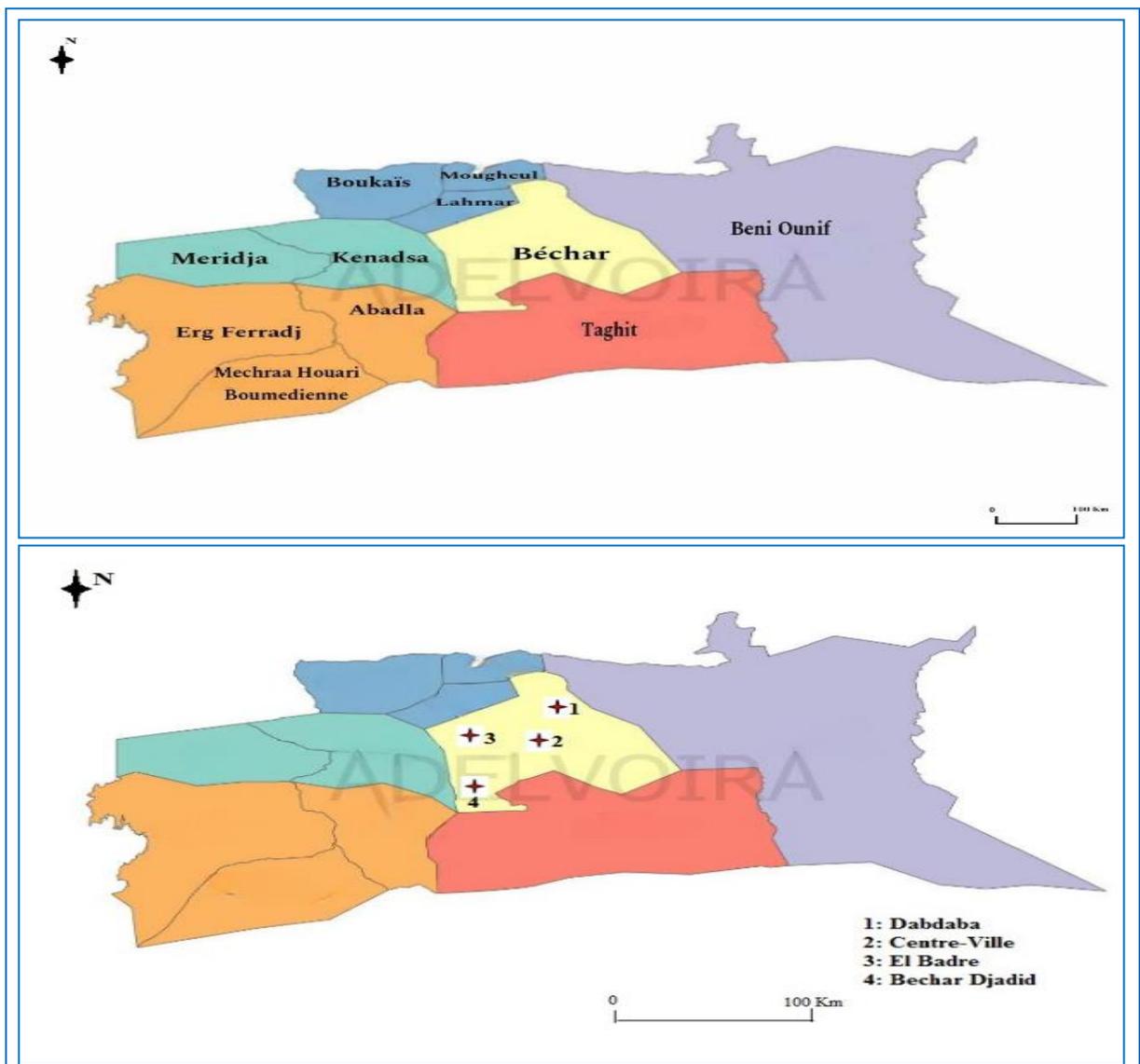


Figure I.2 : Localisation du site de l'étude

Les résultats de cette enquête seront le point de départ pour résoudre la problématique de la qualité de l'eau potable dans la ville de Béchar.

### III. Résultats et discussions

#### 1. Quel type d'eau buvez-vous à la maison ?

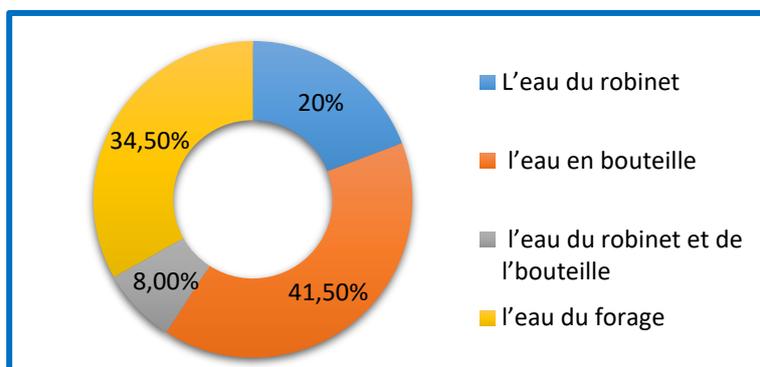


Figure I.3 : Pourcentages concernant le type d'eau bue

Le constat est que la majorité des habitants de la ville de Béchar boivent soit l'eau en bouteille (41,50%) soit l'eau de forage (34,50%) et le reste boit l'eau du robinet (20%) ou l'eau du robinet et en bouteille (08%). Ces derniers représentent la majorité du quartier de Debdaba.

#### 2. Pourquoi ne buvez-vous pas l'eau du robinet ?

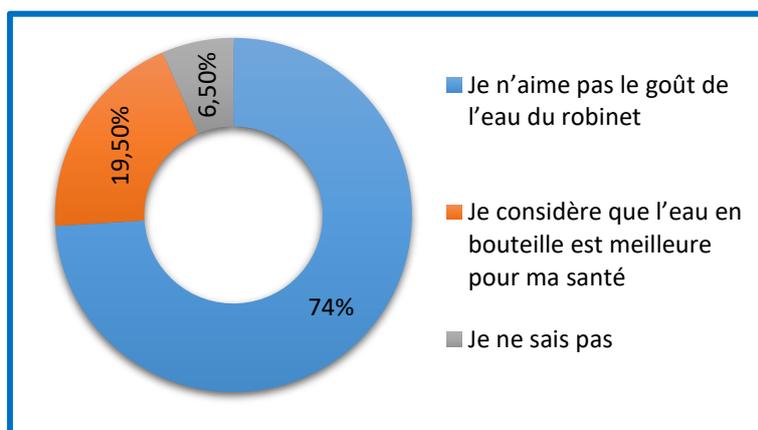


Figure I.4 : Pourcentage concernant l'eau du robinet

On remarque que la majorité des habitants de la ville de Béchar ne boit pas l'eau du robinet à cause du mauvais goût (74%) et 19% considèrent que l'eau en bouteille est meilleure pour la santé et les autres ne savent pas.

### 3. Que pensez-vous de la qualité de l'eau du robinet ?

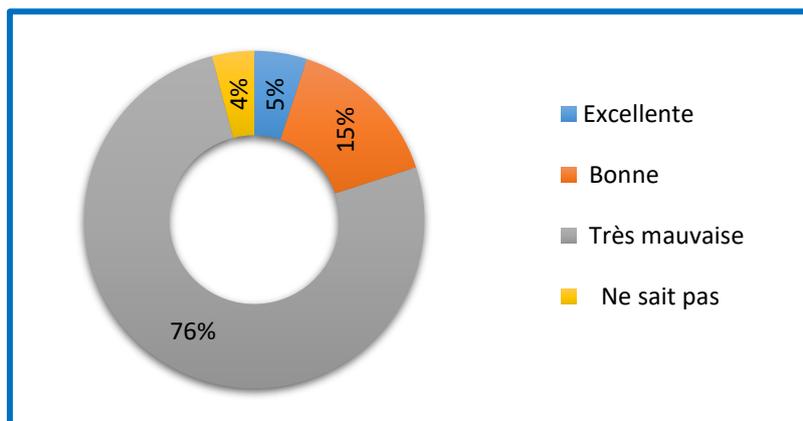


Figure I.5 : Pourcentage de la qualité de l'eau du robinet

Nous remarquons que 76% des habitants de la ville de Béchar disent que l'eau du robinet est très mauvaise (cité Béchar Djedid ; cité Badr ; centre-ville) et 5% pensent qu'elle est bonne alors que 15% disent que l'eau est excellente (Cité Debdaba) et les autres ne savent pas.

### 4. Que pensez-vous de l'eau de Barrage

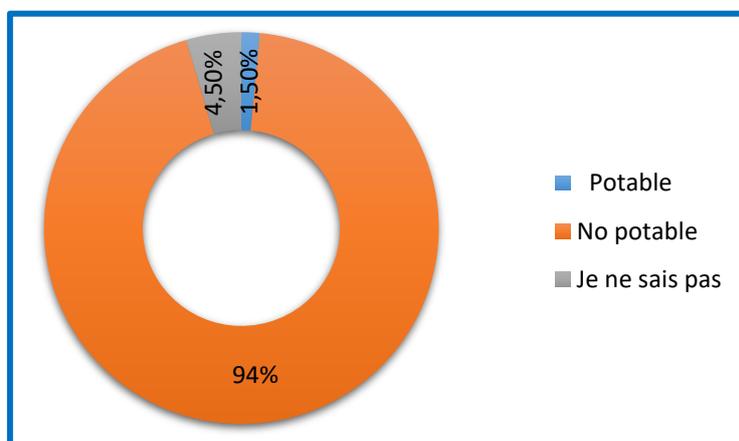


Figure I.6 : Pourcentage concernant l'eau du Barrage

Nous remarquons que la majorité des citoyens de la ville de Béchar prétend que l'eau du barrage est non potable à cause du mauvais goût (94%) (Cité Béchar djedid ; cité Badr ; centre-ville) et 1,5% de la cité de Debdaba disent qu'elle est potable et les autres ne savent pas.

### 5. Que pensez-vous de l'eau du forage

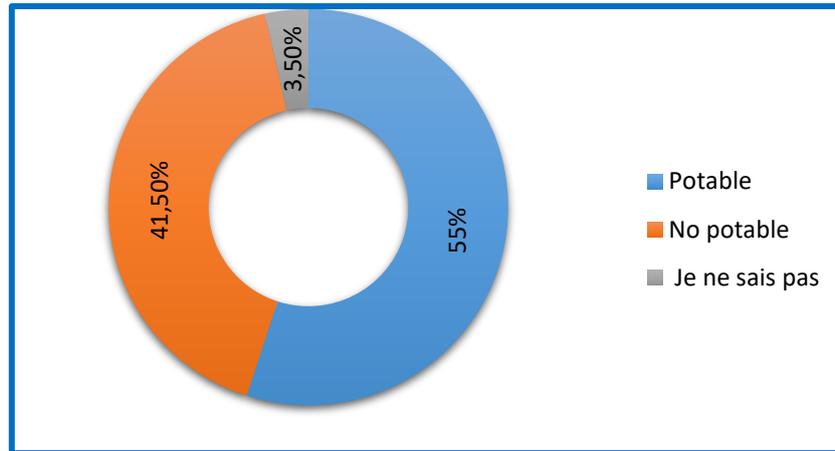


Figure I.7 : Pourcentage concernant l'eau du Forage

Nous remarquons que 55% des habitants de la ville de Béchar disent que l'eau du forage est potable et 41,50% disent qu'elle est non potable à cause de sa dureté élevée, de la pollution de la nappe souterraine, ...etc. et les autres ne savent pas.

### 6. Quelle est la couleur de l'eau à votre domicile ?

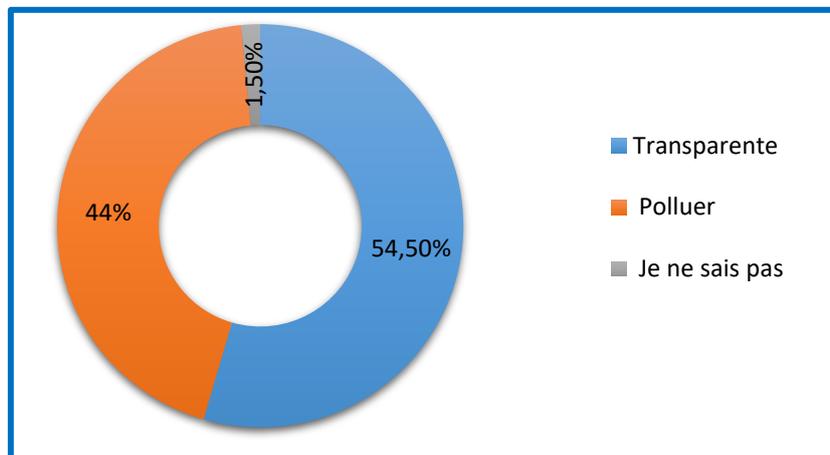


Figure I.8 : Pourcentage concernant la couleur de l'eau à domicile

Nous remarquons que 54,5% des habitants de la ville de Béchar disent que la couleur de l'eau du robinet est transparente et 44% disent qu'elle est polluée à cause du vieillissement de la station de traitement et de la corrosion des conduites et les autres ne savent pas.

### 7. Comment est le goût de l'eau à votre domicile ?

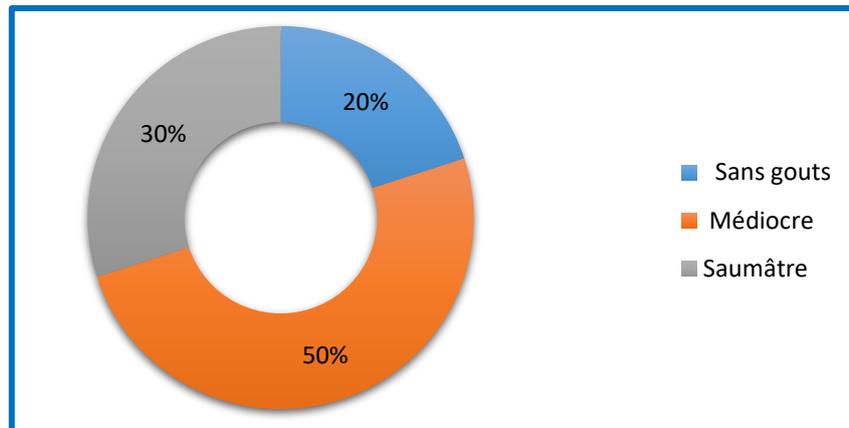


Figure I.9 : Pourcentage concernant le goût de l'eau à domicile

Différentes opinions se dégagent : 50% disent que le goût de l'eau du robinet est médiocre, 30% disent qu'il est saumâtre et 20% disent que l'eau est sans goût.

### 8. Etes-vous satisfaits de la qualité de l'eau à votre domicile ?

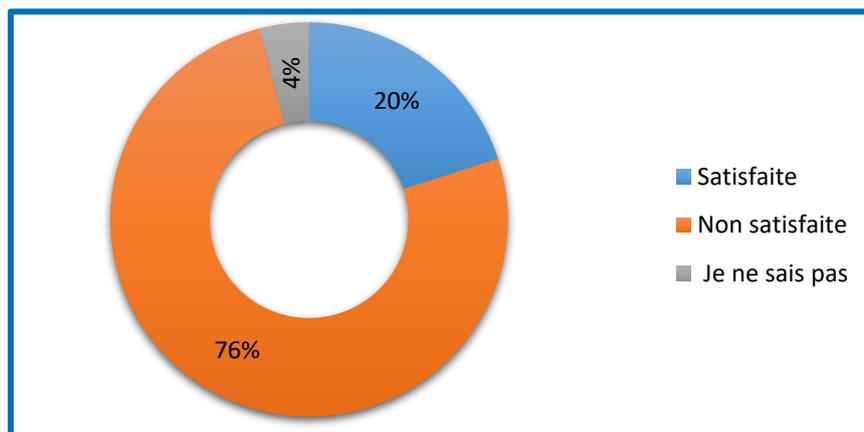


Figure I.10 : Pourcentage concernant la satisfaction de la qualité de l'eau à domicile

Nous remarquons que la majorité des bécharis n'est pas satisfaite de la qualité de l'eau du robinet (76%) (Cités de Béchar Djedid ; Badr et centre-ville) tandis-que 20% seulement de la cité de Debdaba sont satisfaits de la qualité et les autres ne savent pas.

### 9. Que pensez-vous du réseau d'eau potable ?

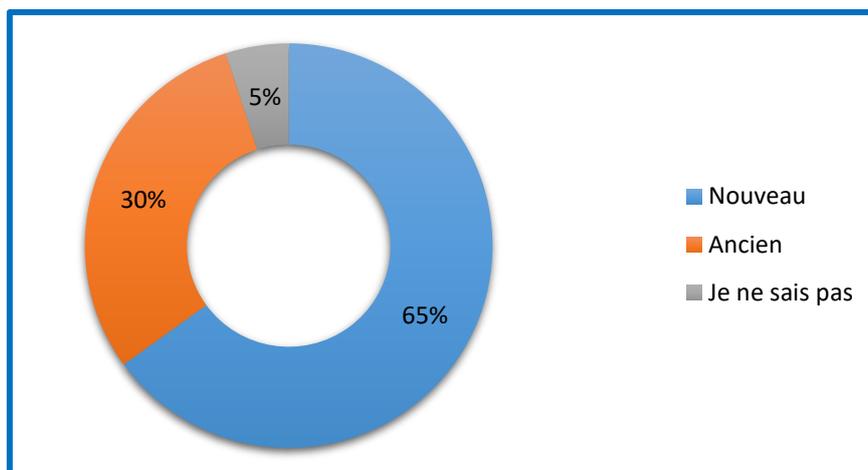


Figure I.11 : Pourcentage concernant le réseau d'eau potable

Nous remarquons que la majorité pense que le réseau d'AEP est nouveau (65%) et 30% disent qu'il est ancien et les autres ne savent pas.

### 10. Que pensez-vous des réservoirs d'eau potable ?

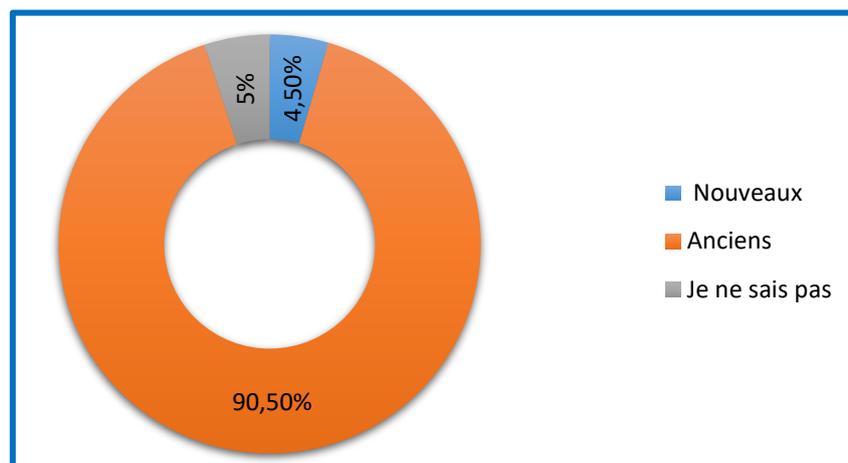


Figure I.12 : Pourcentage concernant les réservoirs de stockage d'eau

Nous remarquons que parmi les habitants de la ville de Béchar, certains savent que les réservoirs d'AEP sont anciens (90,50%) et 4,5% disent qu'ils sont nouveaux et les autres (5%) ne savent pas.

### Conclusion

Grâce à cette enquête, nous pouvons déduire que la majorité des habitants de la ville de Béchar n'est pas satisfaite de la qualité de l'eau distribuée dans les réseaux d'alimentation en eau potable.

---

## Suivi mensuel des eaux du barrage

### Sommaire

---

Introduction

I. Présentation de barrage Djorf-Torba

II. Caractéristiques du barrage

II.1. Caractéristiques hydrologiques

II.2. Caractéristiques techniques

III. Méthodologies analytiques

IV. Résultats et discussions

IV.1. Vérification de la fiabilité des résultats

IV.2. Analyses organoleptiques

IV.3. Analyses physico-chimiques

IV.5. Indice de la qualité de l'Eau

Conclusion

---

## Introduction

Dans la région de Béchar, le barrage Djorf-Torba constitue une ressource de grande importance d'eau de consommation et d'irrigation. Il alimente les communes de Béchar, Kenadsa et Abadla et sert à irriguer la plaine d'Abadla. La ville de Béchar étant la principale consommatrice avec près de 90% de la production de l'eau. La capacité optimale de la station est de 20.000 m<sup>3</sup>/j [62].

Le suivi de l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux des différentes stations de traitement et une série de comparaisons effectuées par rapport aux normes algériennes et celles de l'OMS de potabilité de l'eau de boisson et de son utilisation pour l'irrigation constituent une étape essentielle pour la préservation de cette ressource.

### I. Présentation du barrage Djorf-Torba

Le barrage Djorf-Torba est situé entre les communes de Kenadsa et Meridja, à l'exutoire du bassin versant de la partie haute de l'oued Guir. Le barrage de Djorf-Torba est le quatrième plus grand d'Algérie avec une capacité estimée à 360 hm<sup>3</sup>. Il est situé à 60 km à l'ouest de Bechar. La contribution annuelle moyenne est d'environ 150 millions de mètres cubes par an. Le barrage de Djorf-Torba alimente en eau les communes de Béchar, Kenadsa et Abadla d'une part, et irrigue les plaines de Abadla d'autre part [62][43].

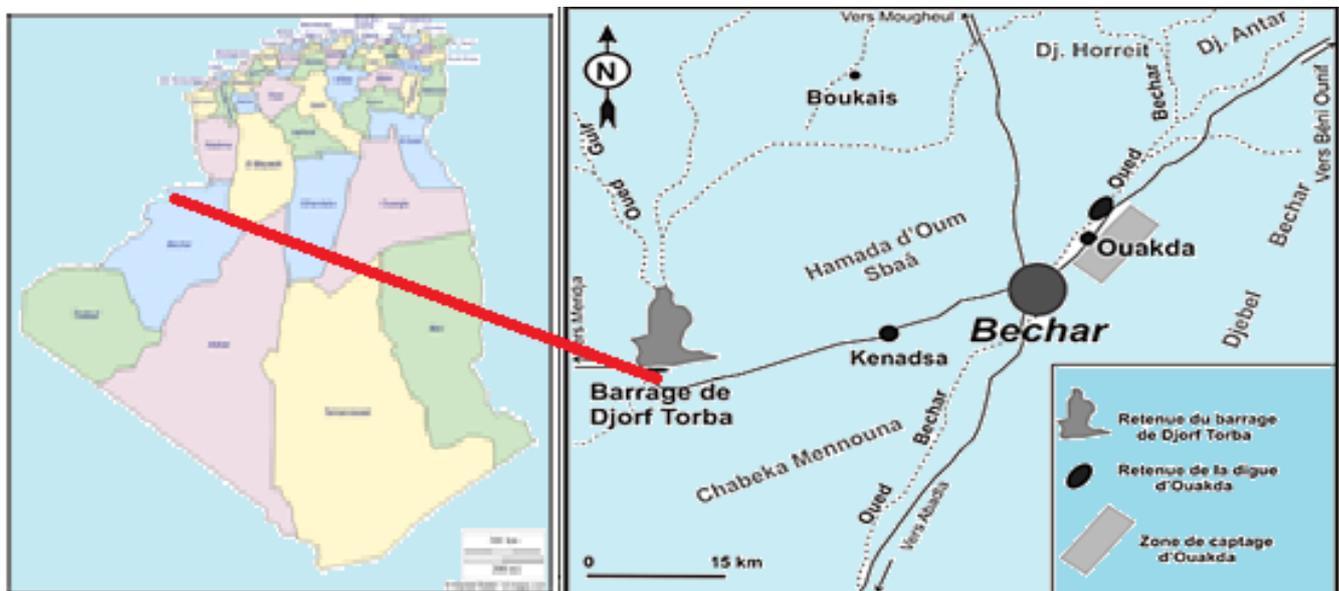


Figure II.1 : Présentation du barrage Djorf-Torba [42]

## II. Caractéristiques du barrage

### II.1. Caractéristiques hydrologiques

- Oued : GUIR.
- Capacité initiale : 350 Mm<sup>3</sup>/an.
- Apport moyen annuel : 180 hm<sup>3</sup>/an.
- Volume régularisé : 100 hm<sup>3</sup>/an.
- Surface du bassin versant : 23887.2 km<sup>2</sup>.
- Capacité à la cote de retenue normale : 260 hm<sup>3</sup>.
- Capacité à la cote de plus haute eau : 750 hm<sup>3</sup>.
- Débit maximal enregistré : 305 m<sup>3</sup>/s.

### II.2. Caractéristiques techniques

- Type : Béton.
- Hauteur maximale : 35m.
- Longueur crête : 762 m.
- Largeur crête : 7 m.
- Cote retenue normale (R.N) : 699 m.
- Date de mise en eau : 1969.

## III. Méthodologies analytiques

Dans le cadre de la réalisation de cette étude nous avons effectué dans un premier temps 36 échantillons à raison de trois échantillons par mois pendant une année (12 mois) à partir des différentes stations, durant la période de janvier à décembre de l'année 2016. Les prélèvements ont été réalisés manuellement dans des flacons de polyéthylène de 1.5 l de capacité. Chaque flacon doit toujours être parfaitement identifié et porter les informations du site d'échantillonnage, la date, l'heure et le niveau de l'eau par rapport à la surface. Ces échantillons sont stockés selon la méthode de Rodier [76] puis transportés au laboratoire de l'ADE de Béchar dans une glacière à une température de 4°C.

Dans un deuxième temps, les analyses sont faites sur 17 paramètres selon les méthodes standards d'analyse. La température, le pH et la conductivité ont été mesurés sur site, à l'aide d'un pH-mètre couplé d'un thermomètre et un conductimètre de type WTW 315i SET après l'étalonnage de ces appareils. Le total des sels dissous (TDS) a été déterminé après évaporation à 180 °C, selon la méthode NF T 90-029, décrite par l'analyse de l'eau. Les chlorures sont dosés

selon la méthode AFNOR NF EN ISO 15682, les sulfates selon la méthode NFT 90-009, les nitrates et l'azote ammoniacal selon la NFT 90-012. Ces paramètres ont été mesurés par des dosages au spectrophotomètre UV visible de type Perkin Elmer Lambda 25 d'après la méthode décrite en analyse de l'eau [76]. Les carbonates et bicarbonates ont été dosés par titrage acide selon la méthode NF T90-036, le calcium et le magnésium (TH) ont été dosés par titrage selon les normes NF T90-016 et NF T90-003. Les éléments traces sont déterminés par la méthode NF T90-119 et sont dosés par spectrophotométrie UV Visible selon Rodier [76].

#### IV. Résultats et discussions

##### IV.1. Vérification de la fiabilité des résultats

Pour vérifier la fiabilité des résultats des analyses des points d'eau choisis, il faut calculer la balance ionique NICB à travers l'expression :

$$\text{NICB} = 100 \times (\sum \text{Cations} - \sum \text{anions}) / (\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) \dots \dots \dots (1)$$

Lorsque :

- $-1\% < \text{NICB} < 1\%$  : La fiabilité des résultats d'analyses est excellente.
- $-5\% < \text{NICB} < 5\%$  : La fiabilité des résultats d'analyses est acceptable.
- $-10\% < \text{NICB} < 10\%$  : La fiabilité des résultats d'analyses est médiocre.
- $\text{NICB} < -10\%$  ou  $\text{NICB} > 10\%$  : Mauvaise fiabilité des résultats d'analyses.

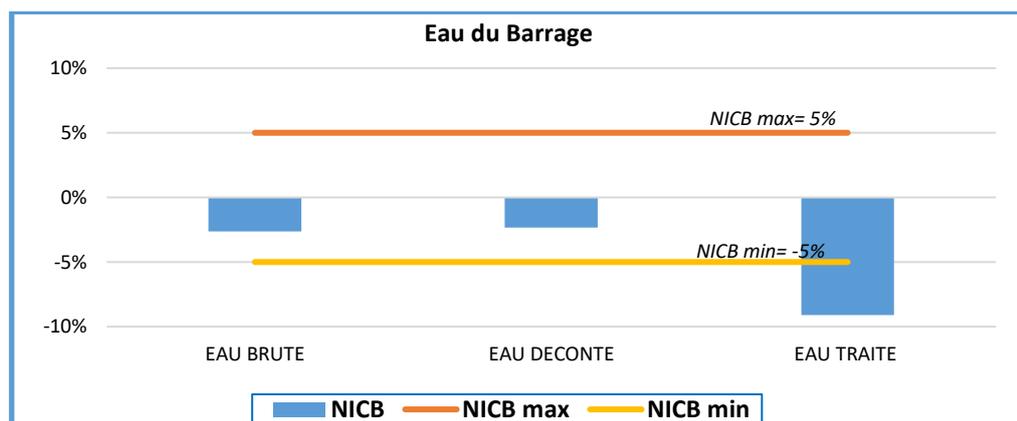


Figure II.2 : Représentation graphique de la balance ionique des eaux du barrage

Nous remarquons dans la figure II.2. que les eaux brutes et les eaux décantées ont des résultats d'analyses acceptables et fiables tandis que l'eau traitée a des résultats d'analyses médiocres à cause de la concentration du chlore.

## IV .2. Analyses organoleptiques

La qualité sensorielle de l'eau potable est importante car le goût, l'odeur, la couleur et la turbidité sont directement jugés par le consommateur qui accepte ou refuse le produit. Les problèmes de goût et d'odeur sont connus dans le monde entier et ont de nombreuses causes différentes. Ils n'ont aucune valeur sanitaire directe.

La couleur a été déterminée par inspection visuelle de plusieurs bouteilles et flacons remplis d'eau de source. Ce test a utilisé un disque de couleur numéroté de marque CKD1128 conforme à la norme ISO 7887-4 pour la détermination de la couleur de l'eau.

L'odeur a été évaluée par la simple perception de l'odeur et le goût par la dégustation, nécessitant un rinçage de la bouche avec de l'eau distillée avant chaque dégustation.

Le protocole a été suivi par quatre (04) personnes selon une fiche test (couleur, odeur et goût) suivant la norme NF T 90-035. Au bout de quatre (04) dilutions successives, aucune saveur ne doit être perçue.



Figure II.3 : Les différents échantillons d'eau.

Du point de vue organoleptique les échantillons prélevés (Figure II.3) ne sont pas clairs (couleur de rouille ou rougeâtre), ils présentent une odeur et une saveur désagréables (Goûts et odeurs évoquant la terre ou le moisi) à cause de la diminution du niveau d'eau dans le barrage et le développement des micro-algues dus à la forte chaleur.

## IV.3. Analyses physico-chimiques

- **La température (T°)**

La température de l'eau est un facteur de grande importance dans le milieu aquatique du fait qu'elle régit toutes les réactions physiques, chimiques, et biologiques. Les résultats des mesures de la température montrent que ces valeurs sont variables et varient entre 9,1 et 30,0 °C pour les eaux brutes, et entre 9,8 et 30,3 pour les eaux décantées et entre 9,8 et 29,9 pour les eaux traitées. La majorité des résultats est conforme aux normes Algériennes [61] et aux recommandations de l'OMS [85]. 25% des eaux analysées possèdent des températures supérieures aux normes (25°C). Les valeurs les plus élevées ont été obtenues à partir du mois

de juin jusqu' au mois de septembre (Figure II.4), ce qui signifie que cette augmentation est due à la température ambiante.

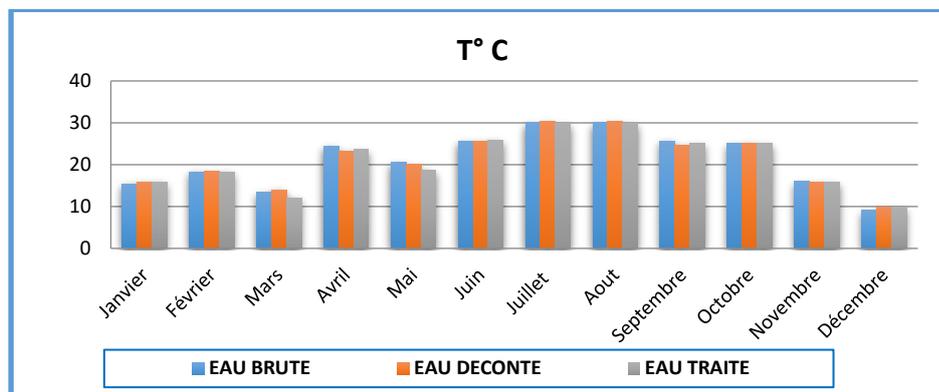


Figure II.4 : Variation mensuelle de la température des eaux de Barrage

- **La Conductivité (EC)**

La conductivité d'une quantité d'eau permet d'évaluer rapidement, mais approximativement la minéralisation totale de l'eau in situ par une approximation égale au produit de la conductivité électrique à 25°C par un coefficient compris entre 0,55 et 0,95.

Les eaux analysées montrent que la conductivité des eaux brutes du barrage varie entre 887  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 2035  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , et entre 590 et 2022  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour les eaux décantées, et entre 538  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 2016  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour les eaux traitées. Ces résultats montrent aussi que toutes les eaux analysées ont une CE conforme aux normes Algériennes (2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Les valeurs les plus élevées ont été observées à partir du mois d'avril jusqu'au mois de septembre (Figure II.5). Cette augmentation dépend de la baisse du volume du barrage en cette période et de l'augmentation de la température.

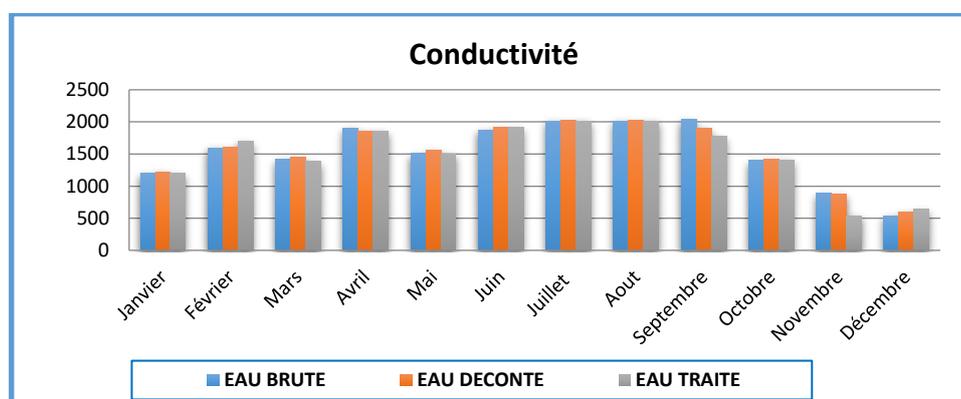


Figure II.5 : Variation mensuelle de la conductivité électrique des eaux de Barrage

- **Le potentiel d'Hydrogène (pH)**

Le pH des eaux est un paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau par la concentration en ions  $H^+$ . Les valeurs du pH des points d'eau étudiés varient entre 7,25 et 8,16 pour les eaux brutes et entre 7,8 et 7,97 pour les eaux décantées et entre 7,14 et 7,99 pour les eaux traitées, avec un caractère généralement alcalin (Figure II.6). Ces résultats sont bien conformes aux recommandations de l'OMS et à la norme Algérienne (6,5 à 5).

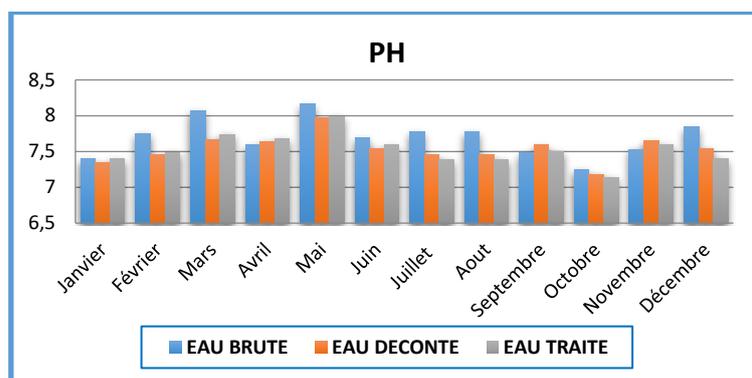


Figure II.6 : Variation mensuel du pH des eaux de Barrage

- **Total des sels dissous (TDS)**

Le TDS représente la quantité de sels dissous et la matière organique contenue dans l'eau obtenue par dessiccation de l'eau à 110-180 °C pendant 24 H, les résultats des analyses obtenus montrent que les valeurs du TDS des eaux brutes sont autour de 390 et 1381 mg/l et entre 443 et 1300 mg/l pour les eaux décantées et entre 352 et 1260 mg/l pour les eaux traitées. Ces résultats montrent aussi que les 100 % des eaux analysées ont une minéralisation inférieure aux normes algériennes (1500 mg/l) et 75 % des eaux sont inférieures aux recommandations de l'OMS (1000 mg/l). Les valeurs les plus élevées ont été obtenues pendant les mois de juillet – août, à cause des faibles précipitations et l'augmentation de température en cette période (Figure II.7).

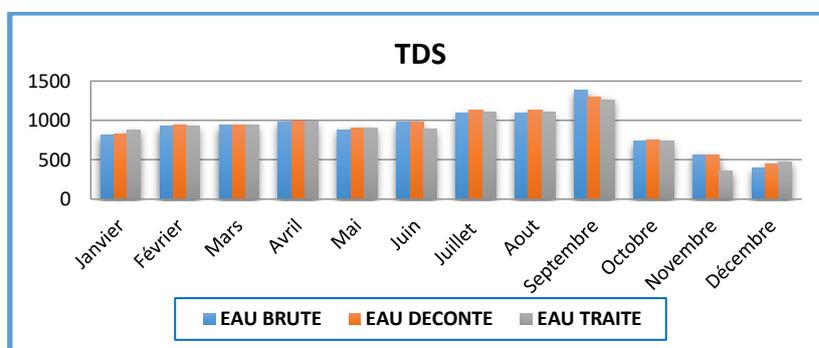


Figure II.7 : Evolution mensuelle du TDS des eaux de barrage

- **Dureté totale (TH)**

La dureté totale obtenue par l'addition des teneurs en calcium et magnésium est exprimée en degré français (°f). Les résultats des analyses d'eau effectuées durant cette période relèvent une dureté élevée qui dépasse parfois 30 °f. En général, elle varie entre 25,5 °f et 48,5 °f pour les eaux brutes et entre 26,5 et 49 °f pour les eaux décantées et entre 25,5 et 49,8 °f pour les eaux traitées. La majorité des échantillons analysés montre que ces eaux sont dures à très dures. Les valeurs les plus faibles ont été observées pendant les mois de décembre et janvier (Figure II.8). Cela est dû à la dissolution des formations calcaires et à l'augmentation de la température.

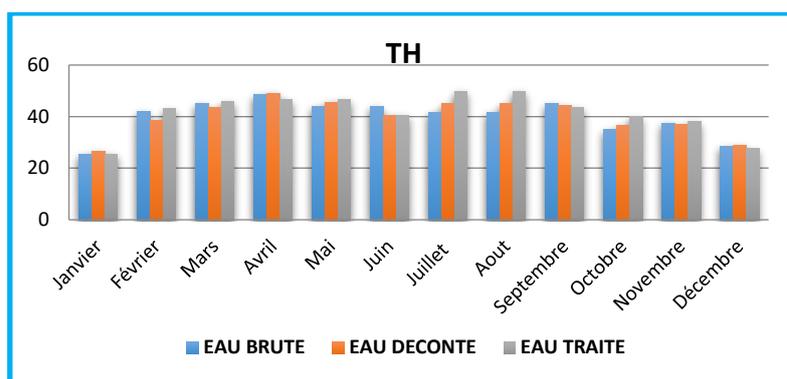


Figure II.8 : Evolution mensuelle de la dureté de l'eau de Barrage

- **La teneur en Sulfates**

La présence des sulfates est généralement due à la dissolution des formations gypseuses ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ ) et l'anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ), ils peuvent provenir également de l'oxydation de la pyrite ( $\text{FeS}_2$ ). Les teneurs des sulfates dans les eaux de barrage varient entre 87,9 et 556,5 mg/l pour l'eau brute, et entre 39,75 et 460,2 mg/l pour l'eau décantée et entre 51,87 et 553 mg/l pour les eaux traitées. Les teneurs les plus élevées ont été observées dans la période avril-octobre (Figure 8). En général, 72 % des eaux analysées présentent des valeurs conformes aux normes algériennes.

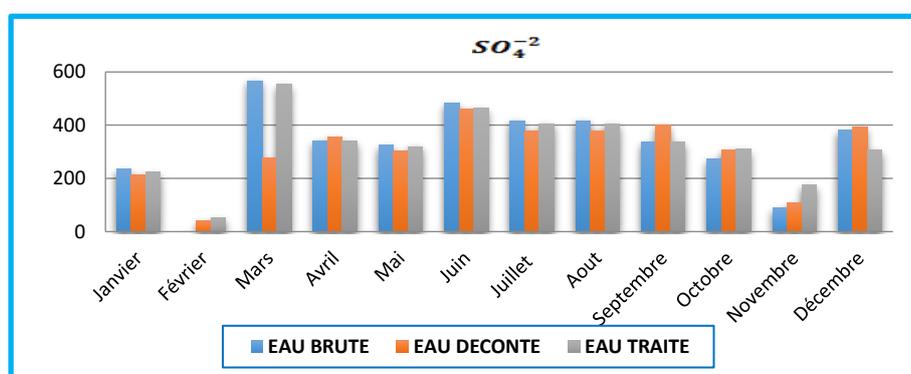


Figure II.9 : Evolution mensuelle de la teneur en sulfates des eaux de Barrage

- **La teneur en chlorures**

Les concentrations naturelles en chlorures dans les eaux de surfaces dépendent de la composition chimique du socle rocheux, du climat et des zones traversées par ces eaux. Elle résulte de la dissolution des sels naturels comme la sylvite (KCl) et de l'halite (NaCl). Les teneurs des eaux de barrage en chlorures sont très élevées et surtout pour l'eau brute, elles peuvent atteindre 800 mg/l, elles varient entre 191.43 mg/l et 833.5 mg/l pour les eaux brutes et entre 212.7 mg/l et 638.1 mg/l pour celles décantées et entre 13.4 mg/l et 638 mg/l pour les eaux traitées. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées durant les mois de mai, juillet, août et septembre (Figure II.10), Ces valeurs montrent aussi que 72% sont inférieures aux normes algériennes.

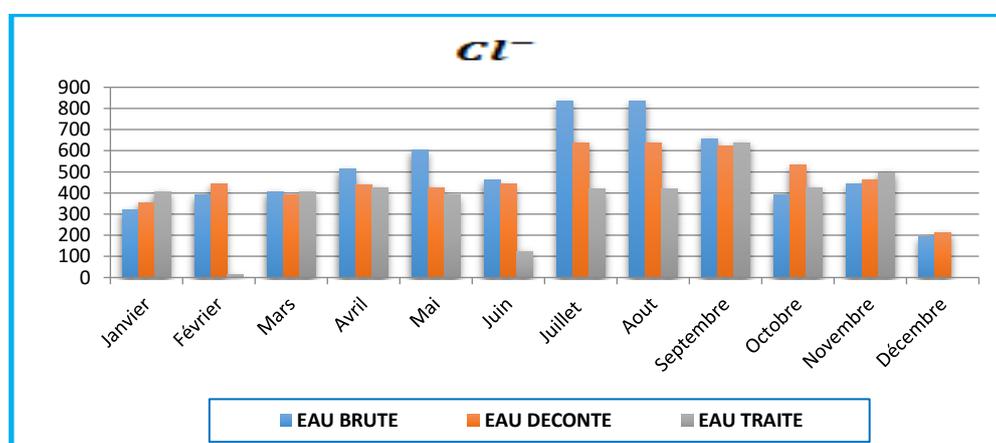


Figure II.10 : Evolution mensuelle de la teneur en chlorures des eaux de barrage

- **La teneur en nitrates**

Les nitrates sont l'une des principales causes de la dégradation de la qualité des eaux. Ils proviennent principalement de la pollution agricole, des eaux usées domestiques, de la fertilisation par les engrais azotés chimiques ou organiques et de l'élevage intensif (déchets animaux).

Les eaux analysées possèdent des teneurs en nitrates très faibles et ne dépassent pas 10 mg/l, elles varient entre quelques traces et 5.44 mg/l, pour les différents types d'eau brute, décantée et traitée (Figure II.11).

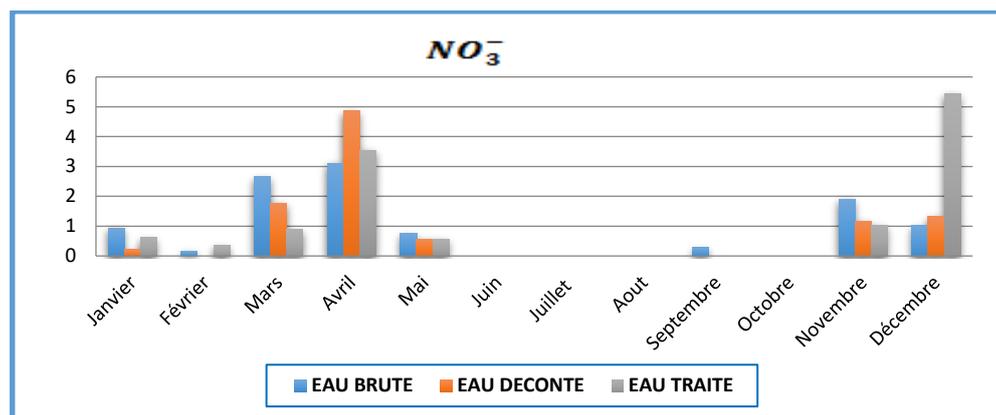


Figure II.11. Evolution mensuelle des teneurs en nitrates des eaux de Barrage

### • La teneur en ammonium

La présence de l'ammonium dans l'eau explique l'existence d'un processus de dégradation incomplet de la matière organique. Il est formé par la réaction de minéraux de fer et de nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industrielle.

Les eaux analysées du barrage montrent que la teneur en azote ammoniacal varie entre zéro et 0,14 mg/l. On constate aussi qu'elles varient entre zéro et 0,14 mg/l pour les eaux brutes et entre zéro et 0,07 mg/l pour les eaux décantées, donc la décantation permet d'éliminer une grande partie de l'ammonium et entre zéro et 0,04 mg/l pour les eaux traitées.

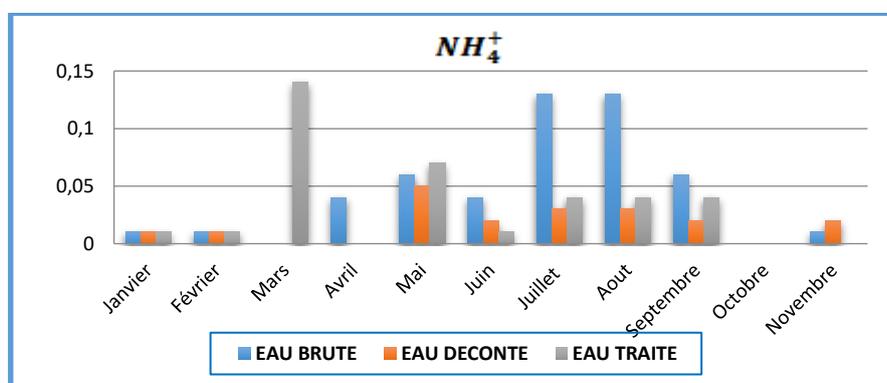


Figure II.12 : Evolution mensuelle de la teneur en ammonium des eaux de Barrage

### • La teneur en nitrites

Les nitrites sont la forme la plus instable dans les composés azotés, ils résultent de l'oxydation de l'azote ammoniacal. Ce paramètre disparaît juste après son contact avec l'oxygène et il se transforme en nitrates. Il varie dans l'eau du barrage de quelques traces à 0,63 mg/l. La variation des nitrites est en fonction du type d'eau, elle est entre 0,01 et 0,63 mg/l pour les eaux brutes, et entre zéro et 0,06 mg/l pour les eaux décantées, et entre zéro et 0,04 mg/l pour les eaux traitées. On constate aussi que toutes les valeurs des nitrites enregistrées sont

inférieures à la valeur limite algérienne et de l'OMS (0,2 mg/l), sauf un cas particulier détecté au mois de septembre de l'eau brute où on a enregistré 0,63 mg/l, cela est due à une contamination locale.

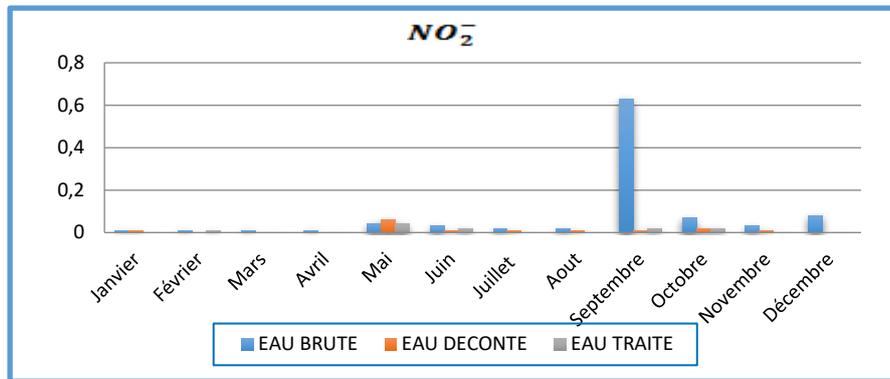


Figure II.13 : Evolution mensuelle de la teneur en nitrites des eaux de Barrage

#### • Les éléments traces métalliques

Les éléments traces métalliques (ETM) des eaux de surface du barrage Djorf-Torba de la région de Béchar dosés dans les échantillons sont limités à deux seulement ( $Fe^{+2}$ ) et ( $Mn^{+2}$ ). L'état de la contamination des eaux de surface par les éléments traces métalliques a été mis en évidence en comparant les valeurs moyennes d'ETM avec les normes algériennes [61], et aux valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé [85] pour l'eau de boisson.

Dans les eaux du barrage Djorf-Torba, les teneurs en fer oscillent entre 0 et 0,89 mg/l pour les eaux brutes et entre 0 et 0,15 mg/l pour les eaux décantées, et entre 0 et 0,1mg/l pour les eaux traitées. Ces valeurs montrent un léger dépassement des normes algériennes et celles de l'OMS [61], [85] pour les eaux brutes qui a été constaté pendant les mois de décembre et mai. Ces teneurs auraient pour origine le lessivage des roches comme les argiles ferrugineuses, les oxydes et les carbonates.

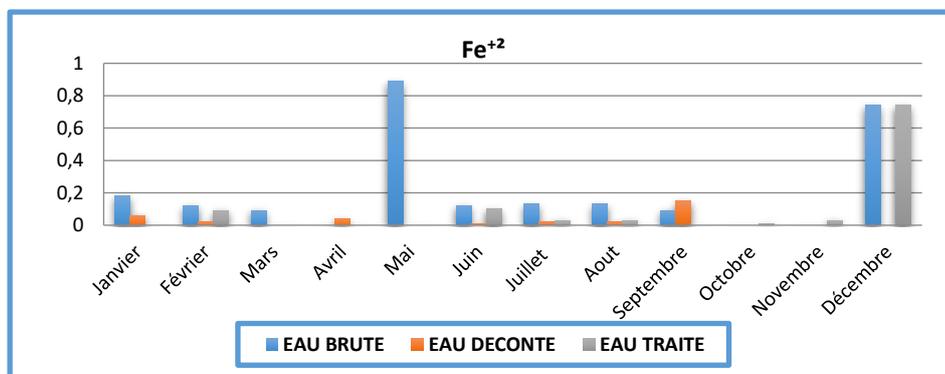


Figure II.14 : Evolution mensuelle de la teneur en Fer dans les eaux du Barrage

Pour les teneurs en manganèse, elles varient entre 0 et 1,96 mg/l, dans les eaux brutes, et entre 0 et 0,66 mg/l dans les eaux décantées, et entre 0 et 0,7 mg/l dans les eaux traitées. Ces valeurs révèlent un dépassement des normes algériennes et celles de l’OMS [61] [85], pour les eaux brutes et décantées. Ces valeurs auraient comme origine la dissolution des formations géologiques de la région, notamment les roches à base de carbonates, d’oxydes et de silicates.

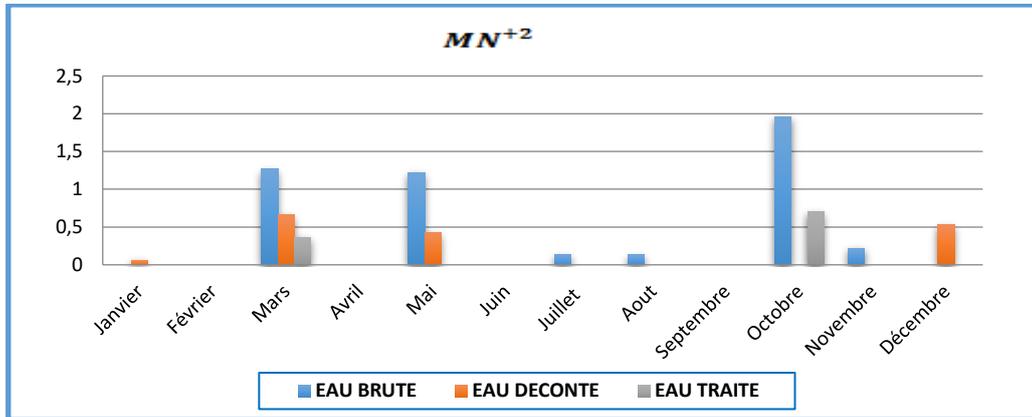


Figure II.15 : Evolution mensuelle de la teneur de Manganèse dans les eaux du Barrage

#### IV.5. Indice de la qualité de l’eau

L'indice de la qualité de l'eau est un outil de classification de l'eau basé sur la comparaison des paramètres de qualité de l'eau avec les normes de qualité de l'eau potable. Il est utilisé pour résumer un nombre de données en un nombre unique qui représente un niveau de qualité de l'eau [1] [86]. Cette technique est utilisée dans ce travail pour déterminer l’impact des facteurs naturels et anthropiques sur la qualité des eaux du barrage. Pour calculer l’indice de la qualité de l’eau, on passe par plusieurs étapes selon [56] [2], un poids appelé (weight) est attribué à chaque paramètre de qualité en fonction de son rapport d’importance dans la qualité globale de l'eau et de leurs effets sur la santé, il est compris entre 2 et 5 [81]. Une valeur maximale de 5 a été attribuée au nitrates ( $NO_3^-$ ), une valeur de 4 pour le total des sels dissous TDS et le pH, une valeur de 3 pour le fer ( $Fe^{2+}$ ) et le manganèse ( $Mn^{2+}$ ), et le TAC, et un poids minimum de 2 pour les autres paramètres tel que le  $TH, SO_4^{2-}, Cl^-$ , et  $NH_4^-$ . Les valeurs attribuées aux paramètres sont données dans le tableau II. 1.

Dans une deuxième étape un poids relatif ( $W_i$ ) est calculé selon la formule 1, et les valeurs obtenues sont données dans le tableau suivant.

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \dots \dots \dots (2)$$

Avec :

$W_i$  : est le poids relatif.

$w_i$ : Le poids attribué à chaque paramètre.

$n$  ; Le nombre de paramètres.

**Tableau II.1 : Poids relatifs des paramètres physico-chimiques**

Paramètres	Normes OMS	Poids (Weight)	Poids relatif ( $W_i$ )
Ph	6,5-8,5	4	0.133
TDS	1000	4	0.133
TH	300	2	0.066
TAC	200	3	0.1
SO4	200	2	0.066
CL	250	2	0.066
NO3	50	5	1.66
NH4	0.5	2	0.066
Fe	0.3	3	0.1
Mn	0.5	3	0.1
		$\sum w_i = 30$	$\sum W_i = 2.484$

Ensuite, un autre facteur qu'on appelle « échelle d'évaluation de qualité  $q_i$  » pour chaque paramètre est calculé en divisant la concentration de l'élément par sa norme et en multipliant le résultat par 100 selon l'équation suivante :

$$q_i = \left( \frac{C_i}{S_i} \right) \times 100 \quad \dots \dots \dots (3)$$

Avec  $q_i$  est la notation de qualité,  $C_i$  est la concentration de chaque paramètre chimique dans chaque échantillon d'eau en mg/l, et  $S_i$  est la norme algérienne de qualité de l'eau.

Enfin, et pour une dernière étape avant de passer au calcul de l'indice de qualité de l'eau, un autre facteur ( $S_{li}$ ) est calculé pour chaque paramètre chimique selon l'équation 3, qui est ensuite utilisé pour déterminer l'indice de qualité de l'eau selon les équations suivantes [54] :

$$S_{li} = W_i \times q_i \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$IQE(WQI) = \sum S_{li} \quad \dots \dots \dots (5)$$

Où le ( $S_{li}$ ) est un sous indice du Nième paramètre analysé de la qualité de l'eau. Ensuite, la qualité de l'eau étudiée sera déterminée selon la grille de classification donnée par le tableau suivant [54] :

**Tableau II.2 : Les classes de qualité selon l'indice de qualité des eaux IQE**

N°	IQE	Type d'eau
1	<50	Excellente qualité de l'eau
2	51-100	Bonne qualité de l'eau
3	101-200	Mauvaise qualité de l'eau
4	201-300	Très mauvaise qualité de l'eau
5	>300	Eau impropre à la consommation

**Tableau II.3 : Les résultats de l'indice de qualité de l'eau du Barrage Djorf-Torba**

Mois	Echantillons	IQE	Mois	Echantillons	IQE
Janvier	Eau brute	48,9469435	Juillet	Eau brute	72,638246
	Eau décantée	43,9732882		Eau décantée	58,8570125
	Eau traitée	44,7533645		Eau traitée	54,1364605
Février	Eau brute	40,9753506	Aout	Eau brute	72,638246
	Eau décantée	39,4727435		Eau décantée	58,8570125
	Eau traitée	19,7181171		Eau traitée	54,1364605
Mars	Eau brute	93,7959645	Septembre	Eau brute	65,210948
	Eau décantée	64,8996741		Eau décantée	65,5678856
	Eau traitée	67,6765115		Eau traitée	58,6885341
Avril	Eau brute	63,2131456	Octobre	Eau brute	81,0469976
	Eau décantée	68,4743983		Eau décantée	46,8823882
	Eau traitée	61,5553012		Eau traitée	58,4833933
Mai	Eau brute	110,193827	Novembre	Eau brute	46,4491033
	Eau décantée	58,5654659		Eau décantée	40,6442
	Eau traitée	49,88958		Eau traitée	40,4894847
Juin	Eau brute	59,5701282	Décembre	Eau brute	64,6269128
	Eau décantée	54,2186157		Eau décantée	52,7733424
	Eau traitée	47,512131		Eau traitée	54,2104035

Les résultats obtenus (Tableau II. 3) du calcul de l'indice de qualité de l'eau pour les eaux du barrage Djorf-Torba sont cités dans le tableau 3, ils montrent que 33% des eaux ont un indice inférieur à 50 et sont donc d'excellente qualité, 64% des eaux possèdent un indice de qualité entre 51 et 100, donc de bonne qualité, 3% des eaux présentent un indice de qualité entre 101 à 200, et sont donc de mauvaise qualité.

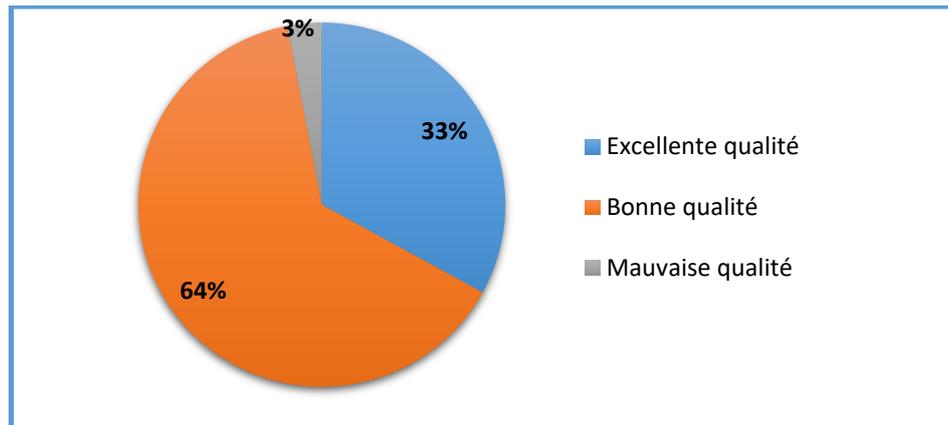


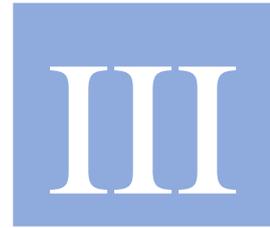
Figure II.16 : Les résultats de l'indice de qualité de l'eau du Barrage Djorf-Torba

### Conclusion

Dans cette étude, 36 échantillons ont été prélevés et analysés mensuellement à partir du barrage pendant une année dans le but de déterminer l'évolution de la qualité de l'eau du barrage. Les résultats obtenus montrent que le pH des eaux analysées est légèrement alcalin et conforme aux normes algériennes et celles de l'OMS. Ces résultats montrent également que ces eaux sont minéralisées et le TDS peut atteindre 1381 mg/l, pour les eaux brutes. Cette augmentation est due à la faible précipitation durant la période chaude. On constate aussi que ces eaux sont caractérisées par de faibles teneurs en composés azotés. Le calcul de l'indice de qualité de l'eau montre que 64% des eaux sont de qualité excellente à bonne.

On remarque aussi que les eaux décantées et traitées par les stations de décantation et de traitement présentent des valeurs conformes aux normes algériennes et à celles de l'OMS, donc acceptables pour la consommation humaine. On note l'abattement de certains paramètres qui reflète l'efficacité de la décantation et du traitement de l'eau brute.

# CHAPITRE



---

## Suivi de la qualité de l'eau depuis la source jusqu'au consommateur

### Sommaire

---

Introduction

I. Aspect quantitatif des ressources en eau de la région de Béchar

II. Aspect qualitatif des ressources en eau de la région de Béchar

III. La répartition de la population

IV. Echantillonnage et méthodes analytiques

V. Résultats et discussions

V.1. Vérification de la fiabilité des résultats

V.2. Analyses organoleptiques

V.3. Analyses physico-chimiques

V.4 Indice de la qualité de l'Eau

Conclusion

---

## Introduction

La ville de Béchar située dans le Sud-ouest algérien, Elle se caractérise par un climat aride à tendance saharienne [43] . Comme d'autres villes d'Algérie, elle souffre d'une forte demande en eau en proportion avec sa population croissante. L'approvisionnement en eau potable de la ville de Béchar provient principalement du barrage de Djorf-Torba (80%) et complémentaiement de l'aquifère du Turonien à Ouakda (20%) avec des débits respectifs de 358,72 et 97 litres/sec [43]. Ce barrage fournit 2 à 4 fois la quantité d'utilisation d'Ouakda, soit 80 %. Les résultats préliminaires d'une enquête en cours sur la qualité de l'eau dans le réseau d'eau potable de Béchar ont révélé des niveaux alarmants de contaminants, remettant en question l'efficacité des mesures actuelles de traitement de l'eau [75]. Pour cette raison, nous nous intéressons à cette recherche sur la qualité des eaux de surface (barrage de Djorf-Torba) jusqu'aux consommateurs.

### I. Aspect quantitative des ressources en eau de la région de Béchar

Les ressources en eau dans la région de Béchar sont limitées et ne répondent pas aux besoins de la population de la Wilaya de Béchar, surtout compte tenu de la croissance démographique et du développement des secteurs industriel et agricole. Plusieurs projets ont été réalisés afin d'alimenter la ville de Béchar à partir des aquifères de la région comme les cas des nappes du Turonien et du Quaternaire de Ouakda, le transfert à partir du Jurassique de Mougheul, et dernièrement le projet de transfert d'Oued Ennamous [66].

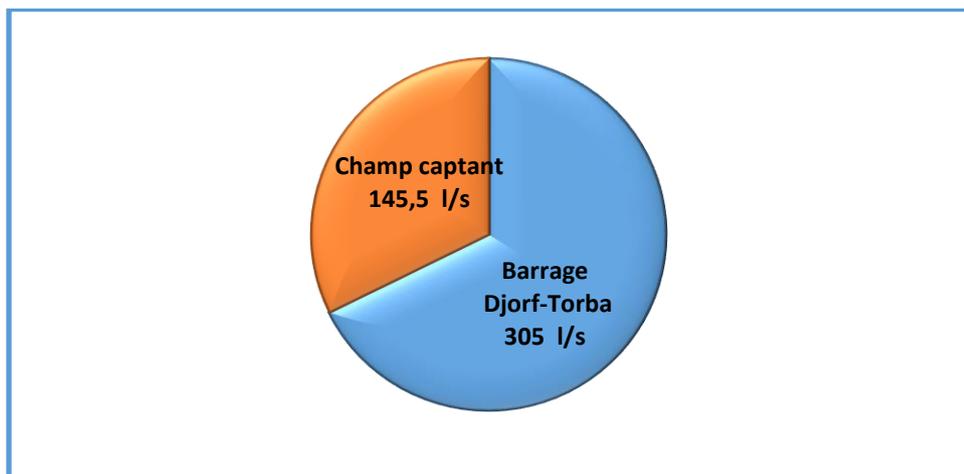


Figure III.1 : Le débit exploité dans la région de Béchar [3]

## II. Aspect qualitatif des ressources en eau de la région de Béchar

La ville de Béchar souffre actuellement de la qualité de l'eau potable due à divers facteurs et ce malgré la présence d'une station de traitement en amont du barrage.

Actuellement, ces cours d'eau reçoivent des rejets urbains et industriels chargés d'éléments chimiques et organiques, souvent toxiques, ce qui rend nécessaire une meilleure connaissance des ressources en eau existantes et surtout, l'évolution de la qualité des eaux du barrage, et la vulnérabilité de la ressource à un éventuel facteur [62]. Il convient donc de connaître et de suivre l'évolution de la qualité des eaux de cette ressource jusqu'aux consommateurs.

## III. La répartition de la population

La ville de Béchar présente presque 62.01% de la population totale de la wilaya. En 2021, elle comptait environ 223770 habitants [3]. Cette population est répartie sur plusieurs quartiers avec des proportions variables dans le temps et dans l'espace, liées au développement socioéconomique de la ville.

Le centre-ville, Debdaba et Béchar Djedid sont les plus peuplés, les plus grands et les plus anciens quartiers de cette ville.

Les principaux résultats du recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) en 2021 d'après l'APC de Béchar sont présentés ci-dessous.

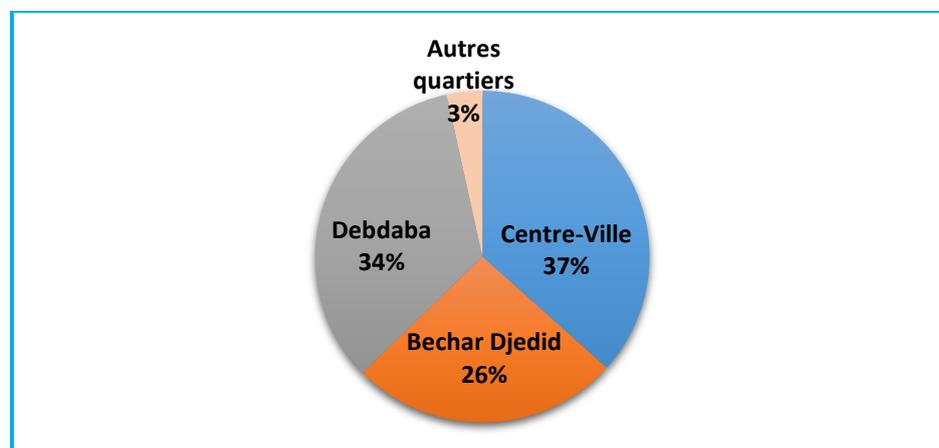


Figure III.2 : Répartition de la population de la Population communale [3].

## IV. Echantillonnage et méthodes analytiques

La présente étude, consiste en un suivi de la qualité de l'eau depuis la source (barrage de Djorf-Torba) jusqu'au consommateur, en utilisant la base de données d'analyses des eaux effectuées par le laboratoire de contrôle et de surveillance de la qualité d'eau de l'ADE de Béchar.

Afin de mieux reconnaître les variations et les fluctuations de la qualité de l'eau, la surveillance est effectuée à trois niveaux selon les normes nationales et internationales :

1. La principale amenée (Le barrage de Djorf-Torba).
2. Les réservoirs qui alimentent directement la population (Réservoirs de 2000 m<sup>3</sup> ; Réservoirs de 3000 m<sup>3</sup> ; Réservoirs de 250 m<sup>3</sup>).
3. Les robinets du consommateur : quatre quartiers différents (Béchar Djedid, Debdaba, Hai El BADR et Centre-ville).

Les techniques d'analyses utilisées sont celles décrites par J. RODIER (2009). Les échantillons d'eau ont été ensuite transportés dans une glacière à 4 °C au laboratoire pour être analysés dans les 24 heures qui suivent leur prélèvement.

## V. Résultats et discussions

### V.1. Vérification de la fiabilité des résultats

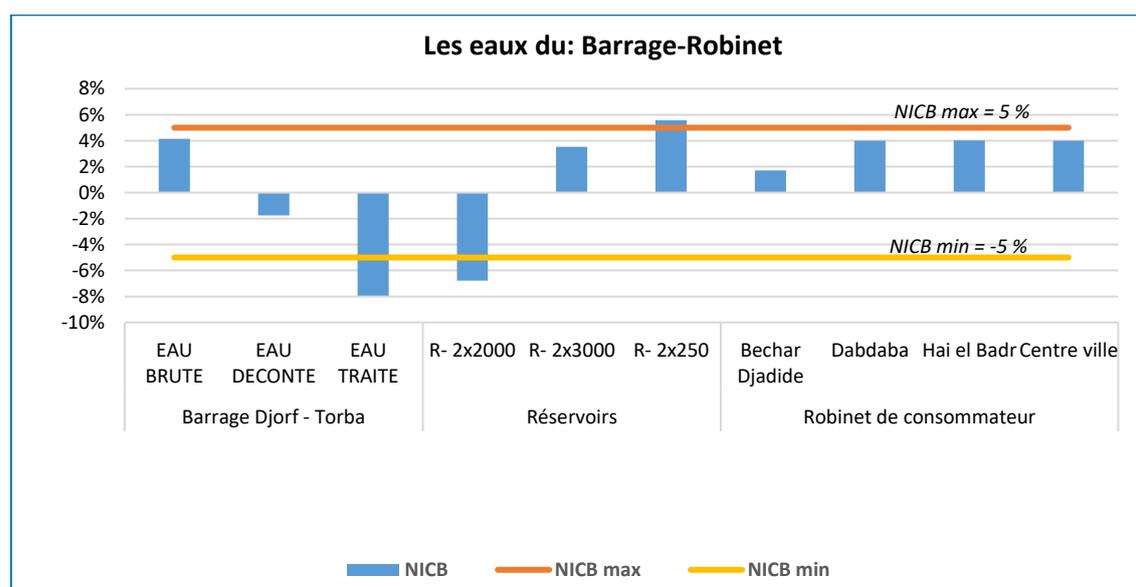


Figure III.3 : Représentation graphique de la balance ionique des eaux du Barrage jusqu'au robinet du consommateur.

On remarque que toutes les eaux ont des résultats d'analyses acceptables et fiables sauf pour les eaux des réservoirs (R-2000 et R-250) et les eaux traitées du barrage ont des résultats d'analyses médiocres à cause de la teneur élevée du chlore.

## V.2. Analyses organoleptiques

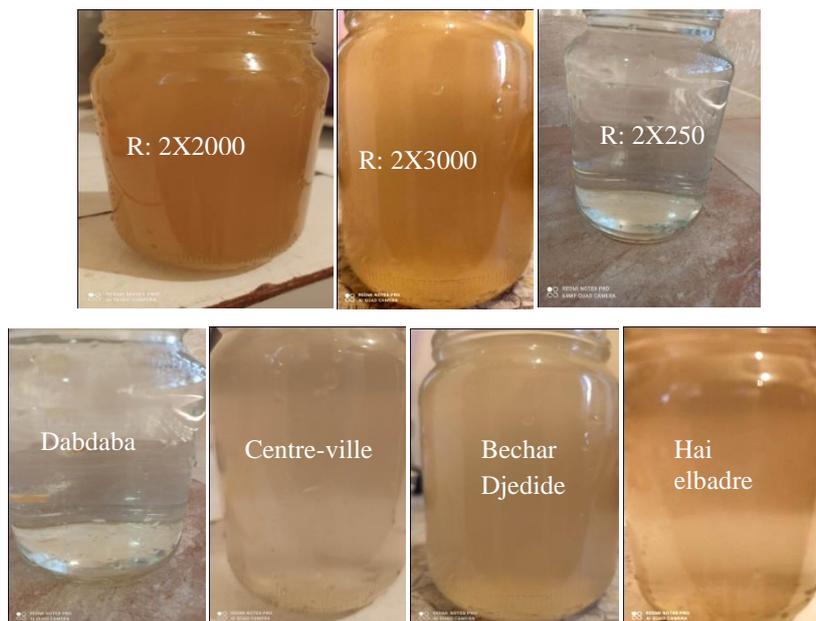


Figure III.4 : Les différents échantillons d'eau

Du point de vue organoleptique, les eaux de Dabdaba et du réservoir R- 250 sont claires et présentent une odeur et une saveur agréable et les autres échantillons prélevés ne sont pas clairs (couleur de rouille ou rougeâtre), ils présentent une odeur et une saveur désagréable (Goûts et odeurs évoquant la terre ou le moisi ou goût métallique).

La couleur, la turbidité ou la présence de débris dans l'eau du robinet peuvent nous renseigner sur la corrosion du réseau de distribution.

Les goûts et odeurs évoquant la terre ou le moisi prédisent la présence de micro-algues qui se développent dans les retenues lors de températures élevées. Ces composants traces sont éliminés lors du traitement de l'eau et peuvent laisser des traces de goût et d'odeur, qui sont perceptibles lorsque le débit d'eau dans la conduite est faible.

Le goût métallique est dû à certaines canalisations anciennes, en acier ou en fonte, qui sont parfois sujettes à des phénomènes occasionnels de corrosion, cela procure au goût ou à l'odorat une sensation métallique.

### V.3. Analyses physico-chimiques

- **La température**

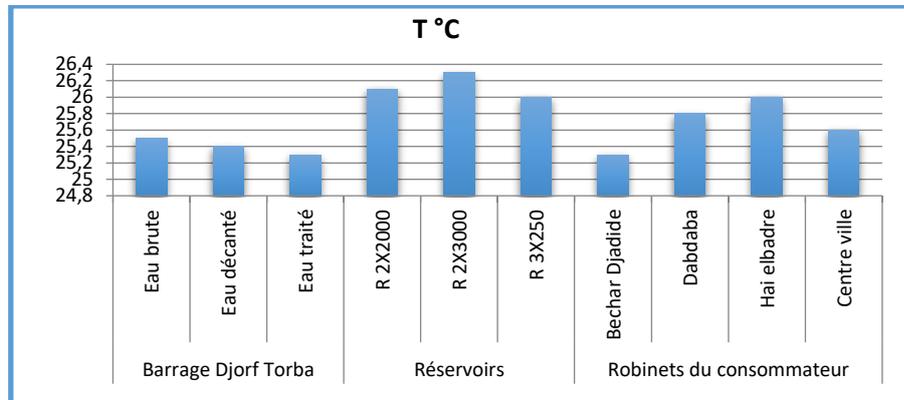


Figure III.5 : Variation de la température des eaux de la ville de Béchar

La température de l'eau est un facteur de grande importance dans le milieu aquatique du fait qu'elle régit toutes les réactions physiques, chimiques, et biologiques. En ce qui concerne les normes d'eau potable de l'OMS [69], l'eau est excellente pour les températures oscillantes entre 20 et 22°C, passable pour des températures oscillantes entre 22 et 25 °C et médiocre si la température est de 25 à 30°C. Les résultats des mesures de la température montrent que ces valeurs sont variables et varient entre 25,3 et 25,5 °C pour les eaux du barrage Djorf-Torba, et entre 26 et 26,3 °C pour les eaux des réservoirs et 25,3 et 26 °C pour les eaux des robinets du consommateur. La majorité n'est pas conforme aux normes Algériennes (< 25) [61] et aux recommandations de l'OMS. Ces valeurs sont supérieures à 25°C, ceci pourrait signifier comparativement à ces normes, que les eaux analysées sont médiocres. Ces valeurs ont été obtenues au mois de Mai, ce qui signifie que cette augmentation est due à la température ambiante.

- **Le potentiel d'Hydrogène (pH)**

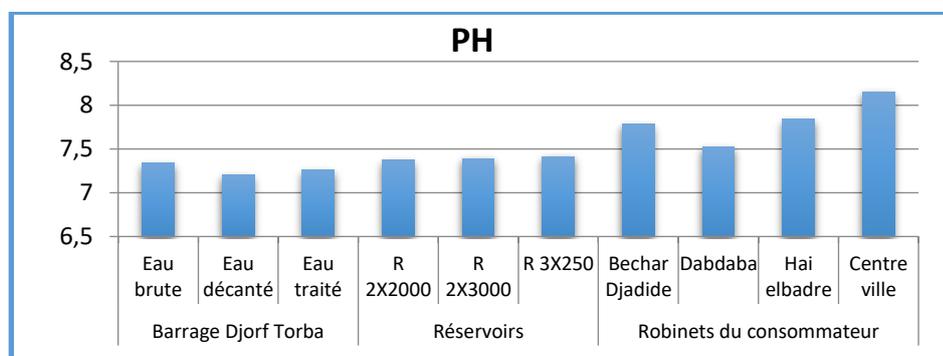


Figure III.6 : Variation de PH des eaux de la ville de Béchar

Bien que l'acidité de l'eau en elle-même ne pose pas de problème de santé pour les consommateurs, l'eau acide circulant dans les réseaux de canalisations peut représenter indirectement un danger pour la santé des consommateurs non avertis ou négligents [36]. Les valeurs du pH des points d'eau étudiés varient entre 7,20 et 7,34 pour les eaux du barrage Djorf-Torba et entre 7,37 et 7,41 pour les eaux des réservoirs et entre 7,15 et 7,84 pour les eaux des robinets du consommateur, avec un caractère généralement alcalin. Ces résultats sont bien conformes aux recommandations de l'OMS (7 à 8,5) [69] et à la norme Algérienne (6,5 à 8,5) [61].

- **La conductivité (EC)**

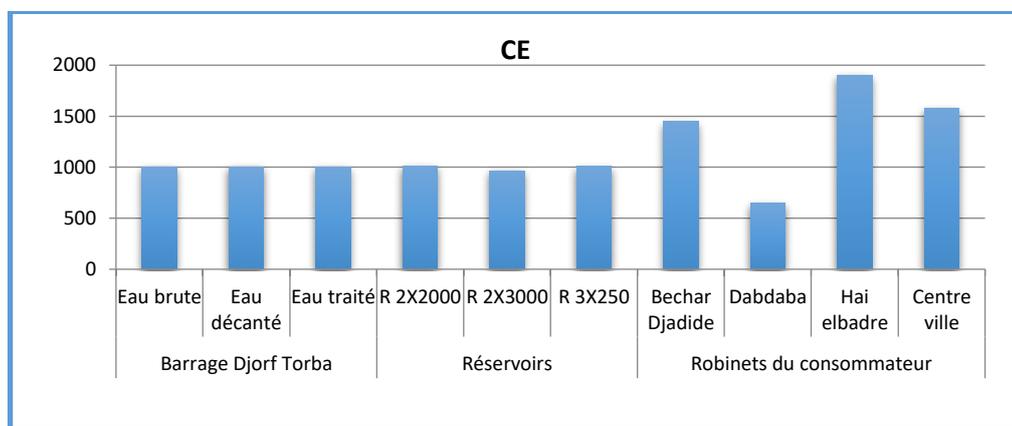


Figure III.7 : Variation de la conductivité électrique des eaux de la ville de Béchar

La conductivité d'une eau permet d'évaluer rapidement, mais approximativement, la minéralisation totale de l'eau in-situ par une approximation égale au produit de la conductivité électrique à 25 °C par un coefficient compris entre 0,55 et 0,95.

La classification de l'eau par conductivité est la suivante :

Des conductivités comprises entre 80 et 100 µS/cm indiquent une faible minéralisation de l'eau. Une conductivité de 300 à 500 µS/cm indique une eau modérément minéralisée. Une conductivité entre 1000 et 3000 µS/cm indique une eau salée et une conductivité supérieure à 3000 µS/cm indique l'eau de mer [76].

Les eaux analysées montrent que la conductivité des eaux du barrage Djorf-Torba varie entre 1002 µS/cm et 1005 µS/cm, et entre 962 et 1014 µS/cm pour les eaux des réservoirs, et entre 649 et 1903 µS/cm pour les eaux des robinets des consommateurs. Ces résultats montrent aussi que toutes les eaux analysées ont une CE conforme aux normes Algériennes (2800 µS/cm). Donc, les valeurs de la conductivité électrique sont comprises entre 1000 à 3000 µS/cm et prédisent donc, selon ce classement, une eau saline. Cette augmentation dépend de la baisse du volume du barrage dans cette période de l'année et de l'augmentation de la température.

- **Le total des sels dissous (TDS)**

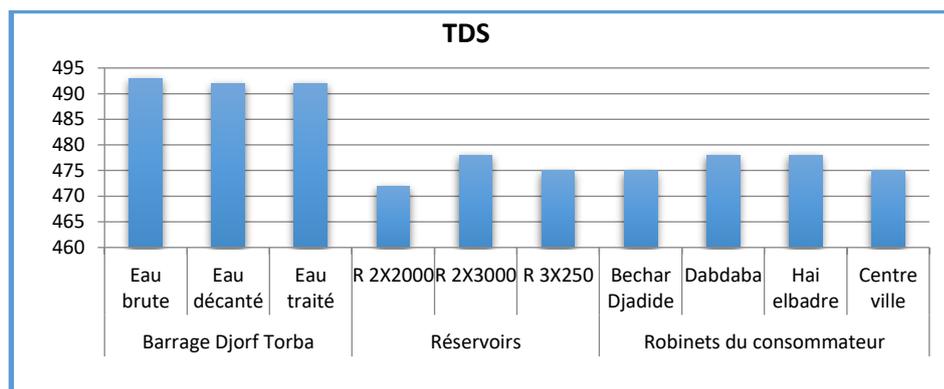


Figure III.8 : Variation de TDS des eaux de la ville de Béchar

Les résultats des analyses obtenus montrent que les valeurs du TDS des eaux du Barrage Djorf-Torba sont autour de 492 et 493 mg/l et entre 472 et 478 mg/l pour les eaux des réservoirs et entre 475 et 478 mg/l pour les eaux des robinets du consommateur. Ces résultats montrent aussi que les 100 % des eaux analysées ont une minéralisation inférieure aux normes algériennes (1500 mg/l) et suivant les recommandations de l'OMS, les valeurs de TDS sont comprises entre 300 et 600 mg/l, elles s'avèrent être bonnes.

- **La dureté totale (TH)**

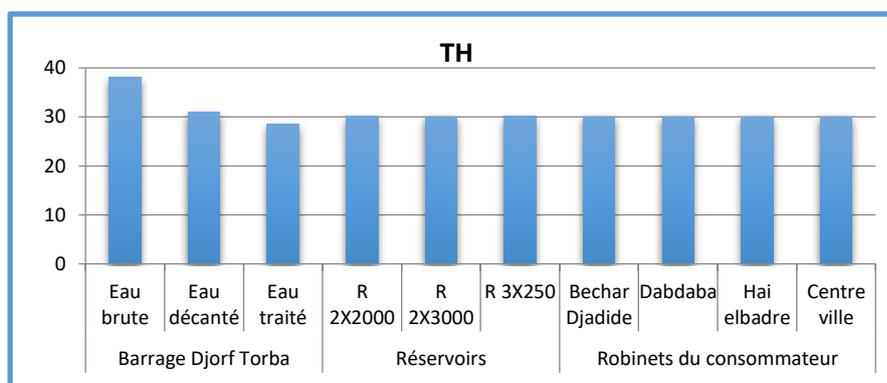


Figure III.9 : Variation de La dureté totale des eaux de la ville de Béchar

La dureté totale obtenue par l'addition des teneurs en calcium et magnésium est exprimée en degré français (°f). Les résultats des analyses des eaux effectuées durant cette période relèvent une dureté élevée qui dépasse parfois 30 °f en général, elle varie entre 38 °f et 28.5 °f pour les eaux du Barrage Djorf-Torba et entre 30 °f et 30,1 °f pour les eaux des réservoirs et les eaux des robinets du consommateur. Les échantillons analysés montrent que ces eaux sont dures à très dures. Cela est dû à la dissolution des formations calcaires avec l'augmentation de la température.

- **La teneur en Sulfates**

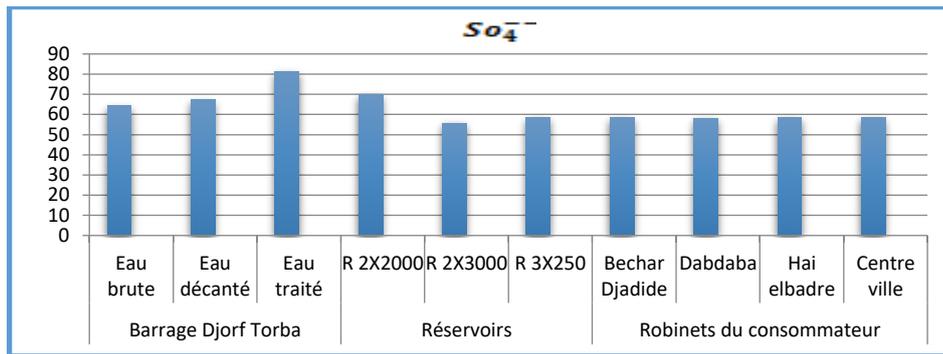


Figure III.10 : Variation des Sulfates dans les eaux de la ville de Béchar.

La présence des sulfates est généralement due à la dissolution des formations gypseuses ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ ) et l'anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ), ils peuvent provenir également de l'oxydation de la pyrite ( $\text{FeS}_2$ ). Les teneurs des sulfates dans les eaux de la région de Béchar varient entre 64,35 et 81,06 mg/l pour l'eau du barrage Djorf-Torba, et entre 55,58 et 69,7 mg/l pour les eaux des réservoirs et entre 58 et 58,26 mg/l pour les eaux des robinets du consommateur. En général, 100 % des eaux analysées présentent des valeurs conformes aux normes algériennes (200 à 400 mg/l) et à celles de l'OMS (250mg/l).

- **La teneur en chlorures**

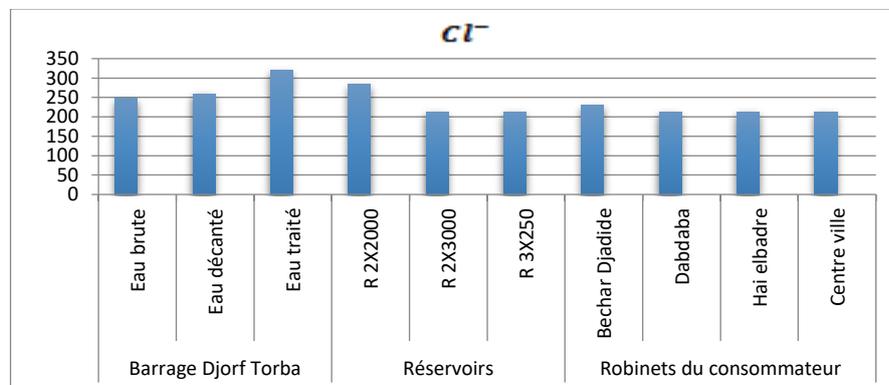


Figure III.11 : Variation de Chlore des eaux de la ville de Béchar

Les concentrations naturelles de chlorure dans les eaux de surface varient selon la chimie du substrat rocheux, le climat et les régions traversées par ces eaux. Il est fabriqué en dissolvant des sels naturels tels que la sylvite (KCl) et le sel gemme (NaCl). Les teneurs des chlorures varient entre 248,15 et 319,05 mg/l pour les eaux du barrage Djorf-Torba et entre 212,7 et 283,6 mg/l pour celles des réservoirs et entre 212,7 et 230,42 mg/l pour les eaux des robinets du consommateur. Ces valeurs montrent que des quantités normales de chlorures sont conformes aux normes algériennes et à celles de l'OMS. Il s'avère d'après certaines études [84] que même

dans le cas de quantités excessives dans l'eau potable, les chlorures n'auraient pas d'effets néfastes sur la santé du consommateur.

- **La teneur en nitrates**

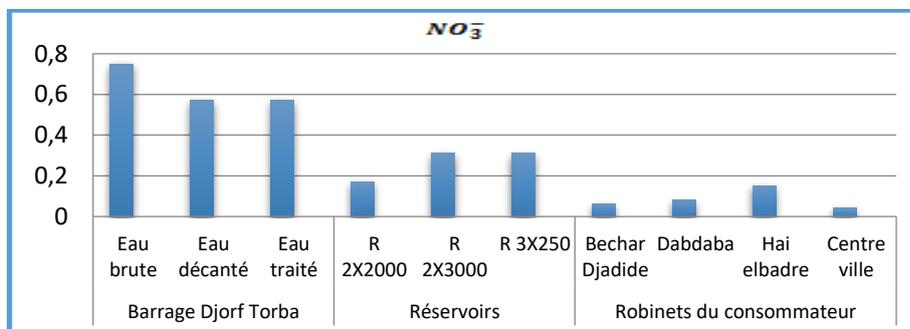


Figure III.12 : Variation de Nitrate dans les eaux de la ville de Béchar

Les nitrates sont l'une des principales causes de la dégradation de la qualité des eaux. Ils proviennent principalement de la pollution agricole, des eaux usées domestiques, de la fertilisation par les engrais azotés chimiques ou organiques et de l'élevage intensif (déchets animaux). Les nitrates eux-mêmes ne présentent aucun danger particulier pour la santé ; c'est leur transformation en nitrite dans l'estomac qui peut être toxique.

Les eaux analysées possèdent des teneurs en nitrates très faibles et ne dépassent pas 10 mg/l, elles varient entre 0,06 et 0,75 mg/l, pour les différents types d'eau : les eaux du barrage Djorf-Torba, les eaux des réservoirs et les eaux des robinets du consommateur.

- **Le calcium**

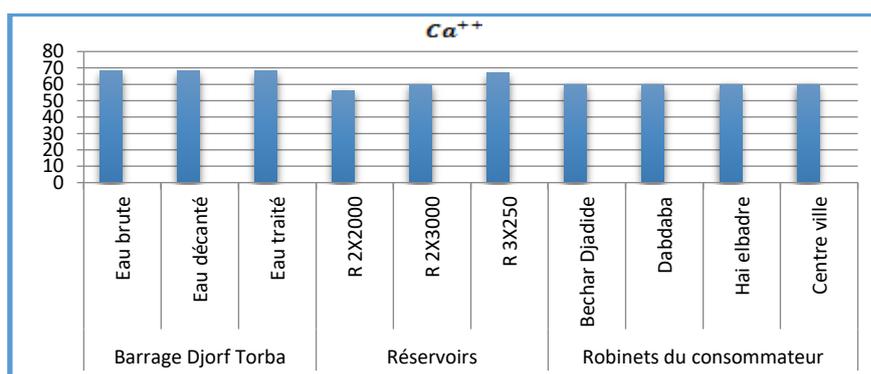


Figure III.13 : Variation de Ca des eaux de la ville de Béchar

En général, l'élément majeur de l'eau potable est le calcium, et sa teneur varie considérablement selon la nature du sol (sol calcaire ou gypseux) traversé [76].

Les effets indésirables causés par la présence de calcium dans l'eau potable, principalement des effets organoleptiques ou esthétiques, peuvent être dus à la contribution du calcium à la

dureté [6]. La teneur en calcium de toutes les eaux analysées de la ville de Béchar est inférieure à la concentration maximale autorisée de 200 mg/l fixée par les normes algériennes [61] et celles de l'OMS sur l'eau potable.

- **La teneur en ammonium**

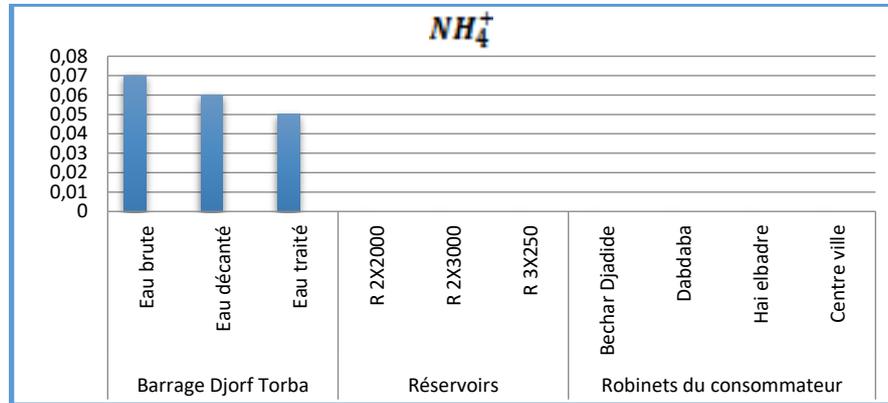


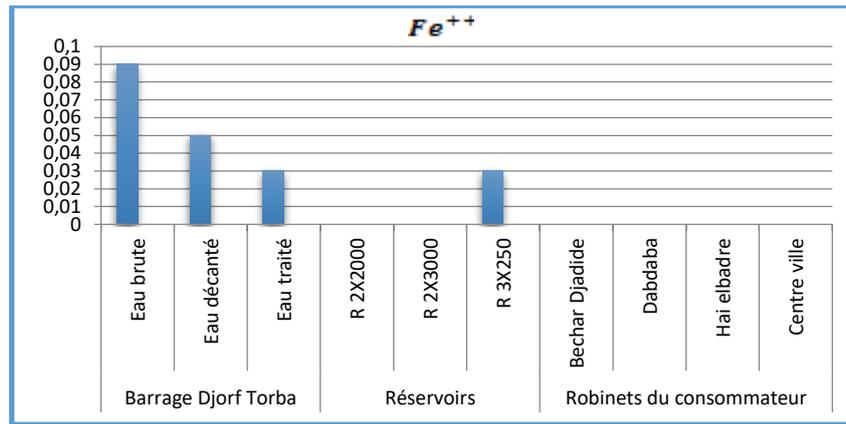
Figure III.14 : Variation de NH<sub>4</sub> des eaux de la ville de Béchar.

La présence d'ammonium dans l'eau explique l'existence de processus de décomposition incomplets de la matière organique. Celui-ci est formé par la réaction de minéraux de fer et de nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industrielle.

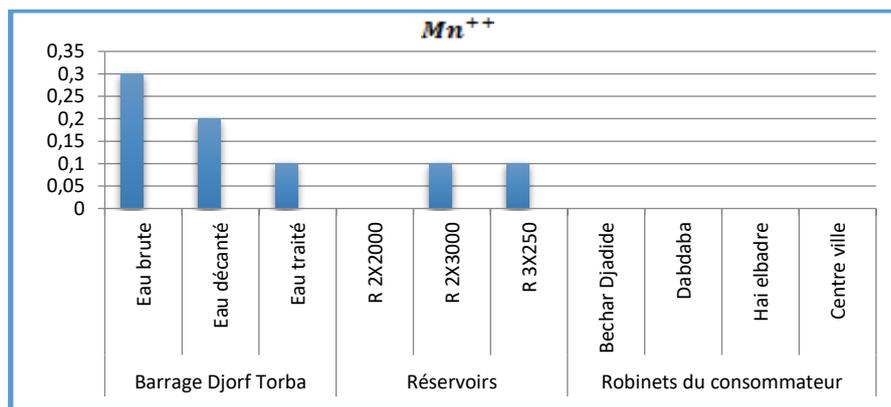
Les eaux analysées de la ville de Bechar montrent que la teneur en azote ammoniacal varie entre zéro et 0,07 mg/l. En général, les résultats présentent des valeurs conformes aux normes algériennes (0,05 à 0,5mg/l) et à celles de l'OMS (0 mg/l) et montrent que la station de traitement du barrage est efficace.

- **Les éléments traces métalliques**

Les éléments traces métalliques (ETM) des eaux de surface du barrage Djorf-Torba de la région de Béchar dosés dans les échantillons sont limités à deux seulement ( $Fe^{2+}$ ) et ( $Mn^{2+}$ ). L'état de pollution des eaux de surface par les éléments traces métalliques a été mis en évidence en comparant les valeurs moyennes des ETM aux normes algériennes [61], et aux valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé [69] pour l'eau de boisson.

Figure III.15 : Variation de Fe<sup>2+</sup> des eaux de la ville de Béchar

Dans les eaux de la ville de Bechar, les teneurs en fer oscillent entre 0,03 et 0,09 mg/l, pour les eaux du Barrage Djorf-Torba et entre 0 et 0,03 mg/l, pour les eaux des réservoirs, et 0 pour les eaux du robinets des consommateurs. Ces résultats présentent des valeurs conformes aux normes algériennes (0,3mg/l) et de l'OMS (0,1 mg/l) [61] [85].

Figure III.16 : Variation de Mn<sup>2+</sup> des eaux de la ville de Béchar

Pour les teneurs en manganèse, elles varient entre 0,1 et 0,3 mg/l dans les eaux du barrage Djorf-Torba, et entre 0 et 0,1 mg/l dans les eaux des réservoirs, et 0 dans les eaux des robinets des consommateurs. Les résultats sont conformes aux normes algériennes et révèlent un léger dépassement des normes de l'OMS, pour les eaux du Barrage Djorf-Torba, et pour les eaux des réservoirs [61][85]. Ces valeurs auraient comme origine la dissolution des formations géologiques de la région, notamment les roches à base de carbonates, d'oxydes et de silicates.

#### V.4. Indice de la qualité de l'Eau

De la même façon, on a calculé le poids relatif ( $W_i$ ) selon la formule (2), et les valeurs obtenues sont données dans le tableau III.1 Suivant :

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \dots \dots \dots (2)$$

Tableau III.1 : Poids relatifs des paramètres physico-chimiques.

Paramètres	Normes OMS	Poids (Weight)	Poids relatif ( $W_i$ )
pH	6,5-8,5	4	0.133
TDS	1000	4	0.133
TH	300	2	0.066
TAC	200	3	0.1
SO4	200	2	0.066
CL	250	2	0.066
NO3	50	5	1.66
NH4	0.5	2	0.066
Fe	0.3	3	0.1
Mn	0.5	3	0.1
		$\sum w_i = 30$	$\sum W_i = 2.484$

Ensuite, on calcule l'échelle d'évaluation de qualité  $q_i$  selon l'équation (3).

$$q_i = \left( \frac{C_i}{S_i} \right) \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

Et après, on calcule le  $Sl_i$  (un sous-indice du  $i^{\text{ème}}$  paramètre analyser de la qualité de l'eau) selon l'équation 4.

Enfin, et pour une dernière étape, on calcule l'indice de qualité de l'eau, selon l'équation :

$$Sl_i = q_i \times W_i \dots \dots \dots (4)$$

$$IQE(WQI) = \sum Sl_i \dots \dots \dots (5)$$

La qualité de l'eau étudiée sera déterminée selon la grille de classification (voir tableau II.2)

Les résultats obtenus du calcul de l'indice de qualité de l'eau pour les eaux de la ville de Bechar sont donnés dans le tableau III.2, ils montrent que toutes les eaux ont un indice inférieur à 50 et sont donc du point de vue physico-chimique d'excellente qualité.

Tableau III.2 : Les résultats de calcul de l'indice de qualité de l'eau de la ville de Béchar

Paramètres		Barrage Djorf-Torba			Réservoirs			Robinets du consommateur			
		Eau brute	Eau décantée	Eau traitée	R 2X2000	R 2X3000	R 3X250	Béchar Djedid	Dabdaba	Hai el Badr	Centre-ville
PH	<i>Sli</i>	11,48	11,27	11,36	11,53	11,56	11,59	12,17	11,77	12,27	12,75
TDS	<i>Sli</i>	6,56	6,54	6,54	6,28	6,36	6,32	6,32	6,36	6,36	6,32
TH	<i>Sli</i>	0,84	0,68	0,63	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
TAC	<i>Sli</i>	0,58	0,55	0,55	1	0,75	0,75	0,55	0,55	0,55	0,55
SO4	<i>Sli</i>	2,12	2,22	2,67	2,3	1,83	1,92	1,92	1,91	1,92	1,92
Cl	<i>Sli</i>	6,55	6,83	8,42	7,49	5,62	5,62	6,08	5,62	5,62	5,62
NO3	<i>Sli</i>	2,49	1,89	1,89	0,56	1,03	1,03	0,2	0,27	0,5	0,13
NH4	<i>Sli</i>	0,92	0,79	0,66	0	0	0	0	0	0	0
Fe	<i>Sli</i>	3	1,66	1	0	0	1	0	0	0	0
Mn	<i>Sli</i>	6	4	2	2	2	2	0	0	0	0
Fe	<i>Sli</i>	3	1,66	1	0	0	1	0	0	0	0
$\Sigma Sli = IQE$		39,62	35,64	35,72	31,82	29,81	30,89	27,9	25,23	27,88	27,95

### Conclusion

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité des eaux de consommation de la ville de Béchar, presque tous les paramètres analysés semblent conformes aux réglementations nationales et internationales sur la qualité de l'eau potable.

En effet, les résultats obtenus sur le plan physique ont montré que le pH de ces eaux est correct, leur degré de minéralisation est moyen et leur température est élevée car c'est la température ambiante de la région au mois de mai. Même au niveau chimique, ces eaux répondent aux normes. Bien que la dureté soit relativement élevée, elle ne présente pas de danger pour la santé des consommateurs et les niveaux de calcium et de chlorure sont normaux, en particulier les niveaux de nitrates. Les valeurs connues pour nuire à la santé sont très faibles par rapport aux valeurs maximales autorisées. Le calcul de l'indice de la qualité de l'eau montre que toutes les eaux sont d'excellente qualité du point de vue physico-chimique.

---

# Evaluation des différentes ressources en eau

## Sommaire

---

Introduction

I. Quantification des ressources en eau de la ville de Béchar

II. Etat des ressources en eau de la ville de Béchar

III. Echantillonnage et méthodes analytiques

IV. Résultats et discussions

IV.1. Vérification de la fiabilité des résultats

IV.2. Analyses organoleptiques

IV.3. Analyses physico-chimiques

IV.4. Indice de la qualité de l'Eau

Conclusion

---

## Introduction

Les ressources en eaux de surface et souterraines sont l'un des atouts les plus importants du pays. Les ressources en eau sont définies comme "toute eau disponible ou mobilisée pour répondre à un besoin spécifique en quantité et en qualité à un endroit spécifique pendant une période de temps raisonnable".

L'évaluation de ces ressources est définie comme « la détermination de la source, de la portée, de la fiabilité et de la qualité de l'utilisation et de la gestion des ressources ».

Dans ce contexte, où l'accès à une source fiable d'eau potable est essentiel, une étude récente a révélé des préoccupations majeures concernant la qualité de l'eau distribuée aux résidents [73] [35].

L'objectif de cette recherche est l'évaluation de la qualité de l'eau des ressources alimentant la ville de Béchar. Dans ce but, des analyses basées sur la mesure de paramètres physico-chimiques ont été effectuées sur l'eau des ressources principales d'eau potable.

### I. Quantification des ressources en eau de la ville de Béchar

La disponibilité est de 15 puits profonds dont 13 puits au total de débit journalier moyen estimé à environ 12510 m<sup>3</sup>/jour, distribués par 13 réservoirs d'eau d'une capacité totale de 22250 m<sup>3</sup>. La longueur du réseau qui contribue à cette production est de l'ordre de 107 220 mètres linéaires [3].

Malgré l'existence de ressources de surface (barrage Djorf-Torba), la région de Béchar possède une réserve hydraulique souterraine présente sous la forme de trois nappes souterraines (la nappe d'Ouakda ; la nappe de Mougheul et la nappe de Boussir).

**Tableau IV.1 : Capacité d'eau mobilisable dans la ville de Béchar [3].**

<i>N°</i>	<i>Désignation</i>	<i>Unité</i>	<i>Valeur</i>
01	<i>Capacité globale d'eau de production</i>	<i>Million m<sup>3</sup>/an</i>	<i>16,68</i>
02	<i>Capacité globale d'eau de distribution</i>	<i>Million m<sup>3</sup>/an</i>	<i>14,87</i>
03	<i>Nombre de forages</i>	<i>Nombre</i>	<i>15</i>
04	<i>Capacité des forages (volume de production)</i>	<i>l/s</i>	<i>159,44</i>
05	<i>Longueur du réseau d'AEP</i>	<i>Km</i>	<i>606,138</i>
06	<i>Capacité de traitement des stations</i>	<i>m<sup>3</sup>/j</i>	<i>45 000</i>

## II. Etat des ressources en eau de la ville de Béchar

La région saharienne est caractérisée par de grands inconvénients, surtout le climat aride qui influence directement la quantité et la qualité de l'eau de la région de Béchar (la faiblesse de la pluviosité). Cette région est confrontée à des problèmes d'eau aigus ; Elle subit comme toutes les villes algériennes, une forte demande en eau, proportionnellement à l'augmentation de la population, la figure IV.1 montre la variation des volumes des ressources superficielles et souterraines de la période 2010/2021. La production des eaux souterraines connaît une augmentation d'exploitation entre 2010 et 2021 estimé presque à 50%.

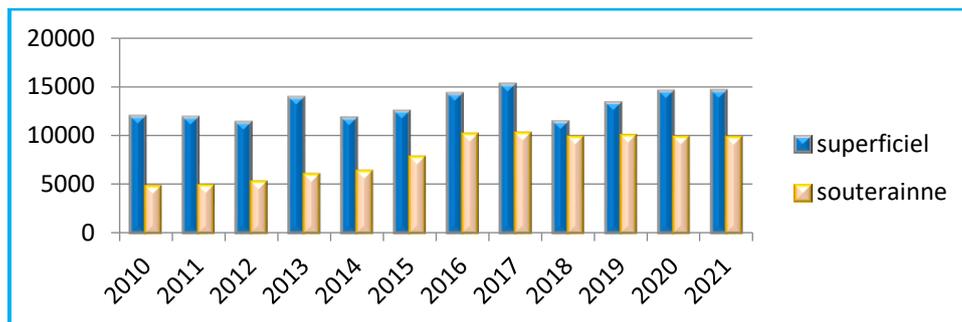


Figure IV.1 : Variation des volumes des ressources superficielles et souterraines de la période 2010/2021 [3].

Actuellement la sécheresse dans la région de Béchar a provoqué une diminution très grave du niveau du barrage Djorf-Torba, ce qui crée une vraie crise dans le processus d'approvisionnement en eau potable et a mis la région de Béchar dans un voyage à la recherche des eaux souterraines. La figure IV.2 montre le volume souterrain exploité dans la région en 2022.

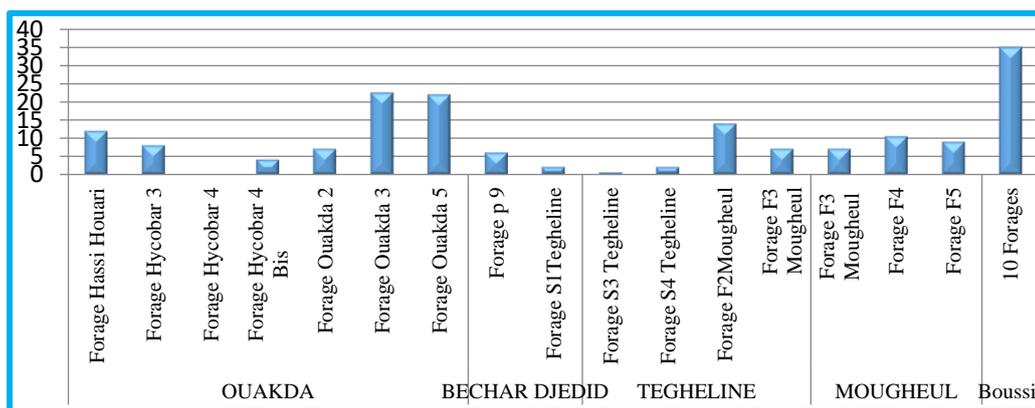


Figure IV.2 : Les débits exploités (l/s) des eaux souterraines de la ville de Béchar [3].

## L'évaluation de la qualité de l'eau dans les régions arides

Les régions arides, comme Béchar, peuvent être confrontées à des défis particuliers en matière d'approvisionnement en eau potable. Une étude récente menée par S. Saggai et al [79] a examiné spécifiquement la qualité de l'eau dans les régions arides et a souligné l'importance de la surveillance continue et de l'analyse approfondie pour garantir la sécurité de l'eau potable dans de telles régions

### III. Echantillonnage et méthodes analytiques

Deux ressources assurent l'alimentation en eau potable de la ville de Béchar, la première provient d'un champ de captage et la deuxième provient du barrage de Djorf-Torba.

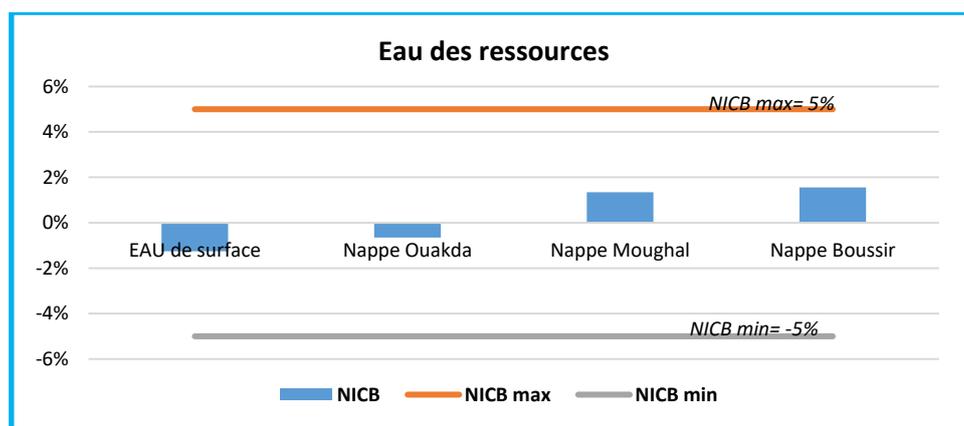
Afin de mieux reconnaître les variations et les fluctuations de la qualité de l'eau, la surveillance est effectuée à quatre niveaux selon les normes nationales et internationales :

1. Eau de surface (eau traitée du barrage Djorf-Torba).
2. Nappe Ouakda.
3. Nappe Mougheul.
4. Nappe Boussir.

Les techniques d'analyses utilisées sont celles décrites par J. RODIER (2009). Les échantillons d'eau ont été ensuite transportés dans une glacière à 4 °C au laboratoire pour être analysés dans les 24 heures qui suivent leur prélèvement.

## IV. Résultats et discussions

### IV .1. Vérification de la fiabilité des résultats



FigureIV.3 : Représentation graphique des balances ioniques calculées

Les balances ioniques calculées sont toutes comprises dans l'intervalle :

$-5\% < \text{NICB} < 5\%$  et cela pour avoir des résultats d'analyses acceptables et fiables.

## IV .2. Analyses organoleptiques



Figure IV.4 : Les différents échantillons d'eau

Du point de vue organoleptique, les eaux des ressources souterraines sont claires et présentent une odeur et une saveur agréable par contre pour les eaux de surface, on rencontre toujours le même problème à cause de la diminution du niveau d'eau du barrage, de la forte chaleur et du vieillissement de la station de traitement.

## IV.3. Analyses physico-chimiques

- La température

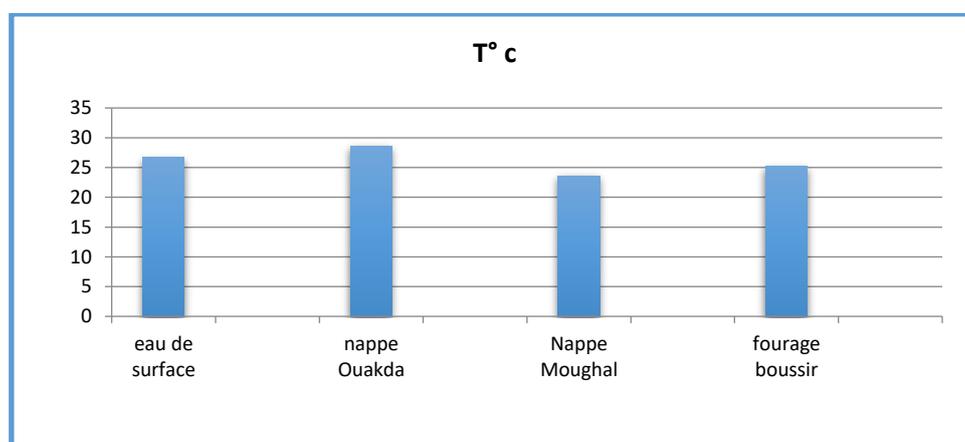


Figure IV.5 : Variation de la température des ressources en eau de la ville de Béchar

La majorité des résultats n'est pas conforme aux normes Algériennes ( $< 25$ ) [61] et aux recommandations de l'OMS. Ces valeurs sont supérieures à  $25^{\circ}\text{C}$ , ceci pourrait signifier comparativement à ces normes, que les eaux analysées sont médiocres. Ces valeurs ont été obtenues à partir du mois de septembre, ce qui signifie que cette augmentation est due à la température ambiante.

- **Le potentiel d'Hydrogène (pH)**

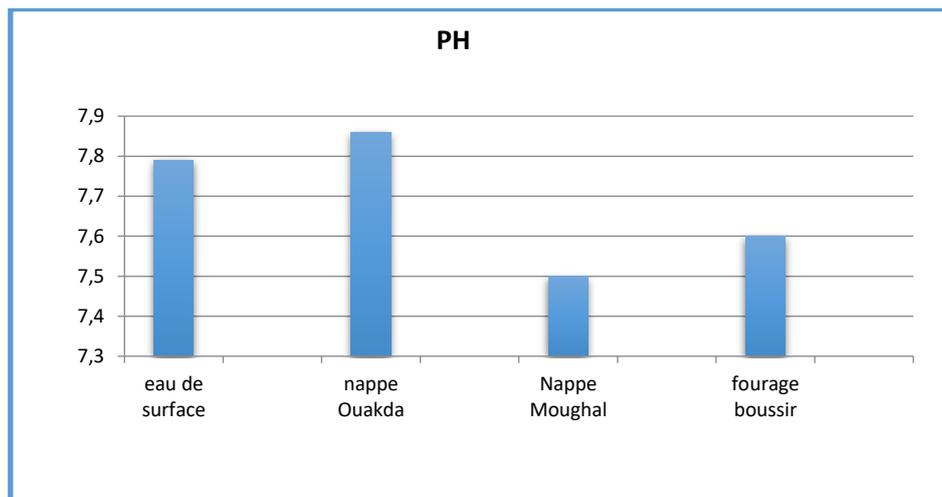


Figure IV.6 : Variation de pH des ressources en eau de la ville de Béchar

Les résultats sont bien conformes aux recommandations de l'OMS (7 à 8,5) [69] et aux normes Algériennes (6,5 à 8,5) [61].

- **La conductivité (EC)**

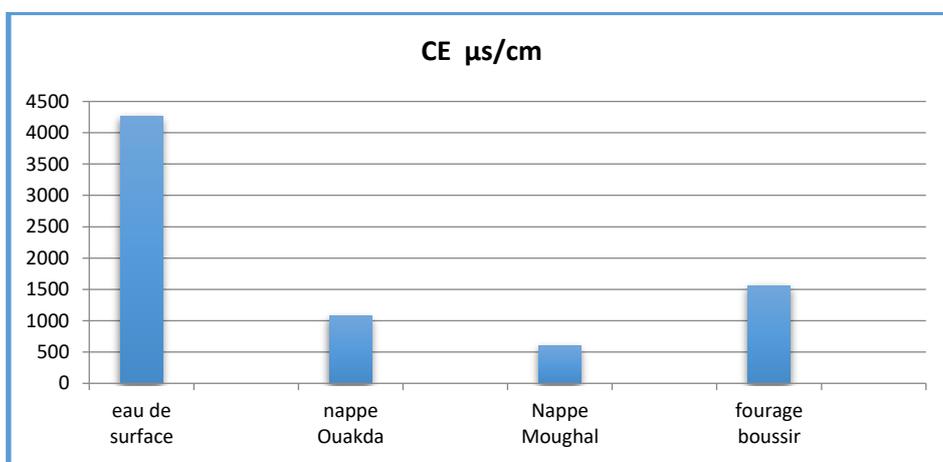


Figure IV.7 : Variation de la température des ressources en eau de la ville de Béchar

Les eaux analysées montrent que la conductivité des eaux du barrage Djorf-Torba est de 4262 µS/cm, et de 1077µs/cm pour les eaux de la nappe Ouakda, et de 599 µS/cm pour les eaux de la nappe Mougheul et de 1561 µs/cm pour les eaux de la nappe Boussir. Ces résultats montrent aussi que toutes les eaux analysées ont une CE conforme aux normes Algériennes (2800 µs/cm). Donc Les valeurs de la conductivité électrique sont comprises entre 500 à 5000 µS/cm et prédisent donc selon ce classement, une eau saline. Cette augmentation dépend de la baisse du volume du barrage dans cette période et de l'augmentation de la température.

- **Le total des sels dissous (TDS)**

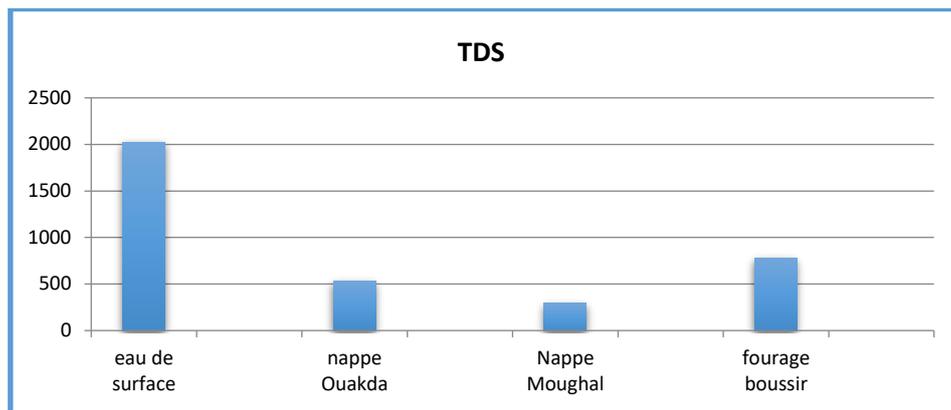


Figure IV.8 : Variation de TDS des ressources en eau de la ville de Béchar

Suivant les recommandations de l’OMS, les résultats des analyses obtenus montrent que les valeurs du TDS des eaux du barrage Djorf-Torba est de 2022 mg/l (inacceptable) et de 532 mg/l (bon) pour les eaux de la nappe Ouakda et de 291mg/l (excellent) pour les eaux de la nappe Mougheul et de 780mg/l (passable) pour les eaux de la nappe Boussir. Ces résultats montrent aussi que les eaux de surface ont une minéralisation supérieure aux normes algériennes (1500 mg/l) tandis-que les eaux souterraines ont une minéralisation inférieure aux normes algériennes (1500 mg/l).

- **La dureté totale (TH)**

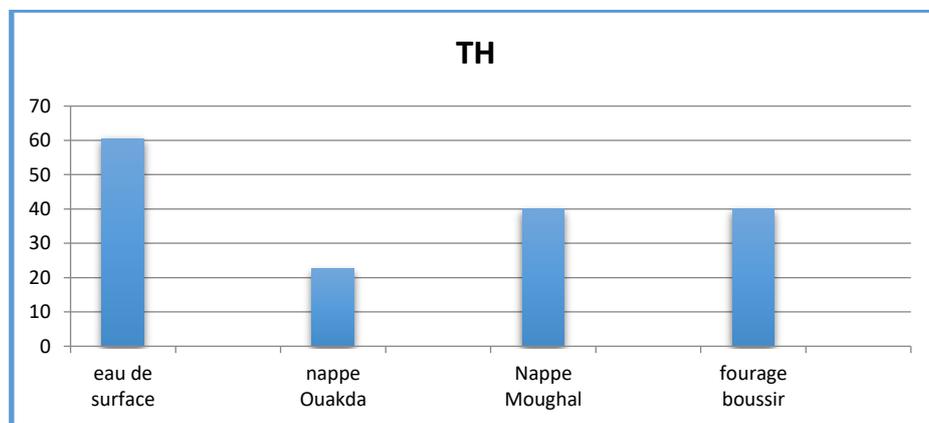


Figure IV.9 : Variation de La dureté totale des ressources en eau de la ville de Béchar

La dureté totale obtenue par l’addition des teneurs en calcium et magnésium est exprimée en degré français (°f). Les résultats des analyses d’eaux effectuées révèlent une dureté élevée qui dépasse parfois 30 °f en général, elle est de 60,5 °f pour les eaux du barrage Djorf-Torba et entre 35 et 40 °f pour les eaux souterraines. Les échantillons analysés montrent que ces eaux sont dures à très dures. Cela est dû à la dissolution des formations calcaires avec l’augmentation de la température.

- **Le calcium**

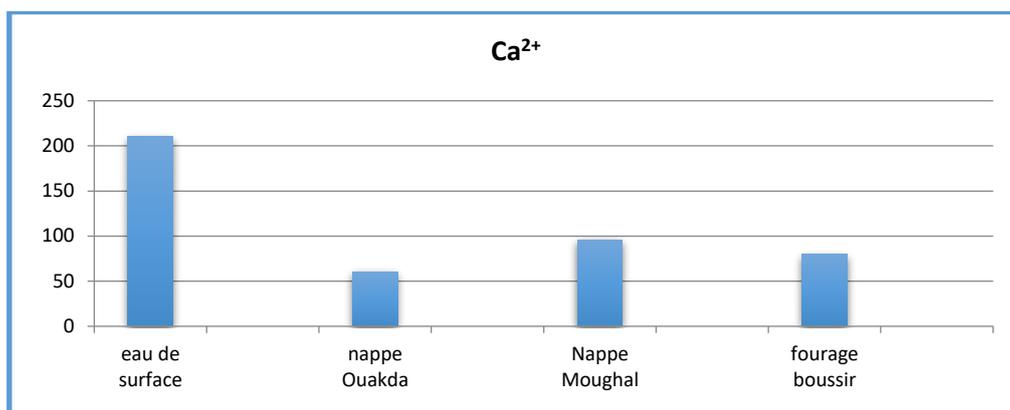


Figure IV.10 : Variation des teneurs en calcium des eaux de la ville de Béchar

Les teneurs en calcium des eaux souterraines de la ville de Béchar sont toutes inférieures à la concentration maximale admissible qui est de 200 mg/l édictée par les normes Algériennes [61] et celles de l’OMS pour l’eau potable. Elle est légèrement supérieure aux normes pour les eaux de surface à cause de la nature des terrains traversés (terrains calcaires ou gypseux).

- **Le chlore**

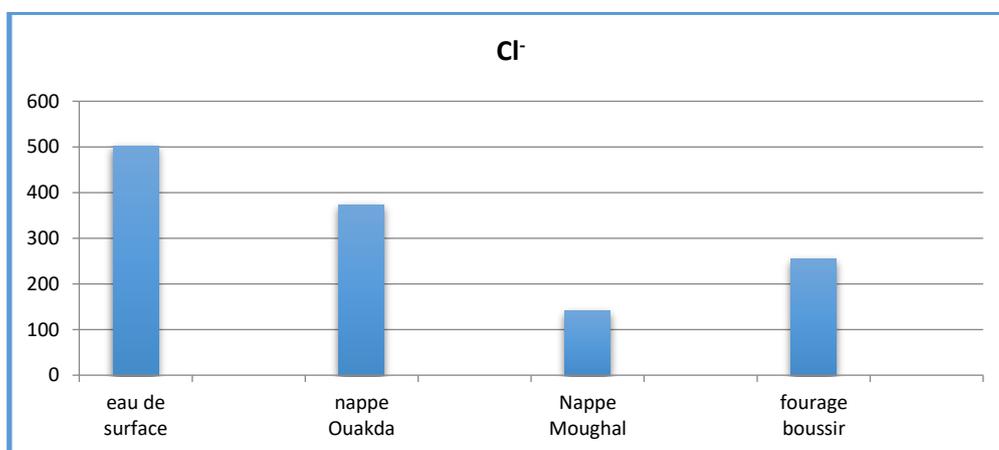


Figure IV.11 : Variation des teneurs en chlorures des eaux de la ville de Béchar

Les teneurs en chlorures sont de 502mg/l pour les eaux du barrage Djorf-Torba et varient entre 141mg/l et 373mg/l pour les eaux souterraines. Ces valeurs montrent que les quantités normales de chlorures sont conformes aux normes algériennes et à celles de l’OMS. Il s’avère d’après certaines études[84] que même dans le cas de quantités excessives dans l’eau potable, les chlorures n’auraient pas d’effets néfastes sur la santé du consommateur.

- **La teneur en Sulfates**

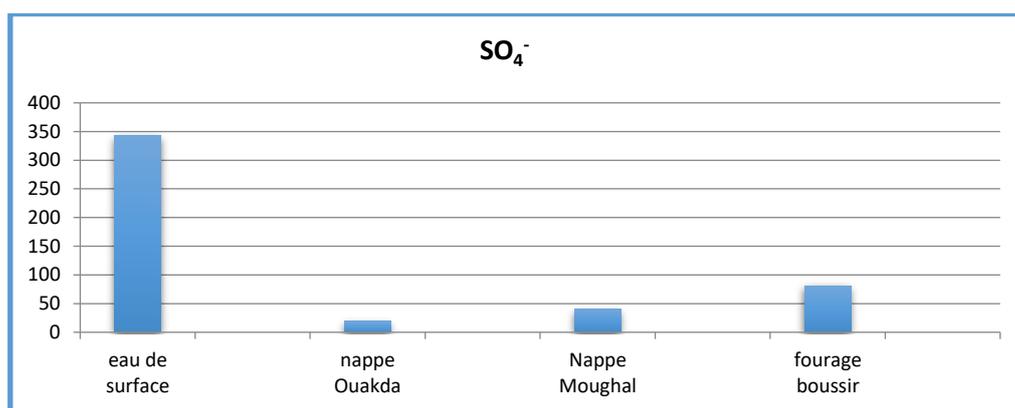


Figure IV.12 : Variation des teneurs en sulfates des eaux de la ville de Béchar

La présence des sulfates est généralement due à la dissolution des formations gypseuses ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ ) et l'anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ), ils peuvent provenir également de l'oxydation de la pyrite ( $\text{FeS}_2$ ). Les teneurs des sulfates dans les eaux de surface sont de 343 mg/l et entre 19 et 81 mg/l pour les eaux souterraines. En général, 100 % des eaux analysées présentent des valeurs conformes aux normes algériennes (200 à 400 mg/l).

- **La teneur en nitrates**

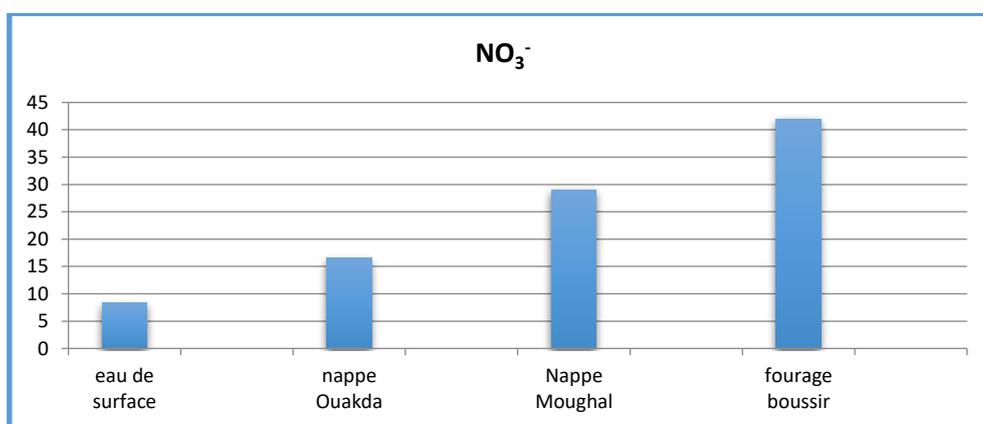


Figure IV.13 : Variation des teneurs en nitrates des eaux de la ville de Béchar

Les eaux analysées possèdent des teneurs en nitrates très faibles et ne dépassent pas 10 mg/l pour les eaux de surface et elles varient entre 16,5 et 42 mg/l, pour les eaux souterraines à cause de la pollution agricole, des eaux usées domestiques, de la fertilisation par les engrais azotés chimiques ou organiques et de l'élevage intensif (déchets animaux).

- **Les éléments traces métalliques**

Les éléments traces métalliques (ETM) des eaux de la région de Béchar dosés dans les échantillons sont limités à deux seulement ( $\text{Fe}^{2+}$ ) et ( $\text{Mn}^{2+}$ ). L'état de pollution des eaux par

les éléments traces métalliques a été mis en évidence en comparant les valeurs moyennes des ETM aux normes algériennes [61], et aux valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé [85] pour l'eau de boisson.

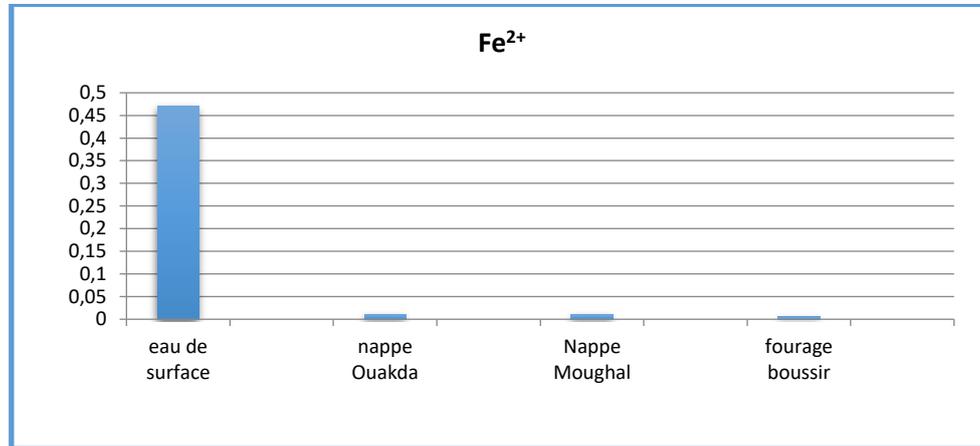


Figure IV.14 : Variation des teneurs en fer des eaux de la ville de Béchar

Les teneurs en fer oscillent autour de 0,49 mg/l pour les eaux du barrage Djorf-Torba, cela dépasse la norme algérienne (0,3mg/l) et celle de l'OMS (0,1 mg/l) [61]. Pour les eaux souterraines, la teneur en fer ne dépasse pas 0,01mg/l, ce qui est conforme aux normes.

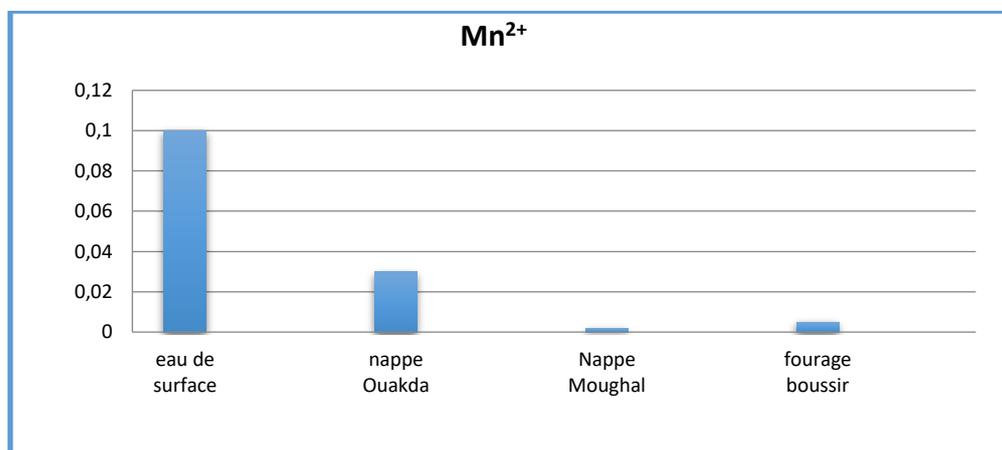


Figure IV.15 : Variation des teneurs en Manganèse des eaux de la ville de Béchar

Pour la teneur en manganèse, elle est de 0,1mg/l pour les eaux du barrage Djorf-Torba, et varie entre 0,01 et 0,03 mg/l pour les eaux souterraines. Ces résultats sont conformes aux normes algériennes et à celles de l'OMS [61][85].

#### IV.4. Indice de qualité de l'eau

**Tableau IV.2 : Les résultats de l'indice de qualité de l'eau de la ville de Béchar**

l'indice de qualité de chaque paramètre « Sli »	Eau de surface	Nappe Ouakda	Nappe Mougheul	Nappe Boussir
pH	13,11	13,22	12,62	12,79
TDS	28,91	7,61	4,16	11,15
TH	1,43	0,53	0,95	0,95
TAC	17,1	19,11	4,004	10,05
SO4	2,97	5,91	10,38	15,04
CL	12,18	0,67	1,42	2,88
NO3	16,76	0,36	0,36	<0,36
Fe	2,14	0,64	< 0,21	< 0,21
Mn	1,87	1,47	1,18	1,2
ΣSli	96,47	49,52	35,074	54,06

Les résultats obtenus du calcul de l'indice de qualité de l'eau pour les eaux de la ville de Béchar sont donnés dans le tableau IV.2. Ils montrent que les eaux de la Nappe Ouakda et de la Nappe Mougheul ont un indice inférieur à 50, et sont donc d'excellente qualité, et les eaux de surface et de la nappe Boussir ont un indice compris entre 51 et 100, ce qui leur confère une bonne qualité.

#### Conclusion

Suite aux différents résultats d'analyse de la qualité des différentes eaux de consommation de la ville de Béchar, nous pouvons déduire que la quasi-totalité des paramètres analysés sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'internationale en matière de potabilité de l'eau.

Du point de vue organoleptique, les eaux des ressources souterraines sont claires et présentent une odeur et une saveur agréable par contre que pour les eaux de surface, le même problème persiste à cause de la diminution du niveau de l'eau du barrage ainsi que la forte chaleur et le vieillissement de la station de traitement.

Le calcul de l'indice de qualité de l'eau montre que les eaux de la nappe Ouakda et de la nappe Mougheul sont d'excellente qualité, alors que et les eaux de surface et de la nappe Boussir sont tout juste de bonne qualité.

---

## Détérioration de la qualité de l'eau potable en réseau

### Sommaire

---

Introduction.

I. Réseau actuel d'AEP

II. Situation épidémiologique au niveau de la wilaya de Bechar

III. Les facteurs de détérioration de la qualité de l'eau potable dans le réseau

IV. La qualité de l'eau

IV.1. Agressivité et incrustation de l'eau

IV.3. Définition de l'entartrage

IV.4. Les conséquences du tartre sur l'installation hydraulique

V. Solutions pour l'amélioration de la qualité d'eau dans le réseau

V.1. Changement de source d'approvisionnement

V.1.1. Résultats et discussions

V.1.2. Calcul des indices d'agressivité de l'eau distribuée pour l'année 2022

V.2. La filtration

V.2.1. Méthode de travail

V.2.2. Résultats et discussions

V.2.3. L'impact de l'utilisation du polyphosphate sur l'environnement

Conclusion

---

## Introduction

Les eaux destinées directement ou indirectement à la consommation humaine doivent être saines et sans danger pour la santé du consommateur – à court comme à long terme – et ne doivent pas se dégrader lors de leur passage dans les réseaux de distribution.

L'objectif de ce chapitre est de contrôler la qualité de l'eau distribuée dans la région de Béchar et de calculer les indices d'agressivité de cette eau afin de trouver les causes de la détérioration de la qualité de l'eau potable dans le réseau et de proposer quelques solutions.

L'importance de la surveillance et de l'analyse continue de la qualité de l'eau :

Une recherche récente menée par [46] [19] [12] [41] [10] [29] [40] a souligné l'importance de la surveillance régulière de la qualité de l'eau potable et de l'analyse des données recueillies pour détecter rapidement les problèmes potentiels et prendre des mesures correctives efficaces.

### I. Réseau actuel d'alimentation en eau potable :

Selon les données publiées par l'Algérienne des eaux (ADE) en 2016, il était nécessaire de renouveler complètement le réseau d'eau potable de la ville de Béchar et la station de traitement de Djorf-Torba.

Cependant, notons que l'alimentation en eau potable de la commune de Béchar est soumise à plusieurs contraintes à savoir :

- Le nombre élevé de fuites.
- La dégradation des réseaux d'A.E.P.
- La vétusté de la station de traitement.
- L'envasement du barrage Djorf-Torba et la baisse du niveau d'eau.

Mais actuellement et d'après l'ADE une grande partie de ce réseau est renouvelé et on peut estimer le taux de renouvellement à :

- 80 % pour Béchar Djedid.
- 100 % pour le centre-ville.
- 85 % pour Debdaba.
- 00 % pour Hai El Badr.

Le réseau actuel de distribution d'eau potable de la ville de Béchar a récemment fait l'objet d'une importante modernisation. Le réseau est constitué d'un grand nombre de canalisations. Le diamètre le plus important est le DN 800 mm en acier enrobé ; La grande majorité des tuyaux sont de type polyéthylène haute densité (PEHD) (près de 70 % du linéaire total) et certaines parties du réseau sont de nature en acier et fonte. Le réseau comprend tous les diamètres, à partir de 25 mm jusqu'à 600 mm, Tous les habitants de la ville sont connectés au réseau existant et bénéficient de l'eau distribuée via le réseau. Les caractéristiques patrimoniales des réseaux sont récapitulées dans le tableau V.1 suivant :

**Tableau V.1 : Répartitions des conduites par type de diamètre [3].**

Diamètre (mm)	Longueur(m)	Diamètre (mm)	Longueur(m)
20	5051	150	12297
40	55215	160	20652
50	23997	200	53206
60	15973	250	14753
75	3176	300	18182
80	11773	400	19443
90	17296	500	5233
100	20805	600	12993
125	522645	800	52559

### **Les défis de traitement de l'eau dans les réseaux de distribution**

La qualité de l'eau potable peut être affectée par des problèmes de traitement et de distribution. Une étude récente menée par M. ROUSTAN [77] A examiné les défis spécifiques auxquels sont confrontés les réseaux de distribution d'eau potable, tels que la corrosion des canalisations et la formation de biofilms, et a proposé des solutions pour améliorer la qualité de l'eau tout au long du réseau.

## **II. Situation épidémiologique au niveau de la wilaya de Béchar**

L'eau potable est d'une importance primordiale pour préserver la santé et le bien-être des individus. Des études récentes, telles que celle menée par C. Rochette [75] ont établi des liens entre la contamination de l'eau potable et des problèmes de santé tels que les maladies gastro-intestinales, les maladies rénales et les troubles neurologiques.

D'après la direction de la santé de la wilaya de Béchar est considérée comme une zone à risque moyen de maladies d'origine hydrique.

**Tableau V.2 : Evolution de l'incidence des maladies à transmission hydrique (MTH) dans la wilaya de Béchar durant la période (2019-2021)**

Année	Hépatite Virale A	dysenterie	choléra	Fièvre typhoïde
2019	57	33	00	00
2020	18	15	00	00
2021	15	7	00	00
Total	90	55	00	00

Parmi les facteurs qui favorisent l'apparition des épidémies, il y a :

- ✓ Urbanisation rapide et anarchique.
- ✓ Vétusté des réseaux.
- ✓ Envasement du barrage.
- ✓ Vétusté de la station de traitement et des réservoirs.

Une étude récente a examiné les effets à long terme de la pollution de l'eau sur la santé des habitants de Béchar, mettant en évidence des liens troublants entre la qualité de l'eau et certaines maladies graves [32].

### III. Les facteurs de détérioration de la qualité de l'eau potable dans le réseau

1. **La température :** La température de l'eau est un facteur de grande importance dans le milieu aquatique du fait qu'elle régit toutes les réactions physiques, chimiques, et biologiques. La température élevée de la région (valeurs obtenues aux mois de Mai et Septembre) atteignant des valeurs supérieures à 25°C pourrait laisser supposer que les eaux analysées sont médiocres.
2. **Le chlore :** La chloration de l'eau potable est l'une des principales causes de plaintes concernant le goût et l'odeur de l'eau potable.
3. **La dureté :** l'eau de la région de Béchar est très dure même lorsqu'elle provient de la nouvelle source « Boussir ».
 

Une eau dure présente de nombreux inconvénients dans l'usage domestique tel que la formation des tartres et du point de vue gustatif, il semblait qu'une eau de 30°F serait plus agréable à boire.
4. **L'alcalinité :** elle est un paramètre important car sa valeur peut donner à l'eau un caractère agressif ou incrustant.

5. **Temps de séjour** : la distribution actuelle de l'eau dans la région de Béchar est de 1 jour sur 2 ; 1 jour sur 4 jusqu'à 1 jour sur 7.
6. **Les matériaux des conduites** : Le réseau de la ville de Béchar est constitué d'un grand nombre de canalisations. La grande majorité des tuyaux sont de type polyéthylène haute densité (PEHD) et certaines parties du réseau sont de nature en acier et fonte.
7. **Les conditions d'écoulement** : La pression d'eau dans les conduites n'est pas stable, elle varie à chaque fois.
8. **Viellissement de la station de traitement** : d'après le changement de la source, la qualité de l'eau est améliorée et la turbidité diminue, cela dénote le mauvais fonctionnement de la station de traitement.
9. **L'assèchement du barrage** : ces derniers temps, la région de Béchar a connu une vraie crise vis-à-vis de la quantité et de la qualité de l'eau à cause de l'envasement du barrage, l'augmentation des algues et des alluvions et la baisse du volume d'eau.

#### IV. La qualité de l'eau

D'après les analyses effectuées, la qualité chimique de l'eau de la région de Béchar est bonne et le goût, la couleur et l'odeur sont très mauvais. Une eau présentant une turbidité élevée, fortement colorée ou ayant un goût ou une odeur inacceptable peut être considérée comme malsaine par les consommateurs et susciter un rejet. A partir de ces constats, on a conclu qu'il y a une agressivité de l'eau au niveau du réseau.

##### IV.1. Agressivité et incrustation d'une eau

Une eau corrosive a tendance à s'attaquer et à oxyder les métaux (canalisation) car elle attaque et solubilise les roches calcaires, elle est dite eau agressive. Dans les eaux naturelles, l'acidité est due essentiellement au CO<sub>2</sub> libre ; les eaux agressives sont donc riches en CO<sub>2</sub> libre. Si l'eau est incrustante elle aura tendance à précipiter des ions sur les matériaux en contact [52].

La formation du tartre dans les canalisations qui peut provoquer un blocage de ses canaux, engendre une eau dite incrustante. Ce précipité qui est appelé couche de Tillmans joue un rôle protecteur des parties métalliques vis-à-vis de l'eau [26]. Il existe un pH dit pH de saturation (pH<sub>s</sub>), C'est le pH d'équilibre calcocarbonique ; il s'agit de la précipitation des ions calcium et bicarbonate sous forme de carbonate de calcium [26].

## IV .2. Définition de l'entartrage

L'entartrage est un problème des sels minéraux contenus dans l'eau qui ont tendance à former un dépôt de tartre sur les surfaces d'échanges et les parois des conduites. Les dépôts sont constitués principalement par du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), de l'hydroxyde de magnésium ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) et du sulfate de calcium.

## IV.3. Les conséquences du tartre sur l'installation hydraulique

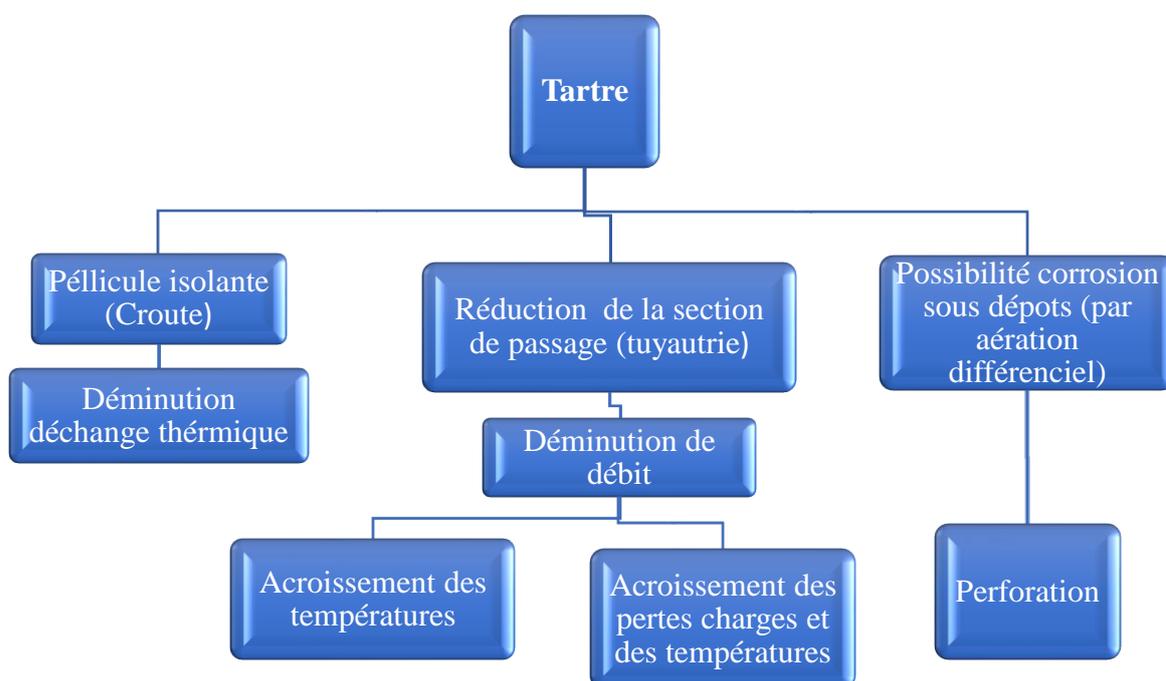


Figure V.1 : Diagramme conséquences du tartre sur l'installation hydraulique

## V. Solutions pour améliorer la qualité de l'eau dans le réseau

### V.1. Changement de source d'approvisionnement

La qualité de l'eau varie selon plusieurs paramètres et l'un de ces principaux paramètres est le type du terrain et la localisation de cette eau en surface ou souterraine, ce qui nous donne les différentes variations de la qualité mais aussi des interférences avec d'autres agents tels que le climat, l'atmosphère et les microorganismes. Cette différence est présentée dans le tableau V.3. Suivant :

**Tableau V.3 : Principales différences entre eaux de surfaces et eaux souterraines [59].**

Caractéristiques	Eaux de surfaces	Eaux souterraines
Températures	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité	Variables, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux (argiles, algues, etc.). Sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acide humiques) où due à une précipitation (Fe- Mn)
Gout et odeurs	Fréquents	Rares (sauf H <sub>2</sub> S)
Minéralisation globales	Variable en fonction des terrains	Sensiblement constante
Fe et Mn (dissous)	Généralement absent (sauf en profondeur en état d'eutrophisation)	Généralement présents
CO <sub>2</sub> agressive	Généralement absent	Présent, parfois en grande quantité
O <sub>2</sub> Dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation : absente dans le cas d'eaux très polluées	Teneur faible ou nulle
H <sub>2</sub> S	Généralement absent	Parfois présent
NH <sub>4</sub>	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silices	Teneur en générale modérée	Teneur élevée si roche siliceuse
Ca, Mn, HCO <sub>3</sub>	Variable selon la région	Teneur souvent élevée si roche calcaire ou calcaro- magnésienne
Micropolluants minérales et organiques	Selon les rejets industrielles, agricole ou des habitants	Présent en fonction des épandages agricole
Solvant chloré	Rarement présent	Peuvent être présent (pollution de la nappe)
Éléments vivants	Bactéries (pathogènes), virus, plancton (animal et végétal)	Ferro-bactéries et sulfuro- réductrices fréquentes
Caractère eutrophie	Possible accentué par les températures élevées	Non

### V1.1. Echantillonnage et méthodes analytiques

En date du 10/09/2022, on a pris deux échantillons : un de l'ancienne source du barrage Djorf-Torba et le deuxième de la nouvelle source Boussir qui ont été ensuite transportés dans une glacière à 4 °C au laboratoire pour être analysés dans les 24 heures qui suivent leur prélèvement ; Les techniques d'analyses utilisées sont celles décrites par J. RODIER (2009).

### V.1.2. Résultats et discussions

Les résultats obtenus présentent la différence de la qualité d'eau entre les deux ressources.

**Tableau V.4 : Les résultats du traitement des deux ressources d'eau dans la région de Béchar**

Paramètres	Eau de surface (Barrage Djorf-Torba)		Eau souterraine (Boussir)	
	T° C	26,7	<b>Non acceptable</b>	25,2
PH	7,79	Acceptable	7,6	Acceptable
Conductivité (CE) $\mu\text{s/cm}$	4262	<b>Non acceptable</b>	1561	Acceptable
Taux de sel dessous (TDS) mg/l	2022	<b>Non acceptable</b>	780	Acceptable
Salinité ‰	2,26	Acceptable	0,7	Acceptable
Turbidité NTU	6,4	<b>Non acceptable</b>	0,8	Acceptable
Dureté total (TH) mg/l	60,5	Acceptable	40	Acceptable
Dureté calcique ( $T_{Ca^{+}}$ ) mg/l	210	<b>Non acceptable</b>	80	Acceptable
Dureté magnésienne ( $T_{Mg^{+}}$ ) mg/l	19	Acceptable	48	Acceptable
Titre Alcalinité complète (TAC)	35	Acceptable	22,5	Acceptable
Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) mg/l	427	Acceptable	274	Acceptable
Fluorure (F) mg/l	0,08	Acceptable	0,8	Acceptable
Sodium ( $\text{Na}^+$ ) mg/l	165	Acceptable	77	Acceptable
Potassium ( $\text{K}^+$ ) mg/l	10,5	Acceptable	10,4	Acceptable
Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) mg/l	202	Acceptable	154	Acceptable
Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) mg/l	0,04	Acceptable	0,01	Acceptable
Phosphate ( $\text{PO}_4^-$ ) mg/l	0,2	Acceptable	0,09	Acceptable
Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) mg/l	8,3	Acceptable	42	Acceptable
Sulfate ( $\text{SO}_4^-$ ) mg/l	343	Acceptable	81	Acceptable
Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) mg/l	0,47	<b>Non acceptable</b>	< 0,01	Acceptable
Manganèse ( $\text{Mn}^{2+}$ ) mg/l	0,1	Acceptable	< 0,01	Acceptable
Matière oxydable (MO) mg/l	3,3	Acceptable	2	Acceptable
Résidu sec (RS) mg/l	2980	<b>Non acceptable</b>	960	Acceptable

D'après le tableau V.4, on remarque que toutes les valeurs sont conformes aux normes Algériennes sauf pour la température (température ambiante de la région), et on remarque aussi qu'il y a une grande différence entre les deux ressources surtout par rapport à l'aspect organoleptique : la couleur est claire (turbidité < 5) et même le goût et la saveur sont acceptables. Tandis-que les paramètres (CE et  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  et  $R_s$ ), pour les eaux du barrage ne sont pas acceptables, ils sont supérieurs aux normes Algériennes ce qui nécessite un traitement d'adoucissement.

### V.1.3. Calcul des indices d'agressivité de l'eau distribuée dans la région de Béchar

- **Indice de Langelier**

$$IL = PH - PHs \dots\dots\dots (6)$$

De nombreuses abaques et diagrammes ont été déterminés à partir de cette formule, pour permettre un calcul rapide, toutefois, la formule de LANGELIER a été modifiée et simplifiée par LARSON et BUSWELL [50] comme suit :

$$PHs = 9,3 + A + B - (C + D) \dots\dots\dots (7)$$

Où :

A = Facteur de T.D.S (totalité des sels dissous).

B = Facteur de température.

C = facteur de dureté du calcium exprimé en °f.

D = Facteur d'alcalinité totale (au méthylorange) TAC exprimé en °f.

Ainsi, directement à partir d'une analyse de l'eau, les tables suivantes permettent le calcul du pH de saturation :

**Tableau V.5 : Les valeurs du facteur de totalité des sels dissous**

Valeur de A : facteur de totalité des sels dissous en ppm	
TDS en ppm	A
85 à 425	0,1
425 à 10 000	0,2

**Tableau V.6 : Les différents facteurs pour calculer l'indice de Langelier [50].**

Valeur de B Facteur de température		Valeur de C Facteur de dureté de calcium		Valeur de D Facteur de l'alcalinité totale	
T° C	B	TH en ° f	C	TAC en ° f	D
0 à 1	2,6	1 à 1,1	0,6	1 à 1,1	1
2 à 5,5	2,5	1,2 à 1,3	0,7	1,2 à 1,3	1,1
6,5 à 9	2,4	1,4 à 1,7	0,8	1,4 à 1,7	1,2
10 à 13,5	2,3	1,8 à 2,2	0,9	1,8 à 2,2	1,3
14,5 à 16,5	2,2	2,3 à 2,7	1	2,3 à 2,7	1,4
17,5 à 21	2,1	2,8 à 3,4	1,1	2,8 à 3,4	1,5
22 à 26,5	2	3,5 à 4,3	1,2	3,5 à 4,4	1,6
27,5 à 31	1,9	4,4 à 5,5	1,3	4,5 à 5,5	1,7
32 à 36,5	1,8	5,6 à 6,9	1,4	5,6 à 6,9	1,8
37,5 à 43,5	1,7	7 à 8,7	1,5	7 à 8,8	1,9
45,5 à 50	1,6	8,8 à 11	1,6	8,9 à 11	2
51 à 56	1,5	11,1 à 13,8	1,7	11,1 à 13,9	2,1
56,5 à 63,5	1,4	13,9 à 17,4	1,8	14 à 17,6	2,2
64,5 à 71	1,3	17,5 à 22	1,9	17,7 à 22,2	2,3
72 à 81	1,2	23 à 27	2	23 à 27	2,4
82 à 89	1,1	28 à 34	2,1	28 à 35	2,5
90 à 96	1	35 à 43	2,2	36 à 44	2,6
96 à 100	0,9	44 à 55	2,3	45 à 55	2,7
		56 à 69	2,4	56 à 69	2,8
		70 à 87	2,5	70 à 88	2,9
		88 à 100	2,6	89 à 100	3

Tableau V.7 : Calcul de PHs pour l'eau distribuée dans le réseau de la région de Béchar

	A (facteur de totalité des sels dissous en ppm)	B (facteur de température)	C (facteur de dureté du calcium)	D (facteur de l'alcalinité totale)	PHs
Eau de surface (Barrage Djorf-Torba)	0,2	2	2,4	2,5	6,6
Eau souterraine (Boussir)	0,2	2	2,2	2,3	7

Tableau V.8 : Calcul de l'indice de Langelier pour l'eau distribuée dans le réseau de la région de Béchar

	PH	PHs	IL	Tendance
Eau de surface (Barrage Djorf-Torba)	7,79	6,6	1,19	<b>IL &gt; 0</b> L'eau est incrustante (entartrant)
Eau souterraine (Boussir)	7,6	7	0,6	

### • Indice de Ryznar

L'indice de Ryznar ou indice de stabilité de Ryznar (RSI) est un indice qui permet de définir une tendance agressive (corrosive) ou entartrant de l'eau. L'indice porte le nom de John William Ryznar (1912-1996), qui a notamment publié en 1944 "A New Index for Determining Amount of Calcium Carbonate Scale Formed by a Water". Sa formule est :

$$IR = 2PHs - PH \dots\dots\dots (8)$$

- Si pH de l'eau > pHs, on a l'**entartrage**.
- Si pH de l'eau < pHs, on a la **dissolution du CaCO<sub>3</sub>**.

**PHs** est en fonction :

- du TAC  TAC est élevé, + pHs est faible
- du TH Ca  TH Ca est élevé, + pHs est faible
- la température  la T° est élevée, + pHs est faible
- la salinité totale  la salinité est faible, + il y a entartrage

Le tableau ci-dessous montre l'interprétation que l'on peut faire des valeurs de l'indice.

**Tableau V.9 : Les valeurs de classification de l'indice de Ryznar [78].**

IR	Tendance
Inférieur ou égal à 6,5	pas de tendance corrosive
Supérieur à 6,5 et inférieur ou égal à 7,2	corrosion légère
Supérieur à 7,2 et inférieur ou égal à 7,8	corrosion légère (sévère si supérieur à 60 dC).
Supérieur à 7,8 et inférieur ou égal à 8,5	corrosion sévère (si supérieur à 15 dC)
Supérieur à 8,5 : corrosion très importante	Un métal pourra donc se corroder facilement

- Pour notre cas le pH de l'eau > pH<sub>s</sub>, donc : on a l'**entartrage**.

**Tableau V.10 : Calcul de l'indice de Ryznar pour l'eau distribuée dans le réseau de la région de Béchar**

	PH	PH <sub>s</sub>	IR	Tendance
Eau de surface (Barrage Djorf-Torba)	7,79	6,6	5,41	IR < 6,5 L'eau est incrustante (entartant) et pas de tendance corrosive
Eau souterraine (Boussir)	7,6	7	6,4	

Nous remarquons que l'indice de Langelier est supérieur à 0 (voir tableau V.8) et l'indice de Ryznar est inférieur à 6,5(voir tableau V.10), cela signifie que l'eau de la région de Béchar est incrustante (entartant).

Donc malgré le changement de la source nous remarquons que notre eau est incrustante, à cause de son alcalinité élevée et à sa teneur en bicarbonate, ce qui peut provoquer l'entartrage des conduites qui à son tour peut causer un bouchon dans les conduites de distribution.

## V.2. Ajustement de PH (Correction de PH<sub>s</sub>)

Les produits chimiques utilisés dans le traitement afin d'ajuster le pH sont notamment la soude caustique, la potasse, la chaux et l'acide sulfurique. L'utilisation du CO<sub>2</sub> permet aussi un ajustement minimal du pH, soit à l'aide de carbonate ou de bicarbonate de sodium ; toutefois, cette combinaison sert principalement à ajuster l'alcalinité. L'aération est une méthode de traitement sans produits chimiques par laquelle de l'air est introduit dans l'eau, ce qui élimine le CO<sub>2</sub> et cause l'augmentation du pH. Une autre méthode d'ajustement du pH est l'utilisation de contacteurs au calcaire : l'eau circule à travers un lit de pierre à chaux broyée, qu'elle dissout, ce qui provoque l'augmentation du pH ainsi que de l'alcalinité et la concentration de calcium. Ces deux dernières méthodes ne permettent pas de réguler précisément le pH. Une combinaison de chaux ou de soude caustique et de dioxyde de carbone améliore la précision, car le pH et l'alcalinité de l'eau peuvent être ajustée séparément [80].

### V.2.1. Méthodes analytiques

D'après le calcul des indices d'agressivité des eaux de Boussir, il ressort que l'eau est incrustante. Pour corriger cela, on commence par injecter un acide fort dilué comme l'acide sulfurique ( $H_2SO_4^{2-}$ ). Par l'ajout de ce produit chimique de façon successif à chaque fois, il faut calculer le PH de saturation (PHs) et refaire plusieurs fois le test jusqu'à trouver la dose de ce réactif qui nous donne l'équilibre.

L'addition d'acide sulfurique pour l'eau de Boussir est faite le 09/10/2022 à travers 02 tests : On a ajouté 30 ml dans le test n° 01 et 35 ml dans le test n° 02.

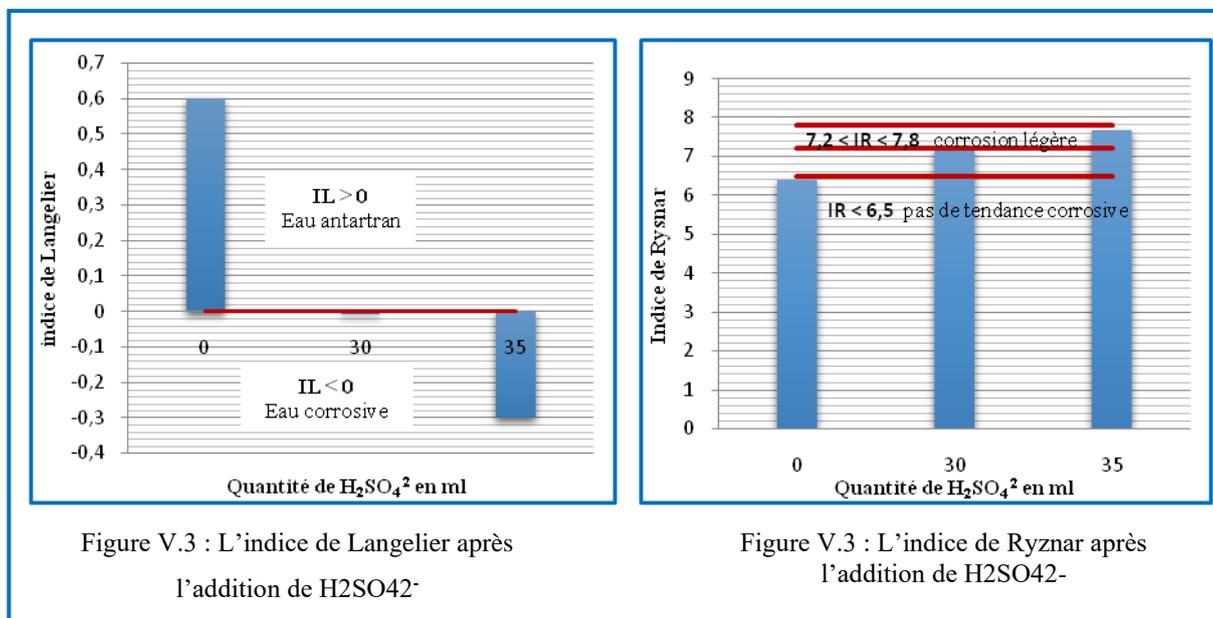
### V.2.2. Résultats et discussions

Le résultat obtenu est montré dans le tableau V.10. Ci-dessous :

**Tableau V.11 : Les résultats des tests d'ajustement de PH de l'eau de Boussir**

Paramètres	Eau de Boussir	Observation	Test N° 01	Observation	Test N° 02	Observation
T ° C	25,2	<b>Non acceptable</b>	25,2	<b>Non acceptable</b>	25,2	<b>Non acceptable</b>
PH	7,6	Acceptable	7,19	Acceptable	7,12	Acceptable
CE (µs/cm)	1561	Acceptable	1561	Acceptable	1561	Acceptable
TDS (mg/l)	780	Acceptable	780	Acceptable	780	Acceptable
Sal ‰	0,7	Acceptable	0,7	Acceptable	0,7	Acceptable
Turb (NTU)	0,8	Acceptable	0,8	Acceptable	0,8	Acceptable
TH (°f)	40	Acceptable	35,6	Acceptable	30,3	Acceptable
Ca+ (mg/l)	80	Acceptable	80	Acceptable	80	Acceptable
Mg+ (mg/l)	48	Acceptable	48	Acceptable	48	Acceptable
TAC (°f)	22,5	Acceptable	12,5	Acceptable	9,8	Acceptable
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	274	Acceptable	274	Acceptable	274	Acceptable
F (mg/l)	0,8	Acceptable	0,8	Acceptable	0,8	Acceptable
Na <sup>+</sup> (mg/l)	77	Acceptable	77	Acceptable	77	Acceptable
K <sup>+</sup> (mg/l)	10,4	Acceptable	10,4	Acceptable	10,4	Acceptable
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	154	Acceptable	154	Acceptable	154	Acceptable
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,01	Acceptable	0,01	Acceptable	0,01	Acceptable
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,09	Acceptable	0,09	Acceptable	0,09	Acceptable
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	42	Acceptable	43,2	Acceptable	44	Acceptable
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	81	Acceptable	90,5	Acceptable	99	Acceptable
Fe <sup>2+</sup> (mg/l)	< 0,01	Acceptable	< 0,01	Acceptable	< 0,01	Acceptable
Mn <sup>2</sup> (mg/l)	< 0,01	Acceptable	< 0,01	Acceptable	< 0,01	Acceptable
MO (mg/l)	2	Acceptable	2	Acceptable	2	Acceptable
RS (mg/l)	960	Acceptable	960	Acceptable	960	Acceptable
PHs	7	<b>PH &gt; PHs</b>	7,2	<b>PHs &gt; PH</b>	7,4	<b>PHs &gt; PH</b>
IL	0,6	<b>IL &gt; 0</b> L'eau est incrustante	-0,01	<b>IL &lt; 0</b> Eau corrosive	-0,3	<b>IL &lt; 0</b> Eau corrosive
IR	6,4	<b>IR &lt; 6,5</b> L'eau est incrustante	7,21	<b>7,2 &lt; IR &lt; 7,8</b> Corrosion légère	7,68	<b>7,2 &lt; IR &lt; 7,8</b> Corrosion légère

On a remarqué que la qualité de l'eau de Boussir a changé après l'addition de  $H_2SO_4^{2-}$  d'une eau incrustante à une eau corrosive, ceci est montré dans les deux figures V.2 et V.3. Cette variation dépend de plusieurs paramètres (tableau V.11). Aussi, il est à signaler que le 1<sup>er</sup> test a donné un résultat plus proche de l'équilibre.



### V.3. La filtration

La filtration est un procédé physique qui permet d'éliminer à la fois les matières en suspension dans l'eau, le mauvais goût, les micropolluants, les pesticides et les herbicides ainsi que les bactéries.

Les installations de filtration sont principalement utilisées pour le prétraitement des eaux [63]. En effet, cette étape est essentielle pour que la qualité de l'eau corresponde aux caractéristiques de système de purification de l'eau, et ce pour garantir un fonctionnement optimal des installations. Le filtre est couramment utilisé dans les installations d'eau domestique. Ce filtre comporte trois parties [63] :

- **Les cartouches de filtration standards de taille 9''3/4 (250 mm de longueur)** : elles se placent dans le corps du filtre. Les cartouches ont une durée de vie de 3 à 12 mois en fonction de la qualité de l'eau à filtrer.
- **Le corps du filtre** : en polymère transparent, il permet la visualisation de l'état de la cartouche pendant toute la durée de son installation dans le filtre.

- **La partie supérieure du filtre** : en polypropylène renforcé, elle est équipée de deux inserts en laiton pour le raccordement des tuyaux d'entrée ou de sortie de l'eau. Une vis de purge manuelle en bronze facilite le dévissage du corps (clé de filtre en option), après dépressurisation, pour les opérations de nettoyage ou de remplacement de la cartouche.



Figure V.2 : Les composants du filtre

Il existe différents types de filtres de prétraitement, on peut citer :



Figure V.3 : Les différents types de filtres de prétraitement [63]

- **La cartouche sédiment**

La filtration sédimentaire permet de stopper les fines particules de l'eau suivant leur taille (à partir de 5 microns de filtration). Les cartouches sont issues de machines de conception moderne et leurs paramètres de fabrication sont soumis à des contrôles rigoureux, ce qui garantit leur grande qualité.

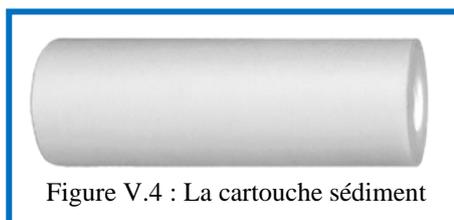


Figure V.4 : La cartouche sédiment

Le polypropylène utilisé assure une excellente compatibilité avec les liquides à filtrer : cette matière ne pollue pas les filtrats et confère à la cartouche des propriétés filtrantes indispensables aux applications les plus difficiles. La cartouche a une bonne résistance aux produits chimiques et elle est insensible aux attaques bactériennes.

- **La cartouche filtrante au charbon actif**

Grâce à un procédé de réduction catalytique, cette cartouche élimine le mauvais goût et les odeurs présents dans l'eau, notamment grâce à la suppression du chlore, une substance courante dans l'eau potable de la ville. Elle retient aussi les pesticides, les insecticides, le benzène... Indispensable pour obtenir une qualité d'eau irréprochable, la cartouche filtrante au charbon actif conserve les propriétés naturelles de l'eau ainsi que les minéraux et oligo-éléments nécessaires à la santé.



Figure V.5 : La cartouche filtrante au charbon actif

En outre, les filtres charbon actif en bloc enlèvent des particules autour de 9 microns, y compris le Giardia, le Cryptosporidium et la turbidité.

- **La cartouche lavable**

Cette cartouche à tamis présente l'avantage d'être réutilisable puisqu'elle se nettoie à l'eau claire, sous le jet du robinet. Sa finesse de filtration permet une utilisation sur deux principaux types d'installation : Installée en pré filtration d'une eau domestique, elle permet d'éviter les remplacements répétitifs de cartouches filtrantes : un atout économique et écologique !



Figure V.6 : La cartouche lavable

En filtration d'une installation d'arrosage : la finesse de filtration de la cartouche à tamis (60 microns) convient bien à toutes les installations d'arrosage de surface, intégrées ou de micro-aspersion (action d'asperger).

- **La cartouche polyphosphate**

Ces cartouches 9''3/4'' jetables, de qualité alimentaire, contiennent des cristaux de polyphosphate. Ceux-ci ont la propriété d'éviter la formation de dépôts de tartre et de calcaire sur les canalisations et les parties métalliques des appareils ménagers. A haute dose, le calcaire endommage les



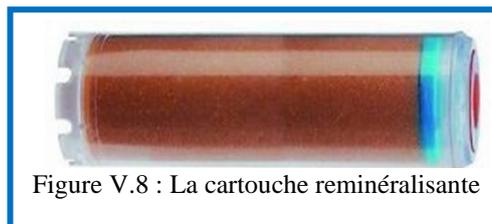
Figure V.7 : La cartouche polyphosphate

appareils électroménagers et peut aussi boucher les canalisations. Cependant, il est à signaler que l'action des cristaux reste limitée à l'eau froide.

La cartouche polyphosphate peut être installée en post filtration, après une filtration mécanique de type cartouche bobinée ou mixte, pour l'alimentation d'un point d'eau spécifique.

- **La cartouche reminéralisante**

Constituée de minéraux, cette cartouche a pour objectif la reminéralisations de l'eau de boisson en sortie d'un osmoseur inverse. En effet, l'eau osmose est souvent appelée « eau-morte » puisque tous les minéraux qu'elle contenait, qu'ils soient nocifs ou bénéfiques, ont été neutralisés.



La cartouche reminéralisante redonne à l'eau les oligo-éléments qu'elle contenait naturellement et qui sont essentiels à la santé, lui conférant la même qualité qu'une eau minérale en bouteille.

### V 3.1. Méthode de travail

D'après le calcul de l'indice de saturation, il ressort que l'eau de la région de Béchar a une tendance incrustante à cause de son alcalinité élevée et à sa teneur en bicarbonate, ce qui peut provoquer l'entartrage des conduites pouvant causer un bouchon dans les conduites de distribution. C'est pour cette raison qu'il est préférable d'utiliser à domicile un filtre comportant une cartouche polyphosphate de qualité alimentaire, et cela dans le but d'éviter la formation de dépôts de tartre et de calcaire sur les canalisations et sur les parties métalliques des appareils ménagers.

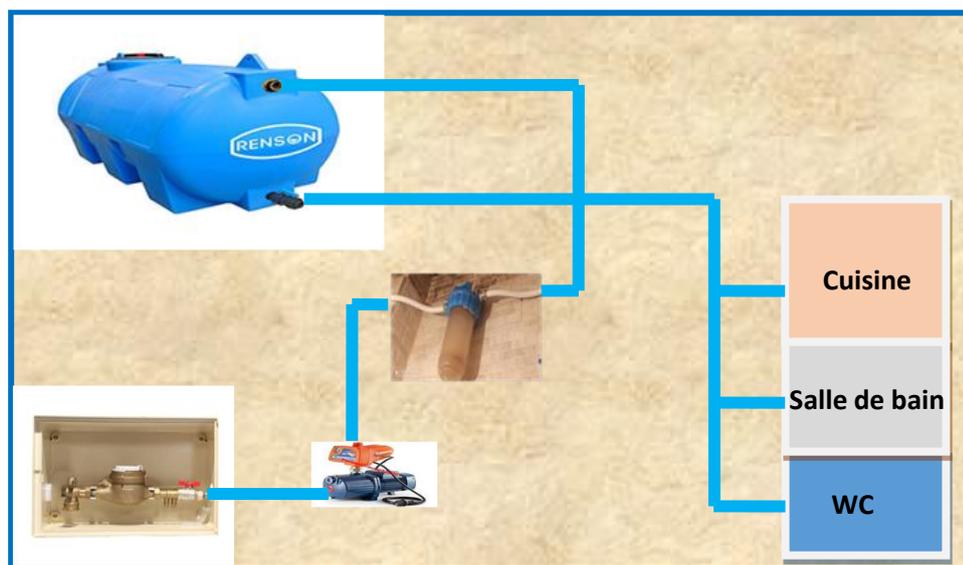


Figure V.9 : Schéma synoptique de réseau d'eau à domicile

Une amélioration rapide de la qualité de l'eau peut être assurée à travers l'application de cette simple configuration de réseau à domicile.



Figure V.10 : Expérience de filtration

### V.3.2. Résultats et discussions

Après l'utilisation de filtre de polyphosphate pendant trois mois (du 09/09/2022 au 09/12/2022) on a transporté l'échantillon d'eau le 12/10/2022 dans une glacière à 4 °C au laboratoire de la direction de l'algérienne des eaux de Béchar pour être analysé dans les 24 heures qui suivent son prélèvement.

Tableau V.12 : Les résultats de l'eau filtrée

Paramètres		Eau du robinet	Eau filtrée
T	° C	25,2	25,2
PH		7,6	7,6
CE	µs/cm	1561	1561
TDS	mg/l	780	780
Sal	‰	0,7	0,7
Turb	NTU	0,8	0,1
TH	mg/l	40	40
Ca+	mg/l	80	80
Mg+	mg/l	48	48
TAC		22,5	22,5
HCO <sub>3</sub>	mg/l	274	274
F	mg/l	0,8	0,8
Na <sup>+</sup>	mg/l	77	77
K <sup>+</sup>	mg/l	10,4	10,4
Cl <sup>-</sup>	mg/l	154	154
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,01	0,01
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,09	0,09
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	42	42
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	81	81
Fe <sup>2+</sup>	mg/l	< 0,01	< 0,01
Mn <sup>2</sup>	mg/l	< 0,01	< 0,01
MO	mg/l	2	0,5
RS	mg/l	960	500

L'ensemble des résultats présentés montre que le filtre polyphosphate permet de maintenir une bonne qualité de l'eau à domicile. Les autres avantages sont :

- ✓ L'eau reste consommable et de bonne qualité ;
- ✓ La composition de l'eau n'est pas modifiée ;
- ✓ La dureté total (TH) n'est pas modifiée ;
- ✓ La quantité des autres sels minéraux contenus dans l'eau n'est pas modifiée ;

### V.3.3. L'impact de l'utilisation du polyphosphate sur l'environnement

Le polyphosphate est considéré comme un produit relativement sûr pour l'environnement, car il ne contient pas de produits chimiques nocifs pour la santé ou l'environnement. Cependant, certaines précautions doivent être prises lors de l'utilisation et de l'élimination des granulés de polyphosphate.

Les granulés de polyphosphate ne doivent pas être jetés dans les égouts ou les cours d'eau, car ils peuvent contaminer l'eau et nuire à la vie aquatique. Il est recommandé de les éliminer conformément aux règles locales en matière de gestion des déchets.

### Conclusion

La région de Béchar a connu une vraie crise vis-à-vis de la quantité et de la qualité de l'eau, à cause notamment de l'envasement du barrage et de la vétusté de la station de traitement et des réservoirs. Ce qui a engendré une certaine agressivité des eaux de consommation ; et après le changement de la ressource d'approvisionnement, on a constaté une amélioration de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution. Mais il reste toujours le problème de l'entartrage dû à la dureté de cette eau confirmée par les valeurs des indices de saturation de Langelier et Ryznar.

Des solutions pour la neutralité de cette eau de Boussir, qui est incrustante et qui provoque l'entartrage des conduites, sont proposées, à savoir :

- Les résultats obtenus après l'ajustement de PHs ont très bons. Cette expérience permet d'obtenir une eau neutre qui ne provoque ni l'entartrage ni la corrosion des conduites.
- La filtration par le filtre polyphosphate permet d'améliorer rapidement la qualité de l'eau sans modifier les caractéristiques physico-chimiques et d'éviter la formation et les dépôts de tartre et de calcaire sur les canalisations et les parties métalliques des appareils ménagers.

Ces solutions sont à même de veiller à la sécurité des consommateurs.

# Conclusion générale

---

L'eau que nous consommons est systématiquement traitée avant d'arriver à nos robinets, mais cela n'empêche pas la présence des risques de pollution existant à chaque étape de parcours de l'eau. Une eau potable ne doit pas porter atteinte à la santé de celui qui la consomme, elle doit répondre à une série de critères et de normes nationales et internationales. L'eau peut être affectée dans ses qualités physique, chimique, organoleptique et biologique, il est donc important de procéder au contrôle de ces qualités. La défaillance de ces qualités peut entraîner des maladies d'origine hydrique chez les résidents si de l'eau contaminée est ingérée.

Cette étude a permis l'évaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique des eaux de la ville de Béchar sous trois aspects :

- ✓ Le premier est le suivi de l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux du barrage de la région de Béchar des différentes stations de traitement et la comparaison avec les normes de qualité de l'eau potable Algérienne et ceux de l'OMS.
- ✓ Le deuxième est le suivi de l'évolution de la qualité des eaux à trois niveaux (le barrage de Djorf-Torba, les réservoirs qui alimentent directement la population et les robinets du consommateur) et de les comparer aux normes nationales et internationales de potabilité.
- ✓ Et le dernier est le suivi de la qualité des ressources en eau de la région de Béchar et de les comparer aux normes nationales et internationales de potabilité. Cela constitue une étape essentielle pour la préservation de ces ressources.

L'alimentation en eau potable dans la ville de Béchar se fait à partir :

- ✓ Du barrage Djorf-Torba qui atteint actuellement 27000m<sup>3</sup>/j pour la commune de Béchar.
- ✓ Des forages d'Ouakda (4500 m<sup>3</sup>/j) et des forages de Mougheul (1300 m<sup>3</sup>/j).
- ✓ Depuis l'année 2022, un nouveau système d'adduction depuis les forages de Boussir assure un débit de 302 m<sup>3</sup>/j.

Le réseau de Béchar s'étend sur plus de 550 km dont il est essentiellement constitué de conduites en acier (près de 50% du linéaire total) ou en PEHD et PVC (30% du linéaire total).

Les conduites à gros diamètres sont préférentiellement en acier ou en fonte ductile alors que les conduites de plus petits diamètres sont principalement en PVC ou en acier galvanisé. (ADE ; 2022).

Le réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Béchar comporte un système de stockage comprenant 18 réservoirs avec des capacités différentes.

La dégradation de la qualité de l'eau potable dans la région de Béchar peut être considérée comme admissible et ne présente aucun danger pour la consommation, parce que malgré le changement de quelques paramètres, les normes Algériennes et celles de l'OMS sont respectées.

Du point de vue organoleptique, les eaux provenant des ressources souterraines sont claires et présentent une odeur et une saveur agréables par contre pour les eaux de surface, le problème (goût et odeur) persiste à cause de la diminution du niveau de l'eau du barrage, de la forte chaleur et du vieillissement de la station de traitement. Aussi, la couleur, la turbidité ou la présence de débris dans l'eau du robinet peuvent nous renseigner sur le degré de corrosion du réseau de distribution.

Les goûts et les odeurs évoquant la terre ou le moisi sont dus à la présence des micro-algues qui se développent dans le barrage en période de fortes chaleurs, ces micro-constituants peuvent altérer le goût ou l'odeur.

Le goût ou l'odeur métallique de certaines anciennes tuyauteries en acier ou en fonte est dû au fait que celles-ci peuvent occasionnellement se corroder avec le temps et développer de tels désagréments.

Les résultats de mesures de la température montrent que la majorité des eaux analysées ne sont pas conformes aux normes Algériennes ( $< 25^{\circ}\text{C}$ ) et aux recommandations de l'OMS. Ces valeurs qui sont supérieures à  $25^{\circ}\text{C}$ , pourraient signifier, comparativement à ces normes, que les eaux analysées sont médiocres.

Les valeurs de la conductivité électrique sont comprises entre 1000 à 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et confèrent donc un aspect d'une eau saline. Cette augmentation dépend du volume du barrage en cette période de l'année (été) et de l'augmentation de la température.

Les résultats trouvés révèlent également une dureté élevée qui dépasse parfois  $30^{\circ}\text{f}$  en général, cela prouve que les eaux analysées sont dures à très dures malgré le changement de la ressource (Boussir).

L'ensemble des résultats présentés montre que le filtre polyphosphate permet de maintenir une bonne qualité de l'eau à domicile. Les autres avantages sont :

- ✓L'eau reste consommable et de bonne qualité ;

- ✓ La composition de l'eau n'est pas modifiée ;
- ✓ Le TH n'est pas modifié ;
- ✓ La quantité des autres sels minéraux contenus dans l'eau n'est pas modifiée ;

D'une manière générale la dégradation de la qualité de l'eau reste liée à :

- ✓ L'entartrage et la corrosion des conduites du réseau d'eau dans certains quartiers ;
- ✓ Le vieillissement de la station de traitement ;
- ✓ Le vieillissement des ouvrages de stockage ;
- ✓ Le manque d'entretien des équipements de stockage ;

Ces paramètres peuvent être à l'origine d'une dégradation de l'eau au cours de sa distribution.

Pour le maintien de la qualité de l'eau, il faut assurer d'abord :

- ✓ la neutralité des eaux de la région de Béchar, qui est incrustante et qui provoque l'entartrage des conduites.
- ✓ le nettoyage et la désinfection périodique des ouvrages hydrauliques afin d'assurer une efficacité de la désinfection de l'eau potable
- ✓ Le changement des conduites en acier et en fonte par le PEHD ou le PVC pour éviter la corrosion.
- ✓ Le renouvellement et la réhabilitation de la station de traitement au niveau du barrage Djorf-Torba
- ✓ Le renouvellement et la réhabilitation des ouvrages de stockage.

Tous ces facteurs permettent de maintenir la bonne qualité des eaux dans les réseaux de distribution.

En conclusion, les eaux de la ville de Béchar peuvent être considérées comme bonnes à consommer si, bien sûr, les opérations de désinfection (chloration et autres) sont convenablement effectuées. Il serait souhaitable de mener régulièrement ce type d'études basées sur l'évaluation physique et chimique, et il est à souligner que la prise en compte de la réhabilitation des réseaux d'AEP et des réservoirs permet de résoudre les problèmes liés à la qualité organoleptique (couleur, goût et odeur). Des solutions ont été proposées pour la neutralité des eaux de Boussir.

Les essais de neutralité semblent donner de très bons résultats ; ces solutions sont à même de veiller à la sécurité des consommateurs.

Enfin, nous recommandons un suivi permanent du barrage car il représente la seule source superficielle d'alimentation en eau potable de la ville de Béchar.

# Références Bibliographiques

---

- [1] Abbasi T et Abbasi SA. (2012) Water quality indices”. Elsevier.
- [2] Acharya S, Sharma S K et Khandegar. V. (2018) Assessment of groundwater quality by water quality indices for irrigation and drinking in South West Delhi, India. Data Brief, vol. 18, p. 2019.
- [3] ADE : Algérienne des eaux. (2022) Rapport technique.
- [4] Akhtar N, Izzuddin M, Syakir I, Bhawani S A et Umar K. (2021) Divers facteurs naturels et anthropiques responsables de la dégradation de la qualité de l'eau : un examen. Water journal, <https://doi.org/10.3390/w13192660>.
- [5] Algérie Presse Service. (2021) Béchar : Le transfert des eaux du champ de captage de Guetrani vise la sécurisation de l'AEP des habitants de Béchar. [En ligne] <https://www.aps.dz/> consulté le 22 /12/2022.
- [6] American Water Works Association (AWWA). (1990) Water quality and handbook of community water supplies. 4e édition. F.W. Pontius (dir. techn. de la publ.), McGraw-Hill, New York, NY.
- [7] Ammadi A et Elbelkacimi M. (2016) Modeling of the Chlorine Content Degradation in a Network of Drinking Water. Modern Applied Science. Vol. 10, No. 2. URL: <http://dx.doi.org/10.5539/mas.v10n2p56>.
- [8] Anderson T W, Neri L C, Schreiber G B, Talbot F D F, Zdrojewski A. (1975) ischemic heart disease, water hardness and myocardial magnesium. canadian medical association journal; cma journal/august 9, 1975/vol. 113.
- [9] ANRH : Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques. (2008) Synthèse sur les eaux souterraines de la région nord et est de la wilaya de Béchar. Direction régionale sud-ouest Adrar.
- [10] Arbaoui A, Dris M, Meddah B, Arbaoui I, and Benyoussef M. (2022) Analytical study of the water quality for the drinking water networks in Bechar City. Current Trends in Natural Sciences, vol. 11, no. 22, pp. 255–269, Dec. 2022. doi:10.47068/ctns. 2022.v11i22.030.
- [11] Baba hamed S. (2021) Impact de la pollution de l'eau sur la sante publique et l'environnement à oran. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°45.

- [12] Belkendil M H and Morsli B. (2018) Evaluation of the physico-chemical quality of groundwater in arid areas: Case study (watershed of the Oued Bechar) in Bechar-Kenadsa Region. *desalination and water treatment*, vol. 107, pp. 136–146, 2018. doi:10.5004/dwt.2018.22117.
- [13] Benabdallah S. (2014) Développement d'une méthodologie d'optimisation pour la gestion de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution. Thèse, Université de Montpellier.
- [14] Benahmed M, Lakaf A and Lariche S. (2022) Pollution risks in drinking water distribution network of a healthcare facility in tiaret, algeria. *pollution research* 41(1) :341-346.
- [15] Benamour M. (2011) Elaboration d'un référentiel pour le diagnostic des réseaux d'alimentation en eau potable. Mémoire de Magistère. Ecole Nationale Polytechnique (ENP). Algérie.
- [16] Bénédicte W. (2020) Eaux destinées à la consommation humaine - Risques sanitaires, contrôle et réglementation. *Technique de l'ingénieur*. Réf : W2002 v2.
- [17] Bensoltane M A, Zeghadnia L and Hadji R. (2021) Physicochemical Characterization of Drinking Water Quality of the Communal Water Distribution Network in Souk Ahras City/ Algeria. *Civil Engineering Research Journal*,12(02), 1-6, JUNIPER.
- [18] Bensoltane M A, Zeghadnia L, Guebail A, Araibia A S, Laouacheria F, Mrad D and Djemili L. (2021). Controlling water supply quality: case study of Souk Ahras City in Algeria. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, Springer.
- [19] Benyagoub E. (2023) Softened water and steam boiler water condensate quality used in the milk production line of a private dairy unit located in Province (south-west of Algeria): Physicochemical and Bacteriological Analysis. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, no. Of, Jul. 2023. doi: 10.18805/ajdfr.drf-327
- [20] Berland J M. (2020) Outils économiques pour la gestion de l'eau. *Technique de l'ingénieur*, Réf : W2100 v2.
- [21] Bouchoucha M, Mammam D et Tifratene M. (2016) La dégradation de la qualité de l'eau potable dans le réseau de distribution cas de la ville de Mila (N.E Algérien). Mémoire master hydraulique. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf – Mila.
- [22] Boufeldja S. (2013) Impacte de changement climatique sur les ressources d'eau dans le bassin versant Bechar. Mémoire de magister, université de Béchar.

- [23]** Bousbia S et Bouchareb N. (2023) Évaluation de la qualité de l'eau du barrage de Beni-Haroun (nord-est de l'Algérie) avant et après les procédures de traitement. *Journal asiatique de l'eau, de l'environnement et de la pollution*, vol. 20, non. 4, p. 19-26,
- [24]** Celerier J L et Faby J A. (2002) La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Document technique fndae hors-série N°12 ; Office International de l'Eau SNIDE.
- [25]** Degremont G. (2005) *Mémento technique de l'eau*, Tome 1, 10<sup>ème</sup> édition, Edit. Tec et doc, PP : 3 -38.
- [26]** Degremont S. (2005) *Mémento technique de l'eau tomes 1 ET 2 : 10<sup>eme</sup> édition* : Degremont. 1718 p.
- [27]** Dervilly G, Cariou R, and Lebizec B. (2022) Les contaminants comme dangers chimiques dans les aliments : Les dangers dans la chaîne de transformation et de distribution des denrées alimentaires. pp. 151–187, Nov. 2022. doi: 10.51926/iste.9093.ch4.
- [28]** DPAT. (2020) Bulletin de direction de planification et aménagement de territoire wilaya de Béchar.
- [29]** Eshete E. (2019) Water quality analysis for domestic use public water supply in the case of Asella Town at the source of Ashebeka River. laboratory based cross-sectional study design, Aug. 2019. doi:10.21203/rs.2.12698/v1.
- [30]** Ezinga O K and Imwangana F M. (2023) Strategies des resiliences urbaines face A la production des services de base en eau potable, electricite et assainissement dans les quartiers Batumona a Kimbanseke et talangay à n'sele/Rd. Congo. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, vol. 38, no. 2, p. 333, May 2023. Doi :10.52155/ijpsat. v38.2.5343.
- [31]** Fartas T, Boutaoutaou D et Zeggane H. (2011) Etude de l'évolution de l'entartrage dans les conduites de distribution d'eau de la vallée de l'oued r'hir. 1er Séminaire International sur la Ressource en eau au Sahara : Evaluation, Economie et Protection, le 19 et 20 janvier 2011(Ouargla).
- [32]** Gaffan N, Kpozehouen A, Degbey C, Ahanhanzo Y G et Salamon. R. (2023) Effets de l'accès des ménages à des installations d'approvisionnement en eau de Boisson, d'assainissement et d'hygiène sur la mortalité des enfants de moins de 5 ans en Afrique Saharienne. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, vol. 71, p. 101887, Sep. 2023. doi: 10.1016/j.respe.2023.101887.

- [33] Goyer-Desrosiers P. (2016) Impact du changement de source d’approvisionnement sur la qualité de l’eau dans le réseau de distribution. Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal. Poly Publié. <https://publications.polymtl.ca/2420/>.
- [34] Gueye M T, Bop D et Gueye O. (2022) Evaluation de la Qualité des ressources en eau de Boisson de la communauté rurale de patar (Senegal) : Focus sur le fluor. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, vol. 34, no. 2, p. 334, Oct. 2022. doi :10.52155/ijpsat. v34.2.4668.
- [35] Hadeid M. (2018) Impact of floods and the problem of natural risk management in the Algerian Saharan urban space. the cases of béchar and adrar. *Les Cahiers d’EMAM*, no. 30, Apr. 2018. doi:10.4000/emam.1516.
- [36] Hanon M et Rouelle A. (2011) Le pH de l’eau de distribution. Portail environnement de Wallonie, Belgique.
- [37] Haroun M. (2016) Suivi et modélisation de la qualité de l’eau dans les réseaux de distribution : Application à la ville de Paris. Thèse, Université Paris-Est,
- [38] Harrouz O. (1995) Conséquences de la squelettisation des réseaux d’alimentation en eau potable sur le diagnostic, modèle de simplification. Thèse de doctorat en génie de l’environnement. Université Louis Pasteur. Strasbourg. France. P 26-87.
- [39] Hartmann P. (2013) Eau de consommation, risque, santé. *Sciences Eaux & Territoires* n°10 –2013 - pages 14 à 21.
- [40] Infra Guide. (2003) Qualité de l’eau dans les réseaux de distribution. Canada. Juillet 2003.
- [41] Jemmali H. (2013) Mesures de la Pauvreté en Eau : Analyse comparative et développement de l’indice de pauvreté en eau. *Vertigo*, no. Volume 13 Numéro 2, Oct. 2013. doi :10.4000/vertigo.13982.
- [42] Kabour A, Hani A, Mekkaoui A et Chebbah L. (2010) Évaluation et gestion des ressources hydriques dans une zone aride. Cas de la ville de Béchar (sud-ouest algérien). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 09, Septembre 2010, pp.7-19.
- [43] Kabour A, Mekkaoui A et Chebbah L. (2016) Le barrage de Djorf-Torba (Béchar, Sud-ouest Algérien), sous contraintes du climat, de l’environnement et de gestion. *Int. J. Environ. Glob. Clim. Change* Juin, vol. 3, no 5, p. 23-32.

- [44] Kendouci M A, Kharroubi B, Mebarki S et Bendida A. (2016) Physicochemical quality of groundwater and pollution risk in arid areas: the case of Algerian Sahara. *ArabJGeosci SPRINGER*9:146.
- [45] Khadse G K, Patni P M, Talkhande. A V et Labhasetwar P K. (2016) Change in drinking water quality from catchment to consumers: a case study *Sustainable Water Resources Management*, Springer.
- [46] Kithiia S M. (2022) A critical analysis of the water quality impacts on water resources in the Athi River drainage basin, Kenya. *Water Quality - Factors and Impacts*, Feb. 2022. doi:10.5772/intechopen.99667.
- [47] Kouassi A, Kouassi K and Gnagne T. (2023) Impact of the Condition of Drinking Water Supply Networks on the Quality of Water Intended for Consumption: The Case of the Network in the Commune of Daloa (Central West of Côte d'Ivoire) *Journal of Water Resource and Protection*, 15, 677-691. doi: 10.4236/jwarp.2023.1512036.
- [48] Kurajica L, Ujević Bošnjak M, Novak Stankov M, Kinsela A S, Atiglić J, Waite D T and Capak K. (2020) Disinfection by-products in Croatian drinking water supplies with special emphasis on the water supply network in the city of Zagreb. *Journal of Environmental Management*, Elsevier, 10.1016/j.jenvman.2020.111360.
- [49] Lamache A, Doghri I, Jacques M et Boudjenah-Haroun S. (2020) Étude des biofilms bactériens isolés à partir du système de distribution d'eau potable dans la région sud-est de l'Algérie. *Revue des Sciences de l'Eau*. Volume 32, numéro 4.
- [50] Larson T E, Buswell A M, Ludwig H F and Langelier W F. (1942) Calcium carbonates saturation index and alkalinity interpretations. [with discussion]. (American Water Works Association). Wiley, 34(11) :1667-1684.
- [51] Lavie E et Hassan El-Tayib N. (2014) Du robinet au consommateur : qualité de l'eau potable dans le contexte domestique de l'agglomération de Khartoum, Soudan. *CYBERGEO*, revue européenne de Géographie, <https://doi.org/10.4000/cybergeogeo.26157>.
- [52] Lefèvre S, Genin-Lomier S, Orlandini P, Cabre O. (2020) Maîtrise de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine à bord des bâtiments de la marine : enjeu des paramètres chimiques et organoleptiques. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 173(1), 220-230.
- [53] Legube B. (2015) Dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution : Approche expérimentale et modélisation. Thèse. Université de Lyon.

- [54]** Logeshkumaran N, Magesh S, Godson P S et Chandrasekar N. (2015) Hydro-geochemistry and application of water quality index (WQI) for groundwater quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, India. *Appl. Water Sci.*, vol. 5, no 4, p. 335-343.
- [55]** Lukas G. (2023) Indicateurs de la Qualité de l'Eau- Vue d'ensemble space4water Portal.
- [56]** Magesh N S, Krishnakumar S, Chandrasekar N, et Soundranayagam J P. (2013) Groundwater quality assessment using WQI and GIS techniques, Dindigul district, Tamil Nadu, India. *Arab. J. Geosci.*, vol. 6, no 11, p. 4179 - 4189.
- [57]** Mebarki S. (2013) Caractérisation hydrogéologique de l'aquifère jurassique dans la plaine de Mougheul (ksour du nord, Bechar). Mémoire de magister, université de Béchar.
- [58]** Mellahi D, Zerdoumi R and Chaib A. (2021) Control strategies to improve the low water quality of Souk-Ahras city. journal homepage: [www.cell.com/heliyon](http://www.cell.com/heliyon), Heliyon.
- [59]** Memento degremont® de Suez. (2021) Les eaux de surfaces. [En ligne] <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/-les-eaux-naturelles/-les-eaux-de-surface>.
- [60]** Mercier C. (2000) Étude de l'efficacité des inhibiteurs de corrosion à base de phosphates en réseau de distribution d'eau potable. Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal. Poly Publié. <https://publications.polymtl.ca/8734/>.
- [61]** MRE : Ministère des Ressources en Eau. (2014) Décret exécutif N°A14-96 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif N°A 11-125 du 17. Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars. 2011 relatifs à la qualité de l'eau de consommation humaine. vol. N°13, p. 14-17.
- [62]** Mokeddeme I, Belhachemi M, Merzougui T, Nabou N et Merzougui F. (2017) Caractérisation physico-chimique des eaux de surfaces de la région de Béchar (Sud. Ouest Algérien). *Algerian. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 3, no 3.
- [63]** mwt-algerie.co : <https://mwt-algerie.com/porte-filtre-cartouche-de-pretraitement-pp-sediment-pp-charbon-actif-lavable/> [En ligne] consulté le 27 .08. 2022.
- [64]** Nafi A. (2006) La programmation pluriannuelle du renouvellement des réseaux d'eau potable. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur. Strasbourg I.
- [65]** Naït Tahar A. (2018) Transfert Beni-ounif vers Béchar : Lancement des travaux du projet. INDJAZAT. 2 septembre, 2018. [Indjazat.com (en ligne)] consulté le :

22/12/2022. <http://www.indjazat.com/transfert-beni-ounif-vers-bechar-lancement-des-travaux-du-projet/>

- [66]** Nasri B, Benatallah A, Kalloum S et Benhamza M. (2018) Caractérisation physico-chimique des eaux souterraines de la région de kenadsa et Galbel aouda (sud-ouest de l'Algérie). *Algerian J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 4, no 1.
- [67]** Nguimalet Y, Tondele J P et Mbaïkoua N D. (2012) Gestion de la qualité de l'eau, conflits et risques inhérents dans la ville de Bangui (République centrafricaine). *Cahiers de Géographie du Québec* V56, N157, P157-174, Lien : <https://journals.openedition.org/geocarrefour/1295>
- [68]** OMS. (1985) Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol 1, Recommandations ; Genève.
- [69]** OMS. (2000) Directives de qualité pour l'eau de boisson. 2nd Ed., Vol 2, Critères d'hygiène et documentation à l'appui.
- [70]** OMS. (2017) Directives de qualité pour l'eau de boisson. Quatrième édition.
- [71]** Ouahchia C, Hamaidi-Chergui F, Hamaidi M S and Saidi F. (2014) Preliminary investigation for consumer perceptions of drinking water quality in Tipaza (Algeria). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, <http://www.ijias.issr-journals.org>.
- [72]** Oubadi M, Hamou A, Faci M et FARHI Y. (2020) Impacts des canicules sur les contraintes environnementales dans la région de Béchar. *Journal Algérien des Régions Arides (JARA)* 14 (1) : 80-101.
- [73]** Resch M And Lavie É. (2021) Les Enjeux de l'alimentation en Eau Potable des villes. *EchoGéo*, no. 57, Oct. 2021. doi :10.4000/echogeo.22557.
- [74]** Resch M. (2022) L'alimentation en eau potable de Paris, du Transfert à la préservation des ressources. Une analyse par les territoires hydro sociaux. *Géocarrefour*, vol. 96, no. 1, Jan. 2022. Doi :10.4000/geocarrefour.18770.
- [75]** Rochette C. (2022) Bien-être et Santé : Pour une autre lecture des territoires durables. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, vol. Octobre, no. 4, pp. 525–534, Oct. 2022. Doi :10.3917/rru.224.0525.
- [76]** Rodier J, Legube B, Merlet N et Brunet R. (2009) L'analyse de l'eau. 9e éd. : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Dunod. France. Dunod.
- [77]** Roustan M. (2023) Eau : Données et statistiques. *Technologies de l'eau*, Jun. 2023. Doi :10.51257/a-v2-w112.

- [78]** Ryznar, J. W. (1944) A new index for determining amount of calcium carbonate scale formed by a water. *Journal-American Water Works Association*, 36(4):472-483.
- [79]** Saggai S, Boutoutaou D et Saker M L. (2016) Réduction de l'évaporation des eaux dans les barrages : Une Stratégie pour augmenter Le stockage de l'eau dans les régions arides algériennes. *Hydrological Sciences Journal*, vol. 61, no. 8, pp. 1548–1554, Apr. 2016. doi :10.1080/02626667.2014.988156 .
- [80]** Santé Canada. (2015) Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique — Le Ph. Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). (N° de catalogue H14428/2016F-PDF).
- [81]** Sener Ş, Şener E et Davraz A. (2017) Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Sci. Total Environ.*, vol. 584, p. 131-144.
- [82]** Sonarem. (1979) Etude hydrogéologique de la région de Béchar. Rapport final.
- [83]** Talhaoui A, El Hmaid A, Jaddi H et Ousmana H. (2020) Calcul De L'indice De Qualité De L'eau (IQE) Pour L'évaluation De La Qualité Physico-Chimique Des Eaux Superficielles De L'Oued Moulouya (NE, Maroc). *European Scientific Journal*.  
URL : <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n2p64> -  
URL: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n2p64>.
- [84]** Weinberg J M. (1986) Fluid and electrolyte disorders and gastrointestinal diseases, Dan's: Fluids and electrolytes. J.P. Kokko et R.L. Tanner (dir. De publ.), W.B. Saunders Co., Toronto.
- [85]** World Health. (2011) Organization, Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization.
- [86]** Zamiche S, Hamaidi-Chergui F et Demiai A. (2018) Pollution of the quaternary aquifer of Mitidja (Algeria) by nitrates: origins and impacts on the quality of water for human consumption. *J. Fundam. Appl. Sci.*, vol. 10, no 1, p. 113-131.

# ANNEXES

## ANNEXE 01 : Données climatiques

**Tableau 1 : Pluviométrie moyenne annuelle de la région de Béchar (2000 - 2016)**

Année	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008
<b>Pluie</b>	16,4	<b>13,5</b>	33.6	65.1	85.2	65.6	130.6	105.8
Année	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
<b>Pluie</b>	312.6	99.1	69.7	112.1	103.8	38.1	52	55,8

**Tableau 2 : Variation moyenne mensuelle de la température et la précipitation de la région de Béchar**

Moi	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
P mm	6	6,33	4,24	1,59	2,67	1,99	1,66	6	2,2	1,3	1,35	2,97
Tmoy	<b>30,36</b>	<b>24,26</b>	<b>16,56</b>	<b>11,3</b>	<b>10,46</b>	<b>12,61</b>	<b>18,28</b>	<b>23,13</b>	<b>27,54</b>	<b>33,19</b>	<b>37,37</b>	<b>36,02</b>

**Tableau 3 : Température moyenne annuelle de la région de Béchar (2000 - 2016)**

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Tmax</b>	28.25	29.30	28.57	28.03	27.6	28.58	27.81	28.13	27.41
<b>Tmin</b>	14.65	15.82	15.14	15.42	15.06	15.8	15.60	14.91	14.95
<b>Tmoy</b>	20.95	22.95	22.13	21.94	21.60	22.50	21.91	21.79	21.45
Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Moyenne
<b>Tmax</b>	28.08	29.26	27.91	28.08	28.8	28.69	28.39	29.0	28.28
<b>Tmin</b>	15.0	16.25	15.92	15.01	14.87	15.85	15.32	15.29	15.35
<b>Tmoy</b>	21.78	23.01	21.81	21.88	21.79	22.60	22.09	22.4	22.02

**Tableau 4 : Variation mensuelle de la vitesse du vent de la région de Béchar (2000 - 2016)**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>V (m/s)</b>	2.67	3.37	4.22	5.00	4.98	4.49	4.32	3.94	3.98	3.32	3.12	2.48

**Tableau 5 : Humidité moyenne Mensuelle de la région de Béchar (2000 - 2016)**

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout
<b>H%</b>	31,73	39,19	47,01	55,17	48,23	44,01	32,53	28,65	25,88	20,68	16,87	20,15

## AGENCE NATIONAL des RESSOURCES HYDRAULYQUES

## SECTEUR ANRH – BECHAR

Année 2000 -2020

Relèves Pluviométriques de *ANRH - BECHAR (13.01. 32) PV*

ANNEE	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	TOTAL
2000 / 2001	1,2	5,7	0	1,9	0,2	0,2	0	0	1,6	0	1,8	3,8	16,4
	1	5,7	0	1,9	0,2	0,2	0	0	1,6	1,7	2		14,3
2001 / 2002	3	6,4	0	7,4	0	0,8	5	5,7	0,7	0	0,9	0	29,9
	3	3,7	0	4,1	0	0,6	3,6	3,6	0,7	0	0,9	0	20,2
2002 / 2003	8,4		15		0	11	1,7	0		1,6		4,2	42
			14		0	7,3	1,7	0		1,6		2,7	27,2
2003 / 2004	10,5	32,3		1,8	0	3,2		8,1			1,4	7,8	65,1
	7,9	14,1		1,8	0	2,8		8,1			0,6	6,8	42,1
2004 / 2005	1	1,7	18	37,6	2,7	1	3,7	0	1,2	17,8	0,4		85,2
	0,9	1,7	6,7	21	2,7	0,6	3	0	1,2	8,6	0,4		46,8
2005 / 2006			16	0	32,5	0,5	0		8	7	0	1,5	65,6
			11	0	16	0,5	0		5	4,3	0	1,5	38,4
2006 / 2007	26,8	45,7	17	5,5	5,2			30,8	0	0	0	0	130,6
	13,2	23,5	11	4,5	5,2			23	0	0	0	0	80,4
2007 / 2008	4	41,5				35,7	3,7	0	5,7	0,6	2,4	12,2	105,8
	4	32,5				21	2,3	0	3,6	0,5	1,8	11,2	76,9
2008 / 2009	41,2	156	11	7,6	5,6	7,7	71	0,3	0	8	2,4	2,1	312,6
	27,3	65,1	9,5	7,2	2,8	5,2	56,3	0,3	0	3,5	1,8	2,1	181,1
2009 / 2010	58,2	0	0	0,3	9,4	20,2	0	2,3	0	0	2,1	6,6	99,1
	28,1	0	0	0,2	9,1	16,8	0	1,2	0	0	1,4	6,4	63,2
2010 / 2011	2,4	2,8	0	1,5	1,8	0	15,6	2,1	29,7	13,8	0	0	69,7
	2,2	1,7	0	1	1,4	0	7,3	2,1	14,4	8,7	0	0	38,8
2011 / 2012	4,7	19,8	32	15,1	4	1,8	18,9	13,2					109,7
	4,7	10,8	18	13,7	2	1,8	12,1	6					69,1
2012 / 2013	23,2	31,6	24	2,3	7	0	13,5	1,1	0	0,4	5,3	1,6	110,1
													0
2013 / 2014													0
													0
2014 / 2015													0
													0
2015 / 2016	16,5	5,5					7		2,3			24,5	55,8
													0
2016 / 2017													0
													0
2017 / 2018	11,4	75,4		77,5	16,1	2		6,2	9,7		3,1	41	242,4
													0
2018 / 2019	10,9	6,1	21	0	0	0	207	21	41	0	8	2,4	317

													0
2019 /2020	9,8	5,9	19	13	2		207	31	4,1		8	9,6	309,4
													0
2020 /2021	6		11			3,1							19,9
													0

### Relèves Pluviométriques de *BECHAR ONM (13.01.13) PV*

ANNEE	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
2000/ 2001	0,9	4,6	0	3,1	0	0	0	0	0,2	0	0,1	0,7
	0,7	4,6	0	2,1	0	0	0	0	0,2	0	0,1	0,3
2001 /2002	1,5	4,8	0	4,2	0	0,5	4,8	7,1	0,3	0	0	0,7
	1	2,1	0	3,1	0	0,2	4,7	6,3	0,1	0	0	0,6
2002 /2003	7,8	0,8	11,5	0	0	0	0,3	0	0	0,7	0	4,4
	7,8	0,8	11,5	0	0	0	0,2	0	0	0,5	0	2,4
2003 /2004	9,2	26,3	11,6	0	0	3,4	7,4	5,6	8,6	1,6	2,6	4,7
	5,1	11,6	3,5	0	0	2,2	4,8	3,5	3,3	0,8	2,3	2,6
2004 / 005	3,1	1,1	14,2	31,5	0,5	1,5	4	0	1,8	13	0	3,1
	2,3	1,1	6,5	20,9	0,5	0,8	2,1	0	1,8	4,7	0	2,3
2005 /2006	10,5	0	17,9	0,3	42,2	1,9	0	7,2	2,3	3,5	0	2,9
	6,3	0	14,5	0,3	14,5	1,7	0	7,2	1,1	3,4	0	2,9
2006 /2007	50,9	20,5	17,2	7,1	0,6	2,4	0	27,9	0	0	0	2,6
	24,1	20,5	11,2	5,6	0,6	1,8	0	20,7	0	0	0	2,6
2007 /2008	1,8	44,8	0	20,6	0	16,5	3,1	0	0	2	3,1	0
	1,8	26,8	0	20,6	0	12,9	1,3	0	0	2	2,8	0
2008 /2009	37,3	155	6,6	6	3,3	7,5	72,4	0	0	8,8	2,3	0
	27,1	90,8	3,1	5,8	2,1	4,8	42,4	0	0	6	2	0
2009/ 2010	47,2	0	0	0	7,2	19,8	0					
	13,2	0	0	0	7,2	16,8	0					
2010 /2011	1,9	8,7	0	0	2,4	0	12,8	4,1	21,5	8,9	0	3,7
	1,4	8,7	0		1,7	0	7	2	8,6	3,1	0	2,6
2011 /2012	3,6	15,6	23,2	14	4,2	1,8	41,7	9,5				
	2,6	7,2	11,5	12	2,6	1,8	29,7	4,4				

## ANNEXE 02 : Les ressources souterraines en eau exploitées dans la région de Béchar

AGENCE NATIONAL des RESSOURCES HYDRAULYQUES

### SECTEUR ANRH – BECHAR

Commune	Désignation	X	Y	XDEG	YDEG	Z	Type	Objet	Usage	Etat	Exploitant
Bechar	F5 Bechar	02, 11,34	31, 38,13	-2,19278	31,6369	811	Forage	Exploitation	AEP	Exploité	ADE
Bechar	F2 Bechar	02, 11,26	31, 38,13	-2,19056	31,6369	812	Forage	Exploitation	AEP	Exploité	ADE
Bechar	Ouakda hycobar 3	02, 09,44	31, 39,38	-2,16222	31,6606	828	Forage	Exploitation	AEP	Exploité	ADE
Bechar	Forage 14 km	02, 08,37	31, 41,04	-2,14361	31,6844	823	Forage	Exploitation	AEP	Exploité	ADE
Bechar	Ouakda hycobar 4	02, 08,15	31, 40,50	-2,1375	31,6806	838	Forage	Exploitation	AEP	Exploité	ADE
Bechar	Forage 20 km	02, 04,04	31, 45,03	-2,06778	31,7508	852	Forage	Exploitation	AEP	Exploité	ADE
Bechar	F DRC 01 BEK	02, 07,33	31, 41,47	-2,12583	31,6964	838	Forage	Exploitation	AEP	Exploité	
Bechar	F DRM 4 BEK1	02, 06,48	31, 42,07	-2,11333	31,7019	845	Forage	Exploitation	AEP	Exploité	
Bechar	F DRM 4 BEK3	02, 07,08	31, 42,24	-2,11889	31,7067	846	Forage	Exploitation	AEP	Exploité	
Bechar Djedid	F15 BECHAR DJEDID (F4 BECHAR DJEDID)	02, 13,08	31, 34,23	-2,21889	31,5731	766	Forage	Exploitation	AEP	Exploité	SONAREM
BeniOnif	F1	1°16.075'O	32°2.160'N			864	Forage		AEP	Exploité	ADE
BniOnif	F2	1°14.933'O	32°2.284'N			836	Forage		AEP	Exploité	ADE
BniOnif	F4	1°16.825'O	32°2.683'N			847	Forage		AEP	Exploité	ADE
Mougheul	FM1	02°13'57"W	32°01'38"N			1026	Forage		AEP	Exploité	ADE
Mougheul	FM2	02°12'53"W	32°01'51"N			1032	Forage		AEP	Exploité	ADE
Mougheul	FM3	02°12'26"W	32°01'59"N			1034	Forage		AEP	Exploité	ADE
Mougheul	FM4	02°13'29"W	32°01'57"N			1033	Forage		AEP	Exploité	ADE
Mougheul	FM5	02°11'32" W	32°02'12"N			1044	Forage		AEP	Exploité	ADE

## ANNEXE03 : Normes de potabilité, selon le code de l'eau Algérien et l'OMS

Paramètre	Unité	Réglementation concernant la qualité de l'eau destinée à la consommation.		
		OMS	France	Algérie
<b>Paramètres Physico-chimiques</b>				
<b>Alcalinité</b>	F°	50	>2,5	-
<b>Ammonium</b>	mg/l	1,5	0,1	0,5
<b>Calcium</b>	mg/l	-	100	200
<b>Chlorures</b>	mg/l	250	250	500
<b>Conductivité</b>	µs/cm à 20°	2000	2500	2500
<b>Dureté total</b>	F°	50	60	-
<b>Fer</b>	mg/l	0,3	0,2	0,3
<b>Magnésium</b>	mg/l	50	50	-
<b>Nitrates</b>	mg/l	40	50	50
<b>Nitrites</b>	mg/l	3	0,1	0,2
<b>Oxydabilité</b>	mg d'O2/l	5,0	5,0	5,0
<b>pH</b>	-	6,5-9	6,5-8,5	6,5-9
<b>Sodium</b>	mg/l	200	200	200
<b>Sulfates</b>	mg/l	400	250	400
<b>Turbidité</b>	NTU	5	0,5	0,5
<b>Paramètres bactériologiques</b>				
<b>Germes totaux</b>	Unité	100 /ml (à 22°C)	20/ml (à 37°C)	
<b>Coliformes totaux (CT)</b>	NPP	nd/100ml		
<b>Streptocoques fécaux</b>	NPP	nd/100ml		

ANNEXE 04 : *Matériel utilisé aux traitements*

Le PH mètre



Conductivimètre



Spectrophotomètre



Test de chlore



Agitateur



Verrerie

## ANNEXE 05 : La station de traitement du Barrage Djorf-Torba



Station de traitement

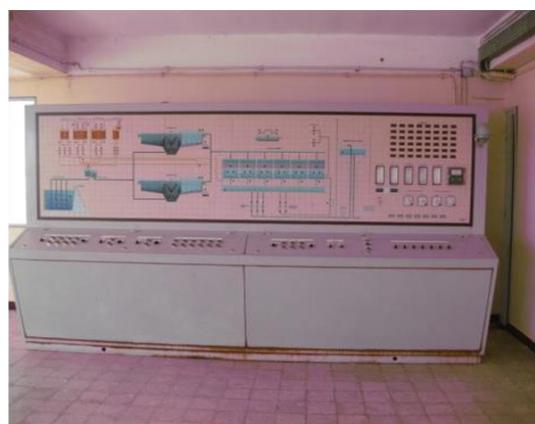


Tableau de commande



Réservoir de décanteur



Les filtres



Salle d'injection des produits chimiques



Station de pompage d'eau traitée

## ANNEXE 06 : Résultats de traitement et calcul de la balance ionique avec « DIAGRAMME »

### A. Eau des Ressources

Nom échantillons	Libellé	Date	Mesures terrain				Mesures laboratoire													Bal	
			T°C	pH	c25°C	% O2	c25°C	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>		Ca <sup>++</sup>
EAU de surface	barrage		26,7	7,79	4262			427		202	0,04		8,3	0,2	343	165		10,5	19	210	-1%
Nappe Ouakda	Forage		28,6	7,86	1077			336		173	0,01		16,5	0,08	19	86		2,2	49,7	60,4	-1%
Nappe Moughal	Forage		23,6	7,5	599			168		141	0,01		29	0,09	40	7		1,2	38	96	1%
Nappe Boussir	Forage		25,2	7,6	1561			274		154	0,01		42	0,09	81	77		10,4	48	80	2%

### B. Eau de Barrage .....Robinet de consommateur

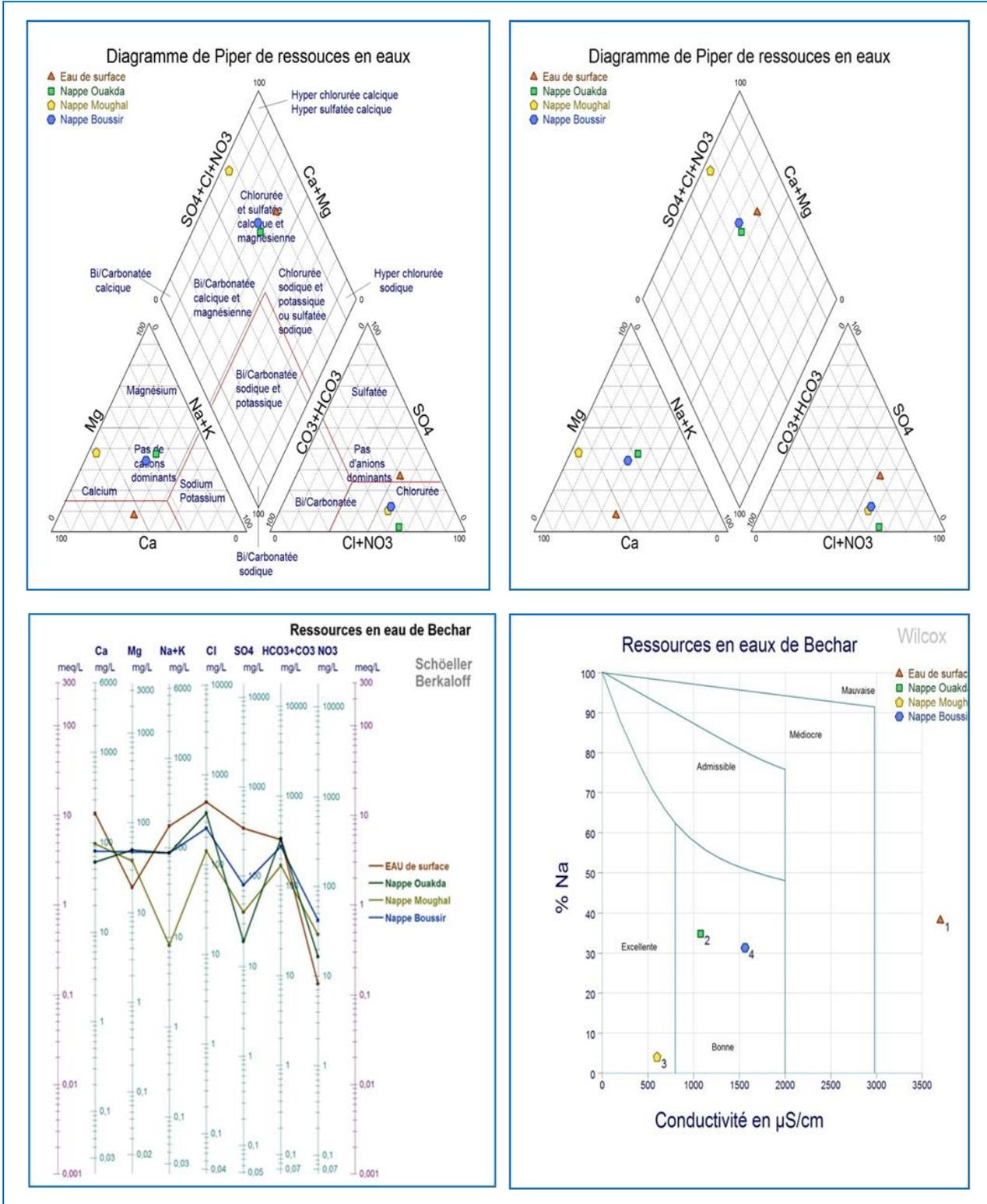
Nom échantillons	Libellé	Date	Mesures terrain				Mesures laboratoire													Bal	
			T°C	pH	□□□□	% O2	□□□	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>		Ca <sup>++</sup>
EAU BRUTE	barrage		25,5	7,34	1002			183		248	0,02		0,75	0,08	64,4	141	0,07	3	33,3	68	4%
EAU DECANTEE	barrage		25,4	7,2	1003			214		259	0		0,57	0,04	67,2	139	0,06	3	27,6	68	-2%
EAU TRAITEE	barrage		25,3	7,26	1005			183		219	0		0,57	0,07	81,1	139	0,05	3	26,4	68	4%
R- 2x2000	Réservoirs		26,1	7,37	1014			183		284	0		0,17	0,07	69,7	135	0	2,7	26	56	-7%
R- 2x3000	Réservoirs		26,3	7,39	962			204		213	0		0,31	0,03	55,6	139	0	2,9	26,3	60	4%
R- 2x250	Réservoirs		26	7,41	1009			183		213	0		0,31	0,06	58,3	135	0	2,7	26,2	66,8	6%
Q1	Robinet		25,3	7,78	1449			183		230	0		0,06	0	58,3	135	0	2,7	26,2	60	2%
Q2	Robinet		25,8	7,52	649			183		213	0		0,8	0	58	135	0	2,7	26	60	4%
Q3	Robinet		26	7,84	1903			183		213	0		0,15	0	58,3	135	0	2,7	26	60	4%
Q4	Robinet		25,6	8,15	1576			183		213	0		0,4	0	58,3	135	0	2,7	26	60	4%

### C. Eau de barrage

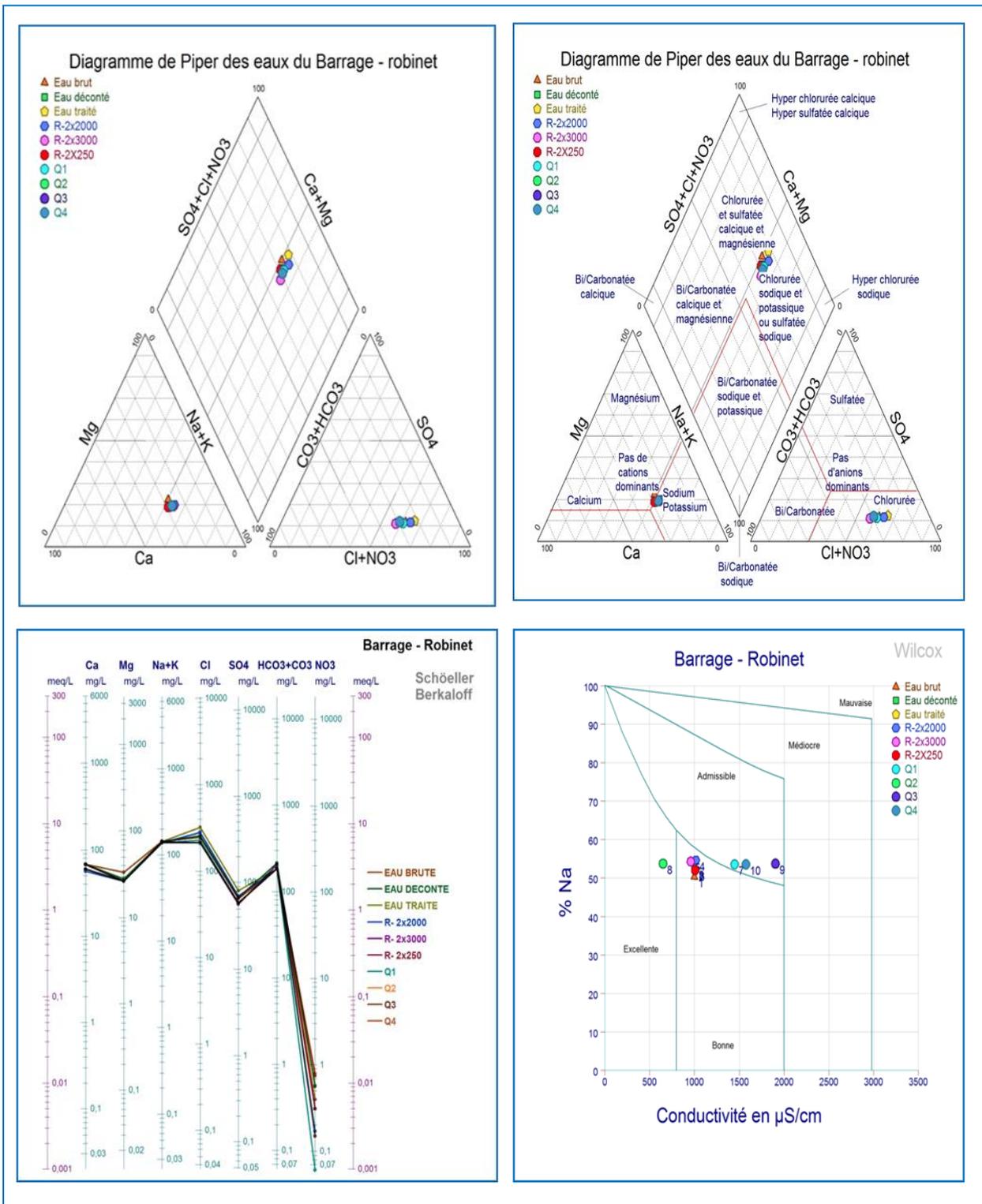
Nom échantillons	Libellé	Date	Mesures terrain				Mesures laboratoire													Bal	
			T°C	pH	c25°C	% O2	c25°C	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>		Ca <sup>++</sup>
EAU BRUTE	barrage		15,4	7,4	1196			146		319	0,01		0,93	0,58	235	235	0,01	7	7,2	90	-3%
EAU DECANTEE	barrage		15,9	7,35	1218			122		355	0,01		0,22	0,49	212	235	0,01	7	9,6	90	-2%
EAU TRAITEE	barrage		15,9	7,39	1198			146		408	0		0,62	1,11	223	235	0,01	7	9,6	86	-9%

# ANNEXE 07 : Facies chimique par « DIAGRAMME »

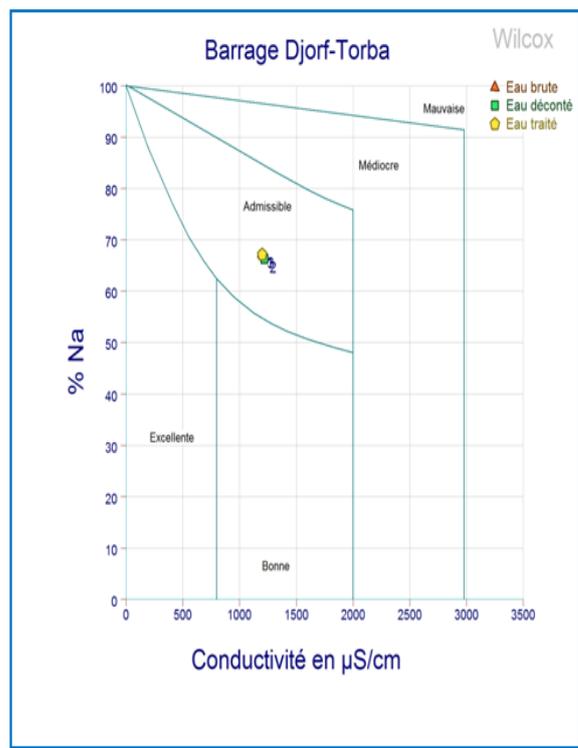
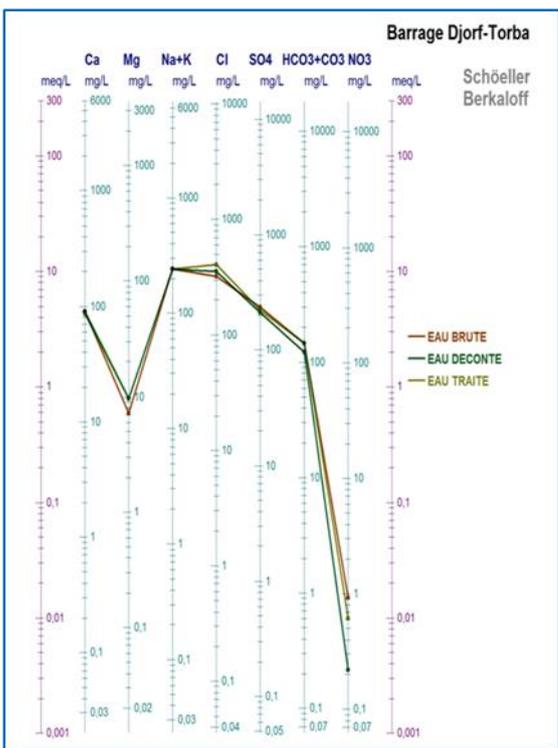
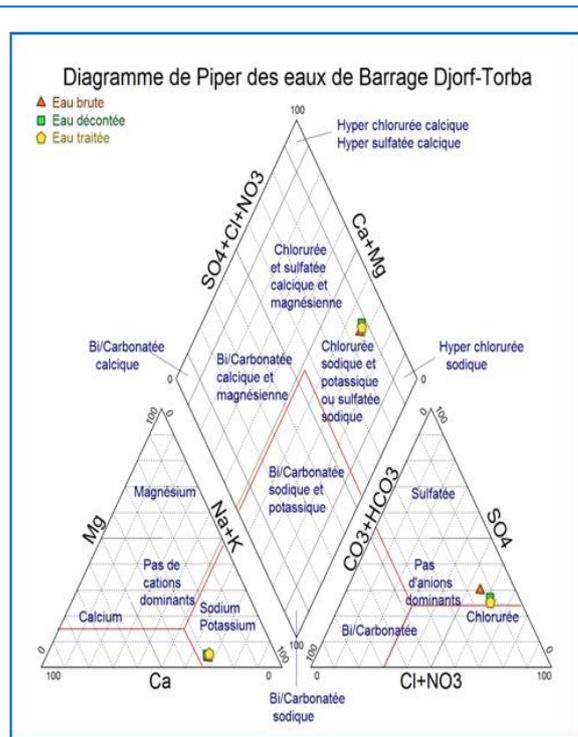
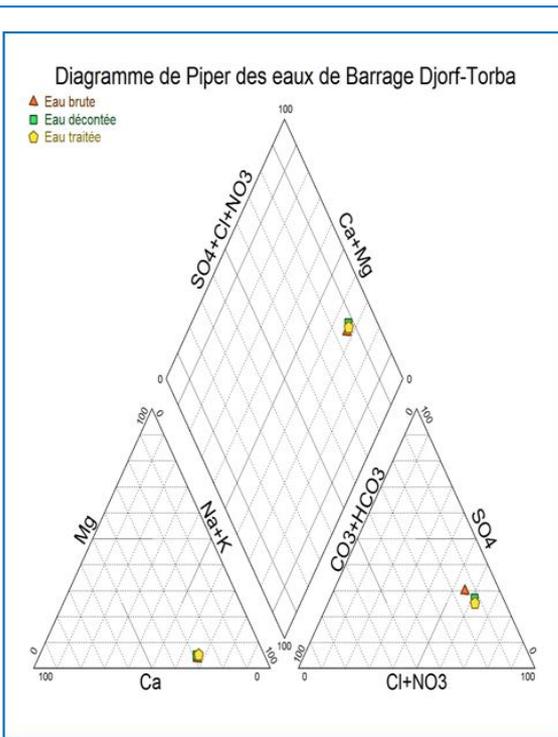
## A. Eau des Ressources



**B. Eau de Barrage et ses différentes stations jusqu'aux robinets du consommateur**



C. Eau de barrage



ANNEXE 08 : Cadre législatif

## JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18

6		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18		18 Rabie Ethani 1432 23 mars 2011	
<b>Tableau « B » Concours définitifs</b> (En milliers de DA)					
SECTEURS	MONTANTS OUVERTS				
	C.P.	A.P.			
Soutien aux services productifs	6.500	6.500			
Infrastructures économiques et administratives	367.000	367.000			
<b>TOTAL</b>	<b>373.500</b>	<b>373.500</b>			
<b>Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.</b>					
-----					
Le Premier ministre, Sur le rapport du ministre des ressources en eau, Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2) ; Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ; Vu la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, relative à l'eau ; Vu la loi n° 09-03 du 29 Safar 1430 correspondant au 25 février 2009 relative à la protection du consommateur et à la répression des fraudes ; Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ; Vu le décret exécutif n° 04-196 du 27 Joumada El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et à la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source ; Vu décret exécutif n° 08-148 du 15 Joumada El Oula 1429 correspondant au 21 mai 2008 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation d'utilisation des ressources en eau ; Après approbation du Président de la République ;					
<b>Décète :</b>					
Article 1er. — En application des dispositions de l'article 112 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine ainsi que les modalités de contrôle de conformité.					
Art. 2. — Les paramètres de qualité fixés par le présent décret sont applicables à l'eau de consommation humaine définie à l'article 111 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, susvisée, à l'exception des eaux minérales naturelles, des eaux de source, des eaux dites "eaux de table" et des eaux thermales.					
Art. 3. — Au sens du présent décret, il est entendu par : — <b>valeurs limites</b> : valeurs maximales fixées pour certains paramètres chimiques, radionucléides et microbiologiques et dont le dépassement constitue un danger potentiel pour la santé des personnes ; — <b>valeurs indicatives</b> : valeurs de référence fixées pour certains paramètres organoleptiques et physico-chimiques à des fins de contrôle du fonctionnement des installations de production, de traitement et de distribution d'eau et d'évaluation des risques pour la santé des personnes.					
Art. 4. — Les valeurs limites et les valeurs indicatives des paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine sont annexées au présent décret.					
Art. 5. — La vérification de la conformité de l'eau de consommation humaine aux paramètres de qualité est effectuée au moyen d'analyses d'échantillons prélevés au niveau des points suivants : — au compteur particulier pour les eaux fournies par un réseau public de distribution ; — au point d'utilisation pour les eaux prélevées dans le domaine public hydraulique naturel en vue de la fabrication de boissons gazeuses et de glace ou de la préparation, du conditionnement et de la conservation de denrées alimentaires ; — conformément à la réglementation en vigueur pour les eaux fournies à partir de citernes mobiles.					
Art. 6. — La vérification de la conformité de l'eau de consommation humaine incombe, suivant le cas : — à l'organisme exploitant tout ou partie du service public d'alimentation en eau potable ; — au titulaire de l'autorisation ou de la concession d'utilisation des ressources en eau ; — au titulaire de l'autorisation d'approvisionnement en eau destinée à la consommation humaine par citernes mobiles ; — à toutes les institutions de contrôle habilitées par la législation et la réglementation en vigueur.					
Art. 7. — Lorsqu'il est constaté que l'eau de consommation humaine a cessé d'être conforme aux valeurs limites et aux valeurs indicatives fixées par le présent décret, l'organisme exploitant ou le titulaire d'autorisation ou de concession, concernés au sens de l'article 6 ci-dessus, sont tenus de suspendre la distribution de l'eau. Aucun rétablissement de la distribution de l'eau ne peut être effectué sans qu'une enquête ne détermine les causes de non-conformité et sans la prise de mesures correctives nécessaires en vue de rétablir la qualité de l'eau.					
Art. 8. — L'organisme exploitant du service public d'alimentation en eau potable est tenu d'informer les usagers, par tous moyens appropriés, de toute suspension de la distribution et/ou des mesures correctives décidées au titre de l'article 7 ci-dessus.					
Art. 9. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire. Fait à Alger, le 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011.					
Ahmed OUYAHIA.					

## ANNEXE

## PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE

Tableau 1 : PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O <sub>2</sub>	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
Nickel	µg/l	70	
Plomb	µg/l	10	
Sélénium	µg/l	10	
Zinc	mg/l	5	

8	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18	18 Rabie Ethani 1432 23 mars 2011	
ANNEXE (suite)			
GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	$\mu\text{g/l}$	0,2
	fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (11,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1 ,2,3-cd) pyrène.		
	benzo (3,4) pyrène	$\mu\text{g/l}$	0,01
	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extraits au $\text{CCl}_4$	$\mu\text{g/l}$	10
	Phénols	$\mu\text{g/l}$	0,5
	Benzène	$\mu\text{g/l}$	10
	Toluène	$\mu\text{g/l}$	700
	Ethylbenzène	$\mu\text{g/l}$	300
	Xylènes	$\mu\text{g/l}$	500
	Styrène	$\mu\text{g/l}$	100
	Agents de surface réagissant au bleu de méthylène	$\text{mg/l}$	0,2
	Epychlorehydrine	$\mu\text{g/l}$	0,4
	Microcystine LR	$\mu\text{g/l}$	0,1
	Pesticides par substance individualisée - Insecticides organochlorés persistants, organophosphorés et carbamates, les herbicides, les fongicides, les P.C.B. et P.C.T	$\mu\text{g/l}$	0,1
	à l'exception de aldrine et dieldrine		0,03
	Pesticides (Totaux)	$\mu\text{g/l}$	0,5
	Bromates	$\mu\text{g/l}$	10
	Chlore	$\text{mg/l}$	5
	Chlorite	$\text{mg/l}$	0,07
	Trihalométhanes (THM) (Total) Chloroforme, Bromoforme, Dibromochlorométhane, Bromodichlorométhane	$\mu\text{g/l}$	100

18 Rabie Ethani 1432  
23 mars 2011

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18

9

## ANNEXE (suite)

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques (suite)	Chlorure de vinyle	µg/l	0,3
	1,2 - Dichloroéthane	µg/l	30
	1,2 - Dichlorobenzène	µg/l	1000
	1,4 - Dichlorobenzène	µg/l	300
	Trichloroéthylène	µg/l	20
	Tetrachloroéthylène	µg/l	40
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0

Tableau 2 : PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Calcium	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Température	°C	25	

## ANNEXE 09 : Questionnaire sur la qualité de l'eau de la ville de

## Béchar

**ENQUETE SUR TERRAIN (Echantillon de 200 citoyens)**

## LES QUARTIERS

CITE BECHAR DJADIDE

CITE DEBDABA

CITE BADRE

CENTRE VILLE

1. Quel type d'eau buvez-vous à votre domicile
  - L'eau du robinet
  - L'eau en bouteille
  - L'eau du robinet et de l'eau en bouteille
  - L'eau du forage
  
2. Pourquoi ne buvez-vous pas de l'eau du robinet
  - Je n'aime pas le goût de l'eau du robinet
  - Je considère que l'eau en bouteille est meilleure pour ma santé
  - Je ne sais pas
  
3. Que pensez-vous de la qualité de l'eau à votre robinet ?
  - Excellente
  - Bonne
  - Très mauvaise
  - Ne sait pas
  
4. Que pensez-vous sur l'eau de Barrage
  - Potable
  - N'est pas potable
  - Je ne sais pas
  
5. Que pensez-vous sur l'eau du forage :
  - Potable
  - N'est pas potable
  - Je ne sais pas

6. Quel est la couleur de l'eau à votre domicile

- Transparente
- Polluer
- Je ne sais pas

7. Quel est l'odeur de l'eau à votre domicile

- Sans odeur
- Médiocre
- Saumâtre

8. Vous êtes satisfait à La qualité de l'eau à votre domicile

- Satisfaite
- Non satisfaite
- Je ne sais pas

9. Que pensez-vous sur le réseau d'eau potable

- Nouveau
- Ancien
- Je ne sais pas

10. Que pensez-vous sur les réservoirs d'eau potable

- Nouveaux
- Anciens
- Je ne sais pas

## ANALYTICAL STUDY OF THE WATER QUALITY FOR THE DRINKING WATER NETWORKS IN BECHAR CITY

Assia ARBAOUI<sup>1</sup>, Mohamed Dris<sup>2</sup>, Boumedién MEDDAH<sup>3</sup>, Iliace ARBAOUI<sup>\*4,5</sup>, Madani Benyoussef<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Civil Engineering and Environment (LGCE), Department of Civil and Hydraulic Engineering, Faculty of Technology, Tahri Mohamed de Bechar University, Algérie

<sup>2</sup>Laboratory of Civil Engineering and Environment (LGCE), Department of Hydraulics, Faculty of Technology, DjilaliLiabes University of SidiBelabes; Algeria.

<sup>3</sup>Bioconversion Laboratory, Engineering Microbiology and Food Safety, SNV Faculty, University of Mascara, Algeria

<sup>4</sup>LESEM Laboratory, Oran1 University, Algeria

<sup>5</sup> University Ahmed Draia–Adrar, ST Faculty, Algeria

<sup>6</sup> Laboratoire de Géomatique, Ecologie et Environnement, SNV Faculty, University of Mascara, Algeria



### Abstract

*The study carried out involves an evaluation of the physico-chemical parameters of drinking water networks in Bechar city (Algeria). In this work we have characterized the quality of drinking water, investigated the main sources of water pollution and proposed solutions to this problem. Today, the water consumer in Bechar city enjoys an aftertaste in drinking water, despite its treatment upstream of the dam. The installation of the dam began in October in 1968, the drinking water supply system of the town of Bechar was carried out between 1978 and 1980, and the dam was inaugurated in May 1981.*

*This work was initiated to better understand the quality of drinking water. The quality of drinking water must be checked upstream (sources of water) until downstream (consumer), it can also be degraded during its storage and passage through the distribution of drinking water networks. Contamination can come from the network itself. The results found show that almost all of the parameters analysed comply with both national and international drinking water regulations. To this end, we have concluded that the supply of drinking water to the city of Bechar is subject to several constraints such as the degradation of drinking water supply networks and the aging of reservoirs.*

*Keywords: Drinking water, Water treatment, physicochemical analysis, Distribution network, dam, reservoir, storage.*

## 1. INTRODUCTION

Province of Béchar, located in the south-west of Algeria, is characterized by an arid climate with a Saharan tendency (Nasri et al., 2018). The supply of drinking water of Béchar city comes mainly from the DjorfTorba (80%), and secondarily from the Turonian aquifer of Ouakda (20%), with flows, respectively of 358,72 l/s and 97 l/s (Nasri et al., 2018). The dam provides two to four times the volume exploited from Ouakda, to reach 80%. For this reason, we are interested in this research on the quality of surface water (Djorf-Torba dam) to consumers.

Currently, these rivers receive urban and industrial discharges loaded with chemical and organic elements, often toxic, which make necessary a better knowledge on the existing water resources

especially, the evolution of the water quality of the dam, and the vulnerability of the resource to a potential factor (Kabour et al., 2015). It is therefore necessary to know and to follow the evolution of the water quality of this resource.

This work was initiated

to better understand the evolution of raw, decanted and treated water quality at the Dam and the various treatment plants, using the Water Quality Index (WQI). In order to complement the previous studies, then to identify the various factors that are at the origin of this problem related to the natural environment and to all the processes of anthropogenic origin.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### II. 1. Description of study area

In the south-west of Algeria, the Djorf-Torba dam represents a majestic hydrotechnical structure. It ranks fourth in Algeria, with an estimated capacity of 360 hm<sup>3</sup>. It was carried out during the period from 1965 to 1969 at the most appropriate site in the wilaya of Béchar (60 km west of the capital) (Kabour et al., 2015). The town of Bechar (Figure 1) is located between the 27°N and 32°N parallels and the 0°W and 5°W meridians. The area is approximately 164,881 km<sup>2</sup>. This region has a reported population of approximately 339,795 in 2020 (DPAT, 2020).

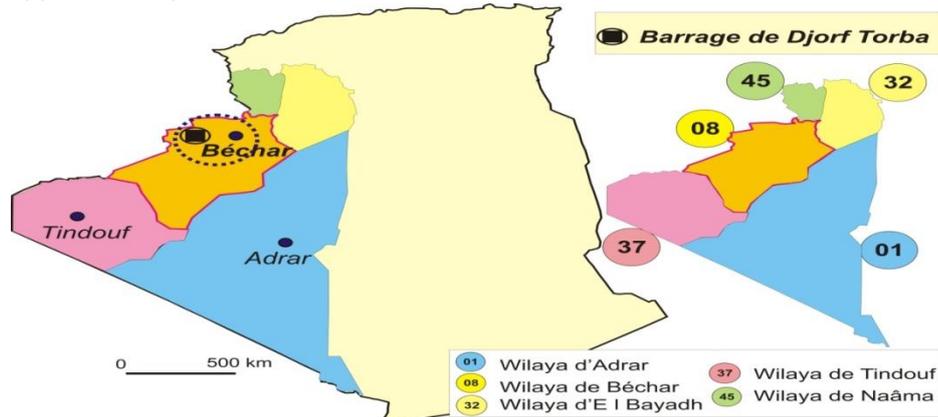


Figure 1. Location map of the study area

### II.2. Climatological Aspect

The study area has a desert-like climate with low precipitation (mean 55 mm/year) and an average annual temperature of 20.5°C, with low air humidity (ANRH, 2008).

### II.3. Geological aspect

In a broader view, the Djorf-Torba site enclaves itself in the southern part of the Cretaceous basin of Béchar, formed by a wide range of terrains ranging from Precambrian to current (Figure 2). The Paleozoic, predominantly carboniferous lands are found in the southern part of the map and make up the djebels of Bechar, Horreït and Antar. These lands belong to the old Saharan platform deformed during the Hercynian. The secondary and tertiary fields occupy the northern part and correspond to the alpine domain. Turonian limestones circumscribe the morpho-structural limits of the Cretaceous basin of Bechar (Nasri et al., 2018).

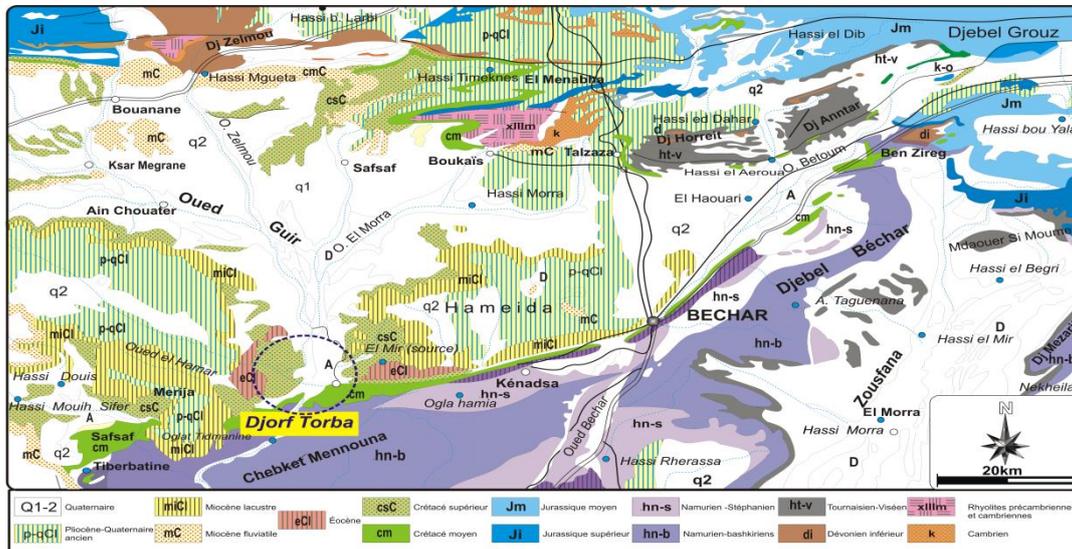


Figure 2. Geological map of the study area (Nasri et al., 2018)

## II.4. Quantitative Aspect

The water resources in the Béchar region are limited and do not meet the needs of the capital of the wilaya of béchar especially with the increase of its population, and the development of the industrial and agricultural sectors. Several projects have been carried out to feed the town of Béchar from the region’s aquifers, as in the case of Turonian and Quaternary tablecloths of Ouakda, the transfer from the Jurassic of Mougheul, and recently the transfer project of Oued Ennamous (Nasri et al., 2018).

## II. 5. Qualitative aspect

Today, the city of Bechar has an aftertaste in the quality of drinking water, despite the presence of a treatment plant upstream of the dam because of various factors.

Currently, these rivers receive urban and industrial discharges loaded with chemical and organic elements, often toxic, which makes necessary a better knowledge on the existing water resources especially, the evolution of the water quality of the dam, and the vulnerability of the resource to a potential factor (Nasri et al., 2018) is therefore necessary to know and to follow the evolution of the water quality of this resource.

## III. Sampling and Analytical Methods

The present study, consists of a monitoring of the water quality from the source (Djorf-Torba dam) to the consumer, using the database of water analyses carried out by the water quality monitoring laboratory of the Bechar ADE. In order to better identify variations and fluctuations in water quality, monitoring according to national and international standards is carried out at three levels:

1. Main Intake (Djorf-Torba Dam)
2. Reservoirs that directly feed the population (R: 2X2000; R: 2X3000; R: 3X250)
3. Consumer taps: four different neighbourhoods (Bechar Djadide, Dabdabdaba, HaiElbadre and City Centre)

The analytical techniques used are those described by J. RODIER (Rodier et al., 2009). The water samples were then transported to the laboratory in a 4°C cooler for analysis within 24 hours of collection.

Secondly, the analyses are carried out on 10 parameters according to standard analysis methods. Temperature, pH and conductivity were measured on site using a coupled pH meter of a thermometer and a conductivity meter type WTW 315i SET after calibration of these devices. Total dissolved salts (TDS) were determined after evaporation at 180°C, according to method NF T 90-029, described by the water analysis, chlorides are determined by the AFNOR NF EN ISO 15682 method, sulphates are determined by the method NFT 90-009, nitrates and ammoniacal nitrogen by NFT 90-012. These parameters were measured using the Perkin Elmer Lambda 25 visible UV spectrophotometer according to the method described by J. RODIER (Hanon et al., 2011). Carbonates and bicarbonates are determined by acidimetry according to method NF T90-036, calcium and magnesium (TH) have been determined by titrimetric methods according to standard NF T90-016 and NF T90-003, trace elements are determined by method NFTA90-119. And are measured by Visible UV spectrophotometry according to reference (Rodier et al., 2009).

### 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

#### IV. 1. Organoleptic parameters

The organoleptic quality of the water is due in particular to plankton, algae mounted by rivers. It is the most complex quality problem to understand and control.

Tastes and smells can be generated on three levels: The dam, the reservoir and the distribution of drinking water network. The main materials that can give the water an unpleasant flavor iron, manganese and chlorine. This flavor develops with increasing temperature.

The solutions are of the same type as those recommended for microbiological parameters.

#### IV.2. Physico-chemical parameters

Monitoring the evolution of water quality at three levels (the Djorf-Torba dam, the reservoirs that directly feed the population and the taps of the consumer) and compare them to national and international standards of potability, which is an essential step in preserving this resource.

##### Temperature

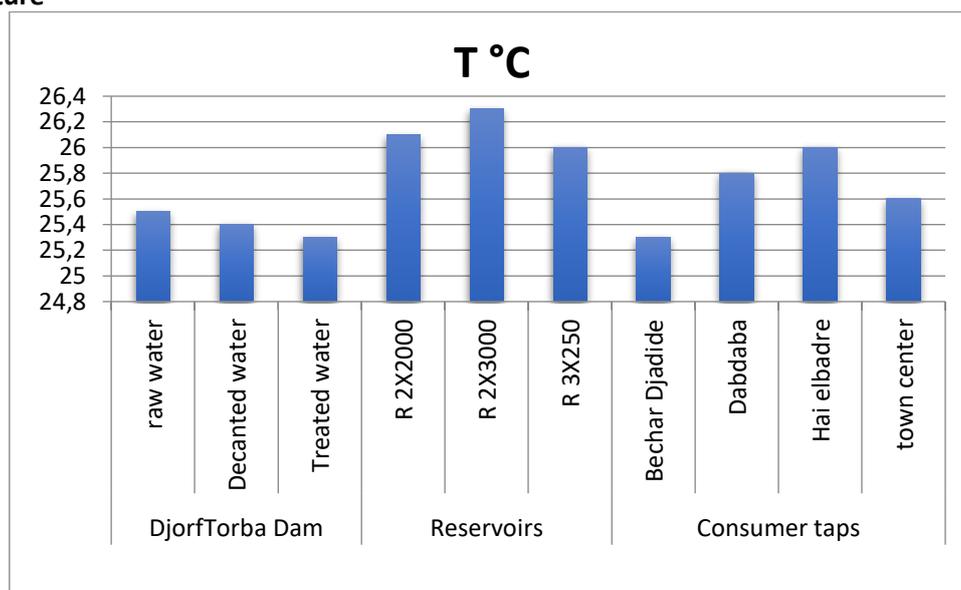


Figure 3. Variation in water temperature of the town of Bechar

Water temperature is an important factor in the aquatic environment as it governs all physical, chemical, and biological reactions. In relation to the water potability standards set by the WHO (WHO, 2000) water is: excellent when the temperature varies between 20 and 22°C; fair when the temperature fluctuates between 22 and 25°C; The results of the temperature measurements (Figure 3) show that these values are variable and range from 25.3°C to 25.5°C for the waters of the DjorfTorba Dam, and from 26°C to 26.3°C for the waters of the reservoir to 25.3°C and 26°C for Consumer Taps. The majority do not comply with Algerian standards <25 (MRE, 2014) and WHO recommendations. These values are above 25°C, which could mean that compared to these standards, the waters analyzed are poor. These values were obtained from May onwards, which means that this increase is due to ambient temperature.

### Hydrogenpotential (pH)

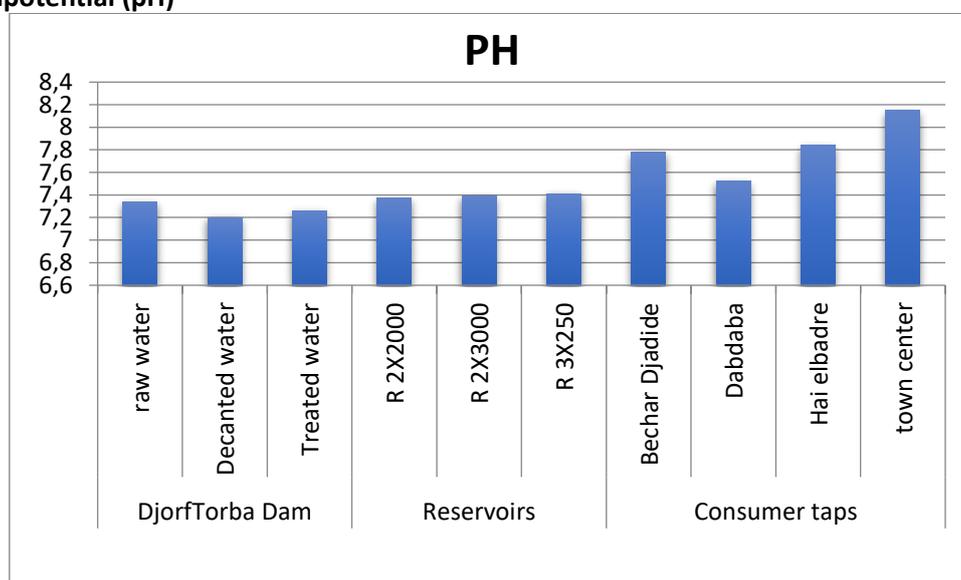


Figure 4. Variation in pH of the waters of the town of Béchar

Water pH is a parameter that determines the acidity or alkalinity of a water by the concentration of H<sup>+</sup> ions. The acidity of the water in itself poses no problem for the health of the consumer. However, acidic water distributed through a pipeline system can indirectly pose a health threat to the ill-informed or unwise consumer (Hanon et al., 2011). The pH values of the water points studied (Figure 4) vary between 7.20 and 7.34 for the waters of the Djorf-Torba dam and between 7.37 and 7.41 for the waters of the reservoirs and between 7.15 and 7.84 for the waters of the consumer's taps, with a generally alkaline character. These results are well in line with the WHO recommendations (7 to 8.5) (WHO, 2000) and the Algerian standard (6.5 to 8.5) (MRE, 2014).

### Conductivity (EC)

The conductivity of water makes it possible to evaluate quickly, but approximately the total mineralization of in situ water by an approximation equal to the product of electrical conductivity at 25°C by a coefficient between 0.55 and 0.95.

The classification of water according to conductivity is as follows:

Conductivity of 0.05pS/cm: demineralised water; Conductivity of 10 to 80 pS/cm: rainwater; Conductivity of 80 to 100 pS/cm: lightly mineralized water; Conductivity of 300 to 500 pS/cm:

moderately mineralized water; Conductivity of 1000 to 3000 pS/cm: saline water; Conductivity greater than 3000 pS/cm: seawater (Rodier et al., 2009).

The waters analysed (Figure 5) show that the conductivity of the waters of the Djorf-Torba Dam varies between 1002 pS/cm and 1005 pS/cm, and between 962 and 1014 us/cm for the waters of the tanks, and between 649 and 1903 for the consumer's water. These results also show that all the analyzed waters have an EC in conformity with the Algerian standards (2800 ps/cm). The values of electrical conductivity are between 1000 and 3000 pS/cm and are therefore according to this classification, saline water. This increase depends on the decrease of the dam volume in this period and the increase of the temperature.

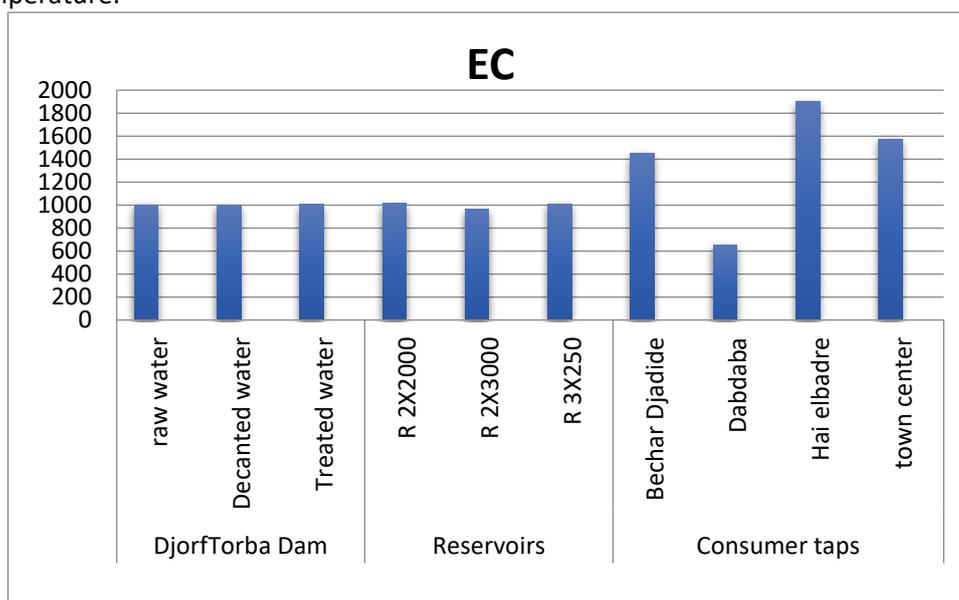


Figure 5. Variation of electrical conductivity of the waters of the city of Bechar

### Total dissolved salts (TDS)

TDS is the amount of dissolved salts and organic matter in water obtained by drying water at 110-180°C for 24 hours,

According to a WHO publication, the appetite of drinking water has been assessed by groups of tasters in relation to its TDS level as excellent, less than 300 mg/1; good, between 300 and 600 mg/1; fair, between 600 and 900 mg/1; poor, between 900 and 1200 mg/1; and unacceptable, greater than 1200 mg/1. Water with extremely low concentrations of TDS may also be unacceptable because of its flat and tasteless taste.

The results of the analyses obtained (Figure 6) show that the TDS values for the waters of the Djorf-Torba Dam are around 492 and 493 mg/1 and between 472 and 478 mg/1 for the reservoir waters and between 475 and 478 mg/1 for the tap waters of the consumer. These results also show that 100% of the waters analysed have a lower mineralization than Algerian standards (1500 mg/1) and according to WHO recommendations. The TDS values, between 300 and 600 mg/1, conform to the potability standards.

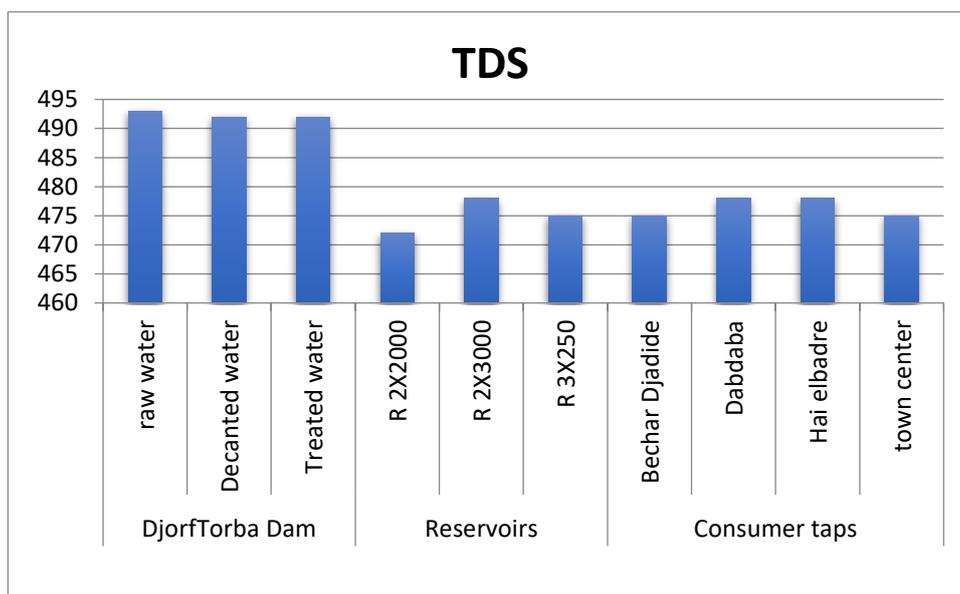


Figure 6. Variation of TDS in the waters of the town of Bechar

### Total hardness (TH)

The total hardness obtained by the addition of calcium and magnesium levels expressed in French degrees (°f). The results of the water analyses carried out during this period (Figure 7) indicate a high hardness that sometimes exceeds 30°f in general; it varies between 38°f and 28.5°f for the waters of the Djorf-Torba Dam and between 30 and 30.1°f for reservoir and consumer tap water. The samples analyzed show that these waters are hard to very hard. This is due to the dissolution of the limestone formations with the increase in temperature. This high hardness would have no impact on the health of the consumer.

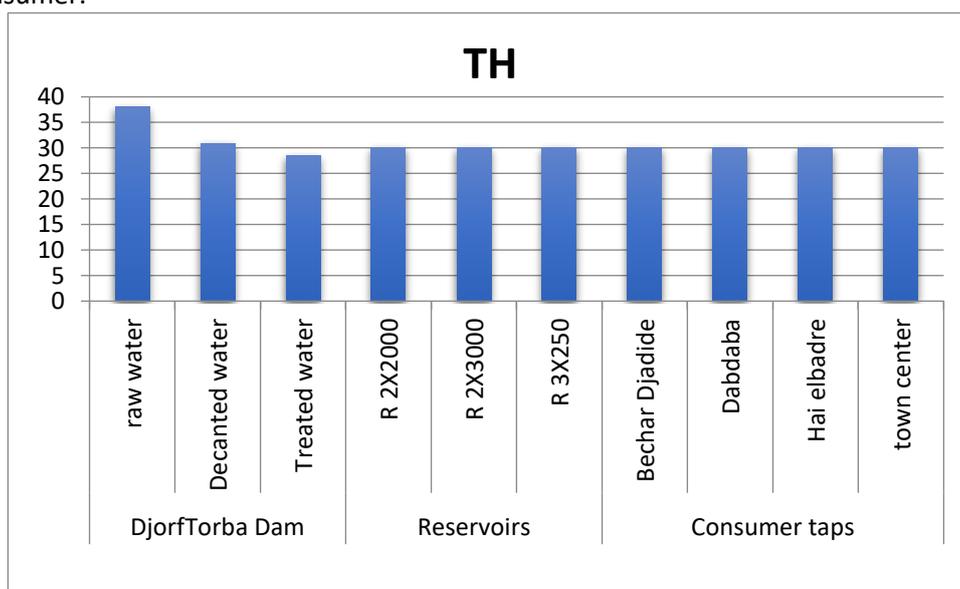


Figure 7. Variation of TH in the waters of the city of Bechar

### The sulphate content

The presence of sulphates is generally due to the dissolution of gypsum formations ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) and anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ), they can also come from the oxidation of pyrite ( $\text{FeS}_2$ ). Sulphate levels in the waters of the Bechar region (Figure 8) vary between 64.35 and 81.06 mg/l for the DjorfTorba Dam, and between 55.58 and 69.7 mg/l for the reservoir waters and between 58 and 58.26 mg/l for the tap waters of the consumer. In general, 100% of the water tested has values in accordance with Algerian (200 to 400 mg/l) and WHO (250mg/l) standards.

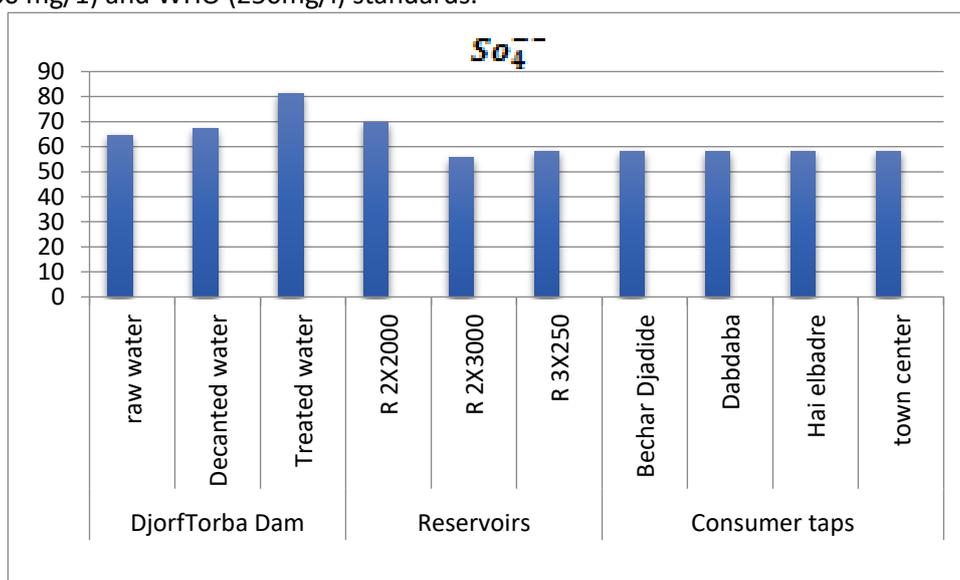


Figure 8. Variation of  $\text{SO}_4$  of the waters of the city of Bechar

### The chloride content

The natural chloride concentrations in surface waters depend on the chemical composition of the bedrock, the climate and the areas crossed by these waters. It results from the dissolution of natural salts such as sylvite ( $\text{KCl}$ ) and Ehalite ( $\text{NaCl}$ ). Chloride levels (Figure 9) range from 248.15 to 319.05 for the Djorf-Torba Dam and 212.7 to 283.6 for the reservoir and 212.7 to 230.42 mg/l for the consumer's tap water. These values show normal amounts of chlorides are in accordance with Algerian and WHO standards. Some studies (Weinberg et al., 2011) have shown that even in the case of excessive amounts in drinking water, chlorides would not have adverse effects on the health of the consumer.

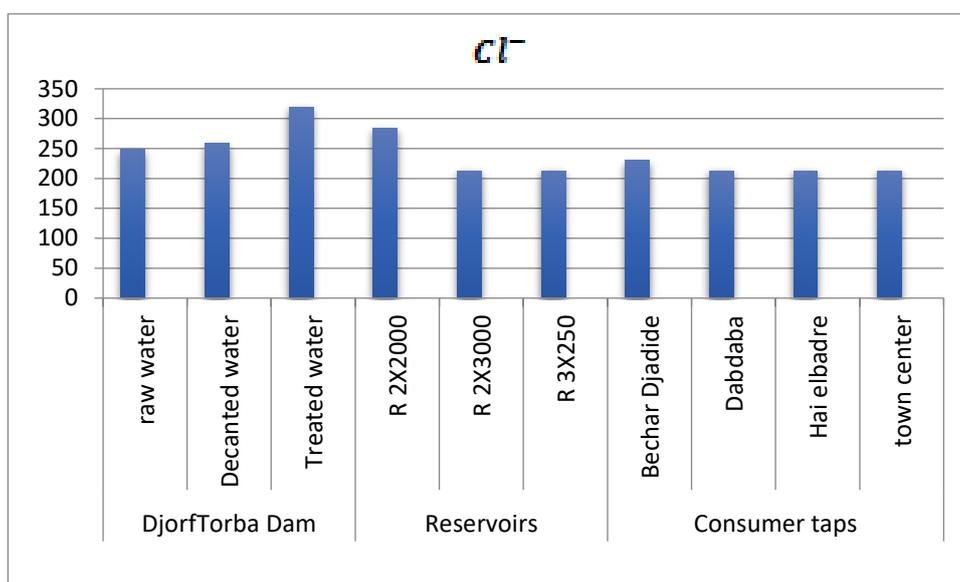


Figure 9. Variation de Cl<sup>-</sup> des eaux de la ville de Bechar

### The nitrate content

Nitrates are one of the main causes of water quality degradation. They mainly come from agricultural pollution, domestic waste water, fertilisation by chemical or organic nitrogen fertilisers and intensive animal husbandry (animal waste). Nitrates themselves pose no particular health hazard; it is their transformation into nitrite in the stomach that can be toxic.

The waters analysed (Figure 10) have very low nitrate levels and do not exceed 10 mg/1, they vary between 0.06 and 0.75 mg/1, for the different types of water: the waters of the Djorf-Torba Dam, the waters of the reservoirs and the waters of the taps of the consumer.

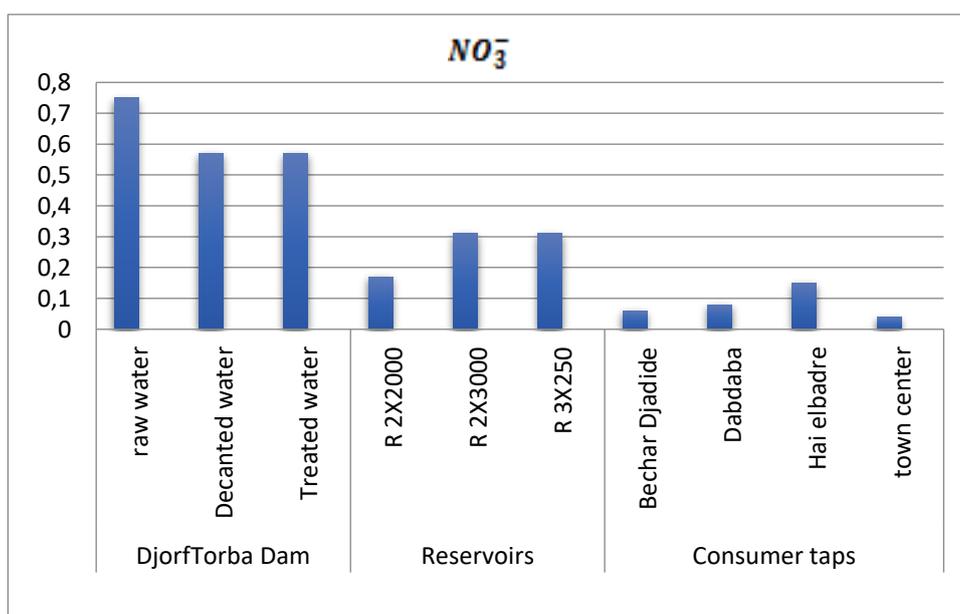


Figure 10. Variation of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in bechar city waters

### Calcium

Calcium is generally the dominant element of drinking water and its content varies mainly according to the nature of the terrain crossed (limestone or gypsum).

Adverse effects that are primarily organoleptic or aesthetic in nature resulting from the presence of calcium in drinking water can be attributed to its contribution to hardness (AWWA, 1990). The calcium levels in the waters analysed in the city of Bechar (Figure 11) are all below the maximum permissible concentration of 200 mg/l, as set out in Algerian standards (MRE, 2014), and that of the WHO for drinking water.

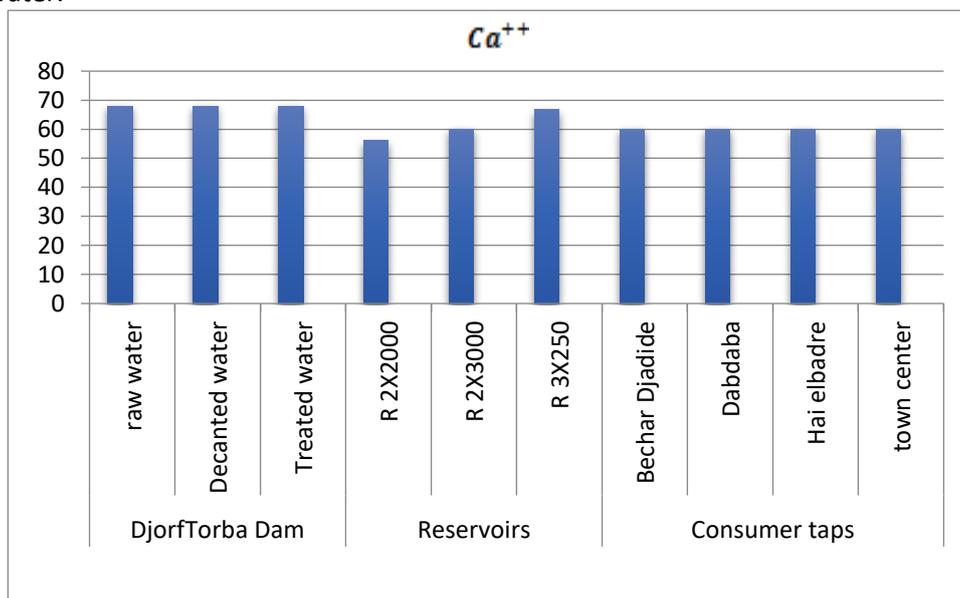


Figure 11. Ca<sup>2+</sup> variation of the waters of the city of Bechar

### The ammonium content

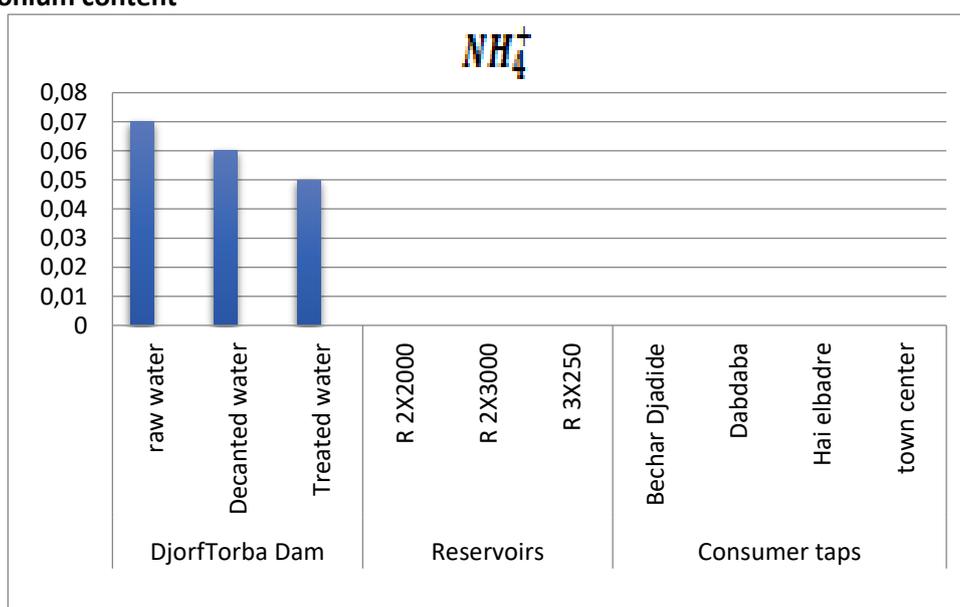


Figure 12. Variation of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in the waters of the town of Bechar

The presence of ammonium in water explains the existence of an incomplete degradation process of organic matter. It comes from the reaction of minerals containing iron with nitrates. It is therefore an excellent indicator of water pollution from agricultural, domestic and industrial organic waste.

The water samples from the town of Bechar (Figure 12) show that the ammonia nitrogen content varies between zero and 0.07 mg/l. In general, the results show values comply with Algerian (0.05 to 0.5mg/l) and WHO (0 mg/l) standards and show that there is treatment efficiency at the dam treatment plant,

### Trace metal elements

The metal trace elements (MTE) of the surface waters of the Djorf-Torba Dam of the Bechar region measured in the samples are limited to only two ( $Fe^{2+}$ ) and ( $Mn^{2+}$ ). The state of surface water pollution by trace metal elements was demonstrated by comparing the mean values of MTE with Algerian standards (MRE, 2014) and the World Health Organization's guiding values (WHO, 2011) for drinking water.

In the waters of Bechar city (Figure 13), iron levels range from 0.03 to 0.09 mg/l for the waters of the DjorfTorba Dam and from 0 to 0.03 mg/l for the reservoir waters and 0 for the tap waters of consumers. These results show values in accordance with Algerian (0.3mg/l) (MRE, 2014) and WHO (0.1 mg/l) standards (WHO, 2011) .

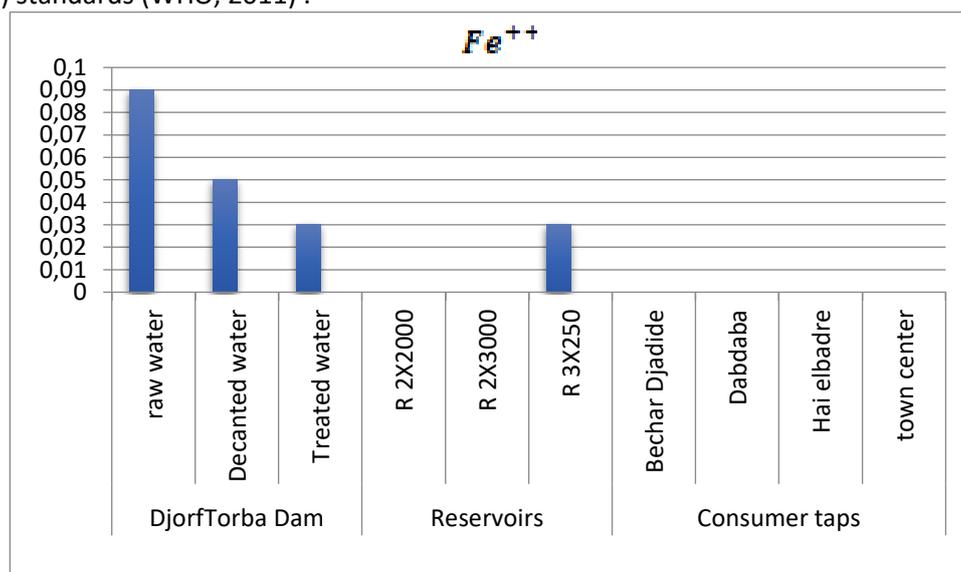


Figure 13.  $Fe_2^+$  variation of the waters of the city of bechar

For manganese levels (Figure 14) vary between 0.1 and 0.3 mg/l in the waters of the Djorf-Torba Dam, and between 0 and 0.1 in the reservoir waters, and 0 in the tap waters of consumers. The results conform to Algerian standards and reveal a slight exceedance of WHO standards, for the waters of the Djorf-Torba Dam, in the waters of reservoirs (MRE, 2014) (WHO, 2011) . These values would have as the dissolution of the geological formations of the region, especially the rocks carbonates, oxides and silicates.

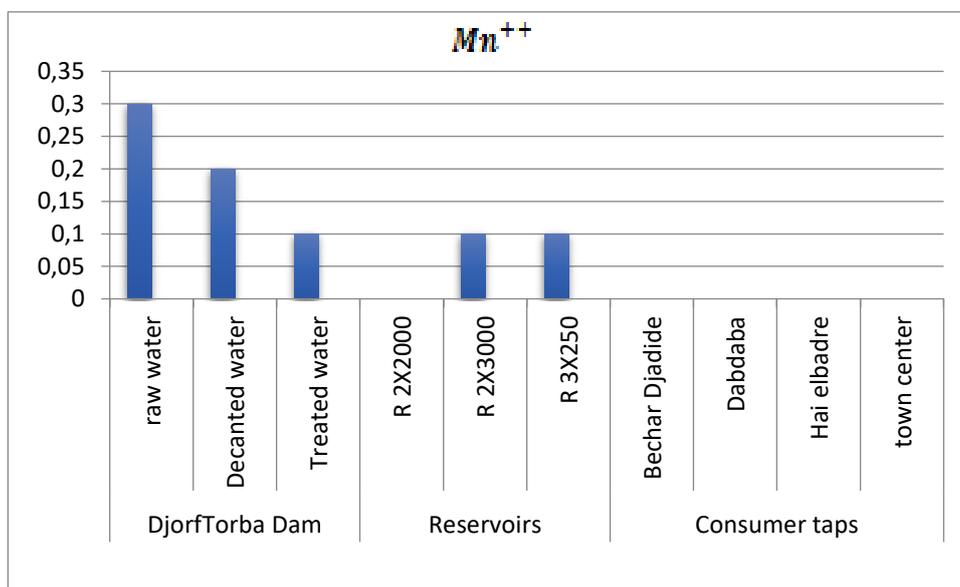


Figure 14. Mn<sup>2+</sup> variation of the waters of the city of Bechar

### IV.3. Bacteriological parameters

The results of bacteriological analyses of drinking water from the city of Bechar are reported in Table 1:

Table 1. Bacteriological test results for the City of Bechar

Bacteriological settings	DjorfTorba Dam			reservoirs			Consumer taps			
	raw water	clarified water	treated water	R 2X2000	R 2X3000	R 3X250	Bechar Djadide	Dabdaba	Hai elbadre	city centre
CSR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total coliforms	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Faecalcoliforms	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Faecalstreptococci	0	0			0	0	0	0	0	0

The water of Bechar city has no germs. It's clean water from a bacteriological point of view.

### V. Water Quality Index

The Water Quality Index is a water classification criterion based on the comparison of water quality parameters with drinking water quality standards. It is used to summarize a number of data into a single number that represents a water quality level (Abbasi et Al., 2012; Zamiche et Al., 2018). This technique is used in this work to determine the impact of natural and anthropogenic factors on the water quality of the city of Bechar. To calculate the Water Quality Index, several steps are taken (Magesh et Al., 2013; Acharya et Al., 2018), a weight is assigned to each quality parameter based on its ratio of importance in overall water quality and its health effects, which is 2 to 5 (Çner et Al., 2017)). A maximum value of 5 was assigned to nitrate (NO<sub>3</sub>), a value of 4 for total dissolved TDS salts and pH, a value of 3 for iron (Fe<sup>2+</sup>) and manganese (Mn<sup>2+</sup>), and TAC, and a minimum weight of 2 for other parameters such as TH, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, and NH. LQS values assigned to parameters are given in Table 2.

In a second step a relative weight ( $W_i$ ) is calculated according to Formula 1, and the values obtained are given in the following table:

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1)$$

With:

$W_i$  : is the relative weight;

$w_i$ : Weight assigned to each parameter;

$n$ ; the number of parameters.

**Table 2. Relative weights of physico-chemical parameters**

Parameters	Standards WHO	weight	relative weight m
pH	6,5-8,5	4	0.133
TDS	1000	4	0.133
TH	300	2	0.066
TAC	200	3	0.1
SO <sub>4</sub>	200	2	0.066
CL	250	2	0.066
NO <sub>3</sub>	50	5	1.66
NH <sub>4</sub>	0.5	2	0.066
Fe	0.3	3	0.1
Mn	0.5	3	0.1
		$\sum w_i = 30$	2.484

Then, another factor called (quality rating scale  $q_i$ ) for each parameter is calculated by dividing the concentration of the element by its standard and multiplying the result by 100 according to the following equation 2.

$$q_i = \left( \frac{C_i}{S_i} \right) \times 100 \quad (2)$$

With  $q_i$  is the quality rating,  $C_i$  is the concentration of each chemical parameter in each water sample in mg/l, and  $S_i$  is the Algerian water quality standard.

Finally, and for a final step before proceeding to the water quality index calculation, another  $Sl_i$  factor is calculated for each chemical parameter according to Equation 3, which is then used to determine the water quality index according to the following equations (Logeshkumaran et Al., 2015):

$$Sl_i = W_i \times q_i(3)$$

$$IQE (WQI) = \sum Sl_i(4)$$

With:  $Sl_i$  is a sub-index of the parameterized lemme analyzed water quality. Then, the water quality under study will be determined according to the classification grid given in the following table .

**Table 3. Quality Classes by Water Quality Index IQE**

settings		DjorfTorba Dam			reservoirs			Consumer taps			
		Raw water	Settled water	Treated water	R 2X2000	R 2X3000	R 3X250	Bechar Djadide	Dabdaba	Hai elbadre	City centre
PH	<i>Sli</i>	11,48	11,27	11,36	11,53	11,56	11,59	12,17	11,77	12,27	12,75
TDS	<i>Sli</i>	6,56	6,54	6,54	6,28	6,36	6,32	6,32	6,36	6,36	6,32
TH	<i>Sli</i>	0,84	0,68	0,63	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
TAC	<i>Sli</i>	0,58	0,55	0,55	1	0,75	0,75	0,55	0,55	0,55	0,55
SO <sub>4</sub>	<i>Sli</i>	2,12	2,22	2,67	2,3	1,83	1,92	1,92	1,91	1,92	1,92
Cl	<i>Sli</i>	6,55	6,83	8,42	7,49	5,62	5,62	6,08	5,62	5,62	5,62
NO <sub>3</sub>	<i>Sli</i>	2,49	1,89	1,89	0,56	1,03	1,03	0,2	0,27	0,5	0,13
NH <sub>4</sub>	<i>Sli</i>	0,92	0,79	0,66	0	0	0	0	0	0	0
Fe	<i>Sli</i>	3	1,66	1	0	0	1	0	0	0	0
Mn	<i>Sli</i>	6	4	2	2	2	2	0	0	0	, 0
Fe	<i>Sli</i>	3	1,66	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>ISli= IQE</i>		39,62	35,64	35,72	31,82	29,81	30,89	27,9	25,23	27,88	27,95

#### 4. CONCLUSIONS

At the end of this study, which focused mainly on the assessment of the quality of the drinking water of the city of Bechar, it emerges that the all the parameters analysed comply with both national and international potability regulations.

The results obtained on the physical level have shown that the pH of these waters meets the standards, their degree of mineralization is average and their temperature is high because it is the ambient temperature of the region in May. From a chemical point of view, these waters are also within the norm in so far as their hardness is relatively high but without risk to the health of the consumer, their normal levels of calcium and chloride, and especially their levels of nitrates, which are known to cause adverse health effects, are very low in relation to the maximum permissible value.

Finally, the bacteriological results show that the drinking water of the city of Bechar is healthy and no germs are present.

The water quality index calculation shows that all waters are of excellent quality.

In conclusion, the waters of the city of Bechar can be considered good to consume so well on the disinfection operations (chlorination and others) are well performed. It would be desirable to carry out this type of studies on a regular basis based on physical and chemical evaluation, but we take into account the rehabilitation of EPA networks and reservoirs to solve the problems of organoleptic quality (tastes and smells).

#### 5. REFERENCES

- Abbasi, T., Abbasi, S.A, (2014), Water quality indices, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. EBook ISBN 978-0-444- 54305-9, Published by Key Laboratory of Subsurface Hydrology and Ecological Effectin Arid Region, china, 384-456.
- Acharya, S., Sharma, S.K., Khandegar, V. (2018), Assessment of groundwater quality by water quality indices for irrigation and drinking in South West Delhi, India , Data Brief, 18, 2019-2028.
- ANRH, A. (2008), Synthesis on groundwater in the northern and eastern region of the wilaya of Béchar, Adrar Southwest Regional Branch:Algeria. 13-58

- AWWA, (1990), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, Water quality and handbook of community water supplies, 4th edition. F.W.. Pontius (dir. techn. de la publ.), McGraw-Hill, New York, NY, 76-89.
- Çener, Ç., Çener, E., Davraz, A. (2017). Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey) , *Sci. Total Environ.*, 584131 144, 2017.
- Dpat, B. (2020). Bulletin of the management of planning and land development wilaya of Béchar, ,Published by Department of Planning and Territorial Development province of Béchar, 14-26, Bechar.
- Hanon M., Rouelle, A. (2011), The pH of tap water, Environment portal of Wallonia: Belgium., 131-146.
- Kabour, A., Mekkaoui, I., CHEBBAH, L. (2015). The DjorfTorba Dam (Béchar, South West Algeria), under Climate, Environmental and Management Constraints, *Int. J. Environ. Giob. Clim. Change* June, 3(5), 23-32.
- Logeshkumar, N., Magesh, S., Godson, P., Chandrasekar, N. (2015). Hydro-geochemistry and application of water quality index (WQI) for groundwater quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, Inde , *Appl. Water Sci*, 5(4), 335- 343.
- Magesh, N. S, Krishnakumar, S., Chandrasekar, N., Soundranayagam, J. P. (2013), Groundwater quality assessment using WQI and GIS techniques, Dindigul district, Tamil Nadu, Inde , *Arab. J. Geosci.*, 6(11), 4179-4189
- MRE, A. (2014), Ministry of Water Resources MRE, Executive Decree N°A14-96 of 2 Joumada El Oula 1435 corresponding to 4 March 2014 amending and supplementing Executive Decree N°A 11-125 of 17. RabieEthani 1432 corresponding to 22 March 2011 relating to the quality of water for human consumption, 13(1), 14-17.
- Nasri, B., Benatiallah, A., Kalloum, S., Benhamza, M. (2018). Physico-chemical characterization of groundwater in the Kenadsa and Galbelaouda region (southwest Algeria), *AlgerianJ. Environ. Sci. Technol.*, 4(1).
- Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., Brunet, R. (2009). Water analysis- 10th edition., Natural waters, waste waters, sea water, Technical and engineering: Dunod France.
- Weinberg, JM. (1986), Fluid and electrolyte disorders and gastrointestinal diseases, in: Fluids and electrolytes, JP Kokko and RL Tanner (dir of publ.), WB Saunders Co., Toronto.
- WHO (2000). Drinking Water Quality Guidelines. 2nd Ed, 2, Hygiene Criteria and Supporting Documentation. ISBN 9241544805, 1, japenese.
- WHO, (2011) World Health Organization, Guidelines for drinking water quality. 1:3<sup>rd</sup> ed.
- Zamiche, S., Hamaidi-Chergui, F., Demiai, A. (2018), Pollution of the quaternary aquifer of Mitidja (Algérie) by nitrates : origins and impacts on the quality of water for human consumption , *J. Fundam. Appl. Sci.*, 10(1), 14-17