

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique  
Université de Blida -1-



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'un Master Académique

**Filière : Hydrobiologie marine et continentale**

**Option : Ecosystèmes aquatiques**

**Thème**

**L'impact des changements climatiques sur les écosystèmes  
aquatiques continentaux (retenues de barrages)**

Réalisé par : **HATTALI Bahia**

**Soutenu le  
19/09/2021**

Devant le jury composé de :

Mme HAMADI F.	Professeur / USDB1	<b>Présidente</b>
Mme RADI N.	MAA / USDB1	<b>Examinatrice</b>
Mr DJELLALI M.	Chercheur permanent / CNRDPA	<b>Promoteur</b>
Mme KHETTAR S.	MAA / USDB1	<b>Co-promotrice</b>

**Année universitaire : 2020-2021**

# REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé au département de Biologie à l'université de Saad Dahleb de Blida.

Je souhaite, par le biais de ce travail, exprimer ma profonde gratitude à **Dieu** le tout puissant et le miséricordieux de m'avoir éclairé le chemin tout au long de mon parcours universitaire.

Mes vifs remerciements vont ensuite, à tout le personnel du centre national de recherche en pêche et aquaculture (CNRDPA) de Bou Ismail pour m'avoir donné la chance et l'opportunité de mettre en pratique les savoirs que j'ai acquis durant mes études supérieures.

C'est avec un profond respect et une extrême gratitude que je remercie mon encadrant Monsieur DJELLALI M. le directeur du CNRDPA d'avoir dirigé mon travail. Ses compétences et ses bonnes directives m'ont permis de boucler la préparation du mémoire.

Je souhaite également remercier ma Co-promotrice Madame KHETTAR S. pour m'avoir m'orienté et conseillé tout au long de ce travail.

Vifs remerciements s'adressent à Mme HAMAIDI F. présidente du jury et Mme RADI N. examinatrice qui ont bien voulu évaluer ce modeste travail.

Avant de terminer, je dois remercier ma famille pour son encouragement, son soutien et sa patience.

Enfin je souhaite de remercier vivement tous les enseignants de l'université Saad Dahleb de Blida qu'ils m'ont guidés et formés scientifiquement durant les cinq années de mes études.

## DEDICACES

C'est avec gratitude et une reconnaissance profonde que  
je dédie ce travail :

A mes parents << Abdelkader >> et << Hamida >>.

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de  
l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu  
leur procure bonne santé et longue vie.

A mes chères sœurs << Wafia >> et << Hind >>, mon  
frère << Khaled >> et mon beau-frère << Boualem >>.

Je ne saurais oublier de remercier toutes les personnes  
qui me sont chères.

## Résumé

Le changement climatique désigne l'ensemble des variations des caractéristiques climatiques en un endroit donné, au cours du temps : réchauffement ou refroidissement dans le sens d'un réchauffement global.

Ce phénomène peut entraîner des dommages importants :

Menaces sur les ressources d'eau douce, élévation du niveau des mers, accentuation des événements climatiques extrêmes (sécheresses, inondations, cyclones, ...), déstabilisation des forêts, difficultés agricoles...

L'objectif principal de cette présente étude est de voir l'impact des changements climatiques sur les écosystèmes aquatiques continentaux, plus précisément sur les barrages en évaluant la qualité physico-chimique de l'eau des deux barrages Béni- Haroun et Boughrara. Par exemple si la température augmente, la quantité de l'oxygène dissous diminue. Ces barrages demeurent une réalisation stratégique majeure dans le programme du développement du secteur des ressources en eau. Ils servent à satisfaire les besoins de de plusieurs wilayas de l'Est et l'ouest Algérien.

Un suivi annuel pour une durée de 4ans (2017 - 2020) a été réalisé par le service de l'ANRH.

Les résultats obtenus nous ont montrés un caractère des eaux alcalin. Les teneurs des sels nutritifs restent généralement dans les normes de potabilité. L'oxygène dissous indique des eaux bien oxygénées, et une DBO<sub>5</sub> (demande biologique en oxygène) indique une eau de bonne qualité. Le rapport de DBO<sub>5</sub> /DCO montre qu'une grande partie de la matière organique est difficilement biodégradable. Ce qu'indique que les eaux du barrage de béni Haroun ont une qualité bonne à moyenne avec un niveau de pollution très réduit.

Le changement climatique peut mener à une diminution temporaire mais drastique du niveau des eaux des barrages ayant un impact sur les espèces.

**Mots clés :** impact des changements climatiques, qualité des eaux, barrage de Béni Haroun, barrage de Hammam boughrara, eaux de surfaces.

## Abstract

The climate change indicates to all diversity of the climatic characteristics in a given place in the course of time: warming or cooling in the sense of a total warming. This phenomenon can involve extreme climatic events (Drought, Flood, Cyclone, Destabilization of the forest) Threats on the resources of fresh water, difficulties agricultural ...

The main objective of this present study is to see the impact of climate change on continental aquatic ecosystems, more precisely on the dams and to assess the physico-chemical quality of the water from the two dams Béni- Haroun and Boughrara. For example, if the temperature increases, the amount of dissolved oxygen decreases. These dams remain a major strategic achievement in the water resources sector development program. They serve to meet the needs of several wilayas in eastern and western Algeria.

The results obtained allowed as to conclude that the pH is alkaline; the contents of the chemical elements of the dam water were generally below of the potability guidelines. The dissolved oxygen level reflects well-oxygenated water, and a BOD5 (biological oxygen demand) indicates the good quality water. Whereas, the COD, (chemical oxygen demand) organic matter and nutrients.

concentrations, as well as, the phosphate reflected a medium quality water. Finally, our study revealed that the water from the Béni Haroun dam was of good to medium quality, with a very low level of pollution correlated with the results of previous work. However, this quality remains influenced by climatic and anthropogenic factors.

Climate change can lead to a temporary but drastic decrease in the water level of dams having an impact on species.

**Keywords:** Climate, climate change, impact of climate change, greenhouse gases, water quality, Béni Haroun dam, Hammam boughrara dam, surface water.

## ملخص:

يشير تغير المناخ إلى جميع الاختلافات من الخصائص المناخية في موقع معين على مر الزمن: الحرارة أو التبريد بمعنى ظاهرة الاحتباس الحراري. هذه الظاهرة يمكن أن تؤدي إلى ظواهر الطقس المتطرفة (الجفاف، الفيضانات، و الأعاصير). اختلال استقرار الغابات، والتهديدات التي تتعرض لها موارد المياه العذبة، والصعوبات الزراعية.

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو معرفة تأثير تغير المناخ على النظم البيئية المائية القارية، وبشكل أكثر دقة على السدود وتقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه من سدي بني هارون وبوغرة. على سبيل المثال، إذا زادت درجة الحرارة، تقل كمية الأكسجين المذاب. تبقى هذه السدود إنجازا استراتيجيا رئيسيا في برنامج تنمية قطاع الموارد المائية. وهي تعمل على تلبية احتياجات عدة ولايات في شرق وغرب الجزائر.

النتائج التي تم الحصول عليها أظهرت لنا طبيعة المياه قلوية. تبقى مستويات الأملاح الغذائية بشكل عام ضمن معايير القابلية للشرب. يشير الأكسجين المذاب إلى ماء مؤكسج جيدا، ويشير الطلب البيولوجي على الأكسجين خلال خمسة أيام إلى ان المياه جيدة النوعية. تُظهر نسبة الطلب على الأكسجين الب يولوجي والطلب الكيميائي على الأكسجين أن جزءا كبي را من المادة العضوية غير قابل للتحلل البيولوجي. وهذا يدل على أن مياه سد بني هارون ذات جودة جيدة إلى متوسطة مع مستوى منخفض للغاية من التلوث

يمكن أن يؤدي تغير المناخ إلى انخفاض مؤقت ولكن حاد في مستوى مياه السدود .

الكلمات المفتاحية: المناخ، التغير المناخي، تأثير التغير المناخي، غازات الاحتباس الحراري، جودة المياه، سد بني هارون، سد حمام بوغرة، المياه السطحية

## Table des matières

Introduction générale .....	1
I. CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....	2
I.1 Climat.....	3
I.2 Climat en Algérie .....	3
I.2.1 Le Nord, un pays de hautes terres.....	3
I.2.2 Le Sud, un désert dominé par le Hoggar.....	4
I.2.3 Analyse climatique .....	4
I.2.4 Tendances des paramètres climatiques en particulier l'évaporation, la précipitation, l'humidité et la température .....	5
I.2.4.1 Précipitation .....	5
I.2.4.2 Evaporation et humidité .....	5
I.2.4.3 Température.....	6
I.2.5 Changement climatique.....	6
I.2.5.1 Augmentation des concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre .....	6
I.2.5.2 Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> ).....	7
I.2.5.3 Méthane (CH <sub>4</sub> ) .....	7
I.2.5.4 Protoxyde d'azote (N <sub>2</sub> O).....	7
I.2.6 Synthèse des travaux du GIEC et l'indicateur du changement climatique .....	7
I.2.6.1 Présentation du GIEC .....	7
I.2.6.2 Indicateurs du changement climatique.....	8
I.2.6.2.1 À l'échelle globale .....	8
I.2.6.2.2 A l'échelle régionale (l'Algérie) .....	8
I.2.7 Causes du changement climatique global .....	10
I.2.7.1 Causes naturelles .....	11
I.2.7.1.1 L'effet de serre.....	11
I.2.7.1.2 Activité solaire .....	11
I.2.7.1.3 Activités volcaniques.....	12
I.2.7.2 Causes anthropiques.....	12
I.2.8 L'eau et le changement climatique .....	14
I.2.9 Impacts attendus des changements climatiques sur les ressources en eau .....	15
I.3 Généralités sur les barrages.....	17
I.3.1 INTRODUCTION .....	17
I.3.2 UTILITE DES BARRAGES : .....	17
I.3.3 EVOLUTION DES GRANDS BARRAGES EN ALGERIE.....	18

II.	Chapitre II : Matériels et Méthodes .....	21
II.1	Barrage Beni Haroun .....	22
II.2	Barrage Boughrara.....	23
II.3	Paramètres physico-chimiques .....	24
II.3.1	Barrage BENI HAROUN.....	36
II.3.2	Barrage BOUGHRARA.....	40
II.4	Température et précipitations .....	44
III.	Chapitre III : Résultats et discussions .....	45
III.1	Le barrage de Beni Haroun .....	46
III.1.1	Potentiel Hydrogène (pH) .....	46
III.1.1.1	Oxygène dissous (O <sub>2</sub> ).....	46
III.1.1.2	Demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> mg/l).....	47
III.1.1.3	Demande chimique en oxygène (DCO) .....	48
III.1.1.4	Matières organiques MO.....	49
III.1.1.5	L'ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	50
III.1.1.6	Les Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	51
III.1.1.7	Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	51
III.1.1.8	Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) : .....	52
III.2	Barrage Hammam Boughrara :.....	53
III.3	Température et précipitations .....	58
III.3.1	Constantine : .....	58
III.3.2	Jijel Achouat : .....	59
III.3.3	Tlemcen Zenata : .....	61
III.4	L'effet du changement climatique sur Beni Haroun et Boughrara.....	66
	CONCLUSION GENERALE .....	67
	Reference Bibliographique : .....	68

### **Liste des Tableaux :**

<b>Tableau 01.</b> Les principaux rôles des barrages.....	18
<b>Tableau 02 :</b> Différentes classes de qualité (Bilan ANRH) .....	24
<b>Tableau 03 :</b> Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2017).....	36
<b>Tableau 04 :</b> Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2018).....	37
<b>Tableau 05 :</b> Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2019).....	38
<b>Tableau 06 :</b> Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2020).....	39
<b>Tableau 07 :</b> Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2017).....	40
<b>Tableau 08 :</b> Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2018).....	41
<b>Tableau 09 :</b> Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2019).....	42
<b>Tableau 10 :</b> Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2020).....	43

### Liste des Figures :

<b>FIGURE 1.</b> Température observée par la NASA par rapport à la moyenne de 1850-1900 comme référence préindustrielle.....	5
<b>FIGURE 2.</b> Emission de Gaz à effet de serre.....	6
<b>Figure 3.</b> Le réchauffement climatique .....	8
<b>Figure 4.</b> Evolution des températures moyennes annuelles de l'Algérie.....	9
<b>Figure 5.</b> Evolution des totaux annuels de précipitations de l'Algérie (1901-2000) ( <i>Djellouli, 2008</i> )..	9
<b>Figure 06 :</b> Emissions totales de Gaz à effet de serre en Algérie – Equivalent de CO <sub>2</sub> (Base de données Banque Mondiale). .....	10
<b>Figure 07 :</b> Emissions totales de Gaz à effet dans le monde – Equivalent de CO <sub>2</sub> (Base de données Banque Mondiale). .....	10
<b>Figure 08.</b> Processus effet de serre.....	11
<b>Figure 09.</b> Records de concentration de gaz à effet de serre en 2018 .....	13
<b>Figure 10.</b> Localisation des Barrages en 1890.....	19
<b>Figure 11.</b> Répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien. ....	20
<b>Figure 12.</b> Bassin versant de Barrage Beni Haroun. ....	23

<b>Figure 13</b> : Situation du bassin versant de l'Oued Mouillah .....	24
<b>Figure 14</b> : Les taux de pH de Beni haroun durant les quatre années .....	46
<b>Figure 15</b> : Les taux d'o <sub>2</sub> diss% de Beni haroun durant les quatre années .....	47
<b>Figure 16</b> : Les taux de la DBO <sub>5</sub> de Beni haroun durant les quatre années .....	48
<b>Figure 17</b> : Les taux de DCO de Beni haroun durant les quatre années .....	49
<b>Figure 18</b> : Les taux de MO de Beni haroun durant les quatre années .....	49
<b>Figure 19</b> : Les taux de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> de Beni haroun durant les quatre années .....	50
<b>Figure 20</b> : Les taux de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> de Beni haroun durant les quatre années .....	51
<b>Figure 21</b> : Les taux de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> de Beni haroun durant les quatre années .....	52
<b>Figure 22</b> : Les taux de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> de Beni haroun durant les quatre années .....	53
<b>Figure 23</b> : Les taux de pH de Boughrara durant les quatre années .....	54
<b>Figure 24</b> : Les taux d'O <sub>2</sub> dissous % de Boughrara durant les quatre années .....	54
<b>Figure 25</b> : Les taux de DBO <sub>5</sub> de Boughrara durant les quatre années .....	55
<b>Figure 26</b> : Les taux de DCO de Boughrara durant les quatre années .....	55
<b>Figure 27</b> : Les taux de MO de Boughrara durant les quatre années .....	56
<b>Figure 28</b> : Les taux de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> de Boughrara durant les quatre années .....	56
<b>Figure 29</b> : Les taux de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> de Boughrara durant les quatre années .....	57
<b>Figure 30</b> : Les taux de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> de Boughrara durant les quatre années .....	57
<b>Figure 31</b> : Les taux de NO <sub>3</sub> de Boughrara durant les quatre années .....	58
<b>Figure 32</b> : Valeurs de T, TM, Tm et PP entre 1966-2020 à Constantine .....	59
<b>Figure 33</b> : Valeurs de T, TM, Tm et PP entre 1966-2020 à Jijel achouat .....	60
<b>Figure 34</b> : Valeurs de T, TM, Tm et PP entre 1966-2020 à Tlemcen .....	61
<b>Figure 35</b> : Valeurs des températures pendant les quatre saisons des années 1966-2020 à Constantine .....	63
<b>Figure 36</b> : Valeurs des températures pendant les quatre saisons des années 1987-2020 à Jijel .....	64
<b>Figure 37</b> : Valeurs des températures pendant les quatre saisons des années 1981-2020 à Tlemcen .....	65



## Introduction générale

Les changements climatiques ont depuis longtemps cessé d'être une curiosité scientifique. Ils constituent la question environnementale majeure qui domine notre époque et le défi majeur auquel doivent répondre les organismes de contrôle environnementaux. L'eau, l'une des matières premières les plus importantes en Algérie. Du fait de son importance, il est indispensable de connaître sa vulnérabilité aux changements climatiques, en Algérie. La vulnérabilité aux changements climatiques s'exprime à travers plusieurs aspects : explosion démographique, diminution probable des écoulements des eaux, la rareté des ressources, la dégradation des infrastructures hydrauliques, les menaces aux zones humides, etc.... Face à cette situation, l'Algérie a pris des mesures quantitatives et qualitatives adaptatives dans le cadre d'une gestion durable de cette précieuse ressource pour l'avenir.

Les changements climatiques constituent aujourd'hui un phénomène global avec des graves répercussions pour de nombreux pays. Le réchauffement mondial provoque des modifications durables de notre système climatique, qui font peser une menace aux conséquences irréversibles. En ce qui concerne les tendances climatiques actuelles et futures, il ressort que les évolutions actuelles sur la température sont marquées par une hausse accompagnée d'une irrégularité spatio-temporelle. Rapportant les conclusions du cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (*GIEC, 2014*), « les changements intervenus dans le système climatique depuis 1950 sont sans précédent depuis des décennies, voir des millénaires. Au niveau mondial, la température moyenne à la surface de la terre a augmenté de plus de 0,8 °C depuis le milieu du XIX siècle et croît à un rythme de plus de 0,1 °C tous les dix ans ». (*GIEC, 2009*).

L'objectif de ce travail est de savoir les impacts du changement climatique sur les barrages (Beni haroun et Boughrara), ce dernier contient trois chapitres : une synthèse bibliographique (une partie sur le climat et les changements climatique et une deuxième partie sur les barrages), matériels et méthodes et résultats et discussion.

## **I. CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I.1 Climat**

Le climat correspond aux conditions météorologiques moyennes (températures, précipitations, ensoleillement, humidité de l'air, vitesse des vents, etc.) qui règnent sur une région donnée durant une longue période. Pour l'Organisation météorologique mondiale, elle doit être d'au minimum 30 ans.

### **Classification climatique**

A : Le climat tropical humide présent de part et d'autre de l'équateur, La température mensuelle moyenne est toute l'année au-dessus de 18° C. On distingue une saison sèche et une saison humide. (*GIEC,2009*)

B : Le climat subtropicaux offre un ressenti agréable (douceur, ensoleillement), mais il est aussi sujets à des phénomènes brutaux (orages, inondations, tempêtes tropicales, cyclones). Ils prennent en compte le climat méditerranéen, réputé pour ses étés secs et chauds ainsi que pour ses hivers doux et humides. (*GIEC,2009*)

C : Le climat tempéré entre également en ligne de compte. Ces climats sont en général caractérisés par les saisons tempérées : une saison froide et une saison chaude.il comprend le climat océanique ou la température varie entre 3 et 18 degrés et le climat continental caractériser par un été court et chaud et un hiver long et froid. La température moyenne se situe autour de -9° C et 18° C. (*GIEC,2009*)

D : Le climat polaire, les plus froids du monde. Il s'étend surtout sur les régions de l'Arctique et de l'Antarctique ainsi que dans le Grand Nord québécois, les Territoires du Nord-ouest et au nord de la C.E.I. (ancienne URSS). Les températures moyennes de janvier sont de -34° C et celles de juillet de 4° C. Les précipitations sont très rares et le sol est toujours gelé en profondeur. On l'appelle d'ailleurs pergélisol. (*GIEC,2009*)

E : Le climat désertique, que l'on trouve dans certaines régions de l'Afrique, du nord de l'Océanie, du Sud de l'Eurasie et du Sud-ouest des États-Unis. Le temps y est très sec et chaud. Il y a, par contre, de très grandes différences de températures entre le jour et la nuit les températures moyennes de ces régions sont variées de 28° C à 11°C. (*GIEC,2009*)

## **I.2 Climat en Algérie**

Les aires climatiques sont très diversifiées et le climat varie du type méditerranéen au type saharien. Au nord, les hivers sont pluvieux et froids, les étés chauds et secs. Le climat, le long de la côte, est adouci par la présence de la mer.

L'Est algérien est une région plus pluvieuse que l'Ouest, avec ses 2 mètres de pluie par an et des sommets enneigés d'octobre à juillet.

Le pied sud de l'Atlas tellien marque la limite du climat aride : sec et tropical, avec de grands écarts de températures en hiver : la température moyenne est de 36°C le jour et 5°C la nuit. (*Anonyme,2014*)

### **I.2.1 Le Nord, un pays de hautes terres**

Le Nord de l'Algérie est essentiellement méditerranéen avec un contrepoids continental, dû au barrage opposé par les chaînons côtiers aux influences maritimes. La combinaison des traits méditerranéens avec les caractéristiques continentales se développe d'avantage au fur et

à mesure que l'on avance à l'intérieur des hautes terres. L'hiver y est alors rigoureux et l'été chaud et sec.

Les pluies insuffisantes et irrégulièrement réparties sont absentes en été et assez fréquentes en hiver dans le Tell, et au printemps dans les hauts plateaux. Elles sont abondantes dans le Tell oriental et dans les hautes plaines constantinoises, tandis qu'elle est plus rare au sud des Aurès, et dans les hautes plaines oranaises. (*Anonyme,2014*)

### **I.2.2 Le Sud, un désert dominé par le Hoggar**

La région est connue par ses précipitations inférieures à 1500 mm par an.et les températures très élevées le jour et très basses la nuit (0°) et l'aridité des sols est extrême. (*Anonyme,2014*)

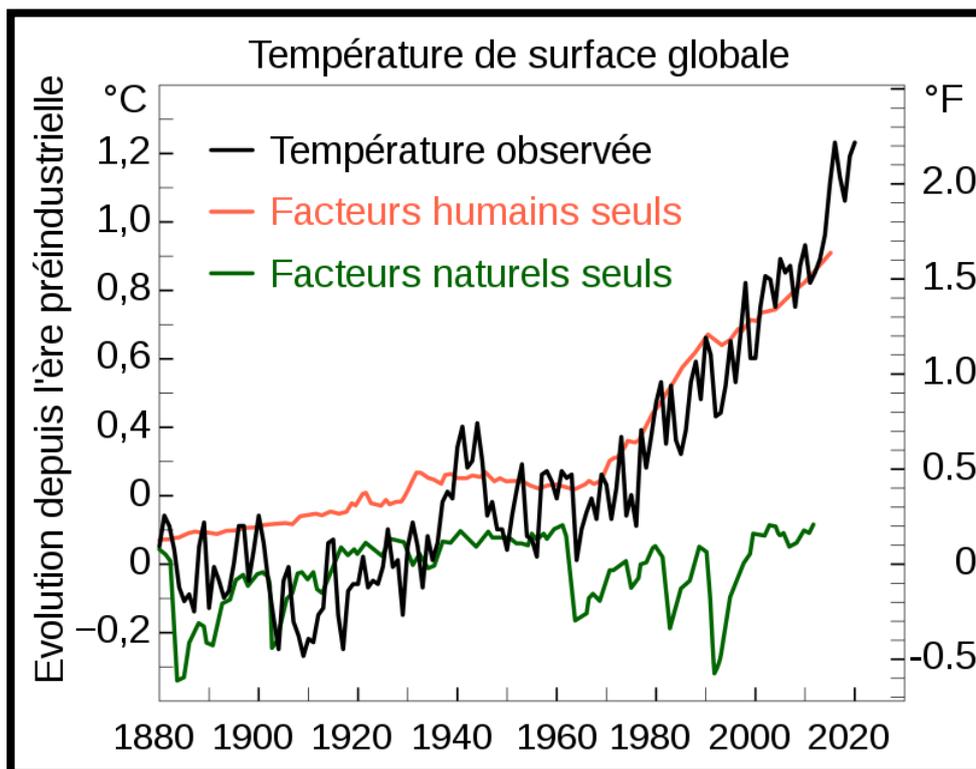
### **I.2.3 Analyse climatique**

L'analyse de l'évolution du climat impose de disposer d'observations globales de toutes les composantes du système climatique (atmosphère, océans, terres émergées et glaces), sur de longues périodes.

C'est seulement depuis le milieu des années 1970 que les programmes d'observations par satellites, complétés par des systèmes d'observation in situ, permettent d'obtenir un ensemble de données climatiques échantillonnées régulièrement dans l'espace et le temps. A l'échelle globale, on a déjà noté :

- Une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan.
- Une élévation du niveau moyen de la mer.
- Une fonte massive de neige et de glace.

Plus particulièrement, les années entre 1995 et 2006 sont les années les plus chaudes jamais enregistrées depuis que les températures de la surface du globe sont mesurées (1850).



**FIGURE 1.** Température observée par la NASA par rapport à la moyenne de 1850-1900 comme référence préindustrielle.

#### **I.2.4 Tendances des paramètres climatiques en particulier l'évaporation, la précipitation, l'humidité et la température**

##### **I.2.4.1 Précipitation**

Les tendances des précipitations sur les terres ont été analysées grâce à plusieurs ensembles de données provenant du Réseau mondial, de données climatologiques anciennes, du Centre mondial de climatologie, des précipitations et de l'Unité de recherche climatologique. Les précipitations sur les terres ont généralement augmenté durant le XXe siècle entre 30°N et 85°N ; néanmoins, des baisses importantes se sont produites au cours de ces 30 à 40 dernières années entre 10°S et 30°N. Les diminutions de la salinité dans l'Atlantique Nord et au sud de 25°S suggèrent de changements identiques des précipitations au-dessus de l'océan. Les précipitations ont sensiblement augmenté entre 1900 et les années 1950, entre 10°N et 30°N, mais elles ont diminué après 1970. (*Anonyme, 1998*)

##### **I.2.4.2 Evaporation et humidité**

Une augmentation de la teneur en vapeur d'eau de la troposphère au cours de ces dernières décennies, correspondant au réchauffement constaté et à l'humidité relative quasi constante. La colonne totale de vapeur d'eau a augmenté dans les océans mondiaux de  $1,2 \pm 0,3$  % par décennie de 1988 à 2004.

De nombreuses études montrent des hausses de l'humidité atmosphérique à proximité de la surface, mais il existe des différences selon les régions et entre le jour et la nuit. Comme d'autres composantes du cycle hydrologique, les variations interannuelles à décennales sont

importantes. Cependant, une nette tendance à la hausse a été relevée dans les océans mondiaux et sur certaines terres émergées de l'hémisphère Nord. La hausse observée de la température de la mer en surface, qui est probablement pour une bonne part d'origine anthropique, laisse penser que l'action de l'homme a contribué à l'augmentation constatée de la vapeur d'eau atmosphérique au-dessus des océans. (Anonyme,2002)

### I.2.4.3 Température

La tendance observée lors de la phase de hausse thermique de la fin du XXe siècle montre que la température augmente presque partout excepter sur quelques secteurs très précis dans les océans de l'hémisphère sud et en quelques points de l'hémisphère nord. La hausse est particulièrement marquée sur le centre de l'Amérique du Nord, le nord-est de l'Europe et l'est de l'Eurasie, mais moins importante dans la zone tropicale. Ceci signifie que l'augmentation moyenne observée au niveau planétaire est à nuancer dans l'espace, et qu'elle ne représente pas parfaitement l'évolution thermique de chaque région du globe, puisqu'il existe des différences aux échelles spatiales plus fines (Anonyme,1998)

### I.2.5 Changement climatique

Les Changement climatiques concernent des transformations générales du climat, y compris la température, les précipitations, les vents et d'autres facteurs ; ils peuvent varier d'une région à une autre. Il est établi par la science que ces changements sont la conséquence du renforcement du phénomène de l'effet de serre du fait du rejet dans l'atmosphère de gaz à effet de serre par certaines activités humaines.

Cette augmentation supplémentaire des concentrations de Gaz à effet de serre induit un réchauffement supplémentaire de la surface de la terre et de l'atmosphère.

#### I.2.5.1 Augmentation des concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre

Autres que la vapeur d'eau qui se recycle rapidement et en permanence, le gaz à effet de serre est un élément très important, qui doit être observé avec précision sur plusieurs décennies pour donner lieu à une interprétation fiable. (Anonyme,1988)

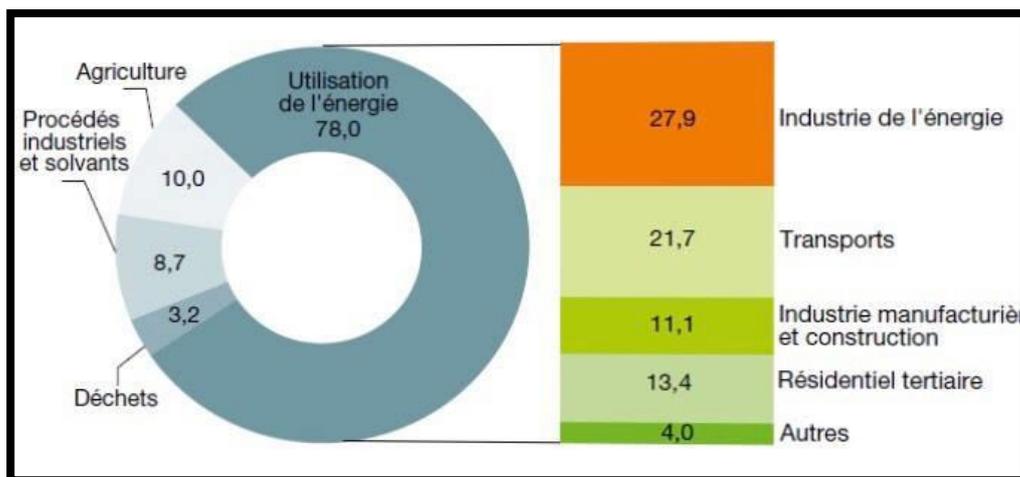


FIGURE 2. Emission de Gaz à effet de serre

### **I.2.5.2 Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)**

Sa concentration augmente continûment depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, en raison principalement des activités industrielles. Les études montrent que l'origine de cette augmentation est due pour plus de la moitié à la combustion des combustibles fossiles, le reste aux déboisements massifs et d'autre part à la production de ciment. (*Anonyme, 1988*)

### **I.2.5.3 Méthane (CH<sub>4</sub>)**

Dû notamment aux fermentations diverses (zones humides, ruminants, déchets domestiques, biomasse, ...), aux fuites de gaz naturels et à la fonte du pergélisol, sa concentration s'est accrue de 140 % sur la même période. Elle semble cependant stabilisée depuis 2000. (*Anonyme, 1988*)

### **I.2.5.4 Protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)**

Dû en grande partie aux activités agricoles (dont la biodégradation des nitrates agricoles dans les milieux souterrains anoxiques), sa concentration a augmenté de 20 % sur la même période. (*Anonyme, 1988*)

## **I.2.6 Synthèse des travaux du GIEC et l'indicateur du changement climatique**

### **I.2.6.1 Présentation du GIEC**

La principale source d'information scientifique de la qualité sur le réchauffement climatique est le GIEC, le groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (Intergovernmental Panel On Climate change- IPCC). Compte tenu l'importance de cet organisme mérite d'être présenté.

Le GIEC, fondé en 1986 par l'organisation météorologique mondiale (NMW) et par le programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), n'est pas un organisme de recherche. Il s'est donné pour rôle d'expertiser l'information technique et socio-économique qui concerne le risque de changement climatique provoqué par l'homme. Cela consiste à fournir à intervalle régulière (tous les cinq à six ans), des rapports qui résument l'état des connaissances scientifiques sur le climat à un instant donné. (*Anonyme, 1988*)

Le GIEC compte aujourd'hui 195 pays Membres. Il se réunit au moins une fois par an dans le cadre d'assemblées plénières où les représentants des gouvernements prennent les grandes décisions relatives au programme de travail du Groupe d'experts et élisent les membres et le président du Bureau. (*Adjim et Bensaoula, 2008*).

Le GIEC se compose actuellement de trois groupes de travail et d'une équipe spéciale secondés par des unités d'appui technique :

**Le groupe I :** travail sur les bases scientifiques du changement climatiques

**Le groupe II :** se penche sur les conséquences de ce changement sur notre société. Il évalue aussi la vulnérabilité de ces dernières et les adaptations possibles.

**Le groupe III :** étudie les solutions pour atténuer les différents effets du changement climatiques.

**L'équipe spéciale :** s'occupe des inventaires nationaux des gaz à effet de serre.

Ainsi, chaque rapport comporte trois volets correspondant à chaque groupe de travail, suivi d'un volet final de synthèse. (Anonyme,1988)

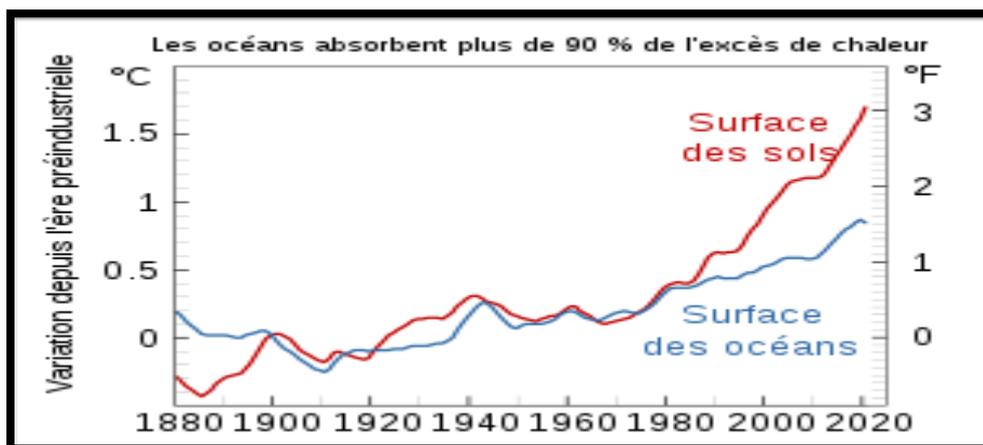
Le GIEC a présenté 5 rapports entre 1990 et 2013. Depuis le premier rapport d'évaluation, les prévisions des scientifiques se sont affinées et prédisent désormais avec certitude le réchauffement climatique d'ici la fin du 21<sup>ème</sup> siècle. (Anonyme,2007)

## 1.2.6.2 Indicateurs du changement climatique

### 1.2.6.2.1 À l'échelle globale

Selon le 4<sup>ème</sup> rapport du GIEC publié en 2007, les changements climatiques observés à l'échelle globale peuvent être résumé en :

- L'augmentation de la température moyenne à la surface de la terre. Selon le même rapport la nouvelle valeur de la vitesse moyenne du réchauffement au cours des cents dernières années (1906-2005) de 0,74 (0,56 à 0,92) °C est donc plus grande que n'était la valeur analogue calculée au moment du troisième Rapport de 0,6 (0,4 à 0,8) °C pour la période 1901-2000.
- L'augmentation du niveau de la mer d'environ 17cm au cours du dernier siècle.
- Une diminution dans la masse des calottes de glace du Groenland et de l'Antarctique.
- Modification de la fréquence des évènements extrêmes.



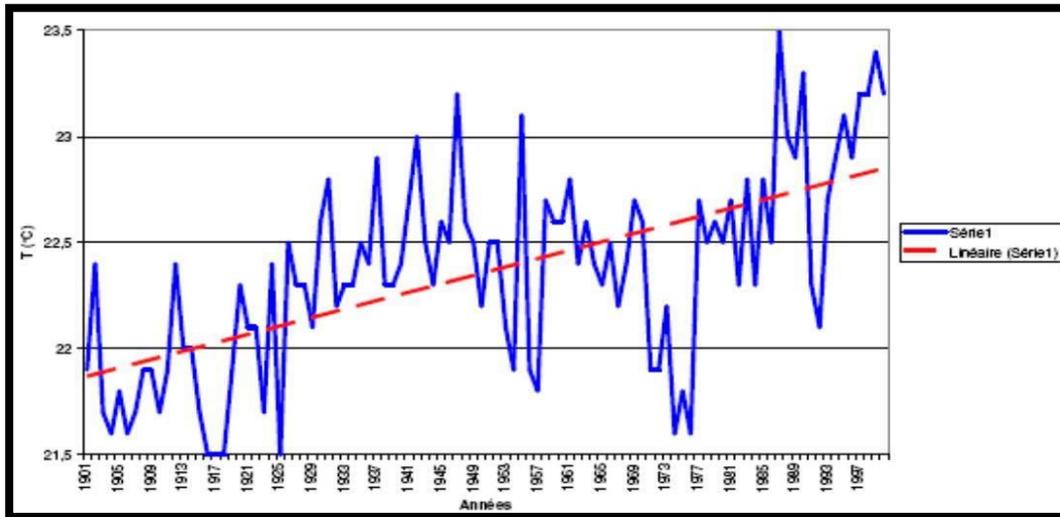
**Figure 3.** Le réchauffement climatique

Evolution de l'anomalie de température moyenne globale sur la période 1860-2012 dans les observations (en noir), et dans les simulations CMIP5 utilisées dans le rapport du GIEC (2013) prenant en compte soit l'ensemble des facteurs connus (anthropiques et naturels, orange), soit uniquement les facteurs naturels (bleu). Les principales éruptions volcaniques sont indiquées par les barres verticales.

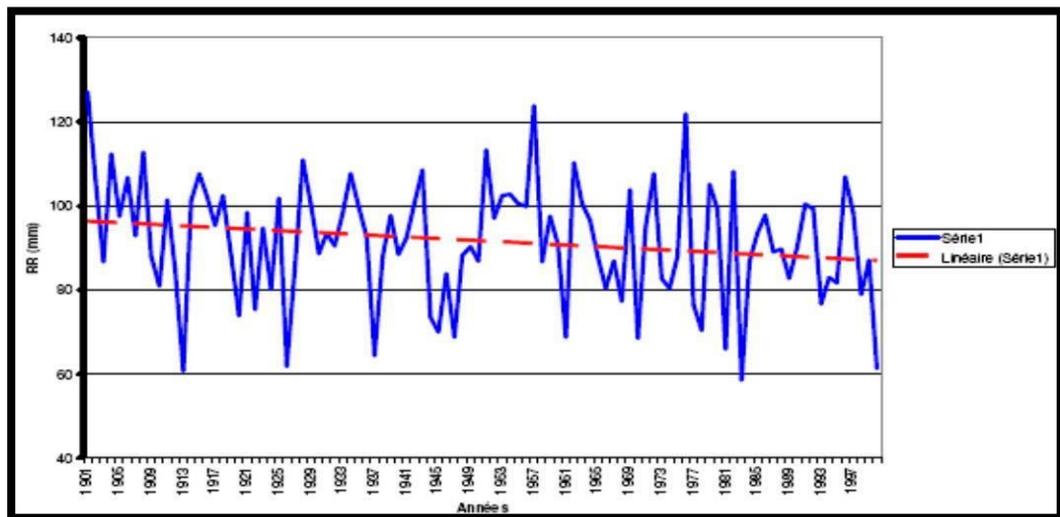
### 1.2.6.2.2 A l'échelle régionale (l'Algérie)

En Algérie, l'évolution récente du climat montre que le réchauffement est plus important que la moyenne et qu'il se manifeste sous forme d'une sécheresse. En effet sur les 40 dernières années les températures moyennes annuelles ont subi une augmentation de 0.5°C (figure4). Ainsi les sécheresses de la même période sont encore plus remarquables compte tenu du déficit pluviométrique enregistré un peu partout sur le territoire, particulièrement à

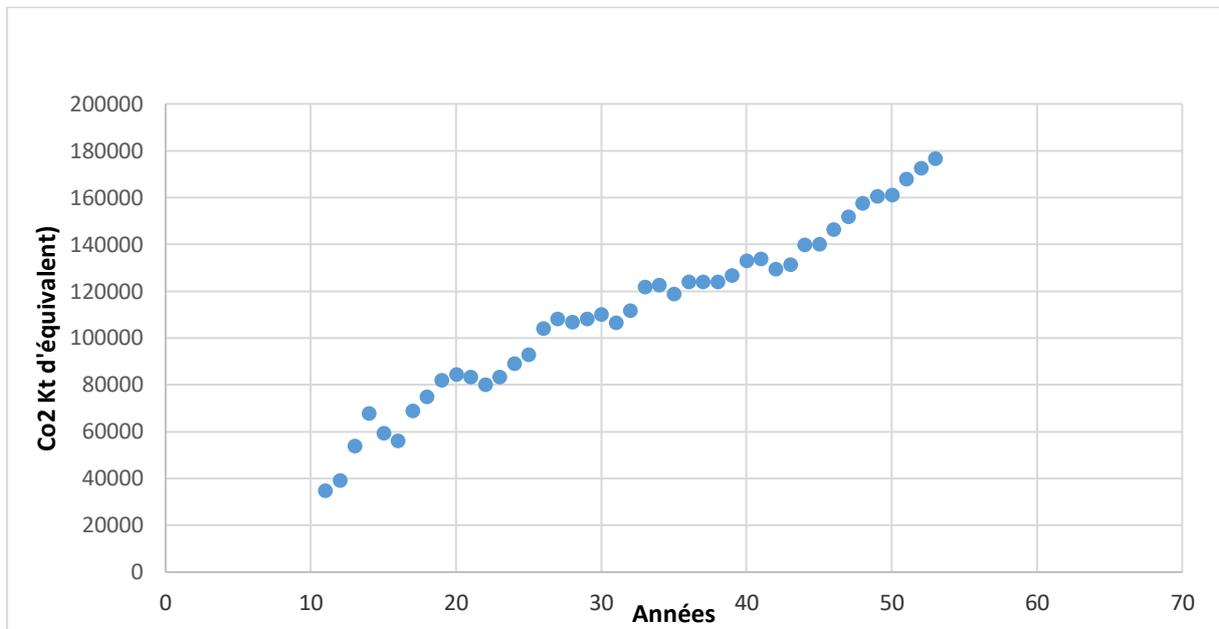
l'Ouest du pays. La baisse de la pluviométrie dans cette période est estimée à environ 10% de la moyenne. Donc le changement climatique en Algérie se présente sous forme d'une sécheresse.



**Figure 4.** Evolution des températures moyennes annuelles de l'Algérie.



**Figure 5.** Evolution des totaux annuels de précipitations de l'Algérie (1901-2000) ( Djellouli, 2008)



**Figure 06 :** Emissions totales de Gaz à effet de serre en Algérie – Equivalent de CO<sub>2</sub> (Base de données Banque Mondiale).



**Figure 07 :** Emissions totales de Gaz à effet dans le monde – Equivalent de CO<sub>2</sub> (Base de données Banque Mondiale).

### I.2.7 Causes du changement climatique global

Les causes du changement climatique sont multiples. Certaines sont naturelles comme le phénomène d'effet de serre, la variation des paramètres anatomiques et l'activité volcanique. D'autres sont liés à l'activité humaines qui se traduit par le rejet des gaz à effet de serre (GES). (Anonyme, 1966)

## I.2.7.1 Causes naturelles

### I.2.7.1.1 L'effet de serre

C'est un phénomène naturel résultant de la réémission, sous forme d'un rayonnement thermique infrarouge, d'une partie du rayonnement solaire incident, par la surface terrestre (figure8). L'autre partie est absorbée par l'atmosphère ou par la surface de la Terre et donc transformés en chaleur(figure8). (Anonyme,2007)

Les gaz à effet de serre, que sont la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane et l'oxyde nitrique, piègent ce rayonnement thermique dans l'atmosphère terrestre et augmentent ainsi la température au sol. (Anonyme,2007)

Si l'un des éléments régissant le système climatique subit des modifications considérables, l'équilibre peut être rompu, ce qui entraînerait un changement climatique planétaire qu'il soit temporaire ou permanent. (Anonyme,2007)

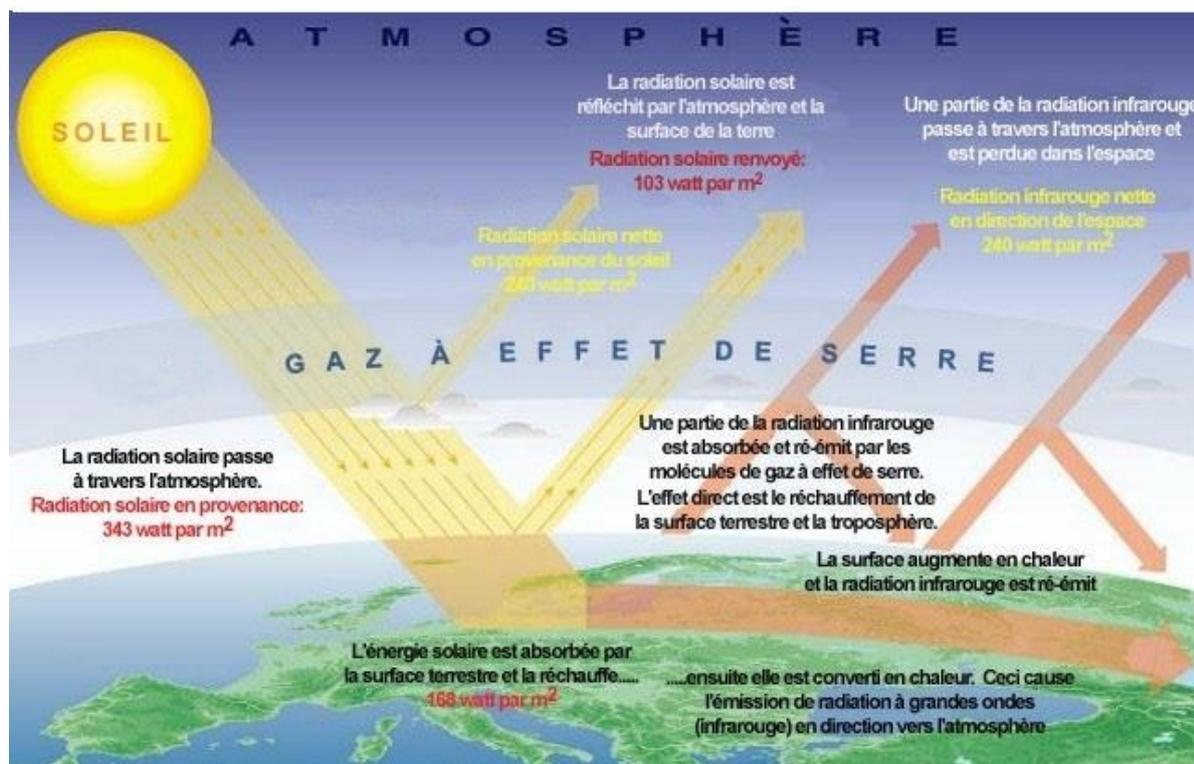


Figure 08. Processus effet de serre

### I.2.7.1.2 Activité solaire

Le soleil traverse des périodes de grande activité, qui se traduisent par une augmentation du nombre de taches solaires, ainsi que par un accroissement du rayonnement, de l'activité magnétique et des flux de particules de haute énergie. Ces fluctuations de l'activité solaire s'effectuent à des échelles de temps qui peuvent varier de plusieurs millions d'années à quelques minutes. (Anonyme,2004)

Lorsque le nombre de taches solaires est important, le soleil émet plus d'énergie (la terre en reçoit plus), par conséquent un changement de température et du climat à lieu (*Lean,1995 ; Hyot,1998 ; Fröhlich ;2000*)

### **1.2.7.1.3 Activités volcaniques**

Plusieurs études ont montré que l'activité volcanique est un autre moteur de la variabilité climatique (*Budyko, 1984 ; Touchard ,2022 ; Baroni,2006*). Les grandes quantités de particules et de gaz émis dans l'atmosphère suite aux éruptions empêchent le rayonnement solaire de passer. Toute fluctuation de ce rayonnement a une incidence sur le climat, en particulier sur la température. (*Greenfact,2014*)

Le volcanisme implique une chute des températures à court terme, mais s'avère être un puissant facteur de réchauffement sur le long terme. Les éruptions volcaniques sont parfois si violentes que de grandes quantités de poussière et de gaz sont projetées à haute altitude dans l'atmosphère. Les particules qui atteignent la stratosphère peuvent persister plusieurs années. Elles provoquent une baisse des températures en réfléchissant le rayonnement solaire. (*Anonyme,1966*).

### **1.2.7.2 Causes anthropiques**

Le changement climatique d'origine anthropique est principalement dû à la production et au rejet de gaz à effet de serre dans l'atmosphère du fait de l'activité humaine. Cette augmentation des gaz à effet de serre (GES) est directement liée à la croissance industrielle et aux modes de production et de consommation qui y sont associés. (*Greenfact,2014*)

En effet, depuis le début de l'ère industrielle, les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols perturbent significativement le bilan radiatif de l'atmosphère. On observe un accroissement sensible des concentrations atmosphériques en gaz carbonique, en méthane et en oxyde nitreux ; le taux de CO<sub>2</sub> est passé de 280 ppm à près de 400 ppm en 2013. Ces variations dépassent largement celles observées au cours des 400000 dernières années, lorsque les cycles biogéochimiques ne subissaient que des variations naturelles. (*Anonyme,1966*).

Selon le dernier rapport du GIEC « Les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote ont augmenté pour atteindre des niveaux sans précédent depuis au moins 800 000 ans. La concentration du dioxyde de carbone a augmenté de 40 % depuis l'époque préindustrielle. Cette augmentation s'explique en premier lieu par l'utilisation de combustibles fossiles et en second lieu par le bilan des émissions dues aux changements d'utilisation des sols. L'océan a absorbé 30% des émissions anthropiques de dioxyde de carbone, ce qui a entraîné une acidification de ses eaux » (*Greenfact,2014*).

Les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote ont encore battu des records en 2018. Ces trois gaz sont responsables, en grande partie, du réchauffement climatique (figure09).

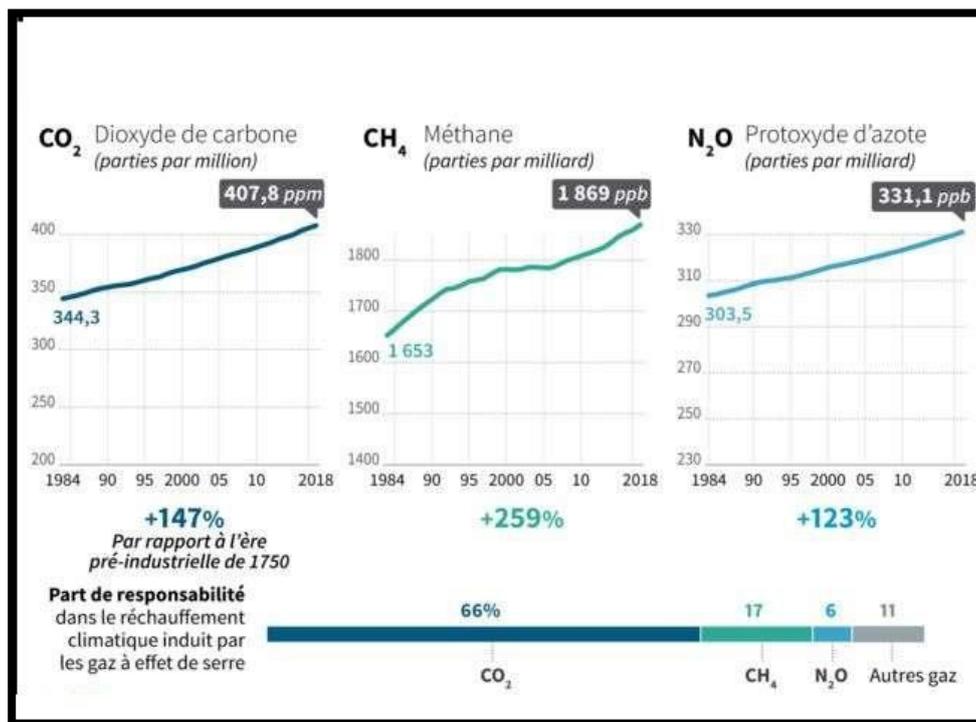


Figure 09. Records de concentration de gaz à effet de serre en 2018

### Impacts écologiques

Alors que les milieux d'eau douce ne représentent que 1% de la surface du globe, contre 70% pour le milieu marin, ils contiennent près de la moitié des espèces de poissons (*Leveque et al., 2008 in Lauzeral, 2012*) et sont particulièrement exposés aux changements globaux. S'ils sont déjà soumis à de nombreuses perturbations d'origine anthropique (fragmentation par de nombreux barrages (*Nilsson et al. 2005*), pollution agricole ou industrielle (*Richter et al. 1997*)) ils sont aussi parmi les plus susceptibles de souffrir du changement climatique qui risque de provoquer la raréfaction voire la disparition de nombreuses espèces (*Xenopoulos and Lodge 20062008 in Lauzeral, 2012*).

Les poissons sont une source importante de protéines dans le monde, mais les stocks disponibles sont en déclin suite à la destruction des habitats, à l'introduction d'espèces non natives, à la pollution et à la surexploitation (*Millennium Ecosystem Assessment 2005 2008 in Lauzeral, 2012*).

La connaissance de la variation des composantes des écosystèmes aquatiques est nécessaire pour comprendre les mécanismes de leur fonctionnement (*CEAEQ, 2000 in CNRDPA, 2016, 2017, 2018, 2019*), mais aussi d'assurer la protection de l'environnement et de la durabilité des ressources en eaux. Cette dernière est devenue une matière indispensable pour répondre aux différents fonctionnements établis par l'homme (*Salghi, 2005 in CNRDPA, 2016, 2017, 2018, 2019*).

L'Algérie est l'un des pays où la disponibilité de l'eau est limitée alors que les besoins sont en forte croissance par l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse (Tabet Helal et Ghellai, 2004 in CNRDPA, 2016, 2017, 2018, 2019). Pour faire face à cette pénurie, la construction de barrages semble être la solution la plus adaptée pour répondre aux différents besoins. Les lacs de barrages sont considérés comme une boîte noire où s'opèrent des entrées, des transferts, des stockages, des transformations et des exportations des populations bactériennes (Dorioz et al., 2006). Par ailleurs, ces lacs sont alimentés par les eaux de précipitation et de ruissellement provenant par les eaux des bassins versants. Ces apports enrichissent le milieu en éléments organiques et minéraux qui peuvent avoir un effet trophique ou toxique (micropolluants) (Schorter, 2001).

La qualité des eaux d'un hydrosystème dépend de nombreux facteurs et processus environnementaux (Madigou, 2005). Elle est définie par des caractéristiques (abiotiques (physicochimiques) et biotiques (biologiques)). Ces dernières conditionnent des biocénoses aquatiques d'un point de vue structurel et fonctionnel (Voelz et McArthur, 2000). Des modifications des caractéristiques physiologiques des biocénoses (croissance, reproduction, ...) ont été aussi enregistré (Winiarski, 2004). Certaines communautés aquatiques (poissons, macroinvertébrés, phytoplancton, zooplancton, microorganismes...) sont plus particulièrement utilisées pour évaluer la qualité biologique des plans d'eaux.

Sur la base de données bibliographiques portant sur l'ichtyofaune des eaux continentales d'Algérie, un inventaire exhaustif de 67 espèces appartenant à 27 familles et 45 genres a été dressé : 47 sont autochtones dont 6 endémiques et 20 introduites. Ce peuplement est caractérisé par la prédominance des Cyprinidae (18 espèces) et des Cichlidae (8 espèces). Toutefois, certaines déterminations sont sans doute inexactes ou devront au moins être confirmées : cas des éléments du genre *Barbus* qui nécessitent une révision taxonomique (LOUNACI-DAOUDI, 2012).

### **I.2.8 L'eau et le changement climatique**

Il est largement prouvé par des relevés d'observations et des projections climatiques que les sources d'eau douce sont vulnérables et auront à souffrir gravement du changement climatique, avec de grandes répercussions sur les sociétés humaines et sur les écosystèmes. Le changement observé pendant plusieurs décennies a été relié à la modification survenue dans le cycle hydrologique à grande échelle, Au niveau mondial, la superficie des terres considérées Comme très sèches a plus que doublé depuis les années 1970. Le volume d'eau stocké dans les glaciers de montagne et la couverture neigeuse de l'hémisphère Nord a Considérablement diminué. On a observé des décalages dans les variations saisonnières du débit des rivières

alimentées Par la fonte des glaciers et de la neige et dans les phénomènes liés à la glace dans les rivières et les lacs.

Au cours du XXe siècle, les précipitations ont surtout augmenté sur les continents dans les latitudes les plus septentrionales, tandis que des diminutions ont principalement touché les latitudes comprises entre 10°S et 30°N depuis la superficie des terres considérées comme très sèches a plus que doublé depuis les années 1970. (*Anonyme,1998*)

Le volume d'eau stocké dans les glaciers de montagne et la couverture neigeuse de l'hémisphère Nord a considérablement diminué. On a observé des décalages dans les variations saisonnières du débit des rivières alimentées par la fonte des glaciers et de la neige et dans les phénomènes liés à la glace dans les rivières et les lacs. (*Anonyme,1998*)

Des changements dans la quantité et la qualité de l'eau attribuables au changement climatique devraient influencer la disponibilité, la stabilité et l'utilisation des aliments ainsi que l'accès à ces derniers. Ceci devrait entraîner une diminution de la sécurité alimentaire et une vulnérabilité accrue des cultivateurs dans les zones rurales pauvres, en particulier dans les régions tropicales arides et semi-arides et dans les méga deltas asiatiques et africains.

Vers le milieu du XXIe siècle, le débit moyen annuel des cours d'eau et la disponibilité en eau devraient augmenter en raison du changement climatique aux latitudes élevées et dans certaines zones tropicales humides, et diminuer dans des régions sèches aux latitudes moyennes et dans les régions tropicales sèches.

L'augmentation de l'intensité et de la variabilité des précipitations devrait augmenter les risques de crue et de sécheresse dans plusieurs régions. (*Anonyme,1998*)

L'augmentation de la température des eaux et les variations des phénomènes extrêmes, notamment les crues et les sécheresses, devraient influencer la qualité de l'eau et aggraver de nombreuses formes de pollution aquatique (sédiments, nutriments, carbone organique dissous, organismes pathogènes, pesticides et sel) ainsi que la pollution thermique, avec d'éventuelles conséquences néfastes sur les écosystèmes, la santé publique, la fiabilité des systèmes de distribution d'eau et les coûts d'exploitation (degré de confiance élevé). De plus, l'élévation du niveau de la mer devrait étendre les zones de salinisation des eaux souterraines et les estuaires, ce qui entraînera une diminution de la disponibilité en eau douce pour l'homme et les écosystèmes dans les zones côtières. (*Anonyme,1998*)

### **I.2.9 Impacts attendus des changements climatiques sur les ressources en eau**

Une intensification générale des pluies torrentielles. Cela induirait une augmentation des inondations et du ruissellement tout en réduisant les possibilités d'infiltration de l'eau dans le sol.

Des modifications du régime des saisons pourraient affecter la répartition régionale des ressources en eau tant souterraines que superficielles. Dans les climats secs, des modifications relativement faibles des températures et des précipitations pourraient provoquer une évolution relativement importante de l'écoulement. Les régions arides et semi-arides seront donc particulièrement sensibles à une diminution des précipitations et à une augmentation de l'évaporation. De nombreux modèles climatiques prévoient une baisse des

précipitations moyennes dans les régions déjà sèches : Asie centrale, Méditerranée, Afrique, Sahel et Australie.

Le stockage des eaux de surface a diminué avec les pluies diluviennes et les glissements de terrain favorisant l'envasement et la réduction de la capacité des réservoirs. Une augmentation des pluies diluviennes et des inondations pourrait engendrer de plus grandes pertes d'eau sous forme de ruissellement. Cela pourrait influencer à long terme sur les nappes souterraines. La qualité de l'eau pourrait également varier en fonction de la quantité et du moment des précipitations.

Du fait de l'élévation du niveau de la mer, les eaux salées pourraient pénétrer les réserves d'eau douce du littoral.

### **I.3 Généralités sur les barrages**

#### **I.3.1 INTRODUCTION**

Il existe de nombreux points d'eau et lacs disséminés sur toute la partie nord de l'Algérie ; certains sont naturels, d'autres artificiels comme les lacs de barrages et les retenues collinaires. Certains de ces lacs ont fait l'objet d'ensemencements ichtyologiques qui n'ont pas donné les résultats escomptés puisque n'ayant pas tenu compte de plusieurs paramètres d'ordre scientifique. En effet, une bonne connaissance des processus physiques, chimiques et biologiques et de leurs interactions permet de mieux comprendre le fonctionnement de l'écosystème aquatique et par conséquent d'envisager un aménagement piscicole dans les conditions optimales.

Un barrage est un ouvrage artificiel retenant de l'eau. Il peut être installé sur un cours d'eau pour en bloquer les écoulements et élever le niveau d'eau en amont de l'ouvrage, ou de manière à fermer une cuvette naturelle dans le but de retenir les eaux de pluie et de ruissellement. Les barrages peuvent être constitués de matériaux durs (autrefois en maçonnerie, aujourd'hui en béton), ou en matériaux meubles (terre, enrochements).

#### **I.3.2 UTILITE DES BARRAGES :**

Les barrages jouent deux rôles principaux celui d'une part des stocker les apports d'eau afin de répondre aux besoins vitaux et économiques des Populations (eau potable, irrigation, fourniture d'énergie, navigation), et celui d'autre part, de protection contre des effets destructeurs de l'eau (maîtrise des crues, rétention de sédiments, protection contre les avalanches). D'autres fonctions assurées par les barrages sont présentées dans le tableau 01.

**Tableau 01.** Les principaux rôles des barrages.

<b>Eau élément vital</b>	<b>Eau élément destructeur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- stockage de l'eau</li> <li>- production d'énergie électrique</li> <li>- Approvisionnement en eau potable et industrielle, protection incendie</li> <li>- Irrigation</li> <li>- Pêche, pisciculture (élément, économique essentiel dans certains pays)</li> <li>- Soutient d'étiage (garantie d'un débit minimal)</li> <li>- Navigation fluviale (garantie d'un tirant d'eau minimal)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ouvrages de protection</li> <li>- Bassin de rétention contre les crues (inondation, érosion)</li> <li>- Digue de protection contre les crues</li> <li>- Bassin de rétention de rétention de sédiments Charriés</li> <li>- Ouvrage de protection contre les avalanches</li> <li>- Régulation des lacs</li> <li>- Rétention des glaces en pays Nordiques</li> </ul>

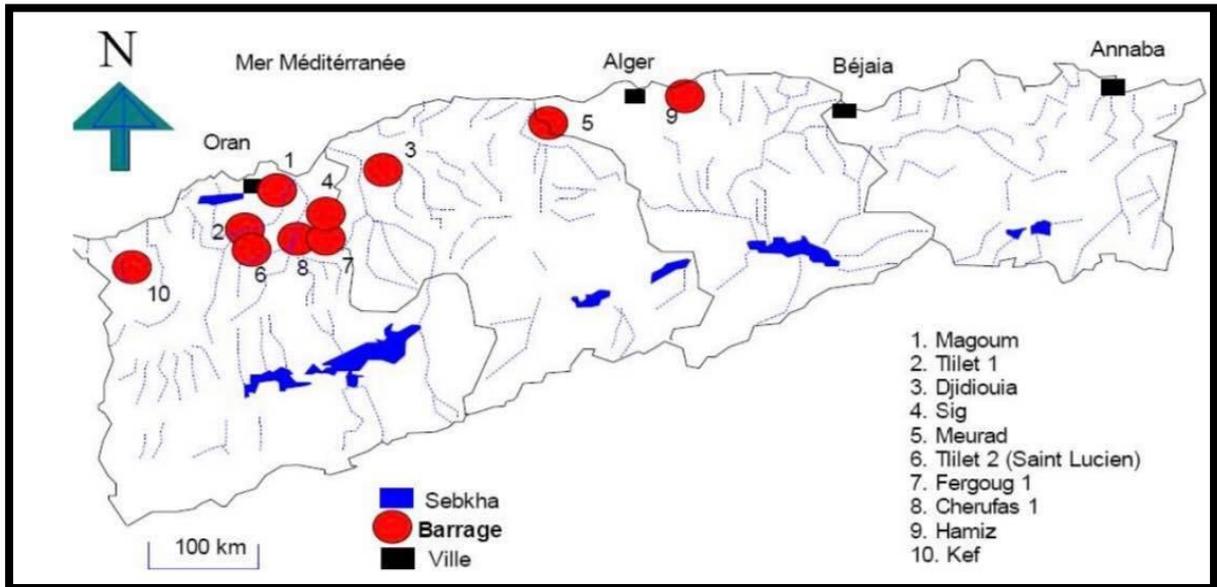
Source (*Anton et al., 2011*)

Certains de ces objectifs peuvent être complémentaires sur un même ouvrage. D'autres sont, à priori, opposés : il est, par exemple, impossible d'avoir en même temps une retenue pleine pour fournir une réserve d'eau potable mais aussi une retenue vide pour limiter au maximum l'impact des crues. Notamment, les barrages excréteurs de crue sont des ouvrages conçus spécialement à cette fin avec des dispositions particulières de conception et d'exploitation (*Delliou, 2003*).

### **I.3.3 ÉVOLUTION DES GRANDS BARRAGES EN ALGERIE**

La construction des barrages a commencé depuis plus de 7 siècles dans les vallées de Mzab et la Saoura. Selon les peu de données que nous avons collecté, c'est en 1846 la date de la réalisation du barrage de Sig d'un volume de 0.7 à 1 million de m<sup>3</sup>. En 1860, trois barrages au total sont exploités pour l'irrigation, il s'agit des barrages Sig, Tlilet1 et Meurad d'une capacité totale de 2.26 millions de m<sup>3</sup> d'eau.

En 1890, l'infrastructure hydrotechnique Algérienne s'est dotée de dix barrages d'une capacité totale égale à 61 millions de m<sup>3</sup> (figure 10). Ils ont enregistré une capacité de boue piégée au fond des barrages égale à 2.7 millions de m<sup>3</sup>. (*Remini et al., 2009*).



**Figure 10.** Localisation des Barrages en 1890

Cependant après 55 ans d'exploitation, c'est-à-dire en 1945, les services d'hydraulique ont enregistré les premières conséquences de l'envasement ; le déclassement de 7 barrages sur 10. Il s'agit des barrages : Magoun, Sig, Kef, Tilet1, Tilet2 (Saint Lucien), Fergoug. Seulement, les barrages Cheurfas 1, Meurad et Hamiz ont pu échapper à ce phénomène. Pour faire face à ce phénomène, 8 grands barrages ont été mis en exploitation durant la période : 1890-1945 pour porter le nombre de barrages à 11 dont la capacité totale avoisine le volume de 785 millions de m<sup>3</sup>. Cependant un dépôt vaseux de 73 millions de m<sup>3</sup> se trouvait au fond de ces onze barrages.

En 2004, la capacité des eaux a été doublée pour atteindre un volume de 6800 millions de m<sup>3</sup> stockée dans 60 barrages. En parallèle pour la première fois, le volume de vase déposée au fond des barrages a atteint 1.1 milliards de m<sup>3</sup>. Entre 2004 et 2006, plus de 30 levées bathymétriques ont été effectuées par l'Agence Nationale des Barrages et Transferts.

En 2014, la capacité a atteint 8600 millions de m<sup>3</sup> stocké dans 74 barrages. Cependant le cumul de la vase déposée au fond des barrages a atteint 1.7 milliards de m<sup>3</sup>, soit un taux de comblement de 20%. Il est intéressant de constater que malgré la réalisation de nouveaux ouvrages, l'envasement s'est accéléré à cause notamment de la dégradation de nombreux bassins versants et le sapement des berges. En 140 ans d'exploitation, soit en 2014, le taux d'envasement a atteint la valeur de 65 millions de m<sup>3</sup> /an. (*Remini et al., 2009*).

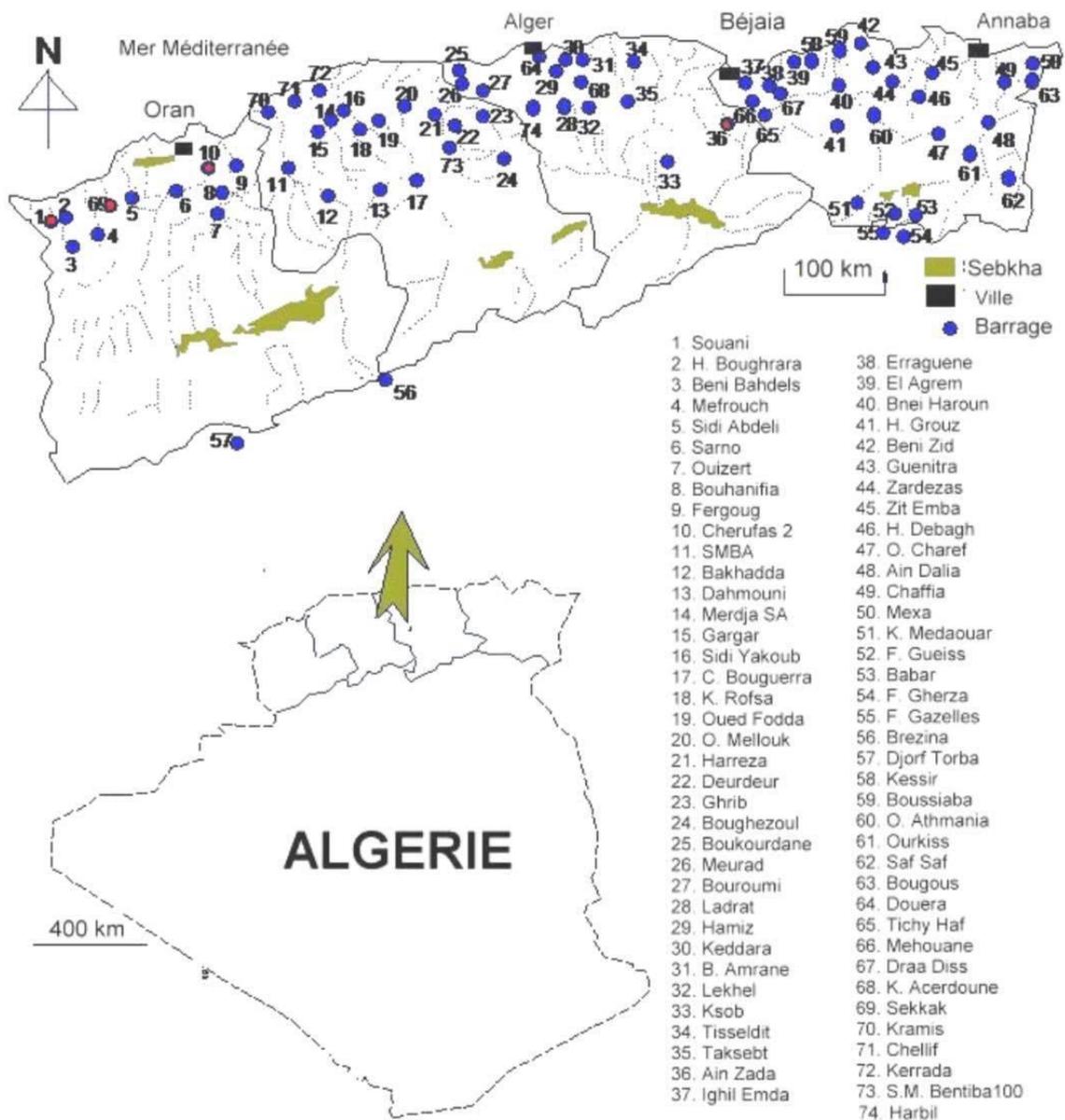


Figure 11. Répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien.

## **II. Chapitre II : Matériels et Méthodes**

Dans ce chapitre, nous procédons à la délimitation des zones d'études. Notre choix s'est porté sur deux barrages algériens qui alimentent en eau potable plusieurs régions limitrophes de plusieurs wilayas : Mila, Jijel, Constantine, Oum-El-Bouaghi, Batna et Khenchela(Beni Haroun), aussi des villes d'Oran, d'Ain Témouchent, de Maghnia et éventuellement le couloir Nord-Ouest de la Wilaya de Tlemcen (Boughrara).

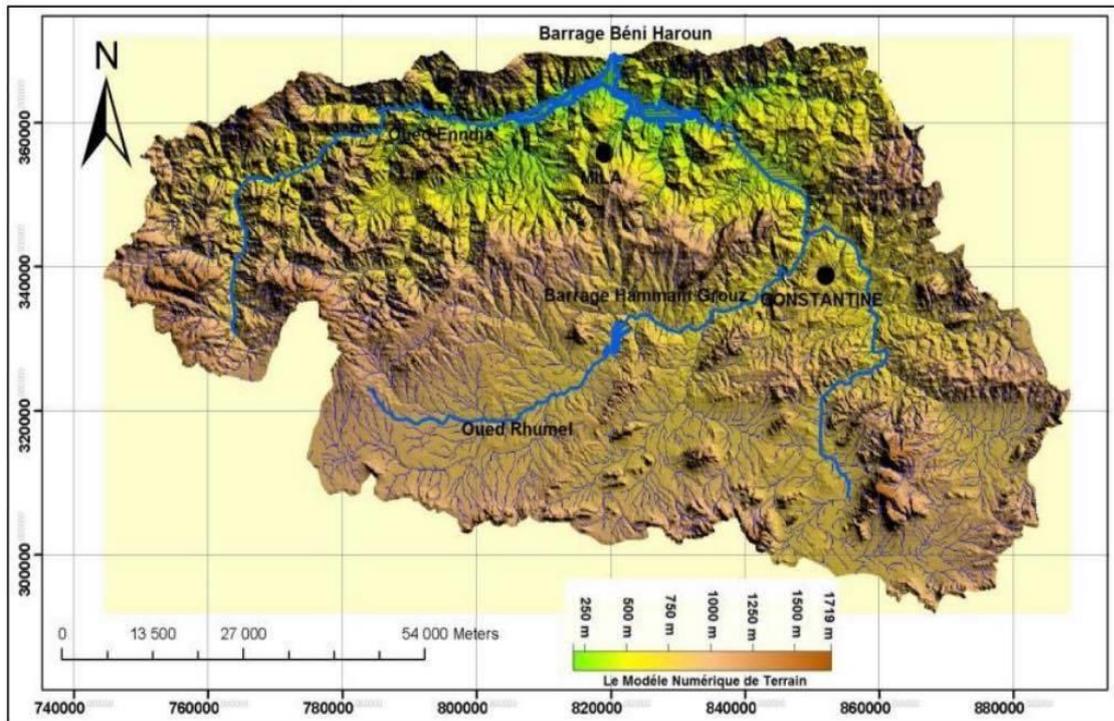
### **II.1 Barrage Beni Haroun**

Le barrage de Beni Haroun est le grand complexe hydraulique en Algérie et le seconde du continent Africain (après le barrage d'Al Sad El Alli en Egypte).). Situé sur l'oued El-Kébir dans la wilaya de Mila au Nord-Est de l'Algérie à des coordonnées géographique (36°33 '19" N ; 6°16 '11" E. Il est construit à la confluence de l'oued Rhumel et oued Enndja au Nord – Ouest de la région de Grarem. Il est distant de quarantaine de Kilomètres au nord du Constantine et à une même distance à l'embouchure de l'oued Kébir (Mer Méditerranée)

Le barrage de Beni Haroun est de type poids en Béton compacté rouleau ; avec une capacité de 960 millions m<sup>3</sup> et d'une hauteur de 118 m au-dessus des fondations, le barrage mobilise les eaux d'oued Rhumel, oued Enndja et oued Smendou. En février 2012, le barrage reçoit un volume d'eau de 1 milliard de m<sup>3</sup>.

Il couvre une superficie de 5320 km<sup>2</sup>, représentant plus 60% de la superficie totale du bassin versant de Kébir Rhumel.

Le bassin de Beni Haroun couvre une surface de 5320 km<sup>2</sup>, soit plus de 60 % de la superficie du grand bassin du Kébir Rhumel dont il fait partie. La région d'étude caractérisée par un couvert végétal très faible. Il contient des arbres fruitiers, des herbes et quelques arbres d'eucalyptus. Du fait que, la plupart du sol du bassin de béni Haroun est presque nue. Il présente un milieu favorable à l'érosion du terrain surtout lord des pluies torrentielles. (Figure12).



**Figure 12.** Bassin versant de Barrage Beni Haroun.

## II.2 Barrage Bouhrara

Le site de barrage de Hammam Bouhrara est situé sur l'Oued Tafna dans la partie Ouest de l'Algérie à la frontière marocaine. L'oued Tafna prend source sur le versant nord des amonts de Tlemcen et continue vers le nord et le nord-est pour se jeter dans la méditerranée à l'ouest de la ville de Beni-saf. Sur l'oued Tafna, à 40 km en amont du site d'Hammam Bouhrara, la retenue de Béni Behdel sert à la régularisation des apports, à l'alimentation en eau potable de la ville d'Oran et à l'irrigation des terres dans la plaine de Maghnia. Les apports dans la retenue représentent la somme Des stockages de Beni Behdel. Des pertes par l'infiltration de Béni Behdel. Du ruissellement qui se forme sur la partie du bassin versant située entre le barrage de Béni-Behdel et celui de Hammam Bouhrara (figure13).

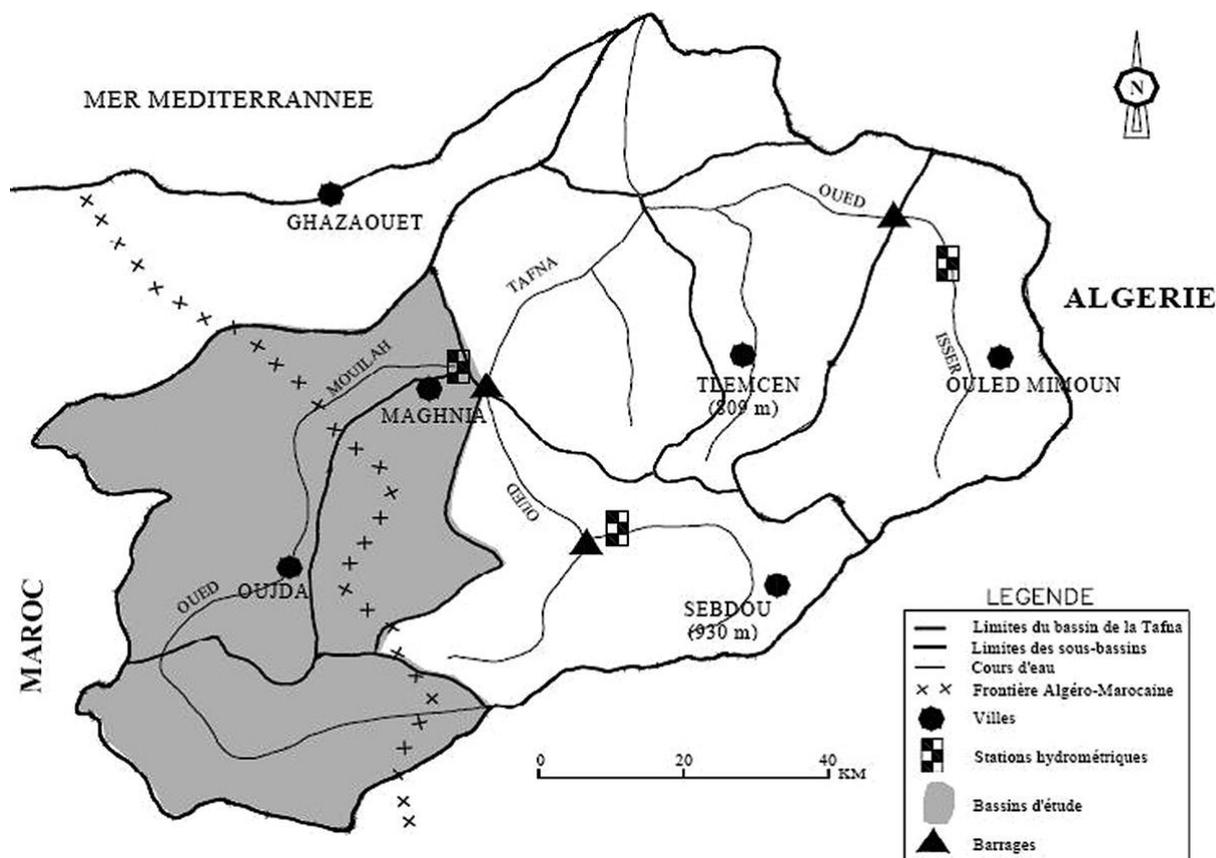


Figure 13 : Situation du bassin versant de l’Oued Mouillah

### II.3 Paramètres physico-chimiques

L’évaluation de la qualité des eaux des barrages est estimée grâce à la mesure de certains paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution (minérale, organique, azotée et phosphorée). Elle est donnée en comparant les résultats d’analyses aux bornes de la grille de qualité (Tableau 02).

Afin de mieux comprendre cette évolution on a eu recours aux bulletins mensuels de la qualité des eaux de barrages du 2017 au 2020. Ces bulletins sont délivrés par l’ANRH (Agence National des Ressources Hydraulique).

Tableau 02 : Différentes classes de qualité (Bilan ANRH)

Classes Paramètres	CLASSIFICATION			
	C1 – BONNE	C2 – ACCEPTABLE	C3 – MAUVAISE	C4 – TRES MAUVAISE
pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	8.5 – 9.0	> 9.0 et < 6.5

O <sub>2</sub> diss %	100 - 90	90 -50	50 – 30	< 30
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0 – 0,01	0,01 – 0 ,1	0,1 – 3	>3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0-10	10-20	20-40	>40
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0-0,01	0,01-0,1	0,1-3	>3
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0-0,01	0,01-0,1	0,1-3	>3
DBO <sub>5</sub>	<5	5-10	10-15	>15
DCO	<20	20-40	40-50	>50
MO	<5	5-10	10-15	>15
RS	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600

**pH** : Logarithme négatif de l'activité molaire des ions hydrogènes. L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcaline).

**O<sub>2</sub> dissous%** : Exprime le pourcentage de concentration en oxygène dissous dans l'eau.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : Exprime la concentration en mg/l d'ammonium.

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Exprime la concentration en mg/l de nitrates.

**NO<sub>2</sub>** : Exprime la concentration en mg/l de nitrites.

**PO<sub>4</sub><sup>-</sup>** : Exprime la concentration en mg/l de phosphates.

**DBO<sub>5</sub>** : Indique la consommation d'oxygène par oxydation des composés organiques biodégradables.

**DCO** : Indique la consommation d'oxygène par oxydation de toute la matière organique.

**MO** : Mesure l'oxydation chimique des matières organiques en milieu acide et à chaud par le permanganate de potassium.

**RS** : Exprime la mesure de la salinité ou minéralisation d'une eau en (mg/l)

C1 : Bonne qualité. Utilisable sans exigence particulière.

C2 : Qualité moyenne nécessite un traitement simple.

C3 : Mauvaise qualité, nécessite un traitement pousse.

C4 : Très mauvaise qualité nécessite un traitement très pousse.

Afin d'aboutir à une conclusion nous avons choisis minutieusement nos barrages.

Pour la région Est on a choisi le barrage de Beni Haroun et pour l'ouest le barrage Boughrara.

• Nous avons regroupé les valeurs des principaux paramètres de la qualité de l'eau des

Barrages choisis dans des tableaux pour les 4 ans d'affilé

### II.3.1 Barrage BENI HAROUN

**Tableau 03 : Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2017)**

2017													
Mois	Usage (*)	Capacité Estimée (2015) (Hm <sup>3</sup> ) **	Volume (Hm <sup>3</sup> )	pH	RS (mg/l)	O <sub>2</sub> d (%)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MO (mg/l)
Janvier	AEP-IRR	960.000	942.16 3	-	800	75.92	0	0.413	0.01 0	0.030	3	35	5.9
Février	AEP-IRR	960.000	1014.55	7.40	824	61.88	8	0.489	0.040	0.030	3	19	7.2
Mars	AEP-IRR	960.000	998.657	7.70	804	100.00	7	0.158	0.090	0.02 0	4	35	7.3
Avril	AEP-IRR	960.000	998.657	7.4 5	832	82.36	16	0.094	0.12	0.01	3	35	7.7
Mai	AEP-IRR	960.000	991.642	7.45	802	108.0 0	6	0.185	0.080	0.010	4	35	8.2
Juin	AEP-IRR	960.000	978.269	7.3 2	810	86.37	10	0.111	0.05	0.00	3	26	8.3
Juillet	AEP-IRR	960.000	958.288	7.3 3	826	79.57	6	0.180	0.350	0.000	4	35	8.8
Aout	AEP-IRR	960.000	947.771	7.20	832	96.20	1	0.210	0.390	0.010	4	35	10.0
Septembre	AEP-IRR	960.000	918.676	7.6 3	854	106.6 1	4	0.195	0.280	0.020	3	44	9.5
Octobre	AEP-IRR	960.000	913.066	7.7 8	802	70.20	3	0.192	0.32	0.030	2	44	7.5
Novembre	AEP-IRR	960.000	893.436	7.50	828	79.24	4	0.207	0.160	0.040	3	44	7.2
Décembre	AEP-IRR	960.000	901.480	7.3 8	818	59.83	6	0.202	0.050	0.050	3	35	5.6

**Tableau 04 : Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2018)**

2018													
Mois	Usage (*)	Capacité Estimée (2015) (Hm <sup>3</sup> ) **	Volume (Hm <sup>3</sup> )	pH	RS (mg/l)	O <sub>2</sub> d (%)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MO (mg/l)
Janvier	AEP-IRR	960.000	940,41	7,28	836	33,49	13	0,178	0,06	0,09	3	35	6
Février	AEP-IRR	960.000	960	7,4	826	56	7	0,091	0,04	0,06	2	35	6,1
Mars	AEP-IRR	960.000	965,012	7,55	852	81,48	6	0,044	0,04	0,05	3	35	7,2
Avril	AEP-IRR	960.000	1012,665	7,68	798	89,21	4	0,073	0,05	0,05	3	35	6,2
Mai	AEP-IRR	960.000	1006,229	7,3	768	87,63	7	0,074	0,03	0,02	3	35	6,4
Juin	AEP-IRR	960.000	1000	7,92	764	96,84	3	0,125	0,04	0,02	3	35	7,2
Juillet	AEP-IRR	960.000	950,576	7,65	790	97,53	0	0,132	0,14	0,02	3	35	7
Aout	AEP-IRR	960.000	977,918	7,37	788	92,41	4	0,221	0,11	0,03	3	44	7,2
Septembre	AEP-IRR	960.000	963,195	7,88	786	82,13	4	0,152	0,04	0,02	2	35	6,8
Octobre	AEP-IRR	960.000	963,195	7,88	786	82,13	4	0,152	0,04	0,02	2	35	6,8
Novembre	AEP-IRR	960.000	997,199	7,7	810	87,67	6	0,023	0,05	0,03	2	35	8,1
Décembre	AEP-IRR	960.000	998,973	7,67	798	95,8	1	0,162	0,06	0,03	3	35	6,7

**Tableau 05 : Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2019)**

2019													
Mois	Usage (*)	Capacité Estimée (2015) (Hm <sup>3</sup> ) **	Volume (Hm <sup>3</sup> )	pH	RS (mg/l)	O <sub>2</sub> d (%)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MO (mg/l)
Janvier	AEP-IRR	960.000	1021,414	7,44	706	106,67	9	0,117	0,01	0,02	3	21	6,2
Février	AEP-IRR	960.000	1038,25	7,36	724	90,83	0	0,159	0,03	0,02	3	35	6,4
Mars	AEP-IRR	960.000	1002,822	7,89	724	98,25	7	0,143	0,03	0,03	3	18	7,4
Avril	AEP-IRR	960.000	1003,579	7,98	692	96	9	0,148	0,07	0,03	3	26	5,5
Mai	AEP-IRR	960.000	1004,714	7,65	736	96,45	7	0,156	0,09	0,03	3	35	6,2
Juin	AEP-IRR	960.000	997,199	7,54	748	97,75	4	0,173	0,08	0,03	3	28	6,4
Juillet	AEP-IRR	960.000	990,188	7,42	782	99,45	9	0,192	0,07	0,02	3	27	6,5
Aout	AEP-IRR	960.000	961,443	7,12	766	100,49	5	0,186	0,09	0,06	3	29,9	6,5
Septembre	AEP-IRR	960.000	963,195	7,46	810	97,91	6	0,192	0,1	0,05	4	32	8,7
Octobre	AEP-IRR	960.000	974,247	7,83	826	98,87	4	0,191	0,08	0,04	3	30	7,9
Novembre	AEP-IRR	960.000	1009,257	7,65	784	89,17	4	0,092	0,12	0,03	3	29	7,4
Décembre	AEP-IRR	960.000	1005,03	7,76	808	94,89	10	0,173	0,09	0,05	3	28	8,4

**Tableau 06 : Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2020)**

2020													
Mois	Usage (*)	Capacité Estimée (2015) (Hm <sup>3</sup> ) **	Volume (Hm <sup>3</sup> )	pH	RS (mg/l)	O <sub>2</sub> d (%)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MO (mg/l)
Janvier	AEP-IRR	960.000	1005,473	7,39	778	95,82	3	0,117	0,11	0,05	3	27	7,7
Février	AEP-IRR	960.000	1000,17	7,5	776	88,37	17	0,159	0,1	0,04	3	28	6,9
Mars	AEP-IRR	960.000	995,797	7,13	824	98,25	7	0,143	0,09	0,05	3	23	6,5
Avril	AEP-IRR	960.000	1006,229	7,05	838	94,18	6	0,148	0,08	0,04	3	28	6,8
Mai	AEP-IRR	960.000	1008,121	7,42	800	97,35	5	0,156	0,07	0,03	3	29	6,9
Juin	AEP-IRR	960.000	994,745	7,58	758	107,74	8	0,173	0,06	0,07	4	25	7,1
Juillet	AEP-IRR	960.000	976,166	7,25	828	101,14	7	0,192	0,05	0,05	4	31	6,7
Aout	AEP-IRR	960.000	958,638	7,67	834	90,8	5	0,186	0,07	0,07	4	23	8,3
Septembre	AEP-IRR	960.000	939,008	7,53	824	97,34	2	0,192	0,1	0,03	4	33	8,9
Octobre	AEP-IRR	960.000	926,538	8,18	834	92,07	0	0,191	0,08	0,03	2	33	8,8
Novembre	AEP-IRR	960.000	921,412	7,87	854	84,97	7	0,092	0,06	0,03	4	35	7
Décembre	AEP-IRR	960.000	793,72	7,6	834	90,23	3	0,173	0,07	0,02	5	31	7,5

### II.3.2 Barrage BOUGHRARA

**Tableau 07 : Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2017)**

2017													
Mois	Usage (*)	Capacité Estimée (2015) (Hm <sup>3</sup> ) **	Volume (Hm <sup>3</sup> )	pH	RS (mg/l)	O <sub>2</sub> d (%)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MO (mg/l)
Janvier	AEP-IRR	960.000	942.16 <sub>3</sub>	-	800	75.92	0	0.413	0.01 <sub>0</sub>	0.030	3	35	5.9
Février	AEP-IRR	960.000	1014.55	7.40	824	61.88	8	0.489	0.040	0.030	3	19	7.2
Mars	AEP-IRR	960.000	998.657	7.70	804	100.00	7	0.158	0.090	0.02 <sub>0</sub>	4	35	7.3
Avril	AEP-IRR	960.000	998.657	7.4 <sub>5</sub>	832	82.36	16	0.094	0.12	0.01	3	35	7.7
Mai	AEP-IRR	960.000	991.642	7.45	802	108.0 <sub>0</sub>	6	0.185	0.080	0.010	4	35	8.2
Juin	AEP-IRR	960.000	978.269	7.3 <sub>2</sub>	810	86.37	10	0.111	0.05	0.00	3	26	8.3
Juillet	AEP-IRR	960.000	958.288	7.3 <sub>3</sub>	826	79.57	6	0.180	0.350	0.000	4	35	8.8
Aout	AEP-IRR	960.000	947.771	7.20	832	96.20	1	0.210	0.390	0.010	4	35	10.0
Septembre	AEP-IRR	960.000	918.676	7.6 <sub>3</sub>	854	106.6 <sub>1</sub>	4	0.195	0.280	0.020	3	44	9.5
Octobre	AEP-IRR	960.000	913.066	7.7 <sub>8</sub>	802	70.20	3	0.192	0.32	0.030	2	44	7.5
Novembre	AEP-IRR	960.000	893.436	7.50	828	79.24	4	0.207	0.160	0.040	3	44	7.2
Décembre	AEP-IRR	960.000	901.480	7.3 <sub>8</sub>	818	59.83	6	0.202	0.050	0.050	3	35	5.6

**Tableau 08 : Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2018)**

2018													
Mois	Usage (*)	Capacité Estimée (2015) (Hm <sup>3</sup> ) **	Volume (Hm <sup>3</sup> )	pH	RS (mg/l)	O <sub>2</sub> d (%)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MO (mg/l)
Janvier	AEP-IRR	960.000	940,41	7,28	836	33,49	13	0,178	0,06	0,09	3	35	6
Février	AEP-IRR	960.000	960	7,4	826	56	7	0,091	0,04	0,06	2	35	6,1
Mars	AEP-IRR	960.000	965,012	7,55	852	81,48	6	0,044	0,04	0,05	3	35	7,2
Avril	AEP-IRR	960.000	1012,665	7,68	798	89,21	4	0,073	0,05	0,05	3	35	6,2
Mai	AEP-IRR	960.000	1006,229	7,3	768	87,63	7	0,074	0,03	0,02	3	35	6,4
Juin	AEP-IRR	960.000	1000	7,92	764	96,84	3	0,125	0,04	0,02	3	35	7,2
Juillet	AEP-IRR	960.000	950,576	7,65	790	97,53	0	0,132	0,14	0,02	3	35	7
Aout	AEP-IRR	960.000	977,918	7,37	788	92,41	4	0,221	0,11	0,03	3	44	7,2
Septembre	AEP-IRR	960.000	963,195	7,88	786	82,13	4	0,152	0,04	0,02	2	35	6,8
Octobre	AEP-IRR	960.000	963,195	7,88	786	82,13	4	0,152	0,04	0,02	2	35	6,8
Novembre	AEP-IRR	960.000	997,199	7,7	810	87,67	6	0,023	0,05	0,03	2	35	8,1
Décembre	AEP-IRR	960.000	998,973	7,67	798	95,8	1	0,162	0,06	0,03	3	35	6,7

**Tableau 09 : Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2019)**

2019													
Mois	Usage (*)	Capacité Estimé (2015) (Hm <sup>3</sup> ) **	Volume (Hm <sup>3</sup> )	pH	RS (mg/l)	O <sub>2</sub> d (%)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MO (mg/l)
Janvier	AEP-IRR	960.000	1021,414	7,44	706	106,67	9	0,117	0,01	0,02	3	21	6,2
Février	AEP-IRR	960.000	1038,25	7,36	724	90,83	0	0,159	0,03	0,02	3	35	6,4
Mars	AEP-IRR	960.000	1002,822	7,89	724	98,25	7	0,143	0,03	0,03	3	18	7,4
Avril	AEP-IRR	960.000	1003,579	7,98	692	96	9	0,148	0,07	0,03	3	26	5,5
Mai	AEP-IRR	960.000	1004,714	7,65	736	96,45	7	0,156	0,09	0,03	3	35	6,2
Juin	AEP-IRR	960.000	997,199	7,54	748	97,75	4	0,173	0,08	0,03	3	28	6,4
Juillet	AEP-IRR	960.000	990,188	7,42	782	99,45	9	0,192	0,07	0,02	3	27	6,5
Aout	AEP-IRR	960.000	961,443	7,12	766	100,49	5	0,186	0,09	0,06	3	29,9	6,5
Septembre	AEP-IRR	960.000	963,195	7,46	810	97,91	6	0,192	0,1	0,05	4	32	8,7
Octobre	AEP-IRR	960.000	974,247	7,83	826	98,87	4	0,191	0,08	0,04	3	30	7,9
Novembre	AEP-IRR	960.000	1009,257	7,65	784	89,17	4	0,092	0,12	0,03	3	29	7,4
Décembre	AEP-IRR	960.000	1005,03	7,76	808	94,89	10	0,173	0,09	0,05	3	28	8,4

**Tableau 10 : Données des paramètres physico-chimiques (ANRH,2020)**

2020													
Mois	Usage (*)	Capacité Estimée (2015) (Hm <sup>3</sup> ) **	Volume (Hm <sup>3</sup> )	pH	RS (mg/l)	O <sub>2</sub> d (%)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MO (mg/l)
Janvier	AEP-IRR	960.000	1005,473	7,39	778	95,82	3	0,117	0,11	0,05	3	27	7,7
Février	AEP-IRR	960.000	1000,17	7,5	776	88,37	17	0,159	0,1	0,04	3	28	6,9
Mars	AEP-IRR	960.000	995,797	7,13	824	98,25	7	0,143	0,09	0,05	3	23	6,5
Avril	AEP-IRR	960.000	1006,229	7,05	838	94,18	6	0,148	0,08	0,04	3	28	6,8
Mai	AEP-IRR	960.000	1008,121	7,42	800	97,35	5	0,156	0,07	0,03	3	29	6,9
Juin	AEP-IRR	960.000	994,745	7,58	758	107,74	8	0,173	0,06	0,07	4	25	7,1
Juillet	AEP-IRR	960.000	976,166	7,25	828	101,14	7	0,192	0,05	0,05	4	31	6,7
Aout	AEP-IRR	960.000	958,638	7,67	834	90,8	5	0,186	0,07	0,07	4	23	8,3
Septembre	AEP-IRR	960.000	939,008	7,53	824	97,34	2	0,192	0,1	0,03	4	33	8,9
Octobre	AEP-IRR	960.000	926,538	8,18	834	92,07	0	0,191	0,08	0,03	2	33	8,8
Novembre	AEP-IRR	960.000	921,412	7,87	854	84,97	7	0,092	0,06	0,03	4	35	7
Décembre	AEP-IRR	960.000	793,72	7,6	834	90,23	3	0,173	0,07	0,02	5	31	7,5

## **II.4 Température et précipitations**

Afin de mieux comprendre les perturbations climatiques on a eu recours aux données annuelles et mensuelles (températures et précipitations) enregistrées dans trois régions localisées aux alentours des deux barrages Beni haroun et Boughrara. Ces données sont délivrées par l'ONM (**Office National de la Météorologie**).

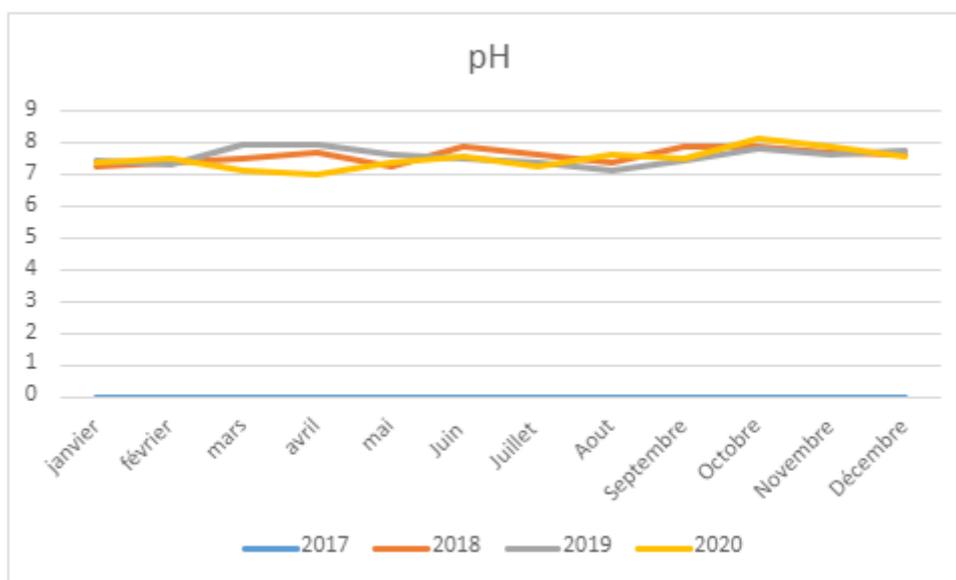
### **III. Chapitre III : Résultats et discussions**

Dans ce chapitre nous présentons les résultats et la discussion des analyses effectuées sur les eaux superficielles des deux Barrages Béni Haroun et Boughrara pour suivre et évaluer leurs qualités.

### III.1 Le barrage de Beni Haroun

#### III.1.1 Potentiel Hydrogène (pH)

La figure 14 montre que les eaux du barrage Béni Haroun sont faiblement alcalines, en 2017, le pH est entre 7,20 et 7,78. En 2018, le pH oscille entre une valeur minimale de 7,28 enregistrée au mois de Janvier et une valeur maximale de 7,88 noté au mois de septembre. En 2019, les valeurs sont presque les mêmes et varient entre 7,12 et 7,98. En 2020, les valeurs changent, elles varient entre une valeur minimale de 7,05 enregistré en Avril et une valeur maximale de 8,18 enregistré en octobre.

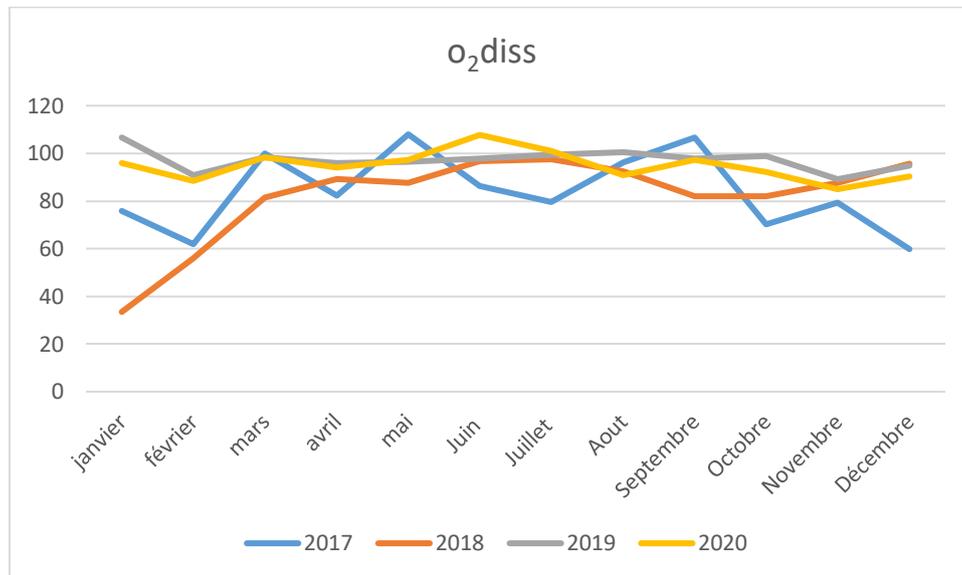


**Figure 14 :** Les taux de pH de Beni haroun durant les quatre années

Les résultats montrent que les valeurs du pH sont légèrement variées ce qui reflète clairement l'influence de la nature géologique du bassin versant sur la composition chimique des eaux. En effet, le bassin drainé est formé essentiellement par des roches sédimentaires. Ces variations du pH peuvent être expliquées également par les phénomènes de dilution qui peuvent intervenir sur les valeurs du pH des milieux aquatiques, ou par l'influence des eaux de ruissellements chargé généralement de diverses matières aux origines différentes. D'après l'ANRH, il s'agit d'une bonne qualité.

#### III.1.1.1 Oxygène dissous (O<sub>2</sub>)

Les teneurs en oxygène dissous sont très variables et irrégulières d'un mois à l'autre. En 2017, elles varient entre 59,83% et 108%. En 2018, elles varient entre une valeur minimale de 33,49 % enregistrée en Janvier et un pourcentage maximal de 97,53 % enregistré en Juillet. En 2019, les valeurs ne sont pas très variables, elles varient entre 89,17% et 106,67%. En 2020, entre 84,97% et 107,74%.



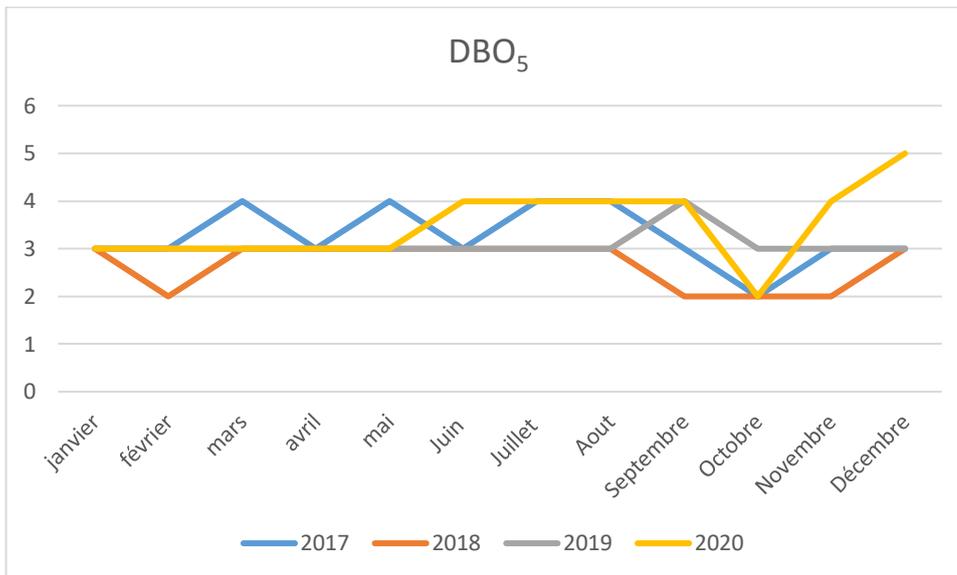
**Figure 15 :** Les taux d'o<sub>2</sub> diss% de Beni haroun durant les quatre années

Les résultats montrent des variations à travers les périodes de prélèvement, ceci peut être expliqué par l'accélération du débit ainsi que l'exposition aux courants d'air et le mouvement de brassage de l'eau qui entraînent un enrichissement en oxygène. Selon (*Gaujous ,1995*) l'origine de l'oxygène dans les milieux naturels est liée à l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques et sa dissolution à partir de l'oxygène atmosphérique.

L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène qui décroît avec la température et la présence de polluants dans les cours d'eau (*Rodier et al. 2009*). D'après l'ANRH les eaux du Béni Haroun sont acceptables (tableau 02).

### III.1.1.2 Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub> mg/l)

Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> subissent une légère variation, en 2017, les valeurs sont entre (2-3) mg/l. En 2018, les valeurs enregistrées sont entre (3-2) mg/l. En 2019, entre (3-4) mg/l et concernant l'année 2020 les valeurs varient entre (2-5) mg/l. Nous avons remarqué que les valeurs ne dépassent pas les normes algériennes.



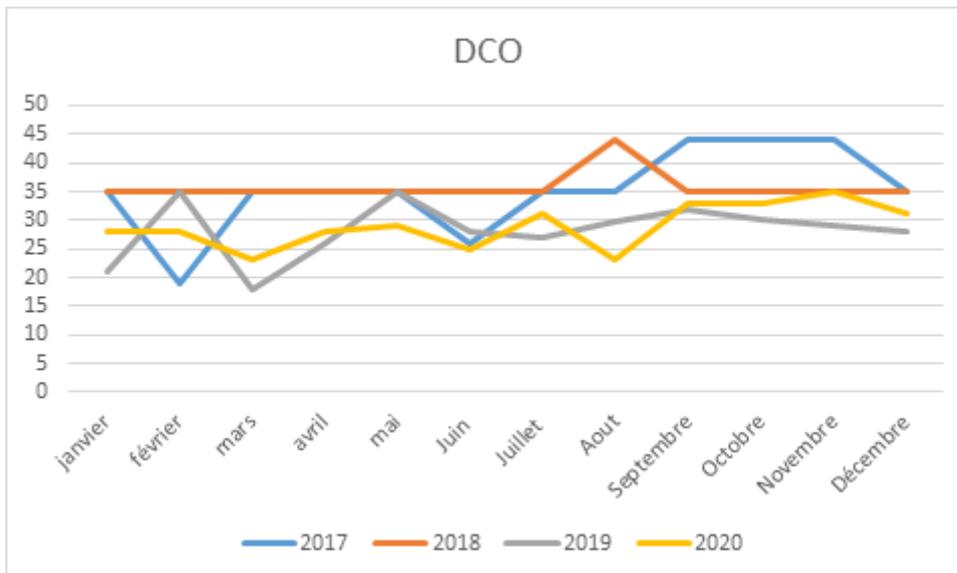
**Figure 16 :** Les taux de la DBO<sub>5</sub> de Beni haroun durant les quatre années

Pour nos résultats (figure 16), La DBO<sub>5</sub> présente des valeurs souvent inférieures à 10 mg/l, donc relativement faibles.

La DBO<sub>5</sub> exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation biologique de la matière organique d'une eau. Elle est sensiblement proportionnelle à la teneur de l'eau en matière organique biodégradable et donc à la quantité de micro-organismes et inversement proportionnelle à la teneur en oxygène dissous. Elle dépend entre autres de la nature des matières organiques dissoutes, de la présence ou de l'absence d'éléments inhibiteurs de la flore microbienne (métaux lourds, hydrocarbures, détergents...). Selon Eckenfelder (1982), la DBO<sub>5</sub> est une mesure du carbone organique biodégradable, et dans certaines conditions, des formes azotées réduites dans l'eau usée. Dans notre étude les eaux superficielles du barrage sont de bonne qualité selon l'ANRH 2018 (Tableau 02).

### III.1.1.3 Demande chimique en oxygène (DCO)

Les teneurs de la DCO en 2017 oscillent entre une valeur maximale de 44 mg/l d'O<sub>2</sub> et une valeur minimale de 19 mg/l. En 2018, les valeurs enregistrées sont entre 44 mg/l d'O<sub>2</sub> enregistrée en mois d'AOÛT et une valeur minimale de 35 mg/l pour le reste des mois. En 2019, elles varient entre 18 mg/l et 35 mg/l et en 2020 varient entre 23 mg/l et 35 mg/l (figure 17).

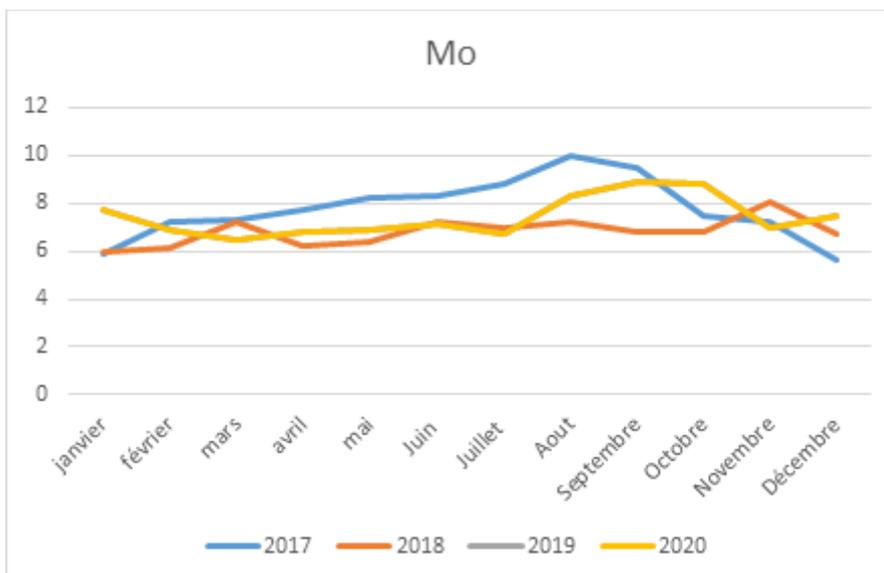


**Figure 17 :** Les taux de DCO de Beni haroun durant les quatre années

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, etc.) présentes dans les eaux résiduaires. Les différences des résultats obtenus par la DCO constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables (Rodier *et al*, 2009). Selon l'ANRH la qualité des eaux du barrage Béni Haroun change de bonne à acceptable selon les années (Tableau 02).

#### III.1.1.4 Matières organiques MO

La variation de MO dans l'eau atteint une valeur maximale 10 mg/l en Août 2017 et une valeur minimale 5.5 mg/l en avril 2019.



**Figure 18 :** Les taux de MO de Beni haroun durant les quatre années

D'après les résultats (figure 18) la qualité de l'eau du barrage de beni haroun est acceptable selon l'ANRH (tableau 02).

Les matières organiques sont responsables de la coloration des eaux de surface et elles sont issus de processus de biodégradable des végétaux.

### III.1.1.5 L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

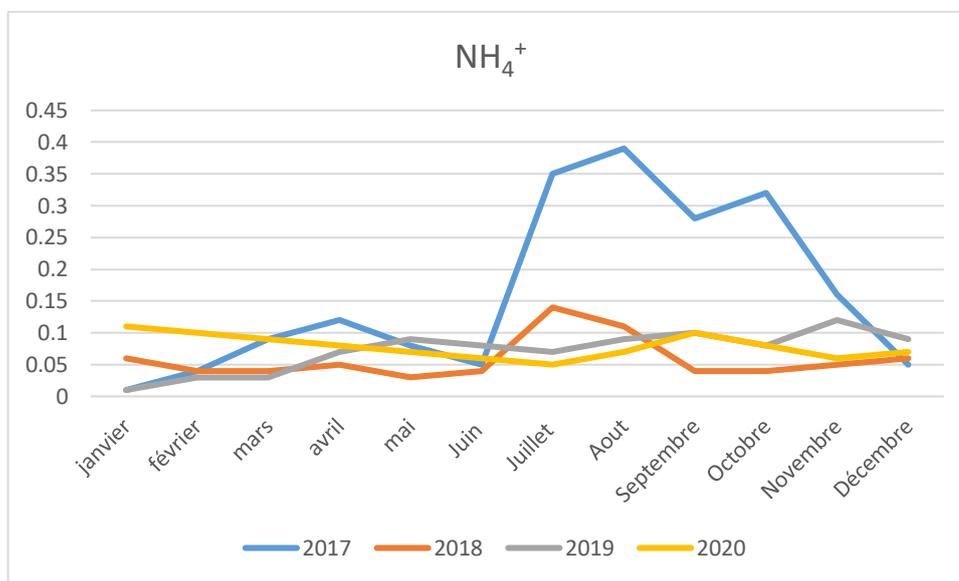
Les teneurs en azote ammoniacal montrent des variations s'observant d'une année à l'autre (figure19).

En 2017, une valeur minimale de 0.01 mg/l réenregistré en mois de Janvier et une valeur maximale de 0.39 mg/l enregistré en mois d'Août.

En 2018, une valeur minimale de 0.03 mg/l a été enregistré en mois de Mai et une valeur maximale de 0.14 mg/l en Juillet.

En 2019, une valeur minimale de 0.01mg/l a été enregistré en mois de Janvier et une valeur maximale de 0.12 mg/l en Novembre.

En 2020, une valeur minimale de 0.05 mg/l a été enregistré en mois de Juillet et une valeur maximale de 0.11 mg/l en Janvier.



**Figure 19 :** Les taux de  $\text{NH}_4^+$  de Beni haroun durant les quatre années

Dans les eaux superficielles, l'azote ammoniacal peut avoir pour origine : la matière organique végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels (engrais, textiles...) (Rodier et al, 2009).

Nos données montrent que les plus fortes concentrations peuvent être dues aux rejets directs d'eaux usées qui se font dans le barrage. Nos valeurs traduisent un dysfonctionnement du cycle de l'azote et donc du processus de minéralisation de la matière organique. Les concentrations en azote ammoniacal au niveau du barrage révèlent une eau appartenant à une bonne qualité d'eau selon l'ANRH.

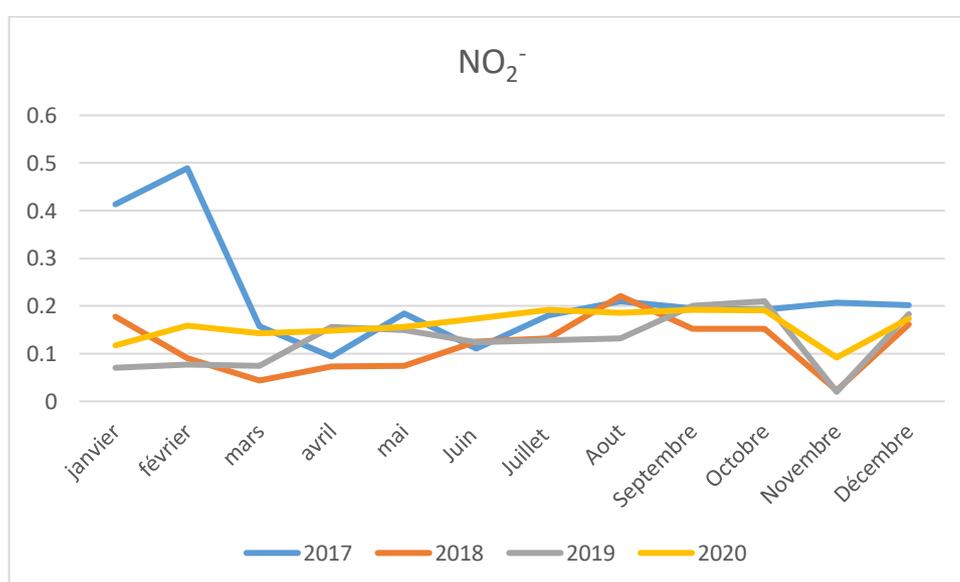
### III.1.1.6 Les Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Les teneurs en nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) sont relativement faibles (figure 20). En 2017, les valeurs varient entre 0.094 mg/l en mois d'avril et 0.489 mg/l en mois de Février.

En 2018, les teneurs varient entre une valeur minimale de 0.023 mg/l observée durant le mois de novembre, et une valeur maximale de 0.178 mg/l observée durant le mois de janvier.

En 2019, les teneurs varient entre une valeur minimale de 0.02 mg/l observée durant le mois de novembre, et une valeur maximale de 0.201 mg/l observée durant le mois de septembre.

En 2020, les teneurs varient entre une valeur minimale de 0.092 mg/l observée durant le mois de novembre, et une valeur maximale de 0.192 mg/l observée durant les mois de juillet et septembre.



**Figure 20** : Les taux de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> de Beni haroun durant les quatre années

En l'absence de pollution, il n'y a pas ou il y a très peu de nitrites dans les eaux et dans les zones où l'autoépuration est active, Les teneurs se maintiennent à des niveaux très faibles (de l'ordre de 0,01 mg/L), les eaux peuvent être considérées comme pures ou se trouvant sous l'action d'une auto-épuration active. Si la pollution est sensible, celle-ci devient significative au-delà de 1 mg/l. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte (Rodier et al. 2009). La qualité de l'eau est acceptable.

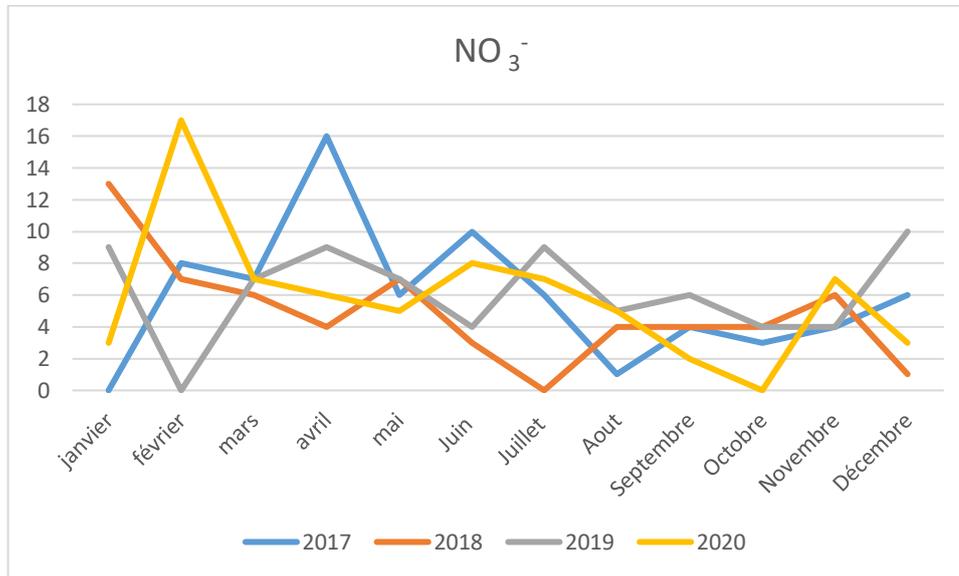
### III.1.1.7 Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

En 2017, la teneur maximale en nitrates est de 16 mg/l en mois d'Avril et une valeur minimale de 0mg/l enregistrée au mois de Janvier.

En 2018, la teneur maximale en nitrates est de 13mg/l mg/l enregistrée au mois de janvier et une valeur minimale de 0mg/l observée au mois de juillet.

En 2019, la teneur maximale en nitrates est de 10mg/l mg/l enregistrée au mois de décembre et une valeur minimale de 0mg/l observée au mois de février.

En 2020, la teneur maximale en nitrates est de 17mg/l mg/l enregistrée au mois de février et une valeur minimale de 0mg/l observée au mois d'octobre. Les résultats sont observés sur la figure21.



**Figure 21 :** Les taux de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de Beni haroun durant les quatre années

Selon l’OMS, (1980) Les nitrates constituent le stade final de l’oxydation de l’azote organique. Leur présence dans une eau polluée atteste que le processus d’autoépuration a déjà joué. En général, les eaux de surface ne sont pas chargées en nitrates à plus de 10 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Malgré les taux élevés (16 mg/l et 17mg/l) enregistré respectivement en Avril 2017 et en février 2020, la valeur moyenne traduit une eau de « qualité bonne à acceptables selon l’ANRH (tableau).

### III.1.1.8 Phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) :

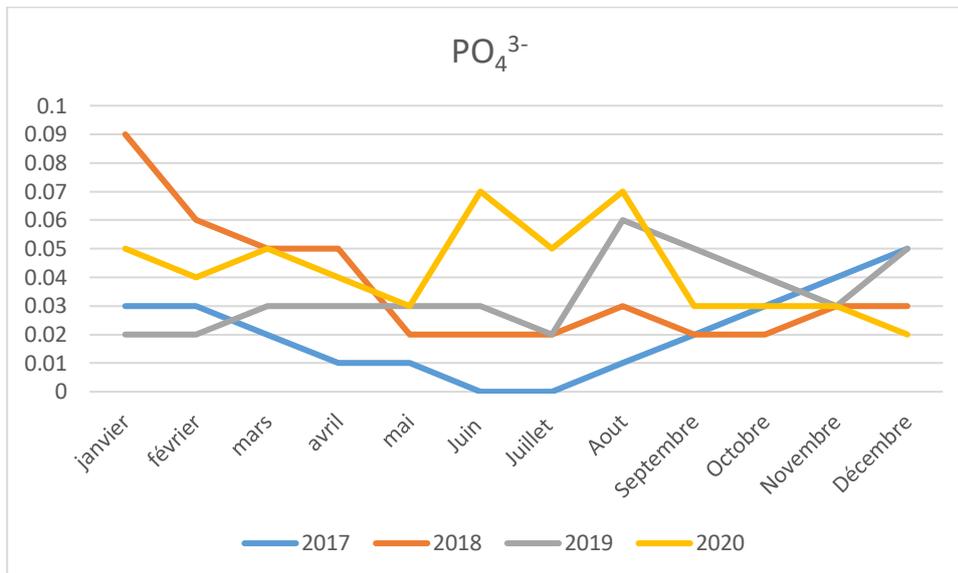
Les teneurs en phosphate oscillent entre (0.00 - 0.050) mg/l en 2017.

En 2018, sont entre (0.02 - 0.09) mg/l.

En 2019, sont entre 0.01 mg/l et 0.06mg/l.

En 2020, entre (0.02 - 0.07) mg/l.

Les résultats sont observés dans la figure 26.



**Figure 22 :** Les taux de  $PO_4^{3-}$  de Beni haroun durant les quatre années

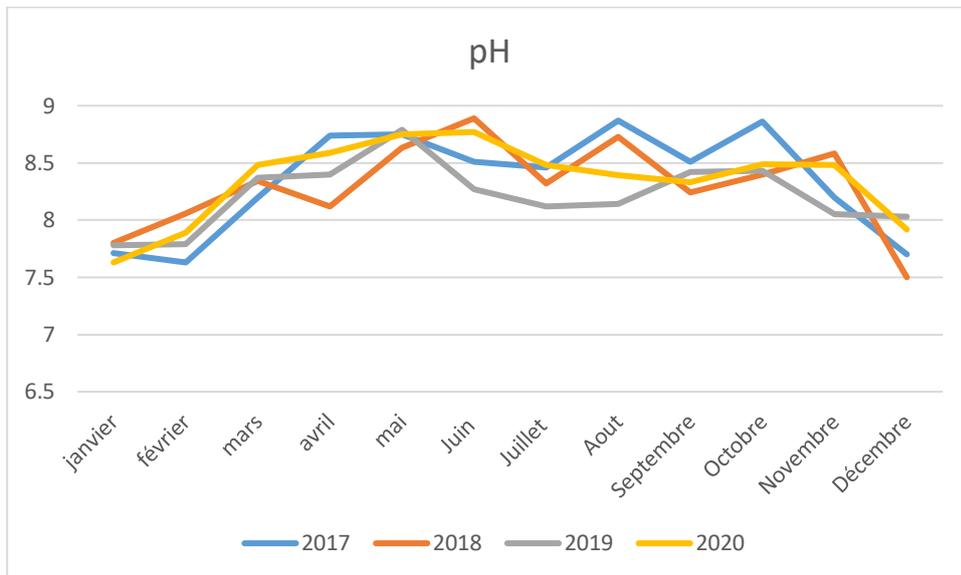
Le phosphate est naturellement présent dans les eaux superficielles en faible quantité, et son absence peut être expliquée par le fait que les ions phosphates sont susceptibles d'être absorbé par les sédiments dans le cas de désoxygénations importantes. Le phosphate est déterminant pour la productivité des écosystèmes aquatiques. Cet élément joue un rôle très important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les eaux des lacs où il contribue à l'eutrophisation. Les phosphates font partie des anions facilement fixée par le sol, leur présence naturelle dans l'eau est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs supérieures à 0.5 mg/l doivent constituer un indice de pollution (*Pierre et al, 2004*).

Les eaux du barrage contiennent des teneurs en phosphates allant de 0 mg/l à 0.09 mg/l, traduisant ainsi des eaux d'une bonne qualité à une qualité acceptable (tableau) selon l'ANRH.

### III.2 Barrage Hammam Boughrara :

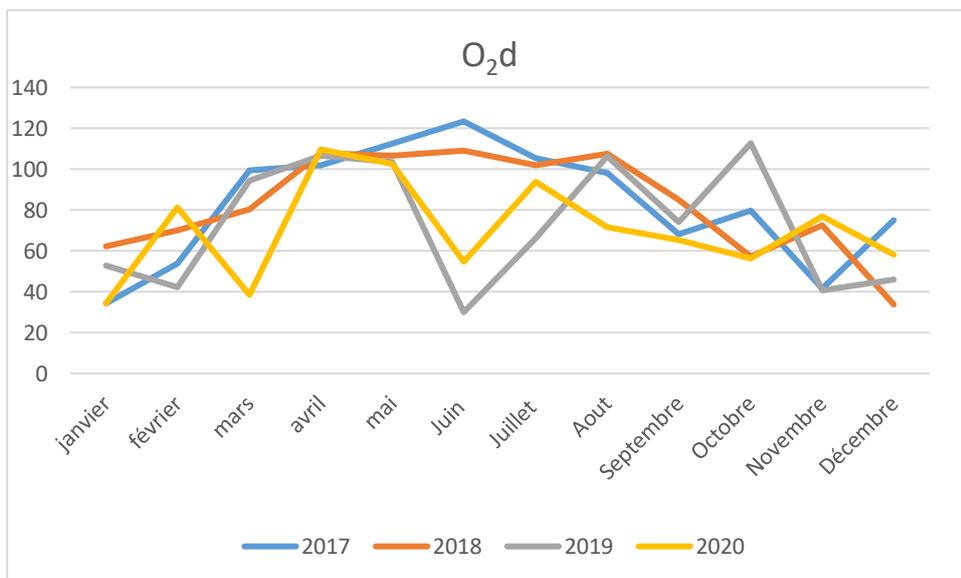
La représentation graphique (Figures 23,24,25,26,27,28,29,30,31) des différents résultats des variations des données physico-chimiques (pH, O<sub>2</sub> dissous, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, DBO<sub>5</sub>, DCO) du 2017 au 2020 imposent les commentaires suivants :

- Durant les quatre années, Le pH mesuré, variant entre 7.5 et 8.87, indique une eau faible à moyennement alcaline. La valeur de 8.87 enregistrée en Août 2017 coïncide avec une activité photosynthétique élevée. Donc une grande consommation de CO<sub>2</sub>, conduisant à l'augmentation de la concentration des bicarbonates.



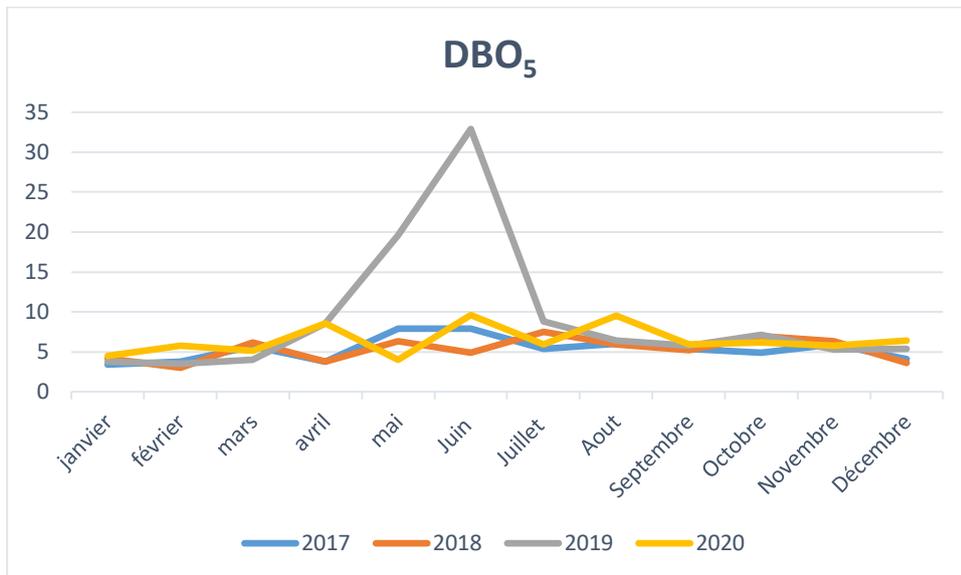
**Figure 23 :** Les taux de pH de Boughrara durant les quatre années

- Les teneurs en oxygène dissous, varient de 30 à 123.4% et sont anormalement proportionnelles aux températures. Cela pourrait être dû, d'une part, à l'activité photosynthétique intense, d'autre part, aux échanges d'oxygène entre l'air et l'eau, vu que notre station de prélèvement se trouve en surface.



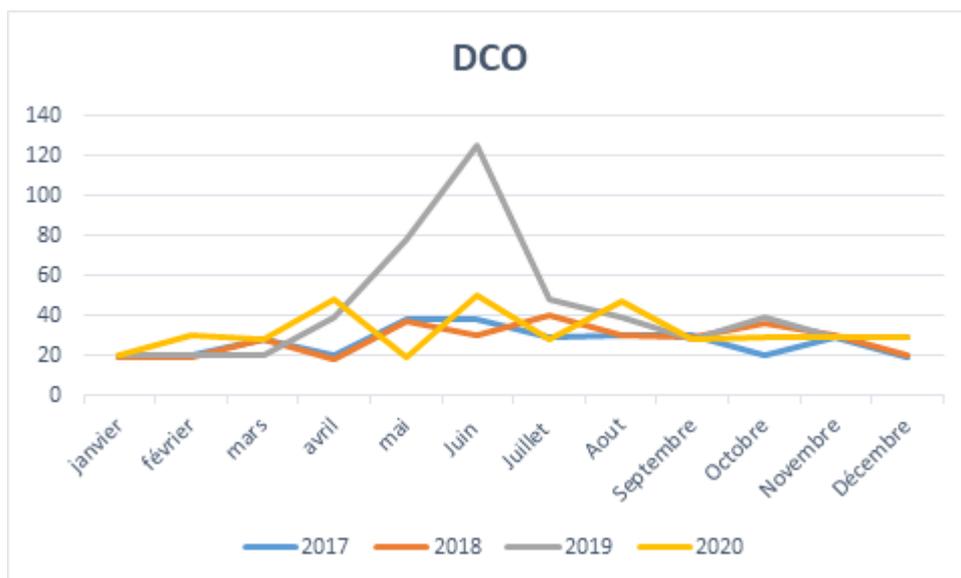
**Figure 24 :** Les taux d'O<sub>2</sub> dissous % de Boughrara durant les quatre années

- La **DBO<sub>5</sub>** varie entre 1 et 32.9 mg/l pendant les quatre années. Les fortes valeurs correspondent à une forte charge en matières organiques provenant essentiellement des industries agro-alimentaires.



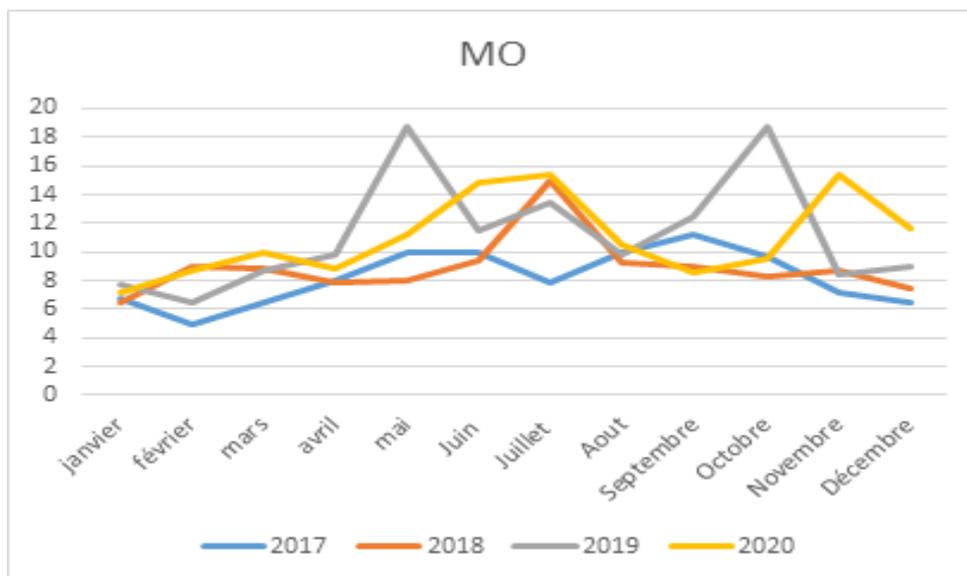
**Figure 25 :** Les taux de DBO<sub>5</sub> de Boughrara durant les quatre années

- Quant à la **DCO**, les concentrations varient entre 19 et 125 mg/L. Les valeurs élevées sont liées à une augmentation de la quantité de la matière organiques et substances oxydables.



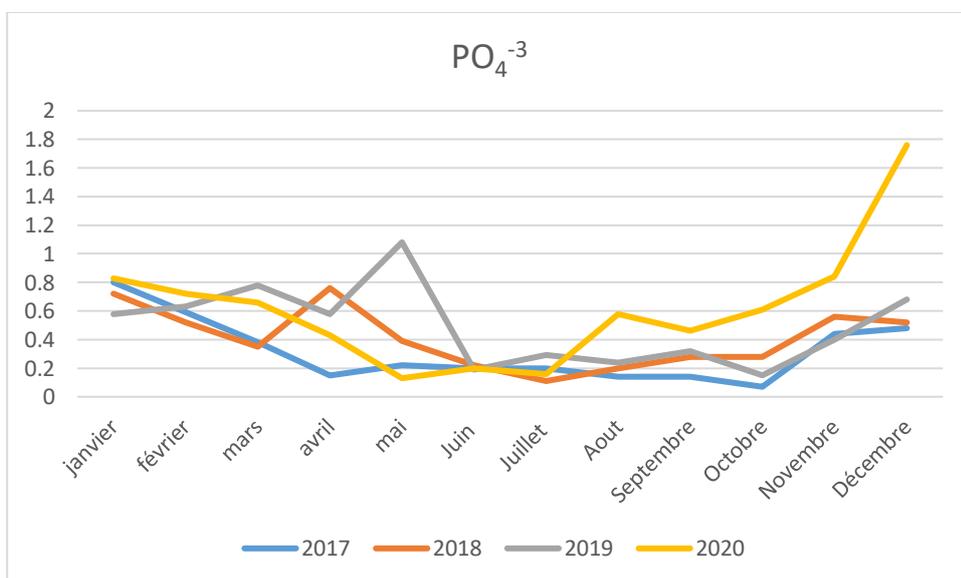
**Figure 26 :** Les taux de DCO de Boughrara durant les quatre années

- La variation de **MO** dans l'eau atteint une valeur maximale 18.8mg/l en octobre 2019 et cela montre qu'il s'agit d'une très mauvaise qualité d'eau selon l'ANRH (Tableau 02) et une valeur minimale 4.9 mg/l en février 2017.



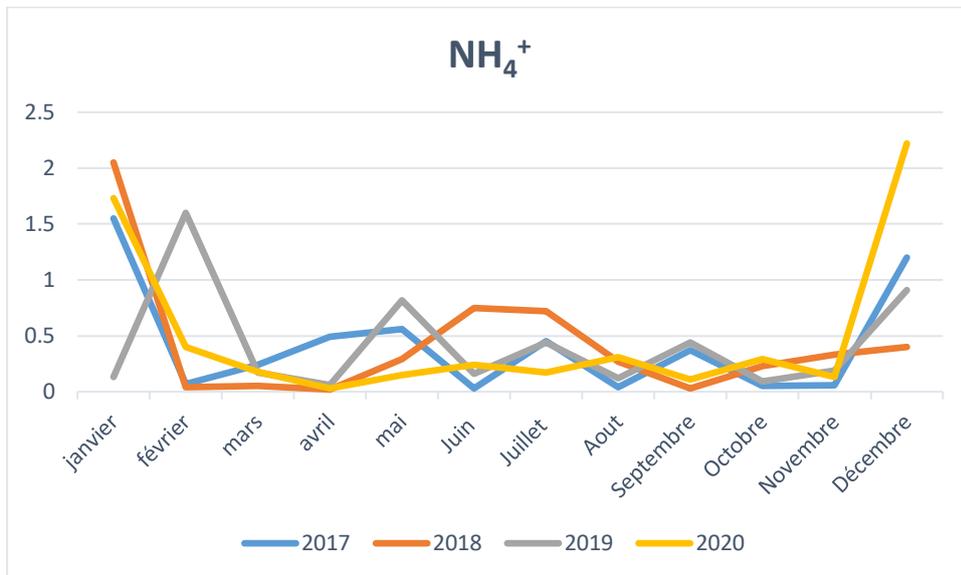
**Figure 27 :** Les taux de MO de Boughrara durant les quatre années

- Les teneurs en **phosphore total** ( $P_{tot}$ ) varient entre 0.11 et 1.76 mg/L (norme de l'ANRH), cela indique une eau de qualité médiocre à excessivement polluée. Elles sont dues, d'une part, aux rejets industriels notamment ceux contenant des détergents, d'autre part, aux engrais phosphatés utilisés en agriculture.



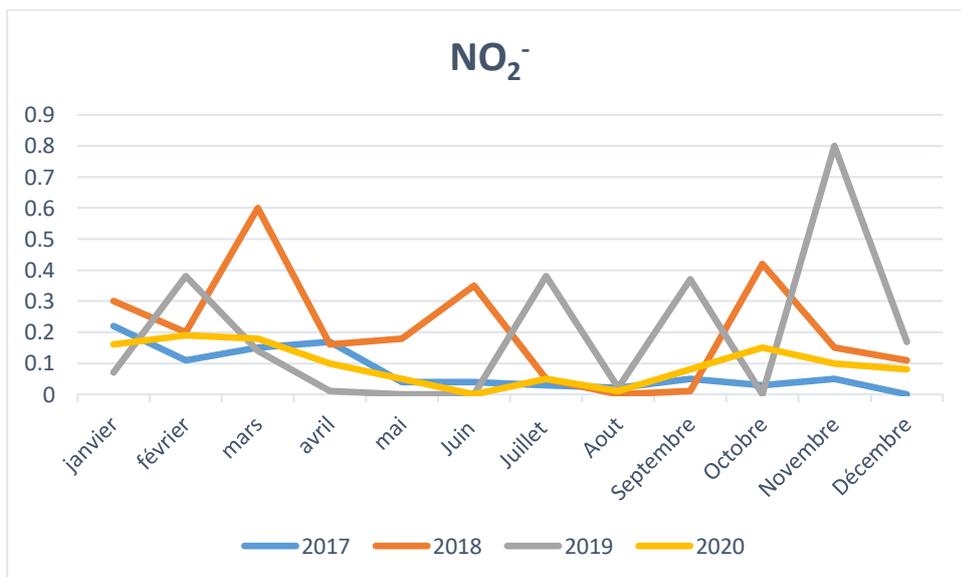
**Figure 28 :** Les taux de  $PO_4^{-3}$  de Boughrara durant les quatre années

- Les concentrations en **azote ammoniacal** ( $NH_4^+$ ) varient entre 0.02 et 2.22 mg/l. Les concentrations en azote ammoniacal au niveau du barrage révèlent une eau appartenant à une bonne qualité d'eau selon l'ANRH (tableau 02).

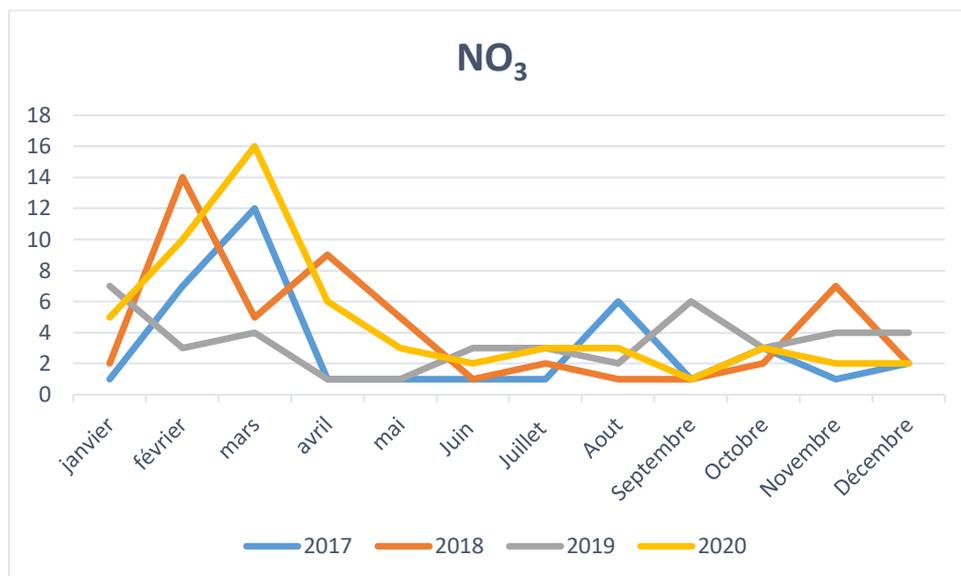


**Figure 29 :** Les taux de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de Boughrara durant les quatre années

• Les teneurs en **nitrites** (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) varient entre 0 et 0.42 mg/L. Les valeurs des **nitrates** (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) fluctuent entre 1 et 16 mg/L. Il s'agit d'une qualité acceptable selon l'ANRH (tableau 02).



**Figure 30 :** Les taux de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> de Boughrara durant les quatre années



**Figure 31 :** Les taux de NO<sub>3</sub> de Boughrara durant les quatre années

### III.3 Température et précipitations

Grâce aux mesures des données climatiques des trois régions (Constantine, Jijel Achouat et Tlemcen) localisées aux alentours de la retenue du barrage de Beni Haroun et de Boughrara, nous avons pu estimer l'évolution de la température de 1940 au 2020.

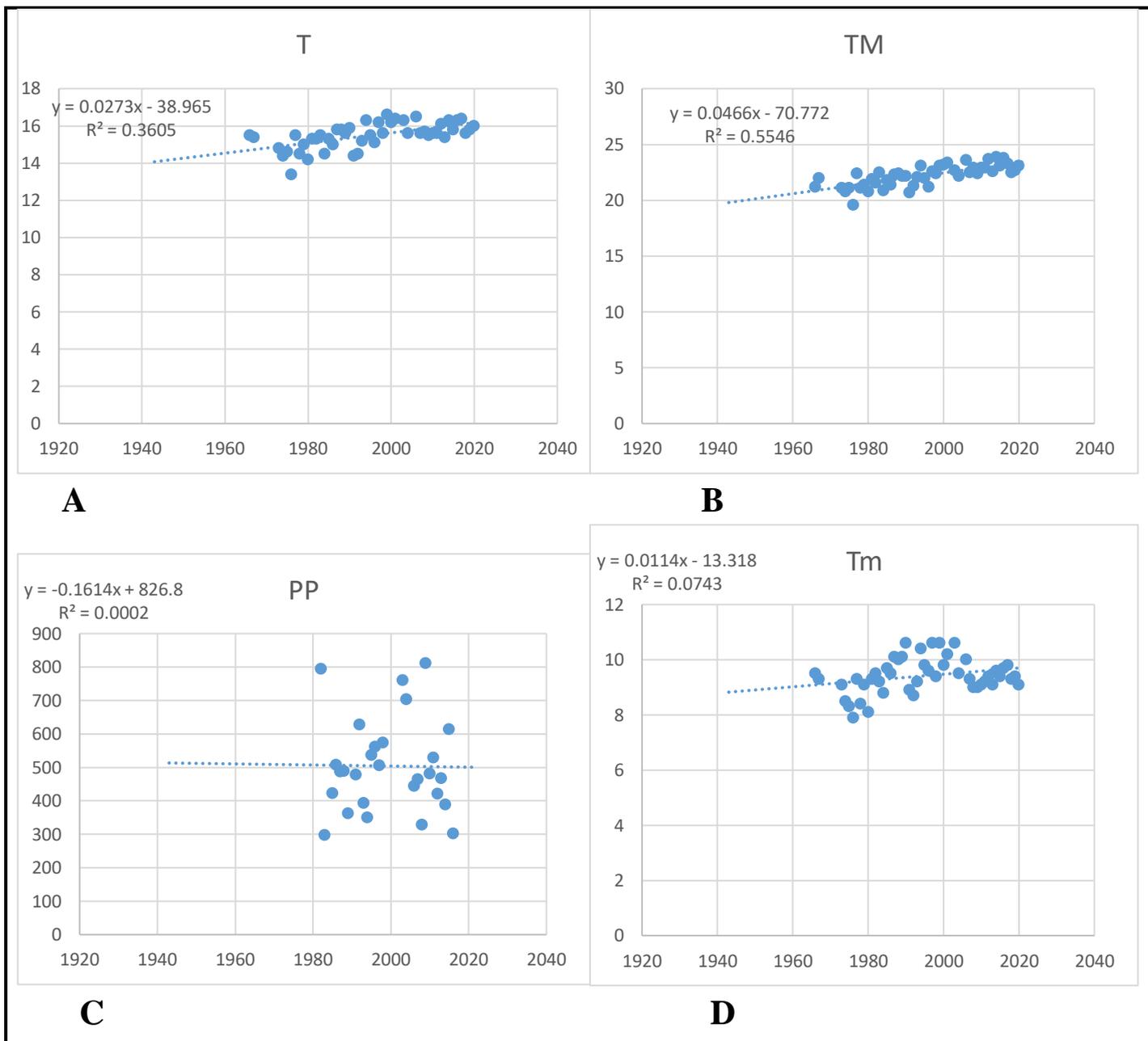
Les graphes suivants représentent les valeurs climatiques moyennes et totales annuelles des trois régions (Constantine, Jijel Achouat et Tlemcen Zenata).

Interprétation des valeurs climatiques moyennes annuelles :

<b>T</b>	Température moyenne annuelle
<b>TM</b>	Température maximale moyenne annuelle
<b>Tm</b>	Température minimale moyenne annuelle
<b>PP</b>	Précipitation totale annuelle de pluie et/ou neige fondue (mm)

#### III.3.1 Constantine :

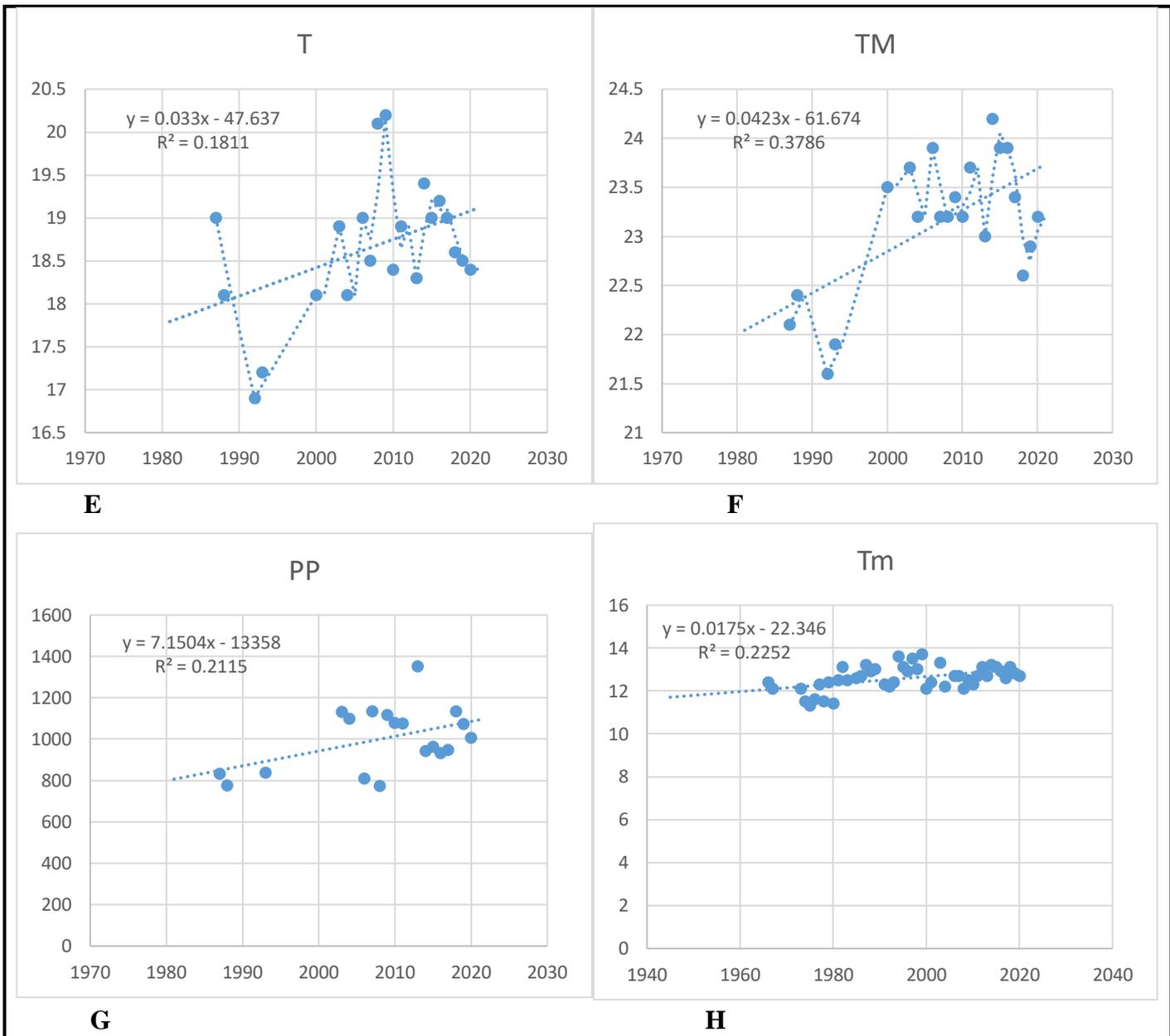
D'après les figures (32-A, B, D) nous avons observé une augmentation de température au cours des années, contrairement aux précipitations qui diminuent (figure 32).



**Figure 32 :** Valeurs de T, TM, Tm et PP entre 1966-2020 à Constantine

**III.3.2 Jijel Achouat :**

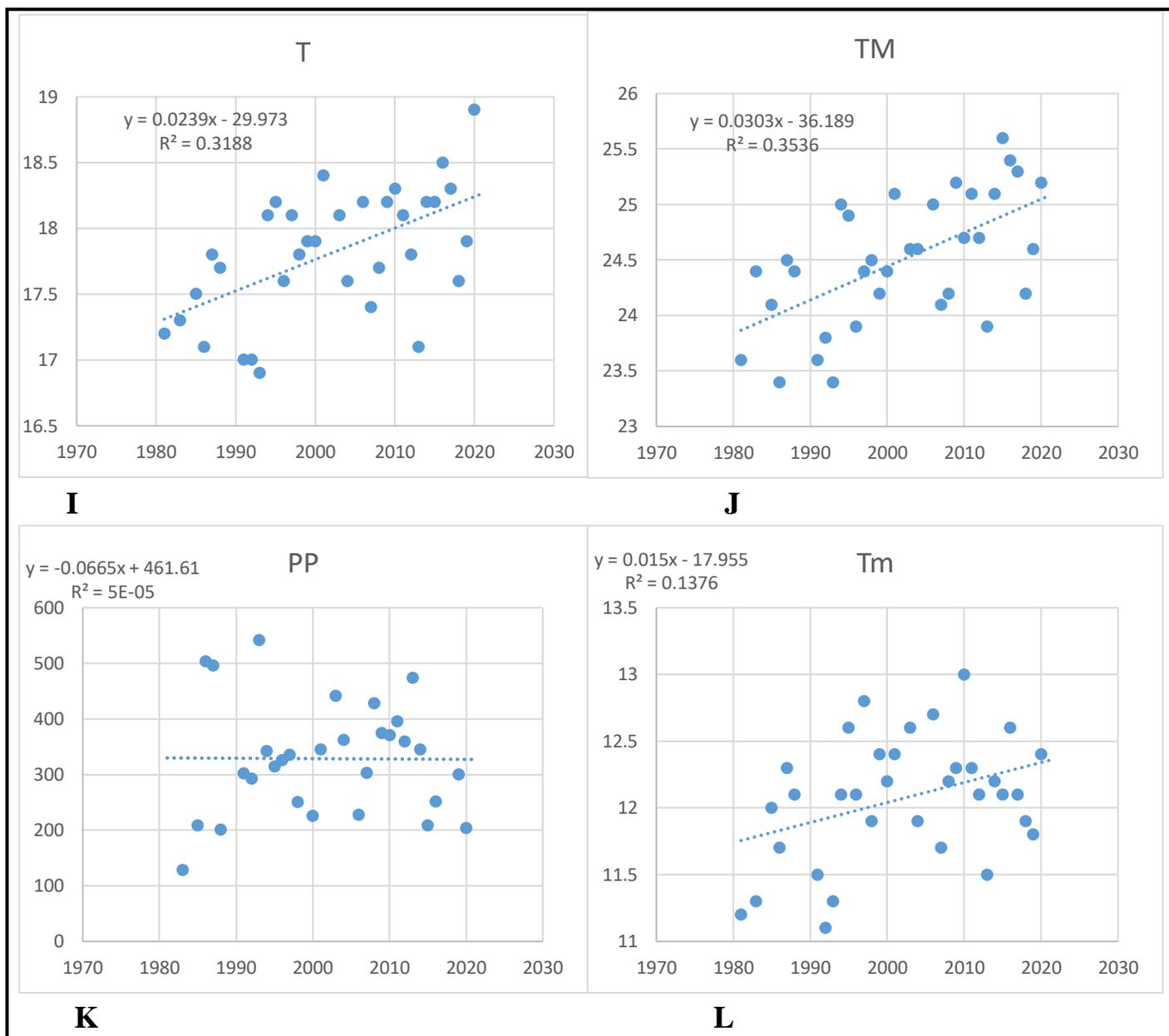
D'après la figure 33 nous observons que les températures et précipitations de cette régions augmentent au cours des années.



**Figure 33** : Valeurs de T, TM, Tm et PP entre 1966-2020 à Jijel achouat

### III.3.3 Tlemcen Zenata :

Les précipitations de cette région sont stagnées (figure 34-C) et la température augmente (figure 34-A, B, D).



**Figure 34 :** Valeurs de T, TM, Tm et PP entre 1966-2020 à Tlemcen

Ensuite, les graphes suivants représentent les valeurs des températures moyennes annuelle en fonction du temps en choisissant un mois de chaque saison de l'année (janvier, avril, juillet et octobre) pour les trois régions choisis au cours des années (1966-2020).

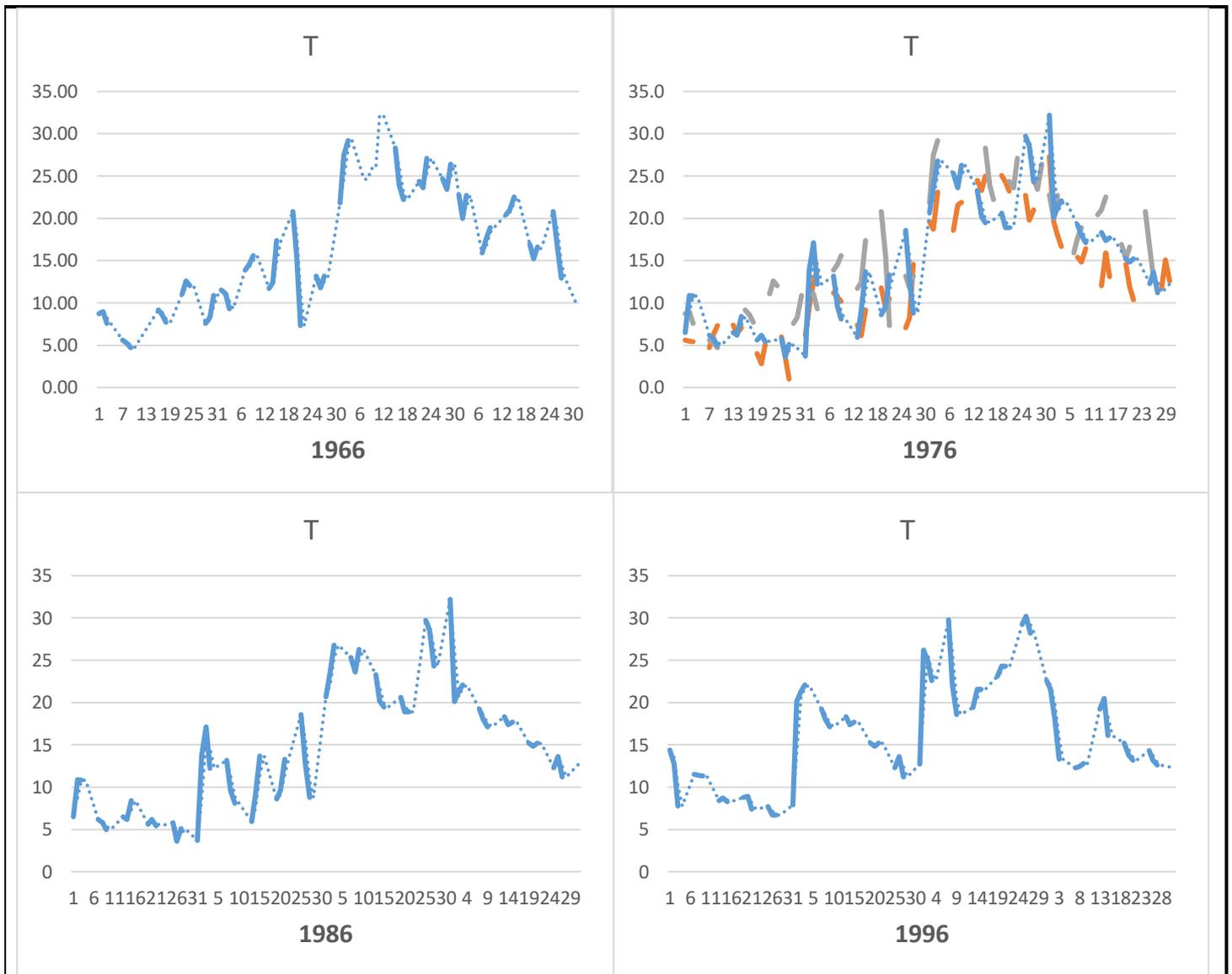
D'après les trois figures (35,36,37) nous remarquons que :

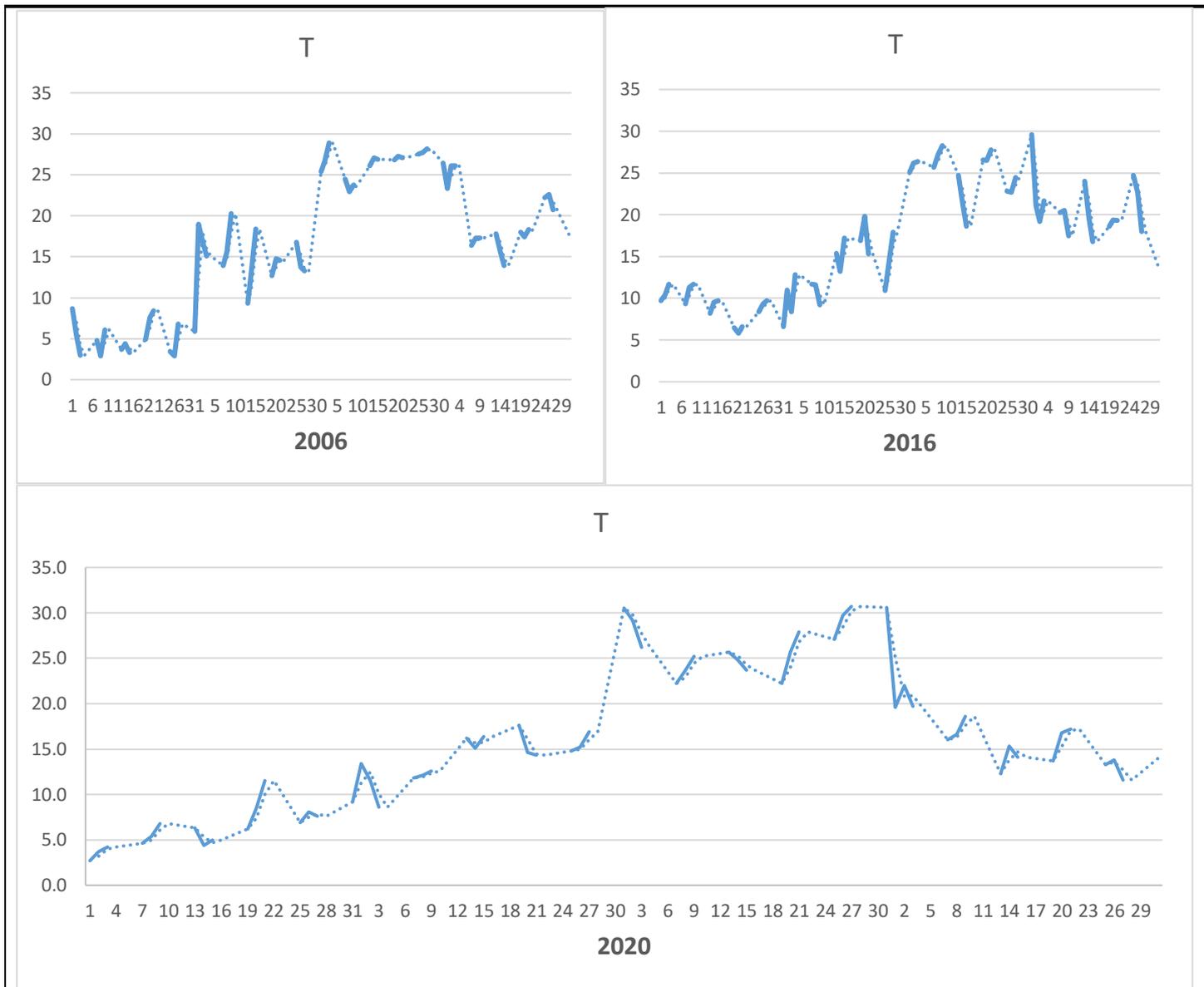
Au cours des années (1966 – 1976 – 1986 – 1996 – 2006 – 2016 – 2020) le graphe affiche une diminution de la température en période d'hiver (janvier) puis les valeurs de température commencent à augmenter légèrement en période de printemps (Avril) jusqu'à qu'elles atteignent leurs degrés maximaux en période d'été (juillet) puis diminuent en automne (Octobre) et cela à Constantine.

Quant à Jijel achouat et Tlemcen zenata, nous observons la même chose sauf que les valeurs changent d'une région à l'autre.

Nous remarquons aussi que les températures augmentent au fil du temps.

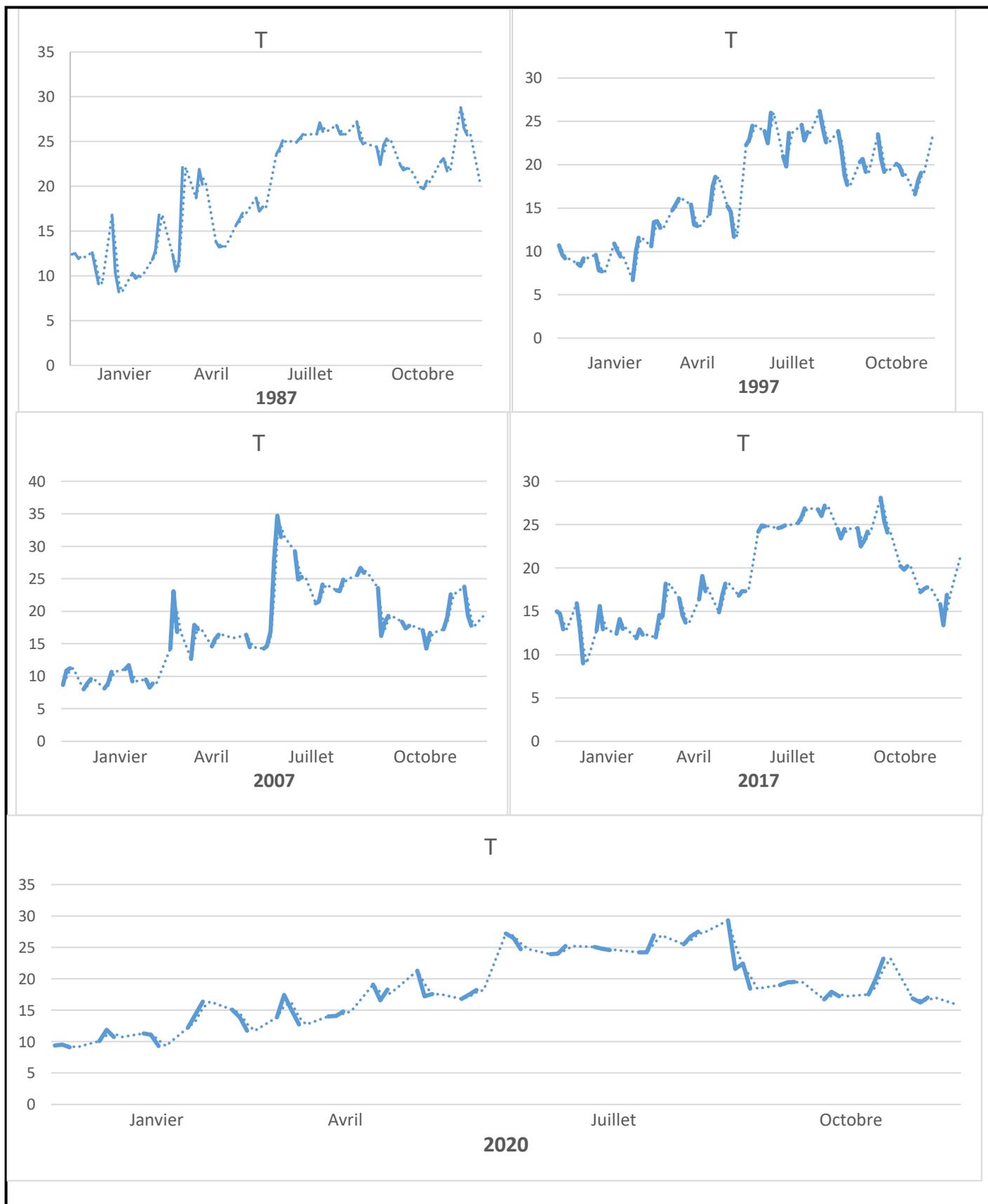
**Constantine :**





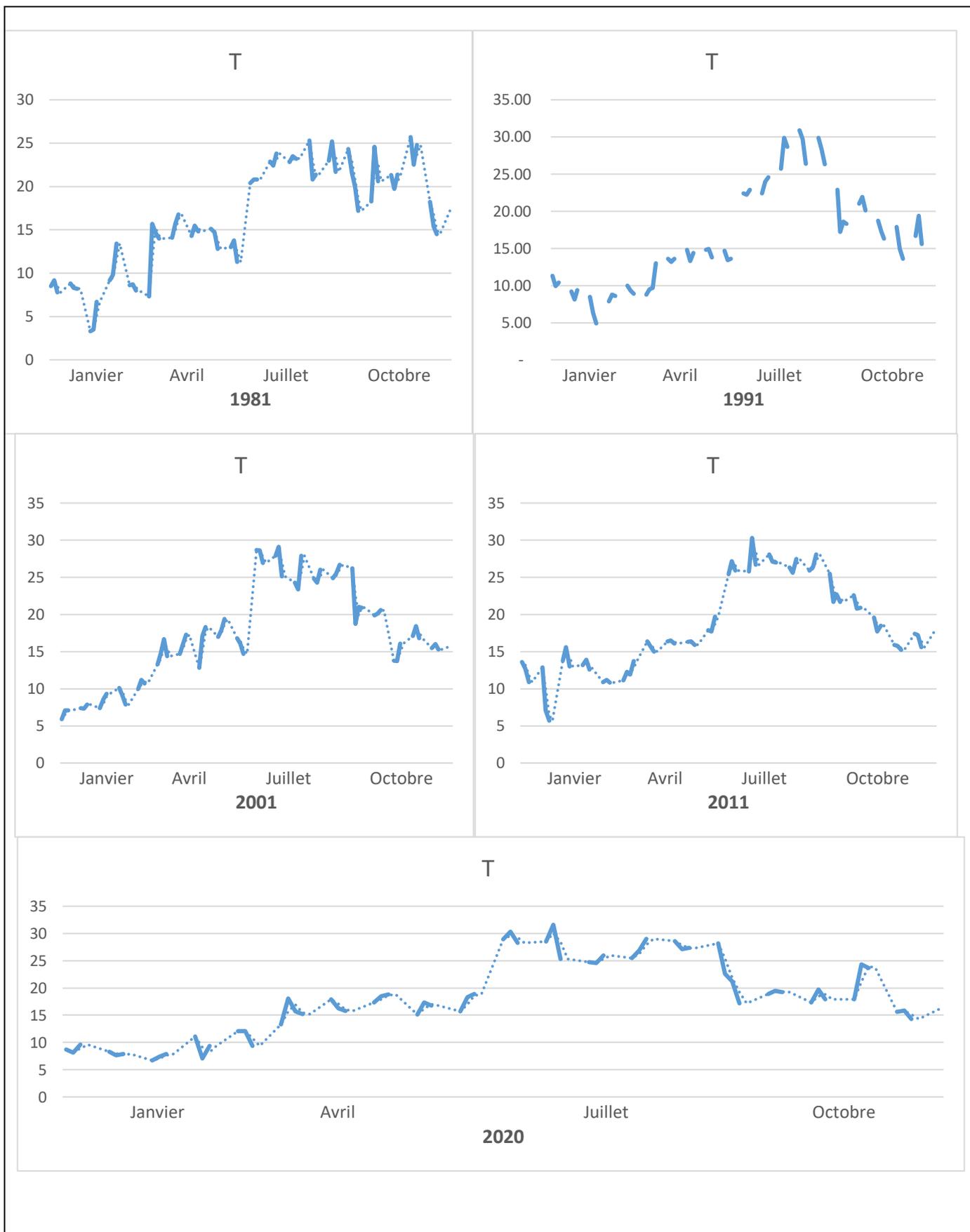
**Figure 35 :** Valeurs des températures pendant les quatre saisons des années 1966-2020 à Constantine

**Jijel Achouat :**



**Figure 36 :** Valeurs des températures pendant les quatre saisons des années 1987-2020 à Jijel

**Tlemcen Zenata :**



**Figure 37 :** Valeurs des températures pendant les quatre saisons des années 1981-2020 à Tlemcen

### **III.4 L'effet du changement climatique sur Beni Haroun et Boughrara**

Les milieux aquatiques sont exposés notamment aux modifications des températures atmosphérique et des cours d'eau, à l'intensification des événements extrêmes menant à des variations brutales du débit et du niveau d'eau.

La température ne cesse pas d'augmenter, donc elle peut mener à une diminution temporaire mais drastique du niveau des eaux de ces deux barrages ayant un impact sur les espèces. De plus, en cas de pénurie d'eau, le changement climatique provoque, par effet de moindre dilution, la concentration des pollutions modifiant l'équilibre biologique et chimique de l'eau pouvant aboutir à une mortalité importante sur différentes espèces (poissons, invertébrés benthiques, végétation aquatique, etc.).

Au contraire, dans le cas de l'intensification et de la multiplication des épisodes de pluies extrêmes, le changement climatique augmente le risque d'inondations, augmentant notamment le risque d'érosion détériorant les berges et la ripisylve, essentiels aux espèces inféodées aux milieux aquatiques dulcicoles.

## CONCLUSION GENERALE

Le changement climatique est un ensemble de variations des caractéristiques climatiques en un endroit donné au cours du temps. Il représente une modification durable du climat global ou des différents climats régionaux.

Selon plusieurs études et recherches ce phénomène commence à prendre de plus en plus d'ampleur à travers le monde durant ces dernières années.

A travers notre travail, nous avons essayé de porter, une humble contribution à la compréhension de ce phénomène en s'appuyant sur l'exemple particulier de la région Béni Haroun et Hammam boughrara.

L'étude du changement climatique et son impact sur les ressources en eaux des deux régions nous ont permis d'obtenir des résultats qui montrent de réels changements et des apports aux barrages en faisant référence à la période d'études et des données collectées.

La qualité des eaux superficielles, dépend de plusieurs paramètres physiques, chimiques et biologiques. Leur variation spatio-temporelle est due soit à la lithologie des terrains traversés (dissolution des formations géologiques), soit à des facteurs externes. L'interprétation de la représentation graphique montre que l'évolution de la teneur des éléments physico-chimiques en fonction du volume d'eau dans le barrage, montre que la majorité des éléments évoluent de manière proportionnelle au volume du barrage, cela ne peut être expliqué que par un phénomène de dilution et de concentration. Concernent les teneurs des éléments étudiés devrait être relativement faible, elles sont inférieures aux normes de la potabilité. Les résultats des données nous a permis de classer les eaux de surface en 3 classes selon la grille adapté par l'ANRH :

Classe I : La première classe concerne les concentrations de la DBO5 et Nitrate.

Classe II : La deuxième classe regroupe les éléments (Oxygène dissout, DCO5, Ammonium, Matière organique, Phosphate et Nitrite)

La dernière classe contient les eaux des mois pluviaux pour les nitrites et Oxygène dissout, et les eaux des mois sec pour les nitrites, l'ammonium, DCO.

Enfin, les variations de ces paramètres physico-chimiques changent avec le changement climatique, et ce dernier a mené à la diminution du volume des deux barrage (Beni haroun et Boughrara) à cause de l'augmentation des températures, il peut mener aussi à une pollution qui peut aboutir une mortalité importante sur différentes espèces aquatiques. Contrairement aux précipitations, si leur quantité augmente, le risque d'inondations ainsi d'érosion augmente.

### Reference Bibliographique :

- 1- Adjim, Bensaoula ,(2008) : La mobilisation des ressources en eau : contexte climatique et contrainte socio-économiques. 6\_Bensaoula\_et\_Adjim\_larhyss\_20journal\_7\_Juin\_2008.pdf le 19/05/2021.
- 2- Alberge J., Nasri, Boufaroua M., Droubi A., Marzouk A. (2004). Petits barrages et lacs collinaires, aménagements originaux de conservation de eaux et de protection des infrastructures avales : exemples des petits barrages en Afrique du nord et au Proche-Orient. Sécheresse n°1 vol .15, pp 78-86.
- 3- Anonyme, (1966) Monographie du barrage (arrondissement étude Juillet 1966).
- 4-Anonyme, (1988), Notre planète .info [http://www.notreplanete.info/actualites/actu\\_2569\\_academie\\_sciences\\_rechauffement\\_climatique.php](http://www.notreplanete.info/actualites/actu_2569_academie_sciences_rechauffement_climatique.php) le 21/04/2021
- 5-Anonyme, (1998), L'eau et le changement climatique <http://iipdigital.usembassy.gov/st/french/article/2013/08/20130801279947.html#axzz34FNafmyW> le 14/05/2021.
- 6-Anonyme (2004) Relation entre le changement climatique et les ressources en eau : Incidences et mesures d'intervention [http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/ccw%20fr/chapter\\_3\\_fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/ccw%20fr/chapter_3_fr.pdf) 09/05/2021.
- 7- Anonyme, (2008), Technologie environnement <http://www.recy.net/frame.php?url=http://www.recy.net/actualites/20080121-changementsclimatiques-tlemcen.php> le 22/04/2021
- 8- Anonyme, (2014), Emergency Alerts save lives , climat [http://www.khaoula.com/algerie\\_climat.htm](http://www.khaoula.com/algerie_climat.htm) le 13/05/2021 à 11h50
- 9-ANRH Agence National Des Ressources Hydraulique
- 10- Anton S., Pougatsch H. (2011). Les barrages6 du projet a la mise en service. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR), école polytechnique fédérale de Lausanne, pp714.
- 11- Banque mondiale.
- 12- Benlaoukli B., Touaïbia B. (2004). L'expérience algérienne dans le domaine des études de retenues collinaires. Revue des sciences de l'eau, journal of water, vol.17, n°2, pp.153-162

- 13- Cherif S., Bouhassane M. (2013). Etude comparative des barrages a noyau central. Mémoire de Master. Tlemcen : université abou bekr belkaid, faculté de technologie, pp93.
- 14- Delliou p. (2003). Les barrages : conception et maintenance. Presses universitaires de Lyon, Vaulx-en-Velin, vol .1, PP270.
- 15- CNRDPA Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et l'Aquaculture (2016) : Bilan des activités de recherche.
- 16- CNRDPA Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et l'Aquaculture (2017) : Centre National Bilan des activités de recherche.
- 17- CNRDPA Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et l'Aquaculture (2018) : Bilan des activités de recherche.
- 18- CNRDPA Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et l'Aquaculture (2019) : Bilan des activités de recherche.
- 19- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2009), (Le Changement climatique et l'eau), climate-change-water-fr.pdf, consulté le 14/05/2021.
- 20- Greenfacts (2014), <http://www.greenfacts.org/fr/changement-climatique-re3/1-3/rechauffementplanete-5.htm> 23/05/2021.
- 21- Lauzeral Christine (2012) : Prédiction du potentiel d'invasion des espèces non natives par des modèles de niche : approches méthodologiques et applications aux poissons d'eau douce sur le territoire français. Thèse de DOCTORAT. UNIVERSITÉ DE TOULOUSE. 234p.
- 22- LOUNACI-DAOUDI Dhya (2012) : Les poissons d'eau douce d'Algérie : inventaire et répartition. 3<sup>ème</sup> Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichthyologie - Marrakech – Maroc 6 – 10 Novembre 2012.
- 23 - ONM Office National De La Météorologie
- 24- Remini B., Leduc C., Hallouche W. (2009). Evolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens, Sécheresse 2009 ; 20 (1) : 96-103.