

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière Sciences Biologiques

Option : Ecosystèmes Aquatiques

Thème

Contribution à l'étude de l'évolution des paramètres physicochimique des eaux superficielles du barrage de Boukerdane, Tipasa.

Présenté par :

OUKEFIL Marwa

et

DJEMAI Fatima

Soutenu le 14/06/2022

Devant le jury :

BELKHITER S.

MCB/USDBI

Présidente.

BOULHAIA L.

MAA/USDBI

Examinatrice.

BOURIACH M.

MCB/USDBI

Promoteur.

METMATI M.

SEAAL

Co-Promoteur.

Promotion : 2021-2022

Résumé

L'eau est la source de toutes vies sur terre. L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux brutes du barrage de boukerdane qui se situe au sud-est de la wilaya de tipaza. Il s'agit d'une étude rétrospective basé sur les données de trois années consécutives 2019 à 2021, les résultats obtenus ont été classés sous quatre catégories : des paramètres physiques, des paramètres de minéralisation, des paramètres de pollution, et des paramètres indésirables, ses résultats nous ont permis de conclure que avec la forte diminution du volume d'eau stocké durant les trois années, y'a eu une dégradation de la qualité de cette eau, et une variation annuelle significative entre les années 2020 et 2021 pour la température, le pH, la turbidité, la conductivité, le TAC, le calcium, le chlorure, le bicarbonate, le nitrite, l'ammonium et le fer, en ce qui concerne l'oxygène dissous, la variation annuelle a été enregistrée entre 2019-20. On a enregistré que la diminution du niveau d'eau stocké avait significativement affecté la conductivité et la turbidité de l'eau, la teneur en matières en suspension, Ammonium, Manganèse, Fer, Magnésium, TAC, Bicarbonates, calcium et nitrites. Enfin, notre étude a révélé que l'eau du barrage de boukerdane était de qualité physicochimique moyennement bonne avec un niveau de pollution réduit corrélativement aux résultats des travaux précédents. Toutefois, cette qualité reste influencée par les facteurs climatiques et anthropiques.

Mots clés : Paramètres physicochimiques, qualité des eaux, barrage Boukerdane, facteurs anthropiques.

Abstract

Every life form on earth relies on water, so the main objective of our study is the physico-chemical form of Boukerdane's dam, located south-east of Tipaza. It's a retrospective study based on three consecutive years from 2019 to 2021, the results have been listed to four categories: physical parameters, mineralization parameters, pollution parameters, and unwanted parameters. These results have led to conclude that with the high diminution of stocked water over the last three years, the water's quality has degraded and a significant yearly variant of these factors: temperature, pH, turbidity, conductivity, TAC, calcium, chloride, bicarbonate, nitrite, ammonium and iron over the years 2020 to 2021. Regarding the dissolved Oxygen, the yearly variation checked between 2019-2020. We also checked that the decrease of water level had severely affected the water's conductivity and turbidity, suspended content matter, Ammonium, Manganese, Iron, Magnesium, TAC, Bicarbonates, Calcium and Nitrites. At last, our study revealed that Boukerdane dam's water quality was medium, with low pollution level due to past works. However, this quality remains influenced by climatic and anthropogenic factors.

Keywords: Physicochemical parameters, water quality, Boukerdane's dam, anthropogenic factors.

الملخص

الماء هو مصدر كل حياة على الأرض، الهدف الاساسي من دراستنا هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه لسد بوكردان الواقع في الجنوب الشرقي من ولاية تيبازة. تعتبر ه دراسة مرجعية تستند إلى بيانات ثلاث سنوات متتالية من 2019 إلى 2021، تم تصنيف النتائج التي تم الحصول عليها إلى اربع فئات: عوامل فيزيائية، عوامل معدنية، عوامل التلوث، وعوامل غير مرغوب، وقد مكنتنا النتائج المتحصل عليها أن نستنتج أنه مع الانخفاض الحاد في حجم المياه المخزنة خلال السنوات الثلاث، حدث تدهور في نوعية هذه المياه، وتفاوت سنوي كبير بين عامي 2020 و 2021 بالنسبة لدرجة الحرارة، معدل الحموضة، التعكر، الموصلية الكهربائية، العنوان الكاليمتريك، الكالسيوم، الكلوريد، البيكربونات، النتريت، الأمونيوم والحديد، بالنسبة للأكسجين المذاب، تم تسجيل التغيير السنوي بين 2019 و 2020. تم تسجيل تأثير الانخفاض في مستوى المياه بشكل كبير على موصلية المياه والتعكر، وعلى محتوى المادة المعلقة، الأمونيوم، المنغنيز، الحديد، المغنيسيوم، العنوان الكاليمتريك، البيكربونات، الكالسيوم والنتريت. في الاخير، كشفت دراستنا أن مياه سد بوكردان كانت ذات جودة فيزيائية كيميائية متوسطة جيدة مع مستوى التلوث منخفض نوعا ما ارتباطاً بنتائج العمل السابق. ومع ذلك، لا تزال هذه النوعية متأثرة بالعوامل المناخية والبشرية.

الكلمات المفتاحية: العوامل الفيزيائية والكيميائية، جودة المياه، سد بوكردان، العوامل البشرية.

Remerciements

Avant de présenter ce modeste travail, nous tenons à remercier notre grand seigneur Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage, et la volonté pour accomplir ce travail, d'avoir éclairé notre route et de nous avoir guidé dans le meilleur et le bon chemin.

*Nos remercions les honorables membres de jury
qui nous ont fait l'honneur de corriger et juger notre travail*

Mme belkhiter.S et Mme boulhaia.L

*Notre profonde gratitude s'adresse tout particulièrement à notre promoteur **Mr BOURIACH Mohammed** pour l'aide qu'il nous a apporté, pour sa confiance, son encouragement, pour sa disponibilité de tous les instants avec une grande patience et gentillesse, et son œil critique qui nous a été très précieux pour structurer le travail.*

*Un spécial remerciement à notre Co-promoteur et le responsable de la station de traitement **Mr Mourad MATMATI**, un grand merci à **Mm FEKHAR.G** et à toutes les personnes de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amar.*

Enfin à tous nos enseignants, à toute la promotion de 2ème année Master Ecosystèmes Aquatiques et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de notre mémoire.

A vous tous, Merci !

Dédicaces

Dédicace à mes parents, ma mère qui sans elle je n'en serais pas là Aujourd'hui, pour tout ce qu'elle m'a offert... qui m'a consolé pendant les nuits sombres, qui a toujours enlevé une partie d'elle pour combler mon manque, qui ne s'est jamais plainte de la fatigue, mais en souriant et me donnant tout, tu es ma source de motivation, ma raison de vivre, je t'aime maman ! Merci au meilleur papa au monde, je ne pourrais jamais aimer quelqu'un autant, tu as été mon soutien, et tu le resteras toujours, je ne pourrais jamais remercier ni compter le nombre de fois où tu m'as mis en priorité, je vois la vie dans tes yeux papa, je t'aime !

Dédicaces à mes deux frères, Oussama et Lamine, mes épaules, j'ai de la chance d'avoir une paire des meilleurs frères au monde à mes côtés, vous êtes mon soutien. Merci de m'avoir toujours fait confiance et ne jamais me critiquer ni mes choix, je vous aime infiniment ! Et à ma petite sœur Selsabil, la relève, la meilleure version de moi inch'allah, je t'aime khiti !

Dédicace à mon binôme, Fatima, on a franchi toute ce parcours ensemble profite de cette victoire ma chérie, on le mérite ! Je t'aime ma chérie !

Dédicace à mon promoteur, Monsieur Bourriach.M, merci de m'avoir remis sur les rails à chaque fois, et d'avoir présenté votre mieux et de vous être cassé la tête pour que j'en sois là merci monsieur.

Dédicace à mes cousines, mes autres sœurs, merci de m'avoir consolé, de m'avoir écouté et d'être toujours mon soutien. A khadidja, à Imene et sa nouvelle née, ma nièce, bienvenue au monde Allae !

Une grande dédicace à ma moitié, Sarah et à mes meilleures copines Hadjer, mes deux Manel, Narimane, Mounira et Amina, merci pour tous les bons moments qu'on a vécu ensemble, on a vécu le mal et le bon e, on s'est tout partagé, merci pour tout ce que vous avez apporté dans ma vie, pour tous les rires et les délires qu'on a faits, on a un long trajet ensemble inch'allah, je vous aime !

A ma famille et mes amis, merci pour vous tous, j'ai de la chance d'avoir un si bel entourage. Merci au Dieu tout puissant, d'avoir mis tous ces personnes à mes côtés, je viens de réaliser à quel point je suis bénie, oh merci Allah pour tout.

الحمد لله دائما و أبدا.

Marwa.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance :

*À mes très chers parents pour leur soutien et leurs encouragements sans faille tout au long de mon parcours scolaire mais aussi personnel ,merci pour vos sacrifices le long de ces années merci pour vos présence rassurante, et si j'en suis arrivée là s'est grâce à vous, j'espère que le bon Dieu les garde, les comble de santé et leur une longue vie
Maman lumière de ma vie pour son amour, sa compréhension pour tous mes cas.*

*Mon amour papa qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici, Pour m'avoir
accompagné
Tous moments*

À mes cher frères « Belkacem » et « Amir »

À mes tantes spécialement « Fatiha , Nassima , Razika »

*À mes cousins et mes cousines, spécialement « Younes, Wassim, Sekander, Fatima,
Nada, Rahil, Mériem, Aida, Nourhanna, Anfal »*

À toute ma famille oncles et tantes, cousins et cousines, petit et grand, sans exception.

À mon cher binôme Marwa avec qui j'ai partagé de belles années d'études, pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail.

À mon promoteur Mr bouriach pour sa générosité, son soutien et son encouragement tout au long de ce travail.

À tous mes chers(e) amis(e) : « Hayat, Zahra, Fatima, Amina, Mounira et Amel ».

À toute personne que je connais de près ou loin.

FATIMA

ABH	:	Agence de Bassins Hydrauliques.
AEP	:	Alimentation en Eau Potable.
ANBT	:	Agence Nationale des Barrages et Transferts.
ANRH	:	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
EB	:	Eau brute.
ET	:	Eau traité.
F°	:	Degré Français.
FNU	:	Unité Néphélogétrie à la Formazine.
MES	:	Matières En Suspension.
MO	:	Matière Organique.
MTH	:	Maladies à Transmission Hydrique.
NTU	:	Unité de Turbidité Néphélogétrie.
OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé.
SEAAL	:	Société des Eaux et de l'Assainissement Alger.
TAC	:	Titre Alcalimétrique Complet.
TH	:	Titre Hydrométrique.
UV	:	Ultra-Violet

Liste des tableaux

Tableau 1	: Caractéristiques Du Barrage De Boukerdane.....	14
Tableau 2	: Caractéristiques Hydrologiques Du Barrage De Boukerdane.....	14
Tableau 3	: Principaux espèces animales.....	20
Tableau 4	: Variation annuelle climatologie de la région d'étude 2019-2021.	36
Tableau 5	: Grille de qualité des eaux de barrages adoptée par l'ANRH et l'ABH	38
Tableau 6	: Normes physiques et électrochimiques selon (l'OMS ,2006) et (JORA, 2006).....	38
Tableau 7	: Valeur moyenne minimale et valeur moyenne maximale pour chaque paramètre étudié des eaux brutes du barrage de Boukerdane.....	39
Tableau 8	: Variabilité annuelle des paramètres physico-chimiques (significatif).	49
Tableau 9	: Corrélation (significatif) entre le volume d'eau stocké et les différents paramètres physico chimiques d'eau de barrage de Boukerdane.	50

Liste des figures

Figure 1 : Barrage boukerdane.....	12
Figure 2 : Situation géographique de barrage boukerdane.....	14
Figure 3 : Température mensuelle moyenne (min-max) de la période allant de 2009 à 2019.....	16
Figure 4 : Précipitation mensuelle moyenne (écart type) de la période allant de 2009 à 2019.....	16
Figure 5 : Humidité relative mensuelle moyenne (écart type) de la période allant de 2009 à 2019.....	17
Figure 6 : Synthèse ombrothermique de la région durant la période allant de 2009 à 2019.....	18
Figure 7 : Localisation géographique du barrage de Boukerdane.....	22
Figure 8 : Matériel utilisé.....	23
Figure 9 : Travail au laboratoire.....	28
Figure 10 : Variation temporelle du volume stocké et le taux de remplissage du barrage (2019-2021).....	34
Figure 11 : Variation annuelle du taux de remplissage du barrage de boukerdane (2019-2021).....	34
Figure 12 : Barrage de boukerdane en 2021.....	35
Figure 13 : Variation annuelle de la température maximale moyenne de la région d'étude (2019-2021).	37
Figure 14 : Variation annuelle de la précipitation totale de la région d'étude (2019-2021).....	37
Figure 15 : Variation annuelle des paramètres physiques durant les années 2019-2021.....	42
Figure 16 : Variation annuelle des paramètres de minéralisation durant les années 2019-2021.....	45
Figure 17 : Variation annuelle des paramètres de pollution durant les années 2019-2021.....	47
Figure 18 : Variation annuelle des paramètres indésirables durant les années 2019-2021.....	48
Figure A : Matériel du laboratoire de la station de traitement.....	iv
Figure B : Station flottante.....	iv
Figure C : Différence du barrage en période sèche et humide dans la même année 2021	iv

<i>pollution agricole</i>	11
<i>Pollution naturelle</i>	11
MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUE	11
CHAPITRE II	ZONE D'ETUDE
1. DESCRIPTION DU SITE	12
SITUATION GEOGRAPHIQUE, MORPHOLOGIQUE, HYDROLOGIQUE ET GEOLOGIQUE.....	12
CARACTERISTIQUES CLIMATOLOGIQUES	15
<i>Température</i>	15
<i>Précipitation</i>	15
<i>Humidité relative de l'air</i>	17
<i>Diagramme ombrothermique</i>	17
FAUNE ET FLORE	18
<i>Types de formations végétales</i>	18
<i>Faune</i>	19
DESCRIPTION DE LA STATION DE TRAITEMENT DE SIDI AMAR.....	20
<i>Transfert d'eau brute vers l'usine</i>	21
CHAPITRE III	MATERIEL ET METHODES
1. MATERIEL	22
2. METHODES	24
MODE DE PRELEVEMENT.....	24
ECHANTILLONNAGE	24
PARAMETRES PHYSIQUES.....	24
a. <i>Potentiel d'hydrogène (PH) et de la Température (T°)</i>	24
b. <i>Turbidité</i>	25
c. <i>Conductivité</i>	26
PARAMETRES MINERALISATION.....	27
a. <i>Dosage de chlorure (Cl)</i>	27
b. <i>Oxygène dissous (O₂)</i>	28
c. <i>Dosage de sulfate SO₄²⁻</i>	29
d. <i>Dosage de Calcium, Magnésium et la dureté totale (Ca⁺, Mg, TH)</i>	30
e. <i>Bicarbonate</i>	30
PARAMETRES DE POLLUTION	31
f. <i>Détermination de la matière organique (MO)</i>	31
b. <i>Dosage de nitrites (NO₂⁻)</i>	32
c. <i>Dosage de nitrates (NO₃⁻)</i>	32
PARAMETRES INDESIRABLES	33
g. <i>Dosage du fer (Fe)</i>	33
h. <i>Dosage de Manganèse (Mn)</i>	33
i. <i>Dosage d'Aluminium (Al)</i>	33
CHAPITRE IV	RESULTATS ET DISCUSSION
1. CARACTERISTIQUES DU BARRAGE	34
2. SYNTHESE CLIMATIQUE	36
3. PARAMETRES PHYSICOCHEMISTIQUES	38
PARAMETRE PHYSIQUES	40
<i>Température</i>	40
<i>Le pH</i>	41
<i>La turbidité</i>	41
<i>La conductivité</i>	41
<i>Le titre Hydrométrique</i>	41
<i>Le titre Alcalimétrique Complet</i>	42

<i>Paramètres de minéralisation</i>	43
<i>L'oxygène dissout</i>	43
<i>Le calcium</i>	43
<i>Le chlorure</i>	43
<i>Le Bicarbonates</i>	43
<i>Le Sulfate</i>	44
<i>Le magnésium</i>	44
<i>Paramètres de pollution</i>	45
<i>Le nitrite</i>	45
<i>Le nitrate</i>	46
<i>L'ammonium</i>	46
<i>La matière organique</i>	46
<i>Le phosphate</i>	46
<i>La matière en suspension</i>	46
<i>Paramètres indésirables</i>	48
<i>Le fer</i>	48
<i>Le manganèse</i>	48
4. CORRELATION	50
Conclusion	53
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

Introduction

«...**Et nous avons fait de l'eau toute sorte vivante**» (Al-Anbya, Ayat 30).

L'eau constitue la vie pour tous les êtres vivants, elle couvre les trois quart de la surface terrestre et environ les deux tiers du corps humain. Au cours du temps, la demande en eau, est devenue plus importante à cause des besoins liés aux activités domestiques, industrielles et agricoles (Drouiche, 2006).

De nos jours, le problème des ressources en eau mobilisables ne se pose pas uniquement en termes de quantité disponible ; la qualité de ces eaux commence à poser de sérieux problèmes. Selon l'OMS, plus de la moitié de la population mondiale vivra dans des régions soumises au stress hydrique d'ici 2025.

Pour faire face à cette pénurie, la construction de barrages semble être la solution la plus adaptée pour répondre aux différentes besoins (Dorioz et al., 2006). Les lacs de barrages constituent un type de zones humides continentales de plus en plus important. Formant une source naturelle considérable pour les humains puisqu'ils fournissent l'eau pour divers usages domestiques, industriels, la pêche et l'irrigation. Certains réservoirs jouent un rôle important pour la faune et la flore et remplacent de manière efficace les lacs naturels qui ont disparus (Pearce et Crivelli, 1994)

L'Algérie est un pays au climat semi-aride dont la majeure partie du territoire est désertique. Elle ne compte ni grands fleuves ni montagnes enneigées en grand nombre. Les besoins du pays en eau, tous secteurs confondus, ne cessent d'augmenter alors que l'offre est limitée. Depuis l'indépendance du pays, si le nombre de la population a été multiplié par 4,5, la consommation d'eau l'a été par 40 (ANRH, 2020). Elle dispose d'un potentiel hydrique global mobilisable ne dépassant pas 12,3 milliards de m³ (eaux superficielles), soit un volume annuel de 280 m³ par habitant par an. «Avec la mobilisation pluriannuelle de cette eau (barrages), des ressources en eaux souterraines du Nord et du Sud, du dessalement des eaux de mer, nous arrivons actuellement aux alentours de 18,2 milliards de m³ par an, soit 450 m³ par habitant par an (ANRH, 2020). En 1962, nous en avions 1500 m³. L'Algérie est par conséquent largement touchée par le stress hydrique, et se situe en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque mondiale à 1000 m³ par habitant par an».

Et les signaux d'alarme retentissent depuis plusieurs années. D'après le classement de 2019 établi par l'organisation World Ressources Institute, l'Algérie est le 29^{ème} pays le plus

Touché par la sécheresse. Une étude publiée par l'Institut de prospective économique en Méditerranée (Ipemed) en 2013 indiquait déjà que l'Algérie comptait parmi les pays les plus exposés à un stress hydrique à long terme sur le pourtour méditerranéen (ANBT). Selon l'Agence nationale des barrages et transferts (ANBT), en moyenne nationale, le taux de remplissage des barrages est de 44 % seulement alors que la période hivernale touche à sa fin. Les 80 barrages actuellement en exploitation fournissent 7,7 milliards de m³ à l'ensemble du pays, le potentiel national global en ressources hydriques ne dépassant pas 23,2 milliards de m³ par an.

Réduit à son plus bas niveau ces dernières années, le barrage Boukerdane de la commune de Sidi Amar, au sud de Tipasa, à cause de la faible précipitation la forte chaleur dans la région. A noter que le niveau des eaux du barrage de Boukerdane, d'une capacité théorique de 120 millions m³, à sa mise en eau durant les années 1980, a commencé à baisser depuis près de deux saisons en raison de la sécheresse et des faibles précipitations. Le niveau actuel du barrage ne dépasse pas les 400 000 m³, alors qu'en février 2020, il affichait un taux de remplissage de 22 millions m³ (ANRH, 2020). Le barrage de Boukerdane couvre les besoins en eau dans les zones de Tipasa, Sidi Amer, Menaceur, Cherchell, Sidi Ghiles, Hadjout, Nadhour, Meured et Sidi Rached.

L'objectif de notre travail est de tester l'effet de la sécheresse, issue d'un bilan négatif enregistrée durant les trois années d'études (2019, 2020 et 2021), sur la variation spatiotemporelle des paramètres physicochimiques de l'eau brute du barrage de Boukerdane. A ce fait la, vingt paramètres ont été étudiés réparties en quatre sous catégories tels que, les paramètres physiques (la température, le pH , la conductivité, la turbidité, le TAC et la dureté totale), les paramètres de minéralisation (le calcium, le magnésium, le chlorure, le sulfate, le bicarbonates et l'oxygène dissous), les paramètres de pollution (le nitrites, le nitrates, le phosphate, l'ammonium, la matière en suspension et la matière organique) et les paramètres indésirables (le fer et le manganèse).

Notre manuscrit comporte une introduction et quatre chapitres, dont :

Le premier chapitre comporte des généralités. Le deuxième chapitre décrit le site ; le barrage et la station de traitement. Le troisième chapitre comme présentation des méthodes d'analyses utilisées pour l'obtention des résultats physico-chimiques. Le quatrième chapitre contient les résultats du travail et leurs discussions générales.

En fin, le mémoire se termine par une conclusion globale.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Généralités Sur L'eau

Ressources en eau

L'eau recouvre 72 % des 509 millions de km² de la surface du globe. On estime son volume à environ 1400 millions de km³. Cette quantité d'eau demeure stable avec le temps, l'eau de la planète bleue est à 97,2 % salée. Cette eau salée se retrouve dans les océans, les mers intérieures, mais aussi dans certaines nappes souterraines. L'eau douce représente 2,8 % de l'eau totale du globe. Dans ce faible pourcentage, les glaces polaires représentent 2,1 % et l'eau douce disponible 0,7 % (C.I.Eau, 2017).

Eaux continentales

On peut répartir les eaux continentales en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée (Desjardins, 1990).

Eaux de rivière (partie amont)

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, où la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- a) Turbidité élevée. Le régime des rivières étant torrentiel, les eaux transportent de grandes quantités de matières en suspension.
- b) Contamination bactérienne faible. La pollution causée par l'homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante.
- c) Température froide. Ces eaux proviennent soit de sources, soit de la fonte des neiges et des glaciers.
- d) Indice de couleur faible. Ces eaux n'ont pas eu le temps de dissoudre des matières végétales, principales sources de couleur (Desjardins, 1990).

Eaux de rivière (partie aval)

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense. L'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- a) Contamination bactérienne élevée. Cette contamination est surtout imputable au déversement des égouts domestiques et agricoles.
- b) Contamination organique et inorganique élevée. Les eaux usées domestiques, agricoles et industrielles contiennent de grandes quantités de matières organiques et inorganiques.
- c) Indice de couleur pouvant être élevé. Dans beaucoup de cas, les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales qui les colorent.

Signalons que le débit et la qualité des eaux de rivière (amont et aval) peuvent varier en peu de temps. C'est pourquoi les usines de purification doivent être suffisamment complexes pour réagir rapidement à toute modification des caractéristiques des eaux de rivière (**Desjardins, 1990**).

Eaux de lac

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année, à l'exception de deux courtes périodes au printemps et à l'automne.

Durant ces périodes, la différence de température entre les eaux de surface et les eaux profondes peut provoquer un renversement des eaux du lac et en augmenter ainsi brusquement la turbidité (**Desjardins, 1990**).

2. Les Paramètres De Qualité Des Eaux Continentales (paramètres physico-chimiques)

Les Paramètres Organoleptiques

L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur. Ces paramètres étant liés au confort de consommation, n'ont pas de valeur sanitaire directe (**C. I .Eau, 2017**).

Couleur

La couleur de l'eau est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdales. L'eau colorée n'est pas agréable pour des utilisations domestiques et particulièrement pour boire car elle cause toujours le doute au sujet de la potabilité (**Rodier et al, 1996**).

Gout

Il peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives et la sensibilité chimique perçue quand l'eau est en bouche (**Rodier et al, 1996**).

Odeur

L'existence d'une odeur est synonyme de pollution ou de présence de matière organique décomposée, ce qui est trop dangereux pour la santé des consommateurs. (**Fall, 2007 ; Rodier et al., 2009**).

Saveur

L'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. (**Rodier et al., 2009**).

Paramètres physiques

Qui caractérisent l'eau et qui doivent respecter leur quantité maximale pour certains composés :

la température

Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, pour la détermination du pH, et pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges donc il est très important de la connaître avec précision (**Rodier et al, 2009**). La température maximale acceptable pour l'eau potable, est de 15 °C, température à laquelle on admet que l'eau est rafraichissante (**Monique et Beaudry, 1984**).

La turbidité

C'est le premier paramètre perçu par le consommateur (**Degrmont, 1995**). La turbidité est définie comme l'inverse de la limpidité ou de la transparence, une eau turbide est donc plus ou moins trouble (**Henry et al, 1992**). Elle est due à la présence des matières en suspension finement divisées : l'argile, limons, grains de silice et matières organiques (**Rodier et al, 2005**).

La conductivité électrique

Mesure l'aptitude de l'eau à conduire le courant électrique entre deux électrodes (**Azzaoui, 1999**). Sa mesure permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau. Elle donne une idée sur la salinité (**Merabet, 2010**). Une conductivité élevée traduit soit un pH anormal, soit le plus souvent une salinité élevée d'origine naturelle ou anthropique (**Azzaoui, 1999**).

Potentiel d'hydrogène

Le PH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs simples dont l'origine de l'eau. C'est un élément important pour la détermination de la qualité de l'eau (**Mihoubi, 2008**).

Dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) correspond à la concentration totale en ions calcium (Ca^{2+}) et en ions magnésium (Mg^{2+}). Ils proviennent de la dissolution des roches calcaires. (**Tardat et Beaudry, 1984**).

Titre alcalimétrique totale

C'est la quantité totale de base dans l'eau. Ces bases pouvant être des hydroxydes de carbonates ou des bicarbonates. La quantité totale de carbone organique dépend de la concentration de calcium et magnésium. Elle s'exprime en mg/l de carbonate de calcium ($CaCO_3$) (**Banton et Bangoy, 1997**).

Paramètres de minéralisation

Potassium (K^+)

C'est un élément naturel des eaux, où sa concentration est dans certains cas constante, ne dépasse habituellement pas (10 à 15 mg/l), sauf dans certaines exceptions (**Potelon et Zysman, 1998**).

Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. (Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures, etc. Les eaux de pluies, de citernes n'en renferment que des traces (**Aminot et Chaussipied, 1983**).

Bicarbonates

Les bicarbonates CO_3 sont peu solubles dans l'eau par rapport aux bicarbonates HCO_3 la présence de ces deux composés est liée au phénomène de respiration et de photosynthèse (**Henry et Beaudry, 1992**). L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux Courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates (**Rodier, 2005**).

Chlorure (Cl^-)

L'eau contient toujours des chlorures en proportion très variables, les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de la corrosion dans la canalisation et les réservoirs à partir de 50 mg (**OMS, 2011**).

Oxygène dissous

Ce paramètre est très important, du fait qu'il mesure la solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température, de la pression atmosphérique, de l'agitation et de la salinité (**Ladjel, 2001**).

Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue 2,1 % de l'écorce terrestre, son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes (**George, 1963**). La concentration maximale admissible est de 50 mg / l (**Rodier, 1984**).

Sulfates (SO_4^{2-})

4

Les eaux naturelles contiennent toujours des sulfates, en proportions variables. Leur présence résulte de la légère solubilité de sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (**Tardat et Beaudry, 1984**).

Paramètres de pollution

La pollution de la ressource en eau se caractérise par la présence de micro-organismes, de substances chimiques ou encore de déchets industriels (**C.I.Eau, 2017**)

Aluminium (Al)

L'aluminium est le troisième élément le plus abondant de la croûte terrestre. Il entre dans la composition de tous les sols (**Potelon, 1998**).

L'azote total (NTK)

L'azote total correspond à la somme de l'azote présent sous toutes ses formes, l'azote et ses composés sont très répandus dans la biosphère. La plupart des végétaux et des animaux, ainsi que les matières organiques en décomposition, il peut se présenter sous un certain nombre de formes chimiques importantes telles que : l'azote organique, l'azote ammoniacal, les nitrates et les nitrites. Toutes ces formes se retrouvent en quantité plus ou moins importante dans les effluents industriels et municipaux ainsi que dans les eaux de ruissellement des terres (**Hebert et Legaré, 2000**).

Le phosphore (P)

Le phosphore est un composé chimique qui favorise le développement des plantes. On le retrouve dans l'engrais chimique et naturel, les savons et comme résiduel des activités humaines. Il constitue le principal facteur de l'eutrophisation d'un lac (**CYR et al, 2006**).

Matières en suspension

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature du sol, de la saison, de la pluviométrie et du régime d'écoulement des eaux (**Rodier et al, 1984**).

Nitrates (NO³⁻)

Les nitrates sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitriteetc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique (**Rodier, 1984**).

Nitrites (NO²⁻)

Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique qui sont de l'ordre de quelques micromoles par litre (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Phosphate (PO_4^{3-})

C'est un élément essentiel à la vie aquatique, les fortes concentrations en phosphates rencontrées dans l'estuaire indiquent un enrichissement d'origine domestique et agricole provenant du bassin versant, ainsi que l'existence d'apports directs venants des activités industrielles (**Hakmi, 2006**). Les phosphates peuvent être d'origine organique ou minérale, le plus souvent, leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture, de leur emploi comme additifs dans les détergents et comme agent de traitement des eaux de chaudières. Leur présence dans les eaux de certains puits, à la campagne, indique la proximité de fumiers, de fosses septiques ou la possibilité d'infiltration d'eaux de ruissellement agricoles, riche en engrais (**Hakmi, 2006**).

Matière organique

Un composé organique est caractéristique de toute la matière vivante ou issue d'une matière qui a été vivante, et/ou contient du carbone. Un végétal, un excrément, des hydrocarbures et des substances issus de la chimie (pesticides, solvants) sont aussi des matières organiques. La plupart des matières organiques ne deviennent polluantes que lorsqu'elles sont en excès (**Miquel, 2003**).

Paramètres indésirables**Manganèse (Mn^{2+})**

Le manganèse est un métal lourd que l'on trouve dans les milieux urbains. Leur origine est multiple, il provient des produits consommés au sens large par la population, aux effluents d'égouts, des eaux pluviales (**Potelon, 1998**).

Fer (Fe^{2+})

Le fer est un métal assez soluble que l'on peut retrouver dans l'eau et qui précipite par oxydation à l'air. C'est un élément qui ne représente aucun inconvénient pour l'organisme humain, il peut, cependant à une certaine concentration (excès), présenter des désagréments à la consommation (saveur) et au ménager (tache de rouille sur la ligne), les normes de l'OMS retiennent la valeur limite de 0,3 mg / l de fer dans l'eau de boisson (**Bouziani, 2000**).

3. Pollution de l'eau

Les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme, parmi ces problèmes, la contamination de l'eau. En effet, l'eau est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques (pollution chimique) et même des micro-organismes (pollution biologique) dont certaines sont pathogènes et dangereux pour la santé (**Coulibaly, 2005**). La pollution de l'eau est une altération physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles provoquées par l'homme et de ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatique et compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique (**Mekkakia, 2001**). Selon **Cazaban et al, (2005)** cette pollution affecte beaucoup plus les eaux Superficielles comparées aux eaux souterraines. Les eaux de surface des lacs et des cours d'eau sont alimentées par le ruissellement et les eaux souterraines. Ils sont susceptibles d'être contaminées par les eaux usées fortement polluées (**Henry et Beaudry, 1992**).

Les différents types de pollution d'eau

Selon l'origine des substances polluantes, quatre catégories de pollutions sont à distinguer (**Gilli et al, 2004**).

Pollution domestique

Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration ; selon **Gaujous (1995)** elle se caractérise par la présence des germes fécaux, des fortes teneurs en matières organiques, des sels minéraux et des détergents.

Pollution industrielle

D'après **Gaujous (1995)**, cette pollution provient des usines et sa diversité dépend de la nature de l'utilisation de l'eau. Parmi les pollueurs industriels :

- 💧 Matières organiques et graisses (industrie agro-alimentaires, équarrissages ...).
- 💧 Hydrocarbures (raffineries).
- 💧 Métaux (traitement de surface, métallurgie).
- 💧 Acides, bases, produits chimiques (industrie chimiques, tanneries ...).
- 💧 Eau chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques).
- 💧 Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Pollution agricole

L'agriculture moderne est aussi devenue une cause importante de pollution des eaux, suite de l'usage des engrais chimiques et des pesticides, dont certains présentent une grande toxicité qui s'avère être apparentée aux armes chimiques (**Ramade, 1995**).

Pollution naturelle

Elle est à l'origine de divers phénomènes naturels comme l'éruption volcanique (**Gaujous, 1995**).

Maladies à transmission hydrique

«L'eau est considérée comme un hôte pour plusieurs parasites ou larves, cependant tout contact direct ou indirect avec peut être la première cause de diverses maladies dites d'origine hydrique» (**Quatunau, in Benhalima, 2018**).

Le mot MTH recouvre un large spectre de pathologie d'origine bactérienne parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination : l'eau (**Benhalima, 2018**).

Au moins 2 milliards de personnes dans le monde utilisent une source d'eau potable contaminée par des matières fécales. La présence de microbes dans l'eau potable contaminée par des matières fécales représente le plus grand risque en termes de sécurité et de transmission de maladies telles que la diarrhée, le choléra, la dysenterie, la fièvre typhoïde et la poliomyélite (**OMS 2022**).

Les MTH ont connus une véritable évolution liée à la situation climatique du pays aggravée par une sous exploitation des réserves. Véritable problème de santé publique, elles représentent en terme de morbidité les premières maladies notifiées à l'INSP en 1980 l'épidémie de choléra a coûté la vie de 482 personnes en Algérie, En 1990 près de 5 millions d'enfants sont morts des MTH dans le monde selon l'OMS. Le taux d'incidence global moyen des maladies hydriques est de 35 cas par 100 000 habitants (**OMS 2005**).

Chapitre II

Zone d'étude

1. Description Du Site

Le barrage Boukerdane est situées dans une zone subhumide ou les hautes barrières montagneuses qui limitent le domaine oriental vers l'ouest privent la région des apports de pluies et réduisent la pluviométrie de cette région à 190 mm/an en moyenne (**Doughoum, 2008**). La réalisation de barrage a créé une retenue de 536.000 m³ qui a permis à la population de composer des ruraux d'améliorer les rendements, actuellement médiocres, d'une agriculture de subsistance à base céréaliculture et l'arboriculture (olivier) (**ANBT, 2017**). La mise en eau a commencé au début de l'année 1996. Les principaux apports ont été de 24 Hm³ en 1996, de 34 Hm³ en 1999 et en 2005. Le barrage a atteint sa plus haute eau en 1999, cote de retenue à 109.67 m pour une retenue normale (NNR) à 119.5 m, le barrage est donc toujours en cours de remplissage 21 ans après (**ANBT, 2017**).

Le secteur hydrique en Algérie compte, à fin 2021, 80 barrages et 5 autres en cours de réalisation, répartis sur tout le territoire national, qui relèvent du Ministère des Ressources en Eau et de l'Environnement (MRE). Les prévisions du secteur à l'horizon 2030 sont de 139 barrages.

Il bénéficie d'un climat humide à subhumide, sous l'influence du climat méditerranéen, l'année est divisée en deux saisons ; la saison des pluies qui se caractérise par le froid et l'humidité et la saison sèche qui se caractérise par la chaleur et la sécheresse. Au niveau du bassin versant, les pluies sont abondantes, la précipitation annuelle s'élève à 780mm. Les pluies fortes précipitations apparaissent du mois de Novembre au mois de Mai (**Doughoum, 2008**)



Figure 1. Barrage Boukerdane (Photo prise le 9Mai 2022)

Situation Géographique, Morphologique, Hydrologique Et Géologique

Le barrage de BOUKERDANE se situe dans la partie nord-ouest de la grande plaine de la Mitidja à environ 1,3km au sud du village de Sidi-Amer (wilaya de Tipaza), aux coordonnées géographiques : 36°30 Nord et 2°20 Est. Ce plan d'eau est implanté dans une

zone de collines s'étendant en direction Est-Ouest. Au Nord, il est distant de 11 Km de la méditerranée et au Sud, il est délimité par la montagne de Bou-Maad. (S.T.E.P., 2016)

Le barrage est construit sur le lit de l'Oued AL-Hachem dans la période de 1986 à 1996 et a été mise en service en 1997 (début d'exploitation).

Ca capacité actuelle est de 105 millions m³, il est alimenté principalement par Oued EL-Hachem (au confluent des deux principaux oueds : Menaceur (Boukadir) et fadjana qui donne naissance à Oued AL-Hachem), Oued Meurad, et aussi par le retour de Oued El Nadhor (par pompage).

Le barrage de Boukerdane est destiné à :

- Alimentation en eau potable (AEP) de pratiquement la majorité de la Wilaya de Tipaza.
- Irrigation de la vallée de l'Oued AL-Hachem et des régions de Hadjout et du sahel.

Il participe aussi au renforcement de l'AEP d'Alger dans le cadre du projet de SAA (Sécurisation d'Alimentation d'Alger en eau potable).

La cuvette du barrage est entourée par des hautes montagnes et de massifs. La surface du bassin versant qui est l'air de réception des précipitations et d'alimentation du cours d'eau en amont du barrage compte 177 Km². Cette cuvette est amplement recouverte de marnes gris verdâtres et les vallées sont surmontées par alluvions, de gravier et sable.

La strate de couverture de la retenue est constituée à divers niveaux d'anciennes terrasses fluviales, formant ainsi les rives imperméables. La cuvette est donc de la possibilité d'une filtration permanente (S. T. E. P., 2016).

Les formations géologiques du site du barrage sont divisées en trois groupes :

- 💧 Les roches basiques et les produits de leur altération actuelle in situ ;
- 💧 Les roches sédimentaires tertiaires et les terrains qui s'y développent ;
- 💧 Les dépôts quaternaires alluvions de l'Oued et déjections torrentielles.

Tableau 1 : Caractéristiques Du Barrage De Boukerdane (STEP 2016):

Type	: Terre
Hauteur	: 41m
Longueur	: 606.68m
Côte Retenue Normale (R.N)	: 119.50m
Coté Plus Haute Eaux	: 123.00m

Tableau 2 : Caractéristiques Hydrologiques Du Barrage (STEP 2016):

Oued	: El Hachem
Capacité dernier levé (2004)	: 104.99 hm3
Apport moyen annuel	: 35.0 hm3
Apport (pompage Nador)	: 20.0 hm3
Envasement annuel	: 0.21 hm3/an
Surface du bassin versant	: 177 km2



Figure 2. Situation géographique de barrage Boukerdane

Caractéristiques climatologiques

Les caractéristiques climatiques ont en effet des effets directs sur le régime hydrographique du plan d'eau. Pour une meilleure compréhension du fonctionnement de ce plan d'eau, le rapprochement des données climatiques à celle relatives aux débits, permet de mettre en évidence les relations entre ces dernières factures et les variations des températures de la masse d'eau de la solubilité de l'oxygène et surtout sur les activités métaboliques de la biomasse (**Bontoux, 1993**).

D'après (**Daget, 1977**), les êtres vivants ne peuvent se maintenir en vie qu'entre certaines limites bien précises de température, d'humidité relative, de photopériode, d'éclairement et de pluviosité, donc, le climat est un facteur clé puisqu'il cause une mortalité variable dans l'abondance des populations au cours des générations successives

D'après les données météorologiques recueillies au niveau de la station de météo de Tipasa durant une période de 10 ans s'étalant de 2009 à 2019, le climat de la wilaya de Tipasa est :

Température

La température est l'un des facteurs les plus importants du climat, elle dépend de plusieurs facteurs. Leur rôle biologique et leur connaissance sont d'une importance capitale (**Emberger, 1952**).

En analysant les données de la période allant de 2009 à 2019 nous constatons que Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de $9.43^{\circ}\text{C} \pm 1.37$, et le mois le plus chaud est Juillet avec une température moyenne de $29.91^{\circ}\text{C} \pm 1.26$.

Précipitation

Les précipitations sont tributaires d'un certain nombre de facteurs comme l'altitude, la longitude et la distance à la mer et qui se confond en Algérie avec un gradient latitudinal (**Seltzer et al, 1946**).

D'après l'histogramme des précipitations mensuelles on remarque une grande fluctuation d'un mois à un autre, le mois de Janvier est le mois le plus arrosé avec une pluviosité moyenne de 157.34, tandis que Juillet est le mois le plus sec où la pluviosité moyenne est égale à 5.03.

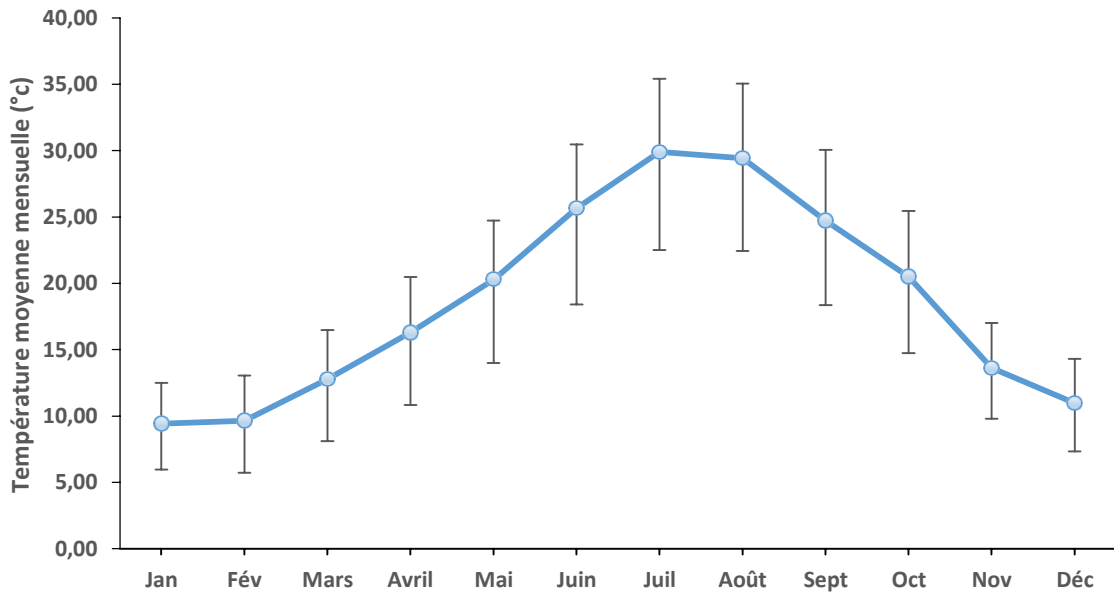


Figure 3 : Température mensuelle moyenne (Min-Max) de la période allant de 2009 à 2019

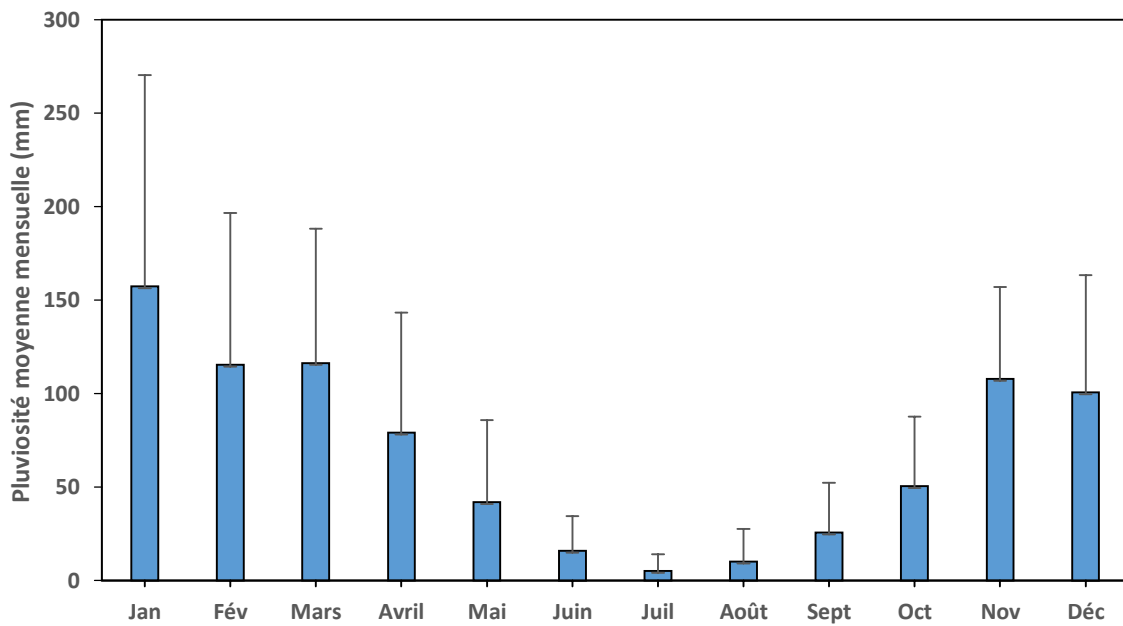


Figure 4 : Précipitation mensuelle moyenne (écart type) de la période allant de 2009 à 2019

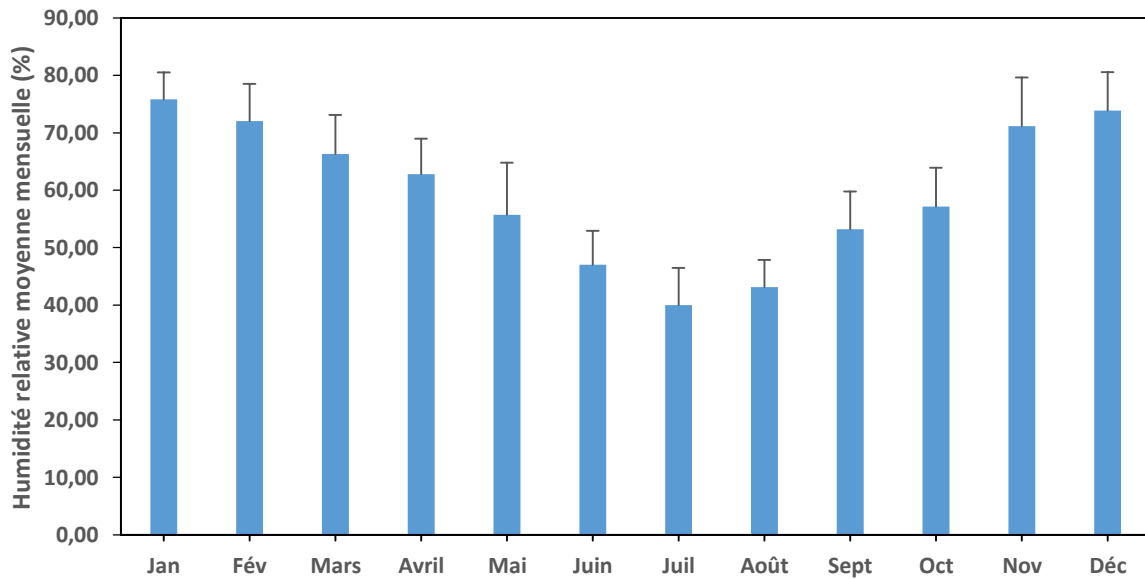


Figure 5 : Humidité relative mensuelle moyenne (écarte type) de la période allant de 2009 à 2019.

Humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation (Seltzer et al, 1946).

D'après l'histogramme de l'humidité ont enregistré la valeur la plus élevée dans la période hivernale et printanière (novembre, décembre, janvier, février, mars et avril) et la valeur minimale de l'humidité relative de l'air avait été enregistrée durant le mois de juillet avec une humidité relative mensuelle moyenne de 39.98.

Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique est une présentation du climat d'un point de vue naturaliste (Charre, 1997).

Un mois est représenté par un point défini par ses coordonnées. La continuité temporelle peut être établie par un trait reliant des mois temporellement contigus. Avec précipitations et températures, faire apparaître les « mois secs » consiste à tracer une droite telle que ($P = 2T$) (Charre, 1997).

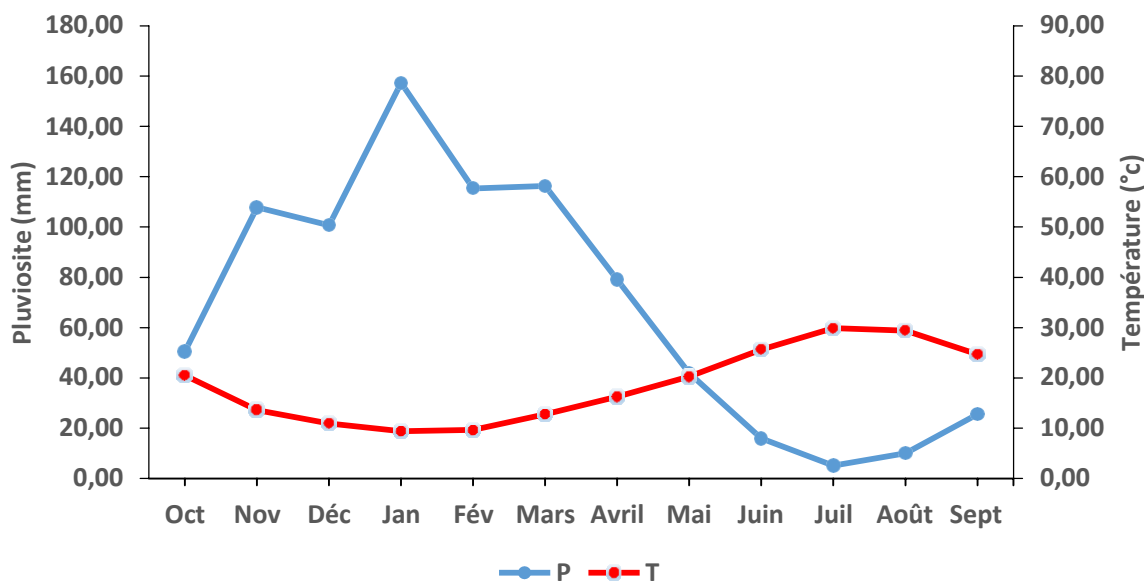


Figure 6 : Synthèse Ombrothermique de la région durant la période allant de 2009 à 2019.

Pour localiser les périodes humides et sèches pendant la période allant de 2009 à 2019, nous avons tracé deux courbes l'un de température et l'autre de précipitation, qui a fait apparaître deux périodes, une sèche s'étale du début de mois de Mai jusqu'au Septembre et une humide qui commence du mois d'Octobre jusqu'au fin du Avril.

Faune et flore

Types de formations végétales

Les types de formations végétales ont été identifiés et délimités dans la carte d'occupation du sol. Les différents types de formations végétales sont :

Forêts claires

Cette catégorie est constituée de l'ensemble des formations végétales hautes dont le taux de recouvrement est inférieure à 50 % qu'elle soit la nature de l'essence qui la constitue ainsi que les formations mixtes ou la forte claire est dominante (Conservation des forêts, 2013).

Maquis dense

Il englobe toutes les superficies à couverture végétale basse (dont le taux de recouvrement est supérieur à 50% présentant des signes de surpâturage et de dégradation

intense du forêt) et formation mixtes ou le maquis dense est dominant (Conservation des forêts, 2013).




Maquis clairs

Il englobe toutes les superficies à couverture végétales basse (dont le taux de recouvrement est inférieur à 50% présentant des signes de surpâturage et de dégradation intense du forêt) et formation mixte ou le maquis clairs est dominant au relief accident et à la sensibilité des terres à l'érosion (80% des terres ont des pentes >12.5% et plus de 60% sont instables à très instables) (**Conservation des forêts, 2013**).

Verger

Les terres cultivées sont très morcelées et de faible superficie (pour les différencier des jardins) sont des terres généralement de bas piémonts, de plaines, de fond de vallée, de dépression et de terrasses alluviales, utilisée pour la production fruitière (l'amandier, vigne,...) (**Conservation des forêts, 2013**).

Les Principaux espèces végétales (Conservation des forêts, 2013).

-  Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*).
-  Le chêne vert (*Quercus ilex*).
-  Le chêne liège (*Quercus suber*).

Faune

Une étude de la conservation des forêts portant sur 13 communes de la wilaya de Tipasa montre que malgré la diversité du paysage, la faune est peu abondante (Tableau) (**Conservation des forêts, 2013**).

Ceci est dû à la dégradation des forêts, aux braconnages et à la chasse illicite (**Conservation des forêts, 2013**).

La faune, bien qu'abondante, peut jouer un rôle important pour le développement de la région, en créant des réserves cynégétiques et développant ainsi le tourisme (**Conservation des forêts, 2013**).

Parmi ses invertébrés, les batraciens sont essentiellement compose de grenouilles et crapauds (**Conservation des forêts, 2013**).

Tableau 3: Principaux espèces animales.

Espèces recensées	Effectifs
Canard Colvert (<i>Anas platyrhynchos</i>)	195
Foulque macroule (<i>Fulcia atra</i>)	123
Grand cormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i>)	018
Grèbe Huppé (<i>Podiceps cristatus</i>)	037
Goéland (<i>Larus argentatus</i>)	167
Héron cendre (<i>Ardea cinerea</i>)	013
Aigrette gazette (<i>Egretta garzetta</i>)	011
Milan noir (<i>Milvus migrans</i>)	004
Petit gravelot (<i>Charadrius dubius</i>)	003
Sarcelle d'hiver (<i>Anas crecca</i>)	006
Bergennette grise (<i>Motacilla alba</i>)	011
Fuligule milouin (<i>Aythya ferina</i>)	030
Grèbe castagneux (<i>Tachybaptus ruficollis</i>)	002

(Conservation des forêts 2013).

Description de la station de traitement de Sidi Amar

L'usine de traitement existe à la ville de Sidi Amar (Wilaya de Tipaza), elle est alimentée à partir d'une prise d'eau du Barrage Boukerdane acheminée par une conduite de 800 mm de diamètre sur une longueur de 1,2 Km, grâce un système gravitaire, la station à une capacité nominale de 34000 m³/j., elle permet l'alimentation en eau vers : Tipaza, Sidi Amar, Menaceur, Cherchell, Sidi Ghiles, Hadjout, Nadhor, Meurad, et une partie de Sidi Rached. (S.T.E.P, 2016).

Transfert d'eau brute vers l'usine

Le point de départ vers l'usine de traitement est composé de 03 prises qui sont exploité selon le taux de remplissage du barrage.

- Cote : 88 mètres prise inférieur.
- Cote : 104 mètres prise intermédiaires.
- Cote : 113 mètres prise supérieur.

Le transport de l'eau brute vers l'usine se fait à la sortie du barrage via une conduite DN 500 mm en acier sur une longueur 200 ML puis raccorde sur une conduite DN 800 mm FTI sur une longueur 1200 ML (S.T.E.P, 2016).

Chapitre III

Matériel et Méthodes

1. Matériel

Les échantillons d'eau brute du barrage sont obtenus directement par un robinet (au niveau de laboratoire) qui nous donne accès à l'eau brute directement. (Y'en a un autre à l'entrée de la station).

Les analyses sont effectuées au niveau de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amer.

L'appareillage utilisé est mentionné dans l'ANNEXE.

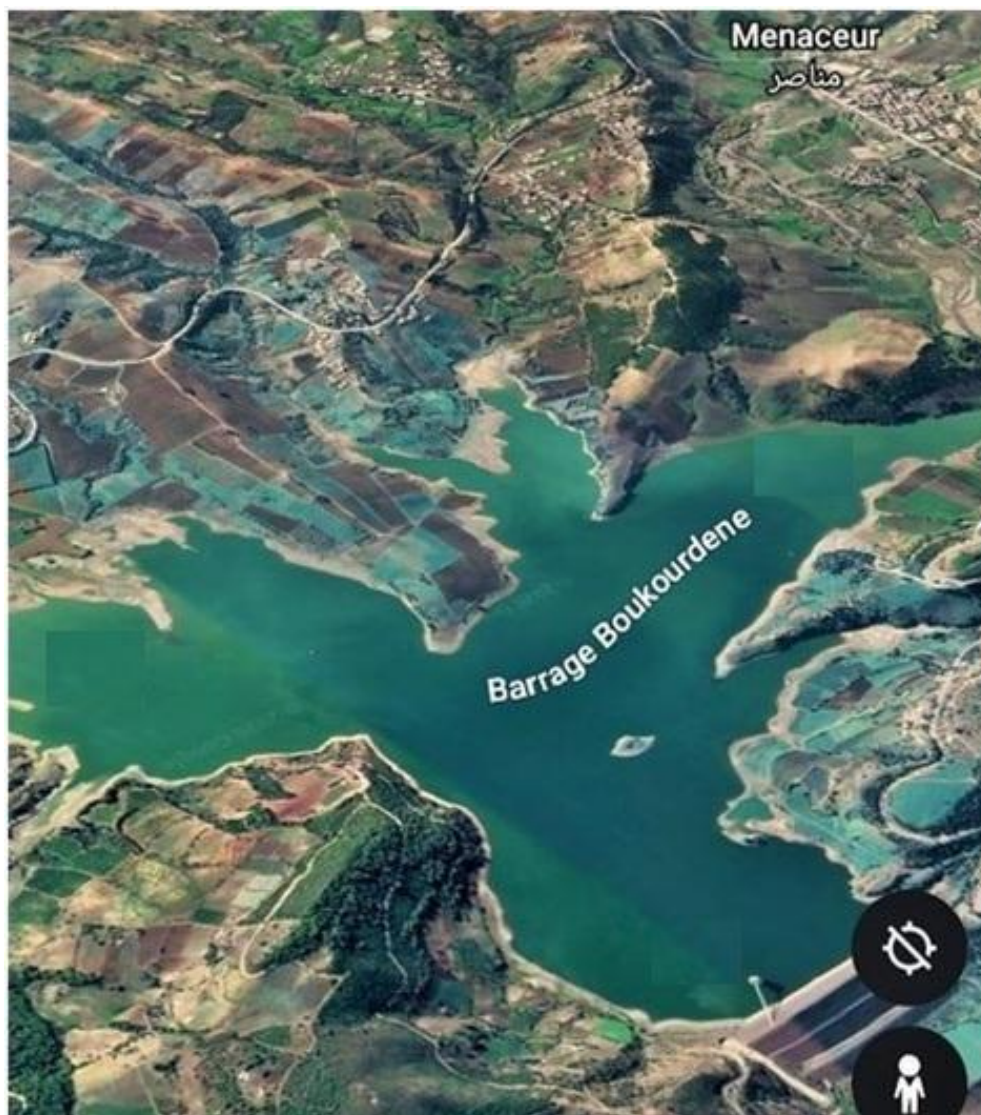


Figure 7 : Localisation géographique du barrage de Boukourdane (Google earth, 2022)

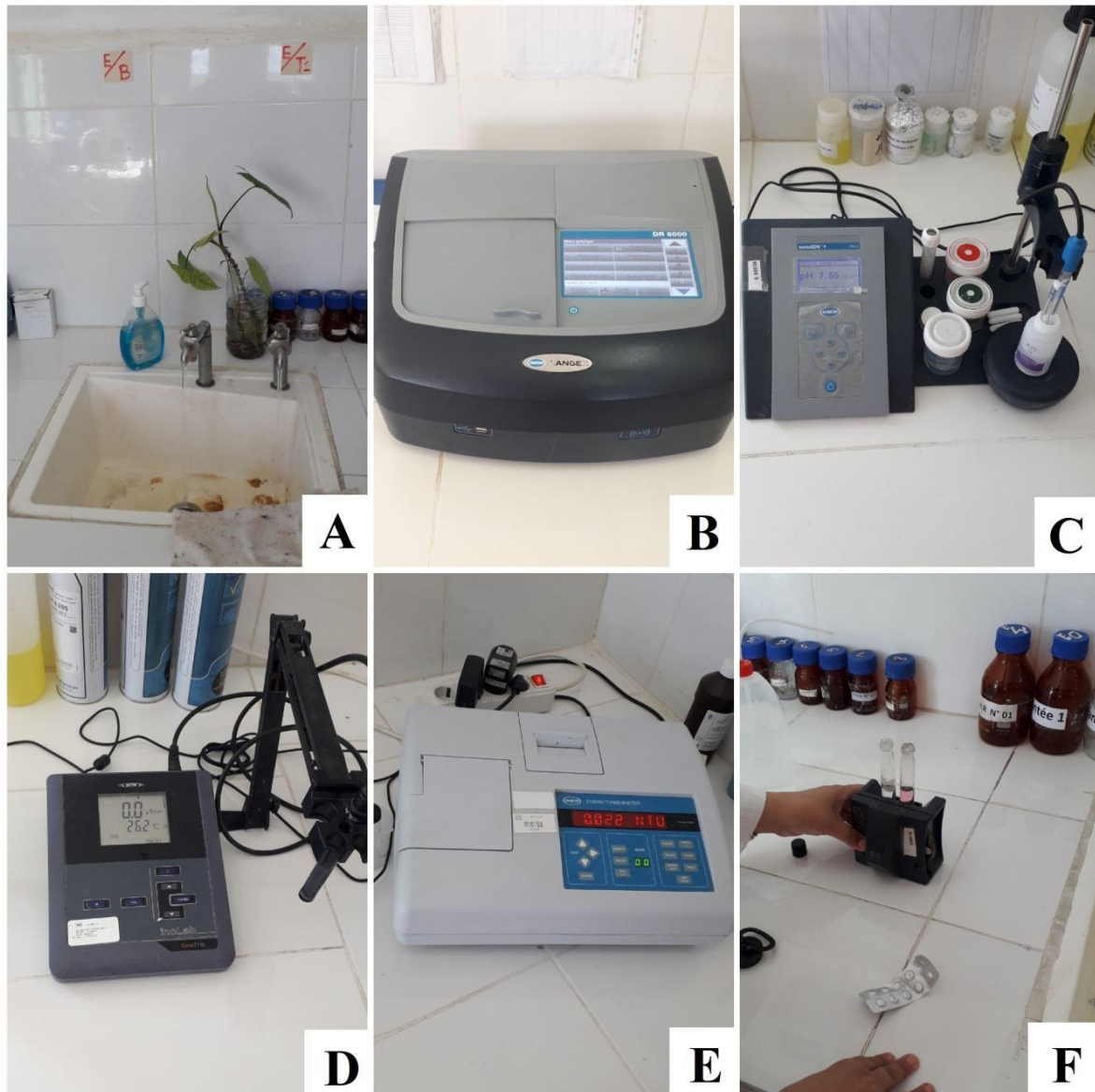


Figure 8 : Liste du matériel utilisé

A : Robinet d'accès à l'eau brute (EB).

B : Spectrophotomètre.

C : pH mètre.

D : Conductimètre.

E : Turbidimètre.

F : Comparateur de chlore.

2. Méthodes

Les différentes analyses physicochimiques sont réalisées selon un mode opératoire proposé par le laboratoire des analyses physicochimique de la station de Sidi Amer, sous forme de prospectus dédié à chaque paramètre.

Mode de prélèvement

Pour un résultat valable, l'analyse doit être effectuée dans les conditions suivantes :

- 💧 L'échantillon analysé est bien représentatif de la masse considérée,
- 💧 Cet échantillon n'est pas altéré entre le moment de prélèvement et celui de l'analyse. **(Henry et Beaudry, 1992).**

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau, il est indispensable d'attendre que l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée **(Rodier et al, 2005).**

Echantillonnage

Le premier objectif de l'échantillonnage est d'obtenir des prélèvements représentatifs de l'eau que l'on désire analyser **(Dégrément, 1995).**

Nos analyses physico-chimiques ont été réalisées durant les 3 années dernières : 2019, 2020,2021.

Paramètres physiques (fiche technique STEP)

a. Potentiel d'hydrogène (pH) et de la Température (T°)

✓ Principe

La détermination de la valeur du pH est basée sur le mesurage de la différence de potentiel d'une cellule électrochimique à l'aide du pH- mètre session +pH3 HACH Le pH échantillon dépend également de la température en raison de l'équilibre de dissociation.

✓ Mode d'opérateur

La mesure correcte implique l'étalonnage périodique de l'ensemble pH-mètre et électrode à l'aide de solutions tampons, cela permet de compenser les déviations de la potentielle asymétrie et de la pente de l'électrode dans le temps.

L'étalonnage se fait quotidiennement et sur deux ponts :

- Appuyer sur la touche enter.
- Un affichage apparait pour sélectionner le paramètre (PH, mV ou données d'étalonnage)
- Appuyer sur la touche PH
- Utiliser le 1^{er} tampon (7) et appuyer sur la touche entrer
- Le PH se stabilise en affichant 1^{er} tampon OK, et demande à utiliser le 2eme tampon.
- Rincer soigneusement l'électrode et l'introduire dans le deuxième tampon (4) et appuyer sur la touche entrer
- Le PH se stabilise en affichant 2^{ème} tampon OK, et demande à utiliser le 3eme tampon comme l'étalonnage se fait à deux points, appuyer directement et doublement sur la touche PH et revenir au mode mesure.

Une vérification se fait juste après l'échantillonnage par un PH 7, la valeur est rapportée directement sur la carte de contrôle.

✓ Expression des Résultats

La valeur du pH est exprimée à deux décimales près. Ainsi que la valeur de la température en degré Celsius (°C) correspondante.

b. Turbidité

✓ Principe

Son principe consiste en la mesure de la turbidité par néphélogéométrie, en utilisant un turbidimètre optique : le hach 2100N, sur une plage de mesure allant de 0 à 4000 NTU.

✓ Mode d'opérateur

La mesure de la turbidité se fait alors comme suit :

- Rincer la cellule de mesure avec l'échantillon à analyser (avant mesure).
- Remplir la cuve sans faire de bulle, visser le bouchon cuve.
- Insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère.
- Fermer le capot de l'appareil.
- Attendre l'affichage automatique d'une valeur.

- Retirer la cuve de mesure, la vider et la rincer.

Si la valeur n'apparaît pas au bout de quelques secondes, on doit appuyer sur (ENTER) et lire la valeur affichée.

✓ Expression résultats

Elles sont données en NTU (Unité de Turbidité de Néphélobimétrie norme les exprime en FNU). La conversion FNU au NTU se fait suivant la relation suivante :

- Quand la turbidité < 20 FNU $\rightarrow 1$ FNU $= 1$ NTU ;
- Quand la turbidité ≥ 20 FNU $\rightarrow 1$ FNU $= 0.6$ NTU ; Ce qui donne : 20 FNU = 12 NTU.

L'expression des résultats se fait alors selon les paliers suivants :

- Si la turbidité est < 0.99 NTU \rightarrow le résultat est exprimé à 0.01 NTU près ;
- Si la turbidité est comprise entre 1 NTU et 9 NTU - \rightarrow le résultat exprimé à 0.1 NTU près ;
- Si la turbidité résultat est exprimée au NTU près.

c. Conductivité

✓ Principe

Détermination directe, à l'aide d'un instrument approprié, de la conductivité électrique de solutions aqueuses. La conductivité électrique découle de la mesure courant conduit ions présents dans l'eau et dépend : De la concentration des ions, De la nature des ions, De la température de la solution, De la viscosité de la solution.

✓ Appareillage

Conductimètre (mettler tolédo Seven Easy) équipé d'une électrode de mesure d'une sonde de température et d'un convertisseur fourni par le fabricant Cet appareil à la propriété de compenser la température de l'eau, pour se ramener à des conditions normales de mesure (25 ° C).

- Le conductimètre est sous tension en continu, l'étalonnage et le contrôle qualité se font quotidiennement.
- Plonger électrode de la conductivité dans la solution étalon (1413uS/cm) et

- presser la touche « Cal »
- Lors de l'étalonnage le Seven Easy s'arrête au point final, pour l'arrêt manuel, presser la touche « Read »
- L'afficheur se fige sur la valeur nominale de l'étalon.
- ✓ Les réactifs

Solution contrôle qualité La conductivité électrique contrôle qualité est de 1413 $\mu\text{S} / \text{cm}$ à 25 ° C Cette solution est disponible dans le commerce, elle l'étalonnage selon une fréquence définie. Cette solution est utilisée aussi pour le contrôle qualité Les valeurs d'acceptation sont reportées sur la carte de contrôle du paramètre. Des flacons en verre et polyéthylène sont utilisés pour le prélèvement des échantillons, l'analyse est faite dans les 24 heures qui suivent le prélèvement.

- ✓ Expressions des résultats

Les résultats sont exprimés directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C.

Paramètres Minéralisation (fiche technique STEP)

a. Dosage de chlorure (Cl^-)

- ✓ Le but

Le but de ce mode opératoire est la détermination de la concentration des chlorures dans un échantillon donné. Le dosage des chlorures est réalisé par titrage au nitrate d'argent (AgNO_3) en utilisant du chromate de potassium (K_2CrO_4) comme indicateur selon la norme ISO 9297 : 1989

- ✓ Mode d'opérateur

- Introduire, au moyen d'une fiole, 100 ml de l'échantillon volume V_a), dans un bécher conique, placé sur un fond blanc.
- Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre.
- Noter le volume V_s de nitrate d'argent versé.

✓ Expression des Résultats

La concentration en chlorure Ccl , exprimée en milligramme par litre mg/l.



Figure 9. Travail au laboratoire (photos prises le 29.05.2022)

b. Oxygène dissous (O₂)✓ Principe

Cette méthode consiste à mesurer la quantité d'oxygène dissous présent dans un échantillon d'eau, par l'utilisation d'une sonde à luminescence. Un étalonnage de l'instrument est recommandé si l'intervalle entre deux mesures est supérieur ou égale à 8 heures. Les échantillons sont soigneusement conservés avant le début de l'analyse afin de délivrer une

quantification réelle de l'oxygène présent dans la prise d'essai. La mesure se fait directement dans les flacons d'échantillonnage

✓ Mode d'opérateur

- Allumer l'instrument après avoir brancher la sonde sur l'appareil de mesure (HQ40d) pour assurer la connexion.
- Rincer la sonde avec de l'eau déminéralisée et l'introduire dans le flacon destiné à l'étalonnage (flacon en verre remplie au 14)
- Appuyer sur le bouton étalonnage et attendre que mesure se stabilise à 100 %, l'écran indiquera « stabilisation».
- Appuyer sur « terminer » pour afficher le récapitulatif d'échantillonnage et enregistrer pour accepter l'étalonnage.

✓ Expression des résultats

L'oxymètre indique directement les résultats en mg d'O₂/L. On reporte les résultats d'analyse dans le cahier de poste, ils sont aussi enregistrés sous LIMS

c. Dosage de sulfate SO₄²⁻

✓ Principe

Les ions sulfatent, en présence de chlorure de baryum (BaCl₂), précipitent à l'état de sulfate de baryum.

✓ Mode d'opérateur

- La détermination manière suivante :
- Prendre 20 ml d'échantillon à analyser et ajouter 5 ml de la solution stabilisante, agiter quelques secondes (agitation mécanique lente).
- Ajouter 2 de chlorure de baryum. Compléter avec 100 ml d'eau distillée Laisser pendant 1 min sous agitation mécanique rapide.
- Remplir rapidement la cuve avec l'échantillon à analyser, l'insérer sans perdre de temps dans l'appareil et appuyer sur Start.
- La concentration des SO₄ est affichée sur l'écran en mg/l.

✓ Expression des résultats

La concentration des sulfates est exprimée en milligramme par litre.

d. Dosage de Calcium, Magnésium et la dureté totale (Ca^{2+} , Mg^{2+} , TH)✓ Principe

Titration par complexométrie du calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène diamine tétra acétique à un pH=10, lors du titrage, EDTA réagit d'abord avec les ions calcium et magnésium libres , puis au d'équivalence, avec les ions calcium et magnésium combinés à l'indicateur ce qui libère l'indicateur et provoque changement

✓ Mode d'opérateur

- Une prise d'essai de l'échantillon est utilisée.
- Diluer les échantillons si nécessaire selon le type d'eau à analyser afin d'optimiser au mieux le dosage et noter le facteur de dilution F.
- Ajouter 4 ml de solution tampon Ph= 10 et une pincée de l'indicateur.
- bien mélanger jusqu'à ce que la prise d'essai se colore en violet.

✓ Expression des résultats

La concentration totale en ions calcium et magnésium, le TH exprimée en ° F.

e. Bicarbonate✓ Principe

Détermination des concentrations en ions bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-) par mesure de l'acide chlorhydrique nécessaire pour amener à pH= 8,3 et 4,5 l'échantillon à analyser La première détermination (pH=8,3) sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde (pH =4,5) sert à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

✓ Mode opératoire

- Prendre 100 ml de l'échantillon à analyser et mesurer le pH.
- Si le pH est supérieur à 8,3 verser lentement de l'acide chlorhydrique 0,1 N jusqu'au point d'équivalence qui est un pH de 8,3.
- Noter le volume V_1 (ml) d'acide chlorhydrique 0,1 N versé.

- Continuer à verser doucement de l'acide chlorhydrique 0,1 N jusqu'au point d'équivalence qui est un pH de 4,5.
- Noter le volume V_2 (ml) d'acide chlorhydrique 0,1 N versé.
- Si le PH est inférieur à 8,3 verser lentement de l'acide chlorhydrique 0,1 N pour obtenir 4,5.
- Noter le volume V_2 (ml) d'acide chlorhydrique 0,1 N versé.
- Mesurer les concentrations on procédant de la même manière que la mesure des échantillons.

Paramètres de pollution (fiche technique STEP)

f. Détermination de la matière organique (MO)

✓ Principe

Les matières organiques présentes dans l'échantillon à analyser absorbent la lumière à la longueur d'onde $\lambda = 254$ nm.

✓ Mode d'opérateur

Prise d'essai :

- Attendre que l'échantillon soit à température ambiante.
- Homogénéiser le contenu du flacon d'échantillonnage par agitation manuelle.
- Utiliser la cuve en quartz de 1 cm de trajet optique pour des Densités Optiques supérieures à 1 m (sinon utiliser une cuve de 10 cm).

Essais :

- Voir manuel instruction pour l'utilisation du spectrophotomètre.
- Presser l'interrupteur placé à gauche au dos de l'appareil (on/off)
- Attendre que le bip retentisse et soulever l'écran pour réaliser la programmation.
- Régler la longueur d'onde en allant à «A unique » Appuyer sur « aller à A », saisir la valeur de 254 nm, puis appuyer sur « ENTER »
- Attendre que l'indication sur l'écran de l'appareil affiche 254 nm (affichage situé en haut à droite de l'écran) Remplir la cuve en quartz de 1cm de trajet optique avec de l'eau purifiée (blanc)
- S'assurer qu'il n'y a pas de bulles d'air et bien essuyer les parois de la cuve Insérer la cuve avec le blanc et appuyer sur « ZERO », l'écran doit afficher =0,000 m1

- Insérer la cuve avec l'étalon (solution fille) et appuyer sur « lire », l'écran affiche une.
- Valeur entre 0,011 et 0,013.
- Vider la cuve et la remplir avec l'échantillon à analyser, fermer le couvercle de l'appareil et mesurer ensuite l'absorbance en notant la première valeur DO affichée.

✓ Expression des résultats

Cuve de 1 cm lue x 100= résultat final. Les résultats sont exprimés en DO par mètre de trajet optique.

b. Dosage de nitrites (NO_2^-)

✓ Principe

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1.9, réactif amino- 4-benzène sulfonamide en présence d'acide ortho-phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le di-chlorhydrate de N-(naphthyl-1)diamino-1,2éthane (ajouté avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide). Mesurage de l'absorbance à 540nm.

c. Dosage de nitrates (NO_3^-)

✓ Principe

En présence salicylate de sodium, paranitrosalicylate sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

✓ Mode d'opérateur

Dosage des échantillons

- Introduire 10 ml d'échantillon à analyser dans une capsule de 60 ml (pour des teneurs en supérieure à 5 mg/l, opérer dilution),
- alcaliniser faiblement d'hydroxyde de sodium 2 à 3 gouttes, ajouter 1ml salicylate
- Poursuivre le dosage comme d'étalonnage, effectuer les lectures spectrophotomètre à la longueur d'onde 420 nm.

✓ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg / l de NO_3 .

Paramètres indésirables (fiche technique STEP)**g. Dosage du fer (Fe^{2+})**✓ Principe

Les ions Fe^{2+} forment avec la 1.10-phénantroline un complexe rouge-orange. Les ions Fe^{3+} contenus l'échantillon réduits à l'état Fe^{2+} avant formation du complexe grâce à l'acide ascorbique.

h. Dosage de Manganèse (Mn^{2+})✓ Principe

Le manganèse est oxydé en permanganate à l'aide de persulfate d'ammonium en présence de nitrate d'argent. Le permanganate ainsi formé est dosé par colorimétrie à la longueur d'onde de 525 nm.

i. Dosage d'Aluminium (Al^{3+})✓ Principe

Le Chromazurol S forme avec l'aluminium en milieu tampon acétate légèrement acide une laque de coloration verte.

Matériel statistique

Pour le traitement statistique, on a utilisé le logiciel Excel afin de nous faciliter la conception des tableaux et l'exploitation des différents paramètres d'analyse.

Chapitre IV

Résultats et Discussion

Résultats

1. Caractéristiques du barrage

Le barrage de Boukerdane avec une superficie de 177 Km² et une capacité totale de 105 million m³, a subi aux cours des trois années d'étude 2019, 2020 et 2021 respectivement une diminution de volume stocké très considérable (fig.7.), tels que, une diminution de 21,05*10⁶ m³ en 2020 (*Test de Wilcoxon : Z= -3,06 ; p=0,002*) et une autre de 13,64*10⁶ m³ en 2021 (*Test de Wilcoxon : Z= -2,98 ; p=0,003*) (fig.8 ; fig.9).

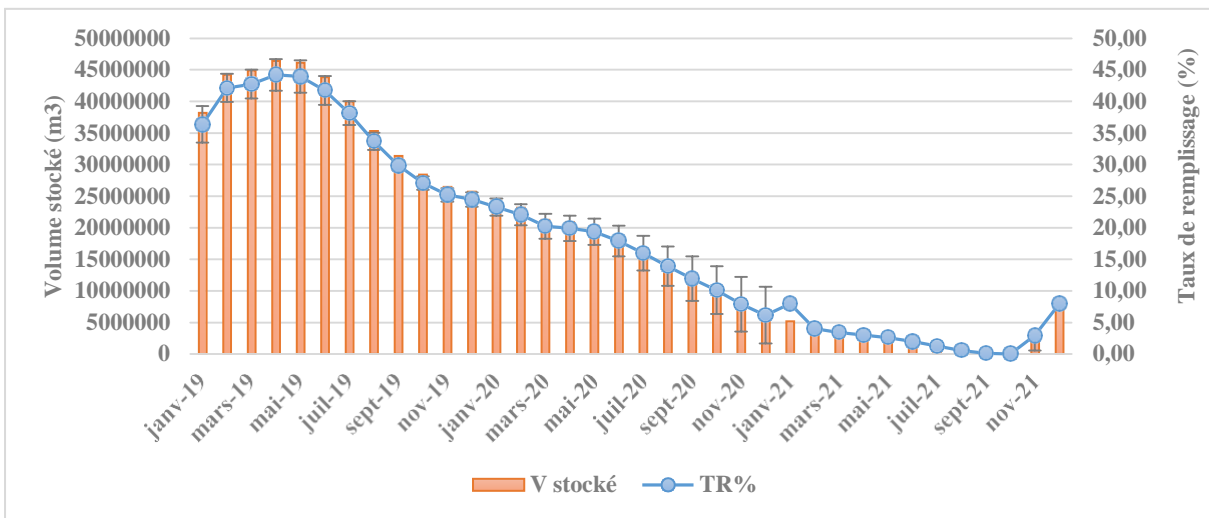


Figure 10. Variation temporelle du volume stocké et le taux de remplissage du barrage de Boukerdane (2019-2021)

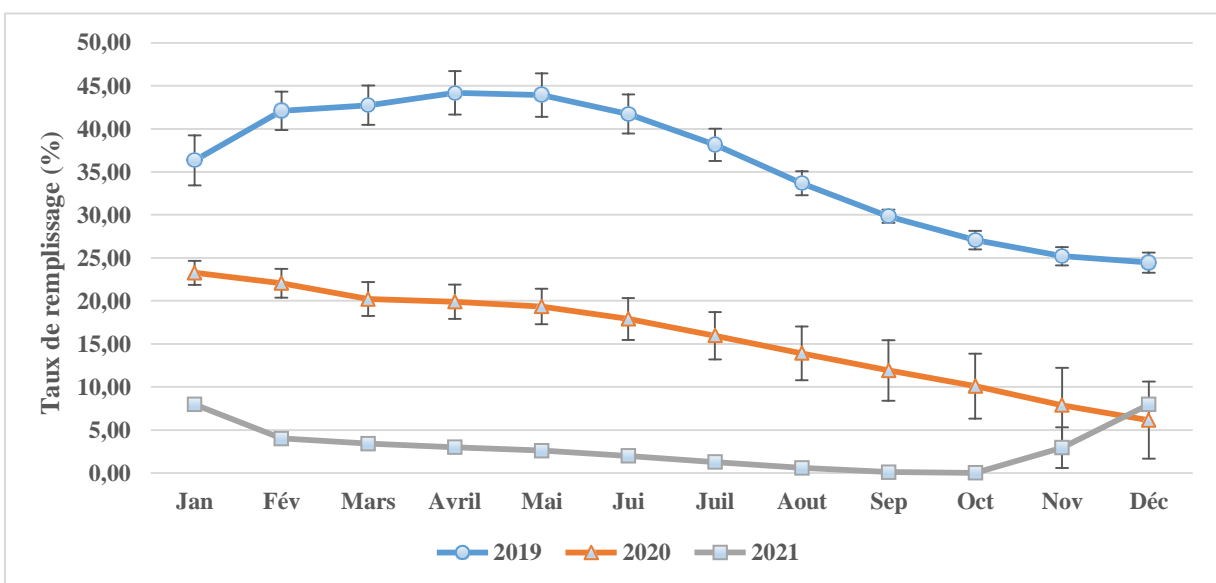


Figure 11. Variation annuelle du taux de remplissage du barrage de Boukerdane (2019-2021)

Touché de plein fouet par la baisse de la pluviométrie qui sévit dans plusieurs régions de l'Algérie et l'assèchement de plusieurs affluents, le barrage de Boukerdane, situé dans la commune de Sidi Amar, à Tipasa, a atteint son plus bas niveau depuis des années.

En effet, le barrage a perdu un totale de 34,69 million m³ en 2020 et 2021, pour atteindre sa valeur critique de 17000 m³ en octobre 2021 (fig. 10) sur les 57 millions qu'il est censé contenir.

Pour rappel, ce barrage alimente en eau potable pas moins de 9 communes, à savoir Hadjout, Meurad, Sidi Amar, Sidi Ghiles, Cherchell, Menaceur, Nador, Tipasa et Sidi Rached



Figure 12 : barrage de boukerdane (photo prise le 07/07/2021)

2. Synthèse climatique

Tableau 4 : Variation annuelle climatologie de la région d'étude 2019-2021

	2019	2020	2021
Température moyenne annuelle	18,7°C	19,0°C	19,8°C
Température maximale moyenne annuelle	22,8°C	23,11°C	24,0°C
Température minimale moyenne annuelle	12,9°C	13,29°C	13,9°C
Précipitation totale annuelle	702,26 mm	296,89 mm	658,54 mm
Jours de pluie	51	50	50
Jours de neige	2	1	2

La température évolue de la même tendance durant les trois années d'étude avec des valeurs minimales enregistrées durant le mois de Janvier (10,7°C ; 12,9°C ; 12,1°C) respectivement durant les trois années d'études et les valeurs maximales durant le mois d'Aout (36°C ; 37,60°C ; 37,70°C) respectivement.

Les valeurs de la précipitation diffèrent dans les trois années d'étude, des valeurs minimales ont été enregistrées durant le mois de Juin 2019, Février et juillet 2020, et Aout et Octobre 2021 (0,25 mm ; 0mm ; 0 mm) respectivement et les valeurs maximales durant le mois de Novembre 2019, Décembre 2020 et Novembre 2021 (148,36 mm ; 130,79 ; 328,9 mm) respectivement.

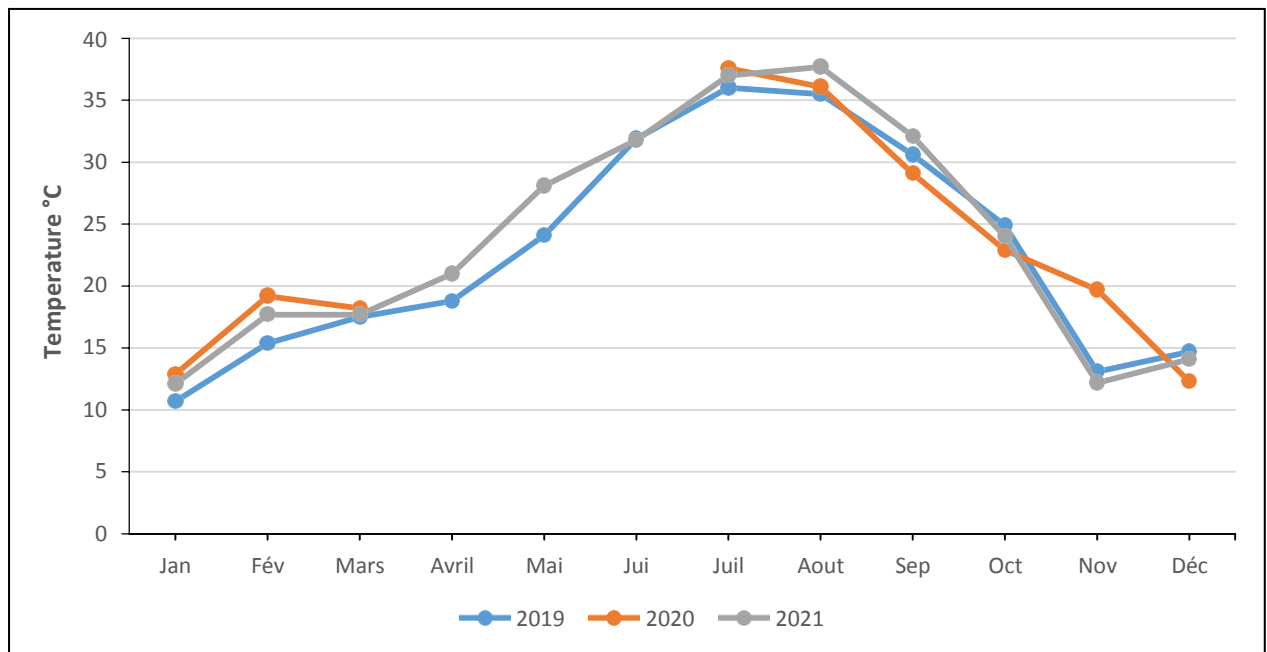


Figure 13. Variation annuelle de la température moyenne de la région d'étude (2019-2021)
(Station météorologique de Miliana)

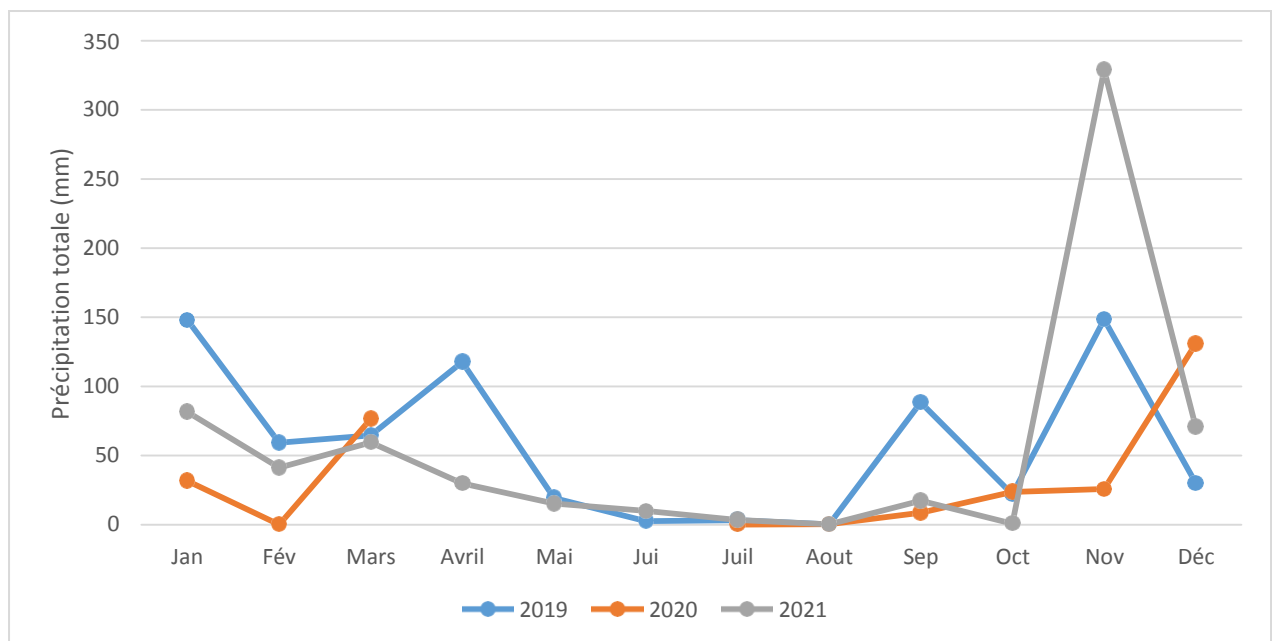


Figure 14. Variation annuelle de la précipitation totale de la région d'étude (2019-2021)
(Station météorologique de Miliana)

3. Paramètres physicochimiques

Les résultats des paramètres physicochimiques sont illustrés dans les figures 13, 12, 14, et 16 et le Tableau 8 présente leur variation annuelle durant les différentes années d'étude.

Tableau 5 : Grille de qualité des eaux de barrages adoptée par l'ANRH et ABH.

Paramètres	Unité	Echelle de Qualité			
		Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très Mauvaise
pH		6.5 -	6.5-8.5	8.5-9	>9
Turbidité	(NTU)	<2	35	70	>105
M.E.S	(mg/l)	0-30	30-75	75-100	>100
Conductivité	(μ s/cm)	180 -2500	120-3000	60-3500	>4000
O ₂ Dissout	(mg/l)	>7	5-7	3-5	<3
M.Org	(mg/l)	<5	5-10	10-15	>15
Ca ²⁺	(mg/l)	40-100	400-200	200-300	>300
Mg ²⁺	(mg/l)	<30	30-100	100-150	>150
Cl ⁻	(mg/l)	10-150	150-300	300-500	>500
Sulfate	(mg/l)	50-200	200-300	300-400	>400
NO ₃ ⁻	(mg/l)	<10	10-20	20-40	>40
NO ₂ ⁻	(mg/l)	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
NH ₄ ⁺	(mg/l)	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Phosphate	(mg/l)	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Fer	(mg/l)	0-0.5	0.5-1	1-2	>2
Mn	(mg/l)	0-0.1	0.1-0.3	0.3-1	>1

Tableau 6 : normes physiques et électrochimiques selon (l'OMS ,2006) et (JORA, 2006)

Paramètres	Unité	Normes
Température	(C°)	25
TH	(F°)	50
TAC	(F°)	20
Bicarbonates	(mg/l)	/

Tableau 7 : Valeur moyenne minimale et valeur moyenne maximale pour chaque paramètre étudié des eaux brutes du barrage de Boukerdane

Paramètre étudiés	Valeur moyenne minimale et valeur moyenne maximale		
	2019	2020	2021
Température (°C)	13,29 – 24,93	12,40 – 23,77	13,20 – 28,35
pH (U. pH)	7,87 – 8,29	7,95 – 8,33	7,80 – 8,14
Turbidité (NTU)	3,37 – 8,21	4,26 – 12,08	13,36 – 88,24
M.E.S (mg/l)	0,00 – 7,90	3,20 – 10,45	9,90 – 27,00
Conductivité (µs/cm)	728 – 784	735,19 – 816,86	864 – 1281
Oxygène dissous (mg/l)	4,28 – 5,57	4,57 – 6,23	4,08 – 7,64
TH (F°)	26,00 – 39,29	25,00 – 33,00	26,00 – 40,00
TAC (F°)	15,00 – 18,00	12,00 – 16,30	13,50 – 15,00
Matière organique (mg/l)	1,30 – 2,71	0,84 – 2,76	1,40 – 5,15
Calcium (mg/l)	0,00 – 63,70	44 – 76	65,92 – 100
Magnésium (mg/l)	26,40 – 56,26	24,00 – 36,00	21,24 – 48,00
Chlorure (mg/l)	62,02 – 95,01	51,76 – 85,79	73,03 – 94,73
Bicarbonate (mg/l)	183,00 – 219,60	144,00 – 199,80	170,80 – 189,10
Sulfate (mg/l)	94,50 – 213	111,30 – 176,25	114 – 289
Nitrate NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,00 – 3,00	0,00 – 1,82	0,00 – 18,12
Nitrite NO ₂ (mg/l)	0,00 – 0,20	0,03 – 0,11	0,04 – 0,94
Ammonium (mg/l)	0,00 – 0,27	0,00 – 0,31	0,32 – 1,04
Phosphate (mg/l)	0,00	0,00	0,00 – 0,13
Fer (mg/l)	0,00 – 0,13	0,02 – 0,21	0,19 – 1,62
Manganèse (mg/l)	0,00 – 0,11	0,00 – 0,31	0,08 – 0,81

Les paramètres moyens obtenus durant les trois années d'étude (tableau 7) montrent que les eaux brutes du barrage de boukerdane sont de bonne qualité pour la teneur en matières en suspension (valeur maximale 27 mg/l en 2021), la matière organique (valeur maximale 5,15 mg/l en 2021), la dureté (valeur maximale 40 °F en 2021) et le TAC (valeur maximale 18 °F

en 2019) aussi présente une bonne minéralisation exprimé en calcium (valeur maximale 100 mg/l en 2021) et en chlorure (valeur maximale 94,73 mg/l en 2021) et une faible teneur en nitrate (valeur maximale 18,12 mg/l en 2021), et qu'elles sont de qualité moyenne pour la teneur en pH (valeur maximale 8,33 en 2020) et l'oxygène dissous (valeur maximale 7,64 mg/l en 2021) et en sulfate (valeur maximale 289 mg/l en 2021).

Comme exception, les eaux de barrage de boukerdane présentent une moyenne qualité exprimée de turbidité en 2019,2020 et une mauvaise qualité en 2021 (valeur maximale 88,24 NTU en 2021), et une qualité moyenne exprimée en nitrite en 2019,2020 et une mauvaise qualité en 2021(valeur maximale 0,94 mg/l en 2021) .Une qualité moyenne exprimée en phosphate en 2019,2020 et une mauvaise qualité en 2021(valeur maximale 0,13 mg/l en 2021) les eaux du barrage présentent aussi une bonne qualité exprimée en Fer en 2019,2020 et une mauvaise qualité en 2021(valeur maximale 1,62 mg/l en 2021) , une qualité moyenne exprimée en manganèse en 2019 et une mauvaise qualité en 2020 et 2021(valeur maximale 0,81 mg/l en 2021) .

Paramètre physiques

Température

Pour la température, Les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en Février 2020 de l'ordre de 12,4°C et une valeur maximale enregistrée en Aout 2021 de l'ordre de 28,35°C, une variation annuelle significative a été enregistrée entre 2020 et 2021 (figure 15.A, Tableau 8).

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (10°C) (**De Villers et al., 2005**). L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît.

La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaire chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3° C s'avèrent souvent néfastes (**De Villers et al., 2005**).

Le pH

Les valeurs du pH fluctuent entre 7 et 8 durant les trois années d'étude, avec une valeur maximale enregistrée en Mars 2020 de l'ordre 8,33 et une valeur minimale enregistrée en Décembre 2021 de l'ordre de 7,8 (figure 15.B), on peut dire c'est un milieu alcalin.

Selon l'OMS, les valeurs de pH montrent que tous les points d'eaux se trouvent dans l'intervalle de la norme de potabilité et varie entre 7,5 et 8,5.

La turbidité

Pour la turbidité, Les valeurs fluctuent durant les deux années 2019 et 2020 avec une valeur minimale enregistrée en Aout 2019 de l'ordre de (3,37 NTU), puis on remarque une forte augmentation dans l'année 2021 avec une valeur maximale enregistrée en Septembre 2021 de l'ordre de (88,24 NTU), une variation significative enregistrée entre 2020 et 2021 (Figure 15.C, Tableau 8), Elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...) (Alayat et al.,2013), la turbidité est influencée par l'augmentation de la matière en suspension et l'effet de la vase qui se mélange avec l'eau en parallèle avec la diminution de son volume .

La conductivité

Pour la conductivité, Les valeurs fluctuent durant les deux années 2019 et 2020 avec une valeur minimale enregistrée en Février 2019 de l'ordre (728 $\mu\text{s/cm}$), puis on remarque une forte augmentation dans l'année 2021 avec une valeur maximale enregistrée en Septembre 2021 de l'ordre de (1281 $\mu\text{s/cm}$), une variation significative enregistrée entre 2020 et 2021 (Figure 15.D, Tableau 8). La conductivité augmente avec l'augmentation de la concentration des sels minéraux ionisés (Derwich et al., 2010), les eaux brutes du barrages sont riche en sels minéraux en 2021 à cause de la diminution du volume d'eau ce qui résulte une conductivité élevée.

Le titre Hydrométrique

Pour la TH, Les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en Mai 2021 de l'ordre 15 F° et une valeur maximale enregistrée en Novembre 2021 de l'ordre de 40 F°, (Figure 15.E). La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na+, K+) et H+. Elle est souvent due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux (De Villers et al., 2005).

Le titre Alcalimétrique Complet

Pour le TAC, Les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur maximale enregistrée en Aout 2019 de l'ordre 18 F° et une valeur minimale enregistrée en Octobre 2020 de l'ordre de 12 F°, une variation significative enregistrée entre 2020 et 2021 (Figure 15.F, Tableau 8). L'alcalinité de notre eau correspond à la présence de bicarbonates dans les eaux du barrage.

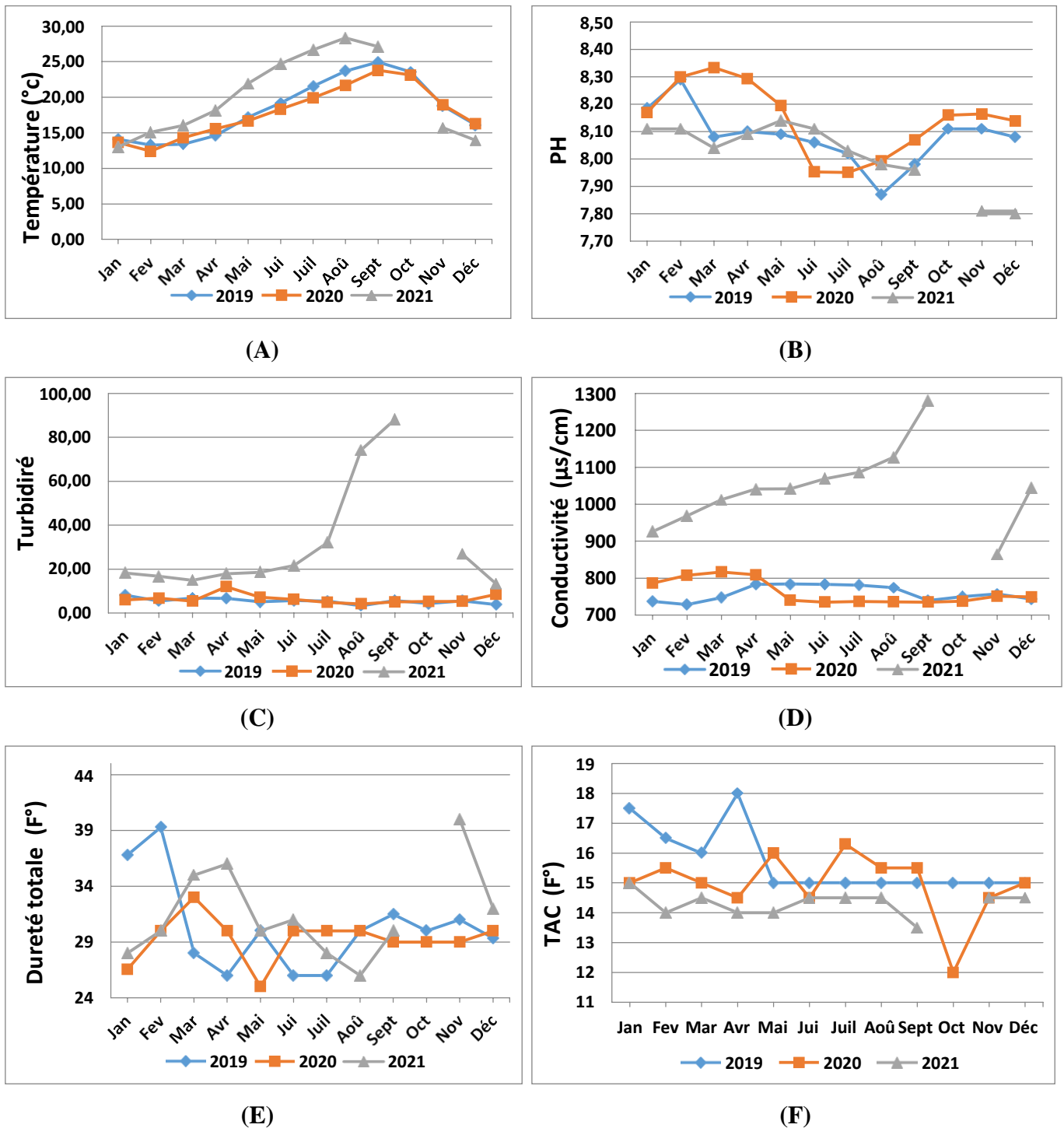


Figure 15 : Variation annuelle des paramètres physiques durant les années 2019, 2020 et 2021

Paramètres de minéralisation

L'oxygène dissout

Les valeurs de l'O₂ dissout fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en juin 2021 de l'ordre (4,08 mg/l) et une valeur maximale enregistrée en novembre 2021 de l'ordre de (7,64 mg/l), une variation annuelle significative enregistrée entre 2019 et 2020 (figure 16.A, Tableau 8). L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques (De Villers et al., 2005).

Le calcium

Pour le calcium, les valeurs fluctuent jusqu'à augmentation durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en Mai 2020 de l'ordre 44 mg/l et une valeur maximale enregistrée en Mars 2021 de l'ordre de 100 mg/l, une variation significative enregistrée entre 2020 et 2021 (Figure 16.B, Tableau 8). Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al., 2009). La présence des ions Ca²⁺ dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO₃), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO₄) (Rodier et al., 2009).

Le chlorure

Pour le chlorure, les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur maximale enregistrée en Juillet 2019 de l'ordre 94,01 mg/l et une valeur minimale enregistrée en Juin 2020 de l'ordre de 51,76 mg/l, une variation significative enregistrée entre 2020 et 2021 (Figure 16.C, Tableau 8). Cette évolution indique la contribution d'un apport anthropique qui peut être d'origine urbaine aussi bien qu'industrielle. Les chlorures sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (Makhoukh et al., 2011)

Le Bicarbonates

Pour les bicarbonates, les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur maximale enregistrée en Avril 2019 de l'ordre 219,60 mg/l et une valeur minimale enregistrée en Octobre 2020 de l'ordre de 144mg/l, une variation significative enregistrée

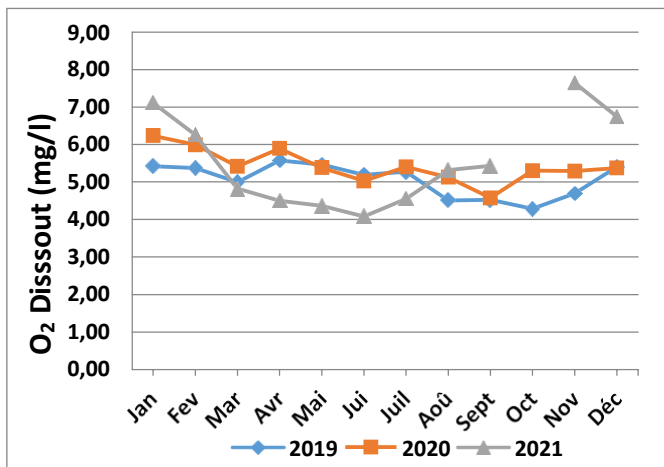
entre 2020 et 2021 (Figure 16.D, Tableau 8). Dans les eaux douces, les ions bicarbonates sont produits par une forte photosynthèse des plantes (Berne et Levy, 2007)

Le Sulfate

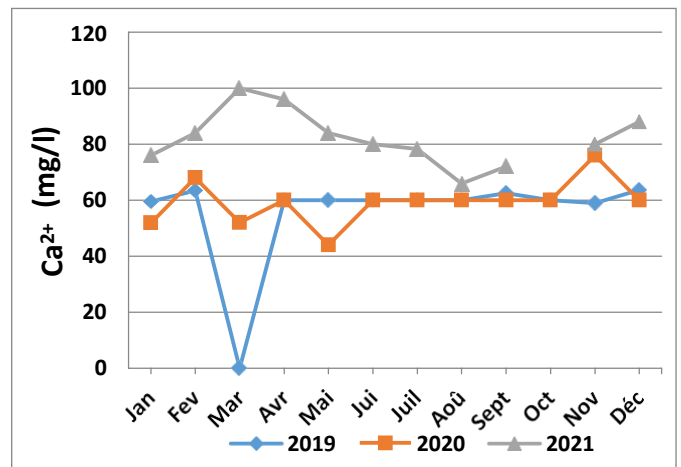
Pour le sulfate, Les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en Juillet 2019 de l'ordre 94,5 mg/l et une valeur maximale enregistrée en Juillet 2021 de l'ordre de 289 mg/l, (Figure 16.E). Les sulfates sont des composés naturels des eaux. Ils sont liés aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium et le sodium. Ils proviennent de certains minéraux, en particulier du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation des minéraux sulfureux. Les teneurs en sulfates des eaux naturelles sont variables, de 5 à 200 mg/l. Les eaux usées de nombreuses industries peuvent également contenir des sulfates (Merabet 2010).

Le magnésium

Pour le magnésium, Les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur maximale enregistrée en Février 2019 de l'ordre 56,26 mg/l et une valeur minimale enregistrée en Juillet 2021 de l'ordre de 21,24 mg/l (Figure 16.F). Le Magnésium contribue à la dureté de l'eau, une forte teneur en magnésium procure à l'eau une saveur amère (Degrément, 1978).



(A)



(B)

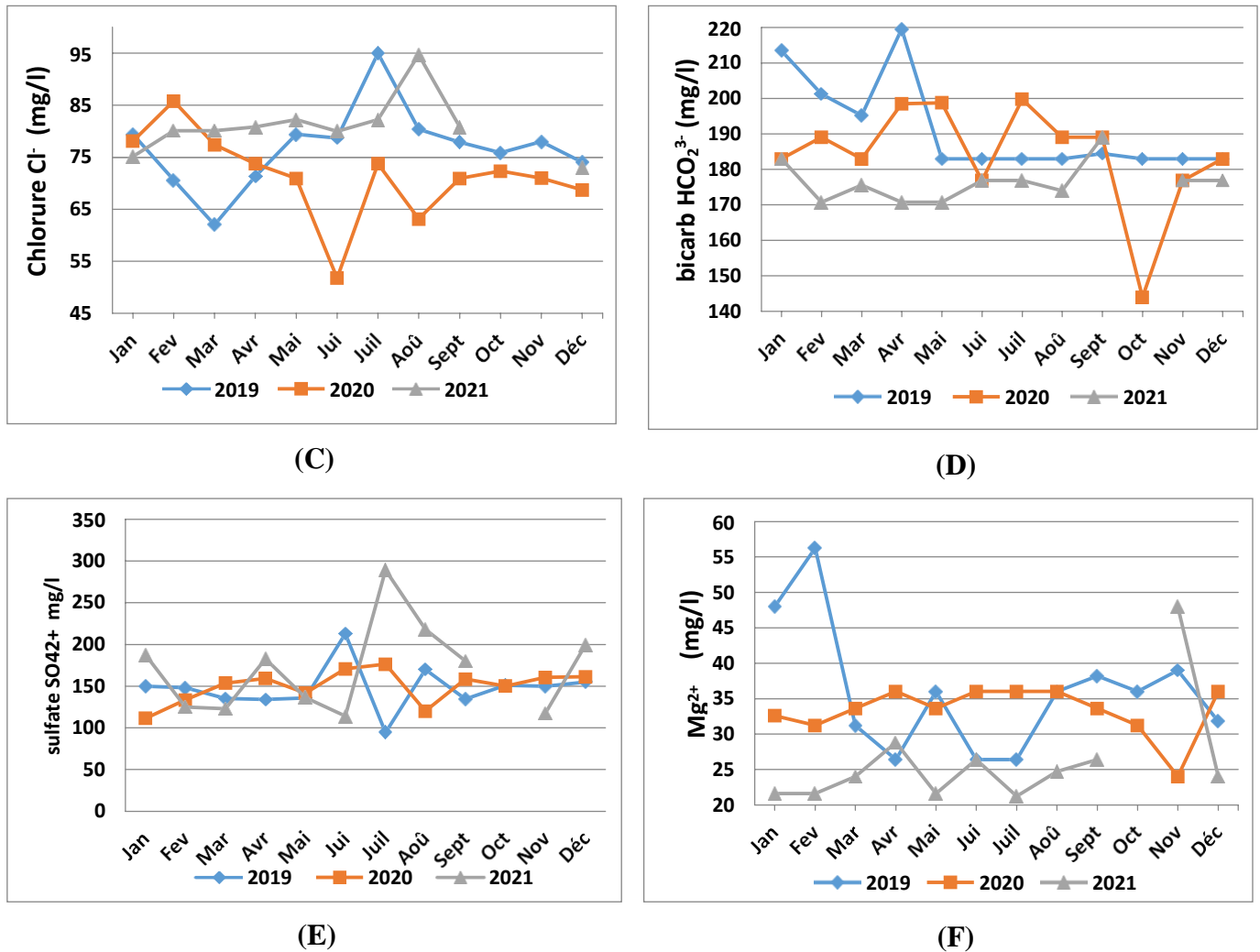


Figure 16 : Variation annuelle des paramètres de minéralisation durant les années 2019, 2020 et 2021

Paramètres de pollution

Le nitrite

Pour le nitrite, les valeurs augmentent durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en Aout et Septembre 2019 de l'ordre (0 mg/l) et une valeur maximale enregistrée en Novembre 2021 de l'ordre de (0,94 mg/l), une variation significative enregistrée entre 2020 et 2021 (Figure 17.A, Tableau 8). Les nitrites sont normalement générés par la minéralisation de la matière organique. Par ailleurs, la décomposition des algues mortes induit également une consommation d'oxygène. Lorsque l'eau est trop peu oxygénée, les conditions d'anaérobiose risquent également de se traduire par une accumulation de composés ammoniacués et de nitrites susceptibles d'intoxiquer la faune et la flore (De Villers 2005).

Le nitrate

Pour les nitrates, Les valeurs augmentent durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en Mai, Juillet, Octobre et Novembre 2019, Mai, Juin, Juillet, Septembre, Novembre et Décembre 2020 et Février, Mai, Juin, Juillet et Aout 2021 de l'ordre (0 mg/l) et une valeur maximale enregistrée en Novembre 2021 de l'ordre de (18,12 mg/l), (Figure 17.B). La présence de nitrate provoque le phénomène d'eutrophisation permettant la prolifération des algues. Les Nitrates contenus dans les engrais sont entraînés par les eaux de ruissellement (**Henry et Beaudry 1992**).

L'ammonium

Pour l'ammonium, les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en Mars, Avril, Mai, Juin, Juillet et Octobre 2019 et Mai, Juin, Juillet, Aout et Septembre 2021 de l'ordre 0 mg/l et une forte augmentation pour atteindre la valeur maximale en Novembre 2021 de l'ordre de 1,04 mg/l, une variation significative enregistrée entre 2020 et 2021 (Figure 17.C, Tableau 8). Selon **Cornaz 2004**, l'origine de l'ammonium dans les eaux superficielles peut être de la matière végétale des cours d'eau, de la matière organique animale ou humaine, des rejets industriels (engrais).

La matière organique

Pour la MO, Les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en juin 2020 de l'ordre 0,84 mg/l et une forte augmentation jusqu'à atteindre la valeur maximale en septembre 2020 de l'ordre de 5,15 mg/l, (Figure 17.D) les matières organiques sont responsables de la coloration des eaux des surfaces et elles sont issues de processus de biodégradation des végétaux et des détritux animaux (**Aouabed 2003**)

Le phosphate

Pour le phosphate, les valeurs restent stables de Janvier 2019 à Septembre 2021 durant de l'ordre (0 mg/l), puis une forte augmentation jusqu'à atteindre la valeur de (0,13mg/l) en novembre 2021, (Figure 17.E). Les agents atmosphériques, vent et pluie, représentent aussi des sources de phosphates surtout quand le débit fluvial est faible (**Holden Martin, 1979**).

La matière en suspension

Pour les MES, Les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en Juin et Décembre 2019 de l'ordre de (0 mg/l) et une augmentation abrupte jusqu'à une valeur maximale en Novembre 2021 de l'ordre (27 mg/l), (Figure 17.F). La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime

d'écoulement des eaux. les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...) (De Villers *et al.*, 2005).

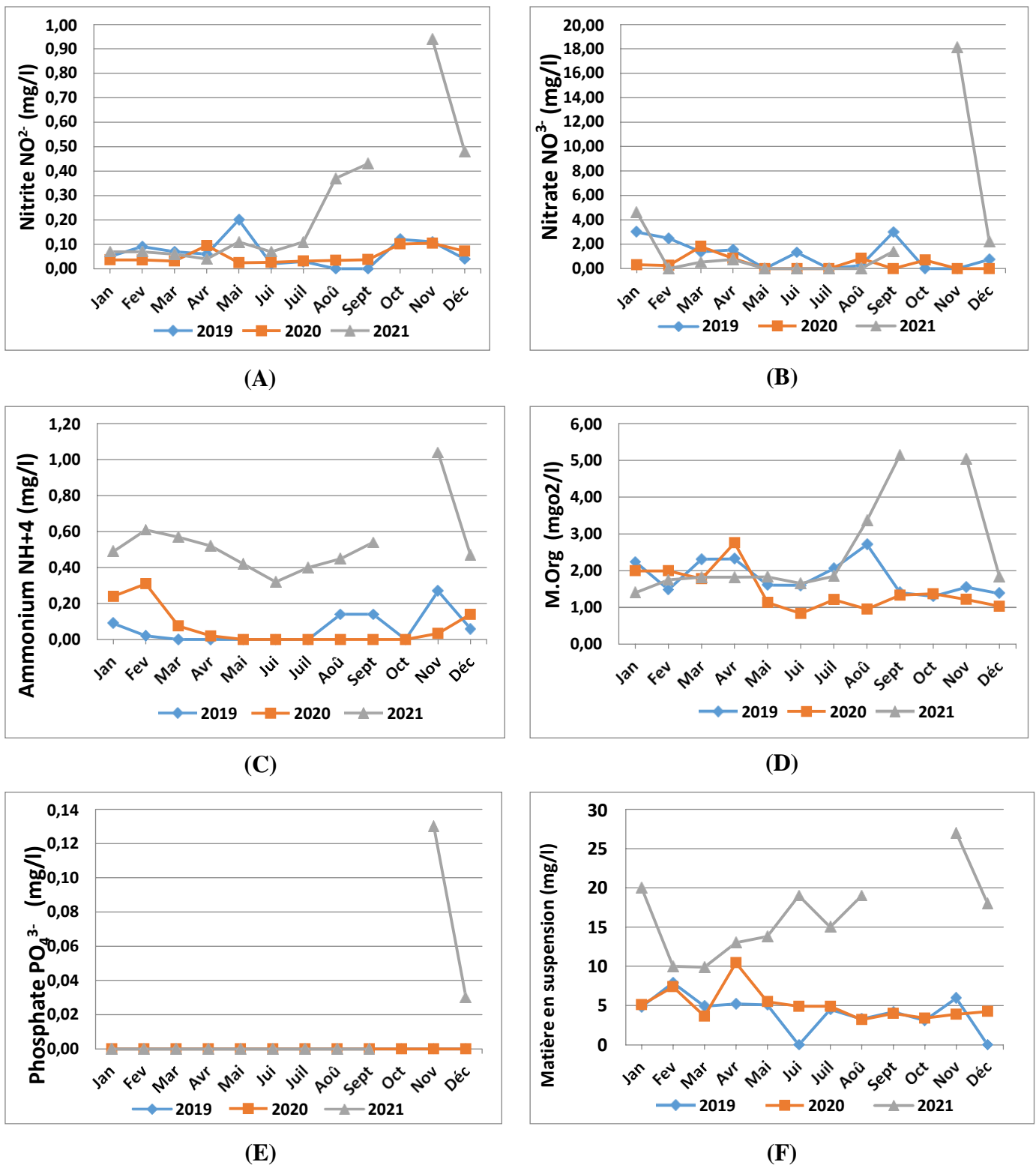


Figure 17 : Variation annuelle des paramètres de pollution durant les années 2019, 2020 et 2021

Paramètres indésirables

Le fer

Pour le fer, les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en Janvier, Juillet, Aout, Septembre, Octobre et novembre de l'ordre 0 mg/l et une augmentation abrupte pour atteindre la valeur maximale en Septembre 2021 de l'ordre de 1,62 mg/l, une variation significative enregistrée entre 2020 et 2021 (Figure 18.A, Tableau 8). La présence de fer dans les eaux peut être avoir par l'origine les rejets industriels etaux lessivages des terrains avec dissolution des roches (Potelon, 1998).

Le manganèse

Pour le Mn , les valeurs fluctuent durant les trois années d'études avec une valeur minimale enregistrée en Février, Mars, Mai 2019 et Janvier, Février, Mars, Avril et Décembre 2020 de l'ordre 0 mg/l et une valeur maximale enregistrée en Février 2021 de l'ordre de 0,81 mg/l, une variation significative enregistrée entre 2020 et 2021 (Figure 18.B).

Dans les eaux naturelles, les teneurs en fer et Mn sont très variables en fonction de la nature de l'eau et des teneurs en oxygène dissous dans ces eaux, elles sont très variables dans les eaux algériennes et peuvent provenir aussi bien de la nature géologique des terrains que de pollutions industrielles ou de décharges publiques (Achour et al., 2017).

Pour le potentiel d'Hydrogène (pH), la dureté totale, la matière en suspension, la matière organique, Sulfates, magnésium, Nitrates, et le Phosphate aucune variation annuelle significative n'a été enregistrée.

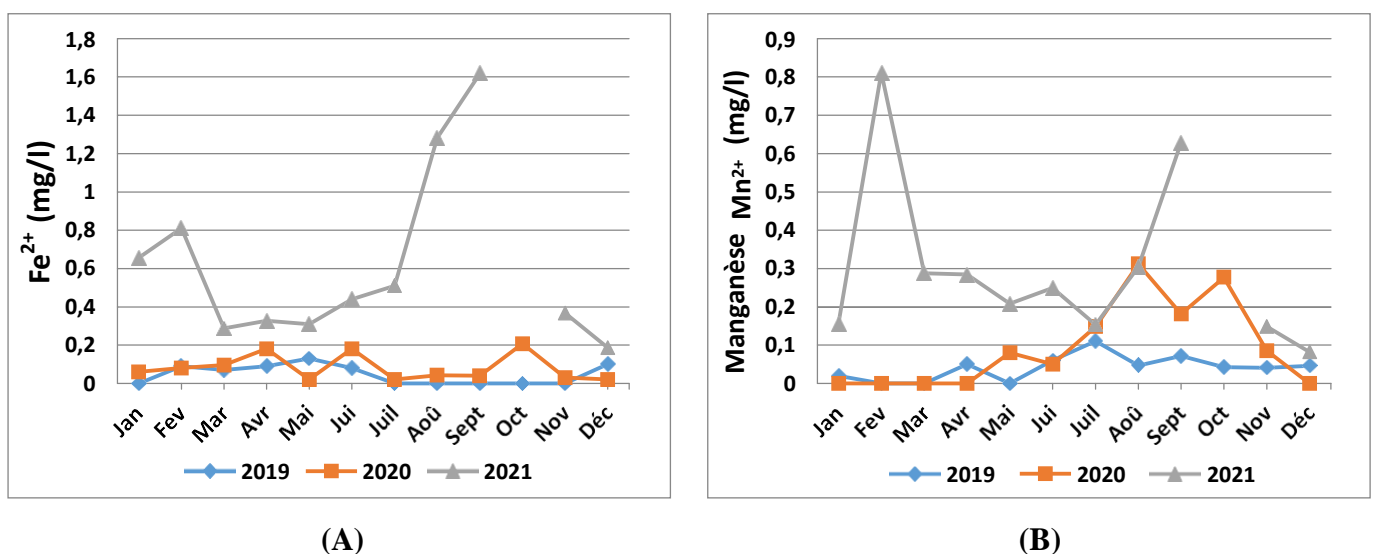


Figure 18 : Variation annuelle des paramètres indésirables durant les années 2019, 2020 et 2021

Tableau 8 : Variabilité annuelle des paramètres physico-chimiques (significatif)

	2019	2020	2021	Wilcoxon Test
T (°C)	18,37 ± 4,25	17,88 ± 3,72	20,06 ± 5,81	Z ₂₀₋₂₁ = 2,04, p=0,04
pH	8,08 ± 0,1	8,14 ± 0,13	8,02 ± 0,12	Z ₂₀₋₂₁ = -2,04, p=0,04
O₂ dissous (mg/l)	5,06 ± 0,44	5,41 ± 0,45	5,52 ± 1,17	Z ₁₉₋₂₀ = -2,35, p=0,01
Turbidité	5,54 ± 1,33	6,48 ± 2,12	31,21 ± 25,50	Z ₂₀₋₂₁ = 2,93, p=0,03
Conductivité (µs/cm)	758,83 ± 20,92	761,78 ± 33,05	1041,82 ± 108,87	Z ₂₀₋₂₁ = 2,93, p=0,03
TAC (F°)	15,67 ± 1,09	14,94 ± 1,09	14,32 ± 0,4	Z ₂₀₋₂₁ = 2,38, p=0,01
Calcium (mg/l)	60,68 ± 1,58	59,33 ± 7,98	82,20 ± 9,9	Z ₂₀₋₂₁ = 2,93, p=0,03
Chlorure (mg/l)	76,90 ± 7,74	71,46 ± 8,32	80,93 ± 5,69	Z ₂₀₋₂₁ = 2,19, p=0,02
Bicarbonate (mg/l)	191,26 ± 13,27	184,27 ± 14,95	176,52 ± 5,53	Z ₂₀₋₂₁ = 2,36, p=0,01
Nitrite (mg/l)	0,07 ± 0,06	0,05 ± 0,03	0,25 ± 0,28	Z ₂₀₋₂₁ = 2,49, p=0,01
Ammonium (mg/l)	0,06 ± 0,09	0,07 ± 0,11	0,53 ± 0,19	Z ₂₀₋₂₁ = 2,93, p=0,03
Fer (mg/l)	0,05 ± 0,05	0,08 ± 0,07	0,62 ± 0,45	Z ₂₀₋₂₁ = 2,93, p=0,03

Au totale, les analyses des données physico-chimiques montrent que les valeurs sont conformes aux normes algériennes, les eaux brutes du barrage sont de qualité moyennement bonne, on remarque que la pollution est réduite pour les nitrites, les nitrates, l'ammonium, le phosphate, la matière organique, et la matière en suspension.

4. Corrélation

Tableau 9 : Corrélation (significatif) entre le volume d'eau stocké et les différents paramètres physico chimique d'eau de barrage de Boukerdane

	CE	MES	NH ₄ ⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Turbidité	Mg ²⁺	TAC	Bicarbonates	Ca ²⁺	NO ₂ ⁻
Corrélation de Pearson	-.655	-.611**	-.649**	-.585	-.565	-.520**	.472	.604**	.552	-.601	-.347
Sig. (bilatérale)	.000	.000	.000	.001	.000	.001	.004	.011	.001	.30	.04
N	35	34	35	35	35	35	35	35	35	35	35

On remarque une forte corrélation de l'ordre de 65,5% entre la conductivité et la diminution de volume d'eau stocké, cela signifie que la conductivité continué a augmenté pour atteindre une valeur moyenne maximale de 1041,82 $\mu\text{s/cm}$ en 2021.

On a enregistré une forte corrélation de l'ordre de 61,2% entre la matière en suspension et la diminution de volume d'eau stocké, donc une augmentation de la matière en suspension pour atteindre la valeur moyenne de 16,47 mg/l en 2021.

Une forte corrélation de l'ordre de 64,9% entre l'ammonium et la diminution de volume d'eau stocké, cela signifie une augmentation de l'ammonium pour atteindre une valeur moyenne de 0,53 mg/l en 2021.

On a enregistré une corrélation moyenne de l'ordre de 58,5% entre le manganèse et la diminution de volume d'eau stocké, cela signifie une augmentation du manganèse jusqu'à atteindre une valeur moyenne de 0.30 mg/l en 2021.

On remarque une corrélation moyenne de l'ordre de 56,5% entre le Fer et la diminution de volume d'eau stocké, donc une augmentation du Fer pour obtenir une valeur moyenne de 0,62 mg/l en 2021.

On remarque une corrélation moyenne de l'ordre 52% entre la turbidité et la diminution de volume d'eau stocké, cela indique une augmentation de la turbidité pour obtenir une valeur moyenne de 31,21 NTU en 2021.

On remarque une faible corrélation positive de l'ordre 47,2% entre le magnésium et le volume d'eau stocké, cela signifie une diminution du magnésium avec une valeur moyenne de 26,21 mg/l en 2021.

On a enregistré une forte corrélation positive de l'ordre 60,4% entre le TAC et le volume d'eau stocké, qui correspond une augmentation du TAC pour atteindre une valeur moyenne de (14,32 F°) en 2021.

On remarque une corrélation moyenne positive de l'ordre 55,2% entre le bicarbonate et le volume d'eau stocké, cela signifie une augmentation du bicarbonate de valeur moyenne de (176,53 mg/l) en 2021.

On remarque une forte corrélation négative de l'ordre 60,1% entre le calcium et le volume d'eau stocké, cela signifie une augmentation du calcium de valeur moyenne de (82,20 mg/l) en 2021.

On remarque une faible corrélation négative de l'ordre 34,7% entre le nitrite et le volume d'eau stocké, cela signifie une diminution du nitrite pour atteindre une valeur moyenne de (0,25 mg/l) en 2021.

Pour la Température, MO, TH, pH, Chlorure, Sulfate, Phosphate, Nitrate, et O₂ dissout, aucune corrélation significative n'a été enregistrée.

La réduction turbide du volume d'eau stocké durant les trois années d'étude (2019, 2020 et 2021) été fortement corrélé avec l'augmentation des teneurs en paramètre de pollution exprimé en nitrite (NO₂) et en ammonium (NH₄⁺), le pH alcalin du milieu et l'augmentation de température favorise la transformation d'une partie importante d'ammonium en gaz dissous ammoniac (NH₃) très toxique dissous dans l'eau. Les paramètres de minéralisation tels que le calcium et les paramètres indésirable exprimé en le fer et le manganèse sont naturellement présente dans l'eau (corrosion des roches) et sont négativement corrélé avec la diminution du niveau d'eau, ces paramètres sont très variables en fonction de la nature de l'eau et des teneurs en oxygène dissous et cette minéralisation favorise la conductivité électrique dans la milieu. Des concentrations en calcium, en fer ou en manganèse, même élevées, ne constituent pas de risques pour la santé humaine. Néanmoins, leur forte concentration dans l'eau est source de désagréments d'ordres organoleptiques.

La matière en suspension et la turbidité de l'eau sont liés et négativement corrélé avec la diminution de niveau d'eau, exprimé par la présence des micros particules produit par les

rejets urbaine et industriels, leur effet néfaste est mécanique, par formation de sédiments et d'un écran empêchant la bonne pénétration de la lumière d'une part (réduction de la photosynthèse), ainsi que par colmatage des branchies des poissons d'autre part. Leur effet est par ailleurs chimique par constitution d'une réserve de pollution potentielle dans les sédiments.

Le TAC est également liées au bicarbonate (agents de neutralisation) est sont positivement corrélé avec la diminution de volume d'eau stocké, les eaux de barrage sont destinée principalement à l'alimentation en eaux potable, pour cet but, la diminution du taux de bicarbonates peuvent avoir des répercutions à long terme sur la santé humaine à voir son rôle important pour réduire l'acidité dans le corps et aussi de prévenir contre la transmission des maladie hydrique causé principalement par des *Vibrio* (Kaper et al, 1995).

La diminution du volume d'eau stocké à affecter également la teneur d'eau en magnésium, qui est avec le calcium sont des éléments importants de l'eau potable et ont une importance directe et indirecte pour la santé, cette doublé sois fonctionnel lorsque le rapport commun Ca/Mg est d'environ 4 (Kožíšek, 2003). Dans notre cas d'étude, le ratio est de l'ordre de 2,26 qui aurais par conséquence une altération sur la qualité organoleptique de l'eau.

Selon les normes de potabilité de l'OMS, on peut conclure que les eaux brutes du barrage de Boukerdane sont potables. Cependant, un traitement supplémentaire pour éliminer la dureté excessive doit être introduit avec la nécessité du contrôle de l'utilisation des différents réactifs.

Conclusion

Dans la région de Tipaza la demande en eaux (potable et industrielle) s'accroît en raison du développement de la population et de l'amélioration des modes de vie. En conséquence, le pourcentage d'eau prélevée s'élève aussi. A cela s'ajoute l'évolution des paramètres de la qualité au cours du temps. Ainsi, l'eau nécessaire à toutes nos utilisations se raréfie et nous acheminons vers une crise de l'eau. Les ressources en eau douce sont en outre réduites par les perturbations climatiques. L'importance et la gravité de ces conditions climatiques est confirmée par les résultats constatés dans l'étude de la qualité des eaux superficielles dans la région de Boukerdane, à savoir :

- La température fluctue durant les trois années d'étude avec une variation annuelle enregistrée entre 2020 et 2021, elle est influencée par la température de l'atmosphère. L'eau du barrage reste alcalin sans être influence par la diminution du volume de l'eau.
- La forte diminution de niveau d'eau durant les trois années d'étude a causé une forte minéralisation et une grande teneur en matière en suspension ce qui a, par conséquence, a augmenté la conductivité et la turbidité de l'eau. Pour la dureté totale et le TAC, les valeurs obtenues montrent que ça reste compatible avec les normes algériennes.
- Les teneurs en calcium, magnésium, sulfate, bicarbonate, chlorure et Oxygène dissous traduisent une qualité moyennement bonne durant les trois années d'études.
- Les résultats obtenus concernant les paramètres de pollution nous permettent de dire que l'eau de barrage est de qualité moyennement bonne, et que la pollution est réduite pour les Nitrites et Nitrates, l'Ammonium et le Phosphate, et la matière organique et la matière en suspension.
- Les teneurs en fer et en manganèses montrent que la qualité des eaux concernant ces deux paramètre s'est dégradé de bonne a mauvaise qualité avec la diminution du volume de l'eau de barrage.

Les analyses des données montrent qu'il y'a une corrélation négative entre la diminution de niveau d'eau et la conductivité, la matière en suspension, l'ammonium, le manganèse, le fer, la turbidité, le calcium et le nitrite. Une corrélation positive a été enregistré avec le magnésium, le titre alcalimétrique complet et le bicarbonate durant les trois années d'études. Aucune corrélation pour les autres paramètres tels que, la température, la matière

organique, le pH, le titre hydrométrique, le chlorure, le sulfate, le phosphate, le nitrate et l'oxygène dissous qui n'ont pas affecter avec le niveau d'eau du barrage.

Enfin, notre étude révèle qu'avec la diminution du volume de l'eau du barrage de Boukerdane, une faible dégradation de la qualité physico chimique et organoleptique des eaux de barrage. Toutefois, cette qualité reste influencée par les facteurs climatiques et anthropiques, ce qui est traduit par un début de dégradation de la qualité d'eau d'un de plus grands barrage dans la région et en Algérie. Pour des futures recherches, nous recommandant d'élargir l'axe du temps et étudier en parallèle les paramètres bactériologiques.

Le stress hydrique fait peser de graves menaces sur les vies humaines non seulement en termes de quantité mais aussi en termes de qualité d'eau disponible, les moyens de subsistance et la stabilité des entreprises. La croissance démographique, le développement socio-économique et l'urbanisation augmentent la demande en eau, tandis que le changement climatique peut rendre les précipitations et la demande plus variables.

Dessalement de l'eau de mer, épuration des eaux usées, rationalisation de la consommation nationale, exploitation des nappes aquifères du Sahara... L'Algérie doit trouver des alternatives fiables pour faire face à une crise de l'eau qui ne fera que s'accroître avec l'arrivée de l'été et des grandes chaleurs.

Références bibliographiques

A

- Achour, M. H., Rimbart, N., & Gradeck, M. (2017, May). Etude de l'influence de la solidification sur le processus de fragmentation d'une goutte de métal liquide dans l'eau. In 25ème Congrès Français de thermique.
- Alayat, H., El Khattabi, J., & Lamouroux, C. (2013). Evolution Spatiale Des Caractéristiques Physico-Chimiques Des Eaux Du Lac Oubeïra Imposé Par Les Conditions Sévères De La Sècheresse (Extrême Ne Algerien). European Scientific Journal, 9 (36).
- Aminot, A., & Chaussepied, M. (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin (No. 551.464 AMI).
- ANBT (2017) : Agence Nationale des Barrages et Transferts (Notice d'exploitation V0-28/06/00, station de traitement de Boukourdane)
- ANRH 2020 : Agence Nationale des Ressources Hydrologiques
- Azzaoui, S. (1999). Les métaux lourds dans le bassin versant du Sebou: géochimie, sources de pollution et impact sur la qualité des eaux de surface. These de doctorat National. Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc.

B

- Banton, O., & Bangoy, L. M. (1997). Hydrogeologie, multiscience environnementale des eaux souterraines (Hydrogeology, environmental multiscience of groundwater). Presses de l'Université du Québec/AUPELF, Sainte-Foy, Québec.
- BENHALIMA, L. (2018). Maladies à transmission hydrique.
- Bontoux J., (1993). Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson, qualité et santé, 261116 édit. CEBEDOC. Liège : 169 p.
- Bontoux, J. (1983). Introduction à l'étude des eaux douces: eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et documentation Lavoisier.169p
- Bousseboua, H. (2005). Elément de microbiologie, 2ème édition, édition campus-club.
- Bouziani, M. (2000). L'eau de la pénurie aux maladies
- Bremond R., Vuichard R. (1973). Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris

C

- C. I.Eau. (2017) Le Centre D'Information sur L'Eau. Médecin Philippe Beaulieu, Responsable du département Qualité-Santé du C.I.eau .
- Cazaban M, Duffour J, Fabbro-pery, 2005. Santé publique. 5ème édition. 242p.
- Charre J. (1997). Dessine-moi un climat. Que penser du diagramme ombrothermique. Mappemonde, 2(97), 29-31.
- Chergui, F., Hamaidi, M. S., & Saidi, F. (2015). Qualité bactériologique de l'eau potable des différents réservoirs et chez les consommateurs de la commune de Tipaza alimentés par la station de Sidi Amar à partir de l'eau de surface du lac-barrage de Boukourdane. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (23), 139-154.
- Conservation des forêts, (2013). Conservation des forêts de la wilaya de Tipasa. Fiche technique
- Cornaz, M. (2004). Inventaire complet du fonds musical des archives privées de la famille d'Arenberg à Enghien. Revue belge de Musicologie/Belgisch Tijdschrift voor Muziekwetenschap, 81-202.
- Coulibaly K. 2005. Etude de la qualité de l'eau des puits de certains quartiers du district de BAMAKO
- Cyr, D., Marcogliese, D. J., Gendron, A. D., Plante, C., & Fournier, M. (2006). Parasites of spottail shiners (*Notropis hudsonius*) in the St. Lawrence River: effects of municipal effluents and habitat. Canadian Journal of Zoology, 84(10), 1461-1481.

D

- Daget P. (1977). Le bioclimat Méditerranéen : Analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. Vegetatio, 34(2), 87-103
- De Villers J, Squilbin M, Yourassowsky C (2005). Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface, Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
- Dégrment T., (1995). Mémento technique de l'eau, tome 1. 10ème édition. Lavoisier France, PP60-63-40-46-59-1114.
- Desjardins Raymond, (1990). Le traitement des eaux 2ème édition de l'Ecole

Dorioz, J. M., Jordan-Meille, L., & Trevisan, D., (2006). Variabilité des mécanismes de transfert du phosphore à l'échelle bassin-versant: le cas d'un bassin agricole de la région lémanique et sa portée générale.

Doughoum. S, (2008). Etude de l'évolution des paramètres physico-chimiques et Microbiologiques en fonction de la profondeur des eaux du barrage Boukerdane ,W .Tipaza, mémoire de fin d'études, ENSH, Blida.

Drouiche, N., Mahmoudi, H., Mameri, N., Lounici, H., & Ghaffour, N. (2006). Utilization of electro dialysis for the regeneration of granular activated carbon packed in beds saturated with H₂S. *Desalination*, 200(1-3), 629-631.

E

Emberger L. (1952). Sur le quotient pluviothermique. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences, 234(26), 2508-2510

F

Fall C., (2007). Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal. PP 11-12.

G

Gaujous D .1995. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire .2ème édition vue Lavoisier : technique et documentation. 217, 219,220p.

George, W. O. (1963). Spectroscopic and thermodynamic studies of pyridine compounds—V: Vibrational spectra and assignments for γ -Picoline and γ -picoline-d₇. *Spectrochimica Acta*, 19(11), 1777-1790.

Ghazali, D., & Zaid, A. (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès-Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (12).

Gilli E., Mangan C. Mudry J. 2004. Hydrologie : objets, méthodes et application. Edition DUNOD. Paris. 352p.

H

Hakmi, A. (2006). Traitement des eaux [traitement de l'eau de source bousfer ORAN]. Université des sciences et de la technologie Oran-Licence

Hébert et Légaré, (2000) Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec. Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau.

Henry M, Beaudry ,1992. Chimie des eaux, édition le griffon d'argile ; Canada, p71, 105,106, 130,157, 258.

Holden, M. E. (1979). Nineteenth Century Mormon Political Theology and Its Scriptural Basis (Doctoral dissertation, University of Bristol).

K

Kaper JB, Morris JG, Levine MM (1995) Cholera. *Clinical Microbiology Reviews*, 8:48–86.

Kožíšek, F. (2003). Health significance of drinking water calcium and magnesium. *National Institute of Public Health*, 29, 9285-9286.

L

Ladjel F., 2001. Exploitation d'une station d'épuration à boues activées. Ed.ONA.P74.

LES FRUITS, C. D. C. S., & TRAITÉS, E. L. (2010). PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES COMMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS 34ème Session Genève, Suisse, du 4 au 9 juillet 2011

M

Makhoukh, M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Van Clooster, M. (2011). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). *LARHYSS Journal* P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (9).

Martin, J. M. (1979). Cycle des éléments chimiques dans les estuaires.

Merabet S, (2010). Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun, thèse de magister, Université de Constantine.

Mihoubi, N. (2008). Fonctionnement et gestion hydrogéologique des ressources en eaux du bassin hammam Grouz. Thèse de magistère, Université Metouri, Constantine .244 p+

MIHOUBI, N., & MEBARKI, A. (2017). Bassin du haut-rhumel: contexte hydrogéologique et fuites d'eau du barrage de hammam grouz. *Science et technologie DN*, 45, 131-140.

Miquel, M. G. (2003). Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.«. La qualité de l'eau et de l'assainissement en France, 2, 23-24.

Monique T et Beaudry H .1984, chimie des eaux. 2^{ème} édition –Québec Griffon d’argile, 537p.

O

OMS 2011 : Organisation Mondial de la Santé, Fiches techniques eau, hygiène, et assainissement en situation d’urgence.

OMS 2022 : Organisation Mondial de la Santé.

Ouahchia, C., Hamaidi-Chergui, F., Hamaidi, M. S., & Saidi, F. (2015). Qualite bacteriologique de l'eau potable des differents reservoirs et chez les consommateurs de la commune de tipaza alimentes par la station de sidi amar a partir de l'eau de surface du lac-barrage de boukourdane. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (23), 139-154.

P

Pdare, (2009). Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau, Rapport de synthèse de la région hydrographique du Cheliff, 266 pages.

Pearce, F., & Crivelli, A. J. (1994). Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Tour du Valat.

Potelon J., 1998. Guide d’analyse d’eau potable, lavoisier, Paris. P145-237.

R

Ramade F. 1995. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l’eau. Edition science internationale. Paris. 786p.

Rodier J. (1984). L’analyse de l’eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 7^{ème} édition, DULOD, Paris.

Rodier J., (1996). Analyse de l’eau : eaux naturelle, résiduaires et de mer. 8^{ème} édition.DUNOD. Aris, 25-1085.

Rodier J., Bazin C., Chambon P., Broutin G-P., Champsaur H et Rodi L., 2005. L’analyse de l’eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{eme} édition. Paris : DUNOD technique. PP 383-782-784-803.

Rodier J., Legube B., Merlet N. et Colli., (2009). L’analyse de l’eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.9^{ème} édition. Paris : DUNOD technique.1579p.

Rodier, J., Geoffray, C., & Rodi, L. (1984). L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie (p. 1365). Paris: Dunod.

Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., Brunet, R., Mialocq, J. C., Leroy, P., ... & Al Mardini, F. (2009). L'analyse de l'eau. 9eme edition entifierement misea jour. Dunod, Paris, France, France

S

S.T.E.P , (2016). Station de traitement de l'eau potable

Seltzer, P. (1946). Le climat de l'Algérie. INST. Météor. Et de phys-du globe. Univ. Alger.

STEP ,2022 : Fiches techniques du laboratoire de la station de traitement des eaux potables SEAAL.

T

T., 1995. Mémento technique de l'eau, tome 1.10eme édition. Lavoisier France, PP60-63-40-46-59-1114.

Tardat-Henry, M., & Beaudry, J. P. (1984). Chimie des eaux, Edition le griffon d'argile. INC, Canada.

Touhari, F., Mehaiguene, M., & Messelmi, H. (2018). Évolution de la qualité des eaux des barrages dans le bassin du Haut Cheliff. Systèmes Agraires et Environnement, 2(1), 42-57.

Webographie

Site 1. www.arabnews.fr

Site 2. www.jeuneafrique.com

Annexes



1. Robinet d'accès à l'eau brute



2. Spectrophotomètre



3. Le pH mètre



4. Le Conductimètre



5. Le Turbidimètre



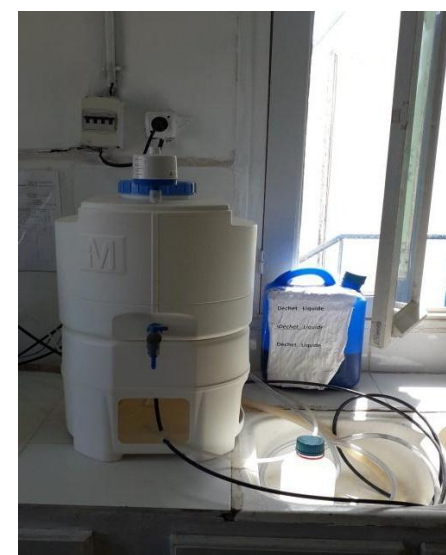
6. Burette



7. Etuve



8. Plaque chauffante



9. Distillateur

Figure A : Matériel du laboratoire de la station de traitement



Figure B : Station flottante



1. Barrage boukerdane juillet 2021



2. Barrage boukerdane en novembre 2021

Figure D : différence du barrage en période sèche et humide dans la même année