الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

جامعة الشاذلي بن جديد
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologique

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم البيولوجية.

Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master

« Toxicologie Industriel et Environnementale »

THÈME

Caractérisation physico-chimique et évaluation de la contamination organique des eaux de du barrage Mexa au niveau de la wilaya d'El TARF.

(2022-2024)

Présenté Par :

FELDJANE Zakaria

TRAD Salmi

Setenu le : 23/06/2023

Devant le jury composé de :

Dr. ATROUN Souad	**MCA**	**Président**	**UCBET**
Dr. BOUMARAF Warda	**MCA**	**Examinatrice**	**UCBET**
Dr. BERGAL Amira	**MCA**	**Promotrice**	**UCBET**

Année universitaire 2023 – 2024

REMERCIEMENTS

Il est convenable, en de telles circonstances d'adresser nos remerciements au-delà d'une simple tradition à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Nous tenons à témoigner notre reconnaissance aux membres du jury d'avoir accepté d'examiner le contenu de ce travail e tiens tout d'abord à remercier chaleureusement ***Madame Bergal*** *pour avoir suivi l'évolution de ce travail tout au long de l'année. Ses conseils m'ont été particulièrement précieux.*

Je remercie également toutes les personnes de mon entourage qui ont bien voulu se prêter à une relecture attentive et sérieuse de mon travail. Particulièrement à ***Madame Youbi****, qui nous a prodigué toutes les informations.*

DÉDICACE :

À MA LUMIÈRE QUI ME GUIDE, DIEU, POUR LES BÉNÉDICTIONS ET LA FORCE

* À MA FAMILLE *

À MES AMIS CHÉRIS, DONT L'AMOUR ET LE SOUTIEN INÉBRANLABLES SONT LE FONDEMENT DE MON MONDE

TRAD SALMI

DÉDICACE :

J À MA FAMILLE, DONT L'AMOUR INCONDITIONNEL ET LE SOUTIEN CONSTANT M'ONT PERMIS DE POURSUIVRE MES ÉTUDES ET D'ATTEINDRE MES OBJECTIFS ACADÉMIQUES.

À MES PARENTS, POUR LEUR PATIENCE, LEURS ENCOURAGEMENTS, ET LEURS SACRIFICES, QUI ONT RENDU TOUT CELA POSSIBLE.

À MES AMIS, POUR LEUR COMPRÉHENSION, LEUR MOTIVATION ET LES MOMENTS DE PARTAGE QUI ONT ÉGAYÉ CES ANNÉES D'ÉTUDE.

ET ENFIN, À TOUS LES ENSEIGNANTS ET MENTORS QUI M'ONT GUIDÉ ET INSPIRÉ TOUT AU LONG DE CE PARCOURS.

ZAKARIA FLIDJANE

Résumé :

Les barrages et les réservoirs d'eau jouent un rôle essentiel dans le cadre de la gestion de l'eau et contribuent à la qualité de vie des populations. Le présent travail a été consacré à l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau du barrage de Mexa.

La zone d'étude est soumise à un climat méditerranéen, il se caractérise par deux saisons distinctes, une pluvieuse humide avec des précipitations relativement élevées et des températures basses, l'autre sèche moins pluvieuse avec des températures élevées.

L'eau brute du barrage est de bonne qualité, presque tous les paramètres analysés sont aux normes de potabilité.

Pour l'irrigation, l'eau de la zone d'étude est de bonne qualité et ne présente aucun risque pour l'irrigation sur le terrain.

Les matières fécales en général, l'eau peut être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes aux sels, sur des sols ayant une bonne perméabilité. À l'avenir, il faudra non seulement évaluer les risques sanitaires liés au niveau de contamination de ces eaux, mais aussi de procéder à leur traitement avant de les fournir aux consommateurs.

ملخص:

تلعب السدود وخزانات المياه دورًا أساسيًا في إدارة المياه وتساهم في تحسين نوعية حياة الناس .ركزت هذه الدراسة على الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه في سد مكسا

وتتميز منطقة الدراسة بمناخ البحر الأبيض المتوسط الذي يتميز بموسمين متميزين :موسم الأمطار مع هطول أمطار غزيرة نسبياً ودرجات حرارة منخفضة، وموسم الجفاف مع هطول أمطار أقل ودرجات حرارة مرتفعة

المياه الخام من السد ذات نوعية جيدة، حيث تفي جميع المعايير التي تم تحليلها تقريباً بمعايير مياه الشرب

أما بالنسبة للري، فإن المياه في منطقة الدراسة ذات نوعية جيدة ولا تشكل أي خطر على الري في الحقل

المخلفات بشكل عام، يمكن استخدام المياه دون أي ضوابط معينة لري النباتات التي تتحمل الأملاح بشكل معتدل، في التربة ذات النفاذية الجيدة .في المستقبل، سيكون من الضروري ليس فقط تقييم المخاطر الصحية المرتبطة بمستوى تلوث هذه المياه، ولكن أيضًا معالجتها قبل تزويد المستهلكين بها

Summary:

Dams and water reservoirs play an essential role in water management and contribute to the quality of life of populations. This work was devoted to the study of the physicochemical quality of the water from the Mexa dam.

The study area is subject to a Mediterranean climate, it is characterized by two distinct seasons, one rainy humid with relatively high precipitation and low temperatures, the other dry less rainy with high temperatures.

The raw water from the dam is of good quality, almost all the parameters analyzed meet drinking standards.

For irrigation, the water in the study area is of good quality and poses no risk for irrigation in the field.

Feces in general, water can be used without particular control for the irrigation of plants with moderate salt tolerance, on soils with good permeability. In the future, it will be necessary not only to assess the health risks linked to the level of contamination of this water, but also to treat it before supplying it to consumers.

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

°C : Degré Celsius.

mg.L-1 : milligramme par litre

µS/cm : microsimens par centimètre.

mS/m : millisimens par mètre.

pH : potentiel d'hydrogéne.

MES :matières en suspension.

µm : micromètre.

mg : milligramme.

NTU: Nephelometric Turbidity Unit.

OMS: Organisation Mondiale De La Santé.

Liste des tableaux :

Tableau 01 : La réserve en eau de la terre……..……**(4)**

Tableau02 : Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines……...….**(8)**

Tableau03 : Principaux types de pollution des eaux continentales, nature des produits polluants et leurs origines ……..……...**(10)**

Tableau 04 : Normes OMS (2006) et Algériennes (JORA, 2014) des paramètres physico-chimiques et organoleptiques pour l'eau potable……..……..**(18)**

Tableau 05 : Caractéristique donnée technique du la digue du barrage Mexa……..…**(21)**

Tableau 06 : Classification des eaux d'après leur pH……..**(29)**

Tableau 07 : Classes de turbidité usuelles …….…..**(32)**

Liste des figures :

Figure 01 : La molécule d'eau. ;;……..……..……**(4)**

Figure02 : Le cycle de l'eau……..……..……..**(5)**

Figure 03 : Carte de réseau hydrographique de wilaya d'El Tarf… ;……..…… **...**……**(20)**

Figure 04 : variation temporelle de la couleur de l'eau de barrage Mexa (2022 – 2024)… ……..……**(26)**

Figure 05 : variation temporelle de la température de l'eau de barrage Mexa (2022 – 2024)……**(27)**

Figure 06 : variation temporelle du PH de l'eau de barrage Mexa (2022 – 2024)…….…..……**(28)**

Figure 07 : variation de la conductivité électrique de l'eau de barrage Mexa (2022 – 2024)……..……**(29)**

Figure 08 : variation temporelle de TAC de l'eau de barrage Mexa (2022 – 2024). ……..……**(30)**

Figure 09 : variation temporelle de la Turbidité de l'eau de barrage Mexa (2022 – 2024)……..……..**(31)**

Figure 10 : variation temporelle de taux de fer de l'eau de barrage Mexa (2022 – 2024)……..……**(32)**

Figure 11 : variation temporelle de taux d'aluminium de l'eau de barrage Mexa (2022 – 2024)……...**(33)**

Liste des photos :

Photo 01 : Spectrophotomètre « HACH DR1900 ». ……..……..**(22)**

Photo 02 : Multi- paramètres “HACH SL1000”……...…**(22)**

Photo 03 : Turbidité mètre « HANNA FAST TRUCKER »…….……**(23)**

Figure 04 : Titrage colorimétrique à l’acide sulfurique……**(24)**

Sommaire :

Remerciement.....

Dédicace .....

Résumé .....

ملخص.....

Abstract .....

Liste d'abréviations.....

Liste des tableaux .....

Liste des figures .....

Liste des photos .....

Sommaire .....

Introduction .....**(1)**

Chapitre I : synthèse bibliographique .....**(3)**

I-1)Généralité sur l'eau .....**(4)**

I-2) Cycle de l'eau .....**(5)**

I-2-1)Évaporation .....**(5)**

I-2-2) Condensation .....**(5)**

I-2-3) Précipitation.....**(6)**

I-2-4) Infiltration .....**(6)**

I-2-5) Ruissellement .....**(6)**

I-3) Les sources de l'eaux .....**(6)**

I-3-1) Les sources d'approvisionnement conventionnelle : .....**(6)**

I-3-1-1) Les eaux de pluie .....**(6)**

I-3-1-2) L'eau de surface .....**(6)**

I-3-1-3) L'eau souterrain .....**(6)**

I-3-2) Les sources d'approvisionnement non conventionnelle : .....**(8)**

I-3-2-1) L'eau de mer .....**(8)**

I-3-3) Les eaux usées .....**(8)**

I-4) La pollution de l'eau .....**(8)**

I-4-1) Définition .....**(8)**

I-4-2) Les types de pollution de l'eau : .....**(9)**

I-4-2-1) Pollution physique .....**(9)**

I-4-2-2) Pollution chimique .....**(9)**

I-4-2-3) Pollution biologique .....**(9)**

I-4-3) Les différentes sources de pollution de l'eau .....**(9)**

I-5) Les différents paramètres de l'eau ……(10)
1-5-1) Paramètres organoleptiques : ……**(10)**
I-5-1-1) Couleur ……**(10)**
I-5-1-2) Odeur ……**(10)**
I-5-1-3) Goût, saveur, faveur ……**(10)**
I-5-2) Paramètres physiques : ……**(11)**
I-5-2-1) La turbidité ……**(11)**
I-5-2-2) température ……**(11)**
I-5-2-3) pH……**(11)**
I-5-2-4) Matières en suspension ……**(11)**
I-5-2-5) Conductivité électrique (CE) ……**(11)**
I-5-2-6) La salinité ……**(12)**
I-5-3) Paramètres chimiques : ……**(12)**
I-5-3-1) Alcalinité ……**(12)**
I-5-3-2) Le titre alcalimétrique (TA) ……**(12)**
I-5-3-3) Le titre alcalimétrique complet (TAC) ……**(12)**
I-5-3-4) Matières solides totales dissoutes ……**(12)**
I-5-4) Les cations : ……**(13)**
I-5-4-1) Potassium ……**(13)**
I-5-4-2) Magnesium ……**(13)**
I-5-4-3) Calcium ……**(13)**
I-5-4-4) Sodium ……**(13)**
I-5-5) Les anions : ……**(13)**
I-5-5-1) chlorure ……**(14)**
I-5-5-2) Le sulfate ……**(14)**
I-5-6) Paramètres de pollution : ……**(14)**
I-5-6-1) Ammonium ……**(14)**
I-5-6-2) Phosphate……**(14)**
I-5-6-3) Nitrates et nitrites ……**(14)**
I-5-7) Paramètres indésirables : ……**(14)**
I-5-7-1) Fer……**(15)**
I-5-7-2) Manganèse ……**(15)**
I-5-7-3) Ammonium ……**(15)**
I-5-7-4) Cuivre ……**(15)**
I-5-8) Métaux lourds ……**(16)**
I-5-9) L'oxygène dessous ……**(16)**

I-5-10) Demande biochimique en oxygène ……(16)
I-6) L'eau potable ……(16)
I-7) Normes des eaux ……(16)
I-8) Normes de l'OMS ……..(16)
I-9) Normes Algérienne……(17)
Chapitre II : matériels et méthodes ……(19)
II-1) Description de la zone d'étude ……(20)
II-2) Situation géographique du barrage ……(20)
II-3) Rôle du barrage ……(21)
II-4) Analyses physico-chimiques et organoleptiques……(21)
II-4-1) L'analyse organoleptique ……(21)
II-4-1-1) Couleur ……(21)
II-4-2) L'analyse physico-chimiques ……(22)
II-4-2-1) pH……(22)
II-4-2-2) Conductivité électrique ……(23)
II-4-2-3) Turbidité ……(23)
II-4-2-4) Titre alcalimétrique complet ……(23)
II-4-2-5) Taux d'aluminium ……(24)
II-4-2-6) Taux de fer ……(24)
Chapitre III : Résultats et discussion ……(25)
III-1) Indicateurs organoleptiques ……(26)
III-1-1) Couleur ……(26)
III-2) Résultats des analyses physico-chimiques ……(27)
III-2-1) Température ……(27)
III-2-2) pH……(28)
III-2-3) Conductivité électrique ……(29)
III-2-4) TAC……(30)
III-2-5) Turbidité ……(31)
III-2-6) Taux de fer ……(32)
III-2-7) Taux d'aluminium ……(33)
Conclusion ……(34)
Référence bibliographique ……(36)

Introduction

Introduction :

La terre est généralement appelée la «planète Bleue» car l'eau représente trois quarts de sa surface **(Kherifi et Achi, 2016).** L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, et pratiquement tous les phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau. L'eau est également un composant essentiel de toutes sortes de productions en plus d'être un espace vital **(Belbal, 2022).**

La demande d'eau potable de haute qualité augmente à l'échelle mondiale. Pour le développement et le maintien de la vie sur notre planète, il est essentiel de préserver et d'assurer la persistance continue de l'eau, non seulement pour fournir suffisamment à l'homme de ces besoins alimentaires**(Taguida,2022).**Ce qui pose des problèmes non seulement concernant l'utilisation des ressources, mais également concernant les équilibres écologiques des milieux aquatiques.

Particulièrement, la zone est touchée par les déchets provenant des activités humaines, qui sont souvent mal gérés. Ces déchets peuvent être solides (ordures ménagères, résidus industriels), gazeux (pollution atmosphérique par acidification ou eutrophisation), ou liquides (eaux résiduaires urbaines, industrielles ou agricoles, eaux de ruissellement).

Les eaux traitées de manière inappropriée peuvent exposer le milieu récepteur, en particulier le secteur hydrique, qui a des capacités naturelles de purification limitées. Cela entraîne des perturbations de l'environnement et des effets sur l'utilisation humaine de l'eau **(Festy et *al.*, 2003).**

Ce dernier, Il est nécessaire d'assurer une gestion durable de cette ressource et de préserver l'environnement dans lequel l'eau se trouve en interaction continue, la biosphère, afin de prévenir cette source. Un large éventail de phénomènes naturels et anthropiques a un impact sur la qualité de l'eau. Les caractéristiques des éléments et des composés chimiques de l'eau douce peuvent être affectées par divers processus naturels (hydrologiques, physiques, chimiques et biologiques). De plus, la qualité de l'eau peut être altérée par plusieurs facteurs anthropiques, tels que l'activité industrielle, l'utilisation agricole ou les chantiers d'ingénierie fluviale **(Chapman, 1996).**

A cette raison, cette étude a pour objectif d'étudier la qualité physico-chimique des eaux du barrage du barrage Mexa au niveau de la région de la wilaya d'El TARF. Pour répondre à la problématique posée et celui du contrôle de qualité des eaux de barrage (Physico-

chimiques) et évaluation de la qualité de ces eaux en fonction des changements climatiques observer au cours de ces dernières années.

Afin d'atteindre les objectifs visés ; cette étude est subdivisée en trois chapitres essentiels :

- **Le premier chapitre** est une vue générale sur l'eau, ses origines, l'importance, la pollution et les normes de potabilité des eaux.
- **Le deuxième chapitre** : donne un aperçu sur la description de la zone d'étude et une partie expérimentale consacrée à la présentation du matériel et la méthodologie suivie pour la réalisation des analyses (Physico- chimiques) effectuées durant ce travail.
- **Le troisième chapitre :** nous avons synthétisé les différents résultats obtenus et développé les perspectives de cette recherche.

Chapitre I

*Synthèse bibliographique *

Chapitre I. Généralité su l'eau

I-1. Généralités :

La substance minérale la plus commune à la surface du globe est l'eau. On la retrouve dans l'hydrosphère. Le volume estimé est de 1370 millions de km3. Le volume d'eau douce réparti entre les fleuves, les lacs et les eaux souterraines est estimé entre 500 000 et 1 million de km3. Les glaces des alottes polaires représentent également un volume d'eau douce de 25 millions de km3. Finalement, l'atmosphère renferme 50 000 km3 d'eau sous forme de vapeur et de nuages. On estime à 500 000 km3 l'évaporation annuelle et à 120 000 km3 les précipitations sur les continents. Cependant, l'eau est principalement liée à la vie biologique **(Degrémont, 2005).**

Domaine de l'hydrosphère	Volume de l'eau en (106 km3)
Les mers	1370
La glace et la neige (pole entre autres)	29
Les nappes phréatiques	9.5
Eau de surface (lac et fleuves)	0.13
Atmosphère	0.013
Biosphère	0.0006

Tableau 01 : La réserve en eau de la terre (Bliefert et Perraud, 2008).

L'eau composant chimique dont la molécule comporte deux atomes d'hydrogène et atome d'oxygène on la trouve dans la nature àl'état liquide solide ou gazeux **(l'eau & De La Langue Française, 1981).**

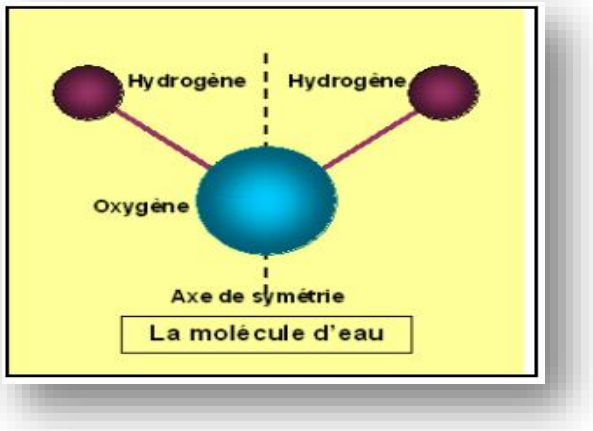


Figure 01 : la molécule d'eau **(Chelli et Djouhri, 2013)**

Importance

Le principal composant de la matière vivante est l'eau. La teneur en eau de la plupart des êtres vivants est d'environ 70 % voire plus. Le dissolvant universel est l'eau. Parce qu'elle est transparente, inodore, insipide et présente en grande quantité sur Terre, l'eau liquide (H2O) est souvent considérée comme une substance assez ordinaire. Malgré le fait que nous la buvions et l'utilisons pour laver, pêcher ou cuisiner **(Rodriguez, 2004).**

I-2) Le cycle de l'eau :

Les mouvements de l'eau sur la Terre peuvent être considérés comme des flux dans un circuit fermé, où les pertes dans l'espace et les apports du noyau de la Terre sont minimes à l'échelle de la civilisation humaine. Une représentation simple de ce circuit implique le mouvement d'eau des masses océaniques vers l'atmosphère, puis des masses continentales vers les océans. Le terme général attribué à ces mouvements d'eau est dû à leur caractère cyclique. Cycle eau Cependant, la réalité est plus complexe car le cycle de l'eau comprend plusieurs choix de cheminements **(Anctil et *al.*, 2012).**

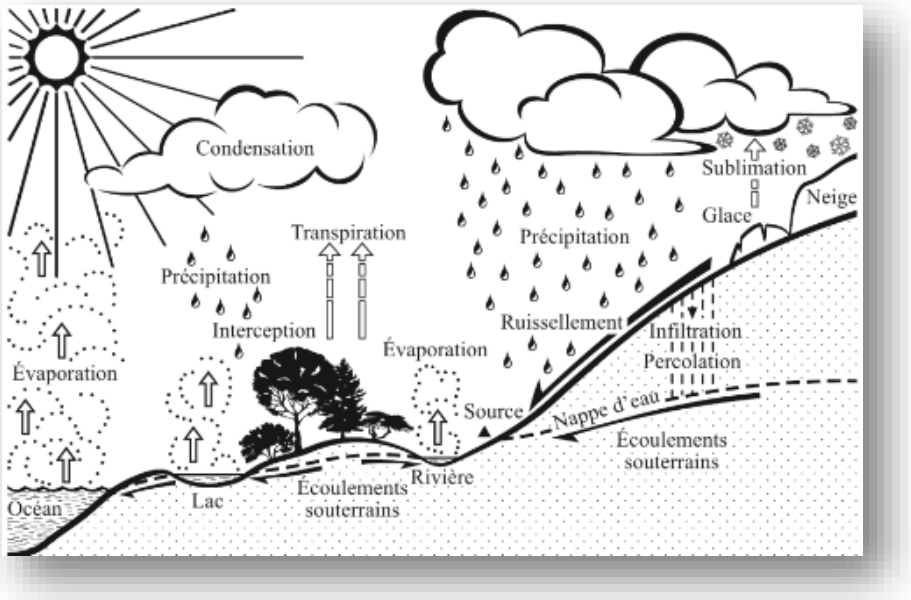


Figure02 : Le cycle de l'eau **(Anctil et *al.*, 2012)**

En résumé, on retiendra les phénomènes suivants :

- **I-2-1) Evaporation :** chauffée par le soleil, l'eau des océans, des rivières et des lacs s'évapore et monte dans l'atmosphère **(Chelli et Djouhri, 2013).**

- **I-2-2)Condensation :** au contact des couches d'air froid de l'atmosphère, la vapeur d'eau se condense en minuscules gouttelettes qui, poussées par les vents, se rassemblent et forment des nuages**(Chelli et Djouhri, 2013).**
- **I-2-3) Précipitations :** les nuages déversent leur contenu sur la terre, sous forme de pluie, neige ou grêle **(Chelli et Djouhri, 2013).**
- **I-2-4) Infiltration :** Une partie des précipitations pénètre dans le sol et dans le sous-sol où elle alimente les eaux souterraines constituant le stock d'eau0 du sol et les réserves des nappes aquifères. Une partie de ces eaux souterraines retournera naturellement ou artificiellement à la surface du sol d'où elle participera à l'écoulement général où à l'évapotranspiration **(Boeglin, 2008).**
- **I-2-5) Ruissellement :** la plus grande partie de l'eau tombe directement dans les océans. Le reste s'infiltre dans le sol (pour former des nappes souterraines qui donnent naissance à des sources) ou ruisselle pour aller grossir les rivières qui à leur tour, vont alimenter les océans. Et le cycle recommence **(Chelli et Djouhri, 2013).**

I-3) Les sources de l'eau :

I-3-1) Les sources d'approvisionnement conventionnelles :

I-3-1-1) Les eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau. **(Desjardins, 1997)**

I-3-1-2) L'eau de surface :

L'eau de surface s'accumule soit dans un ruisseau, une rivière, un lac, un réservoir ou un océan, soit sur le sol. Le bassin versant est la superficie totale des terres qui contribue au ruissellement de surface vers un lac ou une rivière **(Katsanouet Karapanagioti, 2017).**

I-3-1-3) L'eau souterraine :

Le terme eaux souterraines est généralement réservé aux eaux souterraines qui se trouvent sous la nappe phréatique dans les sols et les formations géologiques entièrement saturées **(Freeze et Cherry, 1979).**

Tableau02 : Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines **(Degrémont, 2005)**

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	variable suivant saisons	relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	variable, parfois élevée	faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	liée surtout aux matières en solution (acides humiques par exemple)
Minéralisation globale	variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	généralement présents
CO 2 agressif	généralement absent	souvent présent en grande quantité
O 2 dissous	e plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées	absent la plupart du temps
H2S	généralement absent	souvent présent
NH4	présent seulement dans les eaux polluées	présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	peu abondants en général	teneur parfois élevée
Silice	teneur en général modérée	teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître	généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps

	rapidement après suppression de la source	
Éléments vivants	bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal)	ferrobactéries fréquentes
Solvants chlorés	rarement présents	souvent présents
Caractère eutrophe	fréquent Accentué par les températures élevées	non

I-3-2) Les sources d'approvisionnement non conventionnelles :

I-3-2-1) L'eaux des mers :

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'ya pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Ces eaux sont caractérisées par une grande salinité (varie de 33000 à 37000 mg.L-1), elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres». Ce qui rend l'utilisation de ces eaux difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement **(Boeglin, 2009).**

I-3-3) Les eaux usées :

Les eaux usées sont de l'eau qui a été utilisée par les humains dans diverses activités domestiques, industrielles et agricoles et qui contient divers polluants tels que des matières organiques, des produits chimiques et des bactéries **(Baumont et *al.*, 2009).**

Source d'eau usée :

- ✓ les eaux domestiques
- ✓ les eaux industrielles
- ✓ les eaux de ruissellement.

I-4) Pollution de l'eau :

I-4-1) Définition :

La pollution est une modification défavorable du milieu naturelle qui apparait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers Les effets indirects ou directs altérants les critères de répartition des flux de L'énergie, des niveaux de radiations, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de L'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou indirectement ou au travers les ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède **(Ramade, 2002).**

I-4-2) Types de pollution :

I-4-2-1) Pollution physique :

La pollution physique représente les éléments solides entrainés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension : les éléments grossiers, les sables, la matière en suspension (MES) **(Fatmia, 2020).**

I-4-2-2) Pollution chimique :

La pollution chimique d'une eau est plus complexe et peut avoir plusieurs sources. On distingue selon la nature de la pollution chimique, Les éléments chimiques minéraux, Les éléments chimiques organiques. **(Fatmia, 2020)**

I-4-2-3) Pollution biologiques :

L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes : des virus, des bactéries, des parasites etc. Qui sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau **(Fatmia, 2020).**

I-4-3) Les différentes sources de la pollution d'eau :

Il existe plusieurs types de polluants dans l'eau usée. Ils ont été mis en évidence progressivement et grâce aux améliorations techniques de détection. Les premiers éléments à avoir attiré l'attention ont été les bactéries, à l'origine de problèmes sanitaires, tels le choléra. Les eaux usées domestiques sont aussi source de matière organique, dissoute ou sous forme particulaire qui contient du carbone, de l'azote et aussi du phosphore ; ce substances nutritives en trop fortes concentrations enrichissent, parfois jusqu'à l'asphyxie le milieu où elles sont déversées, sols et eaux de surface. Puis de nouveaux problèmes sont arrivés. La révolution industrielle a apporté de nombreux polluants métalliques ainsi que des produits chimiques toxiques tels que les non ylphénols retrouvés dans l'industrie de la papeterie. Les polluants que l'on découvre aujourd'hui sont des composés actifs tels que les détergents, les médicaments, les oestrogènes et des perturbateurs endocriniens. Leur présence est à relier directement à leur utilisation quotidienne dans la population. Ces nouveaux polluants sont autant de défis à relever et autant de nouvelles technologies à créer pour y répondre **(Moulin et *al.*, 2013).**

Tableau03 : Principaux types de pollution des eaux continentales, nature des produits polluants et leurs origines **(Lévêque, 1996)**

types de pollution	Nature	Sources
Physique		
pollution thennique	rejets d'eau chaude	centrales thermiques
pollution radioactive	radio-isotopes	installations nucléaires
matière organique	glucides, lipides, protides	effluents domestiques, agricoles, agro-alimentaires
	ammoniac, nitrates	élevages et pisciculture s
Chimique		
fertilisants	nitrates, phosphates	agriculture, lessives
métaux et métalloïdes	mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic	industries, agriculture pluies acides, combustion
pesticides	insecticides, herbicides,fongicides	agriculture,Industries
organochlorés	PCB, solvants	industries
composés organiques de synthèse	nombreuses molécules	industries
détersifs	agents tensio-actifs	effluents domestiques
hydrocarbures	pétrole et dérivés	industrie pétrolière, transports
Microbiologique	bactéries, virus, champignons	effluents urbains et d'élevage

I-5) les différents paramètres de l'eau :

I-5-1) Paramètres organoleptiques :

I-5-1-1) La Couleur : La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité **(Rodier et *al.*, 2009).**

I-5-1-2) Odeur : Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est Un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne Peuvent être mises en évidence

par les méthodes d'analyse ordinaires. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler **(Rodier et *al.*, 2009) .**

I-5-1-3) Goût, saveur, flaveur :

On peut définir le goût comme une de toutes les sensations gustatives, olfactives et chimiques, Les sensations habituelles ressenties lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche.

La possession des produits qui engendrent ces émotions.la saveur comme toutes les sensations ressenties suite à la stimulation par des substances solubles présentes dans les bourgeons gustatifs, la flaveur comme toutes les sensations ressenties par le sens de l'odorat, les bourgeons Les sens gustatifs et la bouche peuvent être associés à des sensations ajoutées. Les effets thermiques, tactiles, chimiques, kinésiques, douloureux et autres**(Rodier et *al.*, 2009).**

I-5-2) Paramètres physiques :

I-5-2-1) La turbidité :

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau **(Metahri, 2012).**

I-5-2-2) Température :

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 (°C). 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 résiduaires chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3° C s'avèrent souvent néfastes **(Villers et *al.*, 2005).**

I-5-2-3) pH :

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. En région bruxelloise, on admet généralement qu'un pH naturel situé entre 6,5 et 8,5 caractérise des eaux où la vie se développe de manière optimale **(Villers et *al.*, 2005).**

I-5-2-4) Matières en suspension :

Limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, réduisent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique. Pour une eau qui contient des matières en suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs **(Ayachi et Yamoun, 2019).**

I-5-2-5) Conductivité électrique (EC) :

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par mètre (mS/m) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 µS/cm. L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissous qui peuvent être observées par exemple en cas de déversements d'eaux usées **(Villers et *al.*, 2005).**

I-5-2-6) La salinité :

La présence des sels dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau **(Alaimia et Braham, 2021)**

I-5-3) Paramètres chimiques :

I-5-3-1) Alcalinité :

L'alcalinité d'une eau est sa capacité de neutraliser les acides. L'alcalinité se mesure par titrage avec un acide fort (sulfu- rique ou chlorhydrique) et s'exprime en mg de carbonate de calcium par litre **(Cordier, 2003).**

I-5-3-2) Le Titre Alcalimétrique (TA) : Le titre alcalimétrique simple (TA) mesure la teneur d'une eau en alcalis (hydroxydes) et de la moitié de sa teneur en carbonates alcalins et alcalino-terreux, déterminée par addition de la quantité d'acide sulfurique nécessaire au

virage de la phénolphtaléine. Le TA d'une eau permet de connaître sa concentration en carbonates (CO_3^{-2}) et en bases fortes, autrement dit son alcalinité **(UAE, 2023).**

I-5-3-3) Titre alcalimétrique complet (TAC) : Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur d'une eau en alcalis (hydroxydes), en carbonates et en bicarbonates (ou hydrogénocarbonates) alcalins et alcalino-terreux, déterminée par addition de la quantité d'acide sulfurique nécessaire au virage du méthylorange (ou hélianthine). Si le pH est inférieur à 8,3, le TA est nul et l'eau ne contient pratiquement que des bicarbonates. Le TAC d'une eau permet de connaître sa concentration en bicarbonates (HCO_3^-) en carbonates (CO_3^{-2}) et en bases fortes, autrement dit son alcalinité **(UAE, 2023).**

I-5-3-4) Matières solides totales dissoutes :

Les matières solides totales dissoutes (TDS) comprennent des sels inorganiques (principalement calcium, magnésium, potassium, sodium, bicarbonates, chlorures et sulfates) et de petites quantités de matières organiques qui sont dissoutes dans l'eau. Les TDS présentes dans l'eau de boisson proviennent de sources naturelles, d'eaux d'égouts, de ruissellements urbains et d'eaux usées industrielles. Les sels de déneigement utilisés sur les routes dans certains pays peuvent également contribuer au contenu en TDS dans l'eau de boisson. Les concentrations de TDS dans l'eau varient considérablement selon les régions géologiques en raison des différences de solubilité des minéraux **(OMS, 2017).**

I-5-4) Cations :

I-5-4-1) Potassium (K^+) :

Le potassium beaucoup moins abondant que le sodium est rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieurs à 20 mg/l. il ne présente aucun inconvénient particulier **(Bidi et Djidia, 2020).**

I-5-4-2) Magnésium (Mg^{+2}) :

Il peut avoir d'une part une origine provenant de la dissolution des roches dolomitiques, magnésites, basaltes et argiles, et d'autre part origine industrielle. Son abondance géologique et sa grande solubilité font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes allant de quelques milligrammes à quelques plusieurs centaines de milligrammes par litre. A partir d'une concentration supérieure à 100mg/l, il donne à l'eau un goût désagréable (**Bidi et Djidia, 2020)**

I-5-4-3) Calcium (Ca^{+2}) :

Extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Sa présence dans les eaux des nappes est liée principalement à la dissolution des formations carbonatées ($CaCO_3$) et aux formations gypseuses ($CaSO_4$). C'est généralement l'élément dominant des eaux potables **(Ayachi et Yamoun, 2019).**

I-5-4-4) Sodium (Na^+) :

Le sodium est présent dans de nombreux minéraux dont le principal est le sel gemme (chlorure de sodium). L'eau de mer en contient des concentrations importantes. Le sodium et ses sels ont une foule d'usages, parmi lesquels le salage des routes verglacées et les industries du papier, du verre et du savon, ainsi que l'industrie pharmaceutique et l'industrie chimique en général, l'industrie alimentaire, le traitement de l'eau et l'assaisonnement des aliments. Le déversement des effluents (déchets domestiques, commerciaux et industriels) dans les cours d'eau y introduit également une importante quantité de sodium.Dans la plupart des pays, l'eau distribuée par les réseaux publics contient le plus souvent moins de 20 mg de sodium par litre, mais dans d'autres, cette teneur peut être supérieure à 250 mg/1 **(OMS, 1986).**

I-5-5) Les anions :

I-5-5-1) Chlorures (Cl^-) :

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils 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).**

I-5-5-2) Le sulfate (SO_4^{-2}) :

Le sulfate est présent dans les engrais, ils contribuent à l'eau pollution et augmentation de la concentration de sulfate dans le plan d'eau. Ils Il provient également des eaux de ruissellement, qui contiennent des quantités relativement importantes de composés soufrés organiques et minéraux. Ils fournissent des ions dans Les eaux de surface dans des conditions naturelles sont dues à la réaction de Eau avec des roches contenant du sulfate et avec les substances biochimiques et Oxydation partiellement chimique des sulfures et autres composés de soufre. **(Pawar et Shembekar, 2012)**

I-5-6) Paramètres de pollution

I-5-6-1) Ammonium (NH_4^+) :

L'azote ammoniacal se présente sous la forme toxique NH4+. Sa présence dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique NH4+, l'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation **(Chaden, 2018).**

I-5-6-2) Phosphate (PO_4^{-3}) :

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérer comme indice de contamination fécale entrainant une prolifération des germes, goût et coloration **(Rodier, 2005).**

I-5-6-3)Nitriaes (NO^{-3})et nitrites (NO^{-2}):

Les ions nitrate et nitrite sont naturellement présents dans l'environnement. Où ils font partie du cycle de l'azote. Les nitrates sont utilisés principalement. Dans les engrais inorganiques, le nitrite de sodium est surtout employé. Comme conservateur pour les aliments, notamment les salaisons. La teneur En nitrate, les eaux souterraines et les eaux de surface sont normalement faible. Mais elle peut atteindre des niveaux élevés en cas de ruissellement. à partir des terres agricoles et des décharges, ou de contamination par les Excréta humains et animaux. La chloramination peut donner lieu à la Formation de nitrites dans le réseau de distribution ou leur concentration Peut augmenter à mesure que l'eau s'écoule vers les points d'utilisation **(OMS, 1998).**

I-5-7) Paramètres indésirables :

I-5-7-1) Fer (Fe^{+2}) :

Le fer est un élément assez abondant dans les roches sous différentes formes. Ce fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations. **(Ayachi et Yamoun, 2019).**

I-5-7-2) Manganèse (Mn^{2+}) :

Manganèse est présent en quantité très importante dans la nature. Les concentrations dans l'écorce terrestre peuvent varier de 500 à 900 mg/kg. Les minerais les plus connus sont la pyrolusite, la rhodocrosite, la braunite. Son utilisation industrielle est grande : métallurgie (aciers, alliages, soudures), industrie électrique (électrodes, piles sèches), industrie chimique (catalyseurs, colorants), industrie du verre et de la céramique, carburants (additifs organométalliques). Le manganèse peut donner un goût désagréable à l'eau. Par ailleurs, même à des doses faibles (0,02 mg/L), il est susceptible de former une couche noire sur les canalisations qui lorsqu'elle se détache donne un aspect peu engageant à l'eau Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS indique une valeur guide provisoire de 500 µg/L. Les directives du Conseil des communautés européennes indiquent un niveau guide de 50 µg/L. **(Rodier et *al.*, 2009)**

I-5-7-3) Aluminium (Al^{+3}) :

L'aluminium présent naturellement de même que les sels d'aluminium utilisés comme coagulants dans le traitement de l'eau de boisson sont les principales sources d'aluminium dans l'eau de boisson. La présence d'aluminium à des concentrations supérieures à 0,1-0,2 mg/l entraîne souvent des plaintes de consommateurs suite au dépôt de flocs d'hydroxyde d'aluminium et à l'intensification du changement de couleur de l'eau dû au fer. Il importe donc d'optimiser les procédés de traitement afin de minimiser la présence d'aluminium résiduel dans le réseau de distribution. Dans de bonnes conditions de fonctionnement, des concentrations d'aluminium inférieures à 0,1 mg/l peuvent être obtenues dans de nombreuses circonstances **(OMS, 2017).**

I-5-7-4) Cuivre (Cu^{+2}) :

Le cuivre présent dans un approvisionnement en eau de boisson provient habituellement de l'action corrosive de l'eau libérant celui-ci à partir des tuyaux de cuivre dans des bâtiments. On a démontré que des taux élevés d'oxygène dissous accéléraient la corrosion du cuivre dans certains cas. Les concentrations peuvent varier significativement selon la durée de contact de l'eau avec les tuyaux ; par exemple, il est prévisible que l'eau soutirée en premier aura une concentration de cuivre plus élevée qu'un échantillon collecté après une purge complète des tuyaux. Des concentrations élevées peuvent interférer avec les usages domestiques de l'eau. Une coloration de la faïence sanitaire et du linge peut avoir lieu à des concentrations de cuivre supérieures à 1 mg/l. Au-delà de 5 mg/l, le cuivre confère une couleur à l'eau et un goût amer désagréable **(OMS, 2017).**

I-5-8) Métaux lourds

Les éléments traces métalliques sont généralement définis comme des métauxlourds. On appelle métaux lourds tout élément métallique naturel dont la masse volumiquedépasse 5g/cm³. Ils englobent l'ensemble des métaux et métalloïdes présentant un caractèretoxique pour la santé et l'environnement. Les métaux lourds les plus souvent considérés commetoxique pour l'homme sont : le plomb, le mercure, l'arsenic et le cadmium. D'autres comme lecuivre, le zinc, le chrome, pourtant nécessaires à l'organisme en petites quantités, peuventdevenir toxiques à doses plus importantes **(Belaloui, 2020).**

I-5-9) L'oxygène dissous O2 :

L'apport d'oxygène dans l'eau provient de deux sources

(a) la diffusion atmosphérique

(b) l'activité photosynthétique des plantes.

C'est l'un des paramètres les plus importants et les plus limitant de l'évaluation de la qualité de l'eau, qui maintient la vie aquatique. Il régule le processus métabolique des organismes aquatiques **(Pawar et Shembekar, 2012).**

I-5-10) Demande biochimique en oxygène :

La DBO5 (demande biochimique en oxygène), c'est la quantité d'oxygène dissous consommée par les micro-organismes, à l'obscurité à 20 °C pendant 5 jours. Il permet l'évaluation des matières organiques biodégradables **(Makhoukh et *al.*, 2011).**

I-6) L'eau potable :

L'eau rendue propre à la consommation humaine avec un minimum de dommages à court ou à long terme est appelée eau potable ou eau potable. Les eaux souterraines et les eaux de surface sont les deux principales sources d'eau potable **(Rajagopal et *al.*, 2017).**

I-7) Normes des eaux :

Un paramètre est un élément dont on va rechercher la présence et/ou la quantité, la norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser, ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné ; un paramètre ne devient un critère qu'à partir du moment où il est choisi pour établir une norme **(Arab, 2022).**

I-8) Normes de l'OMS :

La santé concernant l'eau potable est des directives essentielles pour garantir la sécurité et la qualité de l'eau que nous consommons. Les lignes directrices de l'OMS en matière de qualité de l'eau potable, servent de référence pour la sécurité en matière d'eau potable. Ces normes comprennent des mesures telles que des limites pour différents contaminants, notamment l'aluminium, l'antimoine, l'arsenic ainsi que d'autres substances nocives, avec des valeurs spécifiques pour chaque contaminant.

Il est important de noter que ces normes de l'OMS sont des directives mondiales, mais de nombreux pays ont également leurs propres normes nationales de qualité de l'eau potable. Par exemple, des normes nationales peuvent définir des valeurs limites différentes pour certains contaminants. Toutefois, les normes de l'OMS sont largement reconnues comme des références internationales en matière de qualité de l'eau potable.

Il est à noter que beaucoup de pays ont leurs propres normes. Les pays européens ont chacun des normes par exemple et des normes de la communauté européenne. Lorsqu'il n'existe pas de normes nationales, on adopte les normes de l'O.M.S en général (Organisation Mondiale de la Santé). Les normes de l'O.M.S

sont assez tolérantes pour certains critères (ex. turbidité), pour tenir compte des moyens limités de certains pays en voie de développement (**Kettab, 1992).**

I-9) Normes Algériennes

L'Algérie s'est basée sur les normes internationales, pour établir ses propres normes, on peut dire que c'est une combinaison de différentes normes qui existent sur le plan international **(Mostefaoui et Toutaoui, 2018).**

Tableau 04 : Normes **OMS (2006)** et algériennes **(JORA., 2014)** des paramètres physico-chimiques et organoleptiques pour l'eau potable

Paramètres	L'OMS	Le journalAlgérien
pH	Entre6.5 et9.5	≥6.5 et ≤ 9.5
Conductivité	Pasdenorme	2800 µS/cm
Température	Acceptable	25°C
Turbidité	5NTU	5NTU
DuretéCaCO3	200 ppm	500mg/l
Lesnitrates	50mg/l	50mg/l
Nitrites	3mg/l	0,2mg/l
Ammonium	0.5mg/l	0.5mg/l
Chlorures(Cl)	250mg/l	500mg/l
Potassium	12mg/l	12mg/l
Calcium	100mg/l	200mg/l
Magnésium	50mg/l	0.05 mg/l
Fer	Pasdevaleur guide	0,3mg/l
Cuivre	2mg/l	2mg/l
Zinc	3mg/l	5mg/l
Arsenic(As)	0.01mg/l	0.01mg/l
Cadmium(Cd)	0,003mg/l	0,003mg/l
Chrome(Cr)	0,05mg/l	0,05mg/l
Mercure(Hg)	0,006(Inorganique)	0,006mg/l
Plomb(Pb)	0,01mg/l	0,01mg/l
Fluorure	1,5 mg/l	1,5 mg/l
Sodium	200 mg/l	200 mg/l
Sulfate	500mg/l	400 mg/l
Cyanure	0,07 mg/l	0,07 mg/l

Chapitre II

Matériel et méthodes

Chapitre II. Matériel et méthodes

II-1) Description de la zone d'étude :

- Le barrage Mexa est aménagé sur la vallée de l'oued El-Kebir-Est, au Nord-Est de la ville d'EL-Tarf (Algérie) et est alimenté par 3 oueds : **El-Kebir, Bougous et Ballouta (figure 1).**
- Le barrage Mexa est d'une capacité de 280 hm3 a été mis en eau au cours de 'année 2000. Les eaux de ce barrage sont destinées à l'alimentation en eau potable des villes d'Annaba, d'El-Tarf et d'El-Kala ainsi qu'à l'irrigation des champs agricoles **(Ouartsi et *al.*, 2011).**

II-2) Situation géographique du Barrage :

- Le barrage Mexa estsitué à 8 km du chef-lieu de la wilaya El Tarf, le barrage Mexa se trouve dans la commune de Bougous, près de la frontière Alger-Tunisienne. Bougous est une commune de la wilaya d'El Tarf (Nord-Est Algérien), située à environ 20 km au sud-est du chef-lieu de la wilaya et à 10 km à l'ouest de la frontière tunisienne.
- La ville de Bougous se situe au sud du parc national d'El Kala **(Guechi et Leulmi , 2016).**

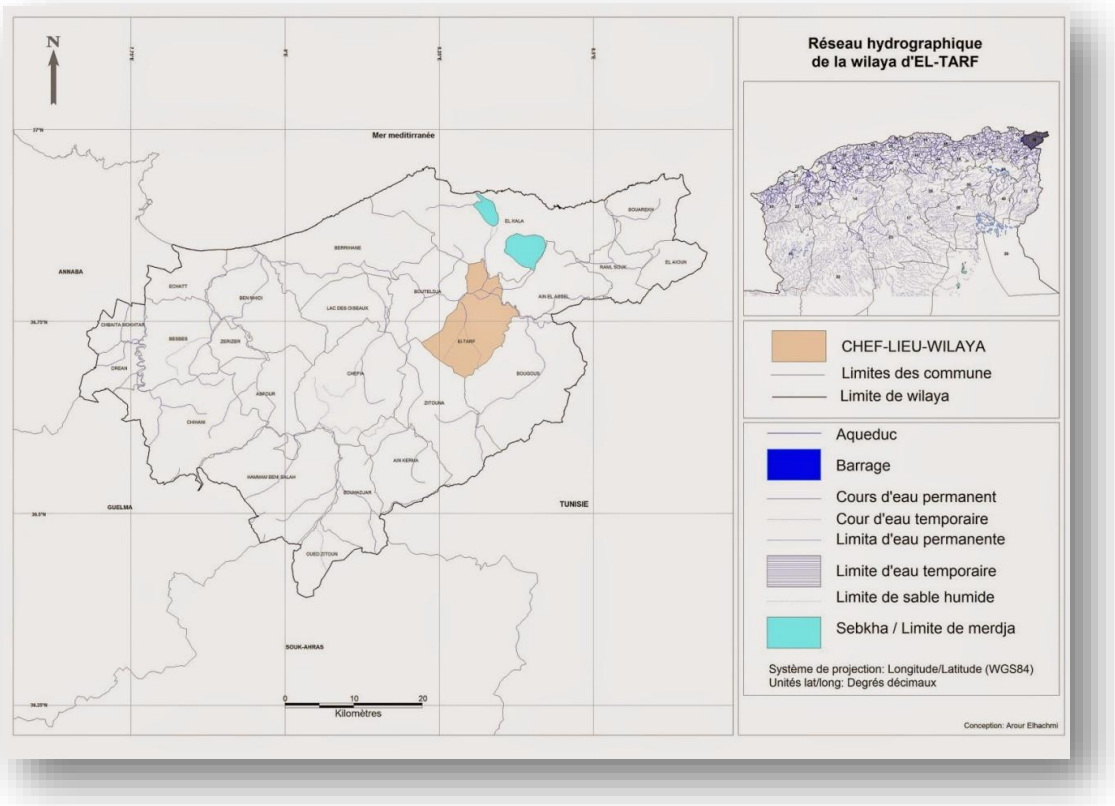


Figure 03: Carte de réseau hydrographique de wilaya d'El Tarf

(Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'El-Tarf)

II-3) Rôle du barrage :

Le barrage a un rôle double **(Guechi et Leulmi, 2016**) :

- L'alimentation en eau potable de la ville d'Annaba et les centres suivants relevant de la willaya d'El Tarf : El Tarf ville, El Kala, Souarahekh, El Aioun Ramel Souk, Dréan, Besbes, Ben M'hidi, El Chatt, Ben Amar, Ain Assel.
- Régularisation des crues de l'oued Kébir et réduire des inondations vers la Plaines d'El Tarf.

Tableau 05 : Caractéristique donnée technique du la digue du barrage Mexa **(Guechi et Leulmi, 2016)**

Caractéristique	Donnée technique
largeur de la crête	402 m
cote de la crête	62 m
hauteur de la digue à partir de la fondation	42 m
hauteur de la digue à partir de terrain	30 m

II-4) Analyses physico-chimiques et organoleptiques :

Les analyses sur les échantillons prélevés sont effectuées dans le laboratoire de contrôle de qualités physico-chimiques de la station de traitement des eaux Mexa.

Les analyses effectues sont les suivants : pH, conductivité ; turbidité ; couleur ; TAC ; taux d'aluminium ; taux de fer et T°.

II-4-1) L'analyse organoleptique

II-4-1-1) Couleur :

- Tout d'abord, nous l'avons le tube avec de l'eau distillée.
- Deuxièmement, nous remplissons le tube d'eau brute jusqu'au point spécifié.
- Nous essuyons le tube de l'extérieur avec un chiffon lisse pour éliminer les gouttes externes.
- On place le tube dans le spectrophotomètre, on cherche quelques secondes, puis on lit le résultat sur l'écran.
- Quand e processus terminé, nous l'avons à nouveau le tube avec de l'eau distillée.

Photo01 : Spectrophotomètre « HACH DR1900 ».

II-4-2) Les analyses physico-chimiques

II-4-2-1) pH :

- Le pH est l'une des mesures que l'on doit effectuer le plus fréquemment, il est relié la teneur en ions H+ et aussi à l'acidité et l'alcalinité de l'échantillon Tout d'abord, nous étalonnons le pH-mètre avec deux étalons, le premier avec pH=7 et l'autre avec pH=4. Après cela, nous insérons l'électrode à la surface de l'eau (6 à 8 cm) puis lisons le résultat sur l'écran de l'appareil. Après avoir terminé chaque mesure, nous trempons l'électrode dans de l'eau distillée.

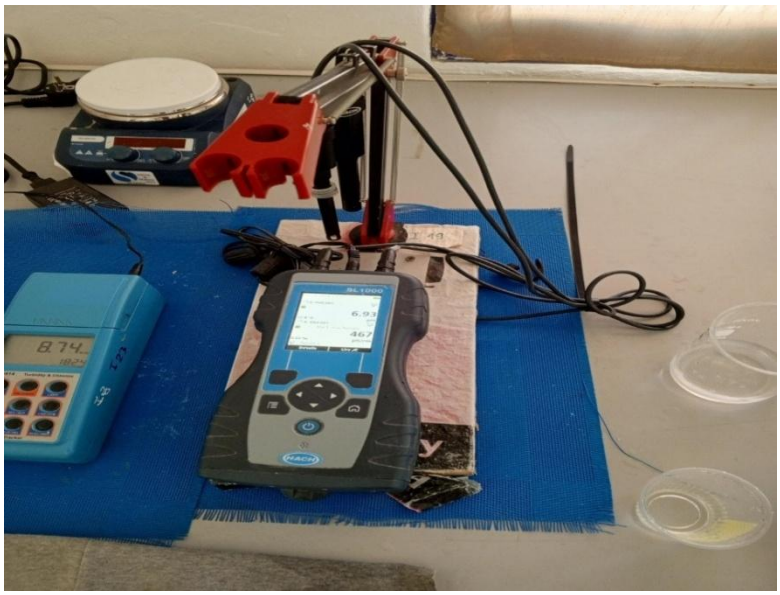


Photo 02 : Multi- paramètres HACH SL1000

II-4-2-2) Conductivité électrique :

- La mesure en µS/cm ou mS/cm (micro ou milli Siemens par cm) de la conductivité électrique d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre. Celui-ci mesure le passage de l'électricité entre deux électrodes séparées par un cube de 1cm x 1cm d'eau **(Tissot et Souchon, 2011).**
- Nous mesurons la conductivité électrique à l'aide d'un appareil multi-paramètres, où nous plongeons les électrodes dans l'eau (6 à 8 cm) puis lisons le résultat sur l'écran de l'appareil. Après avoir terminé, trempez l'électrode dans de l'eau distillée.

II-4-2-3) Turbidité :

- La turbidité est principalement mesurée par différentes méthodes de photométrie des milieux troubles comme la néphélométrie, l'opacimétrie et la turbidimétrie. Dans ce cas, on utilise la turbidité mètre **(NF EN ISO 7027- 2019).**
- On utilise une turbidité mètre de modèle « HANNA FAST TRUCKER »les résultats apparaissent sur l'écran de l'appareil.

Photo 03: Turbidité mètre « HANNA FAST TRUCKER ».

II-4-2-4) Titre alcalimétrique complète (TAC) :

- Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur d'une eau en alcalis (hydroxydes), en carbonates et en bicarbonates (ou hydrogénocarbonates) alcalins et alcalino-terreux.
- Nous le mesurons par le processus de titrage, où nous prélevons 100 millilitres de l'échantillon, puis y ajoutons deux gouttes de solution de vert de bromothymol.

- Bien mélanger jusqu'à ce que la couleur vire au bleu, puis titrer à l'aide d'acide sulfurique jusqu'à atteindre le point d'équivalence. Ensuite, nous effectuons le calcul suivant :

TAC « eau brute » = [V « eau brute » - V « blanc »] ×titre

Figure 04: Titrage colorimétrique à l'acide sulfurique.

II-4-2-5) Taux d'aluminium :

- Tout d'abord, on prépare le standard (5 ml de solution de fille + 20 ml d'eau distillée) « C'est très important pour mesurer le pourcentage d'aluminium. Ensuite on prépare le blanc (25 ml d'eau distillée), puis on en prend 25ml de l'échantillon et ajoutez-y, dans l'ordre, 2,5 ml de chlorure de calcium + 1 ml d'acide thioglycolique + 5 ml de solution de tampon + 1 ml de solution de rouge d'alizarine. « L'ordre dans lequel les solutions sont placées est également très important.
- En mesurant le pourcentage d'aluminium. Ensuite, on ferme les récipients, on agite bien et on attend une heure et demie. Le lendemain, on mesure sa couleur avec un spectrophotomètre.

II-4-2-6) Taux de fer : Nous préparons trois Fioles jaugées de 100 ml.

On le remplit avec 50 ml d'eau brute puis on commence à appliquer les réactifs :

- **1ml** de chlorhydrate d'hydroxylamine.

- **2ml** de solution Tampon acetate.

-**2ml**de solution 1,10 phénanthroline.

Après cela, on le laisse dans l'obscurité pendant **15 min**, puis on le mesure avec le spectrophotomètre.

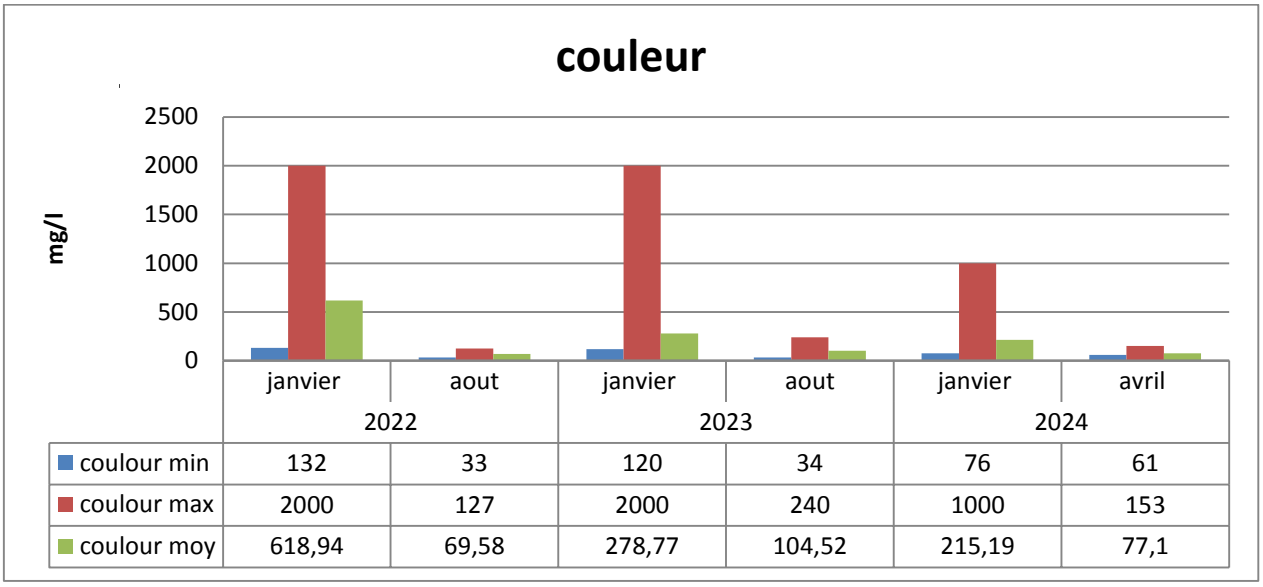
Chapitre III :

Résultats et discussion

Chapitre III. Résultats et discussion

III-1) Indicateur organoleptique

III-1-1) Couleur :



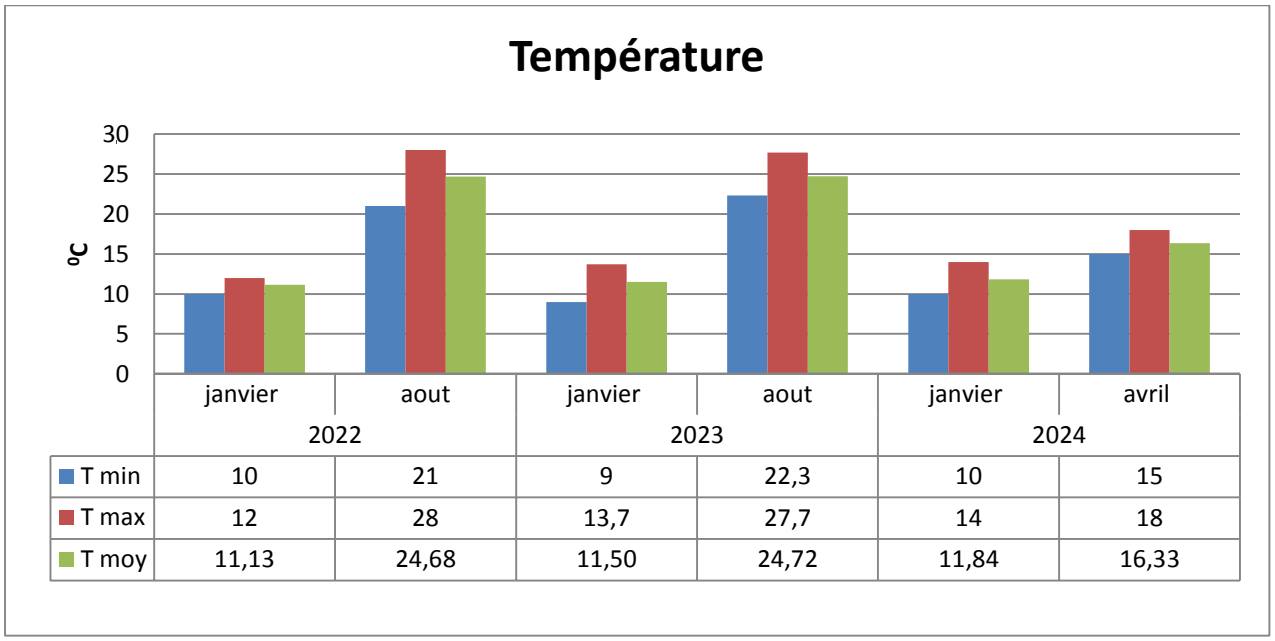
	janvier 2022	aout 2022	janvier 2023	aout 2023	janvier 2024	avril 2024
coulour min	132	33	120	34	76	61
coulour max	2000	127	2000	240	1000	153
coulour moy	618,94	69,58	278,77	104,52	215,19	77,1

Figure 04 : variation temporelle de la couleur de l'eau de barrage Mexa **(2022 – 2024).**

- Nous avons observé des valeurs maximales atteignant 2000 mg/l et 1000 mg/l pendant l'hiver, tandis que les valeurs minimales ne dépassaient pas 132 mg/l, avec des taux variant entre 618,94 mg/l et 69,58 mg/l.
- La couleur de l'eau est due à l'absorption de certaines bandes de lumière par les substances organiques dissoutes, qui comportent des groupements chromatophores réfléchissant la lumière.
- Les résultats que nous avons obtenus indiquent que la couleur de l'eau du barrage de Mexa varie entre 2000 et 33, ce qui est conforme aux normes algériennes.

III-2) Résultats des analyses physico chimique

III-2-1) Température :



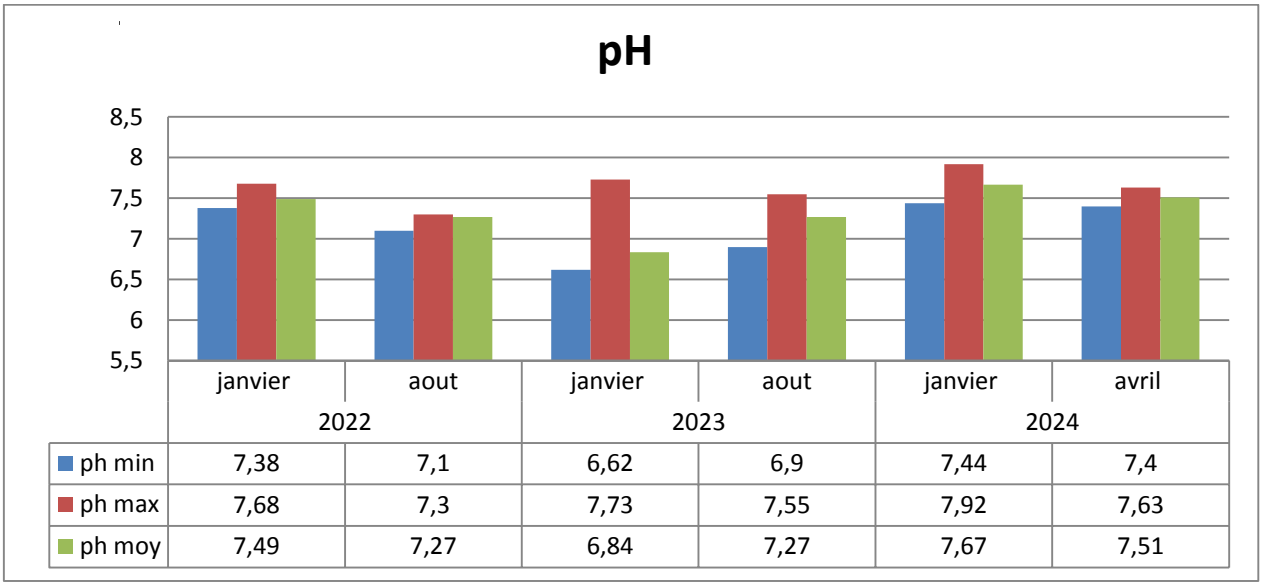
	janvier 2022	aout 2022	janvier 2023	aout 2023	janvier 2024	avril 2024
T min	10	21	9	22,3	10	15
T max	12	28	13,7	27,7	14	18
T moy	11,13	24,68	11,50	24,72	11,84	16,33

Figure 05 : variation temporelle de la température de l'eau de barrage Mexa **(2022 – 2024).**

- La température des eaux de surface dépend des échanges thermiques avec l'air ambiant et du rayonnement solaire. Le
- La température influence des paramètres tels que l'oxygénation, la conductivité, la solubilité de différentes substances, etc. Elle joue également un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique et bactérienne et dans l'évaporation de l'eau. Cela varie en fonction de l'air extérieur, la température (saison), la nature géologique et la profondeur de l'eau. Toute variation brutale de ce paramètre entraîne une perturbation de l'équilibre de l'écosystème aquatique **(Chapman et Kimstach, 1996).**
- **La figure** montre des valeurs de température d'eau supérieures à 25°C. Cette dernière est considérée comme une valeur limite indicative fixée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les eaux destinées à l'irrigation des cultures.
- Cette augmentation de température est due au changement climatique qui touche particulièrement la région. La température de l'eau du barrage varie en fonction de la température extérieure (la zone), donc leur variation est saisonnière, les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant la saison estivale (la valeur Max est de 28) et les plus basses pendant la saison estivale.
- En parallèle ; on observe une augmentation des températures au fil du temps.

- La valeur plus basse est affichée au cours de la saison froide avec une valeur de 9 °C, et valeurs maximale au cours de la saison chaude avec une valeur 28 °C.
- La moyenne des températures est entre 11,13 °C et 24 ,68 °C.

III-2-2) pH :



	janvier 2022	aout 2022	janvier 2023	aout 2023	janvier 2024	avril 2024
ph min	7,38	7,1	6,62	6,9	7,44	7,4
ph max	7,68	7,3	7,73	7,55	7,92	7,63
ph moy	7,49	7,27	6,84	7,27	7,67	7,51

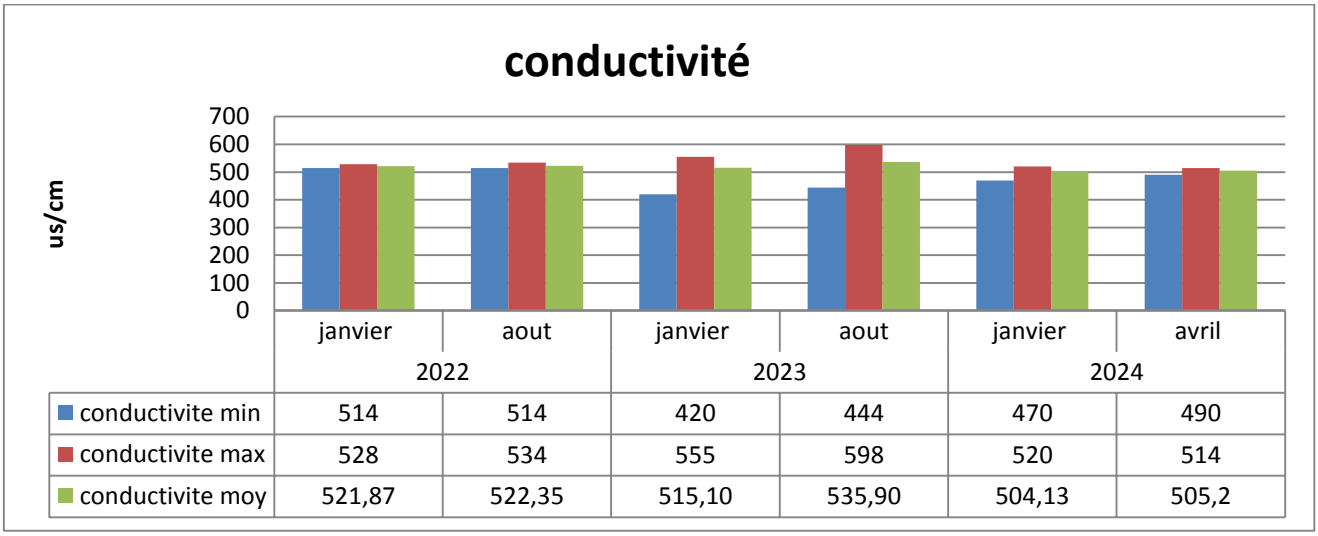
Figure 06 : variation temporelle du PH de l'eau de barrage Mexa (2022 – 2024).

- Le pH (Potentiel Hydrogène) mesure la concentration en H+ ions dans l'eau, et reflète ainsi l'équilibre entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico chimiques et dépend de multiples facteurs, y compris l'origine de l'eau.
- Le pH des eaux naturelles est lié à la nature du sol dans lequel elles s'écoulent. Le pH influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques de l'eau. Habituellement, les valeurs de pH sont comprises entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles
- **(Chapman et Kimstach, 1996).** Elle diminue en présence de niveaux élevés de matière organique et augmente en période d'étiage où l'évaporation est importante **(Meybeck et *al.*, 1996).**
- L'eau brute du barrage Mexa pendant la période d'étude a un pH qui ne dépasse pas les normes de potabilité (6,50<PH<8,50).
- Ces résultats suggèrent que l'eau s'écoule à travers les sols riches en calcaire du bassin versant de Mexa.
- Nos niveaux de pH sont presque similaires à ceux obtenu dans la rivière Bounamoussa qui variait entre 6,62 et 7,92**(Ramdani et Laifa, 2017).**

pH < 5	Acidité fort→ présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	PH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée→ majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte évaporation intense

Tableau 06 : Classification des eaux d'après leur pH.

III-2-3) Conductivité :



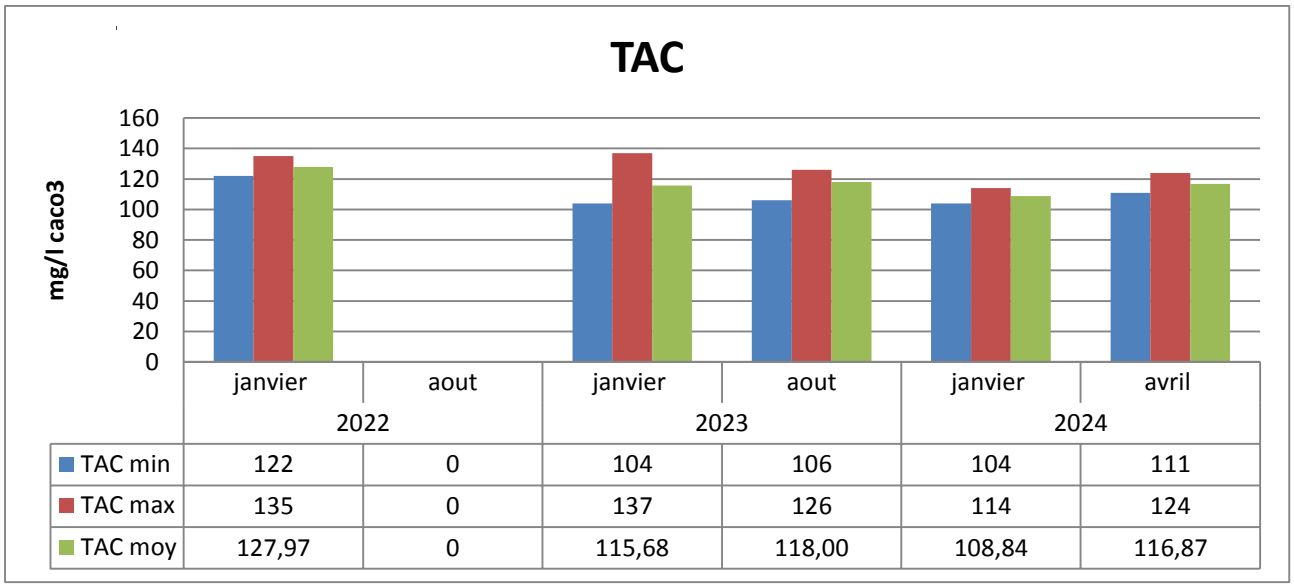
	janvier 2022	aout 2022	janvier 2023	aout 2023	janvier 2024	avril 2024
conductivite min	514	514	420	444	470	490
conductivite max	528	534	555	598	520	514
conductivite moy	521,87	522,35	515,10	535,90	504,13	505,2

Figure 07 : Variation de la conductivité électrique de l'eau de barrage Mexa **(2022 – 2024).**

- La conductivité mesure la capacité de l'eau à transmettre un courant électrique. Elle est directement proportionnelle à la quantité de sels (ions) dissous dans l'eau. La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Il est également utilisé pour évaluer la quantité de sels dissous dans l'eau (Rodier, 1984).
- La conductivité de l'eau du barrage oscille entre (444µS/cm avril et 598 µS/cm février).
- On constate qu'elle ne change pas et ne dépasser pas les normes de l'OMS. Habituellement la variation de la conductivité est en fonction des précipitations, les valeurs basses sont marquées pendant les mois les plus pluvieux en raison de la dilution, tandis que ceux des mois les moins pluvieux sont les plus conducteurs de la conductivité en raison de la concentration de minéraux dans les eaux après la saison d'évaporation.

- Cette observation a permis d'apprécier la minéralisation et les autres réactions chimiques qui y sont liées **(Guechi, 2016).** On peut en déduire que ces eaux varient d'une eau de minéralisation qui peut s'accentuer jusqu'à une eau de minéralisation moyenne.

III-2-4) TAC (titre acentrique complet) :

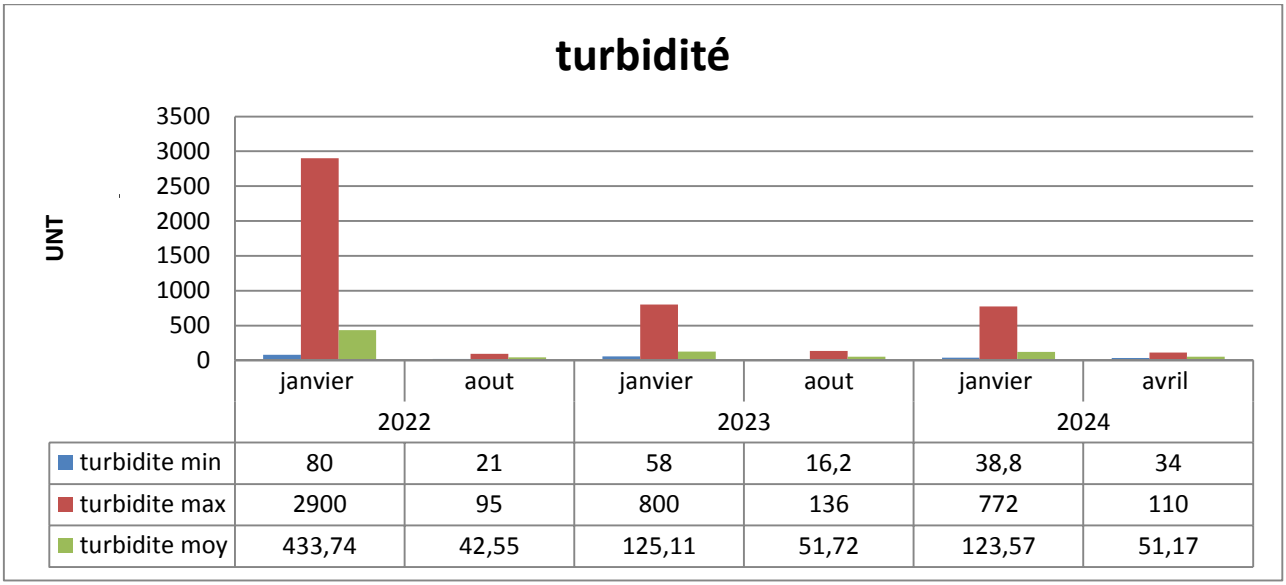


	janvier 2022	aout 2022	janvier 2023	aout 2023	janvier 2024	avril 2024
TAC min	122	0	104	106	104	111
TAC max	135	0	137	126	114	124
TAC moy	127,97	0	115,68	118,00	108,84	116,87

Figure 08 : Variation temporelle de TAC de l'eau de barrage Mexa (2022 – 2024).

- Le titre alcalimétrique permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau. La formation d'Une couche de carbonate destinée à protéger les canalisations contre certains risques de corrosion nécessite une alcalinité minimale. Le titre alcalimétrique complet, donnant l'alcalinité totale de l'eau (pas seulement l'alcalinité due au bicarbonate et au carbonate), ne doit pas être inférieure à 50°F **(Benslimane, 2015).**
- Les valeurs observées dans cette étude sont très proches, atteignant une valeur minimale de 104 mg/l caco3, une valeur maximale de 137 mg/l caco3 et une fourchette moyenne comprise entre 108 mg/l caco3 et 127,97 mg/l caco3.

III-2-5) Turbidité :



	janvier 2022	aout 2022	janvier 2023	aout 2023	janvier 2024	avril 2024
turbidite min	80	21	58	16,2	38,8	34
turbidite max	2900	95	800	136	772	110
turbidite moy	433,74	42,55	125,11	51,72	123,57	51,17

Figure 09 : variation temporelle de la Turbidité de l'eau de barrage Mexa **(2022 – 2024).**

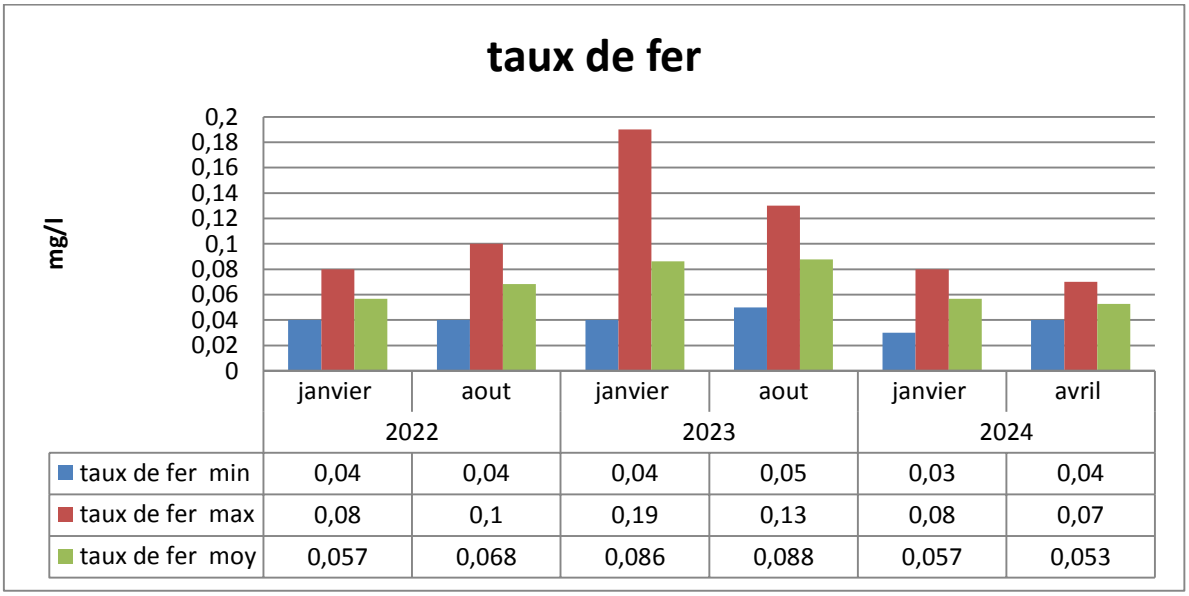
- La turbidité est un paramètre organoleptique **(Ghazali et Zaid, 2013).** Cette dernière est due à la présence de particules en suspension, surtout colloïdal ; argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc., qui donnent un aspect trouble à l'eau **(Graindorge, 2015**). L'évaluation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité **(Rodier et *al.*, 2009**).
- Nos résultats montrent des valeurs hautes t pendant les saisons froides, qui peuvent atteindre 2900 UNT. Alors que les valeurs minimales atteignent 16,2 UNT. Les valeurs moyennes se situent entre 433,47 et 42,55.
- Nous observons que la turbidité d'eau de barrage de Mexa varie ente [16,2-2900 NTU], nous pouvons dire que ces valeurs sont élevées par rapport aux autre barrages.
- Cette augmentation [+500 NTU] peuvent être expliquée par la forte pluie qui trouble l'eau brute mais dans les mois d'été on l'explique par les opérations des lâchées.
- La turbidité d'eau brute est le paramètre le plus important pour déterminer la quantité de coagulant et de floculant et désinfectant.
- Une turbidité élevée peut permettre aux micro-organismes d'adhérer aux particules en suspension et réduire la lumière que les plantes aquatiques utilisent pour la photosynthèse. La turbidité est exprimée en unités de turbidité (NTU) et doit être inférieure à 5NTU **(Bengoumi et *al.*, 2013).**

- Ces données nous ont permis d'observer l'augmentation de la turbidité d'où le constat de la présence des particules argileuses dans suspension dans l'eau et en plus elle s'ajoute par le passage des animaux sauvages qui boivent d'où la perturbation de l'eau de source.

Tableau 07 : Classes de la turbidité usuelles

Classe	Turbidité	Observation
1	NTU< 5	Eau claire
2	5 <NTU< 30	Eau clairement trouble
3	NTU> 50	Eau trouble
4	NTU	La plupart des eaux de surface en Afrique atteint ce niveau de turbidité

III-2-6) Taux de fer :

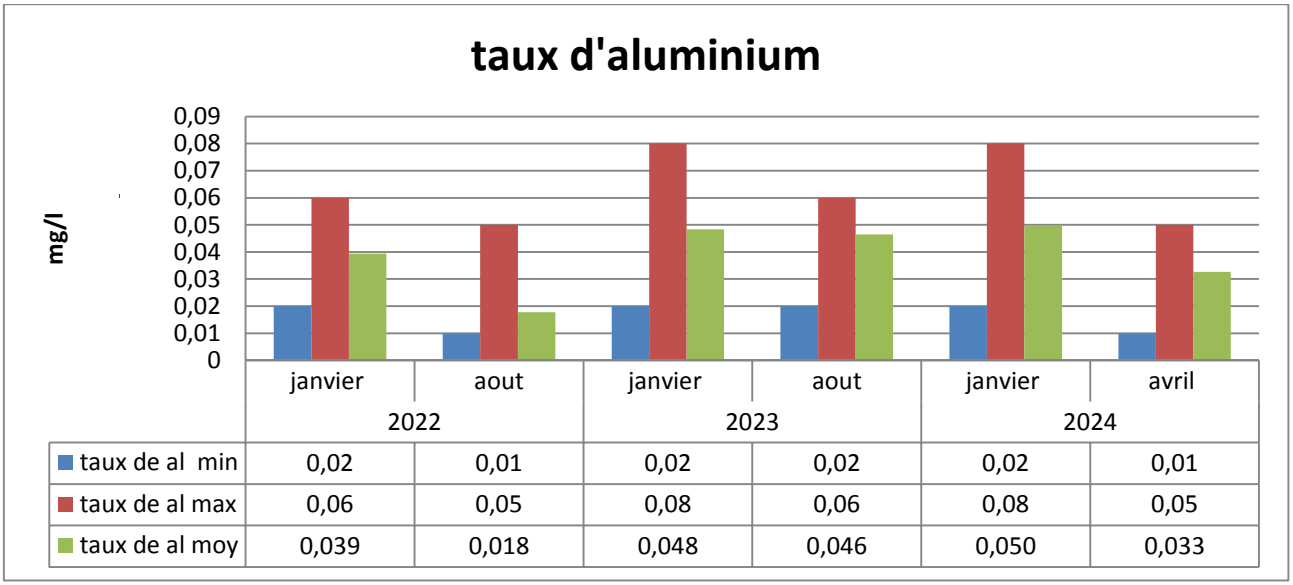


	janvier 2022	aout 2022	janvier 2023	aout 2023	janvier 2024	avril 2024
taux de fer min	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04
taux de fer max	0,08	0,1	0,19	0,13	0,08	0,07
taux de fer moy	0,057	0,068	0,086	0,088	0,057	0,053

Figure 10 : variation temporelle de taux de fer de l'eau de barrage Mexa **(2022 – 2024).**

- Ce tableau affiche une valeur minimale de 0.03 mg/l est une valeur plus élève de 0,19mh/l.
- La valeur moyenne est entre 0,053 mg /l et 0,088 mg/l .l
- Toutes ces valeurs ne représentent aucun risque de pollution par le fer.
- Ces valeurs ne dépassant pas la norme algérienne de 0,3 mg/l **(JORDP ,2014)**

III-2-7) Taux d'aluminium :



	janvier 2022	aout 2022	janvier 2023	aout 2023	janvier 2024	avril 2024
taux de al min	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
taux de al max	0,06	0,05	0,08	0,06	0,08	0,05
taux de al moy	0,039	0,018	0,048	0,046	0,050	0,033

Figure 11 : Variation temporelle de taux d'aluminium de l'eau de barrage Mexa **(2022 – 2024).**

- L'azote ammoniacal est l'un des maillons du cycle complexe de l'azote à l'état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau. Il existe en faibles proportions, moins de 0,1 mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Les concentrations d' aluminium fournissent des informations sur pollution des eaux due aux rejets d'eaux usées domestiques ou à l'érosion et au lessivage des sols agricoles **(Graindorge, 2015).**
- Les concentrations d'ammonium fournissent des informations sur la pollution de l'eau ; à la suite du rejet d'eaux usées domestiques ou de l'érosion et lessivage des sols agricoles. L'ammonium n'est pas très stable ou chimiquement stable entre l'échantillonnage et l'analyse en laboratoire, et il y a une dégradation biologique importante lors du transport, particulièrement sensible pour les faibles concentrations. Approprié la réfrigération de l'échantillon doit être assurée pendant le prélèvement et le transport.
- La teneur en aluminium de l'eau du barrage est élevée variable, fluctuant entre 0,01 et 0,033 mg/l.
- Ces valeurs ne dépassant pas la norme algérienne de 0,2 mg/l **(JORDP ,2014).**
- D'après ces résultats nous confirmons que l'aluminium est un élément étranger c'est pourquoi son dosage dans l'eau et faible.

Conclusion

Conclusion :

Les barrages et les retenues d'eau jouent un rôle primordial dans le cadre de gestion de l'eau et apportent une contribution à la qualité de vie de la société. Le présent travail a été consacré à l'étude de la qualité physico chimique des eaux de barrage de Mexa ; situé dans la wilaya d'El Tarf à l'extrême Nord-Est Algérien près de la frontière Algéro-Tunisienne.

Le barrage Mexa occupe une superficie de 648,72 Km2 environ, destiné essentiellement pour l'alimentation en eau potable des deux wilayas El Tarf et Annaba. La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen, elle est caractérisée par deux saisons distinctes l'une pluvieuse humide à précipitations relativement élevées et des températures basses, l'autre sèche moins pluvieuses avec des températures élevées.

Pour arriver à nos objectifs un protocole d'étude a été établie ainsi qu'une analyse complémentaires des données sont exploitées pour bien interprété les résultats obtenus.

La minéralisation des eaux du barrage est influencée naturellement par la géologie et les précipitations. Les eaux brutes du barrage sont de bonnes qualités, presque tous les paramètres analysés sont dans les normes de potabilité.

En général, l'eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité.

Références Bibliographique

Références bibliographiques :

- *A., Sauboua E., Hirczak M. Territories and issues of regional development: Quae c/o INRA editions, Versailles.*
- *Aissaoui, A., Houhamdi, M., Samraoui, B. (2009). Eco-ethology of scaupnyrocaaythyanyroca in Lake Tonga (Ramsar Site, El-Kala National Park, Northeast of Algeria). European Journal of Scientific Research. 28:47-59.*
- *Alaimia M., Braham Y.(2021). Analyse de la qualité des eaux de la station de Hammam.*
- *Anctil F., Rousselle J., Lauzon, N. (2012). Hydrologie : cheminements de l'eau. Presses inter Polytechnique. p 2-3.*
- *Arab, Z .(2022). Etude Processus De Traitement Par Coagulation De Station D'ainZada .Diplome De Master. Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj.*
- *Ayachi, I-F ., Yamoun ,N .(2019). Contribution à l'étude et à l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de sources de la Wilaya de Constantine. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine.*
- *Barbault, R. (2007). Development and ecological diversity: links and connections in Mollard*
- *Baumont S ., Camard J-P., Francon A. (2009).Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France , Observatoire régional de santé d'Ile-de-France Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France .*
- *Belaloui ,M .(2020). Etude de la qualité physico chimiques des eaux de consommation de la ville de Djamaa. Mémoire de Master. Université Mohamed khider –Biskra.*
- *Belbal , S.(2022). Inventaire sur les stations d'épuration en Algérie. Mémoire de master. Université Chadli Bendjedid –El Tarf.*
- *Bidi ,Z ., Djidja ,C .(2020). Analyse de quelques paramètres physico-chimiques d'une source d'eau au niveau de la commune de Mizrana (Tizi-Ouzou) . Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.*
- *Bliefert , C., Perraud , R. (2008). Chimie de l'environnement : Air, eau, sol, déchets. Edition, De Boeck, Paris, 478*
- *Boeglin, J-C. (2008). Proprietes des Eaux Naturelles. Ed. Techniques Ingénieur, traité Environnement, G 1 110 – 4.*
- *Boeglin, J-C. (2009). Propriétés des eaux naturelles, Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1, 110 p.*

- ✓ *Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'EL-TARF. (n.d.). Disponible sur :<http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2015/01/reseau-hydrographique-EL-TARF.html>.*
- ✓ *Chaden, M-H. (2018). Evolution de la qualité de l'eau de la boisson supérieure de la liviére du litani, libani. Approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de lorraine.p 75*
- ✓ *Chapman, D, (1996), Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Chapman & Hall, London.*
- ✓ *Chelli , L., Djouhri, N .(2013). Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant. Mémoire de master. Université A. MIRA – BEJAIA, Faculté de Technologie.*
- ✓ *Cordier ,S ., Dewailly , É ., Gérin, M ., Gosselin , P ., Quénel , P ., Viau, S. (2003). Environnement et santé publique : fondements et pratiques. Edisem - La fondation des gouverneurs. p 179*
- ✓ *De L'eau, A. Q. D. T., & De La Langue Française, Q. O. (1981). Dictionnaire de l'eau. [Québec] : Office de la langue française. p169*
- ✓ *De villers J, Squilbin M, Yourassowsky C. 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général , Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement , Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles" . P1*
- ✓ *Debagh. Mémoire du master. Université 8 Mai 1945 Guelma Faculté des Sciences et de la Technologie Département : Génie des Procédés.*
- ✓ *Degremont, D. (2005). «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1. p1 - 31.*
- ✓ *Desjardins, R. (1997). Le traitement des eaux. Presses inter Polytechnique .p 3*
- ✓ *Fatmia , Z . 2020. Analyse physico-chimique de l'eau de mer au niveau de quelques sites de rejets des eaux usées – Côte de Mostaganem .Master en hydrobiologie marine et continentale .Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem .*
- ✓ *Festy B, Hartemann P, Ledrans M, Levallois P, Payment P, Tricard D .(2003). Qualité de l'eau. In : Environnement et santé publique - Fondements et pratiques, pp.333-368. Gérin M, Gosselin P, Cordier S, Viau C, Quénel P, Dewailly É, rédacteurs. Edisem / Tec & Doc, Acton Vale / Paris*
- ✓ *Freeze, R- A., Cherry, J. A. (1979).Groundwater.Prentice Hall.*
- ✓ *Gheid, S., Bahroun, S., Benabdallah, A., Gheid, A. (2021). Evaluation of mexa dam water quality in el tarf region (Extreme NorthEast Algeria). Food and Environment*

Safety-Journal of Faculty of Food Engineering, Ştefancel Mare University-Suceava. Rodier, J. (1996). Water analysis: Natural waters, wastewater, seawater. Ed., Dunod, 8th Edition, Paris.

- ✓ *Guechi , H .,Leulmi , A.(2016).Les Eaux Superficielles Caracterisation Physico Chimique Et Aptitude (Lac Reservoir Du Barrage Mexa Nord Est Algerien) .Mémoire de Master.niveritéBadji Mokhtar Annaba.*
- ✓ *Guechi, A. (2016). Surface waters, physical and chemical characterization and suitability (Reservoir Lake of the Mexa dam northeast of Algeria). Master memory, University of Annaba.*
- ✓ *Guiraud, J.P. (1998). Food microbiology. Microbiological Analysis Techniques, Ed, Dunod.*
- ✓ *JORA,(2014), journal officiel de la république algérienne.*
- ✓ *Katsanou, K., Karapanagioti,H-K. (2017). Surface water and groundwater sources for drinking water, In The handbook of environmental chemistry. https://doi.org/10.1007/698_2017_140*
- ✓ *Kettab, A. (1992). Livre traitement des eaux potables- KETTAB Ahmed. office de la publication universitaire (OPU), ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/340166482_Livre_traitement_des_eaux_potables-KETTAB Ahmed*
- ✓ *Kherifi. N, et Achi. I., (2016). Caractéristiques physico-chimiques d'un cours d'eau (cas de l'Oued Charef) dans la région de Guelma (Nord-est algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mais 1945 Guelma.*
- ✓ *Lazhr, G. (2011). Control of water pollution by acousto-optic method. Memory Presented at the Institute of Optics and Precision Mechanics For the Obtaining of the Diploma of Magister. Ferhat Abbas-Setif University.*
- ✓ *Lenntech. (2006).Normes de l'OMS sur l'eau potable. [Enligne].*
- ✓ *Lévêque, C., (1996). Les écosystèmes aquatiques. Ed. Hachette, Paris.p 133*
- ✓ *Makhoukh, M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Vanclooster, M. (2011). Contribution a l'etude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued moulouya (maroc oriental). Larhyss Journal, 9(9), p 149–169.*
- ✓ *Metahri M. (2012).Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, Cas de STEP Est de ville de Tizi- Ouzou, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat, Algérie.*

- ✓ *Mostefaoui O., Toutaoui , M.(2018). Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du forage de Ras El Ain (Boumerzoug). Mémoire de master .Université des frères Mentouri Constantine 1.*
- ✓ *Moulin, S., Rozen-Rechels, D., Stankovic, M. (2013) « Traitement des eaux usées ». 2p*
- ✓ *OMS (2017). Directives de qualité pour l'eau de boisson quatrième édition intégrant le premier additif. p 399-225-223*
- ✓ *OMS. (1998). Directives de qualité pour l'eau de boisson DEUXIÈME ÉDITION Additif au Volume 1 Recommandations. p 9*
- ✓ *OMS.(1986). DIRECTIVES DE QUALITÉ POUR L'EAU DE BOISSON Volume 2 Critères d'hygiène et documentation à l'appui. p147*
- ✓ *Ouartsi, A., Saoudi, A., &Chekireb, D. (2011). Etude Des Efflorescences Toxiques A Cyanobacteries Dans Le Barrage Mexa, Algerie.Laboratoire de Microbiologie. Faculté des Sciences. Université Badji Mokhtar Annaba- Algérie. ResearchGate.*
- ✓ *Pawar, S- B. et Shembekar, V- S. (2012). Studies on the physico-chemical parameters of reservoir at Dhanegoan District Osmanabad (M.S.), India. Journal of Experimental Sciences 3(5),p 51–54. http://jexpsciences.com/*
- ✓ *Rajagopal, R., Brands, E., & Wichman, M. D. (2017). Drinking water. The International Encyclopedia of Geography. john Wiley & Sons, Ltd. p 1*
- ✓ *Ramade F., (2002). Dictionnaire Encyclopédique De L'écologie Et Des Sciences De L'environnement. 2éme Edition, Dunod, Paris.1075 p.*
- ✓ *Rodier J, 2005. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.8eme édition: Dunod, Paris.*
- ✓ *Rodier, J., Beuffr, H., Bournaud, M., Broutin, J.P., Geoffray, C.H., Kovacsik, G., Laport, J., Pattee, E., Plissier, M., Rodi, L., Vial, J. (1984). Analysis of water, natural waters, water, seawater. 7th edition. Ed., Dunod.*
- ✓ *Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., & Brunet, R. (2009). L'analyse de l'eau - 9e éd.: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Hachette.*
- ✓ *Rodriguez, G -A.(2004).étude de la congélation comme technique de traitement des eaux Applications spécifiques .Thèse Doctorat, Ecole Doctorale Sciences des Procédés.*
- ✓ *Taguida , R.(2022). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de source d'Al Aioun (Nord- Est d'Algérie). Mémoire de master. Université Chadli Bendjedid –El Tarf-, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.*