



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique
et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

محمد البشير الإبراهيمي
بوجورج

Université Mohamed
El Bachir El Ibrahimi
de Bordj Bou Arréridj



**Faculté des Sciences et de la Technologie
Département Génie de l'Environnement**

Mémoire

*PRESENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE : MASTER*

Filière : Génie des procédés

Option : Génie des Procédés de l'Environnement

Thème

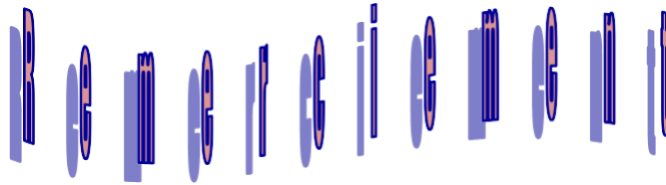
**Recherche documentaire : modèles de prévision de la
qualité de l'eau**

Présenté par : - M^{lle} BOUKHETALA Mouchira
- M^{lle} ZEBIRI Sihem

Soutenu publiquement le / / devant le jury composé de :

A.HELLATI	M.C.A	Président
A.MESSIS	M.C.B	Rapporteur
M.MERZOUGUI	M.C.B	Examineur

Année Universitaire 2020-2021



On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr. MESSIS ABED EL AZIZ , on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciement s'adresse également à tout nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nous remercions le Président et les jurys qui agiront en l'honneur de juger notre travail.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenues de près ou de loin

Enfin, nous sommes tous deux reconnaissants.

DEDICACES

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

A MA CHERE MERE OURDIA

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance

J'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder sante, bonheur et longue vie

A mon très cher père ABED ASSALAM, le premier et le dernier homme de ma vie, source d'amour, d'affection, et de sacrifices. Que ce travail soit le témoignage des sacrifices que vous n'avez cessé de déployer pour mon éducation et mon instruction. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour et l'admiration que je porte au grand homme que vous êtes. Puisse Dieu le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A celui que j'aime trop et qui m'a soutenu tout au long de ce projet et qui m'a donné de la force, la source de mon bonheur : mon mari

ABED ELHAK, et à notre bébé (future fils ou fille)

A mes chers frères et sœurs, et ma belle famille

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la

Vivacité et à tous mes amis

A celle qui était avec moi à chaque instant et qui a partager toute les moment avec moi durant le cycle d'étude : ma meilleur IKRAM

Merci !

ZEBIRI SIHEM

DEDICACES

Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les soutiens indéfectibles et sans limite de mes chers parents qui ne cessent de me donner avec amour le nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui.

Grâce à leurs encouragements et leurs sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux à la poursuite de mes études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mes profonds sentiments envers eux.

*A mon cher père **SAAD**, qui a toujours cru en moi Et avec mes capacités.*

*A ma chère maman **HAMIDA**, la prunelle de mes yeux et la joie de ma vie. Je prie le bon dieu de les bénir, de veiller sur eux en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.*

Je dédie aussi ce travail à :

À mes chères sœurs; pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral;

À mes chers frères ;

A toutes mes famille;

À mes amis et a tout ceux qui m'ont encouragé

Merci !

MOUCHIRA

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Revue bibliographique

Chapitre I : Généralités sur la qualité des eaux

I.1.1 Définition d'eau	01
I.1.2 Qualité de l'eau	01
I.1.2.1 Qualité organoleptique	01
I.1.2.2 Qualité physico-chimique	02
I.1.2.2.1 Paramètres physiques	02
I.1.2.2.3 Paramètres chimiques	03
I.1.2.2.1 Paramètres Microbiologique	05
I.4 Normes algériennes	08
I.5 Pollution de l'eau	09
I.5.1 Origines des pollutions des eaux	09
I.5.1.1 Eaux domestiques	10
I.5.1.2 Eaux ménagères	10
I.5.1.3 Eaux des vannes	10
I.5.1.4 Eaux pluviales	10
I.5.1.5 Eaux industrielles	10
I.5.1.6 Eaux agricoles	11
I.5.2 Méthodes utilisées pour évaluer la pollution	11
I.5.2.1 Principaux types de pollution	11
I.1.6 Traitement de l'eau	13
I.1.6.1 Etapes du traitement	13

Chapitre II : Normes algériennes et OMS de potabilité des eaux

II. Normes algériennes et OMS de potabilité des eaux	14
II.1 Normes de l'OMS sur l'eau potable	14
II.1.1. Normes OMS de potabilité des eaux	14
II.1.2. Composées organiques	15

II.1.3. Pesticides	16
II.1.4. Désinfectante désinfectant par produit	18
II.2. Normes algériennes de potabilité des eaux	19
II.2.1. Facteurs organoleptiques	19
II.2.2. Paramètres bactériologiques	20
II.2.3. Facteurs physico- chimiques	21
II.2.5. Facteur indésirables ou toxique	22
<i>Chapitre III : Etude Bibliographique sur la modélisation de la qualité de l'eau</i>	
	24
III. Modélisation de la qualité de l'eau	25
III.1. Modélisation de la qualité de l'eau par QUAL2K	25
III.1.2. Développement du modèle QUAL2K	
III.2.2 Caractéristiques, modèles mathématiques et facteurs de simulation du modèle QUAL2K	26
	26
III.2.3 Bases de calcul hydraulique du modèle QUAL2K	27
III.3. Guide d'application du modèle QUAL2K	28
III.4 Segmentation dans QUAL2K	31
III.2.4 Bases théoriques de la simulation de a qualité par QUAL2K	
Conclusion	
Références bibliographiques	
Résumé	

Liste Des Abréviations

C° : Degré Celsius

CGP : Cocci germe positive

COD : Conductivité

cm² : Centimètre carré

cm : Centimètre

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

G/1ml : Germe par 1 millilitre

Kg : Kilogramme

MES : Matière en suspension

mg/L : Milligramme par litre

mL : Millilitre

NTU : Unité turbidité Néphélométrique

pH : Potentiel hydrogène

RS : Résidu Sec

S/cm : Siemens par centimètre

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique complet

TH : Titre hydrométrique(Dureté Totale)

µS / cm : Micro-siémens par centimètre

Figure (1) : Débits entrants et sortants dans un canal en régime permanent	25
Figure (2) : Schéma de segmentation QUAL2K pour une rivière sans affluents	29
Figure (3) : Schéma de segmentation QUAL2K pour une rivière avec ses affluents (a) Rivière avec affluents (b) représentation de la rivière avec QUAL2K	30
Figure (4) : Modèle REACH	30

Liste des tableaux

Tableaux 1 : Classification des eaux selon la conductivité	03
Tableaux 2 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélobimétrie turbidité unité)	03
Tableaux 3 : Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO_3 .	
Tableaux 4 : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie	08
Tableau 5 : Normes OMS de potabilité des eaux	14
Tableau 6 : Composées organiques	15
Tableau 7 : Pesticides	16
Tableau 8 : Désinfectants désinfectant par produit	18
Tableau 9 : Facteurs organoleptiques	19
Tableau 10 : Paramètres bactériologiques	20
Tableau 11 : Facteurs physico- chimiques	21
Tableau 12 : Facteur indésirables ou toxique	22
Tableau 13 : modèles de qualité de l'eau	24
Tableau 14 : Classification des unités modèles	28

Introduction

L'eau est indispensable à l'existence, au développement et à la vie de tous les êtres vivants y compris l'homme. Ainsi l'eau est nécessaire à la réalisation des activités humaines qu'elles soient industrielles, domestiques ou pour l'agriculture. L'eau recouvre 72 % de la surface de la terre mais seulement 0,3 % des réservoirs globaux en eau sont utilisés comme eau potable.[1]

En effet l'eau est une ressource élémentaire à la vie elle est indispensable pour l'homme. On l'utilise pour des usage quotidiens, l'agriculture, boisson, l'hygiène et industrie. Malgré cette abondance de l'eau, elle est inégalement répartie et inégalement accessible.[2]

La qualité des eaux d'un cours d'eau est définie par l'étude d'un certain nombre de paramètres physico-chimiques, organiques et bactériologiques. Ces paramètres issus souvent de l'activité humaine, provoquent, sous une intensité une concentration anormale, une altération de la qualité des eaux naturelles. [3]

Plusieurs logiciels proposent actuellement des modèles qualité qui permettent de simuler l'évolution de certains paramètres liés à la qualité de l'eau. [3]

Comme la prévention et le contrôle de la pollution de l'eau ont été menés en profondeur, le modèle de qualité de l'eau qui reflète la règle de changement du polluant et la relation entre les composants de la qualité de l'eau dans l'environnement aquatique ,a joué un rôle de plus en plus important dans la planification de la protection de l'environnement aquatique .à l'étranger ,le modèle QUAL2K en tant que modèle complet de la qualité de l'eau a été largement utilisé dans la simulation de la qualité de l'eau , mais les institutions nationales et les universitaire l'ont encore rarement abordé ces dernières années.[4]

Chapitre I

I.1 Généralités sur la qualité des eaux :

I.1.1 Définition d'eau :

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. À pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C. Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène.[5] sa masse molaire est de 18g/mol, mais ces principales caractéristiques sont qu'il est inodore, incolore et insipide.

I.1.2 Qualité de l'eau :

I.1.2.1 Qualité organoleptique:

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé. [6]

- **Couleur**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. [7]

- **Odeur**

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances. [8]

- **Goût et saveur**

Le goût n'a aucun appareil pour le mesurer. C'est l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson ou l'aliment est dans la bouche selon les physiologistes, il y a trois saveurs principales :

- Le salé
- Le sucré
- L'amer.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. [7]

I.1.2.2 Qualité physico-chimique:

I.1.2.2.1 Paramètres physiques :

- **Température**

C'est un facteur important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur.

La température de l'eau dépend d'une série de facteurs

- Situation géographique, la saison
- La profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en surface)
- La couleur de l'eau (une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur)
- Le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température). [9]

- **Potentiel hydrogen**

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acidité carbonique, et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates. [9]

- **Conductivité électrique**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. L'unité de mesure de la conductivité est siemens/cm (S/cm) : $1\text{ S /m} = 10^4\mu\text{S/cm}$. La minéralisation de l'eau (teneur globale en espèces minérales) peut entraîner selon les cas, un gout salé (variable selon la nature des sels présents), une concentration de la corrosion, et les dépôts dans les tuyauteries (entartrage).[5]

Tableaux 1 : Classification des eaux selon la conductivité. [8]

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S/Cm}$)	Résistivité ($\Omega. \text{m}$)
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	1000400

- **Turbidité**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organique, micro-organismes...), étant souvent lié à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines (nappes peu profondes). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. Et sont exprimées en unités et correspondent à une mesure optique de passage de lumière. D'autres unités comparables sont employées, l'unité néphélogétrie de turbidité ou NTU.[10]

Tableaux 2 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélogétrie turbidité unité).[10]

NTU<5	Eau Claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

- **Oxygène dissous**

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau ne dépasse rarement 10 mg/L. Elle est fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l. [11]

- **Salinité**

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Elle s'exprime en g par kg d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner. [9]

- **Résidu Sec (RS)**

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l. [9]

- **Matière en suspension (MES)**

Les matières en suspension contenues dans les eaux résiduaires constituent un paramètre important qui marque généralement le degré de pollution. Ce sont des matières qui ne sont ni colloïdales, ni solubilisés et elles-peuvent être organique ou minérales. La présence des matières en suspension, diminue la concentration en oxygène dissous, ce qui rend les activités des microorganismes faibles et par conséquent diminution du phénomène d'autoépuration. [11]

I.1.2.2.3 Paramètres chimiques :

- **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. [9]

- **Dureté totale (TH)**

La dureté de l'eau est due à la présence de calcium et dans une moindre mesure, de magnésium. On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium [9]

Tableaux 3 : Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en. [9]

Dureté de l'eau	Concentration en mg/l
Eau douce	0 à 60
Eau moyennement douce	60 à 120
Eau dure	120 à 180
Eau très dure	Plus de 180

Une dureté supérieure 200 mg/L peut provoquer l'entartrage CaCO₃ (excès calcaire) du système de distribution et entraîner une consommation excessive de savon avec formation d'écume. La concentration du calcium dans l'eau de consommation n'est pas généralement élevée par rapport au besoin journalier (2 g/j). [9]

- **Titre alcalimétrique (TA)**

La teneur en hydroxyde (OH⁻), est la moitié de la teneur en carbonate CO₃²⁻ et un tiers environ des phosphates présents. [7]

- **Titre alcalimétrique complet (TAC)**

Le titre alcalimétrique complet ou TAC c'est le volume d'acide (exprimé en ml à 0.02mol. L⁻¹ en ions H₃O⁺ nécessaire pour doser 100ml d'eau en présence de méthyl orange le TAC

s'exprime en F°. Le TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates. [7]

- **Magnésium (Mg²⁺)**

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le Magnésium peut avoir deux gains : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du MgSO₄ des terrains gypseux du Trias situés au Sud. [12]

- **Calcium (Ca²⁺)**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement réparti dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables.

Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières. [12]

- **Demande biochimique en oxygène (DBO5)**

La DBO5 est la quantité d'oxygène requise par les micro-organismes. Milieu qui oxyde (dégrade) la matière organique dans les échantillons d'eau Conserver à l'obscurité pendant 5 jours. Ce paramètre est un bon indicateur. [9]

Le contenu organique biodégradable de l'eau naturelle ou de l'eau contaminée restant. Deux échantillons sont nécessaires : le premier sert à mesurer la concentration Oxygène initial, concentration en oxygène résiduel à la fin de la deuxième mesure 5 jours. La DBO5 est la différence entre ces deux concentrations. Plus la différence est grande L'environnement a besoin de plus d'oxygène, donc le bilan est mauvais, car les déchets à transformer Trop important. [9]

I.1.2.2.1 Paramètres Microbiologique :

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie.

Le dénombrement bactérien consiste à la recherche des bactéries aérobies, c'est-à-dire celles qui pourraient se développer en présence d'oxygène :

- Coliformes fécaux
- Coliformes totaux
- Germe totaux
- Streptocoques fécaux [9]

Les micros organismes à dénombrer ou à rechercher dans l'eau sont d'origines diverses :

- **Recherche des germes Totaux à 22 C° et 37 C° pathogène**

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des micro-organismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde et le vibron cholérique responsable du choléra. [5]

- **Recherche des coliformes Totaux**

Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 C° et 37 C°.[13]

- **Recherche des coliformes Thermotolérants**

Il s'agit des coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44 C°, ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation : (coliformes fécaux) on cite là l'exemple de E. coli qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, fermentent le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. Elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente.[14]

- **Recherche des Streptocoques Fécaux (37 C°)**

Il s'agit de Cocci à gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes Pius ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni

catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène.[13]

- **Recherche de Clostridium sulfito-réducteur**

En dehors des streptocoques fécaux et E. coli qui sont des indices de contamination fécale récente, du fait que leur survie dans l'eau peut être très courte, les clostridiiums sulfito-réducteurs représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, ils sont résistants aux conditions défavorables grâce à la sporulation, ils sont des bactéries anaérobies strictes, sporulés, Gram positif réduisent les sulfites en sulfures et dont la plupart des espèces est mobile.[5]

I.4 Normes algériennes

Le tableau ci-dessous résume la grille normative de la qualité de l'eau appliquée en Algérie (eau Potable).

Tableaux 4 : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie [9]

	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Paramètres				
Physico chimique:				
PH	6.5-8.5	6.5-8.5	<6et> 9	<5et>9
T°C	25	25-30	30-35	>35
Minéralisation	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600
Ca ²⁺ mg/l	40-100	100-200	200-300	>300
Mg ²⁺ mg/l	30	30-100	100-150	>150
Na ²⁺ mg/l	10-100	100-200	200-500	>500
Chlorure mg/l	10-150	150-300	300-500	>500
Sulfates mg/l	50-200	200-300	300-400	>400
Paramètres Organiques :				
O ₂ dissous%	>100	100-50	50-30	>30
DBO5 mg/l	5	20-40	10-15	>15
DCO mg/l	20	5-10	40-50	>50
Matières organiques	5	10-15	10-15	>15

Composés azotés :	0-0.01	0.01-0.1		
Ammonium mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Nitrites mg/l	0-10	10-20	0.1-3	>3
Nitrates mg/l			20-40	>40
Composés phosphorés :				
Phosphates mg/l	0-0.01	0.01-0.1		
Eléments toxiques et indésirables :				
	0-0.5	0.5-1	0.1-3	>3
	0-0.1	0.1-0.3		>2
Fe mg/l	0		1-2	>1
Mn mg/l	0-0.02	0-0.05	0.3-1	>0.5
Cr mg/l	0	0.02-0.05	0.05-0.5	>1
Cu mg/l	0	0-0.5	0.05-1	>1
Zn mg/l	0	0	0.5-1	>0.01
Cd mg/l	0	0	0-0.01	>0.05
Pb mg/l	0	0-0.8	0-0.05	>1.5
F - mg/l	0.001-0.002	0	0.8-1.5	
CN- mg/l			0-0.02	

I.5 Pollution de l'eau

La pollution des eaux est définie comme toute modification physique ou chimique de la qualité des eaux, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités. [15]

L'eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement modifiée par l'action de l'homme. [15]

I.5.1 Origines des pollutions des eaux

La pollution des eaux provient essentiellement des activités domestiques et industrielles ainsi que des précipitations, elle perturbe les conditions de vie de la flore et la faune aquatiques, elle compromet également l'utilisation de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique.

On distingue quatre grandes catégories d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux pluviales, les eaux industrielles et les eaux agricoles [15]

I.5.1.1 Eaux domestiques

Dans les eaux domestiques on distingue les eaux ménagères et les eaux vannes.[15]

I.5.1.2 Eaux ménagères

Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Les eaux des cuisines contiennent des matières insolubles (terre, débris divers), des matières extraites des aliments (organiques ou minérales) ainsi que les graisses provenant de la cuisson, par exemple : les eaux des salles de bains, les eaux des machines à lessiver qui renferment des savons et des détergents et des eaux de lavages des locaux qui sont riches en particules solides (terre, sable,...etc.) et surtout en détergents et désinfectants (eaux de javel, produit de base de chlore ou d'ammoniaque,...).[15]

I.5.1.3 Eaux des vannes

Il s'agit des rejets de toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et des germes fécaux.[15]

I.5.1.4 Eaux pluviales

Elles peuvent constituer la cause de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumée industrielles), puis en ruissellent, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles des vidanges, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...).[15]

I.5.1.5 Eaux industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre en plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micros polluants organiques des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un pré traitement de la part des industries avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, elles sont mêlées aux eaux domestiques que l'or qu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution.[15]

I.5.1.6 Eaux agricoles

Sont particulièrement chargées en nitrates et phosphates qui provoquent l'eutrophisation des cours d'eau entraînant la prolifération des algues qui, lors de leur putréfaction, consomment l'oxygène dissous dans l'eau ce qui va perturber l'autoépuration.[15]

I.5.2 Méthodes utilisées pour évaluer la pollution

I.5.2.1 Principaux types de pollution

La composition des eaux usées est en fonction de nombreux paramètres :

- Propriété physico-chimique de l'eau potable distribuée ;
- Mode de vie des usagers ;
- Importance et le type des rejets industriels. [15]

D'une manière générale la pollution des eaux se manifeste sous les formes principales suivantes :

- **Pollution organique**

La pollution organique constitue la partie la plus importante, et comprend essentiellement des composés biodégradables. Ces composés sont de diverses origines. [15]

a. D'origine urbaine

Les protides (les protéines) : qui représentent tous les organismes vivants qui sont de nature protéique telle que les animaux, les bactéries et même les virus. Ces protéines subissent une décomposition chimique au contact de l'eau (hydrolyse) en donnant des acides aminés.[15]

Les lipides (corps gras) : ce sont des éléments rejetés généralement par les eaux domestiques telles que les graisses animales, et les huiles végétales. Leurs décompositions en milieu aérobie se traduit par une libération du CO₂, et en anaérobiose, il y a formation de CO₂ et CH₄.

Les glucides : à l'état simple, il s'agit des sucres alimentaires, le glucose, à l'état complet donnant les polysaccharides. .[15]

b. D'origine industrielle

Ce sont les produits organiques toxiques tels que les phénols, les aldéhydes, les composés azotés, les pesticides, les hydrocarbures et les détergents [15]

- **Pollution minérale**

Il s'agit principalement d'effluents industriels contenant des substances minérales tel que : les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques, le chrome, le cuivre et le chlore. Ces substances suscitées :

- Peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'individu.
- Perturbent l'activité bactérienne en station d'épuration.
- Affectent sérieusement les cultures. [15]

- **Pollution microbienne**

Les bactéries, virus et autres agents pathogènes vivant dans les eaux souterraines composent ce que l'on appelle la pollution microbiologique. Elle vient généralement de décharges, d'épandages d'eaux usées, de l'élevage, de fosses septiques, de fuites de canalisations et d'égouts, d'infiltration d'eaux superficielles, de matières fermentées ou du rejet d'eaux superficielle. Ces microorganismes nocifs peuvent générer des maladies graves dans les cas de contact ou d'ingestion de l'eau qui en est porteuse. [15]

- **Pollution par les métaux lourds**

Parmi les métaux lourds dangereux pour la santé, il faut citer le plomb, le mercure, le cadmium, l'arsenic, le cuivre, le zinc et le chrome. Ces métaux se trouvent à l'état naturel dans le sol, sous forme de traces qui posent peu de problèmes. Cependant, quand ils sont concentrés dans des aires particulières, ils posent un grave danger. L'arsenic et le cadmium, par exemple, peuvent causer le cancer. Le mercure peut provoquer des mutations et des dégâts génétiques, tandis que le cuivre, le plomb et le mercure peuvent causer des lésions aux os. [15]

I.1.6 Traitement de l'eau.

I.1.6.1 Etapes du traitement

- **Prétraitement**

Avant de procéder au traitement proprement dit, l'eau va subir différents prétraitements (physiques, chimiques ou mécaniques). Il s'agit, par exemple, de :

- Retenir à l'aide de grilles des déchets solides plus ou moins volumineux tels que des pierres, branches, feuilles, etc.
- Ajouter des produits chimiques pour prévenir ou limiter la croissance d'algues ;
- Effectuer une sédimentation de matériaux légers tels que sable, gravier, ... [16].

- **Floculation et coagulation**

Pour faire débarrasser des matières légères en suspension telles que les microorganismes, on procède à un traitement chimique.

On ajoute des produits chimiques comme l'alun ou le chlorure de fer puis on procède à une agitation rapide de l'eau dans un grand bassin. Les particules légères coagulent en plus grosses particules appelées floc. Lors de la coagulation, une partie du floc va se déposer. Puis, assez lentement, ce processus va se poursuivre : c'est la floculation. [16].

- **Clarification**

En laissant couler l'eau lentement dans de grands bassins, un résidu de boues et d'eau s'accumule au fond. Ce résidu est ensuite recueilli et éventuellement stocké. Ce processus est également appelé décantation. [16].

- **Adoucissement**

Une eau dure (c'est à dire assez riche en calcium, en magnésium, ...) peut à la longue causer des problèmes aux canalisations (dépôt calcaire)ou, encore, diminuer l'efficacité des savons et détergents. Par contre, les canalisations peuvent être corrodées par une eau trop douce. L'établissement d'un juste équilibre entre ces deux excès est le but de cette étape. [16].

- **Filtration**

Arrivée à ce stade, l'eau peut paraître trouble (on parle de turbidité) à cause de la présence de matières encore en suspension (algues, micro-organismes, fer, substances utilisées dans les processus précédents, ...). L'eau est alors filtrée par passage à travers des couches de matériaux divers (sable, gravier, charbon, ...). [16].

- **Désinfection**

Il est communément admis que le fluor protège l'émail des dents. Son apport alimentaire étant insuffisant, on y supplée en l'ajoutant dans l'eau de distribution. En ajoutant du chlore (efficace et économique) dans l'eau, on détruit les organismes pathogènes. [16].

- **Stockage**

Finalement, l'eau propre à la consommation sera stockée dans le but de satisfaire la demande. [16].

Chapitre II

II. Normes algériennes et OMS de potabilité des eaux

La production et la distribution de l'eau potable sont encadrées par une réglementation stricte qui impose des normes définissant la qualité exigible de l'eau destinée à la consommation humaine. La volonté première est de fournir à l'utilisateur une eau de qualité sanitaire, garantie contre tous les risques, immédiats ou à long terme, réels potentiels ou même simplement supposés. Il s'agit ensuite d'offrir une eau de qualité organoleptique, agréable à boire, claire, inodore et équilibré en sels minéraux.[17]

L'eau « propre à la consommation humaine » doit répondre à environ 70 critères de qualité répartis entre des limites de qualité et des références de qualité. Un critère donné est rempli lorsque la norme respectée pour un paramètre donné.[17]

Enfin, la norme, présentée par un chiffre fixe une limite supérieure à ne pas dépasser, par exemple : (pour le fer : 200 microgrammes maximum par litre) ou une limite inférieure à respecter.[17]

II.1 Normes de l'OMS sur l'eau potable

Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable. [18]

II.1.1. Normes OMS de potabilité des eaux Tableau

5 : Normes OMS de potabilité des eaux [18]

Elément / Substance	Symbole / Formule	Concentration normalement dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg /l
Ammonium	NH ₄ ⁺	<0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3 mg/l dans une eau anaérobie)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	<4 µg/l	0,02 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1mg/l	0,5mg/l
Cadmium	Cd	< 1µg/l	0,003mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2µg/l	Chrome totale : 0,05 mg/l
Cuivre	Cu ⁺²		2mg/l
Cyanure	CN		0,07 mg
Oxygène Dissous	O ₂		Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	< 1,5mg/l (up to 10)	1,5mg/l
Dureté	mg/l CaCO ₃		200ppm

Sulfure d'hydrogène	H ₂ S	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
Plombe	Pb		0,01 mg/l
Manganèse	Mn	< 0,5µg /l	0,4mg/l
Mercure	Hg	< 0,5µg/l	Inorganique: 0,006 mg/l
Molybdène	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg /l
Turbidité			Non mentionnée
PH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
Sélénium	Se	< 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Argent	Ag	5 – 50 µg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg /l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄		500 mg /l
Etain	Sn		Pas de valeur guide: peu toxique
Inorganique			
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 100 mg/l
Uranium	U		0,015 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l

II.1.2. Composées organiques

Tableau 6 : Composées organiques [18]

Groupe	Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS
Alcanes chlorés	Tétrachlorométhane	C Cl ₄	4 µg/l
	Dichlorométhane	CH ₂ Cl ₂	20 µg/l
	1,1-Dichloroéthane	C ₂ H ₄ Cl ₂	Pas de valeur guide
	1,2- Dichloroéthane	Cl CH ₂ CH ₂ Cl	30 µg/l
	1,1,1-Trichloroéthane	CH ₃ C Cl ₃	Pas de valeur guide
	1,1-Dichloroéthane		Pas de valeur guide
	4,2-Dichloroéthane	C ₂ H ₂ Cl ₂ C ₂ H ₂ Cl ₂	50 µg/l
Alcènes chlorés	Trichlorométhane	C ₂ H Cl ₃	20 µg/l
	Tétrachlorométhane	C ₂ Cl ₄	40 µG /l
	Benzène	C ₆ H ₆	10 µg/l
	Toluène	C ₇ H ₈	700 µg/l
	Xylène	C ₈ H ₁₀	500 µg/l
Hydrocarbures aromatique	Ethylbenzène	C ₈ H ₁₀	300 µg/l
	Styrène	C ₈ H ₈	20 µg/l
	Hydrocarbures aromatique polynucléaires	C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P ₁₃	Non mentionné
	Monochlorobenzène (MCB)	C ₆ H ₅ Cl	Pas de valeur guide
	1,2-Dichlorobenzène (1,2-DCB)		1000 µg/l
		C ₆ H ₄ Cl ₂	

Benzènes chlorés	Dichlorobenzènes (DCGBs)	$C_6 H_4 Cl_2$	Pas de valeur guide
	1,3-dichlorobenzène (1,3 DCB)		
	1,4- Dichlorobenzène (1,4 DCB)		300 µg/l
	Trichlorobenzène	$C_6 H_4 Cl_2$	
	Adipate de dioctyle		Pas de valeur guide
	Phthalate de Di (2-ethylhexyle)	$C_6 H_3 Cl_3$	8 µg/l
Constituants organique micellaire	Acrylamide	$C_{22} H_{42} O_4$	0,5 µg/l
	Epchlohydrine	$C_{24} H_{38} O_4$	0,4 µg/l
		$C_3 H_5 N O$	
		$C_3 H_5 Cl O$	
	Hexachlorobutadiène	$C_4 Cl_6$	0,6 µg/l
	Acide éthylénnediaminetétracétique (EDTA)	$C_{10} H_{12} O_8$	600 µg/l
Nitriloacétate (NTA)	N	200 µg/l	
Dialkylétains	$(CH_2COOH)_3$	Pas de valeur guide	
Organoétains	$R_2Sn X_2$		
Oxyde de tributylétains (TBTO)	$C_{24}H_{54}O Sn_2$	Pas de valeur guide	

II.1.3. Pesticides

Tableau 7 : Pesticides [18]

Pesticides	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS
Alachlore	$C_{14}H_{20}Cl N O_2$	20µg/l
Aldicarbe	$C_7H_{14}N_2O_4S$	10µg /l
Aldrine and dièldrine	$C_{12} H_8 Cl_6 / C_{12}H_8Cl_6O$	0,03µg/l
Atrazine	$C_8H_{14}Cl N_5$	2µg/l
Bentazone	$C_{10}H_{12}N_2O_3S$	Pas de valeur guide
Carbofuran	$C_{12}H_{15}NO_3$	7µg/l
Chlordane	$C_{10} H_6 Cl_8$	0,2µg/l
Chlorotoluron	$C_{10} H_{13} Cl N_2 O$	30µg/l
DDT	$C_{14} H_9 Cl_5$	1 µg/l
1,2-Dibromo-3chloropropane	$C_3 H_5 Br_2 Cl$	1 µg/l
Acide 2,4-	$C_8 H_6 Cl_2 O_3$	30 µg/l

dichlorophenoxyacétique (2,4-D)		
1,2-Dichloropropane	$C_3 H_6 Cl_2$	40 $\mu g/l$
1,3-Dichloropropane	$C_3 H_6 Cl_2$	Pas de valeur guide
1,3-Dichloropropène	$CH_3CHClCH_2 Cl$	20 $\mu g/l$
Dibromure d'éthylène (EDB)	$Br CH_2 CH_2 Br$	Non mentionné
Heptachlore and epoxide d'heptachlore	$C_{10} H_5 Cl_7$	
Hexachlorobenzène (HCB)	$C_{10} H_5 Cl_7 O$	9 $\mu g/l$
Isoproturon	$C_6 H_{18} N_2 O$	2 $\mu g/l$
Lindane	$C_6 H_6 Cl_6$	2 $\mu g/l$
MCPA	$C_9 H_9 Cl O_3$	2 $\mu g/l$
Methoxychlore	$(C_6H_4OCH_3)_2CHCCl_3$	20 $\mu g/l$
Metachlor	$C_{15} H_{22} Cl N O_2$	10 $\mu g/l$
Molinate	$C_9 H_{17} O_4 S$	6 $\mu g/l$
Pendimethaline	$C_{13} H_{19} O_4 N_3$	20 $\mu g/l$
Pentachlorophenol (PCP)	$C_6 H Cl_5 O$	9 $\mu g/l$
Perméthrine	$C_{21} H_{20} Cl_2 O_3$	300 $\mu g/l$
Propanil	$C_9 H_9 Cl_2 N O$	Pas de valeur guidr
Pyridate	$C_{19} H_{23} Cl N_2 O_2 S$	Pas de valeur guide
Simazine	$C_7 H_{12} Cl N_5$	2 $\mu g/l$
Trifuraline	$C_{13} H_{18} F_3 N_3 O_4$	20 $\mu g/l$
2,4-DB	$C_{10} H_{10} Cl_2 O_3$	90 $\mu g/l$
Dichlorprop	$C_9 H_8 Cl_2 O_3$	100 $\mu g/l$
Fenoprop	$C_9 H-Cl_2 O_3$	9 $\mu g/l$
Chlorophenoxy herbicides (excluding 2,4-D and MCPA)	$C_{11} H_{13} Cl O_3$	Pas de valeur guide
MCPB	$C_{10} H_{11} Cl O_3$	10 $\mu g/l$
Mecroprop	$C_8 H_5 Cl_3 O_3$	9 $\mu g/l$
2,4,5-T		

II.1.4. Désinfectantes désinfectant par produit

Tableau 8 : Désinfectantes désinfectant par produit [18]

Groupe	Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS
Désinfectants	Chloramine	$\text{NH Cl}^{(3-n)}$ Where $n=0$ 1 or 2	Non mentionné
	Dichlore	Cl_2	5 mg/l
	Dioxyde de chlore	ClO_2	Pas de valeur guide
	Diode	I_2	Pas de valeur guide
	Bromate	Br O_3^-	Pas de valeur guide
	Chlorate	Cl O_3^-	10 $\mu\text{g/l}$
	Chlorite	Cl O_2^-	70 $\mu\text{g/l}$
	2-chlorophenol (2-CP)	$\text{C}_6 \text{H}_5 \text{Cl O}$	
	2,4-dichlorophenol (2,4-DCP)	$\text{C}_6 \text{H}_4 \text{Cl}_2 \text{O}$	70 $\mu\text{g/l}$
	Chlorophenols		
	2,4,6-trichlorophenol (2,4,6-TCP)	$\text{C}_6 \text{H}_3 \text{Cl}_3 \text{O}$	200 $\mu\text{g/l}$
	Formaldéhyde MX (3-Chloro-4-dichlorométhyl-5-hydroxyd-2(5H)-furanone)	HCHO	Pas de valeur guide
	Bromoforme	$\text{C}_5 \text{H}_3 \text{Cl}_3 \text{O}_3$	100 μg
	Dibromochlorométhane		100 $\mu\text{g/l}$
Trihalométhanes			
Bromodichlorométhane	C H Br_3 $\text{CH Br}_2 \text{Cl}$ CH Br Cl_2	60 $\mu\text{g/l}$	
Désinfectant par produits	Acides acétique chlorés		
	Chloroforme	CH Cl_3	300 $\mu\text{g/l}$
	Acide Monochloroacétique	$\text{C}_2 \text{H}_3 \text{Cl O}_2$	Pas de valeur guide
	Acide Dichloroacétique	$\text{C}_2 \text{H}_2 \text{Cl}_2 \text{O}_2$	50 $\mu\text{g/l}$
	Acide Trichloroacétique		20 $\mu\text{g/l}$
	Hydrate de chloral (trichloroacétaldéhyde)	$\text{C}_2 \text{H Cl}_3 \text{O}_2$	Pas de valeur guide
	Chloroacétones	$\text{C Cl}_3 \text{CH}$	Pas de valeur

	Dichloroacétonitrile	(OH) ₂	guide 20 µg/l
	Dibromoacétonitrile		70 µg/l
	Halogénésacétonitriles	C ₃ H ₅ O Cl	
	Bromochloroacétonitrile		Pas de contraintes
	Trichloroacétonitrile	C ₂ H Cl ₂ N	Pas de valeur guide
	Chlorure de cyanogène	C ₂ H Br ₂ N	70 µg/l
	Trichloronitroéthane	CH Cl ₂ CN	Pas de valeur guide
		C ₂ Cl ₃ N	
		Cl CN	
		C Cl ₃ NO ₂	

II.2. Normes algériennes de potabilité des eaux:

II.2.1. Facteurs organoleptiques

Tableau 9 : Facteurs organoleptiques [19]

Paramètres	Unité	niveau	Concentration	Observations
		Guide	max. admissible	
Odeur	Seuil de perception à 25°C	00	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune odeur ne doit être perçue
Saveur	Seuil de perception à 25°C	00	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune saveur ne doit être perçue
Couleur	mg/l' échelle PT/Co	00	25	/
Turbidité	NTU	-	5	/
	Néphelométrique			
	Turbidité Unité			

II.2.2. Paramètres bactériologiques

Tableau 10 : Paramètres bactériologiques [19]

Paramètres	Unité	Niveau 0		Concentration max. admissible	Observations
			Guide		
1- Eau traitée à l'entrée du réseau					
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0		Turbidité (1NTU), pour la désinfection au chlore, il est préférable que le pH=6,8
Coliformes	Nbre/100ml	-	0		Chlore libre résiduel 2,2 à 0,5mg/l après 30Mn (minimum) de contact
2- Eau de boisson en bouteille					
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0		La source doit être exempte de contaminant fécal
Coliformes	Nbre/100ml	-	0		
3- Eau potable de source					
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0		Avertir la population de javelliser ou faire bouillir l'eau au cas où l'on n'arrive pas à respecter les valeurs indicatives
Coliformes	Nbre/100ml	-	0		

Germes totaux	Nbre/ lml	10	-	Pour une eau traitée le
			37°C /48h	
				dénombrement des «germes
22°C/72h	Nbre/ lml	100	-	totaux effectué à l'extrémité
				réseau de distribution ne doit
				pas excéder le taux obtenu en
				début de réseau dans 90% des
				échantillons analysés au cours
				de l'année
Streptocoques			-	0
Streptocoques fécaux	Nbre/100ml			0
Clostridium sulfite réducteurs	Nbre/20ml	-		0

II.2.3. Facteurs physico- chimiques

Tableau 11 : Facteurs physico- chimiques [19]

Paramètres	Unité	Niveau	Concentration	Observations
pH		Guide	max. admissible	
		6,5 à 8,5		
Conductivité	µ S / cm à	-	2280	
	20°C			
Résidu sec	mg/l après séchage à 105°		2000	En correspondance avec la normalisation des eaux
Dureté totale	mg/l CaCO ₃	100	500	
Calcium	mg/l	75	200	

Magnésium	//	-	150	
Sodium	/	-	200	
Potassium	//	-	10	
Sulfates	//	200	400	
Chlorures	//	200	500	
Nitrates	//	-	50	
	//			
Nitrites		-	0,1	
Ammonium	//	0,05	0,5	
Phosphates	//	-	0,5	
Oxydabilité (KMnO ₄)	//		3	Mesure faite à chaud et en milieu acide
O ₂ dissous	//	5	8	
Aluminium	//	-	0,2	

II.2.5. Facteur indésirables ou toxique

Tableau 12 : Facteur indésirables ou toxique [19]

Paramètres	Unité	Niveau	Concentration	observations
		Guide	max. admissible	
Argent	m g / l	-	0,05	
Arsenic	//	-	0,05	
Baryum	//	-	1	
Cadmium	//	-	0,01	
Cyanures	//	-	0,05	
Chrome	//	-	0,05	
Cuivre	//	0,05	1,5	
Fer	//	-	0,3	
Fluor	//	0,3	2	
Manganèse	//	-	0,5	

Mercure	//	-	0,001	
Plomb	//	-	0,05	
Hydrogène Sulfuré	//		0,02	Non décelable organologiquement
Sélénium	//	-	0,01	
Zinc	//	-	5	
Pesticides et Produit apparentés Au Total par substance individualisée		-	0,5	des insecticides
			0,1	- organochlorés persistants
				organophosphorés
				- carbonates herbicides
				fongicides
				PCBE PCI
Détergent ABS Phénols	µg /1	-	0,2	Chloration
	Mg/1		2	S'il ya chloration à l'exclusion des phénols naturels qui ne réagissent pas au chlore
Hydrocarbures Dissous	µg /1	-	10	

Chapitre III

III. Modélisation de la qualité de l'eau :

Un modèle de qualité de l'eau des rivières est une formulation mathématique des processus biologiques et physico-chimiques (diffusion, dispersion, advection, sédimentation, ...) ainsi que du transport dans les rivières. Actuellement, les modèles de qualité de l'eau les plus communément utilisés à l'échelle des bassins versants et concernant les pollutions diffuses sont récapitulés dans le tableau suivant : [3]

Tableau 13 : Modèles de qualité de l'eau

Modèle	Commentaires
QUAL2E	Basé sur la Demande Biologique en Oxygène et sans bilan de masse. Le plus couramment employé en modélisation de la qualité de l'eau pour la majorité des Polluants conventionnels
MIKE 21	Mike 21 est le logiciel de modélisation 2D. Ce logiciel très complet, permet de réaliser des simulations hydrauliques en régime permanent ainsi qu'en régime transitoire.
CEQEAU	Développé par l'INRS-ETE, Québec, il simule les débits et cinq paramètres de qualité de l'eau en rivière au pas de temps 1, 2, 4, 6, 8,12 heures ou journalier. Simule les sédiments, pas les nutriments.
DUFLOW	Simulation à une dimension des écoulements instables et de la qualité de l'eau dans les écoulements à ciel Ouvert
RIVER2D	Ce logiciel a été initialement conçu pour étudier l'évolution des niches à poisson dans les cours d'eau, mais il peut également être utilisé pour faire des simulations hydrauliques des écoulements dans les rivières.

- on a pris le premier exemple dans le tableau (QUAL2K) comme un modèle de modélisation d'une qualité de l'eau

III.1. Modélisation de la qualité de l'eau par QUAL2K

I.1.2. Développement du modèle QUAL2K

Les variables d'état des composants polluants dans les modèles précédents étaient principalement la DBO et l'OD, mais lorsque le polluant pénètre dans l'eau, il provoque non seulement les changements de la DBO et de l'OD dans l'eau, mais aussi d'autres changements dans la qualité de l'eau, tels que température de l'eau, algues et azote ammoniacal. Par conséquent, un nouveau modèle complet de qualité de l'eau est nécessaire pour décrire la qualité de l'eau de manière exhaustive. [4]

QUAL2K a été développé par Steve Chapra, Greg Pelletier et Hua Tao dans le cadre de l'Agence de protection de l'environnement et de l'Université Tufts, C'est un modèle de qualité de l'eau des cours d'eau. Il est unidimensionnel et statique, pour des canaux bien mélangés (latéralement verticalement) (QUAL2K Documentation et utilisation Manuel).[20].

Le modèle suppose une section trapézoïdale du canal en cours de modélisation. Il est généralement utilisé pour évaluer l'impact environnemental des décharges multiples de pollution le long des rivières. Les polluants peuvent provenir de sources ponctuelles telles que les eaux usées industrielles, les égouts municipaux et les eaux pluviales. Les polluants peuvent également provenir de sources non ponctuelles telles que le ruissellement issu des milieux agricoles et urbains, et l'activité commerciale, comme la foresterie, l'exploitation minière et la construction. [20]

Ce modèle est écrit en MS Windows Visual Basic et Microsoft Excel est utilisé comme interface utilisateur graphique. Toutes les entrées et sorties sont organisées en une série d'onglets de feuille de calcul. Onglets de couleurs différentes sont en corrélation avec les différentes entrées et sorties. Tous les calculs numériques sont mis en Fortran 90 afin de diminuer le temps de calcul. [20]

III.2.2 Caractéristiques, modèles mathématiques et facteurs de simulation du modèle QUAL2K

Modèle Qual2K en tant que modèle complet de la qualité de l'eau, son équation de base est constituée d'équations unidimensionnelles de transport et de réaction de matériaux d'advection-dispersion, qui prennent en compte les réponses des composants de la qualité de l'eau tels que la dispersion par advection d'eau, la dilution et l'importation ou le changement de source externe. Il a les réglages suivants : (1) Unidimensionnel, l'eau dans le canal est complètement mélangée verticalement et horizontalement. (2) Le débit d'eau de la rivière est stable. (3) Les facteurs externes, tels que le bilan thermique, la température, l'humidité, l'énergie éolienne et l'humidité, sont tous mesurés en jours, et les équations météorologiques internes sont simulées sur l'axe du temps quotidien. (4) Entrée et sortie quotidiennes de la source ponctuelle et les sources non ponctuelles doivent toutes être simulées. [4]

Et les nouvelles fonctions du modèle QUAL2K sont les suivantes : (1) Spéciation de la DBO carbonée. Q2K utilise deux formes de DBO carbonée pour représenter le carbone organique. Ces formes sont une forme à oxydation lente (CBOD lent) et une forme à oxydation rapide (CBOD rapide).(2) La relation entre les algues, les nutriments et la lumière a été corrigée et ajoutée à la simulation de nouveaux facteurs, comme la DBO des algues, anti-nitrification et divers agents pathogènes. (3) tél. L'alcalinité et le carbone inorganique total sont simulés. Le pH de la rivière est ensuite calculé en fonction de ces deux quantités. (4) Déversoirs et cascades. L'hydraulique des déversoirs ainsi que l'effet des déversoirs et des chutes d'eau sur le transfert de gaz est explicitement inclus. [4]

III.2.3 Bases de calcul hydraulique du modèle QUAL2K

Selon le modèle QUAL2K l'écoulement est en régime permanent, le débit est calculé par l'équation suivante : [20]

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{out,i} \quad (1)$$

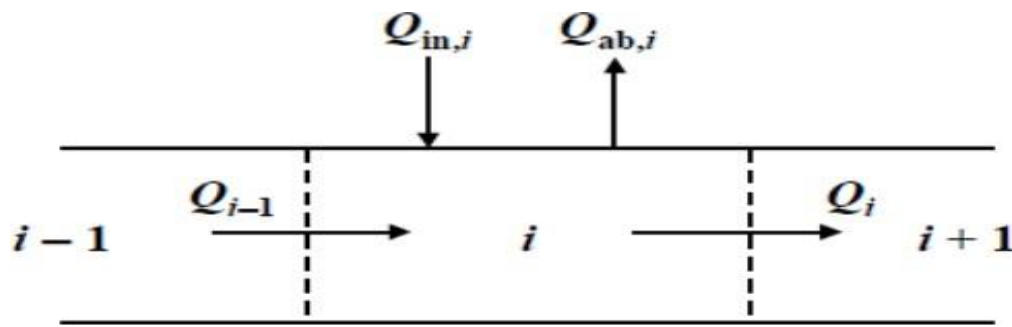


Figure (1) : Débits entrants et sortants dans un canal en régime permanent

Où :

Q_i ; $Q_{ab,i}$ = les débits de sortie de l'élément i ($m^3 s^{-1}$)

Q_{i-1} ; $Q_{in,i}$ = les débits entrant dans l'élément i ($m^3 s^{-1}$) [20]

QUAL2K utilise la formule de Manning pour calculer la vitesse et la profondeur de l'écoulement, chaque tronçon est idéalisé comme un canal trapézoïdal, dans des conditions de débit constant, l'équation de Manning peut être utilisée pour exprimer la relation entre le débit et la profondeur : [20]

$$Q = \frac{S_0^{1/2}}{n} \frac{A_c^{5/3}}{P^{2/3}}$$

Où :

Q : débit [m^3/s]

S_0 : pente de fond [m/m]

n : coefficient de rugosité Manning, Les valeurs pour les canaux artificiel de 0,012 à 0,03 et pour les canaux naturels de 0,025 à 0,2

A_c : la surface en coupe transversale [m^2],

P : périmètre mouillé de la section transversale (m) [20]

III.3. Guide d'application du modèle QUAL2K

QUAL2K divise d'abord le canal simulé en une série de segments de débit constants non uniformes, puis divise chaque segment en plusieurs unités de calcul de longueur égale. L'unité est la plus petite unité de calcul dans QUAL2K, et chaque unité est un réacteur hybride idéal.

Pour décrire les caractéristiques de distribution spatiale des rivières, QUAL2K définit l'unité comme les huit types suivants. La classification de l'unité modèle est indiquée dans le tableau suivant [4]

Tableau 14 : Classification des unités modèles [4]

Non.	Type d'unité	définition	Montant maximal autorisé
1	Unité source (H)	La source du cours d'eau principal et de ses affluents	dix
2	Unité de jonction (J)	Une unité d'importation tribulaire	9
3	Unité amont de jonction (U)	La dernière unité d'une unité de jonction dans le courant principal	20
4	Unité finale du système (L)	La dernière cellule dans le système de simulation	1
5	Unité d'admission (P)	Une unité contenant de l'eau	50
6	Sortie de décharge unité (W)	Les unités contenant le ^{admission} émissions	50
7	Bâtiment hydraulique unité (D)	Une unité contenant un ouvrage hydraulique	50
8	Unité standard (S)	Toutes les unités sauf les 7 ci-dessus sont définis comme des unités standard	Chaque rivière ne doit pas dépasser 20, et l'ensemble du processus ne doit pas dépasser 500.

III.4 Segmentation dans QUAL2K

Le modèle représente une rivière comme une série de tronçons. Comme le montre la figure (2), Les tronçons sont numérotés dans l'ordre croissant à partir de l'amont de la tige principale de la rivière. Notez que les deux sources ponctuelles et non ponctuelles de retraits (abstractions) peuvent être placées n'importe où sur la longueur de la chaîne. [20]

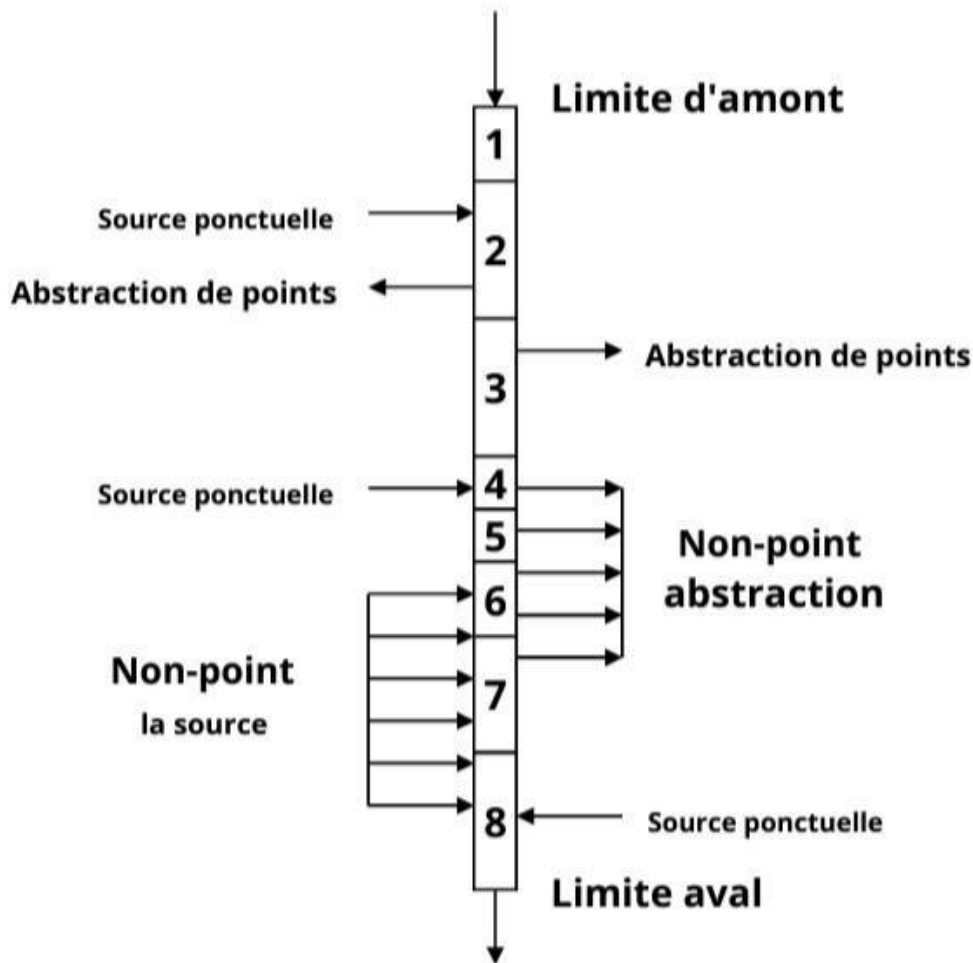


Figure (2) : Schéma de segmentation QUAL2K pour une rivière sans affluents

Pour les systèmes avec des affluents (Figure 3), les tronçons sont numérotés dans l'ordre Croissant à partir de la portée 1 au cours supérieur de la tige principale.

Quand la jonction avec un Affluent est atteinte, la numérotation se poursuit à l'amont de cet affluent. Les sources et les affluents sont également numérotés consécutivement après un Régime similaire à séquencer le cours. [20]

Notez également que les principales branches du Système (c'est-à-la tige principale et chacune des affluents) sont considérés comme des segments. Cette distinction a une importance pratique parce que le logiciel fournit des parcelles de sortie du modèle sur une base sectorielle. Autrement dit, le logiciel génère des parcelles individuelles de la tige principale, ainsi que chacun des affluents. [20]

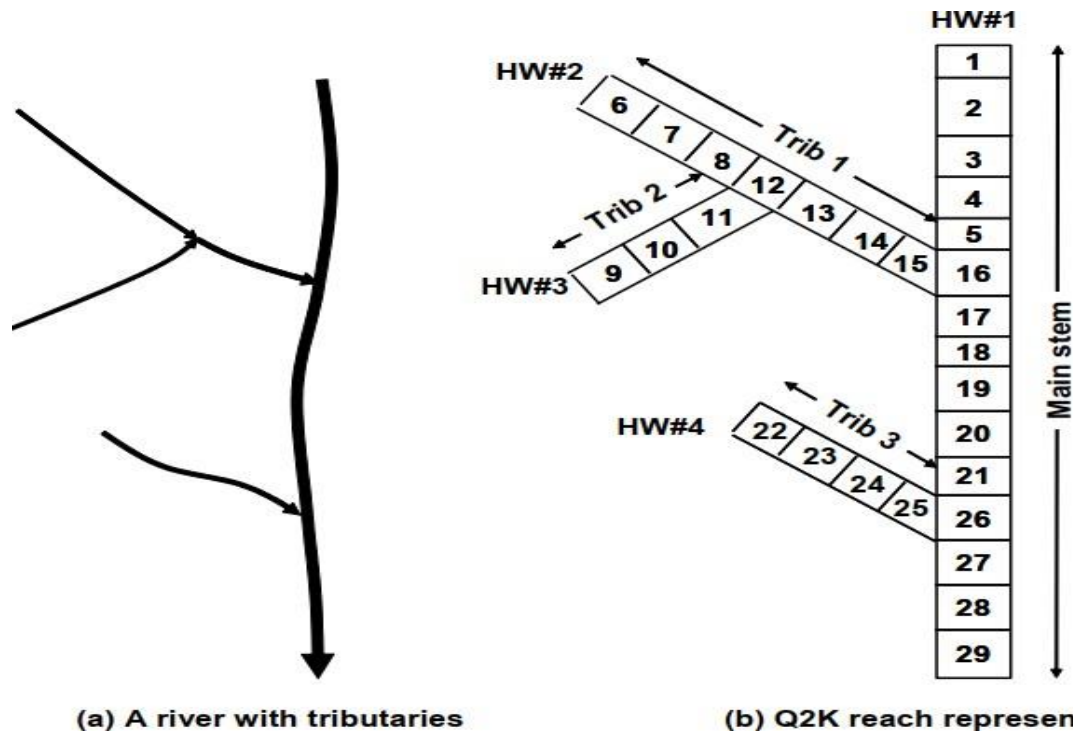


Figure (3) : Schéma de segmentation QUAL2K pour une rivière avec ses affluents
 (a) Rivière avec affluents (b) représentation de la rivière avec QUAL2K

Enfin, un modèle **REACH** peut être divisé en une série d'éléments équidistants. Comme dans la figure(4), cela se fait simplement en spécifiant le nombre d'éléments que l'on souhaite. [20]

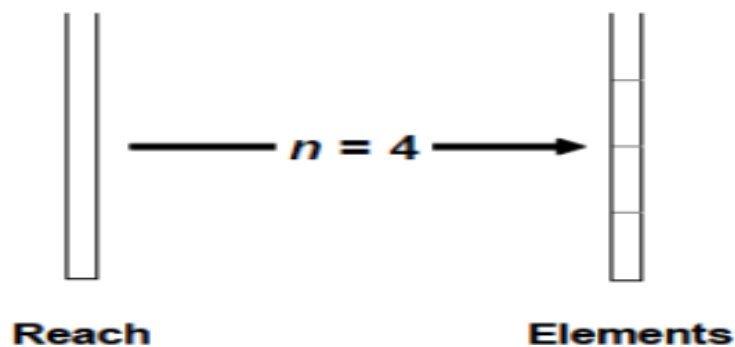


Figure (4) : Modèle REACH

- ✓ **Reach** : Une longueur de rivière avec des caractéristiques hydrauliques constantes
- ✓ **Élément** : Unité de calcul fondamental du modèle qui consiste à subdiviser la longueur en segments égaux.

✓ **Segment** : Une collection de tronçons représentant une branche du système. Il s'agit de la tige principale ainsi que chaque affluent

✓ **Head water** : La limite supérieure d'un segment du modèle. [20]

I.2.4 Bases théoriques de la simulation de a qualité par QUAL2K

Le modèle QUAL2K utilise une équation d'équilibre général pour les concentrations des constituants c'est l'équation de convection-diffusion : [20]

$$\frac{dc_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_i} c_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i} c_i - \frac{Q_{out,i}}{V_i} c_i + \frac{E'_{i-1}}{V_i} (c_{i-1} - c_i) + \frac{E'_i}{V_i} (c_{i+1} - c_i) + \frac{W_i}{V_i} + S_i \quad (3)$$

Ou:

C_i: La concentration variable de l'élément i (g/m³) ;

t : le temps en jours ;

Q_i : Le débit de sortie de l'élément i (m³ /s) ;

V_i : la vitesse (m/s) ;

E_i : le coefficient de dispersion ;

W_i : la charge externe du constituant de l'élément i, (g / j) ou (mg / j) ;

S_i : sources de la constituante en raison des réactions et des mécanismes de transfert de masse, (g/m³ /j) [20]

QUAL2K applique la formule suivante pour déterminer la dispersion longitudinale entre deux tronçons :

$$E_{p,i} = 0.011 \frac{U_i^2 B_i^2}{H_i^2 U_i^*} \quad (4)$$

$$U_i = \sqrt{g H_i S_i} \quad (5)$$

Où :

E_{p,i}: la dispersion longitudinale entre tronçons i et i + 1 [m² / s],

U_i: la vitesse [m / s],

B_i : la largeur [m],

H_i : la profondeur moyenne [m], et

U_i^{*} : vitesse de cisaillement [m / s],

g : l'accélération due à la gravité [m/s² = 9,81] ;

S : est la pente longitudinale du canal.

La méthode d'intégration choisie pour le calcul c'est la méthode d'Euler ; C'est une méthode simple de résolution d'une équation différentielle ordinaire (EDO) de premier degré. Comme son nom l'indique, elle est due au mathématicien Euler La forme mathématique de l'équation est

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y) \quad [20]$$

A partir de la connaissance de la valeur de $y = y_0$ pour une valeur de $x = x_0$, on peut calculer la valeur de $\frac{dy}{dx}$ en ce point, soit $\left(\frac{dy}{dx}\right)_0$ [20]

$$y_0 + dy = y_0 + \left(\frac{dy}{dx}\right)_0 \quad (6)$$

Conclusion

Notre travail bibliographique nous a permis de mieux comprendre la qualité de l'eau :

- ✓ Qualité organoleptique (odeur, couleur, gout et saveur)
- ✓ Qualité physico-chimique (température, pH, conductivité électrique, turbidité, TA, TAC, TH,....etc)
- ✓ Paramètres Microbiologique (L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus ce qui consiste à la recherche des Coliformes, Germe totaux, Streptocoques fécaux...)

Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

Un modèle de qualité de l'eau est une formulation mathématique des processus biologiques et physico-chimiques. Il y a beaucoup de modèles disponibles, mais la plus approprié est celui qui répond aux objectifs de la recherche

On a pris (QUAL2K) comme un modèle de modélisation d'une qualité de l'eau qui joué un rôle de plus en plus important dans la planification de la protection de l'environnement aquatique.

Il serait préférable de compléter cette synthèse bibliographique par des travaux pratiques pour mieux comprendre les caractéristiques d'application du logiciel, les avantages et les inconvénients et les perspectives d'applications futures, dans le but de fournir une référence pour promouvoir la vulgarisation et l'application du modèle QUAL2K.

***Références
bibliographiques***

1. **Fatima ezzahrae imken tii 2015 / 2016** projet de fin d'étude: les étapes de traitement des eaux et contrôles de qualités. Univercité de telemcen
2. **Introduction sur l'eau potable:** <https://www.étudier.com>
Introduction: i-afrique.e-monsite.com
3. **KHENNANE FATIMA ZOHRA. 2015** . Modélisation de la qualité des eaux du cours d'eau de mouillah par weap. Mémoire de magister. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf 23 p 23. 94
4. **Yang, L., & Yu, X. (2018, November)**. A review of development and application on River comprehensive water quality model QUAL2K. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 189, No. 2, p. 022034). IOP Publishing
5. **Hamed, M., Guettache, A., & Bouamer, L. (2012)**. Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF-TORBA Bechar. Mémoire de Master. Université de Bechar .p 3.8.16
6. **MERIEEM, G. W. R. (2020)**. *Caractéristiques physico-chimiques de l'eau potable de la région de M'sila (Dréat, Souamaa, Newara)* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).p 4
7. **ILLAL, A., & CHERFAOUI, S. (2018)**. *Contribution a l'évaluation de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau de consommation de la ville de Bouira* (Doctoral dissertation, Université de Bouira . p11.14
8. **SARI. H.(2014):** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source (Attar) (Tlemcen). Mémoire de Master en Sciences des aliments. Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen . p11.13
9. **Djihad, HadeF., & Malika, HASNI. (2017)**. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W. Ain Defla.p5.7.8
10. **JOEL . G . (2003)**.La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris, Novembre.
11. **LEBBIHI, R., & DERKI, H. (2018)**. Etude de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux potables dans la région d'El-OUED. MEMOIRE de Master Académique en science biologiques. p15
12. **BELDJILALI,F,ARAB.A.** Etude comparative des paramètres physico-chimiques et bactériologique des eaux de barrage Kramis et des eaux de source naturelle Ain sidi abd elkader. Mémoire de Master en S N V. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem . p 21.22
13. **LEYRAL. G, RONNEFOY. C, GUILLET. F, (2002)** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 245p
14. **JOHN . P, DANALD . A . (2010)** Microbiologie, 3éme édition.

15. **Malaoui, S., & Agoudjil, N. E. (2015).** Etude de la Qualité des eaux de surface et des eaux traitées Cas des barrages de Koudiat Medaouar & de Ain Zada. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en hydraulique. Université Larbi Ben M'hidi – OUM EL – BOUAGHI. p 11.12.13.14.
16. **KOUIDRI NEE BELALA. Z.(2006).** Etude et traitement de leau du barrage djorf-eltorba de la wilaya de Béchar par filtration sur sables. Mémoire de magister .p27.28
17. [<https://www.cieau.com/leau-et-votre-sante/qualite-de-leau/quelles-normes-de-qualite-pour-leau-potable>]
18. **Normes de l'OMS sur l'eau potable**
[<https://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm>]
19. **Normes algériennes de potabilité des eaux:** [[journalofficielalgérien](#)]
20. **Chapra, S.C., Pelletier, G.J. and Tao, H. 2007.** QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.07: Documentation and Users Manual. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA.,
Steven.Chapra@tufts.edu

La question de l'eau est l'une des questions les plus stratégiques de notre temps et les plus difficiles parce qu'elle est associée à la vie et qu'elle n'est pas le produit de l'homme. La qualité des ressources en eau est en continuelle dégradation. Cette situation est due au développement socio-économique que connaissent les différents pays. Pour faire face à cette situation et en vue de préserver les ressources en eau, des stratégies de protection et de gestion de la qualité des ressources en eau doivent être élaborées. Il y a beaucoup de modèles disponibles, mais le plus approprié est celui qui répond aux objectifs de la recherche.

L'objectif de ce document est de représenter une recherche bibliographique sur la modélisation de la qualité de l'eau potable à l'aide du modèle QUAL2K pour évaluer l'impact environnemental de la pollution de l'eau.

Mots clés : la qualité de l'eau , modélisation , modèle QUAL2K .

ABSTRACT

The question of water is one of the most strategic questions of our time and the most difficult because it is associated with life and because it is not the product of man. Water is in continual degradation. This situation is due to the socio-economic development experienced by the different countries. To face this situation and in order to preserve water resources, strategies for the protection and management of the quality of water resources must be developed. There are many models available, but the most suitable is the one that meets the research objectives. The objectives of this document are to model the quality of drinking water using the QUAL2K model to assess the environmental impact of water pollution.

Keywords: water quality, modeling , QUAL2K

الملخص

تعتبر مسألة المياه من أكثر الاسئلة استراتيجية في عصرنا وأصعبها لأنها مرتبطة بالحياة ولأنها ليست من الانسان . فالماء في تدهور مستمر. ويعود هذا الوضع الى التطور الاجتماعي والاقتصادي الذي تعيشه البلدان المختلفة . لمواجهة هذا الوضع ومن اجل الحفاظ على الموارد المائية يجب تطوير استراتيجيات لحماية وإدارة جودة الموارد المائية . هناك العديد من النماذج المتاحة ولكن الانسب هو الذي يلبي اهداف البحث .

يهدف هذا العمل الى نمذجة جودة المياه باستخدام نموذج QUAL2K لتقييم الاثر البيئي لتلوث المياه.

لقد مكنتنا هذا العمل من متابعة تطور الملوثات المختلفة في القضاء وانتشارها بمرور الوقت

الكلمات الرئيسية: جودة المياه ، النمذجة ، QUAL2K