

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان
Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER ACADEMIQUE**

En : HYDRAULIQUE

Spécialité : OUVRAGES HYDRAULIQUES

Par :

Mlle. Amel BRAHIM

&

Mlle. Farida BOUALI

Sujet

***ETUDE DE QUALITE DES EAUX ET DE PERFORMANCE D'UNE
STATION DE TRAITEMENT : CAS DE LA STATION DU BARRAGE
SEKKAK (W. TLEMCCEN).***

Soutenu publiquement, le : 11 Septembre 2021, devant le jury composé de :

M. M. BOUMEDIENE

Univ. Tlemcen

Président

M^{me}. I. MAROK-GUASMI

Univ Tlemcen

Directrice de mémoire

M. A. CHIBOUB FELLAH

Univ Tlemcen

Examineur

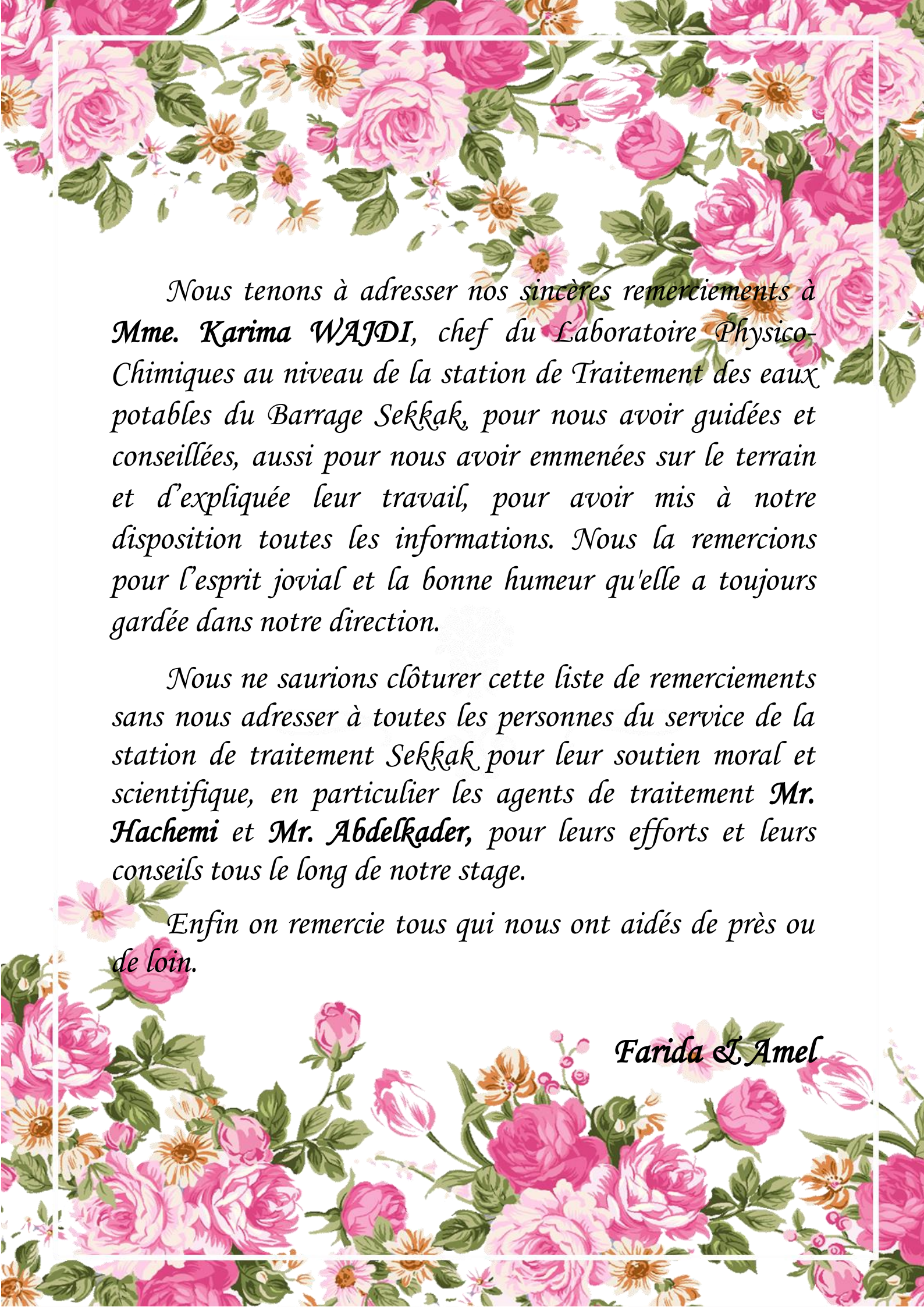


Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier dieu le tout puissant qui nous a donné la force, la volonté et la patience afin d'accomplir ce modeste travail.

*Un grand merci à notre encadreur Mme. **I. MAROK-GUASMI**, pour sa patience, sa disponibilité, ses conseils et ses critiques qui nous ont guidés dans nos réflexions et qui été toujours présente pour répondre à toutes les questions. La construction de ce mémoire n'aurait été possible sans les efforts et les conseils de notre promoteur Mme. **I. MAROK-GUASMI**.*

*Aussi nous tenons à remercier Mr. **Maamar BOUMEDIENE** qui a accepté de présider notre jury de soutenance. Mr. **Abdelghani CHIBOUB-FELLAH** d'avoir examiné notre modeste travail. Ainsi que tous les enseignants de l'université de Tlemcen, faculté de Technologie, département d'Hydraulique, pour leurs efforts et leurs conseils tout au long de ces années.*



Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à Mme. Karima WAJDI, chef du Laboratoire Physico-Chimiques au niveau de la station de Traitement des eaux potables du Barrage Sekkak, pour nous avoir guidées et conseillées, aussi pour nous avoir emmenées sur le terrain et d'expliquée leur travail, pour avoir mis à notre disposition toutes les informations. Nous la remercions pour l'esprit jovial et la bonne humeur qu'elle a toujours gardée dans notre direction.

Nous ne saurions clôturer cette liste de remerciements sans nous adresser à toutes les personnes du service de la station de traitement Sekkak pour leur soutien moral et scientifique, en particulier les agents de traitement Mr. Hachemi et Mr. Abdelkader, pour leurs efforts et leurs conseils tous le long de notre stage.

Enfin on remercie tous qui nous ont aidés de près ou de loin.

Farida & Amel



Dédicace

C'est avec un grand plaisir que je profite de cette occasion pour dédier ce travail à tous ceux que j'aime, et ceux qui m'ont aidée de loin ou de près dans le parcours de mes études :

A

*Mes parents, mes anges, mon monde entier,
Grace à leurs encouragements et leurs grands sacrifices, leurs
amours, ils ont rêvé toujours de me voir terminer mes études et
m'ont guidé sur le chemin difficile de la vie.*

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma
considération et mes sentiments profonds pour eux. Je prie le bon
dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront
toujours fières de moi.*

Mes adorables sœurs : Djazia, Nawel, Lamia, Baya & Dalila.

Mon cher frère : Abdelffetah & sa femme Zakia.

Mes anges Abdelwadoud, Souhaib, Abir et Nada.

*Ma chère binôme « Farida », ma meilleure amie pour son
entente et sa sympathie qui m'a aidé et à toute sa famille.*

A toutes la promotion Ouvrages Hydrauliques 2020/2021.

Amel





Dédicace

Je dédie ce mémoire...

A

*Mes chers parents,
Pour leur encouragement, leur sacrifices, leurs prières et leur soutien tout au long de mon parcours universitaire. Je dédie ce modeste travail pour eux, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère. Mes remerciements et ma gratitude à mes parents.*

Merci de croire en moi.

A mes chers frères 'Rayen' & 'Oussama' de m'avoir aidé moralement, qui ont toujours su comment me réjouir et m'encourager.

A mon binôme 'Amel', pour son amitié, sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail.

A tous la promotion Ouvrages Hydrauliques 2020/2021.

Farida



TABLE DES MATIERES

Pages

REMERCIEMENTS

DEDICACES

TABLE DES MATIERES

RESUME

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION

i

1^{ère} Partie : PARTIE THEORIQUE

Chapitre 1 : GENERALITES SUR L'EAU

I. CADRE GENERAL	01
A. OBJECTIF DE L'ETUDE	01
B. PROBLEMATIQUE	01
C. INTRODUCTION	01
II. GENERALITES SUR L'EAU	02
A. DEFINITIONS	02
1. Les différentes formes de l'eau	02
1.1. Liquide	02
1.2. Solide	03
1.3. Gazeux	03
2. Cycle de l'eau	04
2.1. Importance de l'eau	05
2.1.1. L'eau dans l'organisme humain	05
2.1.2. Eau et alimentation	05
3. Les ressources en eaux	06
3.1. Ressources en eaux conventionnelles	06
3.1.1. Les eaux naturelles	06
3.1.2. Les eaux atmosphériques	06
3.1.3. Les eaux de surface	06
3.1.3.1. Les eaux brutes	07
3.1.3.2. Les eaux potables	07
3.1.4. Les eaux souterraines	07
3.2. Ressources en eaux non conventionnelles	08
3.2.1. Les eaux de mers	08
3.2.2. Les eaux usées	08
4. Usages de l'eau	09
4.1. Usage domestique	09
4.2. Usage agricole	09
4.3. Usage industriel	09
5. Composition de l'eau	09
5.1. Les sels minéraux	10
5.2. Autres minéraux et oligo-éléments	10
5.3. Autres substances naturelles	10
6. Propriétés de l'eau	10

6.1. Propriétés physiques de l'eau	11
6.1.1. Point d'ébullition	11
6.1.2. Viscosité	11
6.1.3. Solvant	11
6.1.4. Tension superficielle	11
6.1.5. Chaleur spécifique	11
6.1.6. Chaleur latente	11
6.1.7. Capacité thermique	11
6.1.8. Transparence	11
6.2. Propriétés chimiques de l'eau	12
6.3. Propriétés biologiques	12
E. POLLUTION DES EAUX	12
1. Définition	12
2. Sources de pollution de l'eau	13
3. Origines de pollution	14
3.1. L'industrie	14
3.2. L'agriculture	14
3.3. Pollution domestique et urbaine	15
3.4. Pollution par les eaux pluviales	16
3.5. Pollution d'origine naturelle	16
4. Principaux polluants de l'eau	16
4.1. Polluants physiques	16
4.1.1. Pollution thermique	16
4.1.2. Pollution radioactive	17
4.2. Polluants chimiques	17
4.3. Pollution biologique	17
4.4. Pollution organique	17
5. Origines de pollution	18
6. Les conséquences de la pollution	18
6.1. Conséquences écologiques	18
6.2. Conséquences sanitaires	18
6.3. Conséquences industrielles	19
7. Les critères de pollution d'une eau	19
7.1. Les paramètres physiques	19
7.1.1. La température de l'eau	19
7.1.2. L'odeur	19
7.1.3. La couleur	19
7.1.4. Notion de l'équivalent habitant	19
7.1.5. Les matières en suspension	19
7.2. Les paramètres chimiques	19
7.2.1. Le potentiel hydrogène (pH)	19
7.2.2. L'oxygène dissous	19
7.2.3. La demande chimique en oxygène (DCO)	20
7.2.4. La demande biologique en oxygène (DBO)	20
7.2.5. La conductivité	20
F. LES MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUE	20
1. Définitions	20
2. Classification des maladies d'origine hydrique	21
3. Les principales maladies à transmission hydrique	21
3.1. La fièvre typhoïde	21

3.2. Le Choléra	21
III. CONCLUSION	21

Chapitre 2 : QUALITE DE L'EAU

I. PARAMETRE DE LA QUALITE DE L'EAU	23
A. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	23
1. Température	23
2. potentiel d'hydrogène (pH)	23
3. La turbidité	23
4. Les matières en suspension (MES)	24
5. Conductivité électrique (CE)	24
6. Dureté totale (TH)	24
7. L'Oxygène dissous (OD)	25
8. Matières Organiques dissoutes (MO)	25
8.1. Oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO ₄)	25
8.2. Le carbone organique total (COT)	25
8.3. La demande chimique en oxygène (DCO)	26
8.4. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	26
9. Alcalinité	27
10. Les Chlorures	27
11. Les Sulfates	27
B. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES	27
1. La couleur	28
2. Odeur et Gout	28
C. PARAMETRES INDESIRABLES / METAUX LOURDS	28
1. Le Fer	28
2. L'Ammonium	28
3. Le Manganèse	28
4. Les Phosphate	29
5. Les Nitrates	29
6. Les Nitrites	29
D. PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES	29
1. Les Coliformes totaux	29
2. Les Coliformes fécaux	30
2.1. Streptocoques fécaux	30
II. QUALITE DE L'EAU	30
A. QUALITE PHYSIQUE DE L'EAU	30
B. QUALITE CHIMIQUE DE L'EAU	31
C. QUALITE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU	31
III. NORMES DE QUALITE DES EAUX POTABLES	31
A. DEFINITION	31
B. NORMES DE POTABILITE DES EAUX POTABLES	31
IV. CONCLUSION	34

Chapitre 3 : GENERALITES SUR LE TRAITEMENT DES EAUX DE SURFACE

I. INTRODUCTION	35
A. DEFINITION DE TRAITEMENT	36
B. OBJECTIFS ET LES CRITERES DE TRAITEMENT	36
1. Objectifs de traitement des eaux de surface	36
2. Critères de traitement des eaux de surface	36
C. ETAPES DE TRAITEMENT	37
1. Prétraitement	39
1.1. Dégrillage – Microtamisage	39
1.1.1. Dégrillage	39
1.1.2. Micro tamisage	40
1.2. Dessablage – Déshuilage	40
1.2.1. Dessablage	40
1.2.2. Déshuilage - Dégraissage	40
2. Pré-chloration	40
3. Aération	40
4. Clarification	41
4.1. Coagulation – Flocculation	41
4.1.1. Coagulation	41
4.1.1.1. Sélection des réactifs	41
4.1.2. Flocculation	42
4.1.2.1. Décantation	42
4.1.2.1.1. Décanteur horizontal	42
4.1.2.1.2. Décanteur lamellaire	43
4.1.2.2. Filtration	44
5. Désinfection	44
5.1. Le choix de la désinfection	44
5.2. Désinfectants	45
6. Stockage	45
D. CONCLUSION	45

2^{ème} Partie : PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 4 : ETUDE DE CAS : BARRAGE SEKKAK ET SA STATION DE TRAITEMENT

I. INTRODUCTION	47
II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	47
A. PRESENTATION DU BARRAGE SEKKAK	47
1. Description de l'ouvrage	49
1.1. La digue	49
1.2. Le batardeau amont	49
1.3. Tour de prise	49
1.4. Galerie de dérivation	49
1.5. Vidange de fond	50

1.6. Evacuateur de crue	50
2. Données hydrologiques	51
2. 1. Caractéristique du bassin versant	51
3. Données Climatologiques	51
3.1. Température	52
3.2. Evaporation	52
3.3. Vents	52
3.4. Pluviométrie	52
4. Géologie et géotechnique	52
5. Sources de pollution au niveau du barrage Sekkak	53
B. PRESENTATION DE LA STATION DE TRAITEMENT	55
SEKKAK	
1. Produits utilisés lors du traitement	56
1.1. Hypochlorure de Calcium $\text{Ca}(\text{OCl})_2$	56
1.1.1. Formule d'hypochlorite de calcium	56
1.1.2. <i>Composition</i>	56
1.1.3. Identification des dangers de l'hypochlorite de	56
Calcium	
1.1.4. Premiers secours	56
1.1.4.1. Yeux	56
1.1.4.2. Peau	56
1.1.4.3. Inhalation	56
1.1.4.4. Ingestion	56
1.2. Sulfate d'Alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	57
1.2.1. Formule de Sulfate d'Alumine	57
1.2.2. <i>Composition</i>	57
1.1.3. Identification des dangers de Sulfate d'Alumine	57
1.1.3.1. Yeux	57
1.1.3.2. Peau	57
1.1.3.3. Inhalation	58
1.1.3.4. Ingestion	58
1.1.4. Premiers secours	58
1.1.4.1. Yeux	58
1.1.4.2. Peau	58
1.1.4.3. Inhalation	58
1.1.4.4. Ingestion	58
1.3. Polymère animique	59
1.3.1. <i>Composition</i>	59
1.3.2. Identification des dangers du polymère	59
1.3.3. Premiers secours	59
1.3.3.1. Yeux	59
1.3.3.2. Peau	59
1.3.3.3. Inhalation	59
1.3.3.4. Ingestion	59
2. Les étapes de traitement	60
2.1. Traitements effectués	60
2.2. Les étapes de traitement	60
2.2.1. Chambre de mélange	60
2.2.1.1. Sulfate d'Alumine	61
2.2.1.2. Hypochlorite de Calcium	62

2.2.1.3. Polymère	62
2.2.2. Pré-chloration	63
2.2.2.1. Cascade d'aération	63
2.2.3. Coagulation – Flocculation	64
2.2.3.1. Coagulation	65
2.2.3.2. Flocculation	66
2.2.3.3. Jar-test	67
2.2.3.3.1. Mode opératoire de jar-test (ADE)	67
2.2.4. Décantation	69
2.2.5. Filtration à sable	70
2.2.5.1. Lavage des filtres	71
2.2.6. Désinfection / Chloration	72
2.2.7. Stockage d'eau traitée	73
3. Règles à respecter au cours de l'utilisation des produits de traitement (ADE., 2021)	74

Chapitre 5 : MATERIELS ET METHODES

I. INTRODUCTION	75
II. METHODES D'ECHANTILLONNAGES	75
A. MATERIELS UTILISE	76
1. Prélèvement de l'eau à analysé	76
2. Matériels d'analyses des paramètres physico-chimiques	76
2.1. Conductivimètre	76
2.1.1. Objectif	76
2.1.2. Appareillage	76
2.1.3. Etalonnage	76
2.1.4. Mode opératoire	77
2.2. Spectrophotomètre	77
2.3. Turbidimètre	79
2.3.1. Objectif	79
2.3.2. Etalonnage	79
2.3.3. Mode opératoire	80
2.4. Multi-paramètres	80
3. Matériels d'analyses des paramètres bactériologiques	81
3.1. La rampe de filtration	81
3.2. Etuve de stérilisation	82
3.3. Deux incubateurs à 37°C et à 44°C	82
3.4. Manipulation en bactériologie	83
3.5. Conditions d'hygiène et de sécurité au niveau de laboratoire des analyses bactériologiques (Document de l'ADE)	84
B. METHODES D'ANALYSES	84
1. Analyses physico-chimique	84
1.1. Mesure du pH	84
1.2. Mesure de la conductivité	84
1.3. Mesure de la couleur	84
1.4. Mesure de la turbidité	85
1.5. Mesure de l'Ammonium	85
1.6. Dureté total (TH)	85

1.7. Calcium	86
1.8. Titre alcalimétrique TA (Carbonate)	87
1.9. Titre alcalimétrique complet TAC (Bicarbonate)	88
1.10. Chlorure Cl ⁻	89
2. Analyses bactériologiques	90
2.1. Méthode par filtration	90
2.1.1. Test à l'oxydase	91
2.1.2. Test à l'indole	91
2.2. Méthode en milieu liquide	92
2.2.1. Test de présomption	92
2.2.2.1. Test de confirmation	92
III. CONCLUSION	93

Chapitre 6 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. INTRODUCTION	94
A. RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DU BARRAGE ET DES EAUX DE LA STATION DE TRAITEMENT	94
1. Le pH	94
2. La conductivité 'CE'	95
3. La Température 'T'	96
4. L'Oxygène dissous	96
5. Salinité 'TDS'	97
6. L'Ammonium ou Azote ammoniacal 'NH ₄ ⁺ '	97
7. Les Nitrates 'NO ₃ ⁻ '	98
8. Les Nitrites 'NO ₂ ⁻ '	99
9. Les Phosphates 'PO ₄ ⁻³ '	100
10. Les Chlorures 'Cl ⁻ '	100
11. La Matière Organique 'MO'	101
12. L'Alcalinité 'TA'	102
13. Les concentrations des éléments en trace métalliques (ETM) au niveau des eaux du barrage et de la station de traitement	102
13.1. Le Fer 'Fe'	103
13.2. Le Manganèse 'Mn'	103
13.3. Le Chrome 'Cr'	104
B. RESULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DES EAUX DU BARRAGE ET DES EAUX DE LA STATION DE TRAITEMENT	105
II. CONCLUSION	106
CONCLUSION GENERALE	107
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
ANNEXES	

Résumé

Barrage Sekkak était l'une des ressources en eau les plus significative dans l'Ouest algérien, car il joué un rôle très important que ce soit pour l'alimentation en eau potable au niveau de Tlemcen et d'Ain Youcef qu'en irrigation de la pleine d'El Hennaya. Sa qualité est devenue médiocre aux déversements des eaux usées, des rejets industriels et au lessivage des terres agricoles avoisinantes.

L'objectif de cette étude porte essentiellement sur l'évaluation de la qualité des eaux du barrage Sekkak avant et après passage dans la station de traitement sur une période de 5 ans (Janvier 2008 jusqu'à Décembre 2012), et cela à partir des analyses physico-chimiques et bactériologiques en se basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux et ceux de l'OMS. La mise en évidence de la qualité physico-chimique (pH, température, CE, O₂ dissous, TDS, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³, MO, Cl⁻, TA, TAC, Cr, Mn et Fe) des eaux avant traitement nous a permis de déduire que ces eaux été chargées en azote (organique et ammoniacal), des teneurs assez importante en matières en suspension et en résidus sec et une saturation assez forte en oxygène dissous et en phosphates. Après traitement ces eaux semblent adéquates et conformes pour la consommation. Ce qui conclu que cette station est performante en ce qui concerne cette filière de traitement pour cette période d'étude.

Mots-clés: Barrage Sekkak, Station de traitement, Eau, Tlemcen, Analyses, Physico-chimiques, Bactériologiques, Performance.

Abstract

Sekkak Dam was one of the most considerable water resources in western Algeria, because it played a very important role both for the supply of drinking water at the level of Tlemcen and Ain Youcef, and for irrigation of full of El Hennaya. Its quality has become poor due to sewage discharges, industrial discharges and leaching from neighboring agricultural land.

The objective of this study relates primarily to the evaluation of the water quality of the Sekkak dam before and after passage through the treatment station over a period of 5 years (January 2008 until December 2012), and this from physico-chemical and bacteriological analyzes based on Algerian standards for drinking water and those of the WHO. Demonstration of the physico-chemical quality (pH, temperature, EC, dissolved O₂, TDS, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³, MO, Cl⁻, TA, TAC, Cr, Mn and Fe) of water before treatment allowed us to deduce that this water was loaded with nitrogen (organic and ammoniacal), fairly high contents of suspended matter and dry residues and a fairly high saturation of dissolved oxygen and phosphates. After treatment, these waters seem adequate and suitable for consumption. This concludes that this station is performing well with regard to this treatment route for this study period.

Keywords: Sekkak dam, Treatment station, Water, Tlemcen, Physico-chemical, Analyzes, Bacteriological and Performance.

ملخص

كان سد سڭاك من أهم مصادر المياه في غرب الجزائر ، حيث لعب دورًا مهمًا للغاية في توفير مياه الشرب على مستوى تلمسان وعين يوسف وري كامل سهل الحنايا. أصبحت جودته رديئة بسبب تصريف مياه الصرف الصحي ، والتصريفات الصناعية وترشيح الأراضي الزراعية المجاورة.

يتعلق الهدف من هذه الدراسة، في المقام الأول بتقييم جودة المياه في سد سڭاك قبل وبعد المرور عبر محطة المعالجة على مدى 5 سنوات (منذ يناير 2008 حتى ديسمبر 2012) ، وهذا اعتبارا من التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية القائمة على حول المعايير الجزائرية لمياه الشرب وتلك الخاصة بمنظمة الصحة العالمية. عرض للجودة الفيزيائية والكيميائية (pH) ، ودرجة الحرارة ، وCE ، والأكسجين المذاب ، والمواد الصلبة الذائبة ، و NH_4^+ ، و NO_2^- ، و NO_3^- ، و PO_4^{3-} ، و MO ، و Cl^- ، و TA ، و TAC ، و Cr ، و Mn ، و Fe) قبل المعالجة، سمحت لنا باستنتاج أن هذه المياه كانت محملة بالنيتروجين (عضوي ونشادر) ، ومحتويات عالية إلى حد ما من المواد المعلقة والمخلفات الجافة وتشبع مرتفع إلى حد ما من الأكسجين المذاب والفوسفات. أما بعد المعالجة ، تبدو هذه المياه صافية و نقية ومناسبة للاستهلاك.

و خلاصة، هذه المحطة تعمل بشكل جيد فيما يتعلق بسلسلة المعالجة لهذه الفترة المدروسة.

الكلمات المفتاحية:

سد سڭاك ، محطة معالجة ، مياه ، تلمسان ، تحليلات ، فيزيائية ، بكتريولوجية ، أداء.

Liste des Abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS

ABREVIATIONS	SIGNIFICATIONS
OMS	<i>Organisation Mondiale de la Santé.</i>
%	<i>Pourcentage.</i>
H₂O	<i>Eau.</i>
°C	<i>Degré Celsius.</i>
L	<i>Litre.</i>
Kg	<i>Kilogramme.</i>
m³/j	<i>Mètre cube par jours.</i>
m³/L	<i>Mètre cube par litre.</i>
Ca²⁺	<i>Calcium.</i>
Mg²⁺	<i>Magnésium.</i>
Na⁺	<i>Sodium.</i>
K⁺	<i>Potassium.</i>
HCO₃⁻	<i>Bicarbonate.</i>
CO₃²⁻	<i>Carbonates.</i>
SO₄²⁻	<i>Sulfate.</i>
Cl⁻	<i>Chlorures.</i>
NO₃⁻	<i>Nitrates.</i>
F⁻	<i>Fluorure.</i>
mg/L	<i>Milligrammes par litre.</i>
O₂	<i>Oxygène.</i>
CO₂	<i>Dioxyde de Carbone.</i>
SiO₂	<i>Silice.</i>
H₃O⁺	<i>Ion hydronium.</i>
H⁺	<i>Atome d'hydrogène.</i>
ERU	<i>Eaux résiduaires urbaines.</i>
OH⁻	<i>Hydroxyde.</i>
MTH	<i>Maladies à transmission Hydrique.</i>
m³	<i>Mètre cube.</i>
j	<i>Jours.</i>
pH	<i>Potentiel d'hydrogène.</i>
DCO	<i>Demande chimique en oxygène.</i>
DBO	<i>Demande biologique en oxygène.</i>
AEP	<i>Alimentation en eau potable.</i>
WHO	<i>World Health Organization.</i>
MES	<i>Matière En Suspension.</i>
CE	<i>Conductivité électrique.</i>
µS/ cm	<i>Micro-siemens par centimètre.</i>
µS/ m	<i>Micro-siemens par mètre.</i>
TH	<i>Titre hydrotimétrique.</i>
CaCO₃	<i>Carbonate de calcium.</i>
°F	<i>Degré français.</i>
OD	<i>Oxygène dissous.</i>
Fe²⁺	<i>Fer.</i>
NH₄⁺	<i>Ammonium.</i>

MO	<i>Matière organique.</i>
NO₂⁻	<i>Nitrites.</i>
KMnO₄	<i>Oxyde de permanganate de potassium.</i>
COT	<i>Carbone organique total.</i>
H₂SO₄	<i>Acide sulfurique.</i>
TAC	<i>Titre alcalimétrique complet.</i>
TA	<i>Titre alcalimétrique.</i>
NaCl	<i>Chlorures de sodium.</i>
KCl	<i>Chlorures de potassium.</i>
SO₄⁻	<i>Sulfates.</i>
K₂ PtCl₆	<i>Chloroplatine de potassium.</i>
Co Cl₂	<i>Chlorure de Cobalt.</i>
Ucv	<i>Unité platino-cobalt ou unité de couleur vraie.</i>
Fe³⁺	<i>Ion ferrique.</i>
µg/L	<i>Microgramme par litre.</i>
g/L	<i>Grammes par litre.</i>
E. coli	<i>Escherichia coli.</i>
Fe(II)	<i>Oxyde de fer.</i>
Mn(II)	<i>Oxyde de manganese.</i>
As	<i>Arsenic.</i>
Se	<i>Sélénium.</i>
F	<i>Fluor.</i>
mm	<i>Millimètre.</i>
H₂S	<i>Hydrogène sulfuré.</i>
NTU	<i>Unité de Turbidité Néphélométrie.</i>
Al₂(SO₄)₃	<i>Sulfate d'alumine.</i>
FeCl₃	<i>Chlorure ferrique.</i>
Fe₂ (SO₄)₃	<i>Sulfate ferrique</i>
FeSO₄	<i>Sulfate ferreux.</i>
CuSO₄	<i>Sulfate de cuivre.</i>
m/h	<i>Mètre par heure.</i>
m/j	<i>Mètre par jours.</i>
Cl₂	<i>Chlore.</i>
NaOCl	<i>Hypochlorite de sodium.</i>
ClO₂	<i>Dioxyde de chlore.</i>
NH₂Cl	<i>Les chloramines.</i>
H₂O₂	<i>Peroxyde d'hydrogène</i>
UV	<i>Ultra violet.</i>
Km	<i>Kilomètre.</i>
Hm³	<i>Hectomètre cube.</i>
m²	<i>Mètre carré.</i>
M³	<i>Mètre cube.</i>
HMT	<i>Hauteur manométrique.</i>
L/s	<i>Litre par seconde.</i>
T	<i>Température.</i>
RN	<i>Route nationale.</i>
g/m³	<i>Gramme par mètre cube.</i>
h	<i>Heure.</i>

Liste des Abréviations

ANBT	<i>Agence Nationale des Barrages et Transfert.</i>
nm	<i>Nanomètre.</i>
TH	<i>Dureté totale.</i>
Cr	<i>Chrome</i>
Mn	<i>Manganese.</i>
mol/L	<i>Mole par litre.</i>
TDS	<i>Salinité.</i>
Fe	<i>Fer.</i>
tr/mn	<i>Tour par minutes</i>

Préface

INTRODUCTION

﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ﴾ سورة الأنبياء الآية: 30.

Les eaux recouvrent trois quart de la surface terrestre. Les eaux contribuent également de 60 à 90% de la constitution des êtres vivants. Cela montre que l'eau est indispensable à la vie sur terre. Malgré tout, la qualité de l'eau potable disponible est de loin de satisfaire la demande des consommateurs. L'homme a eu toujours des difficultés d'apprécier la qualité de l'eau à consommer. Il ignore que cette dernière peut propager pas mal de maladies pouvant même lui donner la mort.

Il est naturel et beau qu'une cascade saute du haut d'une falaise, d'un lac calme coule au fond d'une dépression et une rivière glissée dans ses rives le long de la falaise.

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial. Elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme étant une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé et son alimentation. Elle est essentielle aussi pour son usage dans les activités agricoles, économique et industrielles. Sa qualité dépend automatiquement de la préservation de l'environnement, car il est le milieu récepteur universel de tout type de pollution (Gerin. & al., 2003).

L'Algérie est l'un des pays où la disponibilité de l'eau est limitée alors que les besoins augmentent fortement. Cette croissance est attribuée à l'explosion démographique, aux développements industriels et agricoles. Pour faire face à cette carence, la construction des barrages apparaît comme la solution la plus appropriée pour répondre aux différents besoins. Ces ouvrages sont effectivement nécessaires pour assurer l'approvisionnement en eau dans notre pays en toutes saisons. Il convient de contrôler la qualité de l'eau des barrages et de la protéger de diverses sources de pollution, notamment celles résultant des activités humaines à savoir les pratiques agricoles, industrielles et les rejets urbains (Arab. & Oudafal., 2015).

L'eau, qu'elle soit captée d'une source, tirée d'un puits, prélevée dans une rivière, dans un lac ou depuis un barrage, une eau naturelle aura traversée au préalable une partie de l'atmosphère, ruisselée sur le sol, se sera infiltrée à travers la terre végétale et diverses couches géologiques, elle peut être polluée par l'emploi des pesticides et des engrais chimiques dans l'agriculture, tel est le cas des eaux du barrage Sekkak.

Sekkak est un barrage hydraulique dans la wilaya de Tlemcen. Sa mise en eau été en octobre 2004, il a une capacité de 27 millions de m³ et alimente la ville de Tlemcen, Ain Youcef et El Hennaya. Le procédé de traitement des eaux du barrage Sekkak est de type eaux conventionnel adapté aux eaux de surface.

La présence des produits chimiques voire même des bactéries, en concentration, dans l'eau, représente un réel danger à la santé publique en raison des possibilités d'empoisonnement ou de propagation des maladies pathogènes. L'une des taches de la chimie de l'environnement est d'apprécier la qualité de l'eau à consommer afin qu'elle soit mise à la disposition des consommateurs ou qu'elle soit traitée avant d'être consommée.

Le but de ce travail, est d'étudier la qualité des eaux destinées à la consommation avant traitement (eau brute du barrage Sekkak) et après traitement et de performance de cette station. Cette étude porte sur des analyses comparatives des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

Ce travail a été réalisé au niveau du Laboratoire d'analyse de la station de traitement du barrage Sekkak. Les résultats utilisés ont été faits au niveau de ce laboratoire qui était fonctionnel. Ces résultats s'étendent sur une période de 5 ans allant de Janvier 2008 jusqu'à Décembre 2012. Après cette année les analyses ne s'effectueront plus suite à l'arrêt de la station et la qualité de l'eau devenait inconsommable suite à une prolifération d'algue rouge (Couleur et odeur nauséabonde) et chargée d'ammonium.

Cette étude a été proposée suite aux problèmes de qualité des eaux brutes du barrage et des traitées de la station de traitement. Parmi ces principaux problèmes, la présence d'Ammonium et d'Aluminium dans l'eau, présence des eaux usées dans le barrage et la pollution des eaux du barrage par l'agriculture.

Pour ce faire, le présent travail est subdivisé en deux (02) parties:

1. PARTIE THEORIQUE: Est subdivisée en elle-même trois (03) chapitres.

- Le premier chapitre est consacré à rappeler quelques généralités sur les eaux, les différentes formes de l'eau sur terre, les eaux conventionnelles et inconventionnelles et sur la pollution avec ses différentes formes,
- Le second chapitre est consacré à la qualité de l'eau, à ces propriétés (physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques),
- Quant au troisième chapitre, il est consacré aux généralités sur les stations de traitements des eaux de surface, à décrire la filière classique de traitement pour la production d'eau potable, aux objectifs et critères de traitement ainsi qu'aux différentes étapes de traitement.

2. PARTIE PRATIQUE: Subdivisée en trois (03) chapitres.

- Le quatrième chapitre est consacré à une étude de cas qui est le Barrage Sekkak et sa station de traitement, une présentation générale de la zone d'étude (Barrage et station de traitement), une étude hydrologique et climatologique et les différentes sources de pollution répertoriées au niveau du barrage,
- Le cinquième chapitre abordera la partie Matériels et Méthodes utilisés lors de cette étude.
- Quant au sixième chapitre, il présente les résultats et discussion des différentes analyses réalisées.

En fin, on conclut avec une conclusion générale exposant les principaux résultats de cet étude, et des recommandations qui ouvrent de nouvelles perspectives afin d'améliorer le traitement de ces eaux peut être en changeant la filière de traitement.

1^{ère} Partie :
Partie Théorique

Chapitre 1 :
Généralités sur l'eau

Premier Chapitre: *GENARALITES SUR L'EAU*

I. CADRE GENERAL

A. OBJECTIF DE L'ETUDE

Cette étude à pour objectif l'étude de la qualité des eaux du barrage Sekkak et performance de sa station de traitement sur une période de cinq (05) ans et cela suite aux problèmes rencontrés au niveau de la qualité des eaux du barrage.

B. PROBLEMATIQUE

Cette étude à été proposé suite aux problèmes de qualité des eaux brutes du barrage et des eaux traitées de la station de traitement.

Parmi ces principaux problèmes, on cite :

- La présence d'Ammonium dans l'eau.
- La présence des eaux usées dans le barrage,
- Pollution des eaux du barrage par l'agriculture.

Pour connaître l'ampleur de l'impact de ces problèmes sur la santé humaine nous devons comparer les analyses de l'eau du barrage et ceux de la station de traitement avec les normes de l'OMS de 2006 (Annexe. 1) et les normes Algériennes de 2011 (Annexe. 2).

C. INTRODUCTION

La terre est constituée d'eau au 3/4 de sa surface, mais cette quantité d'eau est salée ou non potable à plus de 99%. L'eau, appelé aussi l'or bleu est un élément vital, précieux et rare. Les êtres vivants (plantes, insectes, hommes, etc...) consomme l'eau, sans elle, il n'y aurait pas de vie sur terre.

L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel (Boeglin., 2001). Elle se trouve presque par tout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus (Wackermann. & Rougier., 2010).

Indispensable à la vie, catalyseur de nombreuses réactions chimiques, l'eau est le principal agent d'érosion et sédimentation donc un facteur déterminant les reliefs des paysages. Ce liquide banal s'avère en réalité par ses propriétés si particulières à la foi le fluide le plus indispensable à la vie et celui dont la complexité est la plus remarquable (Alberici. & Jardim., 1997).

La planète bleu est la 3^{ème} planète du système solaire, recouvre près de 71% de la surface globale de la terre par une molécule de vie, avec 97% d'eau salée et 3% d'eau douce dans différents réserves, essentiellement sous forme des océans. Les réserves d'eau se composent des eaux de surface, des lagunes, lacs, rivières, étangs, fleuves, ruisseaux, cours d'eau, eaux souterraine, mers, océans et l'atmosphère.

Dans ce chapitre, nous parlerons de l'eau, de ses caractéristiques, des différentes formes sous les quelles il se présente, des différentes formes de pollution des eaux, Les origines de pollution, les maladies à transmission hydrique et leur conséquence sur la vie humaine.

II. GENERALITES SUR L'EAU

A. DEFINITIONS

L'eau est une substance liquide naturel (fluide), vital, incolore, inodore et sans saveur, transparent à l'état pur, réfractant la lumière et susceptible de dissoudre un grand nombre de corps. Sa composition H_2O a été déterminée en 1783 par Lavoisier et Meusnier (Gerard., 1999). Mais en même temps Singulière, fantasque, exceptionnelle de valeur nutritive à peu près nulle, elle est cependant le constituant principal de tout être vivant. Lorsqu'elle gèle, elle augmente de volume, se gonfle au lieu de diminuer comme la plupart des autres substances, elle se solidifie et flotte en milieu liquide (Mercier., 2000).

C'est un solvant de la plus grande partie qui constitue la matière vivante qui sert de milieu réactionnel pour tout métabolisme naturel et vivant. Elle également un élément essentiel dans l'industrie alimentaire, puisqu'elle est utilisée pour le lavage et le traitement des aliments, pour la stérilisation des produits ou du matériel, pour le nettoyage, le refroidissement et l'alimentation des chaudières (Anonyme. 1).

1. Les différentes formes de l'eau

Elle se trouve dans la nature selon la température et la pression sous trois états : Solide, liquide et gazeuse (Anonyme. 1).

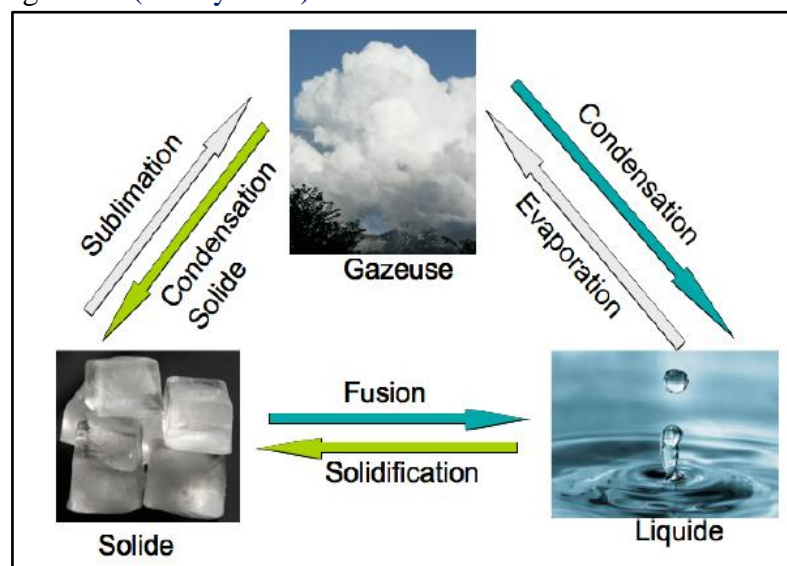


Fig. 1 : L'eau dans tous ses états (Anonyme.5).

1.1. Liquide

La plus répandue sur terre, transparent, coulant dans les mers, les océans, les rivières, les fleuves, la nappe phréatique, la pluie, le brouillard et la plus utilisable pour répondre à nos besoins.

L'eau est à l'état liquide pour des températures oscillant entre 0° et 100°C à une pression normale (1 bar). Dans cet état, les molécules sont en désordre, elles sont plus serrées qu'à l'état solide, ce qui explique qu'un litre d'eau occupe plus d'un litre quand elle gèle.

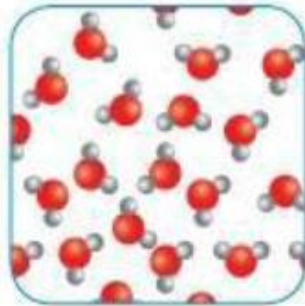


Fig.2 : Désordre des molécules.

Elle se présente sous forme de :

- ✓ Nuages : Ils sont formés par l'accumulation de gouttelettes d'eau,
- ✓ Pluie : Elle est constituée de gouttelettes d'eau libérées par les nuages,
- ✓ Brouillard : Il est constitué de gouttelettes d'eau en suspension dans l'air.

1.2. Solide

L'eau est à l'état solide si la température est inférieure ou égale à 0°C. A cet état, la disposition la plus courante des molécules est une structure cristalline (figure 3).

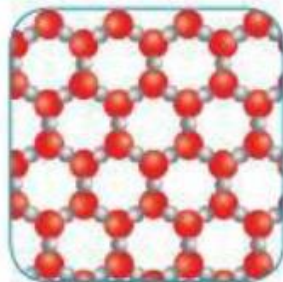


Fig.3 : Structure cristalline des molécules.

Elle se présente sous forme de :

- ✓ Glace : Elle résulte du gel de l'eau, elle se forme à 0°C,
- ✓ Neige : C'est un minuscule cristal de glace en forme d'étoiles ; les flocons se forment par agglomération de ces cristaux,
- ✓ Givre : C'est le gel du brouillard,
- ✓ Glacier : Il est le résultat du tassement de la neige accumulée.

1.3. Gazeux

L'eau est à l'état gazeux, ou état de vapeur, dès 100°C à pression normale. Mais elle peut l'être aussi à température inférieure : c'est ce qui se passe au-dessus des océans lors de l'évaporation. L'état gazeux est celui du désordre maximal des molécules : ces dernières sont tellement agitées que les forces d'attraction terrestre s'exercent de façon beaucoup moins forte.

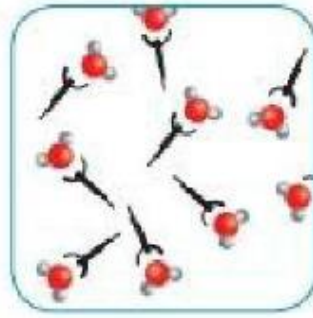


Fig.4 : Désordre maximal des molécules.

Il est à noter que la vapeur d'eau est invisible. Ce que l'on voit, c'est sa transformation. Par exemple la vapeur qui rencontre une paroi froide se condense sur celle-ci et se transforme en eau, c'est un changement d'état (Anonyme.3).

2. Cycle de l'eau

La planète bleue sur un voyage appelé le cycle de l'eau, ne s'arrête jamais, représente un parcours qui se déplace de mers et océans vers l'atmosphère puis tombe sur la terre.

Le cycle de l'eau est indispensable à la vie sur terre et un commencement éternel, un voyage fermé qui ne changera jamais, accomplit un cycle permanent et éternel (Coulibaly., 2005).

Sous l'action de la chaleur du soleil, l'eau des océans et des mers et des continents s'évapore, l'eau des plantes aussi s'évapore (l'évapotranspiration des végétaux) et forme les nuages. Le vent pousse ces nuages pour y arriver au-dessus de la terre, la vapeur d'eau se refroidit et se condense puis tombe sous forme de précipitation (pluie ou neige), arrivée au sol une partie (1/4) va s'infiltrer et alimente les nappes souterraines, l'autre partie (1/4) va ruisseler sur la surface pour atteindre les cours d'eau, les rivières, les mers et les océans et le reste va s'évaporer à son tour (Vilagines., 2003). Et ainsi le cycle recommencera.

Il est important d'estimer la réserve d'eau comme une arme dont il faut garantir et surtout à préserver.

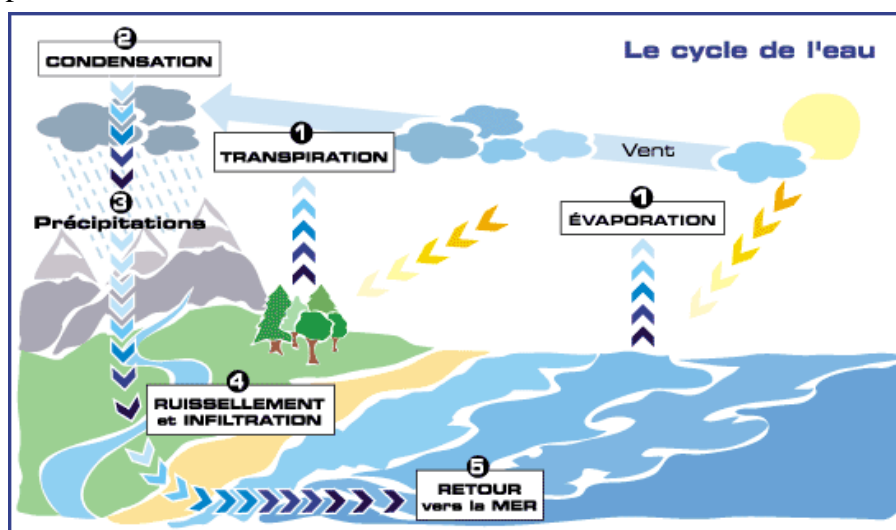


Fig. 5 : Le cycle de l'eau (Cieau., 2013).

2.1. Importance de l'eau

L'eau est une ressource naturelle indispensable pour la survie de l'humanité et de toute espèce animale ou végétale sur terre et pour l'environnement d'une façon générale. Aucune substance liquide ne peut remplacer l'eau. En effet, elle a plusieurs particularités qui la rendent unique parmi les autres substances minérales. Dans sa phase liquide, elle a l'atout d'être un support des formes de vie. C'est le dissolvant des composants qui transporte les molécules clés et active les réactions chimiques. On parle aussi de l'eau en tant que molécule polaires disposant de terminaison positive (Hydrogène) et une autre négative (Oxygène). Ses atomes d'hydrogène ont la capacité de tendre des liaisons avec d'autres molécules. Aucun autre liquide ne peut former un réseau aussi souple et résistant et agir comme solvant à autant de substances acides ou basiques (Anonyme. 2).

L'eau à de multiples activités sur terre, liquide contribue à la formation du relief, elle a contribué à l'émergence de la vie et reste indispensable à sa préservation. Gazeux, il forme un écran dans l'atmosphère et protège la biosphère des rayons ultraviolets solaires, la vapeur d'eau réduit l'exposition de la terre au rayonnement solaire, et de nuit elle réduit le rayonnement infrarouge émis à la terre, elle contribue ainsi à stabiliser la température de la planète, enfin cette vapeur d'eau permet le transfert de chaleur entre les océans, l'atmosphère et les continents (Pierron. & Harpet., 2017).

2.1.1. L'eau dans l'organisme humain

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65%, ce qui correspond à environ 45L d'eau pour une personne de 70 kg.

L'organisme élimine en permanence de l'eau. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons; elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration).

L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports. La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme "avertit" qu'il est en état de déshydratation (Balderacchi., 2009).

2.1.2. Eau et alimentation

Puisqu'elle ne contient ni protéines, ni glucides et ni lipides, l'eau n'est pas un aliment. Elle ne fournit pas d'énergie brute. Par contre, l'eau est essentielle à la vie. C'est grâce à l'eau que le corps peut utiliser l'énergie présente dans les aliments (Dumoulin. & al., 2009).

Au moment de la digestion, outre l'eau apportée par les boissons et les aliments ingérés, l'organisme fournit lui-même plusieurs litres d'eau à l'estomac et à l'intestin grêle pour faciliter la circulation et la digestion des aliments. En fin de digestion, une faible proportion de toute cette eau descend dans l'intestin qui l'élimine avec les résidus de la digestion. Mais la plus grande part traverse les parois de l'intestin grêle et du colon pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons (Huot., 2010).

Sur le plan quantitatif, les activités humaines consommatrices d'eau traitée sont réparties selon les domaines:

- ✓ L'agriculture: 68% (pour l'irrigation),
- ✓ La consommation humaine: 24%,
- ✓ L'industrie: 5%,
- ✓ Production d'énergie: 3% (Rodier., 2009).

3. Les ressources en eaux

L'eau est une ressource vitale pour la planète, les ressources en eau disponibles se divisent en deux (02) grandes parties :

3.1. Ressources en eaux conventionnelles

3.1.1. Les eaux naturelles

Dans la nature les eaux absolument pures n'existent pas, car elles contiennent toujours de nombreuses substances d'origine naturelle ou provenant de l'activité humaine.

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées : des eaux souterraines (infiltration, nappe), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer.

3.1.2. Les eaux atmosphériques

Elles sont généralement précipitées sous forme de pluie, neige et grêle. On y trouve surtout des gaz dissous mais les sels dissous sont presque absents. Donc théoriquement c'est une eau distillée (Dupont., 1981).

3.1.3. Les eaux de surface

Les eaux de surface proviennent des pluies. Elles comprennent les eaux qui coule ou qui se stocke à la surface de la terre à un contact direct avec l'air.

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages, ...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (Boeglin., 2001).

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. On a parfois recours en vue de l'alimentation publique aux eaux de surface véhiculées par les cours d'eaux, à celles contenues dans les lacs ou maintenues des barrages réservoirs. Ces eaux comprennent à la fois l'eau de ruissellement de surface du bassin versant, ainsi que l'apport lointain d'eau de déversement des sources.

Elles sont rarement potables, car elles sont polluées bactériologiquement et chimiquement (industrie et agriculture). Elles doivent subir un traitement particulier pour les débarrasser de tous organismes pathogènes ou polluants dangereux pour les utilisateurs.

On peut partager les eaux de surface en trois (03) classes :

- Eaux du réservoir naturel (lacs),
- Eaux du réservoir artificiel (barrage),
- Eaux de profondeur.

La qualité de l'eau de surface dépend des phénomènes saisonniers (prolifération d'algues, phytoplancton, etc.) et des événements météorologiques. Sa capacité d'absorption limitée et l'absence de mécanismes de filtrage permettent aux solides, dissous ou non, de se diffuser très rapidement : d'où la qualité très volatile des eaux de surface.

En général, leur contamination microbiologique est très importante. Les risques proviennent du ruissellement et du lessivage des terres agricoles et forestières (pesticides, engrais et des pollutions résultantes de l'homme et des animaux), des déversements d'eaux usées et des dépôts de polluants atmosphériques (Auckenthaler. & al., 2003), sont des eaux qui sont rarement potable sans traitement.

3.1.3.1. Les eaux brutes

Ce sont des eaux non traitées, qui contiennent de nombreuses substances d'origine naturelle, ou provenant de l'activité humaine (Tardat Henry., 1992). Il existe 03 catégories initiales d'eau brute destinée autrement pour l'eau potable qui sont:

- ✓ Classe A: Considéré comme bonne et n'impose qu'un traitement physique simple et une désinfection,
- ✓ Classe B: De qualité moyenne, exige un traitement physique, chimique et une désinfection,
- ✓ Classe C: De qualité médiane, exige un traitement physique et chimique très poussé, et couplé à des opérations d'affinage et de désinfection (Potelon & Zysman., 1998).

3.1.3.2. Les eaux potables

C'est une eau qui peut être consommée sans risque pour la santé, car elle n'est ni toxique, ni infestée de parasites, de bactéries ou de virus pathogènes pour l'homme, ainsi l'eau doit être agréable au goût, dépourvue d'odeur désagréable, et limpide ; on mesure plutôt les caractéristiques les plus appropriées et on les compare aux normes de l'OMS ou Algérienne (Desjardins., 2010).

3.1.4. Les eaux souterraines

Ce sont les eaux souterraines qui représentent 22% des réserves d'eau douce, soit environ 1000 milliards de mètres cubes.

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en :

- Nappes phréatiques ou alluviales : peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.
- Nappes captives : plus profondes que le premier et séparées de la surface par une couche imperméable. L'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures.
-

Elles proviennent de la pluie qui ruisselle plus au moins avant de s'infiltrer dans le sol. Elles peuvent provenir également d'eaux superficielles s'infiltrant dans le sous sol

d'un cours d'eau (nappe alluviale) ou s'engouffrant dans les fissures du sol. Les eaux souterraines enfouies dans le sol sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Leur qualité naturelle va donc être influencée par la géologie du terrain et se charge de sels minéraux (Dupont., 1981 ; Aissaoui., 2013).

La nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un déterminant de leurs composition chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres car ils répondent en général aux normes de potabilité. Pourtant, ces eaux sont moins sensibles aux pollutions accidentelles, elles perdent totalement leur pureté originale dans le cas de contamination par des polluants (Cardot., 1999 et 2010).

Les eaux souterraines sont une composante importante du cycle hydrologique. L'eau des précipitations s'infiltré dans le sol, circule perpendiculairement à la zone de saturation (niveau d'eau) et se dirige vers la zone de rejet naturel (ruisseaux) située en aval (Myrand., 2007). Elles sont considérées comme une réserve d'eau naturel, une excellente source d'eau potable, sa qualité est la meilleur par rapport aux eaux de surface (Aissaoui., 2013).

3.2. Ressources en eaux non conventionnelles

3.2.1. Les eaux de mers et les eaux saumâtres

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau. Elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète. Le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraine et superficielles).

La caractéristique la plus importante de l'eau de mer est sa salinité, c'est-à-dire sa teneur totale en sel (chlorure de sodium et magnésium, sulfates, carbonates) (Tata-Ducru., 2009).

Compte tenu de l'état actuel de l'explosion démographique et du réchauffement climatique, le dessalement est une technologie intéressante en raison de l'abondance de la matière première: l'eau de mer et l'eau saumâtre. Nous assistons également à une augmentation très significative (+ 10% par an) du volume d'eau généré par le dessalement ; Il est actuellement d'environ 45 millions de m³/j (Tata-Ducru., 2009).

3.2.2. Les eaux usées

Les eaux usées sont les eaux résiduaires d'une industrie, d'une communauté domestique ou agricole, chargées de matières toxiques qui atteignent les canalisations d'égouts après usage. Elles sont des eaux ayant perdu, par leur utilisation industrielle ou domestique, leur pureté initiale, et qui sont devenues impropres à d'autres utilisations de qualité.

Les eaux usées ne doivent pas être rejetées en masse dans le milieu naturel avant d'avoir été traitées en vue de l'élimination des polluants indésirables par passage dans une station d'épuration (Anonyme 4).

Les eaux usées comprennent également les eaux pluviales et leur charge polluante, ce qui provoque toutes sortes de pollution et de désagréments pour le milieu récepteur.

L'utilisation d'eaux usées épurées est devenue une alternative essentielle pour garantir la satisfaction des besoins en eau de la population, en particulier dans les pays secs et semi-arides (Metahri. & al., 2008).

4. Usages de l'eau

L'eau est une substance essentielle pour tous les êtres vivants : les humains, les animaux et les plantes. Elle est également nécessaire pour toutes les activités que les humains développent. Ainsi, on peut distinguer les différents usages de l'eau :

4.1. Usage domestique

Les eaux domestiques sont des eaux destinées à la vie quotidienne de l'homme que ce soit l'hygiène personnelle, l'alimentaire, la boisson, les diverses activités de lavage, d'évacuation des déchets, les piscines, l'arrosage des jardins,etc (Ramande., 2002).

Ces eaux sont distribuées après un traitement bien défini et avec une bonne qualité qui répond à des normes et même avec une quantité qui doit couvrir la demande journalière.

4.2. Usage agricole

L'agriculture est le plus grand secteur consommateur de l'eau dans le monde à travers l'irrigation ou l'élevage. Elle représente un taux d'environ 70% de tous les usages de l'eau dans le monde.

Cette consommation importante est notamment due à l'augmentation de la population qui nécessite forcément une hausse de la production agricole.

4.3. Usage industriel

Les eaux industrielles désigne une gamme d'utilisation variable, la qualité et la quantité dépend de l'industrie productive. Il représente plus de 20% de la consommation mondiale d'eau (Ramande., 2002).

Les industries agroalimentaires ont besoin d'eau potable et le reste utilise des eaux ultra pures.

5. Composition de l'eau

L'eau absolument pure ne contient que la molécule H₂O. Elle n'existe pas dans la nature. Et l'absence de minéralisation la rend mauvaise pour la santé.

Les eaux naturelles contiennent des substances dissoutes, principalement des sels minéraux provenant des couches géologiques que l'eau traverse. Pour être propre à la consommation, l'eau doit contenir un peu de sels minéraux. Le corps humain est arrangeant : il accepte une très grande variation de composition d'eau.

Nos cellules et notre sang contiennent des électrolytes (des sels). Une eau complètement déminéralisée (ou de l'eau distillée) est mauvaise, car un phénomène « osmotique » conduirait les sels de nos cellules ou de notre sang à migrer dans l'eau, réduisant ainsi leur concentration normale dans notre corps (Anonyme. 7).

5.1. Les sels minéraux

Ils sont constitués de cations (chargés positivement) et d'anions (chargés négativement) dissous dans l'eau, dont les principaux sont :

- Le calcium Ca^{2+} ,
- Le magnésium Mg^{2+} ,
- Le sodium Na^+ ,
- Le potassium K^+ ,
- Le bicarbonate HCO_3^- (appelé aussi hydrogénocarbonate),
- Le sulfate SO_4^{2-} ,
- Les chlorures Cl^- ,
- Les nitrates NO_3^- ,
- Le fluorure F^- .

Les ions ci-dessus sont bénéfiques ou neutres. Leur concentration varie entre quelques mg/L et quelques centaines de mg/L. Seulement pour les nitrates et les fluorures leurs concentrations ne dépassent pas la norme qui est de 3 mg/L pour les nitrates et 2 mg/L pour les fluorures. Le nitrate est inoffensif pour l'homme adulte, mais peut créer de graves problèmes chez le nourrisson.

5.2. Autres minéraux et oligo-éléments

Les eaux contiennent de nombreux autres éléments en concentration plus faible, notamment des métaux : fer, zinc, cuivre, etc. Certains sont considérés comme bénéfiques (un peu de fer, de zinc ou de cuivre), d'autres sont toxiques, comme le plomb, le cadmium, l'uranium, qui font partie des « métaux lourds ». Le mot 'Oligo-élément' est utilisé, sans avoir une définition scientifique précise, pour indiquer que certains métaux à très faible concentration sont considérés comme bénéfiques sur le plan médical. D'autres substances minérales dissoutes qui ne sont pas des métaux sont toxiques à diverses concentrations : c'est le cas de l'arsenic, du sélénium ou du bore.

5.3. Autres substances naturelles

L'eau contient encore d'autres substances naturelles dissoutes, tels que :

- L'oxygène O_2 ,
- Gaz carbonique CO_2 (les bulles de l'eau gazeuse),
- La silice SiO_2 ,
- Matières organiques provenant de la décomposition de végétaux (feuilles, herbe, etc...) dans les eaux de surface (rivières, lacs, étang...),
- Bactéries dans les eaux de surface également.

6. Propriétés de l'eau

L'eau ne représente pas la même chose pour tout le monde. Elle possède des propriétés physiques et chimiques uniques et d'autres propriétés : on peut la faire geler, fondre, évaporer ou chauffer et la mélanger.

Rappelons que la molécule est la plus petite quantité d'un corps pur qui puisse exister à l'état libre. C'est un assemblage d'atomes. La molécule conserve toutes les propriétés physiques et chimiques de ce corps.

6.1. Propriétés physiques de l'eau

L'eau sur terre connaît une phase liquide particulièrement importante et elle possède les propriétés physiques principales suivantes (Anonyme. 6) :

6.1.1. Point d'ébullition

Dans les phases liquide et solide de l'eau, les liaisons d'hydrogène lient les molécules fortement entre elles. C'est parce qu'il faut briser ces liaisons que l'eau a une température d'ébullition particulièrement élevée pour une molécule de cette masse molaire. Cette caractéristique que l'eau permet à la phase liquide d'exister aux températures que nous connaissons sur terre. Cette phase est nécessaire à l'apparition et au maintien de la vie telle que nous la connaissons sur cette planète.

6.1.2. Viscosité

La viscosité de l'eau est très variable en fonction de sa composition chimique et de sa température de telle sorte que deux eaux peuvent être non miscibles. Ce phénomène est particulièrement important pour la continuité des grands courants océaniques qui règlent le climat planétaire.

6.1.3. Solvant

L'eau est le important solvant de la surface de la planète. Elle se charge donc des minéraux et substances organiques qu'elle croise et dissout.

6.1.4. Tension superficielle

La tension superficielle de l'eau est très élevée. Cette propriétés permet la formation de gouttes et favorise l'ascension capillaire.

6.1.5. Chaleur spécifique

L'eau est l'élément naturel dont la chaleur spécifique est la plus élevée ; $T = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Elle demande donc beaucoup d'énergie pour être réchauffée et pour être refroidie.

6.1.6. Chaleur latente

Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau sont élevées. Comme l'énergie est prélevée sur le substrat on comprend que le phénomène d'évaporation de l'eau vers l'atmosphère refroidisse continument les océans. Ces caractéristiques expliquent que l'hydrosphère liquide agisse comme un tampon thermique qui régularise la température terrestre.

6.1.7. Capacité thermique

L'eau présente une très grande capacité thermique de tous les fluides. Du fait de cette capacité, les masses d'eau agissent comme des tampons ou régulateur contre les changements élevés de température.

6.1.8. Transparence

L'eau est transparente dans le spectre visible, mais elle absorbe le rayonnement infrarouge dès les premiers mètres d'épaisseur, ce qui explique que seules les eaux superficielles se réchauffent (Anonyme. 6).

6.2. Propriétés chimiques de l'eau

L'eau est un excellent solvant qui dissout un très grand nombre de sels, de gaz, de molécules organiques. Les réactions chimiques de la vie se passent en milieu aqueux : les organismes sont très riches en eau (jusqu'à plus de 90%). Elle a longtemps été considérée comme un solvant neutre intervenant peu ou pas dans les réactions chimiques. La dilution dans l'eau permettrait en particulier de ralentir l'activité des réactifs. En fait, l'eau est un agent chimique très agressif qui risque d'attaquer les parois du récipient qui la contient comme par exemple dans un flacon en verre, des ions silicium passent dans l'eau.

L'eau pure peut exister du point de vue réglementaire, c'est-à-dire, eau sans contaminants bactériens et chimiques, mais elle n'existe pratiquement pas du point de vue chimique (même l'eau distillée contient des traces d'ions ou de molécules organiques prélevées aux conduites et aux récipients).

Dans les réactions chimiques, l'eau intervient d'abord par sa dissociation en protons H^+ , souvent associés à H_2O pour former des protons hydratés H_3O^+ , et en ions hydroxyle OH^- . C'est le rapport entre ces 2 types d'ions qui détermine le pH de la solution (pH : logarithme de l'inverse de la concentration molaire en H^+). De nombreux métaux peuvent décomposer l'eau en produisant un dégagement d'hydrogène et un hydroxyde métallique (Anonyme. 8).

6.3. Propriétés biologiques

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. Il existe un cycle biologique, au cours duquel s'effectue une série d'échanges grâce à l'eau. Celle-ci est le constituant principal (en volume) des êtres vivants, et plus particulièrement du protoplasme de toutes les cellules. L'eau compose aussi la plus grande partie de nos aliments (70 à 95% de la plupart de nos viandes et de nos fruits et légumes). Il est donc évident que «l'eau, c'est la vie» (Anonyme. 9).

E. POLLUTION DES EAUX

1. Définition

Par définition le verbe '*Polluer*' est dérivé du latin '*polluere*' : de faute ou de corruption. De ce fait le sens le plus commun est de faire quelque chose d'impropre ou nuisible pour les êtres vivants, en particulier par l'ajout des déchets ou des eaux usées (Cunningham, 2003).

La contamination et la pollution se rapportent toute les deux à la présence des produits chimiques dans l'environnement. La contamination se réfère à la présence d'un ou plusieurs produits chimiques à des concentrations plus hautes que la normale, mais non assez pour causer des dégâts biologiques ou écologiques (Freedman., 2003).

La pollution peut être définie de plusieurs manières. Elle se produit lorsque des impuretés sont déversées dans l'eau, entraînant une détérioration de sa qualité. La contamination de l'eau comprend toute substance inutile que l'eau ne peut pas éliminer naturellement.

La pollution de l'eau décrit généralement l'introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité de l'eau naturelle (Nsikak., 2008). La pollution de l'eau douce (par exemple par le biais de l'eutrophisation, l'acidification, et la pollution des eaux souterraines) est celle qui diminue sa pureté (Park., 2007).

2. Sources de pollution de l'eau

En général, les eaux souterraines sont moins vulnérables à la pollution que les eaux de surface (Fawell. & Nieuwenhuijsen., 2003).

Il existe des sources naturelles de contamination des eaux, tels que les ressorts des poisons, les suintements de pétrole, l'érosion et la sédimentation (figure 6) ; mais la plupart des discussions sur la pollution de l'eau se rapportent aux changements d'origine humaine qui affectent la qualité de l'eau ou son utilisation (Cunningham., 2003).

La pollution de production peut être considérée sous la rubrique des quatre grands secteurs d'activités humaines, l'industrie, l'énergie, le transport et l'agriculture.

Avec l'augmentation marquée de la population et l'industrialisation, un nouvel ensemble des polluants est apparu (Goldstein., 2002).

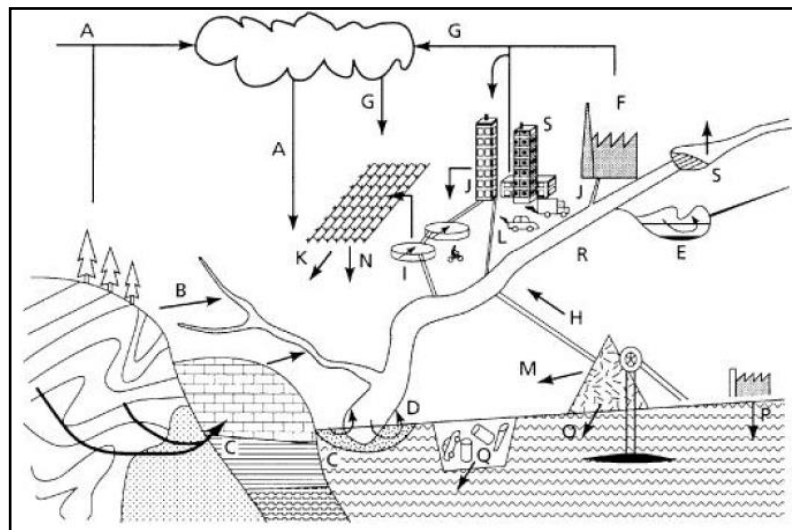


Fig. 6 : Les principales sources naturelles et anthropiques des polluants de l'eau (Meybeck., 2001).

Selon la figure :

- Les sources et les voies naturelles :
 - A. Les retombées océaniques et les sels,
 - B. le lessivage des sols et l'érosion,
 - C. La dissolution minérale par les eaux souterraines,
 - D. Les processus biogéochimiques dans les écotones,
 - E. Les processus au sein des masses d'eaux,
 - F. L'évaporation.

- Les sources anthropiques et leurs voies:
- G. La pollution atmosphérique,
 - H. La libération directe des eaux des mines,
 - I. La sortie des eaux usées urbaines,
 - J. Le rejet des déchets industriels dans les eaux,
 - K. Les eaux de ruissellement provenant des terres agricoles,
 - L. Les eaux de ruissellement provenant des zones urbaines,
 - M. Les eaux de ruissellement provenant des résidus des mines,
 - N. Le lessivage des sols contaminés aux eaux souterraines,
 - O. La lixiviation de résidus de mines des eaux souterraines, des décharges de polluants,
 - P. Les fuites,
 - Q. Les libérations des déchets vers les eaux souterraines,
 - R. Les canalisations,
 - S. Les barrages.

3. Origines de pollution

3.1. L'industrie

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de substance qui vont polluer nos rivières et nos nappes, parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme (Anonyme. 4).

Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration.

Les résidences privées ne sont pas les seuls bâtiments qui ont besoin d'eau : Les entreprises et les usines en ont besoins aussi pour leur activité. Provenant des usines, les rejets industriels sont caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du processus industriel. Selon l'activité industrielle, nous retrouverons des pollutions aussi diverses que :

- Des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires...),
- Des hydrocarbures (industries pétrolières, transports),
- Des métaux (traitement de surface, métallurgie),
- Des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries..),
- Des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques),
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets médicaux radioactifs).

3.2. L'agriculture

Elle utilise des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures. Ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration (Djemmal., 2009).

L'aggravation constante de la pollution agricole due à l'utilisation d'engrais et de produits de traitements des végétaux rend l'eau impropre à la consommation dans de nombreuses régions. Les causes des différentes formes de pollution agricole sont :

- Les engrais et autres matières fertilisantes épandues (boues de stations d'épuration, effluents d'élevage, cendres) sur les sols agricoles,
- Les déjections animales non récupérables pour les animaux en pâture.
- Les produits phytosanitaires (herbicides et pesticides), les engrais azotés, liés aux pratiques culturales elles-mêmes, provoquent une montée régulière des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines (de 1 à 2 mg/L par an, alors que la concentration maximale admissible est de 50mg/L). L'altération des nappes souterraines est moins réversible que la pollution des eaux superficielles du fait du lent renouvellement de ses ressources. Les produits phytosanitaires sont détectés dans les nappes souterraines : les plus inquiétants sont les herbicides de la famille des triazines dont l'atrazine, pourtant interdite d'utilisation depuis octobre 2001 (Gouaidia., & al., 2012).
- Des métaux (Cu et Zn essentiellement) provenant des compléments alimentaires des animaux d'élevage, des résidus d'antibiotiques utilisés contre les infections animales.

3.3. Pollution domestique et urbaine

Nos eaux usées urbaines sont constituées de matières organiques biodégradables certes mais de grandes consommatrices d'oxygène, de germes pathogènes et des produits chimiques (Degremont., 1989).

L'assainissement englobe la collecte, le transport et le traitement des effluents urbains. Les deux principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement collectif sont des systèmes à fonctionnement continu :

- Système unitaire où les eaux résiduaires et pluviales sont reçues dans une même et unique canalisation,
- Système séparatif comportant deux réseaux différents, l'un pour les eaux pluviales, et l'autre, de dimensions plus réduites, pour les eaux résiduaires.

Les systèmes de collecte rencontrés dans les grandes agglomérations ne sont pas homogènes et très souvent, on trouve des réseaux unitaires plus anciens en centre-ville et des réseaux séparatifs plus récents, dans les banlieues et les nouveaux lotissements. Les réseaux unitaires sont équipés de déversoirs d'orage rejetant directement dans le milieu naturel une partie du débit par temps de pluie. Alors, seule une partie plus ou moins importante du flux de matières polluantes atteint la station d'épuration.

Les effluents urbains comprennent :

- Les eaux résiduaires ou eaux usées,
- Les eaux pluviales ou de ruissellement urbain.

L'origine des eaux résiduaires urbaines (ERU) est principalement domestique. La pollution domestique est la conséquence d'une utilisation quotidienne de l'eau dans la maison (taches ménagères, cuisine, entretien d'un jardin, toilette, etc.) (Bercegol. & Gowda., 2018).

Les eaux domestiques sont riches en déchets organiques, en graisses (eau de cuisine), matières minérales (eau de salle de bain), azote, phosphore, et contiennent également des sels minéraux et des métaux. Les détergents contiennent des matières minérales tels les phosphates, qui entraînent la prolifération des algues dans le milieu naturel s'ils ne sont pas traités.

Les eaux usées urbaines peuvent également contenir des eaux résiduelles d'origine industrielle ou artisanale, mais normalement, ces dernières doivent avoir subi un prétraitement leur donnant des caractéristiques comparables à celles des eaux usées domestiques pour permettre un traitement en commun.

3.4. Pollution par les eaux pluviales

Il ne faut pas oublier par ailleurs la pollution générée par les eaux pluviales. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles).

3.5. Pollution d'origine naturelle

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau potable. L'eau souterraine est particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes (Djemmal., 2009).

4. Principaux polluants de l'eau

Les activités humaines, que ce soit industrielle (chimie, papeterie, industrie agroalimentaire,...), urbaine (usages ménagers, commerce, entretien des rues), ou agricole (utilisation d'engrais et de pesticides), produit un grand nombre de polluants de toutes natures. Ils sont à l'origine de différents types de pollution : pollution organique (principalement d'origine animale), chimique (engrais, pesticides, minéraux, détergents, etc.), biologique (bactéries, virus et autres champignons), matières radioactives ou acides.

Ces polluants sont émis dans l'atmosphère, et ils sont rejetés dans les eaux usées ou mis dans le sol, sous forme de gaz, de dissous ou de particules. La plupart se retrouvent dans les milieux aquatiques.

4.1. Polluants physiques

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension : les éléments grossiers, les sables, les matières en suspension (MES) (Lounnas. 2008).

4.1.1. Pollution thermique

La pollution thermique est tout changement de température de l'environnement, qui est souvent à la hausse.

Généralement, ce type de pollution résulte des mécanismes de durcissement des industries et des centrales électriques qui conduisent au rejet d'eau chaude dans l'environnement. Cependant, les rejets d'eaux usées urbaines et le drainage agricole peuvent également être responsables d'une température plus élevée que l'eau. Le réchauffement de l'environnement a des effets importants :

- ✓ Réduction de la quantité d'oxygène dissous dans les environnements aqueux,
- ✓ Augmentation de l'activité métabolique des organismes (jusqu'à un certain seuil).
- ✓ Augmentation de la température induit à augmenter la sensibilité des organismes aux substances toxiques (Futura-Santé., 2010).

4.1.2. Pollution radioactive

Elle est sans aucun doute le type de pollution le plus dangereux, mais c'est aussi celui qui a donné lieu aux mesures de protection les plus sévères et stricte.

Par ailleurs, pour des raisons de commodité et d'économie, de nombreuses entreprises industrielles éliminent leurs déchets en les rejetant dans l'environnement, souvent ailleurs que sur le lieu de travail ou à proximité du lieu de production. Les effluents gazeux et les aérosols sont rejetés dans l'atmosphère, et les déchets liquides sur terre, dans les rivières ou dans la mer. Quant aux déchets solides, ils sont souvent déposés à la surface du sol ou enterrer (Lacourly. 1971).

4.2. Polluants chimiques

La pollution chimique est lié à l'activité humaine (aménagement, industrie, agriculture), aussi à l'utilisation d'engrais et l'élevage, elle considère les nitrates, l'azote et les phosphates présents dans les pesticides, les médicaments vétérinaires et humains, les produits ménagers, les peintures, les métaux lourds (mercure, le cadmium, le plomb, l'arsenic...), des acides et les hydrocarbures utilisés dans l'industrie.

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,

4.3. Pollution biologique

L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes tels que des bactéries (salmonelles), des virus (hépatite A) et des protozoaires (toxoplasme, Cryptosporidium) (Haddou., 2010). Qui sont dangereux pour la santé humaine et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (Lounnas., 2008).

Souvent, la source de contamination microbiologique est les eaux usées mal traitées ou le ruissellement des installations d'élevage ou le lessivage des terres agricoles qui se déverse dans les cours d'eau qui peuvent engendrer des épidémies lors de l'utilisation de ces eaux.

Ces maladies sont diverses, on peut citer:

- ✓ Maladies d'origine hydrique (causées par des organismes fécaux, des substances toxiques, etc...). Plus de 12 millions de personnes meurent chaque année de maladies d'origine hydrique dans le monde, et 1,8 million d'enfants meurent chaque année de diarrhées et de MTH (maladies à transmission Hydrique) des eaux non potables).
- ✓ Maladies associées à une mauvaise hygiène (Odoulami., 2009).

4.4. Pollution organique

La pollution organique est l'introduction de matière organique dans l'environnement, elle résulte de diverses activités : industrielle (hydrocarbures), agricole (engrais azotés et phosphatés) et domestique (matières fermentées).

La pollution organique de l'eau provenant de l'eau domestique et des industries alimentaires entraîne une consommation excessive d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique et peut donc entraîner la mort de la vie aquatique (eutrophisation des cours d'eau) (Melghit., 2009).

5. Origines de pollution

Les risques sanitaires liés à l'eau sont dus à l'utilisation d'une eau polluée, impropre à l'usage voulu, comme par exemples :

- La consommation de l'eau (boisson,), de produits vivants ou issus de cultures en milieux aquatiques (coquillages,),
- La baignade,
- L'utilisation en milieu hospitalier (eau chaude, sanitaire, eau ultra pure, ...).

Le risque sanitaire est de nature infectieuse (virus, bactéries, parasites, champignons), chimique (minéral, organique), ou physique (thermique, radioactif).

Les risques encourus sont à plus ou moins longs termes. Certains sont connus et avérés pour la santé, et d'autres sont suspectés voire émergents. Les principaux risques sanitaires à court terme liés à l'eau sont généralement d'ordre infectieux. Ils proviennent de la présence de micro-organismes (bactéries, virus, parasites). Les effets sont généralement bénins (troubles digestifs, mycoses) mais peuvent s'avérer plus importants (hépatites, leptospirose, typhoïde, cholera, légionellose...). Pour les risques encourus à long terme, les symptômes dépendent de la dose et de la durée d'exposition. Les maladies développées ont souvent une origine chimique : saturnisme lié au plomb, cancers liés à l'arsenic, au mercure, au chrome, aux nitrates, aux hydrocarbures, ...présents dans l'eau (Anonyme 10).

6. Les conséquences de la pollution

Les conséquences de la pollution peuvent être classées en quatre (04) catégories principales.

6.1. Conséquences écologiques

Les conséquences écologiques de la pollution des ressources en eau se traduisent par la dégradation des écosystèmes aquatiques. Comme tout le milieu naturel, un écosystème aquatique dispose d'une capacité propre à éliminer la pollution qu'il subit : c'est sa capacité « d'autoépuration ». Cependant, lorsque l'apport de substances indésirables est trop important, que cette capacité épuratoire est saturée, les conséquences écologiques peuvent être de différentes natures.

Les eaux usées industrielles entraînent des dégradations qui entrent dans le cadre générale des eaux usées et dans celui des dégradations par surcharge des eaux, en suspensions. Par exemple des études effectuées sur deux espèces communes, (espèces des crustacées) montrent qu'une concentration en cuivre de 0,1 mg/L détermine la mortalité de ces 2 espèces dans un délai inférieur à 6 jours. En l'absence de collecteurs d'eaux usées, ces dernières finissent par percoler au travers des sédiments jusqu'au bas des plages ou elles constituent un 'horizon des sources' riches en ions phosphate, nitrates et en détergents (Delmont., 2016).

6.2. Conséquences sanitaires

En effet les eaux usées peuvent avoir des conséquences sur la santé de l'Homme. La pollution de certaines couches hydriques si elle a atteint des niveaux alarmants provoque des épidémies dues aux maladies à transmission hydrique (M.T.H) (Pierre. & Bernard., 2012).

6.3. Conséquences industrielles

L'industrie est un gros consommateur d'eau, il faut par exemple 1m³ d'eau pour produire 1kg d'aluminium. Le développement industriel peut être stoppé par la pollution.

7. Les critères de pollution d'une eau

La pollution des eaux explique par plusieurs critères physiques, climatique, etc.

7.1. Les paramètres physiques

7.1.1. La température de l'eau

La connaissance de la température est essentielle pour les réactions physicochimiques et biologiques régies par leurs caractéristiques thermodynamiques et cinétiques. A titre d'exemple, la concentration à saturation de l'oxygène dissous, plus l'eau n'est chaude et plus sa concentration limite diminue le pH et la conductivité est dépendante de la température de même que les processus de biodégradation carbonée.

7.1.2. L'odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation elle dégage une odeur nauséabonde.

7.1.3. La couleur

La coloration d'une eau peut être soit d'origine, naturelle, soit associée à sa pollution (composé organiques colorés). La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine du visible.

7.1.4. Notion de l'équivalent habitant

Il permet de quantifier la pollution rejetée par intermédiaire de 'l'habitant équivalent'.

7.1.5. Les matières en suspension

Il s'agit de matières non solubilisées. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales (Pierre. & Bernard., 2012).

7.2. Les paramètres chimiques

Les paramètres chimiques sont aussi des critères qui expliquent la pollution des eaux.

7.2.1. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH est important pour la vie et le développement de la faune et de la flore existante dans les cours d'eau. Cependant, sa valeur peut être à l'origine des ennuis dans les canalisations (corrosion et dépôts calcaires).

7.2.2. L'oxygène dissous

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/L. elle est en fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usées domestique peut contenir de 2 à 8 mg/L (Tourab., 2013).

7.2.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO est d'autant plus élevée qu'il ya des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. Elle est mesurée en mg d'O₂/L.

7.2.4. La demande biologique en oxygène (DBO)

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène en mg/L consommé dans les conditions se l'essai de l'incubation à 20°C et à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée.

7.2.5. La conductivité

La mesure de conductivité électrique, paramètre non spécifique, est probablement l'une des plus simples et des plus importants pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau.

F. LES MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUE

1. Définitions

Les maladies transmissibles sont définies comme suit :

Selon le dictionnaire médicale 'Le mot Maladie transmissible est due à des pathogènes qui se propagent facilement, également appelée maladie contagieuse' (Dictionaries larousse medical., 2006).

Et d'après le rapport annuel de santé médecine a qualifié de maladie transmissible « toute affection qui peut être communiquée d'un individu contaminé à un autre en bonne santé. Les maladies sont transmises par voie aérienne, par les éternuements ou la toux. L'affection peut également se transmettre en entrant en contact cutané avec une personne malade, ou en respirant un air contaminé par des micro-organismes. De la nourriture ou une surface infectée peuvent également être des modes de communication d'une maladie transmissible » (Anonyme. 11).

Les maladies d'origine hydrique sont toutes les maladies causées par l'eau potable contaminée par des eaux usées (matières fécales animales ou humaines) qui contient des microorganismes pathogènes. Cela est susceptible de se produire lorsque les systèmes d'eau potable publics et privés retirent leur eau des eaux de surface (pluie, ruisseaux, rivières, lacs, etc.), qui pourraient être contaminées par des personnes ou des animaux infectés.

Le ruissellement de surface des décharges, des eaux usées, des eaux industrielles ou résidentielles peut parfois polluer les eaux de surface.

Le choléra, la dysenterie, la fièvre typhoïde, la polio et les hépatites A et E sont parmi les maladies d'origine hydrique les plus courantes. En général, les aliments contaminés sont le moyen le plus courant d'infecter les gens.

L'éducation sanitaire et le développement de systèmes de traitement des déchets et de purification de l'eau permettent de contenir durablement les épidémies provoquées par ces maladies.

2. Classification des maladies d'origine hydrique

On détermine 05 classes de pathologies d'origine hydrique :

- Les pathologies liées à l'eau de boisson souillée par les microorganismes,
- Les pathologies liées à la mauvaise qualité chimique de l'eau de boisson,
- Les pathologies transmises par les agents pathogènes qui utilisent des hôtes intermédiaires évoluent dans l'eau,
- Les pathologies transmises par des vecteurs évoluant dans l'eau,
- Les pathologies liées à la pénurie d'eau.

3. Les principales maladies à transmission hydrique

Les maladies infectieuses, la fièvre typhoïde, la dysenterie bacillaire et le cholera sont des maladies infectieuses bactériennes à transmission hydrique. Elles sont à déclaration obligatoire et font l'objet d'un suivi intersectoriel, du fait que leur apparition dans une région donnée témoigne d'une dégradation importante de l'hygiène publique : cross-connexions entre les réseaux d'AEP et les réseaux d'assainissement ; vides sanitaires mal conçus et régulièrement inondés par les eaux usées, infiltrations des eaux usées de surface. Ces trois maladies ont également en commun (Pierre. & Bernard., 2012).

3.1. La fièvre typhoïde

La fièvre typhoïde est une toxi-infection contagieuse, fréquente à déclaration obligatoire c'est une bactériémie a point de départ l'lymphatique mésentérique. La fièvre typhoïde est une infection bactérienne dans le réservoir de germes (Mohammed., & al. 2014).

3.2. Le Choléra

Le choléra est une maladie diarrhéique aigue due à l'intégration d'aliments ou d'eau contaminé par le vibrion cholera.

Le choléra est une maladie toxi-infection due à des vibrions pathogènes appartenant aux vibrions cholériques, le cholera provoque une diarrhée dont l'importance dépend de l'intensité des désordres causés par imprégnation d'épithélium intestinal par la toxine cholérique.

La diarrhée peut n'avoir aucun caractères spécifique si elle est classique par contre, elle correspond, si elle est majeure, au tableau classique de la maladie communément appelée choléra. Ce tableau est caractérisé par l'aspect purement hydrique des déjections et intensité de déshydratation qui résulte de l'abondance des selles (Abdeldjellil. 2004).

III. CONCLUSION

L'eau est la matière la plus importante pour l'existence de l'homme, elle est indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne. Elle est exposée à la pollution par des interventions humaines ou naturelles qui perturbent les conditions de vie de tous les êtres vivants, raison pour laquelle, elle a besoin de protection, de traitement, de conservation et d'économiser leur utilisation.

L'eau peut être véhicule de nombreux germes pathogènes entrainant des maladies à transmission hydrique. Les principaux micro-organismes qu'on peut trouver dans l'eau

potable sont de trois types : les bactéries, les virus et les protozoaires. Les bactéries peuvent se multiplier et conduire à une dégradation de la qualité de l'eau distribuée : gout, odeur, etc....



*Chapitre 2 :
Qualité de l'eau*

Deuxième Chapitre : QUALITE DE L'EAU

I. PARAMETRE DE LA QUALITE DE L'EAU

Pour qu'une eau peut être consommée en toute sécurité à court terme, à moyen terme et à long terme, elle doit répondre aux certains normes qui varient en fonction des paramètres suivants :

A. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

1. Température

La température est un paramètre très important et de confort pour les usagers. C'est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques (Leynaud, 1968). Elle permet également de corriger les paramètres d'analyses dont les valeurs en sont liées (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des variations de température de l'eau, il est possible d'obtenir des indications sur son origine et son écoulement.

Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes (W.H.O, 1987).

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur (O.M.S, 1994).

2. potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène est un paramètre physique qui détermine l'acidité, la neutralité ou la basicité d'une eau par la mesure de la concentration des ions H^+ contenants dans l'eau. C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement.

Le pH compris entre 6.5 à 9.5 selon les normes de l'OMS. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre (Rodier., 2005).

3. La turbidité

La turbidité d'une eau est un paramètre en même temps physico-chimiques et organoleptique dû à la présence des particules en suspension, principalement colloïdales (argiles, limons, grains de silice, matières organiques...). Qui donnent un aspect trouble à l'eau. La pluviométrie joue un rôle important vis-à-vis de ce paramètre dans les eaux superficielles et souterraines selon leur origine. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité (Rodier. & al., 2009 ; Savary., 2010).

4. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau (Satin. & Selmi., 1999). Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, du régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (Rodier., 1984).

Une eau potable ne doit pas contenir de matières en suspensions décantables. Par contre une eau qui contient des suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs (Degremont., 2005).

5. Conductivité électrique (CE)

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm (Rodier., 2005). Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (Mens. & Derouane., 2000).

Elle permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau et nous renseigne également sur les degrés de minéralisation dans ce dernier (Guentri. & Rahmania., 2015).

La conductivité électrique standard s'exprime généralement en micro-siemens par mètre ($\mu\text{S}/\text{m}$) ou par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Anonyme. 12, 2005 ; Gaujour., 1995).

6. Dureté totale (TH)

La dureté totale de l'eau ou titre hydrotimétrique (TH) est calculée par la somme des concentrations des ions de calcium (Ca^{2+}) et des ions de magnésium (Mg^{2+}) dans l'eau, exprimés en carbonate de calcium (CaCO_3). Elle s'exprime par le titre hydrotimétrique (TH) et mesuré par le degré français (°F), de telle façon que plus le TH est élevé, plus l'eau est dure ou calcaire. Cette quantité est exprimée en mg/L ou en ppm (Guilbert., 2005).

Les eaux sont classées en fonction de leur TH ou en mg/L de CaCO_3 :

- ✓ 1°F = 10 mg/L (CaCO_3),
 - ✓ 1°F = 4 mg/L (Ca^{2+}),
 - ✓ 1°F = 2.4 (Mg^{2+}).
- ✓ Une eau qui est très douce : TH < 7°F ⇒ Eau non potable,
 - ✓ Une eau douce : TH = 7 à 14°F ⇒ Eau de bonne potabilité,
 - ✓ Une eau moyennement douce : TH = 14 à 22°F ⇒ Eau passable,
 - ✓ Une eau dure : TH = 22 à 32°F ⇒ Eau passable,
 - ✓ Une eau très dure : TH = 32 à 54°F ⇒ Mauvaise potabilité.

Dans l'eau, sont déterminés:

- ✓ La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne,

- ✓ La dureté calcique qui correspond à la teneur globale en sels de calcium,
- ✓ La dureté magnésienne qui correspond à la teneur globale en sels de magnésium,
- ✓ La dureté carbonatée correspond à la teneur en hydrogencarbonate et carbonate de calcium et de magnésium.

7. L'Oxygène dissous (OD)

Le paramètre de la qualité de l'eau '*Oxygène dissous*' est l'un des paramètres les plus sensibles à la pollution, la solubilité de l'oxygène est liée à plusieurs facteurs : la pression atmosphérique, la température de l'eau, la salinité et aussi en fonction de l'origine de cette eau.

L'oxygène dissous conserve ses propriétés oxydantes, soit par une réaction purement chimique en oxydant des composés minéraux (Fe^{2+} , NH_4^+ , NO_2^- ...) ou organiques, soit par des phénomènes biochimiques (consommation de l'oxygène par les microorganismes pour assurer la dégradation des constituants de l'eau), soit encore par des réactions électrochimiques (Rodier. & al., 2009).

8. Matières Organiques dissoutes (MO)

Dans les eaux naturelles, elles représentent plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de carbone. Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total (Sari., 2014).

8.1. Oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4)

Cette mesure renseigne sur la concentration en matières organiques présentes dans une eau peu chargée. On utilise un oxydant, le permanganate de potassium (KMnO_4), qui, dans des conditions opératoires précises, va oxyder des molécules présentes dans l'eau. Ces molécules sont essentiellement des molécules organiques mais des molécules minérales peuvent être également oxydées et l'on devrait parler plutôt de matières oxydables.

Le KMnO_4 n'attaque pas toutes les molécules organiques mais il est très utilisé pour suivre l'évolution de la matière organique dans une station de traitement. L'oxydation des matières organiques et des substances oxydables est effectuée par le permanganate de potassium à chaud ou froid. La méthode à chaud est la plus utilisée à cause de sa rapidité (Bensaci., 2006).

8.2. Le carbone organique total (COT)

Le COT est définie comme la concentration en milligramme de carbone par L d'échantillon (mg de Carbone /L), c'est une méthode directe pour mesurer la teneur en matières organiques d'une eau. Il consiste à brûler l'échantillon d'eau à 950°C sous l'action de l'oxygène gazeux et de mesurer le CO_2 dégagé, et par suite de mesurer le carbone total (organique et minéral).

Le COT est une méthode rapide et présente plusieurs avantages tels que : on peut analyser l'eau quelle que soit sa qualité (de forte salinité, acide, basique, ou contient des

composés toxiques). Mais malgré ses avantages, il exige un appareillage coûteux (Boeglin., (2001) ; C.R.A.A.G., 2004).

La détermination du carbone organique total (COT) ou dissous (COD) passera donc par l'élimination du carbone minérale avant la mesure, ou par sa soustraction du carbone total. Le principe de la mesure du carbone organique dans les eaux consiste en minéralisation par oxydation des matières organiques (MO), suivi de la mesure du CO₂ libéré.

8.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

C'est une mesure de toutes les matières organiques (ou presque) contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient biodégradables ou non.

La DCO est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelle que soit leur origine organique ou minérale (fer ferreux, nitrites, ammonium, sulfures et chlorures). Ce test est particulièrement utile pour l'appréciation du fonctionnement des stations de traitement.

L'oxydation est effectuée ici dans des conditions énergiques, par voie chimique. Elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (bichromate de potassium), en milieu acide fort (H₂SO₄) et au reflux pendant deux heures.

La DCO constitue donc un paramètre important. C'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels (surtout ceux à caractère toxique qui se prête mal aux mesures de DCO, exprimée, elle aussi en mg/L d'oxygène, diffère de celle de la DBO. Elle est généralement supérieure, surtout pour les eaux usées domestiques, mais il y a souvent un rapport à peu près constant entre les deux (de l'ordre de 1.5 à 2) (Dajoz., 2000 ; Kirati. & Brahmia., 2006).

8.4. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation d'oxygène ; le milieu exerce donc une certaine demande biochimique d'oxygène. La mesure de cette DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matière organiques biodégradables et donc, dans une certaine mesure, sa qualité ou son degré de pollution.

La dégradation complète des matières organiques peut être relativement longue (plusieurs semaines). D'autre part, l'oxydation des dérivés ammoniacaux et des nitrites en nitrates (nitrification) absorbe également de l'oxygène. Cette nitrification, dans les eaux naturelles, ne débute qu'au bout d'une dizaine de jours. Pour ces deux raisons, on mesure la DBO en 5 jours, ou DBO₅, c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommée; pendant ce laps de temps, pour l'oxydation partielle des matières organique biodégradables sous l'action des microorganismes (C.R.A.A.G., 2004 ; Dajoz., 2000 ; Kirati. & Brahmia., 2006).

9. Alcalinité

L'alcalinité de l'eau correspond à la présence des bases et aussi des sels d'acides faibles. Généralement les eaux de surface contiennent des ions hydroxydes (OH^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydrogénocarbonates (HCO_3^-).

Ce paramètre est déterminé par acidimétrie et on distingue pour la mesure deux principaux types d'alcalinité qui correspondent à deux bornes de pH : le "TAC" et le "TA".

➤ Alcalinité au virage du rouge de méthyle: Elle correspond à l'alcalinité totale à un pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} et OH^- . Cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet 'TAC' (Lounnas., 2009).

➤ Alcalinité au point de virage de la phénophtaléine (alcalinité composite): Elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} . Cette alcalinité composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8,3. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique 'TA' (Lounnas., 2009).

Les eaux de surface ont une alcalinité naturelle avec une concentration suffisante pour l'injection de sulfate d'alumine ou un autre produit dans les phases de traitement des eaux.

10. Les Chlorures

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.

11. Les Sulfates

Les métaux sont utilisés sous forme solide (métallique) en alliage, lorsqu'ils se combinent avec un autre métal, ou en sels, lorsque le métal est combiné avec certains éléments non métalliques. Leur formation découle d'une attaque oxydante : le métal est oxydé en ion positif (cation) et se combine alors avec un ion négatif (anion) pour donner un sel. Les anions pouvant former des sels avec les métaux sont légion ; les plus courants sont : sulfate (SO_4).

On peut trouver les sulfates (SO_4) presque dans presque toutes les eaux naturelles. Son origine vient des composés sulfates est l'oxydation des minerais de sulfites, la présence de schistes, ou de déchets industriels.

B. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES

La qualité organoleptique d'une eau potable est très importante, car la couleur, l'odeur, le goût et la turbidité sont des paramètres évalués par les consommateurs ; soit l'acceptation ou le refus de cette eau et pour cela plusieurs méthodes sont effectuées pour détecter et identifier ces derniers paramètres.

1. La couleur

La couleur de l'eau généralement provient des matières organiques, des métaux comme le manganèse ou le fer ou provient des résidus industriels colorés. Leur couleur varie du jaune pâle à peine perceptible au brun rougeâtre, cette variation de couleur dépend de la concentration des matières, du pH et de turbidité.

La mesure de la couleur d'une eau naturelle se fait par comparaison avec une échelle artificielle de couleur. La substance de référence choisie est le chloroplatine de potassium ($K_2 PtCl_6$) dans une solution de chlorure de Cobalt ($Co Cl_2$). L'unité de couleur est le Hazen correspondant à 1mg/L de platine sous forme de ($K_2 Pt Cl_6$). On l'appelle aussi unité platino-cobalt ou unité de couleur vraie (Ucv). Pour une eau potable, le degré de couleur maximale est de 25 Ucv (Behloul, 2009).

2. Odeur et Gout

Tout signe de goût ou d'odeur est un signe de pollution ou de présence de matière organiques. 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 provoquée par chacune de ces substances. D'autre part le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche.

C. PARAMETRES INDESIRABLES / METAUX LOURDS

1. Le Fer

Elément assez abondant dans les roches (quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. La craie contient des nodules de marcasite (sulfure) ; les terrains jurassiques présentent un niveau d'oolithes en oxydes de fer. Le fer est soluble à l'état d'ion Fe^{2+} (ion ferreux) mais insoluble à l'état Fe^{3+} (ion ferrique). Le 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 souches de bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations (Belghiti & al., 2013).

2. L'Ammonium

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel.

3. Le Manganèse

Le manganèse est un élément important quel que soit pour l'humain ou pour les animaux. Pour des raisons de santé, le seuil maximum pour le manganèse a été fixé à 0.05 mg/L soit 50 μ g/L. A des concentrations supérieures à 0.05 mg/L, le manganèse présente des risques majeurs, il peut causer des problèmes dans les réseaux de distribution en y favorisant la croissance de microorganismes.

4. Les Phosphate

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les orthophosphates et les polyphosphates.

Les phosphates font partie des anions assimilables par le corps de l'être humain. Quelle que soit leur origine, leur présence dans les eaux à fortes concentration supérieures à 0,2 mg/L favorise le développement massif d'algues (Algues bleus et rouges).

5. Les Nitrates

Constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification (Derwich. & al., 2010).

Les nitrates ne sont guère toxiques, mais ce n'est qu'à deux conditions que peut se révéler leur toxicité: s'il y a ingestion vraiment massive de ces composés ou s'ils sont transformés en nitrites par la microflore digestive au sein de l'organisme.

La méthémoglobinémie (ou syndrome du bébé bleu) est un problème de santé associé à l'ingestion des nitrites et des nitrates (Idrissi., 2006).

6. Les Nitrites

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles quantités rencontrées en milieu aquatique. En 2002, l'OMS a fixé une norme de 0.1 mg/L pour les nitrites (Abboudi. & al., 2014).

D. PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES

Tel que les autres paramètres de qualité de l'eau ce que nous avons mentionné plus tôt, les paramètres bactériologiques sont essentiel. Avec le développement dans tous les domaines, les problèmes d'hygiène et de santé se développent aussi, ce qui induit à effectués des contrôles bactériologiques des eaux de surface et de consommation.

1. Les Coliformes totaux

Sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives. La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (Chevalier., 2003).

Tableau. 1 : Qualité bactériologique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS., 2002)

Organismes	Les valeurs indicatives	Remarque
A/ Toutes les eaux destinées à la consommation		Non détectables dans un échantillon de 100 ml.
E. coli ou bactéries coliformes	0	
Thermotolérants	0	
B/ Eaux traitées à l'entrée du réseau de distribution		Non détectables dans un échantillon de 100 ml.
E. coli ou bactéries coliformes	0	
Thermotolérants	0	
Coliformes totaux	10	
C/ Eaux traitées dans les réseaux de distribution		
E. coli ou bactéries coliformes	0	Non détectables dans un échantillon de 100 ml.
Thermotolérants	0	
Coliformes totaux	10	Non détectables dans un échantillon de 100 ml. Dans les installations importantes lorsqu'un nombre suffisant d'échantillons sont examinés, on ne doit pas trouver de coliforme dans 95% des échantillons prélevés sur une période de 12 mois.

2. Les Coliformes fécaux

Les coliformes thermotolérants ou coliformes fécaux forment un sous-groupe de bactéries de coliformes qui fermentent le lactose à une température comprise entre 44 et 45°C pendant 24 heures. Ce groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *klebsiella*...), La souche type est *Escherichia coli* (Rodier., 1996).

2.1. Streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux sont des Cocci à gram positif, disposés en chainettes. Ils sont anaérobies aérotolérants, immobiles, non sporules, catalase négatif (Carip. & al, 2015).

En général, ils sont des bactéries des matières fécales. Leurs antigènes de paroi les classent dans le groupe "D" de *Lancefield* (Joffin. & Joffin., 2010).

II. QUALITE DE L'EAU

A. QUALITE PHYSIQUE DE L'EAU

L'eau doit être limpide, claire, incolore, inodore, ne doit nuire à la santé du consommateur ni à court terme, ni à long terme. La qualité physique de l'eau correspond à des caractéristiques physiques telles que le pH, la température, la turbidité, les matières en suspensions, la couleur, l'odeur et la saveur en respectant les normes.

B. QUALITE CHIMIQUE DE L'EAU

L'eau destinée à la consommation est soumise à des critères stricts vis-à-vis des produits chimiques toxiques indésirables, ces derniers étant recherchés à l'état de traces prédéterminés sur la base de critères de consommation quotidienne d'eau.

C. QUALITE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU

Parallèlement aux paramètres physiques et chimiques de l'eau Comme nous l'avons mentionné précédemment, on prend en compte les paramètres bactériologiques, l'eau ne doit pas contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène.

Ces paramètres bactériologiques concernent non pas des microorganismes pathogènes mais des germes jouant un rôle d'indicateur (Rodier., 1996). L'organisation mondiale de la santé divise les indicateurs microbiens en trois groupes (Ashbolt. & al., 2001):

- Les indicateurs liés à l'efficacité des traitements: Bactéries hétérotrophes totales, les coliformes totaux,
- Les indicateurs d'une contamination fécale: Les coliformes fécaux, E. coli,
- Les indicateurs modèles de pathogènes: E. coli, Salmonella, les virus entériques humains.

III. NORMES DE QUALITE DES EAUX POTABLES

A. DEFINITION

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé selon l'organisation mondiale de la santé. C'est une eau exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces microorganismes sont grands. Ses caractéristiques de potabilité répondent à des normes établies soit au niveau national, ou international (Anonyme. 13., 2008).

B. NORMES DE POTABILITE DES EAUX POTABLES

Généralement, pour chaque paramètre de potabilité, on cherche sa présence et l'on détermine sa quantité dans l'eau. La norme pour un paramètre dans l'eau est représentée par un chiffre, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser et une limite inférieure à respecter. Ce paramètre dépasse la concentration limite où il y a absence de conformité par rapport aux normes établies.

Une norme est un critère de référence établi conformément à une réglementation ou une référence minimale, moyenne ou supérieur. Elle permet de comparer une situation par rapport à une valeur seuil et de définir des conditions acceptables par rapport à celle qui ne le serait pas (Hoffamn. & al., 2014).

Une eau est dite potable si elle respecte les valeurs imposées par la loi de potabilité. Il existe six catégories de paramètres : organoleptique, physico-chimiques, biologiques, de pollution, substances indésirables et substances toxiques.

Concernant les qualités sensibles de l'eau (la couleur, le gout, l'odeur et la transparence), ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe, car une eau peut être trouble, colorée, sentir le chlore et être parfaitement consommable d'un point de vue sanitaire.

Ces normes de potabilité soit selon l'OMS ou l'Algérie, ne sont pas fixes strictement «normes fixes», mais plutôt des normes guides qui sont susceptibles d'être utilisées avec une certaine souplesse selon les différents cas.

Tableau. 2: Paramètres de Qualité de l'eau de consommation humaine (paramètres avec valeurs limites) (Journal Officiel de la République Algérienne N°18 du 23 mars 2011).

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
<i>Paramètres organoleptiques</i>	Couleur	mg/L platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
<i>Paramètres physicochimiques en relation avec la structure naturelle de l'eau</i>	Alcalinité	mg/L en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/L en CaCO ₃	500
	Chlorures	mg/L	500
	Concentration en ions d'hydrogènes	Unité pH	≥6.5 et ≤9
	Conductivité à 20°C	μS/cm	2800
	Dureté	mg/L en CaCO ₃	200
	Potassium	mg/L	12
	Résidu sec	mg/L	1500
	Sodium	mg/L	200
	Sulfates	mg/L	400
Température	°C	25	
<i>Paramètres chimiques</i>	Aluminium	mg/L	0.2
	Ammonium	mg/L	0.5
	Baryum	mg/L	0.7
	Bore	mg/L	1
	Fer total	mg/L	0.3
	Fluorures	mg/L	1.5
	Manganèse	μg/L	50
	Nitrates	mg/L	50
	Nitrites	mg/L	0.2
	Oxydabilités	mg/L d'O ₂	5
	Phosphor	mg/L	5
	Acrylamide	μg/L	0.5
	Antimoine	μg/L	20
	Argent	μg/L	100
	Arsenic	μg/L	10
	Cadmium	μg/L	3
	Chrome total	μg/L	50
	Cuivre	μg/L	2
	Cyanure	μg/L	70

	Mercure	µg/L	6
	Nickel	µg/L	70
	Plomb	µg/L	10
	Sélénium	µg/L	10
	Zinc	mg/L	5
	Chlore	mg/L	5
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices	n/200ml	0

Tableau. 3 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine selon l'OMS 2002 (Paramètres avec valeurs limites).

Elément/ substance	Symbole	Concentration normalement trouvée dans les eaux de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0.2 mg/L
Ammonium	NH ₄ ⁺	<0.2mg/L (peut aller jusqu'à 0.3 dans une eau anaérobie)	Pas de contrainte
Antimoine	Sb	<0.4 µg/L	0.02 mg/L
Arsenic	As		0.01mg/L
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0.7 mg/L
Béryllium	Be	<1 µg/L	Pas de valeur guide
Bore	B	<1 mg/L	0.5 mg/L
Cadmium	Cd	1 µg/L	0.003 mg/L
Chlore	Cl		Pas de valeur guide mais on peut noter un gout à partir de 250 mg/L
Chrome	Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺	<2 µg/L	Chrome total: 0.05 mg/L
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺		2 mg/L
Cyanure	CN ⁻		0.07 mg/L
Oxygène dissous	O ₂		Pas de valeur guide
Fluorure	f	<1.5 mg/L (up to 10)	1.5 mg/L
Dureté		mg/L CaCO ₃	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S		0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0.5-50 mg/L	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0.01 mg/L
Manganèse	Mn		0.04 mg/L
Mercure	Hg	<0.5 µg/L	Inorganique : 0.006 mg/L
Molybdène	Mb	<0.01 mg/L	0.01 mg/L
Nickel	Ni	<0.02 mg/L	0.07 mg/L

Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂		50 et 3 mg/L exposition à court terme.
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	0.01 mg/L
Sodium	Na	<20 mg/L	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄		500 mg/L
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais un optimum en dessous de 1000 mg/L
Uranium	U		0.015 mg/L
Zinc	Zn		3 mg/L

IV. CONCLUSION

L'eau est un paramètre essentiel dans la vie de tous les êtres vivants, Le corps de l'être humain adulte est composé de 60% d'eau et une consommation minimale de 1,5 litre d'eau par jour. Elle peut être aussi une source de maladie, par conséquent, ces derniers analyses et paramètres tel que physico-chimiques et organoleptiques ont été développées pour garantir une consommation sécurisée pour toutes les êtres vivants.

L'eau est la source de vie, c'est la matière la plus importante pour l'existence de l'homme, indispensable pour le développement de la société.

Elle est nécessaire en quantité suffisante mais sa qualité et aussi un paramètre très important.

L'organisme humain peut vivre pendant près d'un mois sans rien manger mais ne peut survivre que quelques jours sans boire.

*Chapitre 3:
Généralités sur le
traitement des eaux de
surface*

Troisième Chapitre : GENERALITES SUR LE TRAITEMENT DES EAUX DE SURFACE

I. INTRODUCTION

La pollution de l'eau potable à divers impacts directs et indirects sur la santé des consommateurs. Par conséquent, la purification de l'eau s'est considérablement développée au cours du dernier siècle, ce qui conduit à la réduction des maladies d'origine hydrique telles que le choléra et la typhoïde ; et de fournir l'eau à plus de consommateurs, car ces micro-organismes et les déchets sont éliminés en utilisant des techniques dites traitement d'eau potables avec ces différents étapes.

Avant être distribuée aux consommateurs, l'eau brutes quel que soit sont d'origine (précipitations, barrages lacs, etc.) doit être rendue potable, et cela par les stations de traitement des eaux potables qui n'effectuent pas toutes le même travail (différentes chaînes de traitement), chaque station à des étapes plus ou moins par rapport à une autre station de traitement.

L'objectif du traitement est de minimiser l'impact des eaux usées sur l'environnement. Les traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle, on parle alors de traitement des eaux décentralisé.

Ce chapitre a pour but de montrer comment l'agencement de "chaînes de traitement", combinant plusieurs technologies, permet de traiter les eaux douces les plus difficiles en vue de les rendre potables.

On distingue habituellement trois grands types de ressources disponibles :

1. Les eaux de surface: celles-ci sont plus ou moins polluées par des matières en suspension (organiques ou non, colloïdales ou non, et parmi celles-ci des algues en quantité très variable), des matières organiques dissoutes (naturelles ou artificielles, certaines d'entre elles étant génératrices de couleur), des organismes pathogènes (virus, bactéries, protozoaires parasites...) et quelquefois des minéraux particuliers comme les métaux lourds,

2. Les eaux souterraines profondes : sont au contraire normalement libres de matières en suspensions (MES), d'organismes pathogènes et de matière organique (MO), mais elles contiennent très fréquemment des composés réduits tels que Fe(II), Mn(II), NH_4 ..., voire des minéraux toxiques tels que As, Se, F ..., des éléments radioactifs, ou plus simplement une dureté excessive ou insuffisante, une salinité excessive (Cl^- , SO_4^{2-}), des nitrates. On remarquera que tous ces éléments requièrent des traitements particuliers, à la différence des eaux de surface demandant des traitements plus globaux (clarification, affinage, désinfection),

3. Intermédiaires entre ces deux premières catégories sont les eaux de nappes "sous influence des eaux de surface", eaux de nappes peu profondes, eaux des réseaux karstiques..., souvent claires mais pouvant se troubler rapidement et contenir tous les autres polluants des eaux de surface et des eaux profondes.

A. DEFINITION DE TRAITEMENT

La production d'eau potable peut être définie comme la manipulation d'une source d'eau pour obtenir une qualité de l'eau qui satisfait à des buts spécifiés ou des normes érigées par la communauté au travers de ses agences régulatrices (Hernandez de Leon., 2006).

Le traitement des eaux brutes après leur captage dépend de leur qualité et de leurs constituants, critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié.

B. OBJECTIFS ET LES CRITERES DE TRAITEMENT

1. Objectifs de traitement des eaux de surface

On peut classer les objectifs en trois principaux points suivants :

- La santé publique : Une eau de boisson ne doit nuire à la santé du consommateur, ne doit contenir aucune substance chimique dissoute dangereuse, elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques,
- L'agrément du consommateur : qui est différent du premier point car une eau peut être agréable à boire tout en étant dangereuse (source polluée...) il s'agit des qualités organoleptiques. Autre ce qui est perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir couleur, odeur et goût, ainsi l'objectif d'une station de production d'eau potable est de fournir un produit de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur (Hernandez de Leon., 2006),
- La protection du réseau de distribution, et les installations des usagers contre l'entartage et la corrosion.

2. Critères de traitement des eaux de surface

L'ensemble formé par les critères de qualité chimiques de l'eau est un des outils existants pour évaluer la qualité des effluents et celle du milieu aquatique. D'une part, ils sont utilisés conjointement aux essais de toxicité sur les effluents pour définir des objectifs de rejet pour les sources de contaminants au milieu aquatique. D'autre part, ils servent de base de comparaison pour évaluer la qualité du milieu parallèlement aux études de suivi biologique sur le terrain. Tous ces outils donnent une information complémentaire, et l'utilisation de l'un ne sert jamais à réduire la portée de l'autre. C'est par l'utilisation complémentaire de ces outils et par leur interprétation à l'intérieur de leurs limites respectives qu'il est possible d'assurer une protection adéquate de l'environnement aquatique.

En ce qui concerne les critères de qualité chimiques, il existe quelques règles à suivre par les utilisateurs pour en tirer le maximum d'information valable.

Les critères de qualité de l'eau ne sont pas des normes. Ces valeurs n'ont pas force de loi en tant que telles; elles s'intègrent dans des procédures globales où elles servent de base à la définition de niveaux d'intervention d'assainissement ou à l'évaluation de la qualité des eaux. Les critères de qualité sont des valeurs associées à un seuil sécuritaire protégeant un usage de tout type d'effets délétères possibles : toxicité, organolepticité ou dégradation esthétique.

Les normes réglementaires, quant à elles, tiennent compte de l'état actuel des limites de détection des méthodes analytiques usuelles ainsi que des technologies et des coûts de traitement.

Les critères de qualité servent à évaluer la qualité de l'eau de surface. Ils ne doivent pas servir à évaluer directement la qualité des eaux potables traitées ni celle des eaux souterraines.

Pour les eaux de bonne qualité qui présentent des concentrations en delà des critères de qualité, ces derniers ne doivent pas être considérés comme étant une approbation implicite à la dégradation du site jusqu'aux concentrations recommandées.

Les eaux qui présentent une qualité moindre que celle définie par les critères de qualité ne doivent pas être dégradées davantage et toutes les mesures doivent être prises pour en améliorer la qualité jusqu'aux critères de qualité. Cette qualité vise les critères suivants:

- Réduction de la teneur en matière organiques : Certaines eaux de surface peuvent ne présenter d'un problème d'élimination des MO. Le traitement pourra être très différent suivant la nature de ces matières organiques,
- Filtration: C'est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire (Hernandez de Leon., 2006),
- Désinfection: c'est une étape ultime du traitement des eaux potables avant distribution aux consommateurs, cette étape permet d'éliminer les micro-organismes pathogènes de l'eau.

Le respect des critères de qualité de l'eau est une exigence minimale. Des considérations sur la santé de l'écosystème, sur l'additivité des effets de plusieurs substances, tant pour la vie aquatique que pour la santé, ou la présence d'un usage spécifique, peuvent nécessiter des exigences supplémentaires.

Les contraintes ne permettant pas le respect des critères de qualité, telles les concentrations naturelles élevées, les limites analytiques trop élevées ou l'absence de méthode analytique sont considérées dans les procédures de gestion des substances toxiques (ex. : méthode de détermination des objectifs environnementaux de rejet). Ces contraintes ne modifient pas la valeur d'un critère de qualité.

Les critères de qualité sont propres à l'usage auquel ils se rapportent. D'une part, pour préserver la ressource ou pour récupérer des usages perdus, certains usages sont considérés comme étant présents ou potentiellement présents dans tous les plans d'eau. D'autre part, certains usages particuliers sont plutôt considérés au site de l'usage.

Le tableau 4 résume les lieux d'application des différents types de critères de qualité.

Tableau. 4 : Lieu d'application des critères de qualité de l'eau de surface (Source : Anonyme. 15).

Type de critère	Lieu d'application
Prévention de la contamination de l'eau des organismes aquatiques	Aux prises d'eau potable.
Prévention de la contamination des organismes aquatiques	A toutes les eaux douces, saumâtres et salées.
Vie aquatique	Aux eaux douces de surface (pour les critères de vie aquatique d'eau douce). Aux eaux saumâtres et salées (pour les critères de vie aquatique d'eau salée). A toutes les eaux douces, saumâtres et salées (pour critères organoleptiques pour la chair des organismes).
Faune terrestre piscivore	A toutes les eaux douces, saumâtres et salées.
Activités récréatives	Au lieu spécifique de l'usage en eaux douces, saumâtres et salées.

Les critères de prévention de la contamination de l'eau et des organismes basés sur les risques pour la santé humaine, qu'ils soient de nature organoleptique ou toxique, ne s'appliquent qu'aux plans d'eau où il y a une prise d'eau de consommation. Quant à la consommation d'organismes aquatiques, elle est considérée comme un usage désigné dans tous les plans d'eau de façon à protéger la ressource pour la consommation actuelle et future. Conséquemment, les critères de prévention de la contamination des organismes comestibles basés sur le risque pour la santé humaine doivent être respectés dans tous les plans d'eau.

Pour atteindre ces critères, l'eau doit subir un traitement comprenant (Figure. 7):

- ❖ Un Prétraitement : Dégrillage, Tamisage, Dessablage et Déshuilage.
- ❖ Une Pré-chloration
- ❖ Une Aération
- ❖ Une Clarification : Coagulation, Floculation, Décantation et Filtration.
- ❖ Une Désinfection
- ❖ Un Stockage.

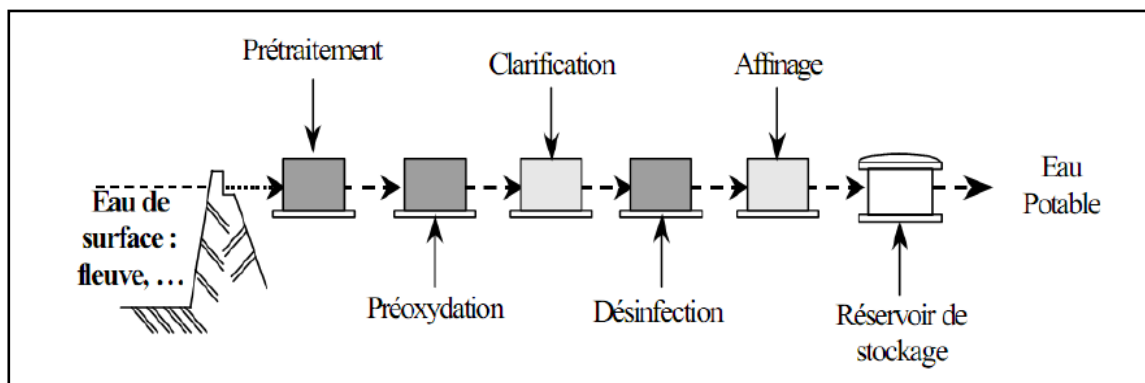


Fig. 7 : Chaîne de traitement simple (Valentin., 2000).

C. ETAPES DE TRAITEMENT

L'eau brute collectée dans le milieu naturel n'est pas toujours potable. Elle doit ensuite être transportée par canalisations vers une usine spécialisée dans le traitement de l'eau, la rendant «potable», c'est-à-dire qu'elle peut être consommée sans risque et elle doit être traitée pour obtenir les propriétés souhaitées. Pour cela le traitement passe par plusieurs étapes (Figure. 8).

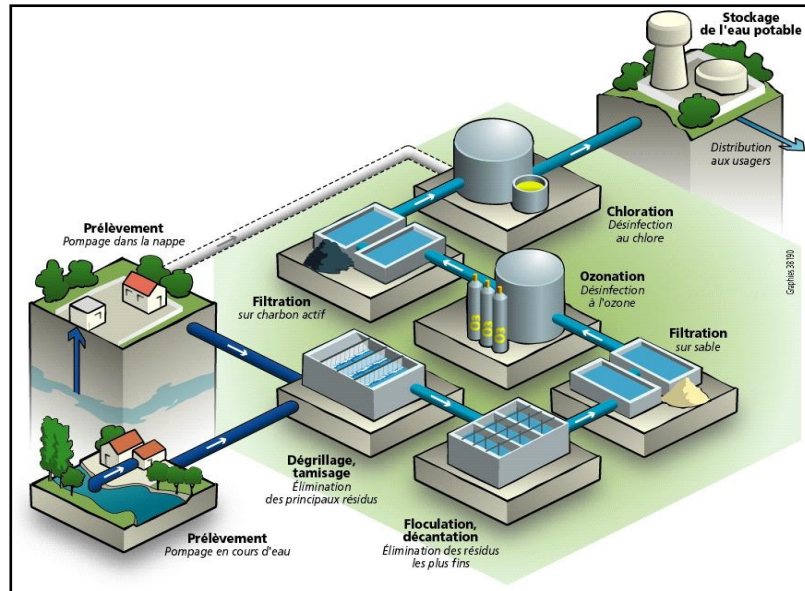


Fig. 8 : Différentes étapes de traitement (Anonyme.13).

1. Prétraitement

L'eau brute doit être soumise à un prétraitement avant le traitement proprement dit. Il est destiné à extraire la plus grande quantité d'éléments dont la nature ou les dimensions font obstacle aux traitements ultérieurs.

Il existe plusieurs techniques qui diffèrent selon la qualité de l'eau brute. On note que ces processus ne sont installés que s'ils sont nécessaires.

1.1. Dégrillage – Microtamisage

1.1.1. Dégrillage

Première étape, elle protège les ouvrages en aval de l'arrivée de gros corps transportés par l'eau brute qui sont susceptibles de provoquer des blocages dans différentes unités de traitement pouvant affecter l'efficacité des traitements ultérieurs (Valentin., 2000).

Les dégrilleurs peuvent être classés selon le système d'élimination des déchets :

- Dégrilleurs manuels : qui doivent être nettoyés manuellement régulièrement,
- Dégrilleurs mécaniques : équipés d'un dispositif assurant un nettoyage automatique.

1.1.2. Micro tamisage

Les éléments filtrants sont constitués de toiles perforés ou plus souvent de toiles en acier inoxydable ou en tissus synthétiques, avec des trous de 0,15 à 2 mm.

Les tamiseurs peuvent être produits en fûts d'un diamètre de 1,5 à 6 mètres ou des barres de 1 à 3 mètres de longueur et de 3 à 15 mètres (Balaska., 2005). Les particules organiques, les minéraux et le plancton sont interceptés si leur taille est supérieure à la taille des ouvertures du micro filtre, ce qui n'améliore pas la turbidité causée par les fines particules ou la couleur de l'eau, argiles, solutés, éléments minéraux et colloïdaux non disponibles pour l'arrêt.

1.2. Dessablage – Déshuilage

1.2.1. Dessablage

Élimine autant que possible les abrasifs du sable et d'autres particules fines sous une forme ou une autre pour protéger les pompes et les équipements de la station contre l'usure obstruée qui pourrait être endommagée par le dépôt de ces particules (Diamètre > 200 microns).

1.2.2. Déshuilage - Dégraissage

Le déshuilage est une extraction liquide-liquide tandis que le dégraissage est une extraction solide-liquide. On peut considérer que le déshuilage dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de nature très diverses (huiles, hydrocarbures, graisses...). Elles peuvent former une émulsion stable entretenue par le brassage de l'eau ou constituer une phase indépendante non émulsionnée (Mekhalif., 2009).

Ce processus est utilisé pour séparer les huiles et est un principe de flottation qui consiste à injecter de fines bulles d'air dans le réservoir d'extraction d'huile. Laisser les huiles remonter à la surface, puis les éliminer en raclant.

2. Pré-chloration

La pré-chloration, la pré-désinfection ou encore la pré-oxydation est une étape qui permet d'éliminer l'ammoniac et de réduire la concentration de microorganismes (bactéries fécales et organismes pathogènes), de détruire la vie animale et les algues, et d'oxyder l'azote, le fer et le manganèse pour faciliter leur élimination. Les quantités résiduelles de chlore combiné et libre inhibent efficacement les processus microbiens, tels que la prédation par les protozoaires, la nitrification, ainsi que la croissance de micro-organismes lors de la filtration ultérieure (Samake., 2002).

3. Aération

Il permet de mélanger l'air avec de l'eau pour améliorer les réactions d'oxydation, éliminer les gaz dissous ou éliminer les goûts et les odeurs, et peut être installé en tête de chaîne de traitement de l'eau en tant qu'étape de pré-oxydation. Cette ventilation est nécessaire lorsque l'eau manque d'oxygène, alors ce qui suit est autorisé :

- Oxydation d'éléments réducteurs, tels que les ions ferreux,

- Augmentation de la teneur en oxygène de l'eau (amélioration du goût, prévention de la corrosion des tuyaux métalliques par la formation d'une couche protectrice),
- Élimination des gaz indésirables (H_2S , dioxyde de carbone libre, composés organiques volatils, etc.) (Babinau., 2002).

4. Clarification

La clarification est l'élimination des matières insolubles qui ne précipitent pas ou ne se réduisent pas spontanément, comme les colloïdes. Certains éléments en attente sont également ciblés, ce qui est très lent à effacer. Pratiquement toutes les eaux de surface sont concernées (Anonyme. 14., 2008).

En fonction des concentrations de différents polluants, nous pouvons être amenés à pratiquer des procédés de plus en plus complexes allant de la simple filtration avec ou sans réactif à la coagulation-floculation-sédimentation ou flottation-filtration (Hernandez de Leon., 2006).

4.1. Coagulation – Floculation

Il apparaît de plus en plus non seulement comme un procédé de clarification mais aussi comme un traitement d'élimination spécifique capable, dans une certaine mesure, de concurrencer des traitements plus coûteux tels que l'adsorption sur charbon actif ou l'oxydation par l'ozone (Achour. & al., 2005).

L'efficacité de ce procédé dépend de la composition du milieu aqueux, de la nature du coagulant introduit ainsi que de la structure des composés organiques à éliminer (Hecini. & al., 2012).

La coagulation et la floculation se produisent en deux étapes :

4.1.1. Coagulation

Il consiste à déstabiliser les particules, par l'action de réactifs chimiques "Coagulants" qui annulent les forces répulsives ou agissent sur l'eau des particules colloïdales.

4.1.1.1. Sélection des réactifs

Les produits utilisés dans cette neutralisation sont appelés 'Coagulants'. Il existe différents types, et pour cela un certain nombre de paramètres doivent être pris en compte lors du choix d'un coagulant, tels que :

1. Température de l'eau,
2. Propriétés de l'eau brute (y compris le calcium et l'équilibre carbonique),
3. Les paramètres physiques et chimiques doivent être inclus ou supprimés en priorité (turbidité et / ou Matière organique),
4. Gestion des opérations (inventaire, automatisation, etc.),
5. Coût de produit,
6. Disponibilité (Hernandez de Leon., 2006).

Parmi les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et pour produire un floc, sont :

- Le sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)$,
- Le chlorure ferrique $FeCl_3$,

- Le sulfate ferrique $\text{Fe}_2 (\text{SO}_4)_3$,
- Le sulfate ferreux FeSO_4 ,
- Le sulfate de cuivre CuSO_4 .

4.1.2. Flocculation

Après la déstabilisation, les particules colloïdales ont tendance à s'agglutiner lorsqu'elles sont en contact les unes avec les autres, pour former de petits floccs puis des floccs plus gros et fixables. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité de contact et de l'efficacité de cette dernière.

Elle a pour but d'agglomérer les colloïdes 'déchargées' en précipités décantables appelés 'floccs' par suite de contacts, entre les particules, favorisés par un processus mécanique (agitation, brassage). Cette flocculation peut être améliorée par ajout d'un autre réactif appelé 'adjuvant de flocculation' qui permet le grossissement plus rapide des floccs (Rakotomaria. & al., 2011).

Le but de la flocculation est spécifiquement d'augmenter la probabilité de contact entre particules, qui résulte de la différence de vitesse entre eux.

4.1.2.1. Décantation

La décantation est le déplacement, dans un milieu fluide (liquide ou gazeux), de particules solides sous l'action d'un champ d'accélération (gravitaire ou centrifuge). C'est la méthode de séparation liquide-solide la plus souvent mise en œuvre pour la séparation des MES et des floccs de la phase liquide. La décantation est une technique de séparation des matières en suspension (MES) et des colloïdes regroupés en une masse, en suivant l'étape de coagulation et de flocculation.

Lors de la décantation, les particules qui ont une densité supérieure à celle de l'eau, ont tendance à s'accumuler au fond du décanteur sous l'influence de la gravité. Les particules seront retirées du fond du décanteur périodiquement. L'eau montrée à la surface du décanteur est ensuite redirigée vers un filtre.

Les produits décantables sont les matières en suspensions (MES), les matières colloïdales flocculables et les liquides non miscibles de densités différentes, les particules ayant une vitesse de décantation supérieure à 5 m/h (Dagot. & Laurent., 2014). Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée. Elle est dirigée vers un autre stade d'épuration. La décantation à un rôle épuratoire non négligeable (Lounnas., 2009).

On distingue deux (02) types de décanteur :

- Décanteur simple: à flux horizontal, ou, à flux vertical,
- Décanteur lamellaire.

4.1.2.1.1. Décanteur horizontal

Le décanteur horizontal est constitué d'une cuve parallélépipédique : l'eau chargée de MES pénètre à une extrémité et l'eau décantée ressort à l'autre suivant un écoulement horizontal. Elle nécessite une surface de bassin de décantation importante avec une vitesse de sédimentation généralement faible.

Théoriquement, l'efficacité d'un décanteur horizontal ne dépend que de sa vitesse et non de sa hauteur ou de son temps de rétention (soit de 0.5 à 1.5 m/h). Pendant leur parcours dans l'ouvrage les plus petites peuvent s'agglutiner entre elles, c'est le phénomène de coalescence. Leur taille, et donc la vitesse de sédimentation augmente avec le temps. La trajectoire devient de ce fait curviligne et l'efficacité de la décantation dépend donc aussi du temps de rétention (Lutz., 2010).

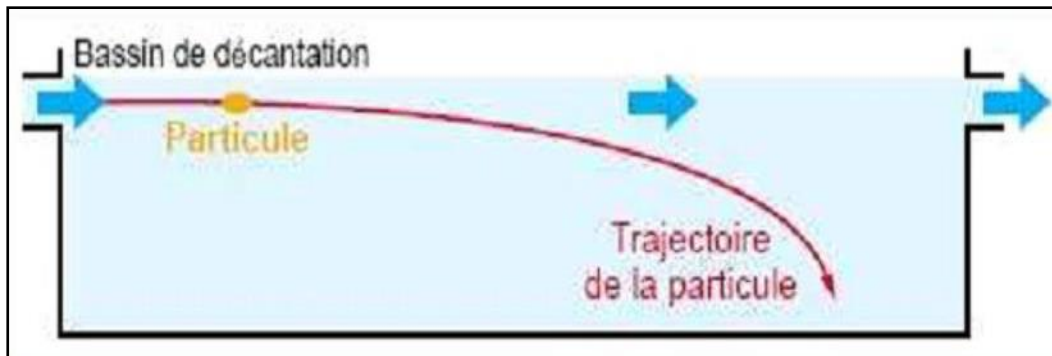


Fig. 9 : Schéma d'un décanteur horizontal (Lutz., 2010).

4.1.2.1.2. Décanteur lamellaire

Les décanteurs lamellaires sont des ouvrages destinés au traitement des eaux de ruissellement polluées. Le procédé de traitement est la séparation gravimétrique entre deux lames juxtaposées et inclinées par rapport à un plan horizontal. Dans ce type de décanteur, l'effluent brut pénètre horizontalement sur l'un des flancs du bloc lamellaire. L'eau circule horizontalement entre les lames tandis que les particules plus denses que l'eau chutent. Les eaux claires sortent de l'autre côté de la structure lamellaire (Vazquez. & al., 2010).

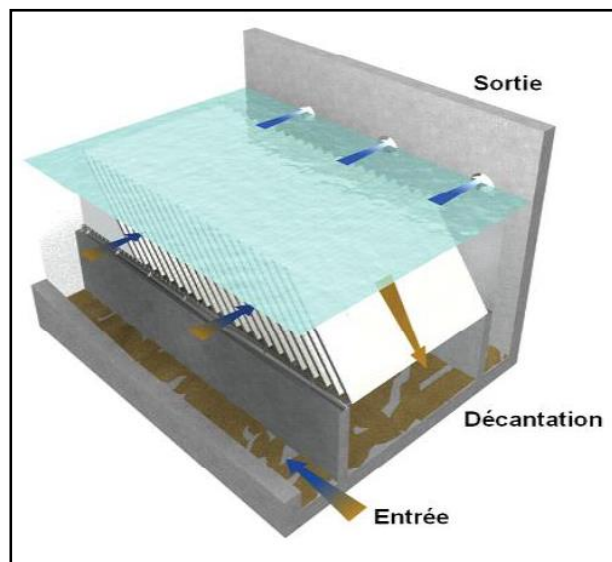


Fig. 10 : Schéma d'un décanteur lamellaire (Vazquez. & al., 2010).

Les décanteurs lamellaires présentent l'avantage d'être à la fois des ouvrages compacts comparativement aux bassins de retenues, mais également, d'offrir des performances élevées du fait de leur surface de décantation très étendue (Morin. & al., 2009).

4.1.2.2. Filtration

Il s'agit d'un procédé de clarification d'un liquide contenant des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. En fait, il existe encore de très petites particules qui sont à l'origine présentes dans l'eau brute ou résultante de la floculation. La rétention de ces particules à la surface des granulés se produit par des forces physiques. La facilité d'installation dépend beaucoup plus ou moins des conditions de fonctionnement du filtre et du type de matériau utilisé. L'espace entre les particules détermine la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure que l'eau passe, cet espace se réduit, le filtre s'encrasse. La pression chute fortement. Le lavage à contre-courant doit alors être exécuté. La filtration permet l'élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité (Hernandez de Leon., 2006).

Pour le traitement de l'eau potable, nous utilisons principalement :

- Des filtres à sable rapides,
- Des filtres à sable lents.

Il existe deux types de filtration: la filtration lente dont la vitesse normale varie de 2 à 7 m/j. Et une filtration rapide, qui peut atteindre des vitesses de 3 à 20 m/h.

5. Désinfection

La désinfection de l'eau est toujours essentielle pour éviter que l'eau potable ne nuise à notre santé. La désinfection est un traitement qui élimine les micro-organismes capables de transmettre des maladies. Ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction de tous les organismes dans un environnement particulier.

La désinfection peut être effectuée en ajoutant une certaine quantité d'un produit chimique aux propriétés bactéricides à l'eau. Les produits chimiques les plus utilisés sont : le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, le brome, l'iode et le permanganate de potassium. L'eau peut également être désinfectée par des moyens physiques : ébullition, ultrasons, rayons ultraviolets ou gamma.

5.1. Le choix de la désinfection

La sélection est basée sur des critères techniques (désinfection simple ou avancée) et économiques, et doit répondre aux conditions suivantes :

- ✓ Il devrait éliminer dans une certaine mesure les germes indiquant une contamination fécale, les germes pathogènes, les virus et les germes, quelle que soient leur nature et leur quantité,
- ✓ Il est ajouté à l'eau dans les proportions requises, il ne doit pas avoir d'effets toxiques,
- ✓ Il doit être peu coûteux, fiable et facile à manipuler,
- ✓ Sa concentration dans l'eau doit être déterminée très facilement, très rapidement et avec la plus grande précision,
- ✓ Il doit être suffisamment stable dans l'eau pour conserver toute son énergie résiduelle dans le temps,
- ✓ Il ne doit pas se dégrader trop rapidement, ni se combiner avec des composants spécifiques de l'eau, qui peuvent finalement générer des combinaisons avec peu ou pas d'effet protecteur (Desjardins., 1997).

5.2. Désinfectants

La désinfection de l'eau peut être réalisée à partir de plusieurs désinfectants. Les plus utilisés:

- ✓ Le chlore ' Cl_2 ',
- ✓ L'hypochlorite de sodium ' $NaOCl$ ',
- ✓ Le dioxyde de chlore ' ClO_2 ',
- ✓ Les chloramines ' NH_2Cl ',
- ✓ Peroxyde d'hydrogène ' H_2O_2 ',
- ✓ Ionisation cuivre/argent,
- ✓ Autres désinfectants incluant l'ozone et les UV.

6. Stockage

Une fois que l'eau est potable, elle est envoyée dans des réservoirs où elle est stockée avant d'être transportée à travers un réseau souterrain de canalisations jusqu'aux habitations.

D. CONCLUSION

Les stations d'eau potable sont conçues pour produire de l'eau potable à partir d'un large éventail de sources d'eau dans les zones où l'eau est contaminée et nous avons introduit les différents procédés utilisés pour traiter l'eau. En effet, une station de traitement devra rendre une eau conforme aux normes définies par la réglementation nationale dans le but de ne pas polluer le milieu dans lequel on va la déverser. Selon la provenance des eaux usées, les boues de rejet des différentes stations d'épuration peuvent être utilisées en valorisation (engrais pour épandage agricole par exemple), ou réinjectées dans les usines.

Les stations de production ont une fonctionnalité similaire, mais, au lieu de respecter des normes de pollution, elles doivent respecter des normes de potabilité, car son utilisation principale est destinée aux foyers.

Selon la qualité de l'eau prélevée, la production d'eau potable nécessite des étapes différentes faisant appel à quatre types de procédés : physiques, chimiques, physico-chimiques et biologiques.

La première étape est appelée captage. Cela consiste à prélever de l'eau, aussi bien dans une rivière, dans des puits d'eaux usées, que dans des eaux de source. Ensuite, les plus gros déchets sont filtrés par dégrillage. Une seconde installation, avec des grilles plus rapprochées, permet d'éliminer les plus petits déchets: c'est la technique du tamisage. Lors de la décantation, les déchets restants tombent au fond de la cuve et forment des boues de station d'épuration. La dernière filtration relève d'une technique ancienne appelée filtration par le sable: l'eau circule lentement et passe à travers une plaque de sable qui filtre les derniers déchets visibles à l'œil nu. Dès lors, l'eau est dépourvue de matière polluante. Toutefois, certains virus et bactéries ont pu résister à la chaîne de filtration. C'est alors qu'intervient l'ozonation. L'ozone est une molécule chimique qui a des qualités de désinfection et d'oxydation. Son utilisation ne permet pas seulement l'élimination des matières organiques et inorganiques restantes, mais aussi des goûts, des odeurs et des micro-polluants (pesticides et sous-produits). Ensuite, une nouvelle filtration est réalisée au charbon actif. Il est utilisé pour ses propriétés ultra-absorbantes (micro-organismes,

ammoniac, matières organiques) ainsi que pour améliorer la qualité de l'eau (goût, odeur, couleur). Avant d'envoyer l'eau dans les réseaux de distribution, une chloration à faible dose est réalisée.

Une station de production d'eau potable traite généralement les eaux de surface par des filières du type suivant :

Les eaux de surfaces sont généralement rendues potables en suivant une filière plus complète que les eaux souterraines, en utilisant, par exemple, les procédés suivants :

- Dégrillage ;
- Tamisage ;
- Flocculation, décantation ;
- Filtration sur sable ;
- Ozonation ;
- Filtration sur charbon actif ;
- Chloration.

2^{ème} Partie :
Partie Expérimentale

Chapitre 4 :
Etude de cas : Barrage
Sekkak et sa station de
traitement

Quatrième Chapitre: ETUDE DE CAS : BARRAGE SEKKAK ET SA STATION DE TRAITEMENT

I. INTRODUCTION

Au cours de ce chapitre, nous avons procédé à une présentation générale du barrage Sekkak qui est la zone d'étude, de sa station de traitement ainsi que la chaîne de traitement appliquée. En suite, on va essayer de présenter le matériel utilisé, les méthodes d'analyse physico-chimique et bactériologique.

II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

A. PRESENTATION DU BARRAGE SEKKAK

Barrage d'Ain Youcef (appelé Barrage Sekkak), est un barrage en terre zoné avec un noyau centrale argileux, rechargé en tout, venant de grés avec une protection en enrochements de calcaire (Document interne du barrage).

Situé sur l'oued Sekkak à la hauteur de Guadet Boukaben à environ 02 Km du village d'Ain Youcef qui se trouve à environ 20 Km au Nord de la ville de Tlemcen.

Ces coordonnées sont comme suit : (axe barrage X axe de galerie) :

X= 651413.46

Y= 3878998.42

Z= 223.60

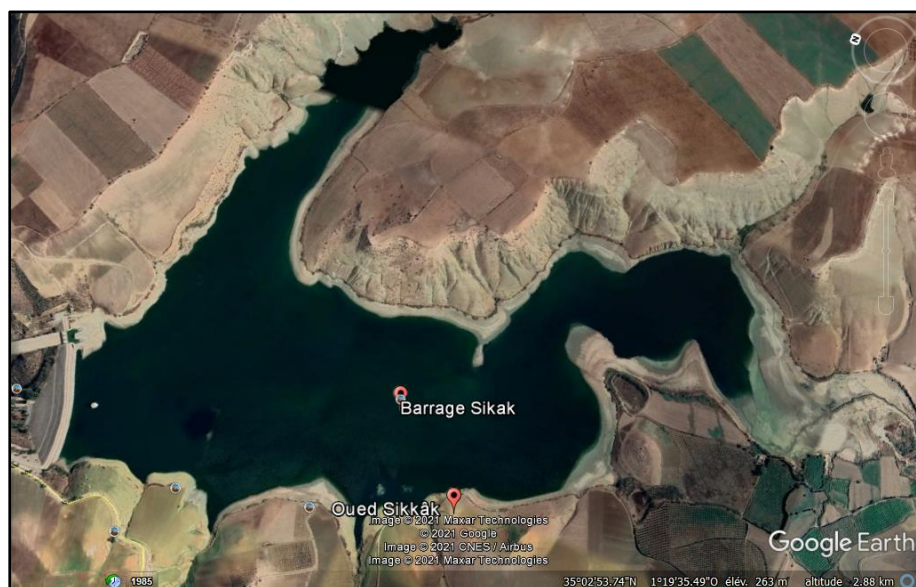


Fig. 11 : Localisation du barrage Sekkak (Google Earth).

Le barrage joue un rôle très important au niveau local dans le cadre de l'alimentation en eau potable de la wilaya de Tlemcen, et sur le plan économique en satisfaisant les besoins en irrigation des terres avoisinantes.

L'objectif de ce barrage est de renforcer la couverture en eau potable pour la ville de Tlemcen et d'Ain Youcef et l'irrigation de la plaine de Hennaya et la vallée de l'oued Sekkka avec un volume de 7 Hm³, et sur le plan économique pour satisfaire les besoins en irrigation des terres avoisinantes d'un volume annuel de 15 Hm³. Il est accessible à partir des routes de Wilaya W-38 et W-71 (Document interne du barrage).

L'ouvrage est situé au dernier étranglement de la vallée de l'oued Sekkak situé lui-même à 4.4 Km avant la jonction de cet oued avec l'oued Isser. Ce site est jugé le plus favorable sur ce cours d'eau puisqu'il présente une topographie et une géologie adéquate à l'érection d'un ouvrage de retenue.

Sa construction a duré 07 ans (de 1997 à 2004), mise en service en 2006, sa capacité actuelle est de 27 million m³, sur une surface de 241 m² avec une hauteur de 218m.

Depuis sa mise en service, la retenue du barrage à accumulé des eaux chargées en polluants provenant des rejets des eaux usées urbains, industrielles et même agricoles.



Fig. 12 : Barrage Sekkak (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du barrage Sekkak, Tlemcen, le: 27/05/2021)

Le barrage de Sekkak est doté d'une station de traitement d'eaux d'une capacité de 20.000 m³/j. Il est également équipé de trois (03) stations de pompage afin de refouler les eaux potables vers la ville de Tlemcen. Chaque station est munie de deux pompes (dont une de secours). Le débit total est de 222 L/s pour une HMT de 250 m. Chaque station est extensible pour abriter 08 pompes supplémentaires pour prendre en charge l'eau dessalée d'un volume de 110.000 m³ (Document interne du barrage).

Toutes les stations sont identiques par souci d'homogénéisation des équipements. Par ailleurs, une vaste opération de reboisement a été organisée au niveau de ce plan d'eau. Près de 4 000 plants, caroubiers, pins d'Alep, washingtonia et oléastre (olivier sauvage) ont été plantés sur les bords du barrage de Sekkak. L'objectif fixé par l'Agence nationale des barrages et transferts est la plantation de 15 000 arbres sur les bords du barrage de Sekkak, et ce dans le cadre du programme national de plantation qui a été mis en place en 2016 par la direction générale de l'ANBT. Cette action de reboisement vise à protéger les berges du barrage de Sekkak pour éviter l'ensablement de la retenue d'eau. Tout comme les autres

composantes du cours d'eau, les berges assurent d'importantes fonctions écologiques. Elles constituent le support de la végétation herbacée et ligneuse, un habitat pour la faune et la flore. Maintenir les berges consiste à agir sur les causes de l'érosion.

L'érosion est un phénomène naturel qui fait partie intégrante de la vie du cours d'eau et est utile à la vie dans le cours d'eau. La végétation, par son système racinaire, permet de maintenir la structure de la berge. Lorsqu'elle est absente, la berge devient plus vulnérable à l'action de l'érosion. L'absence de végétation est également source de réchauffement des eaux et explique la disparition d'une faune associée.

1. Description de l'ouvrage

1.1. La digue

Le barrage auquel est partiellement intégré le batardeau amont est constitué:

- D'un noyau argileux central,
- De filtre amont et aval en sable calibré,
- De transitions amont et aval en calcaire concassé, max 80mm,
- De recharges amont et aval en tout venant de grès 0-1000mm,
- De zone de protection amont et aval en enrochement calcaire.

Le barrage a une longueur de crête d'environ 497 m y compris l'évacuateur de crues. Sa hauteur maximum au-dessus de la fondation est de 52.3 m. La largeur de la crête est de 10 m. Il crée un lac de 2.6 Km de longueur dont la capacité maximale est de 30.8 Hm³ et la capacité au niveau normal d'exploitation est de 25.5 Hm³.

La morphologie de l'assise du barrage tend à concentrer les eaux d'exfiltration vers le point bas du barrage avant même qu'elles n'atteignent le pied gravier (zone de transition) pour cela un réseau de drain perforé a été prévu sous le prisme aval du barrage en plus des filtres et transition pour but d'augmenter la capacité d'évacuation du système de drainage.

1.2. Le batardeau amont

Le batardeau amont est constitué d'une digue zonée, son noyau argileux est situé à l'amont de l'ouvrage et il est protégé contre l'érosion interne à l'aide d'un géotextile. Il a une hauteur maximum de 28 m et son couronnement est à la cote 203.80 m, sa crête en arc de cercle à une longueur totale de 530 m.

1.3. Tour de prise

La tour de prise, est située au-dessus de la chambre des vannes de la vidange de fond et abrite trois (03) prises d'eaux, sa longueur est de 51.45 m à partir du niveau de la fondation, son diamètre intérieur est de 09 m, son couronnement est à la cote de 232 m.

A son sommet on retrouve la chambre de manœuvre qui est dotée d'un pont roulant destiné à la manœuvre de la vanne batardeau et des grilles et batardeaux des différents prises ainsi qu'à toutes les opérations d'entretien des équipements installés dans la tour

1.4. Galerie de dérivation

La galerie de dérivation est en béton armé de 213.25 m de longueur qui longe le pied de la rive droite sous le barrage, presque perpendiculairement à l'axe longitudinal de ce dernier.

Elle se compose d'une galerie de section en forme de fer à cheval et d'un bassin de dissipation, construite à l'air libre dans une tranchée excavée en grande partie dans du grès fracturé, cette galerie est en mesure d'évacuer un débit de 700 m³/s.

1.5. Vidange de fond

La galerie de vidange de fond occupe la partie inférieure de la galerie de dérivation après division de cette dernière à l'aide d'une dalle horizontale suite à la fin de la phase de dérivation.

Ils sont entrées et se trouve à la base de tour de prise en rive droite, dotée d'un accès situé à la cote 186.78 m de forme rectangulaire avec un dégagement minimum de 2.25 X 2.00 m soit une section de 4.50 m².

1.6. Evacuateur de crue

L'évacuateur de crues est un ouvrage dimensionné pour le passage de la crue millénial laminée de 1477 m³/s, comprend quatre parties :

- Un seuil déversant en forme de labyrinthe,
- Un coursier rectiligne,
- Un bassin de dissipation,
- Un canal de fuite pour rejoindre le lit de l'oued en aval.

Les caractéristiques du barrage Sekkak sont résumées dans le tableau suivant:

Tableau.5 : Caractéristique du barrage Sekkak.

Année de construction du barrage	1997
La mise en eau	Octobre 2004
Année de l'alimentation en eau potable	01 septembre 2006
Premier remplissage	02 avril 2009
Année de première vidange	02 mars 2010
Début des lâchées pour l'irrigation	21 mai 2012
Surface totale du bassin versant	326 km ² (y compris barrage de Mefrouche)
Surface totale du bassin versant	241 km ²
Périmètre du bassin versant	103 km
Altitude maximale	1579 m
Altitude minimale	178 m
Altitude moyenne	740 m
Module pluviométrique annuel	640 mm
Module de l'apport annuel	220 million m ³
Evaporation moyenne annuelle	1215 mm
Transport annuel des sédiments	110 000 m ³ (140 000 T/ans)
Capacité total du barrage	27 million m ³
Niveau maximale de retenue normale	218 m
Niveau de la retenue max	220.40 m
Reserve morte	2 Hm ³
Capacité au NRN (218 m)	25.5 Hm ³
Capacité utile	23.5 Hm ³
Surface de la retenue au NRN	206.7 Ha

2. Données hydrologiques

2. 1. Caractéristique du bassin versant

Le bassin versant de l'oued Sekkak situé au nord-ouest de l'Algérie, occupe une superficie de 326 km² (y compris barrage de Mefrouche), le bassin net en correspondance du site du barrage d'Ain Youcef est de 241 km². L'oued Sekkak est un affluent de l'oued Isser qui est lui-même un affluent de l'oued Tafna. La confluence de l'oued Sekkak et de l'oued Isser se trouve environ de 4.4 Km en aval du site du barrage. Ce site est jugé le plus favorable sur ce cours d'eau puisqu'il présente une topographie et une géologie adéquate à l'érection d'un ouvrage de retenue.

Tableau.6 : Caractéristiques morphologiques du bassin versant
(Monographie du barrage Ain Youcef., Mars 2005).

Surface Total Du Bassin Versant (Y Compris Barrage De Mefrouche)	326 km ²
Surface Total Du Bassin Versant	241 km ²
Périmètre Du Bassin Versant	103 Km
Indice de compacité	1.61
Longueur du rectangle équivalent L _R	44 km
Longueur de thalweg principal L _T	44 km
Pente de l'oued	27 %
Pente du bassin versant	24 %
Altitude moyenne du bassin versant	740 m
Altitude minimum	180 m
Altitude maximum	1579 m

Tableau.7 : Caractéristiques du réservoir
(Monographie du barrage Ain Youcef., 2005).

Capacité total du barrage	27 million m ³
Niveau max de retenue normale (NRN)	218 m
Niveau de la retenue max (NRM)	220.40 m
Reserve morte	2.0 Hm ³
Capacité au NRN (218 m)	25.50 Hm ³
Volume régularisé	22 Hm ³
Capacité utile	23.5 Hm ³
Surface de retenue au NRN	206.7 Ha
Dimension de la cuvette au NRM :	
✓ Longueur maximale	3800 m
✓ Largeur moyenne	700 m

3. Données Climatologiques

Les données climatiques sont déracinées de l'étude hydrologique réalisée dans le cadre de l'étude de l'avant-projet détaillé du barrage d'Ain Youcef, élaborée par le bureau d'études Lombardi.

3.1. Température

Le régime des températures est caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers relativement doux. La température interannuelle de l'air varie de 14.7 et 17.9 °C, la valeur moyenne considérée pour le projet est de 13.5 °C.

3.2. Evaporation

La valeur considérée pour l'évaporation moyenne annuelle est de 1215 mm, a été calculée à l'aide de la formule de Conti :

$$E_v = 90 * T \quad (IV.1)$$

Où :

E_v : la hauteur d'évaporation annuelle exprimée en mm,

T : la température annuelle moyenne 13.5 °C.

Les pourcentages de la distribution mensuelle de l'évaporation considérés sont donnés sur le tableau suivant :

Tableau.8 : Distribution mensuelle de l'évaporation (mm)
(Monographie du barrage Ain Youcef., 2005).

S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
12	7	4	3	3	3	6	8	10	13	16	15	100

3.3. Vents

Selon les données de la station de Tlemcen notées entre 1975 et 1980, les vents prédominants dans le bassin versant sont ceux du secteur nord avec une faible force de 01 à 10 m/s.

3.4. Pluviométrie

Les onze (11) stations pluviométriques de la zone prise du barrage de Ain Youcef donne une précipitation annuelle représentative du bassin versant de l'oued Sekkak est de 640 mm.

4. Géologie et géotechnique

Le site du barrage et la cuvette se trouvent dans le bassin sédimentaire de la moyenne Tafna. Ce bassin est constitué de dépôts du Miocène inférieur et du domaine atlasique. Sa partie supérieur se termine par une couche d'alluvions plio-quadernaires, cachée par des encroûtements carbonatés plus récents.

Le site du barrage se caractérise par la présence de quatre faciès de roches sédimentaires. Ces faciès passe latéralement de l'un et l'autre mais on a pu constater, une certaine continuité caractérisée par :

- La série pélito-gréseuse supérieure,
- Le grès, épaisseur moyenne est de 28 à 30 m,
- Le petit bleu, une couche d'épaisseur entre 6 et 7m,
- La série pélito-gréseuse inférieure.

5. Sources de pollution au niveau du barrage Sekkak

L'eau est une marchandise que nous consommons quotidiennement. Il est essentiel à notre survie, mais sa qualité varie dans son état naturel.

La pollution de l'eau est provienne par les activités humaines. Il existe deux types de sources de pollution, les sources locales et non locales.

En ce qui concerne les sources locales, les polluants sont rejetés dans un endroit spécifique à partir des eaux de surface par des canalisations par exemple des usines, des industries, des stations d'épuration, l'agriculture.

Par contre les sources non locales, nous ne pouvons pas retourner à un endroit précis où les polluants ont été rejetés par exemple dépôts d'acides de l'air, des polluants diffusé par les rivières.



Fig. 13 : Localisation géographique des sites de pollution du Barrage Sekkak (Source : document Barrage Sekkak)

Elle est détectée dans un laboratoire où l'on recherche la présence de divers contaminants dans de petits échantillons d'eau. Les organismes vivants, tels que les poissons, peuvent également être utilisés pour détecter la pollution de l'eau. Les changements de comportement ou de croissance nous indiquent que l'eau dans laquelle ils vivent est polluée.

Sachant que le Barrage Sekkak est contaminé par différentes sources de pollutions, le tableau suivant contient certains des polluants qui pénètrent dans le barrage.

Tableau. 9 : Canevas des sources de pollution du barrage Sekkak (Source : Document Barrage Sekkak)

Barrage	Source de pollution		Oued	Nature des rejets	Distance des rejets de la cuvette	Existence d'une station de traitement	
	Localisation					Oui (préciser)	Non
	Commune	Daira					
SEKKAK	Ain Defla, Saf Saf, Ouzidane, Ain El Houtz, Chetouane	Chetouane	Oued Essanour	Eaux usées urbaines	22km	Station d'épuration Ain El Houtz	
	Oudjlida, Boudjlida, El Koudia	Tlemcen	Oued Essanour	Eaux usées urbaines	18km		Non
			Oued Galien				
	Béni Boublène, Cité Kharouba, Mansourah	Mansourah	Oued Bel Abbas	Eaux usées urbaines et industrielles	25km	Station d'épuration Ain El Houtz	
	Taaounia, Ain Hdjar, Hennaya	Hennaya	Chaabet Sidi Kanoun	Eaux usées industrielles	15km		Non
	Hennaya	Hennaya	Chaabet Sidi Kanoun	Eaux usées industrielles	12km		Non
	Tlemcen	Tlemcen	Oued Sekkak	Eaux usées urbaines et industrielles	25km	Station d'épuration Ain El Houtz	
Chetouane	Chetouane	Oued Sekkak	Eaux usées industrielles	22km	Station d'épuration Ain El Houtz		

B. PRESENTATION DE LA STATION DE TRAITEMENT SEKKAK

La station de traitement des eaux potables Sekkak est mise en service le 13 Octobre 2008, elle est située à 3 Km du village d'Ain Youcef et 30 Km au nord de la wilaya de Tlemcen, l'accès à la station se fait par la route nationale RN 22 en passant par Ain Youcef vers le village de Bensekrane.



Fig. 14 : Localisation de station de traitement des eaux potables Sekkak (Google Earth).

La station est conçu pour produire un débit de 20 000 m³/j, ce qui permet de alimenter la commune de Ain Youcef par 54 m³/j, la ville de Hennaya par 108 m³/j et grande partie de groupement de la ville de Tlemcen par 17 000 m³/j.



Fig. 15 : Station de traitement des eaux potables Sekkak (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM, le : 27/05/2021).

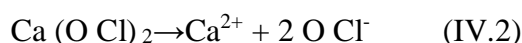
La station procède au traitement des eaux par la filière de traitement sur filtre à sable.

1. Produits utilisés lors du traitement

Pour le traitement des eaux potables, ils y a plusieurs produits chimiques utilisés au niveau de la station de traitement de barrage Sekkak. Les plus utilisés sont: (ADE, 2021).

1.1. Hypochlorite de Calcium $\text{Ca}(\text{OCl})_2$

1.1.1. Formule d'hypochlorite de calcium



1.1.2. Composition

- Etat physique : Solide,
- Couleur : Blanc,
- Formule moléculaire : $\text{Ca}(\text{OCl})_2$,
- Masse molaire : 142.983 g/mol,
- Solubilité : Réagit avec l'eau et dégage du Cl_2 ,
- Masse volumique : 2.35 g/cm³ à 20°C.

1.1.3. Identification des dangers de l'hypochlorite de Calcium

- Yeux : Provoque des lésions oculaires graves,
- Peau : Entraîne des brûlures sévères à la peau,
- Inhalation : Peut-être nocif par inhalation, une irritation de l'appareil respiratoire,
- Ingestion : Toxique en cas d'ingestion.

1.1.4. Premiers secours

1.1.4.1. Yeux

En cas de contact avec les yeux il est conseillé de rincer immédiatement et abondamment à l'eau claire pendant 30 mn si cela ne passe pas consulter un spécialiste.

1.1.4.2. Peau

Rincer rapidement les vêtements contaminés et rincer la peau avec de l'eau pendant 20 mn ou jusqu'à ce que le produit soit éliminé, consulter un médecin.

1.1.4.3. Inhalation

En cas d'inhalation des vapeurs des poussières ou du gaz amener la personne dans un endroit aéré et la placer en position semi-assise et si elle ne respire pas, lui donner la respiration artificielle et en cas de difficultés respiratoires la transporter immédiatement au service médical d'urgence le plus près.

1.1.4.4. Ingestion

En cas d'ingestion rincer la bouche, faire boire un verre d'eau, ne pas faire vomir et consulter un médecin.

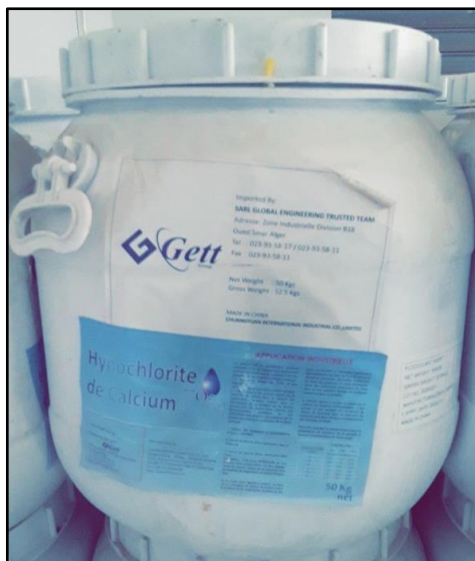
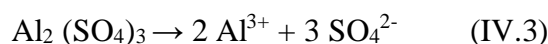


Fig. 16 : Un fut d'hypochlorite de Calcium
(Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, le : 27/05/2021).

1.2. Sulfate d'Alumine $Al_2 (SO_4)_3$

1.2.1. Formule de Sulfate d'Alumine



1.2.2. Composition

- Etat physique : Solide,
- Couleur : Blanc,
- Odeur : Indore,
- Formule moléculaire : $Al_2 (SO_4)_3$,
- Masse molaire : 666.4 g/mol,
- pH (valeur) : 2.5 – 4,
- Densité : 1.72 g/cm³,
- Solubilité dans l'eau : Soluble.

1.1.3. Identification des dangers de Sulfate d'Alumine

1.1.3.1. Yeux

Le produit en poudre ou en solution peut provoquer des irritations ou des brûlures aux yeux. La poussière devient acide après un contact avec l'humidité de l'œil et peut provoquer une irritation oculaire moyenne ou sévère.

1.1.3.2. Peau

Le contact répété ou prolongé peut provoquer l'irritation de la peau. L'aluminium est très mal absorbé par la peau et des effets toxiques ne sont pas prévus suite à un contact cutané à court terme. L'exposition prolongée et répétée aux solutions diluées cause souvent une irritation, une rougeur, une douleur et un dessèchement de la peau.

1.1.3.3. Inhalation

L'inhalation des poussières peut irriter les muqueuses du nez, de la gorge et les poumons.

1.1.3.4. Ingestion

Peut irriter les voies gastro-intestinales et causer des nausées et vomissement.

1.1.4. Premiers secours

1.1.4.1. Yeux

En cas de contact ou si on présume qu'il y a eu contact, rincer immédiatement les yeux à grande eau pendant au moins 15 mn. Après le rinçage obtenir immédiatement des soins médicaux.

1.1.4.2. Peau

En cas de contact, rincer immédiatement la peau à grande eau pendant au moins 15mn. Obtenir des soins médicaux. Retirer les vêtements contaminés et les nettoyer avant de les réutiliser.

1.1.4.3. Inhalation

Transporter la personne à l'air frais. En cas de gêne respiratoire pratiquer la respiration artificielle. En cas d'arrêt respiratoire obtenir immédiatement des soins médicaux.

1.1.4.4. Ingestion

Rincer la bouche et obtenir immédiatement des soins médicaux.



Fig. 17 : Sac de Sulfate d'Alumine (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, le : 27/05/2021).

1.3. Polymère animique

1.3.1. Composition

- Etat physique: Poudre,
- Couleur: Blanchâtre,
- Odeur: Inodore,
- Solubilité dans l'eau: Forme une solution visqueuse,
- Inflammabilité: Non inflammable,
- Taux de traitement usuel : 0.02 à 0.50 g/m³.

1.3.2. Identification des dangers du polymère

Les billes de polymère isolées pouvant provoquer une légère irritation en cas d'inhalation ou une irritation mécanique par contact avec les yeux et la peau ; poussière nuisible.

1.3.3. Premiers secours

1.3.3.1. Yeux

Rincer abondamment les yeux à l'eau claire et fraîche pendant au moins 10 minutes ; tout en étirant régulièrement les paupières vers le haut et demander l'aide d'un médecin.

1.3.3.2. Peau

Retirer les vêtements souillés, nettoyer vigoureusement la peau avec de l'eau et du savon ou tout produit nettoyant adapté.

1.3.3.3. Inhalation

Mettre la personne à l'air libre la maintenir au chaud et en position de repos sa respiration est irrégulière pratiquer sur cette dernière la technique de la respiration artificielle et demander l'aide d'un médecin.

1.3.3.4. Ingestion

En cas d'ingestion accidentelle éloigner immédiatement la personne du lieu contaminé et consulter un médecin.

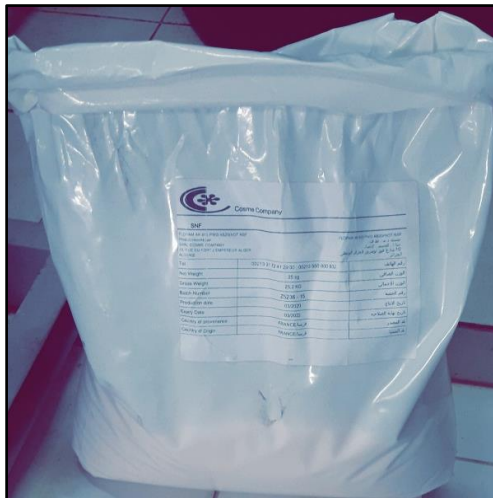


Fig. 18 : Sac de polymère (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, le : 27/05/2021).

2. Les étapes de traitement

Pour rendre une eau brute potable et la disposer 24h/24h à domicile nécessite sûrement des multiples étapes pour l'acheminer et garantir sa qualité aux consommateurs. Comme on a dit au paravent que chaque station de traitement à des étapes plus ou moins par rapport à une autre à cause des déchets et les types de pollution. Par suite on va citer les différents étapes de traitement des eaux de surface au niveau de la station du barrage de Sekkak.

2.1. Traitements effectués

La station de traitement Sekkak effectuée les procédés de traitement suivants :

- Pré-chloration,
- Coagulation-Floculation,
- Décantation,
- Filtration à sable,
- Désinfection,
- Stockage.

2.2. Les étapes de traitement



Fig.19 : Les étapes de traitement au niveau de la station de traitement Sekkak (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021)

2.2.1. Chambre de mélange

Le mélange hydraulique des réactifs (Sulfate d'Alumine, l'Hypochlorite de Calcium et le polymère) se fait dans une chambre de mélange (**Figure.20**) au niveau de la station de traitement.



Fig.20 : Chambre de mélange (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021)

La chambre de mélange est composée des bacs suivants :

2.2.1.1. Sulfate d'Alumine

- Volume du bac de préparation
 - 2R : 1 m 90 cm,
 - Hauteur : 1 m 65 cm,
 - Volume : 4775 L.

- Concentration de la solution coagulée
 - Quantité préparée : 350 Kg (On prépare 7 sacs de 50 Kg chacun),
 - Volume d'eau : 4775 L,
 - Concentration : 73.30g/L.



Fig.21: Bac de Sulfate d'Alumine (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021)

2.2.1.2. Hypochlorite de Calcium

- Volume du bac de préparation
 - 2R : 100 cm,
 - Hauteur : 1 m 14 cm,
 - Volume : 895 L.

- Concentration de la solution chlorée
 - Quantité préparée : 100 Kg (On prépare 2 futs de 50 Kg chacun),
 - Volume d'eau : 895 L,
 - Concentration : 111.73 g/L.



Fig.22: Bac d'Hypochlorite de Calcium (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021)

2.2.1.3. Polymère

- Volume du bac de préparation
 - 2R : 1 m 30 cm,
 - Hauteur : 1 m 47 cm,
 - Volume : 1950 L.

- Concentration de la solution floculée
 - Quantité préparée : 4 Kg,
 - Volume d'eau : 1950 L,
 - Concentration : 2.05 g/L.



Fig.23: Bac de Polymère (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021)

2.2.2. Pré-chloration

L'eau brute arrive à la station de traitement par une chambre de dissipation qui est un ouvrage de pré-chloration. Dans une chambre des vannes (**figure.24**) se fait l'injection d'hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ et l'injection de Sulfate d'Alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ pour les objectifs suivants :

- Elimination de l'Azote ammoniacal,
- Elimination du Fer et Manganèse,
- Elimination de la couleur,
- Amélioration de la clarification et maintenir la propreté des installations en luttant contre la prolifération d'organismes (Algues et phytoplanctons).



Fig.24 : Chambre des vannes (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).

2.2.2.1. Cascade d'aération

Le système d'aération (un traitement physique) c'est la chute d'eau par cascade, permettent d'élimination des gaz en excès dans l'eau brute et l'enrichir en oxygène (Contact : air / eau), qui est installée en tête de la chaîne de traitement de l'eau.



Fig.25 : La conduite qui délivre l'eau de pré-chloration à la cascade d'aération (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).

Cette aération permet, soit:

- D'oxyder des éléments réduits (Les ions ferreux...),
- D'augmenter la teneur en oxygène dans l'eau,
- D'éliminer des gaz indésirables (CO₂ libre, sursaturation en oxygène...etc.).

Le dimensionnement de l'ouvrage 'Cascade d'aération' est comme suit :

- Largeur : 6m 10cm,
- Longueur : 7m,
- Hauteur : 1m 20cm,
- Volume : 51m³.



Fig.26 : Cascade d'aération (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).

2.2.3. Coagulation – Flocculation

La Coagulation – Flocculation est un procédé physico-chimique utilisé pour le traitement des eaux de surface. Son but principal est la formation des trames floconneuses appelées les floccs.



Fig.27 : Sous bassins de Coagulation – Floculation (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).

2.2.3.1. Coagulation

Par l'injection de réactif sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)_3$ dans un bassin en présence d'un agitateur à grande vitesse assurant un mélange homogène de l'eau brute et du réactif introduit une fois intimement mélangés l'eau passe dans un flocculateur.

L'objectif est la formation des flocons résultants de l'injection du coagulant (**Tableau.10**) dans l'eau brute déjà pré-chlorée, le but est d'avoir une eau claire avec une turbidité au-dessous du seuil exigé par les normes d'eau potable.

Le dimensionnement de coagulateur (deux compartiments) est comme suit :

- Largeur : 2m 75cm,
- Longueur : 3m,
- Hauteur : 2m 60cm,
- Volume : $21.5m^3 * 2 = 43m^3$.

Tableau.10 : Les différents coagulants (Traitement des eaux de surface, Formation continue en entreprise. Etablissement de production de gestion et de distribution d'eau de Tizi Ouzou. E.P.E.T.O).

Nom du coagulant	Formes disponibles	Aspect	Densité	Le taux de traitement usuel	Gamme de pH d'utilisation
Sulfate d'alumine	Concassé Noisettes Poudre Liquide	Blanchâtre	1	10 à 150 g/m ³	5.7 < pH < 7.5
Polychlorures basiques d'alumine (PCBA)	Liquide	Blanchâtre	1.45	10 à 100 g/m ³	étendue
Chlorure ferrique	Cristallisé Liquide	Brun. Déliquescent Brun	1.45	05 à 100 g/m ³	5 < pH < 8.5
Chlorosulfate ferrique	Solution	Brun rouge	1.5	05 à 100 g/m ³	5 < pH < 8.5
Sulfate ferrique	Poudre Liquide	Blanche Rouge brun	1	10 à 100 g/m ³	5 < pH < 8.5
Sulfate ferreux	Poudre	Cristallin Couleur vert clair	0.9	10 à 100 g/m ³	Utilisé par eaux dont pH > 7.8

2.2.3.2. Flocculation

La phase de flocculation qui complète la phase de coagulation, est réalisée sur un bassin équipé par une unité mécanique d'agitation lente, est par l'injection du flocculant qui est le polymère anionique (**Tableau.11**) qui favorise la croissance des floccs par agitation lente pendant 20 à 30 mn.

Le dimensionnement de Flocculateur (Les deux compartiments) est comme suit :

- Largeur : 2m 70cm,
- Longueur : 5m 70cm,
- Hauteur : 2m 60cm,
- Volume : 40m³ * 2 = 80m³.

Tableau.11 : Les différents flocculant (Traitement des eaux de surface, Formation continue en entreprise. Etablissement de production de gestion et de distribution d'eau de Tizi Ouzou. E.P.E.T.O).

Nom de flocculant	Formes disponibles	Origine	Taux de traitement usuel
- Flocculant minéral : la silice activée	Liquide : se prépare sur l'installation	Neutralisation d'une solution de silicate de soude par un acide : - Acide sulfurique, - Sulfate d'alumine, - Chlore, - Dioxyde de carbone.	0.2 à 4 g/m ³
- Flocculant organique naturels : l'Alginate	Poudre	Extrait d'algue	0.2 à 1 g/m ³
- L'aqualgine	Poudre	Alginate purifié	0.2 à 1 g/m ³
- L'amidon	Poudre	Pomme de terre, tapioca, Extraits de graisse végétale	0.2 à 1 g/m ³
- Flocculant organique de synthèse : - Non anionique - Anionique	Solution Poudre émulsion	Fabriqués en laboratoire à partir de polyacrylamides Fabriqués à partir d'acrylate et acrylamides	0.02 à 0.5 g/m ³

2.2.3.3. Jar-test

C'est un procédé qui sert à déterminer la qualité de coagulant et de flocculant qu'il faut injecter à l'eau brute pour avoir une meilleure clarification. Dans une série de 6 béchers de capacité d'un litre chacun et remplis d'eau brute, on ajoute des doses croissantes de coagulant et de flocculant. Après décantation, on filtre l'eau décantée sur un papier filtre, puis on note le pH et la turbidité de l'eau dans ajout du flocculant d'abord, puis avec le flocculant, il faut cependant respecter le temps et la rapidité d'agitation (Anonyme. 16).

2.2.3.3.1. Mode opératoire de jar-test (ADE)

- Prélever de l'eau brute dans un seau ou dans une cuve,
- Bien agiter l'eau prélevée et introduire dans chaque bécher 700 ml cette eau,
- Placer les béchers sur le flocculateur (jar-test) et descendre les hélices d'agitation au fond des béchers,
- Mettre en route le moteur et faire tourner à la vitesse rapide,
- Prendre la solution de sulfate d'alumine à 10 g/L et au moyen d'une pipette de 10 ml graduée aux dixièmes. Produire :

- 01 ml dans le bécher N°1 : 10 mg/L,
- 02 ml dans le bécher N°2 : 20 mg/L,
- 03 ml dans le bécher N°3 : 30 mg/L,
- 04 ml dans le bécher N°4 : 40 mg/L,
- 05 ml dans le bécher N°5 : 50 mg/L,

- 06 ml dans le bécher N°6 : 60 mg/L.
- Déclencher le chronomètre,
- Après trois (03) minutes, ralentir la vitesse d'agitation de façon à ce que les hélices tournent à une vitesse voisine de 40 tr/mn (lente),
- Après vingt minutes ralentir la vitesse puis arrêter le moteur et sortir toutes les bécjers d'agitation,
- Mettre une note de floculation en prenant les bases suivantes :
 - 0 ⇒ Pas de flocon,
 - 2 ⇒ Opalescent,
 - 4 ⇒ Petits points,
 - 6 ⇒ Moyen,
 - 8 ⇒ Bon,
 - 10 ⇒ Très bon.



Fig.28 : Formation des flocons (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).



Fig.29 : Le jar-test (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).

Tableau. 12 : Exemple d'une Fiche d'Essai de floculation (jar-test) (U.C.D 50- Algérie R00*502 Notice d'exploitation et d'entretien Janvier 2001)

Eau brute :

- Turbidité : 4.93 NTU
- Couleur : /
- pH : 9.14 à 19°C
- TAC :
- Matières organiques :

	1	2	3	4	5
Chaux g/L :					
Coagulant mg/L :					
Floculant mg/L :					
Autre réactif mg/L :					
Temps d'agitation lente : 17 mn					
Temps d'agitation rapide : 02 mn 03sec					
Temps d'apparition du floc :					
Note de floculation :					
Temps de décantation : 10 mn					
Volume de boues en % :					
En 5 minutes					
- En 10 minutes					
- En 15 minutes					
- En 20 minutes					
- En 30 minutes					
- En 60 minutes					
Turbidité eau filtrée sur papier					
Couleur eau filtrée sur papier					
MO					
TAC					

2.2.4. Décantation

La décantation classique à plaque lamellaires est un procédé physique après l'étape de coagulation - floculation.

Ce procédé consiste à la séparation mécanique sous l'action de gravité des matières insolubles naturelles. Son objectif est l'élimination des floccs issus de la coagulation-floculation.

Les dimensions du décanteur (les huit compartiments) sont comme suit :

- Largeur : 03 m 95 cm,
- Longueur : 04 m 50 cm,
- Hauteur : 04 m 10 cm,
- Volume : $73 \text{ m}^3 * 8 = 584 \text{ m}^3$.



Fig.30 : Bassin de décantation (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).

2.2.5. Filtration à sable

La filtration à sable est une filtration rapide, son objectif est d'obtenir une clarification poussée de l'eau pour éliminer les matières en suspension (MES) et de mesurer le passage d'eau à travers le lit filtrant par les Busetures (**Figure. 31**).

Les dimensions des filtres (Les quatre compartiments) sont comme suit :

- Largeur : 06 m 10 cm,
- Longueur : 10 m 10 cm,
- Hauteur : 02 m 55 cm,
- Volume : $157 \text{ m}^3 * 4 = 628 \text{ m}^3$.



Fig.31 : Les Busetures (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).

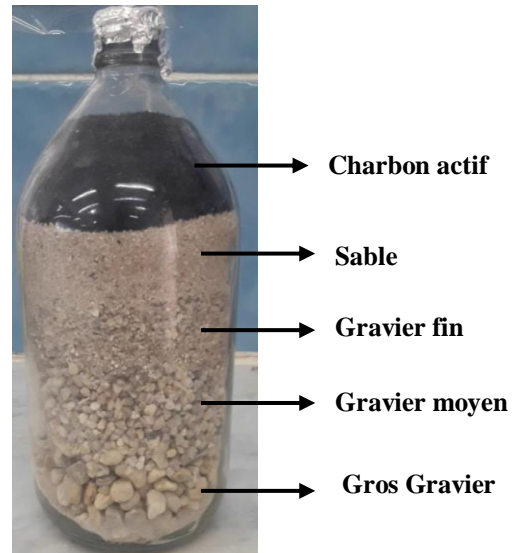
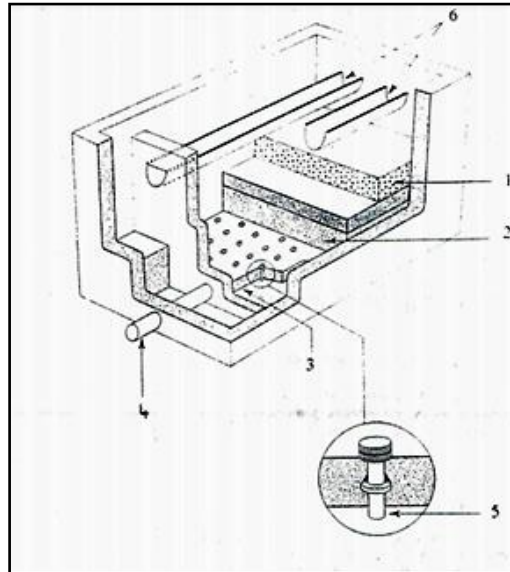


Fig.32 : Echantillon de filtres à sable (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).



1. Matériau filtrant (Sable) ; 2. Gravier ; 3. Fond du filtre ; 4. Conduite (sortie eau filtrée / arrivée d'eau de lavage) ; 5. Buselures (sortie eau filtrée / arrivée eau + air pendant le lavage) ; 6. Goulottes de lavage.

Fig.33 : Coupe d'un filtre à sable.

2.2.5.1. Lavage des filtres

Le lavage des filtres au niveau de la station de traitement des eaux potables Sekkak se fait comme suit :

- Fermeture de la vanne de sortie d'eau filtrée,
- Ouverture de la vanne d'entrée d'eau de lavage,
- Mise en service de la pompe de dé colmatage pendant 30 à 50 secondes,
- Mise en marche du sur-presseur de lavage,
- Ouverture de la vanne d'entrée d'air de lavage pendant 5 mn,
- Fermeture de la vanne d'entrée d'air,
- Arrêt du sur-presseur de lavage,
- Mise en service des pompes de rinçage pendant 8 mn (Le rinçage se fait par une eau traitée),
- Remise en service du filtre par ouverture de la vanne de sortie d'eau filtrée.



Fig.34 : Lavage des filtres à sable (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).



Fig.35 : Les pompes à air et à eau qui rentre dans le lavage des filtres (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).

2.2.6. Désinfection / Chloration

C'est l'étape ultime du traitement des eaux potables avant distribution aux consommateurs, son objectif est la désinfection de tous les organismes pathogènes par l'injection du chlore.



Fig.36 : La chloration (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).

2.2.7. Stockage d'eau traitée

L'eau traitée est stocké dans un réservoir d'eau potable de 1000 m³.

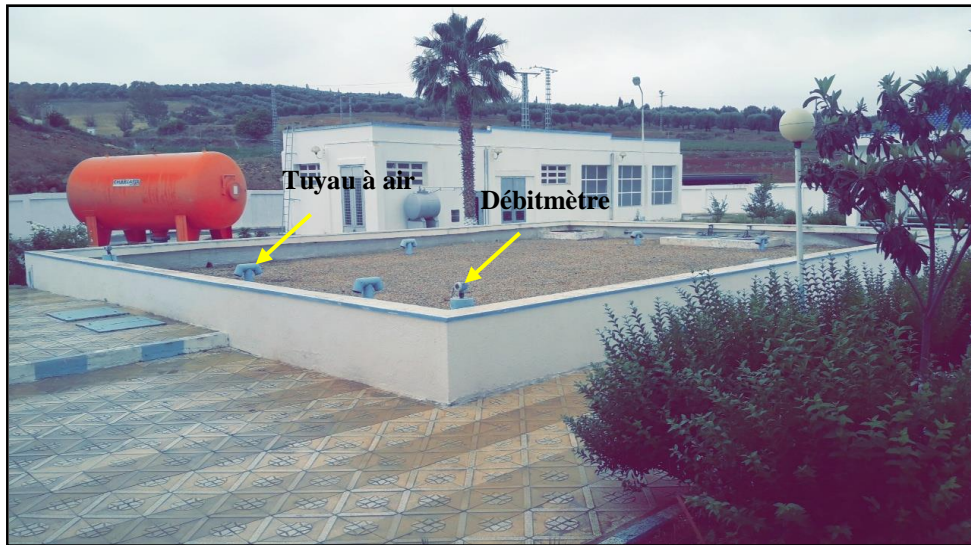


Fig.37 : Réservoir de stockage (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).

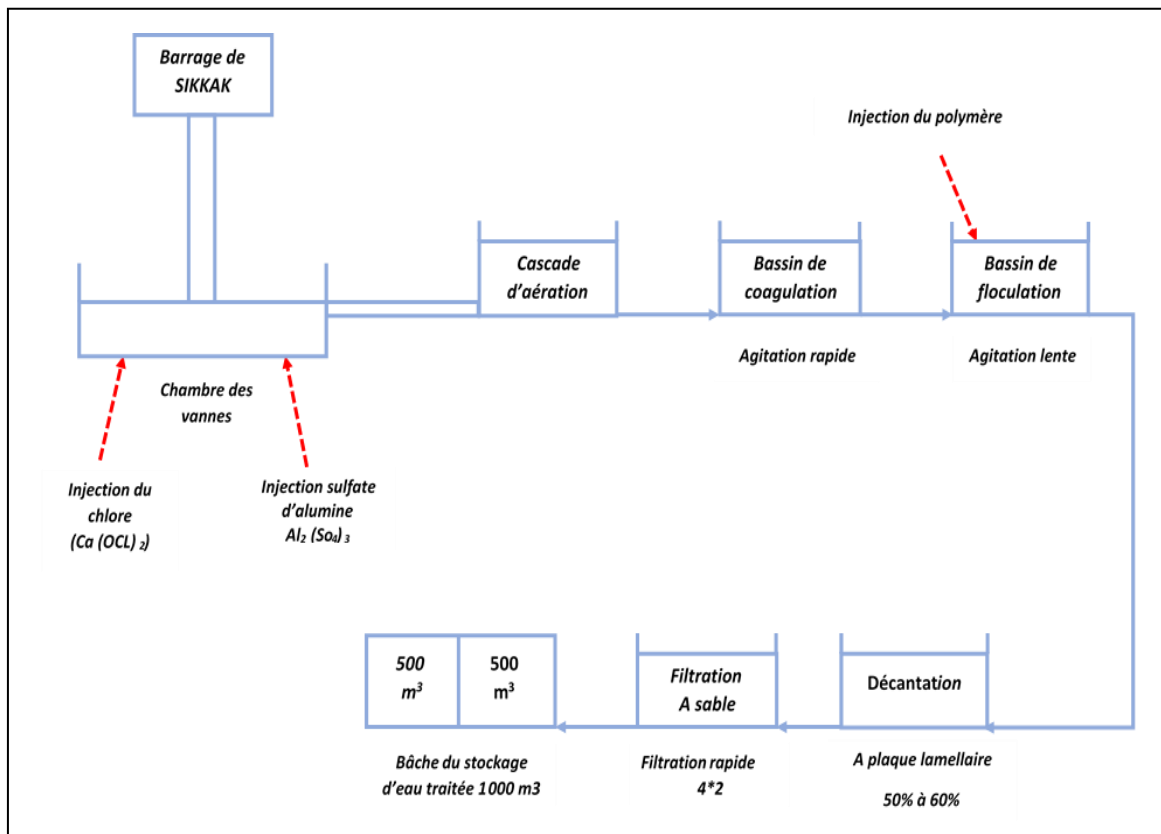


Fig.38 : Schéma des étapes de traitement au niveau de la station de barrage Sekkak.

3. Règles à respecter au cours de l'utilisation des produits de traitement (ADE., 2021)

- ⇒ Ne pas inhaler les vapeurs du produit lors de l'ouverture de l'emballage,
- ⇒ Pour éviter toute ingestion accidentelle ne pas boire, manger ou fumer pendant l'utilisation du produit,
- ⇒ Eviter le contact avec les yeux et bien se laver les mains après manipulation,
- ⇒ Porter des masques de protection,
- ⇒ Porter des gants de protection,
- ⇒ Porter des lunettes de protection.

Chapitre 5 :
Matériels et Méthodes

Cinquième Chapitre: **MATERIELS ET METHODES**

I. INTRODUCTION

Au cours de ce chapitre, nous avons procédé à une présentation de la méthode d'échantillonnage de l'eau à l'entrée de la station (eau de barrage) et à la sortie de station de traitement, du matériel utilisé et des méthodes d'analyse physico-chimique et bactériologique ceux sont effectuées au sein du laboratoire de la station de traitement du barrage Sekkak par le personnels de la stations.

L'étude de qualité de cette eau s'est effectuer sur une période de 05 ans, allons de 2008 jusqu'à 2012.

II. METHODES D'ECHANTILLONNAGES

Toute analyses obtenue dépendent de la méthode d'échantillonnages utilisées, l'échantillonnage est une opération délicate, il conditionne les résultats et leur interprétation qui en sera donnée. Elle Doit être homogène représentatif et obtenu sans modifier les paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques de l'eau. Pour cela, il faut un maximum de soin et précaution (Rodier. & al., 2009).

L'échantillon doit respecter des conditions bien précises, parmi eux :

- ✓ Les échantillons de laboratoire sont de préférence prélevés dans des récipients en verre ou des flacons en polyéthylène,
- ✓ Les bouteilles utilisées pour l'échantillonnage doivent être rincées,
- ✓ Les flacons sont identifiés par une étiquette ou indiquant l'origine de l'échantillon,

Le mode de prélèvement varie selon la source d'eau, dans notre cas au niveau du barrage le prélèvement s'effectue à diffèrent point 24h/24h avec les bouteilles d'eau bien stériles. Le prélèvement suit les étapes suivantes:

➤ Eau brute

Une eau qui se trouve dans un milieu naturel n'est pas toujours potable, impropre à la consommation humaine, contienne des plusieurs contaminants sous formes des ions, des bactéries, particules, des minéraux, peuvent être utilisés pour couvrir les besoins agricoles.

➤ Eau décanté

Une eau clarifiée de qualité relativement stable, grâce à l'élimination satisfaisante des micro-flocs souvent responsables de la détérioration de la qualité de l'eau.

➤ Eau filtré

Une eau de bonne qualité, une eau pure exempte des polluants chimique, d'odeur et de gout.

➤ Eau traité

Une eau qu'on peut boire et utilisé pour un usage domestique ou industrielles sans risque, provenant d'un réseau de distribution qui subit un traitement destiné à la rendre potable et propre.

A. MATÉRIELS UTILISÉS

1. Prélèvement de l'eau à analyser

Pour le prélèvement on prend que deux (02) types d'eaux dans la station (eau brute et eau traitée), ce prélèvement se fait dans les règles d'hygiène approprié par le personnel de la station.

Les principaux renseignements à fournir pour les analyses au niveau du laboratoire de la station de traitement du barrage Sekkak sont :

- ✓ Date et heure de prélèvement,
- ✓ Le type d'analyse demandé,
- ✓ Point de prélèvement d'eau.

2. Matériels d'analyses des paramètres physico-chimiques

Au niveau du laboratoire physico-chimique se fait les analyses des paramètres qui rentrent dans la potabilité de l'eau (pH, Turbidité, Conductivité...).



Fig. 39 : Laboratoire d'analyse de l'eau au niveau de la station de traitement du barrage Sekkak (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM, le : 27/05/2021).

2.1. Conductivimètre

2.1.1. Objectif

La mesure directe de la conductivité électrique à l'aide du 'Conductivimètre'.

2.1.2. Appareillage

L'appareil utilisé est le Conductivimètre 215 Type HANNA 508260, équipé d'une électrode de mesure et une sonde de température de l'eau pour assurer la condition de mesure à 25°C.

2.1.3. Etalonnage

- Mettre une petite quantité de solution de conductivité dans un bécher en plastique 1413 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25°C,

- Immerger la sonde dans la solution en prenant soin de submerger les trous du manchon (sous 0.5 cm),
- Ajuster le bouton "TEMPERATURE COEFFICIENT" à 25°C,
- Sélectionner la gamme appropriée : 199.9 $\mu\text{/cm}$,
- Attendre quelques minutes que la lecture se stabilise et ajuster le bouton "CALIBRATION" pour lire sur l'afficheur la valeur de la solution tampon à 25°C (1413 $\mu\text{/cm}$),
- Toutes les mesures subséquentes auront 25°C (1413 $\mu\text{s/cm}$ de référence),
- Pour référencer les mesures à 20°C (1278 $\mu\text{s/cm}$) ajuster la clé "CALIBRATION" pour lire sur l'écran la valeur de la solution à 20°C (1278 $\mu\text{s/cm}$),
- L'étalonnage est maintenant complété et l'ajustement est prêt à l'emploi.

2.1.4. Mode opératoire

- Prendre un échantillon conservé dans de bonnes conditions d'hygiène et à température ambiante,
- Remplir un bécher avec une quantité d'eau suffisante et immerger l'électrode de la conductivité sur le bécher.
- Appuyer sur la touche READ et lire la valeur affichée (la valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil avec une unité de micro siemens par centimètre ($\mu\text{s/cm}$) ou bien par milli siemens par centimètre (ms/cm) (**Figure. 40**).

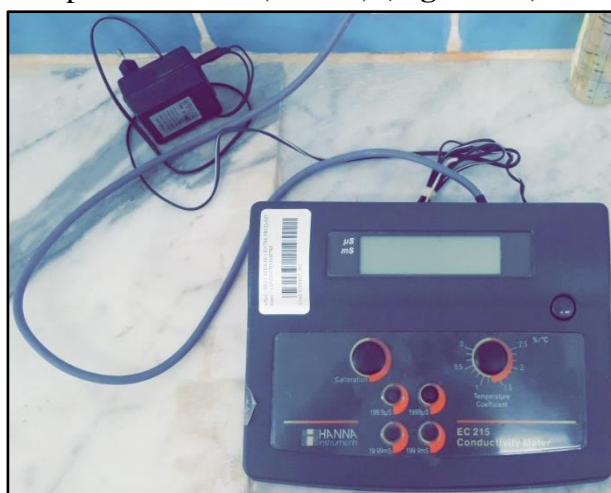


Fig. 40 : Conductivimètre type HANNA 508260 (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sakkak, le : 27/05/2021).

2.2. Spectrophotomètre

Le Spectrophotomètre HACH DR 1900 est un appareil qui permet d'effectuer des mesures dans la plage de longueur d'onde de 340 à 800 nm. Il permet de mesurer divers paramètres d'eau potable telle que le pH.

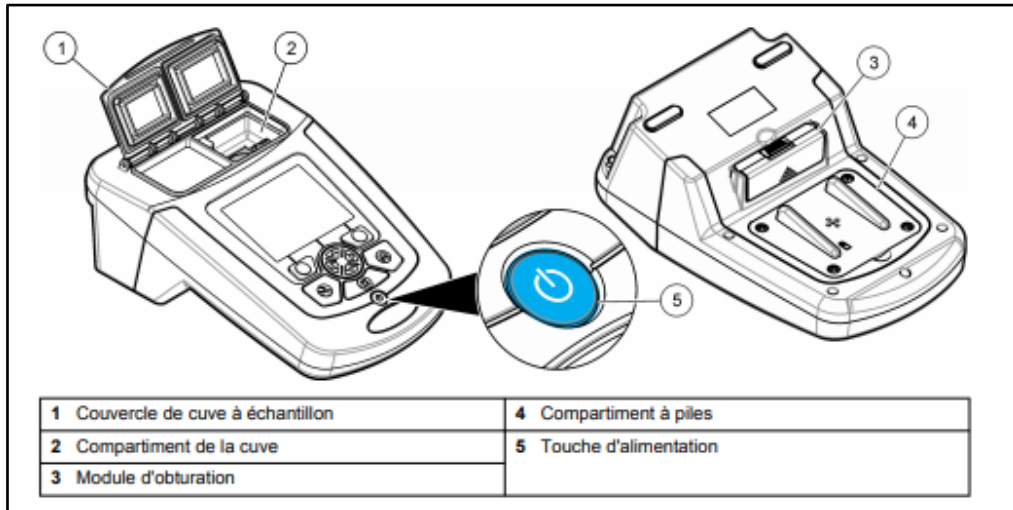


Fig. 41 : Présentation de l'appareil Spectrophotomètre HACH DR 1900.

Le spectrophotomètre DR 1900 est composé de quatre (04) adaptateurs de cellule à échantillon, un couvercle de protection, deux cuves à échantillon rectangulaires compatibles de 1 po (10ml), quatre piles AA alcalines et une cache anti-poussières (Figure. 42).

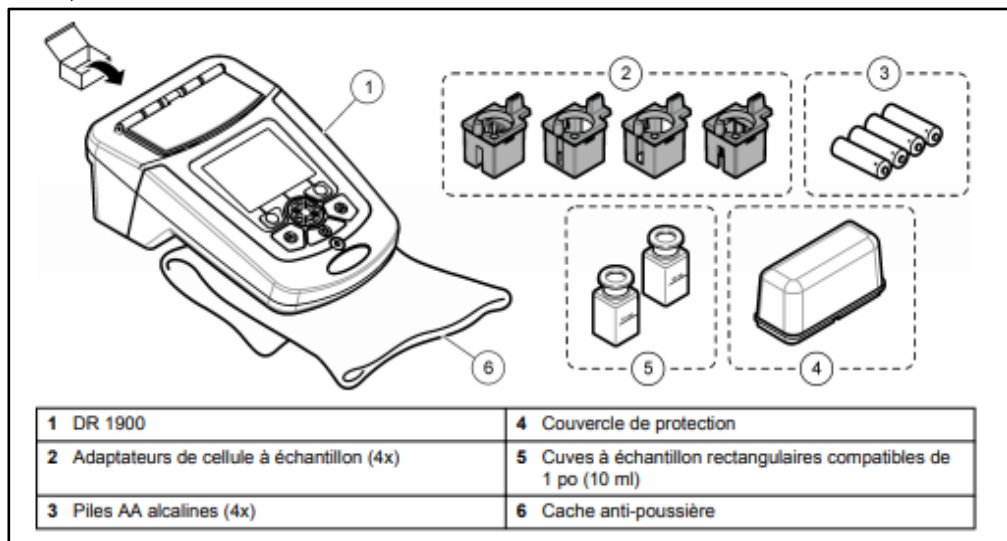


Fig. 42 : Composants de l'appareil Spectrophotomètre HACH DR 1900.



Fig. 43 : Spectrophotomètre HACH DR 1900 (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).

2.3. Turbidimètre

2.3.1. Objectif

L'objectif de cette analyse est de mesurer la teneur des MES responsables de la turbidité présente dans l'eau par un turbidimètre 2100 type HACH 05090C020596.

2.3.2. Etalonnage

- Placer la cuvette de l'étalon <0.1 NTU dans le puits de mesure et fermer le couvercle,
- Presser CAL le voyant s'affiche la valeur en NTU de l'étalon. S0 utilisé lors de l'étalonnage précédent est affiché,
- Presser ENTER. L'appareil effectue un décompte de 60 à 0 puis fait une mesure ce résultat est mémorisé,
- L'affichage passe automatiquement à l'étalon suivant affiche la valeur en NTU attendue (20 NTU), et le voyant S1 s'allume. Retirer la cuvette du puits de mesure,
- Placer la cuve de l'étalon 20 NTU soigneusement homogénéisé et fermer le couvercle,
- Presser ENTER l'appareil effectue un décompte de 60 à 0 et mesure et turbidité l'appareil passe automatiquement à l'étalon suivant l'affichage indique 200.0 NTU et le voyant S2 s'allume. Retirer la cuve du puits de mesure,
- Placer la cuve de l'étalon 200 NTU soigneusement homogénéisé dans le puits et presser ENTER l'appareil effectue un décompte de 60 à 0 et mesure la turbidité l'affichage indique 1000 NTU et le voyant S3 s'allume, retirer la cuve du puits de mesure,
- Placer la cuve de l'étalon 1000 NTU soigneusement homogénéisé dans le puits et presser ENTER l'appareil effectue un décompte de 60 à 0 et mesure la turbidité l'affichage indique 4000 NTU et le voyant S4 s'allume, retirer la cuve,
- Placer la cuve de l'étalon 4000 NTU soigneusement homogénéisé dans le puits et presser ENTER l'appareil effectue un décompte de 60 à 0 et mesure la turbidité, l'appareil revient automatiquement à l'étalon <0.1 NTU, le voyant S0 s'allume et la valeur mesurée précédemment pour l'étalon <0.1 NTU est affichée,
- Presser CA.

2.3.3. Mode opératoire

- Après avoir étalonné le turbidimètre, introduire dans une cuvette de l'eau distillée jusqu'à le trait,
- A l'aide d'un papier hygiène, on essuie les contours de l'échantillon à analyser pour enlever les gouttes d'eau et les traces des doigts,
- Lire la valeur affichée (il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure).

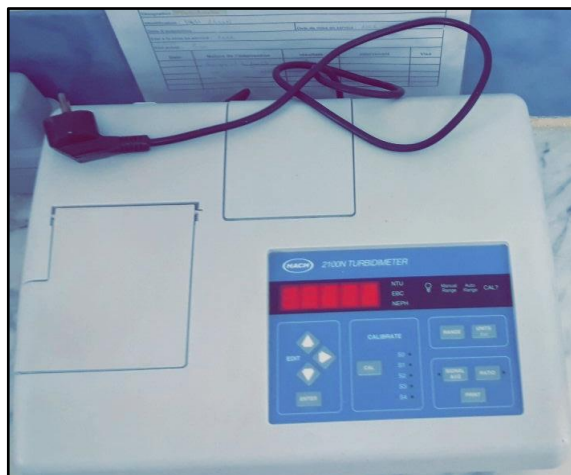


Fig. 44 : Turbidimètre HACH 21000 (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 04/04/2021).

2.4. Multi-paramètres

On appelle Sonde multi paramètres un système qui regroupe plusieurs capteurs et électrodes des spécifiques permettant d'accéder en même temps à la mesure instantanée et au suivi dans le temps des plusieurs paramètres physico-chimiques ou concentrations d'espèces du milieu aqueux dans lequel la sonde est immergée.

Elle permet de mesure les huit (08) paramètres suivants :

- Potentiel d'oxydoréduction,
- pH,
- Température,
- Oxygène dissous,
- Conductivité,
- Concentration en ion calcium,
- Concentration en ion potassium,
- Concentration en ion chlorure.



Fig. 45 : Multi paramètres SL 1000 S/N 201620205972 (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 04/04/2021).

3. Matériels d'analyses des paramètres bactériologiques

Les analyses des paramètres bactériologiques se font au niveau du laboratoire de bactériologie (**Figure. 46**), ce dernier contient le matériel suivant:



Fig. 46 : Laboratoire d'analyses bactériologiques (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).

3.1. La rampe de filtration

La rampe de filtration (**Figure. 47**) à 6 postes indépendants, chaque poste peut recevoir un type 'entonnoir différent, Elle est utilisée pour les contrôles microbiologiques, les contrôles des produits pharmaceutiques, cosmétiques, stérilisation et préparation de solvants et de liquides, ainsi que des tests d'hybridation, etc.



Fig. 47 : La rampe de filtration (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).

3.2. Etuve de stérilisation

C'est un appareil clos dans lequel une température élevée prédéterminée est entretenue afin d'opérer la désinfection ou la stérilisation d'objets divers. Une étuve est un équipement de laboratoire permettant de chauffer à température régulée des éléments par pression atmosphérique ou pression sous vide.



Fig. 48 : Etuve de stérilisation (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).

3.3. Deux incubateurs à 37°C et à 44°C



Fig. 49 : Incubateur à 37°C (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).



Fig. 50 : Incubateur à 44°C (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).

On trouve aussi :

- Des boîtes de Pétri stériles.
- Des flacons,
- Des pipettes pasteurs stériles,
- Des pinces stériles,
- Une anse à boucle pour le repiquage,
- Du papier filtre stérile d'un diamètre de 45 μ pour les cellules végétatives,
- Des tubes à essai stériles,
- Des bouteilles en verre stériles,
- Un réfrigérateur.

3.4. Manipulation en bactériologie

Lorsqu'on effectue des examens microbiologiques, il est très important de:

❖ Isoler ou de dénombrer seulement les micro-organismes présents dans les échantillons.

Pour cela il faut veiller à l'hygiène personnelle et utiliser des techniques de travail qui assurent autant que possible des conditions aseptiques :

- ✓ S'assurer que la zone de travail est propre et qu'il n'y a pas de courant d'air,
- ✓ Nettoyer la surface de travail avec un désinfectant approprié avant et après le travail,
- ✓ Préparer à l'avance le matériel nécessaire aux manipulations pour éviter le maximum de déplacements pendant l'ensemencement,
- ✓ Les échantillons, boîtes de Pétri, tubes à essai...sont marqués de façon à être facilement identifiés pendant toutes les étapes,
- ✓ Ouvrir les milieux, les flacons d'échantillons, les pipettes, la rampe de filtration à proximité d'une flamme d'un bec bunsen dont la zone de stérilité est délimitée dans un rayon de 20 cm. Réaliser l'opération sans perdre de temps,
- ✓ Prendre le nombre d'unités nécessaires (pipettes jetables, boîtes de Pétri... etc.) dans leur emballage et refermer celui-ci de suite,
- ✓ Stériliser les pipettes et les anses de platine à ensemercer.

❖ Placer les pipettes utilisées dans des récipients contenant de l'eau de Javel diluée,

- ❖ Avant chaque prise d'essai pour analyse, homogénéiser l'échantillon par plusieurs retournements du flacon. Flamber l'ouverture de flacon,
- ❖ Incuber à la température appropriée, les boîtesensemencées retournées couvercle en bas,
- ❖ Après incubation, les boîtes doivent être, si possible, immédiatement examinées. Sinon, elles peuvent être conservées, sauf spécification contraire, au maximum 48 heures à 4°C,
- ❖ Enlever immédiatement tous milieux ou produits contaminés, qui auraient pu se répandre, au moyen de chiffons imprégnés de désinfectant, puis nettoyer et désinfecter la surface de travail avant de continuer.

3.5. Conditions d'hygiène et de sécurité au niveau de laboratoire des analyses bactériologiques (Document de l'ADE)

Certaines précautions sont essentielles en laboratoire non seulement pour éviter la contamination des échantillons et des milieux de culture mais également pour éviter les risques d'infection du personnel de laboratoire. Pour cela il faut:

- ❖ Observer scrupuleusement les précautions d'hygiène personnelle. Porter si nécessaire des protections pour les cheveux,
- ❖ Se laver les mains à l'eau chaude et au savon liquide avant et après les manipulations microbiologiques, utiliser des serviettes en papier ou en tissu à usage unique,
- ❖ Porter des vêtements de protection au laboratoire : blouse fermée. Ils ne seront pas portés ailleurs,
- ❖ Ne pas manger, boire ni fumer dans le laboratoire,
- ❖ Ne pas parler, tousser...etc. pendant l'ensemencement,
- ❖ Ne pas pipeter à la bouche,
- ❖ Respecter scrupuleusement l'entretien des paillasse et l'évacuation des déchets.

B. METHODES D'ANALYSES

1. Analyses physico-chimique

1.1. Mesure du pH

La mesure du pH est effectuée à l'aide d'un multi paramètres, l'électrode est lavée par l'eau distillé et essuyé par un chiffon cotonné, on place l'électrode de l'appareil dans un petit récipient qui contient l'eau à analyser, la lecture se fait après l'affichage en quelque seconde, il donne également la température de l'échantillon en °C.

1.2. Mesure de la conductivité

La mesure de la conductivité est effectuée en même temps qu'avec le pH à l'aide d'un multi paramètres, l'électrode est lavée par l'eau distillé et essuyé par un chiffon cotonné, on place l'électrode de l'appareil dans un petit récipient qui contient l'eau à analyser, la lecture se fait après l'affichage en quelque seconde, il donne également la température de l'échantillon en °C.

1.3. Mesure de la couleur

La couleur est mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre (DR 1900), avec deux cuves à échantillon rectangulaires de 10 ml bien stérile, un est remplie par l'eau distillée et le deuxième qui contient l'eau à analyser, essuyé bien par un papier joseph, on premier en met

la bouteille de l'eau distillée pour marquer un zéro après en met l'eau à analyser (en insère les deux cuves face au repère et en ferme le capot de l'appareil) et la lecture se fait après l'affichage en quelque seconde.

1.4. Mesure de la turbidité

La mesure de la turbidité est effectuée à l'aide d'un turbidimètre (HACH 2100N), dans une cuve bien stérile doit être propre, en introduit l'eau à analyser sans faire de bulles, et on essuie par un papier le contour, en insère la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère, en ferme le capot de l'appareil et ensuite on effectue la mesure et la lecture se fait après l'affichage en quelque seconde.

1.5. Mesure de l'Ammonium

L'ammonium est mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre par la méthode de Ness (Nessler), avec deux (02) flacons bien stérilisés un pour l'eau distillée et l'autre contient de l'eau à analyser, on ajoute dans chaque flacons trois (03) gouttes de stabilisateur et on mélange après on ajoute trois (03) gouttes d'un polyvinyle et on mélange à la fin avec une pipette on prend 02 ml d'un réactif de Ness on ajoute pour chaque flacons 01 ml, ensuite on effectue la mesure.

On met l'eau distillée pour affiché un zéro après l'eau à analyser (en insère les deux cuves face au repère et en ferme le capot de l'appareil) et la lecture se fait après l'affichage en quelque seconde.

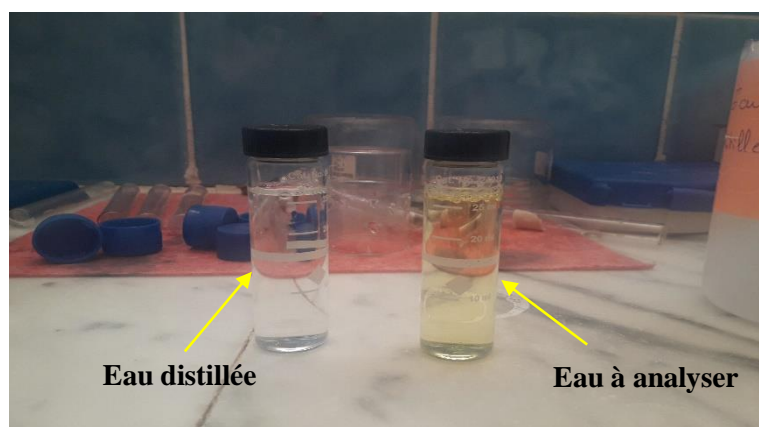


Fig. 51 : Mesure de l'Ammonium (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).

1.6. Dureté total (TH)

On prend une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, on ajoute 04 ml de la solution tampon pH 10, une pincée d'indicateur NET après le mélange la solution doit se colorer en mauve, titré immédiatement avec la solution d'EDTA à 0.01 mol/L jusqu'au ce qu'il devient bleu. On termine par un calcul pour obtenir la valeur de la dureté.

$$TH = V_2 * 2 * F * Fc \quad (V.1)$$

D'où:

TH : dureté exprimée en °F,

V_2 : et le volume en millilitres d'échantillon dosé,

Fc : facteur de correction (volume versé/ volume théorique (12.5 ml)),

F : facteur de dilution,

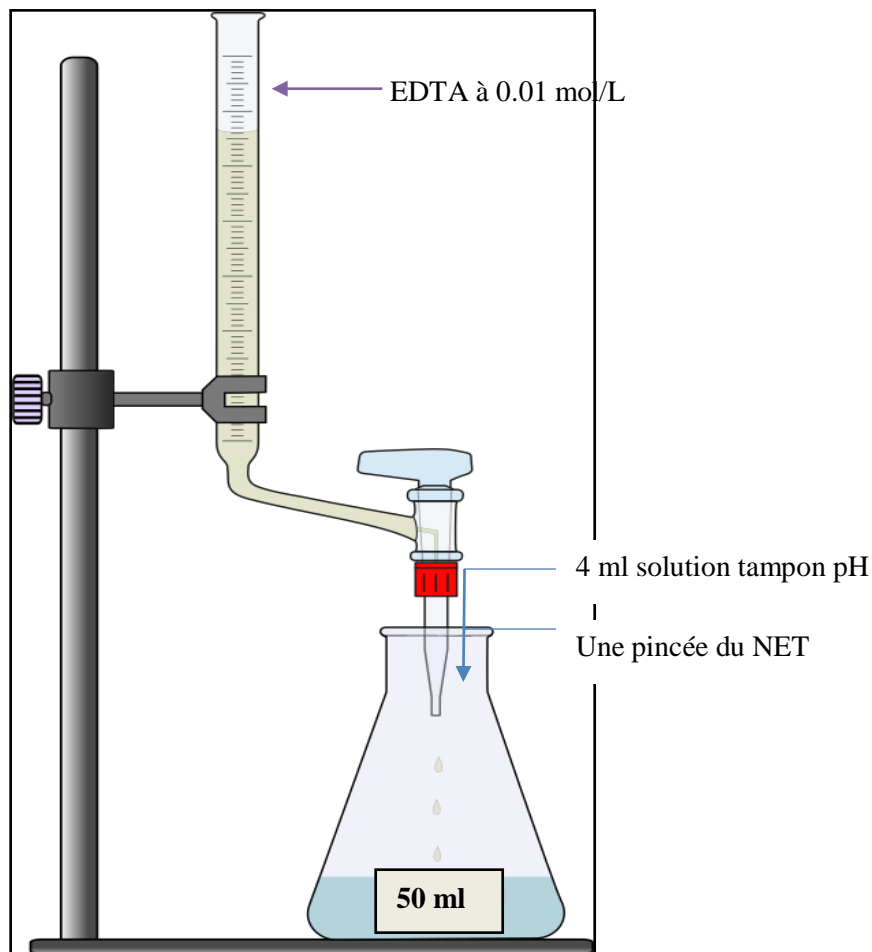


Fig. 52 : Dosage de la somme du Calcium et de Magnésium (Dureté total) par la méthode titrimétrie à l'EDTA.

1.7. Calcium

On prend une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, on ajoute 02 ml de la solution d'hydroxyde (NaOH) 2N, une pincée d'indicateur Murexide après le mélange la solution doit se colorer en rose, titré immédiatement avec la solution d'EDTA à 0.01 mol/L jusqu'à ce qu'il devient violet. On termine par un calcul pour obtenir la valeur de calcium.

$$Ca = \frac{C_1 * V_1 * A}{V_0} * Fc * 1000 * F \quad (V.2)$$

D'où :

- C_1 : concentration exprimée en mole par litre, de la solution EDTA,
- V_0 : est le volume en millilitres, de la prise d'essai soit 50 ml,
- V_1 : est le volume en millilitres de la solution d'EDTA utilisé pour la dose,
- A : est la masse atomique du calcium (40.08 g),
- Fc : facteur de correction du titre,
- F : facteur de dilution,

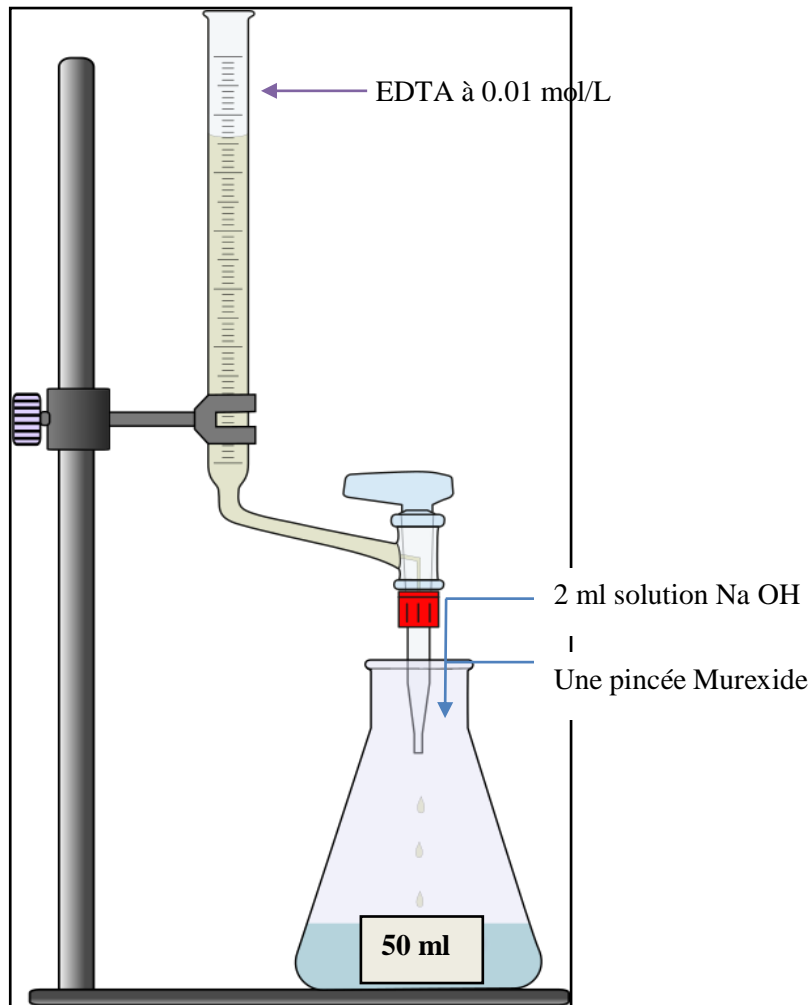


Fig. 53 : Dosage du Calcium par la méthode titrimétrie à l'EDTA.

1.8. Titre alcalimétrique TA (Carbonate)

On prend une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, on ajoute 10 gouttes de phénolphtaléine la solution prend une couleur rose, titré avec le HCL à 0.01 N jusqu'au la disparition de la couleur rose. On termine par un calcul pour obtenir la valeur.

$$TA = (V_1 * N * 1000) * \text{masse molaire des carbonate} / V \quad (V.3)$$

D'où :

Masse molaire des carbonates = 60mg

V : est le volume en millilitres, de la prise d'essai soit 100 ml

V_1 : est le volume de la solution d'acide chlorhydrique HCL à 0.01 N

N : est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01 N

- Si l'eau contient des carbonates seulement donc :

$$TA = (CO_3^{2-}) \text{ mg/L} / 2 \quad (V.4)$$

$$TAC = (HCO_3^-) \text{ mg/L} + 2 TA \quad (V.5)$$

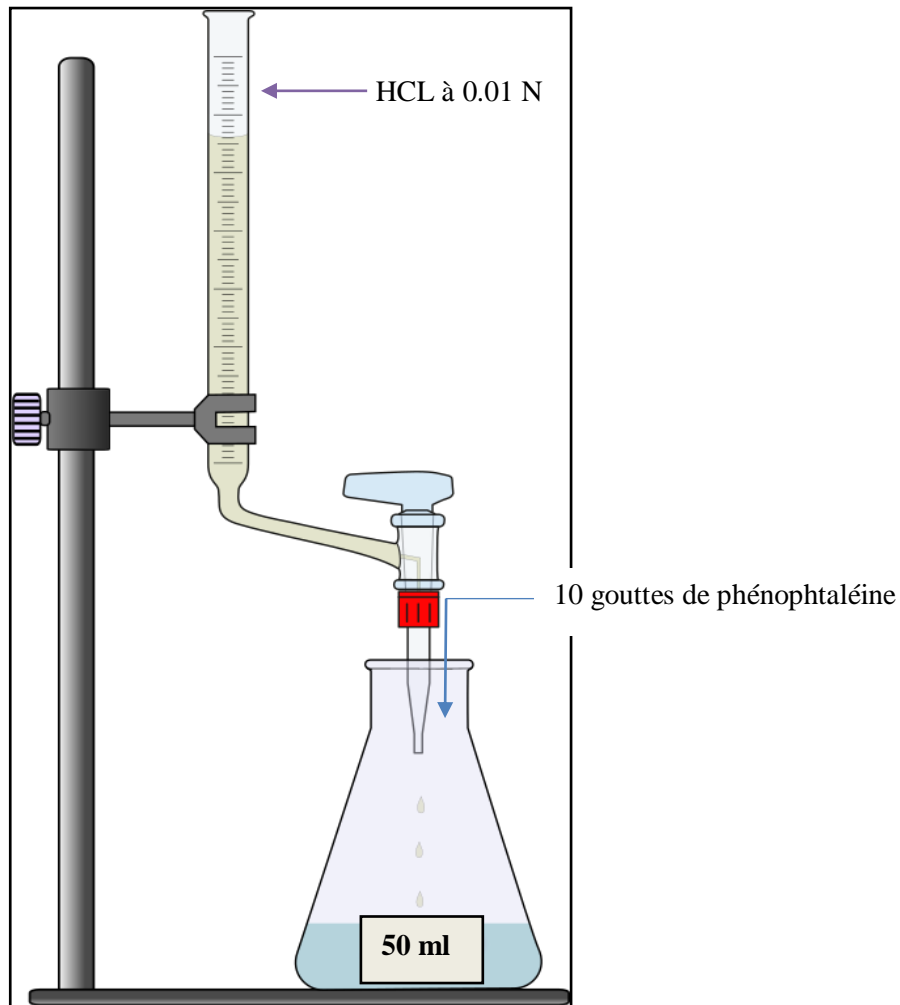


Fig. 54 : Détermination de l'alcalinité titre alcalimétrique (TA).

1.9. Titre alcalimétrique complet TAC (Bicarbonate)

On prend une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, on ajoute 03 gouttes de rouge de méthylène la solution prend un couleur bleu, titré avec le HCL à 0.01 N jusqu'au ce qu'il devient gris. On termine par un calcul pour obtenir la valeur.

$$\text{TAC} = (V_2 * N * 1000) * \text{masse molaire des bicarbonate} / V \quad (\text{V.6})$$

D'où :

Masse molaire des bicarbonates = 61 mg,
 V : est le volume en millilitres, de la prise d'essai soit 100 ml,
 V₂ : est le volume d'acide chlorhydrique en millilitres,
 N : est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01 N,

- Si l'eau contient des bicarbonates seulement donc :

$$\text{TA} = 0, \quad \text{TAC} = (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/L} = V_1 * 61 \quad (\text{V.7})$$

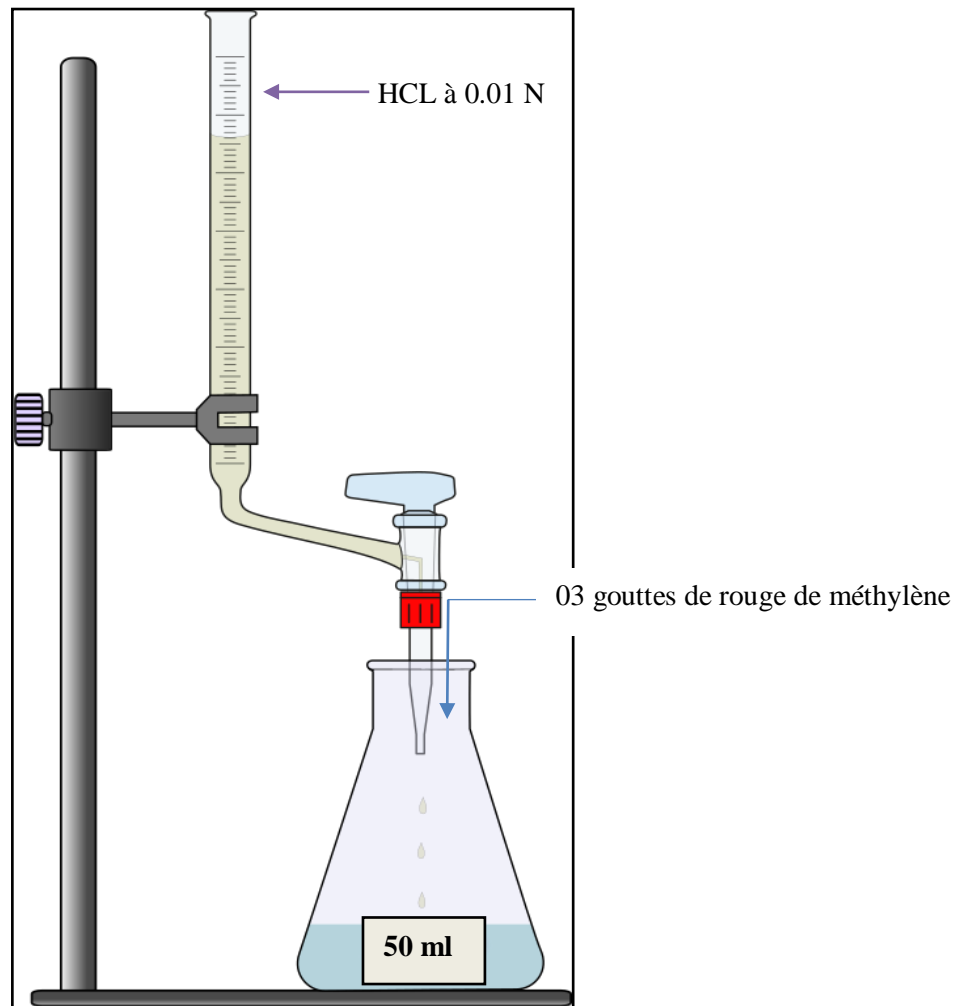


Fig. 55 : Détermination de l'alcalinité titre alcalimétrique complet (TAC).

1.10. Chlorure Cl^-

On prend une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, on ajoute 03 gouttes de l'indicateur chromate de potassium, la solution prend une couleur jaune, titré avec le nitrate d'argent (AgNO_3) à 0.02 mol/L jusqu'au ce qu'il devient rouge brique. On termine par un calcul pour obtenir la valeur.

$$P_{\text{Cl}} = \frac{(V_s - V_b)}{V_a} * C * f \quad (\text{V.8})$$

D'où :

P_{Cl} : est la concentration en mg/L de chlorure,

V_a : est le volume, de l'échantillon,

V_b : est le volume en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage du blanc,

V_s : est le volume en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de l'échantillon,

C : est la concentration réelle exprimée en moles d' AgNO_3 par litre, de la solution Nitrate d'Argent,

f : est le facteur de conversion $f=35453$ mg/mol,

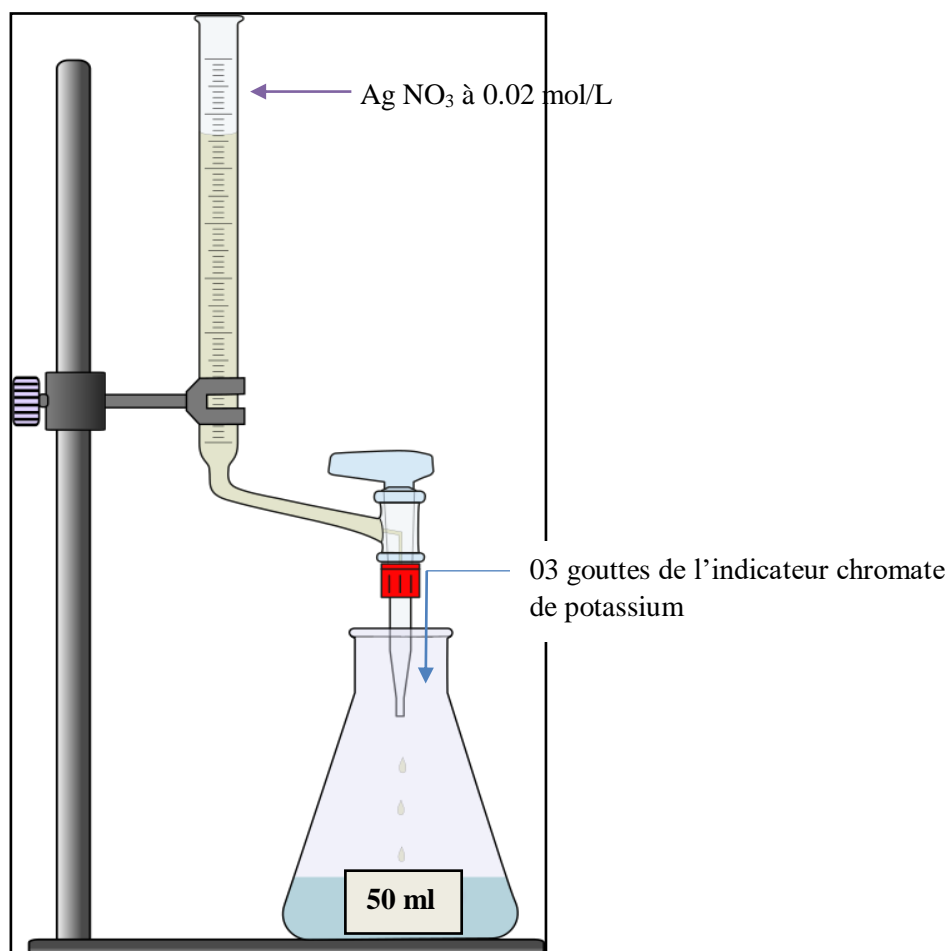


Fig. 56 : Dosage des Chlorures, titrage au nitrate d'argent avec du chromate de potassium (méthode de Mohr).

2. Analyses bactériologiques

2.1. Méthode par filtration

Cette méthode est une technique qui consiste à la recherche de dénombrement des Escherichia-Coli et des bactéries coliformes présents dans les eaux destinées à la consommation, par comptage des colonies obtenues en milieu solide après 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C.

Les coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés que les coliformes mais à $42 \pm 2^\circ\text{C}$.

Les Escherichia-Coli sont des coliformes thermo tolérant ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à $42 \pm 2^\circ\text{C}$.

La recherche avec cette méthode (**Figure. 47**) nécessite une préparation au préalable, se déroule selon les étapes suivantes :

- Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen,
- Les refroidir tout de suite après avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile,

- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité nominale de 0.45µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile,
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante,
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ou 250 ml d'eau à analyser, selon les types d'eaux à analyser devant un bec bunsen,
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane,
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile sur la surface d'une plaque de gélose TTC préalablement préparée, cette dernière sera incubée couvercle en bas à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures voire 44 ± 4 heures et servira à la recherches des bactéries coliformes, suivie de l'identification biochimique des Escherichia-Coli,

Après la période d'incubation spécifiée, dénombrer les colonies caractéristiques qui se présentent sous formes de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune (lactose positives).

Repique de façon aléatoire 5 à 10 colonies à des fins de confirmation basée sur le test à l'oxydase d'une part et la production d'indole d'autre part.

2.1.1. Test à l'oxydase

Pour les besoins de ce test, effectuer tout d'abord un repiquage sur gelose TSA à la caséine de 5 à 10 colonies, à incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 2 heures, puis effectuer le test de l'une des façons suivantes :

- Imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer une colonie caractéristique,
- Verser 2 à 3 gouttes du réactif à l'oxydase préparé extemporanément (Tétraméthyl-p-phénylènediamine) sur un papier filtre puis étaler dessus une partie de la culture.

Dans les deux cas la réaction positive est immédiate et se traduit par un virage au bleu violet foncé.

2.1.2. Test à l'indole

Pour cela transférer chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10) dans un tube contenant 3 ml de bouillon au tryptophane. Bien triturer la colonie dans le milieu puis incuber ce dernier à $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures puis rechercher la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs. La présence d'une coloration rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu.

En considère comme bactérie coliforme toute colonie caractéristique jaune dépourvue de l'enzyme oxydase et non productrice d'indole.

En considère comme bactérie Escherichia coli toute colonie caractéristique rouge dépourvue de l'enzyme oxydase, mais productrice d'indole à 44°C .

Ensuite en calcule la valeur a du nombre de bactéries coliformes lactose positives à part celle des *Escherichia coli* à part, le résultat sera exprimé selon l'équation suivantes :

$$a = (b/A).C \quad (V.9)$$

D'où :

b : nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boîte,

A : nombre de colonies repiquées,

C : nombre total de colonies trouvées dans la boîte (ADE., 2001).

2.2. Méthode en milieu liquide

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo tolérants et *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consecutives :

- Le test de présomption réservé à la recherche des coliformes,
- Le test de confirmation réservé à la recherche des coliformes thermo tolérants et *Escherichia coli*.

2.2.1. Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL double concentration muni d'une clodhe de Durham,
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL double concentration muni d'une clodhe de Durham,
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL simple concentration muni d'une clodhe de Durham.

Chassez l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inclulum, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Seront considérés comme positif les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement des gaz,
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

2.2.21. Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia-Coli*, les coliformes thermo ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

L'*Escherichia-Coli* est un coliformes thermo tolérant qui entre autre :

- Produit de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44°C,
- Donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl,
- Ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol,
- N'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chassez l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

Seront considérés comme positif les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement des gaz,
- Un anneau rouge en surface témoin de la production d'indole par l'Escherchia-Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs (ADE., 2001).

III. CONCLUSION

Comme on a dit auparavant, ce chapitre traite un aperçu sur le barrage SEKKAK et aussi la station de traitement des eaux potables avec les laboratoires présents au niveau de cette dernière (à savoir le laboratoire des analyses physico-chimiques et bactériologiques).

Le matériel utilisé dans ces analyses est généralement complexes mais il permet de d'obtenir des analyses complètes et satisfaisantes.

La qualité d'eau potable dépend dans un grand pourcentage des paramètres physico-chimiques et bactériologiques qui montrent que la pluparts des analyses faites à la station de traitement sont conformes aux normes (Algérienne et celles de l'OMS) d'eau potable.

Chapitre 6 :
Résultats et Discussions

Sixième Chapitre: **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

I. INTRODUCTION

L'exploitation des résultats des différents échantillons prélevés au par avant par les agents de la station de traitement du barrage de Sekkak et qui nous ont été donnés, nous a permis de déterminer les paramètres physico-chimique et microbiologique de l'eau à l'entrée et la sortie de station. Ces prélèvements ont été effectués au cours de 05 ans avec un pas mensuelle, allons de janvier 2008 jusqu'à décembre 2012 pour les analyses physico-chimique. En ce qui concerne les analyses bactériologiques, elles ont été effectuées sur 06 ans allons de janvier 2013 jusqu'à décembre 2018.

Cette partie est consacrée à l'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques des prélèvements effectués au sien du barrage et de la station de traitement. Elle traitera l'évolution des paramètres relatifs aux eaux traitées et à la qualité des eaux du barrage par l'utilisation des normes de potabilité algériennes et celles de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

L'interprétation des résultats de chaque paramètre sera effectué selon :

- Les valeurs guides de l'OMS, 2006 (Annexe. 1).
- Les normes algériennes relatives à la qualité de l'eau de consommation humaine (décret exécutif n° 11-125 JO N°18 du 23 mars 2011) (Annexe. 2),

A. RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DU BARRAGE ET DES EAUX DE LA STATION DE TRAITEMENT

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des eaux échantillonnées sont présentés dans le tableau (Annexe. 3).

1. Le pH

Les valeurs du potentiel d'hydrogène 'pH' échantillonnées pour l'eau du barrage et l'eau traité sont données sur la figure suivante :

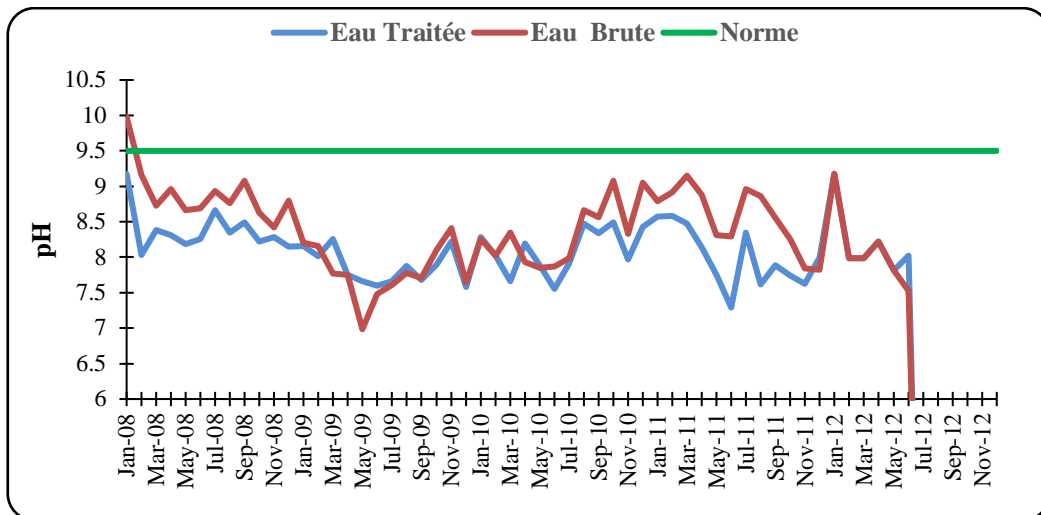


Fig. 57: Variations de la moyenne mensuelle du pH dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

Les valeurs de pH des eaux échantillonnées apparaissent toutes basique pendant toute la période d'échantillonnage (**figure. 57**). Elles respectent et ne dépassent pas la norme que ce soit de l'OMS et algérienne. Seulement on remarque qu'en janvier 2008 le pH des eaux brutes dépasse la norme qui est 9.5 (JORA., 2011 ; OMS., 2006). Ces valeurs oscillent entre 6.99 et 9.98 pour l'eau du barrage et entre 7.30 et 9.18 pour l'eau traitée. Ces résultats montrent que cette eau est alcaline est bonne pour la consommation. Selon les normes, le pH de l'eau doit se situer en 6,5 et 9.5 afin d'assurer la protection de la vie aquatique (CRE-Laurentides, 2009).

2. La conductivité 'CE'

Les valeurs de la conductivité sont toutes au-dessous de la valeur recommandée qui est 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour les deux types d'eau (Eau du barrage et eau traitée de la station) (**figure. 58**). Elles oscillent entre 742 et 1180 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour l'eau brute du barrage et entre 789 et 1209.5 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour l'eau traitée.

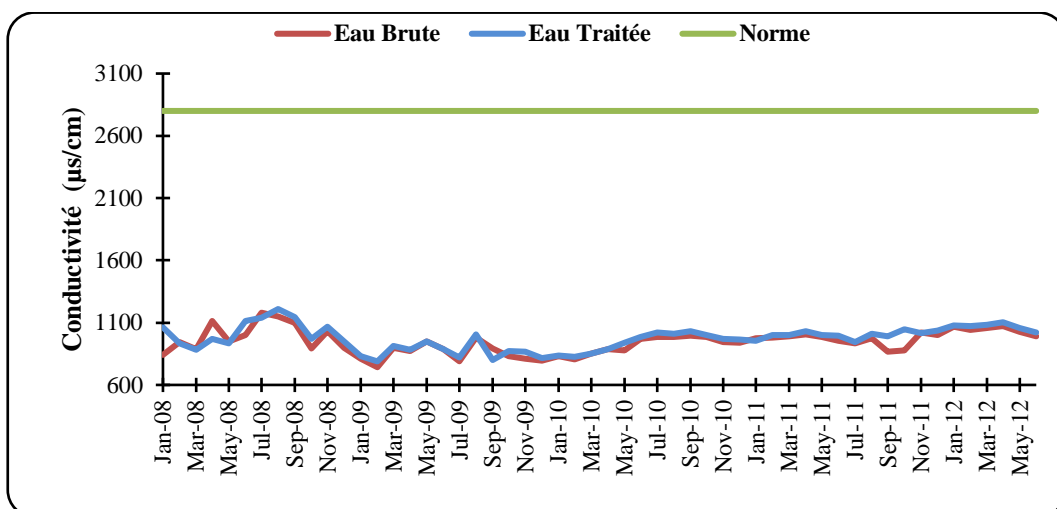


Fig. 58: Variations de la moyenne mensuelle de la Conductivité dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

3. La Température 'T'

Il est reconnu que les variations de la température s'estompent au-delà de 3 m de profondeur et que la température des eaux souterraines est invariable au cours de l'année (Petit. & Ercicum., 1987).

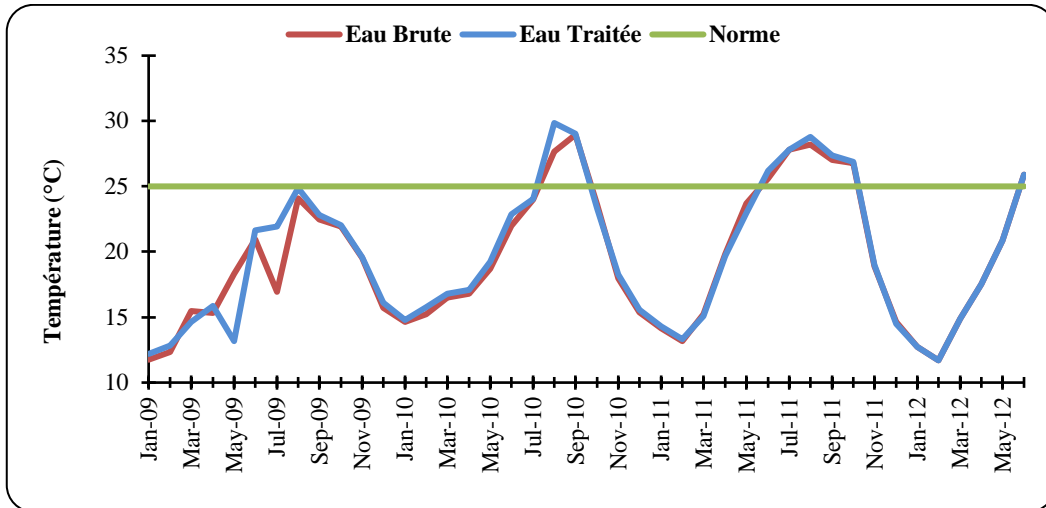


Fig. 59: Variations de la moyenne mensuelle de la Température dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

L'étude de la température a montré que les valeurs obtenues au cours de la période d'échantillonnage sont comprises entre 11.70 °C et 28.95°C pour les eaux du barrage et 11.70°C et 29.85°C pour les eaux traitées (figure. 59).

On remarque que pratiquement toutes les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas la norme algérienne qui est de 25°C pendant toute l'année sauf au cours de la saison estivale qui atteint presque 30°C suite à la chaleur du climat et au temps d'ensoleillement.

4. L'Oxygène dissous

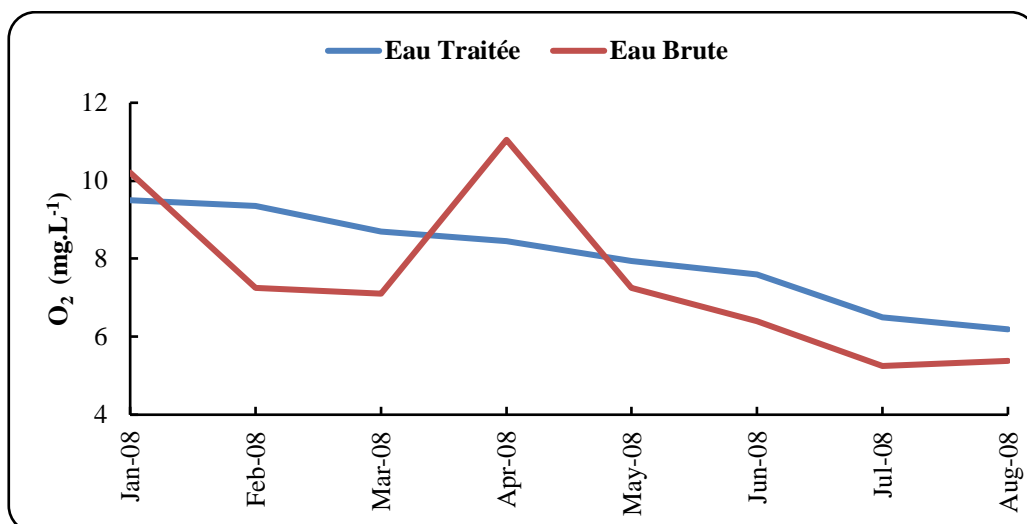


Fig. 60: Variations de la moyenne mensuelle de l'Oxygène dissous dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux du barrage sont différentes d'une saison à une autre car on remarque que les eaux sont plus oxygénées en hiver qu'en été avec une valeur minimale de 5.25 mg/L et une valeur maximale de 11.05 mg/L et avec un pic au mois d'avril car ce mois été très pluvieux (**figure. 60**). Par contre, pour les eaux traitées l'oxygène dissous décroît, il est à son maximum au mois de janvier et à son minimum au mois d'aout, avec une valeur minimale de 6.19 mg/L et une valeur maximale de 9.5 mg/L.

Cette variation est due essentiellement à la diminution de la température de l'eau, car une froide contient une plus grande quantité d'oxygène dissous qu'une eau chaude (Hebert. & Légaré., 2000).

5. Salinité 'TDS'

Les valeurs de la salinité sont toutes au-dessous de la norme (**figure. 61**), mais on remarque que les eaux traitées sont devenues légèrement plus chargées qu'au par avant par rapport à la salinité. Elles oscillent entre 514 et 559 pour les eaux brutes du barrage, et entre 531 et 573 pour les eaux traitées. Ce qui confirme la bonne qualité de cette eau.

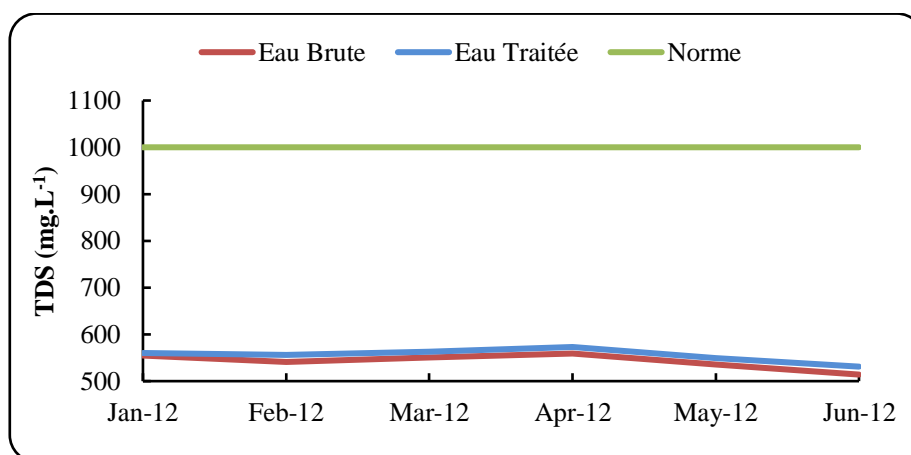


Fig. 61: Variations de la moyenne mensuelle de la Salinité dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

6. L'Ammonium ou Azote ammoniacal 'NH₄⁺'

La présence d'azote ammoniacal dans une eau traduit un processus de dégradation incomplète de la matière organique.

Les teneurs en ammonium dans les eaux du barrage sont différentes d'une saison à une autre car on remarque que les eaux sont chargées en hiver qu'en été avec une valeur minimale de 0.06 mg/L et une valeur maximale de 1.58 mg/L qui représentent des pics et qui dépassent la norme. Ces fortes teneurs sont du au lessivage des terres agricoles qui utilisent des engrais azotés pendant l'hiver (**figure. 62**), d'où la présence probable des nitrates et nitrites (suite à la nitrification et dénitrification).

En ce qui concerne les eaux traitées, on remarque la nette diminution de l'ammonium dans les eaux (au dessous de la norme qui est à 5 mg/L) et cela suite au traitement effectué dans la station. Ces valeurs oscillent entre 0.01 et 0.19mg/L.

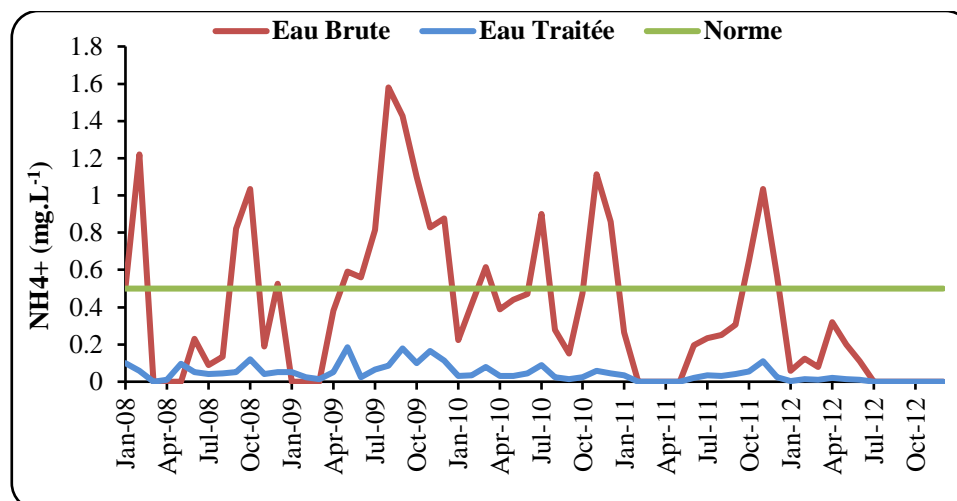


Fig. 62: Variations de la moyenne mensuelle de l'Ammonium (NH_4^+) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

C'est en détectant la présence d'ammonium que l'on peut situer le long d'un cours d'eau les arrivées d'eaux usées car les déjections humaines et animales sont sources d'ammoniac.

Dans l'eau, en fonction du pH et de la température, l'azote ammoniacal se rencontre sous deux formes Ammonium et Ammoniac.

7. Les Nitrates ' NO_3^- '

C'est des substances chimiques naturelles qui entrent dans le cycle de l'azote. Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique.

Il existe différents indicateurs de pollution organique ; Les composés carbonés peuvent avoir différentes origines liées aux activités humaines, industrielles, agricoles ainsi qu'aux activités naturelles.

D'après la figure. 63, on remarque que les concentrations ont augmentées après traitement mais avec des valeurs qui reste sous la norme. Ce qui ne présente pas de danger pour la consommation. Ces valeurs oscillent entre 3.4 et 12.60 mg/L pour les eaux brutes et de 3.4 et 17.15 mg/L pour les eaux traitées.

Il est à noter que depuis septembre 2009, aucune analyse de nitrates n'a été effectuée dans la station de traitement. Le manque de résultat d'analyse est engendré ou bien par le manque ou absence de réactifs nécessaires ou bien par une panne d'appareillage.

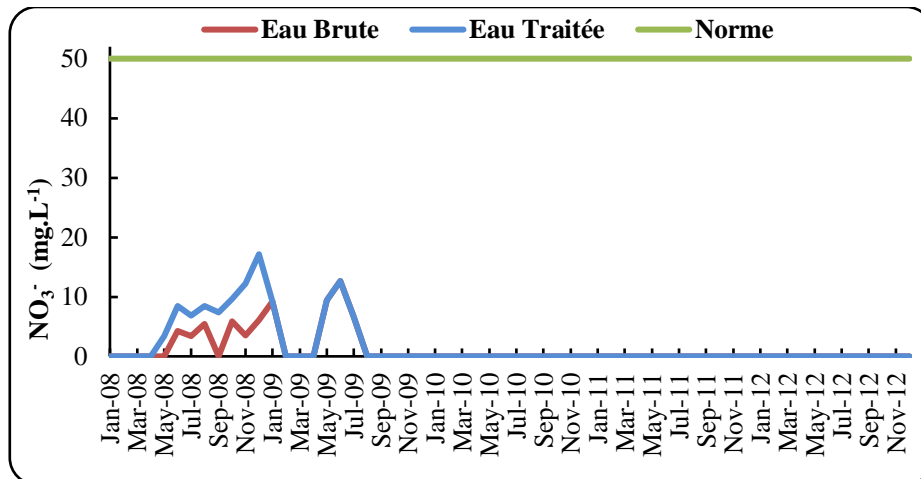


Fig. 63: Variations de la moyenne mensuelle des Nitrates (NO_3^-) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

8. Les Nitrites ' NO_2^- '

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action de dénitrification. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte.

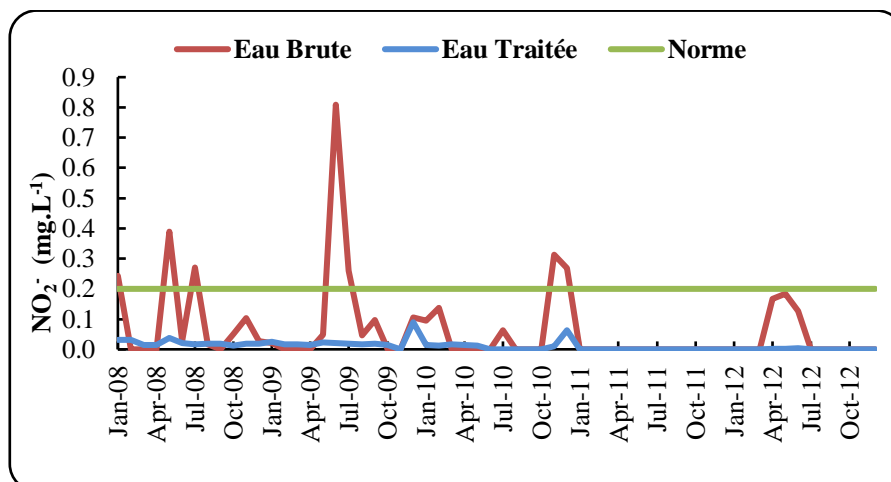


Fig. 64: Variations de la moyenne mensuelle des Nitrites (NO_2^-) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

D'après la figure. 64, on remarque que les eaux du barrage sont chargées en nitrites avec des pics plus au moins élevés pendant la saison hivernale ; cette augmentation est engendrée suite à l'utilisation intensive des engrais Azotés par les agriculteurs de la région. Ce pic devient plus remarquable pendant la saison estivale qui atteint 0.8 mg/L, cette augmentation est expliquer par l'effet de la chaleur et de l'ensoleillement qui existe les bactéries dénitrifiantes. Ces concentrations oscillent entre 0.016 et 0.809 mg/L.

Par contre, les eaux traitées présentent des concentrations insignifiantes presque négligeables. Ces concentrations oscillent entre 0.002 et 0.09 mg/L.

Il est à noter qu'entre Janvier 2011 et Mai 2012, aucun prélèvement et analyse des nitrites n'a été effectuée dans la station de traitement Le manque de résultat d'analyse est engendré ou bien par le manque ou absence de réactifs nécessaires ou bien par une panne d'appareillage.

9. Les Phosphates ' PO_4^{-3} '

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol. Leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la composition de la matière organique.

Les eaux de surfaces peuvent souvent être contaminées par des rejets domestiques, agricoles ou industriels. Le phosphore existe à l'état minéral ou organique, on peut le trouver sous forme d'ortho-phosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique.

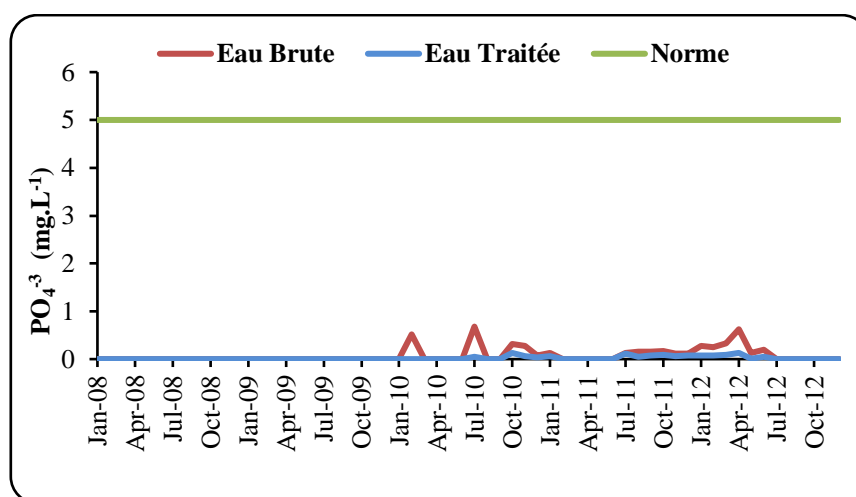


Fig. 65: Variations de la moyenne mensuelle des Phosphates (PO_4^{-3}) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

D'après la figure. 65, on remarque des lacunes de données au cours des deux (02) premières années (2008 et 2009), aucun justificatif n'a été donnée, donc on ignore la cause.

A partir de Janvier 2010, on remarque la présence de phosphates dans les eaux brutes du barrage mais avec des concentrations de moins de 01 mg/L. Elles oscillent entre 0.07 et 0.680 mg/L. Cette présence est due probablement à des sources naturelles d'érosion ou de lessivage ou bien à une pollution diffuse (engrais).

En ce qui concerne les eaux traitées, des concentrations très petites voir insignifiantes sont remarquées. Elles oscillent entre 0.01 et 0.130 mg/L.

10. Les Chlorures ' Cl^- '

D'après la figure. 66, on remarque que le taux des chlorures été moyennement élevé mais reste au dessous de la norme algérienne qui est de 500 mg/L pendant toute l'année 2012. Ces taux oscillent entre 143.675 et 226.8 mg/L pour les eaux brutes du

barrage. En ce qui concerne les eaux traitées, les concentrations sont en croissance est oscillent entre 173.08 et 247.75 mg/L.

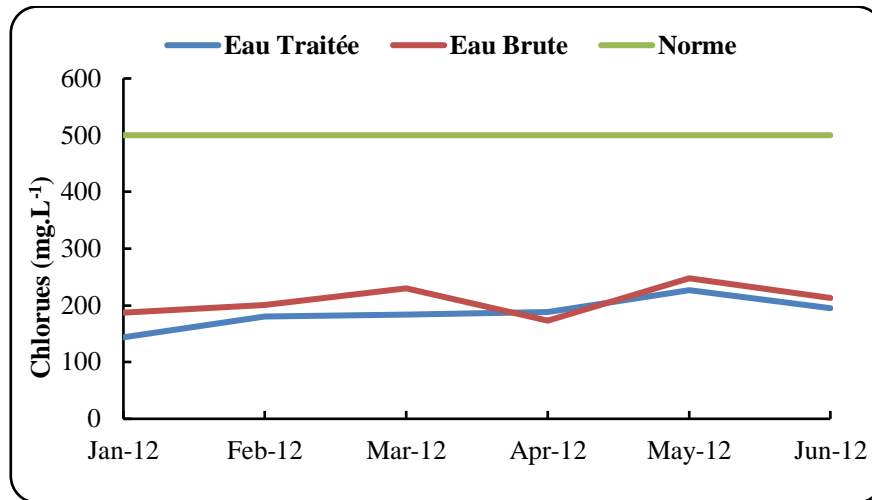


Fig. 66: Variations de la moyenne mensuelle des Chlorures (Cl⁻) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

La présence des chlorures peut avoir plusieurs origines. Ils sont répandus dans la nature sous forme de sel de sodium (NaCl) ou sel de potassium (KCl). Elle peut avoir une origine naturelle (lessivage des terrains, l'érosion des sols, dissolution des minerais dont le sel gemme) ou anthropique (effluents industriels et urbains comme le drainage d'irrigation ou les eaux usées, utilisation de chlorures dans le traitement des eaux 'coagulants' ou désinfection au chlore).

11. La Matière Organique 'MO'

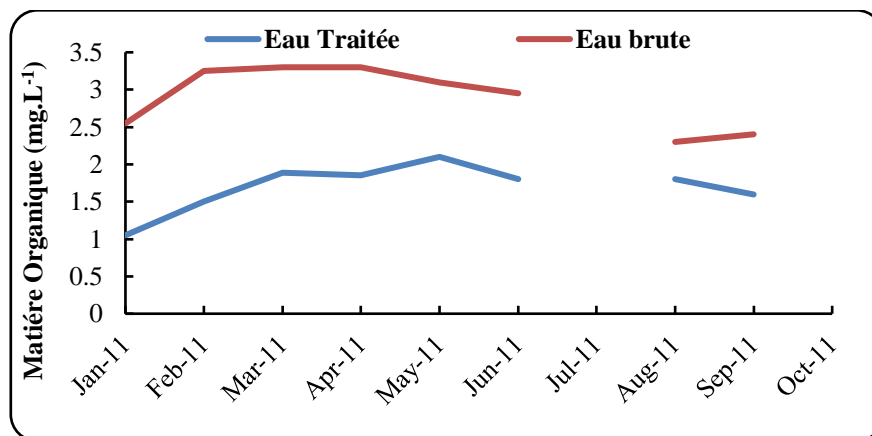


Fig. 67: Variations de la moyenne mensuelle de la Matière organique (M.O) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

D'après la figure. 67, on remarque la présence de la matière organique avec des concentrations très élevées dans les eaux brutes du barrage qui oscillent entre 2.3 et 3.3 mg/L. Contrairement aux eaux traitées, on observe une nette diminution de cet élément et qui est au dessous de la norme qui est de 0.05 mg/L. Ces concentrations oscillent entre 1.05 et 2.1 mg/L.

La matière organique contenue dans les eaux est la partie non encore décomposée de la pollution organique (matières vivantes mortes ou déjections des organismes vivants). Elles sont donc naturellement présentes dans l'eau, mais à faible concentration. S'il y en a plus, il y a pollution provenant de rejets d'eaux usées domestiques mal épurés, d'effluents agricoles, etc. De plus la dégradation de la MO consomme et réduit l'oxygène dissoute de l'eau nécessaire à la vie aquatique.

12. L'Alcalinité 'TA'

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. Elle sert à mesurer la teneur en hydroxydes libres et en carbonates.

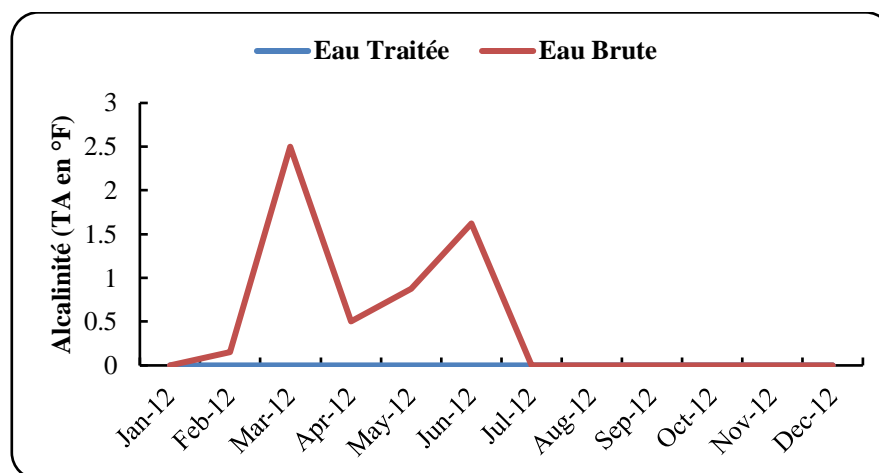


Fig. 68: Variations de la moyenne mensuelle de l'Alcalinité (TA) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

D'après la figure. 68, on remarque que les eaux du barrage présentent une alcalinité qui oscille entre 0.15 et 2.5 °F. Par contre, une absence totale de l'alcalinité après traitement des eaux du barrage. Le traitement est efficace à 100%.

13. Les concentrations des éléments en trace métalliques (ETM) au niveau des eaux du barrage et de la station de traitement

Les résultats des trois (03) ETM étudiés (Fer, Magnésium et Chrome) obtenus après leurs dosages sont indiqués dans l'Annexe. 3 et 4.

13.1. Le Fer 'Fe'

Dans les eaux de surface, le fer se trouve généralement sous forme ferrique et précipité, souvent associé aux MES; il est alors éliminé au cours de la clarification. En revanche, on le rencontre sous forme ferreuse dans les couches profondes de certaines réserves d'eaux eutrophisées privées d'oxygène et dans la plupart des eaux souterraines: ce fer réduit Fe(II) est alors dissous et souvent complexé.

D'après la figure. 69, on remarque des concentrations élevées qui dépassent la norme dans les eaux brutes du barrage, ces concentrations en fer oscillent entre 0.01 et 0.38 mg/L alors que la norme est de 0.3 mg/L.

En ce qui concerne les eaux traitées, on remarque une nette baisse du fer dans ces eaux (inférieur à la norme), ces concentrations oscillent entre 0.01 et 0.18 mg/L.

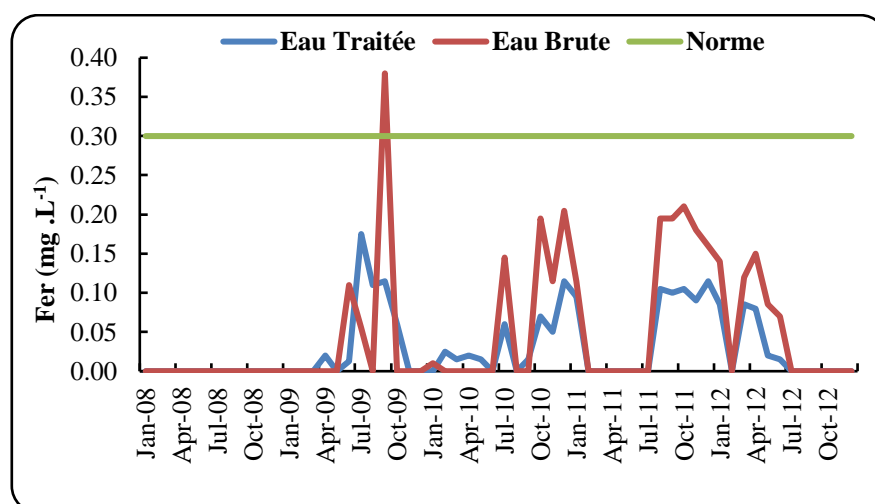


Fig. 69: Variations de la moyenne mensuelle du Fer (Fe) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

On trouve généralement le fer dans les eaux de surface sous forme de sels contenant du Fe(III) lorsque le pH est supérieur à 7. La plupart de ces sels sont insolubles et sont précipités ou absorbés sur différentes surfaces. On peut le trouver aussi suite aux eaux de lessivage de décharges contrôlées, aux effluents d'égouts ainsi qu'aux rejets des secteurs industriels qui traitent le fer.

13.2. Le Manganèse 'Mn'

De façon générale, le manganèse est présent dans les eaux de surface naturelles, soit en solution, soit en suspension, à des concentrations inférieures à 0,05 mg/L. Il est présent dans plus d'une centaine de composés de sels et de minéraux communs que l'on retrouve dans les roches, les sols, etc. Le plus souvent, on trouve le manganèse sous forme de dioxyde, de carbonate ou de silicate de manganèse (Gouvernement du Canada, 2015).

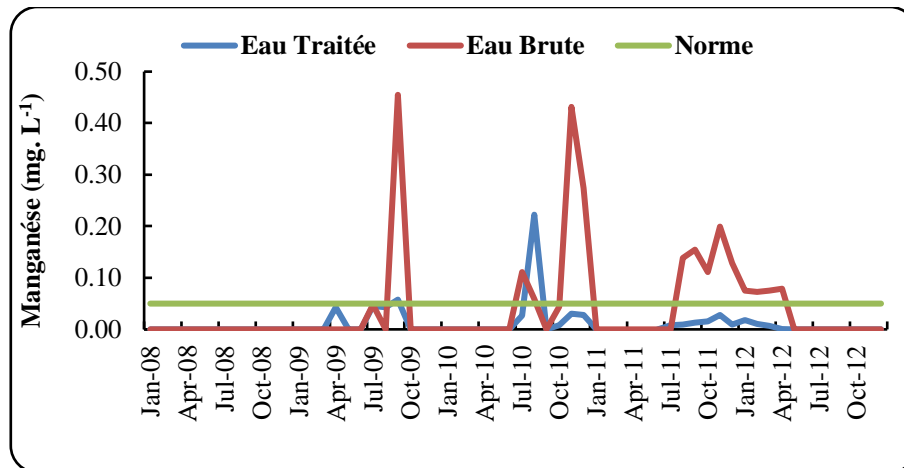


Fig. 70: Variations de la moyenne mensuelle du Manganèse (Mn) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

D'après la figure. 70, on remarque que le manganèse est présent avec des fortes teneurs dans les eaux brutes qui atteignent 0.5 mg/L. Par contre, cette présence à diminuer après traitement de ces eaux.

13.3. Le Chrome 'Cr'

Etant un métal très dur utilisé en traitement de surface des métaux pour améliorer leur résistance. Ce n'est que dans les procès industriels de traitements de surfaces qu'on utilise sous la forme de chrome hexavalent ou chrome VI et de chromates (CrO_4) qu'il devient extrêmement toxiques pour la vie et cancérigènes (risques de rejets dans les eaux).

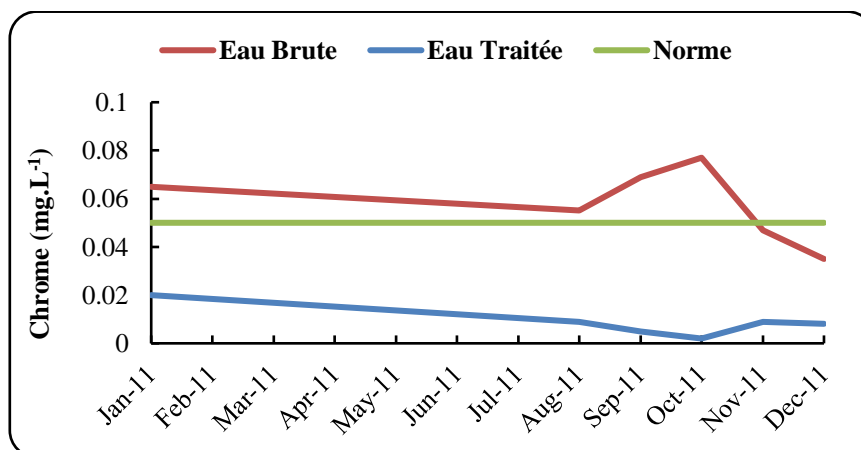


Fig. 71: Variations de la moyenne mensuelle du Chrome (Cr) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.

D'après la figure. 71, on remarque que les eaux du barrage contiennent des teneurs plus au moins élevées que la norme. Ces teneurs oscillent entre 0.035 et 0.077 mg/L.

Par contre, elles sont presque négligeables après traitement ce qui induit que la chaîne de traitement est bonne. Ces teneurs oscillent entre 0.002 et 0.02 mg/L.

B. RESULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DES EAUX DU BARRAGE ET DES EAUX DE LA STATION DE TRAITEMENT

Les analyses microbiologiques réalisées en laboratoire ont pour but de déceler et évaluer la présence dans les eaux de microbes pathogènes dangereux pour l'homme: eau potable, eaux de surface, ...

Ces analyses reposent sur la recherche dans les eaux de bactéries indicatrices de leur éventuelle contamination fécale, les *Escherichia coli* (*E. coli*), les coliformes et les Entérocoques. Ces organismes, d'origine intestinale sont naturellement présents dans les déjections animales ou humaines qui via les déversements, eaux usées et épandages peuvent se retrouver dans l'eau du barrage. Les Entérocoques sont pathogènes de même que certains colibacilles. L'eau potable du robinet doit être exempte de la présence de ces bactéries.

On remarque la présence des coliformes et de l'*Escherichia coli* mais avec des teneurs très petites voir négligeable dans les eaux brutes du barrage mais ces bactéries sont radicalement éliminées lors du traitement par la méthode par filtration TTC (**figure. 72 et 73**).

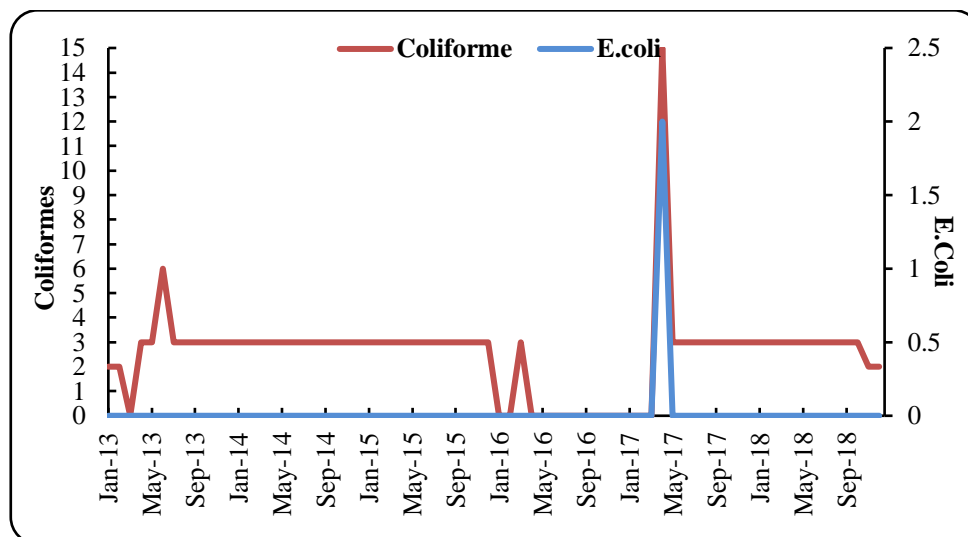


Fig. 72: Variations mensuelle des bactéries coliformes et l'*Escherichia Coli* dans l'eau brute du barrage Sekkak.

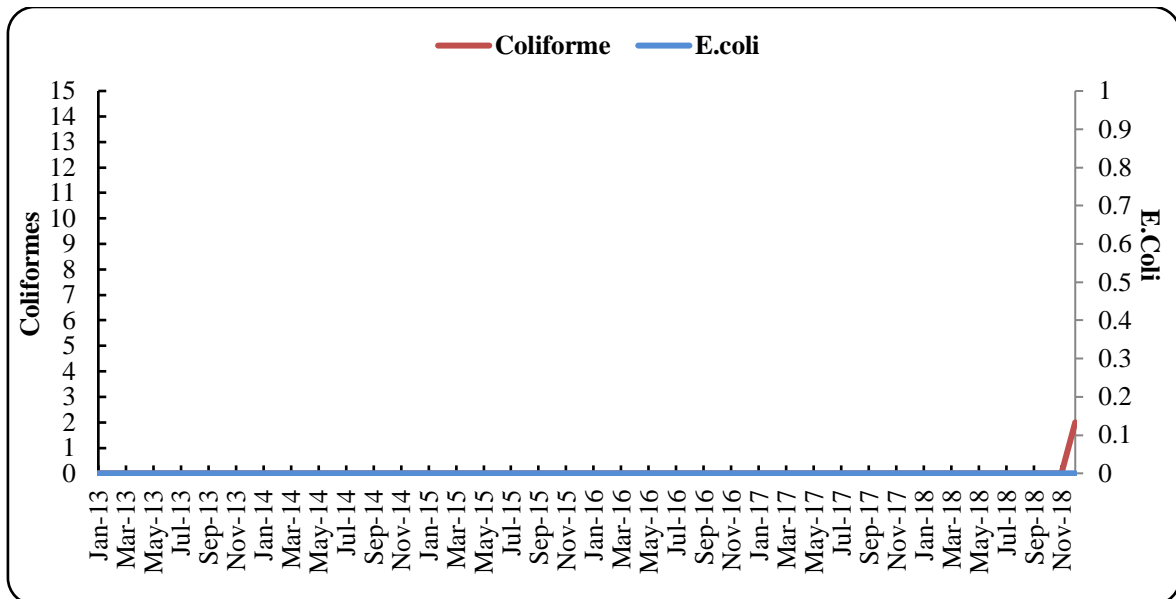


Fig. 73: Variations mensuelle des bactéries coliformes et l'Escherichia coli dans les eaux traitées du barrage Sekkak.

II. CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif l'étude de qualité des eaux du barrage Sekkak et de sa station de traitement. Pour ce faire, des analyses ont été effectuées. Ces analyses consistent sur des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Sekkak afin de rendre cette eau potable et qu'elle soit consommée.

Les différentes analyses effectuées sur les échantillons d'eau du barrage Sekkak, ont permis de révéler le comportement de certains paramètres descriptifs de la qualité organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques.

Tous les résultats obtenus montrent une nette évolution des différents paramètres évalués entre l'eau brute et l'eau traité qui présente des valeurs répondant aux normes algériennes et mondiales de potabilité.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

L'eau est un élément essentiel à la vie, c'est une composante très importante dans la composition de tous les êtres vivants et un enjeu capital de santé publique. De manière générale, la qualité des eaux brutes d'origine souterraines ou de surface nécessite généralement un traitement plus ou moins complexe pour répondre aux exigences réglementaires fixées par les organismes de santé publique.

On note que l'eau potable contient des minéraux en solution indispensable au bon goût et une alimentation équilibrée et peut même contenir des micros organismes tant qu'ils ne présentent aucun risque pour la santé de consommateur, ce qui implique qu'une station de traitement d'eau potable doit satisfaire aux besoins nécessaires à la fois en quantités et en qualité.

Pour assurer le bon déroulement de traitement et que l'eau traitée réponde aux normes, elle doit subir une série d'analyses physico-chimiques et bactériologiques avant et après traitement.

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité des eaux du barrage Sekkak avant et après traitement sur une période de 5 ans (Janvier 2008 jusqu'à Décembre 2012), l'exploitation des données bibliographiques actualisées nous a permis d'appréhender les différents critères de qualité de potabilité.

L'examen et l'interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques d'échantillons d'eaux de barrage obtenus durant la période de Janvier 2008 / Décembre 2012, montrent que :

- La qualité des eaux de surface qui alimente le barrage dépend de la lithologie drainée par l'eau. Le diagnostic des différents paramètres analysés, montrent que la plus part des paramètres analysés sont peu chargées en polluants.

Concernant les résultats d'analyses physico-chimiques, on a constaté ce qui suit :

- ✓ Les valeurs du pH montrent que cette eau est alcaline et conforme aux normes de consommation d'une eau potable ($6 < \text{pH} < 9.5$).
- ✓ Les valeurs de la conductivité sont conformes à la valeur recommandée qui est $2800 \mu\text{s}/\text{cm}$ pour les deux types d'eau.
- ✓ On remarque que pratiquement toutes les valeurs de la température sont au dessous de la norme algérienne qui est de 25°C pendant toute l'année sauf au cours de la saison estivale qui atteint presque 30°C suite à la chaleur du climat et au temps d'ensoleillement.
- ✓ Pour l'Oxygène dissous, on remarque une variation d'une saison à une autre. Cette variation est due essentiellement à la diminution de la température de l'eau, car une froide contient une plus grande quantité d'oxygène dissous qu'une eau chaude.
- ✓ Les valeurs de la salinité sont conformes à la norme.
- ✓ On détecte la présence de l'ammonium dans les eaux du barrage. Ceci est du probablement aux arrivées d'eaux usées car les déjections humaines et animales sont sources d'ammoniac.
- ✓ Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates ou nitrites sous l'influence d'une action de dénitrification ou

de nitrification. L'eau du barrage renferme des nitrites et des nitrates, elle est à considérer comme suspecte. Mais ces teneurs deviennent négligeables après traitement.

- ✓ Une absence des phosphates dans les eaux échantillonnées à été remarquée.
- ✓ Une légère présence des chlorures mais reste au dessous de la norme acceptable. Cette présence peut avoir plusieurs origines : Origine naturelle (lessivage des terrains, l'érosion des sols, dissolution des minerais dont le sel gemme) ou anthropique (effluents industriels et urbains comme le drainage d'irrigation ou les eaux usées, utilisation de chlorures dans le traitement des eaux 'coagulants' ou désinfection au chlore).
- ✓ Présence de la matière organique dans les eaux suite à la partie non encore décomposée de la pollution organique (matières vivantes mortes ou déjections des organismes vivants). De plus la dégradation de la MO consomme et réduit l'oxygène dissoute de l'eau nécessaire à la vie aquatique.
- ✓ Les eaux du barrage présentent une alcalinité qui oscille entre 0.15 et 2.5 °F. Cette présence va disparaître après le traitement des eaux (traitement est efficace à 100%).
- ✓ Présence des métaux lourds (Fer, Manganèse et Chrome) dans les eaux du barrage. La concentration de ces métaux diminue nettement dans les eaux traitées.

Par contre, pour les résultats d'analyses bactériologiques, les analyses attestent l'absence des germes analysés dans l'eau traitée par la méthode de filtration TTC.

Une comparaison des teneurs des principaux éléments mesurés indique une différence dans la concentration entre l'eau brute et l'eau traitée, ce qui plaide en faveur de l'efficacité du traitement dispensé au niveau de la station Sekkak ; ceci est d'autant plus vrai que la quasi-totalité des paramètres analysés pour l'eau traitée sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'internationale en matière de potabilité de l'eau.

Par conséquent, nous pouvons conclure que cette eau est de bonne qualité pendant la période étudiée et ne présente pas de danger pour la santé du consommateur. Cette station à un très bon rendement $\approx 100\%$.

RECOMMANDATIONS & PERSPECTIVES

Au cours de notre stage plusieurs problèmes soulevés par les ingénieurs du laboratoire de traitement nous ont intrigués, ces problèmes sont tenus confidentiels.

Parmi les plus importants problèmes observés dans les eaux du barrage:

- La présence d'Ammonium dans l'eau (cette analyse n'a pas été délivrée par les responsables de la station, C'est une analyse confidentielle).
- La présence des eaux usées dans le barrage,
- Une pollution des eaux du barrage par les engrais.

A cet effet, et pour assurer une bonne qualité de l'eau de consommation on recommande que :

- ✓ Canaliser tous les déversements des eaux usées domestiques ou industriels par l'installation des stations d'épuration au sein des industries,
- ✓ Mener une étude attentive sur les concentrations de coagulant utilisé dans le traitement à fin de réduire les concentrations d'ammonium dans l'eau pour son effet nocif sur la santé humaine.

- ✓ Voir la possibilité de changer la filière de traitement en osmose inverse, électrodialyse ou en échange d'ions à fin d'éliminer les nitrates, nitrites et ammonium.
- ✓ Traitement et surveillance réguliers et continus de tous les sites de contamination (site de pollution) et de tout ce qui entoure le barrage (Il peut y avoir d'autres points de pollution) pour voir s'il remplace le traitement avec une autre façon respect la santé du consommateur.

Bibliographie

Références Bibliographiques

- ABOUDI. A., TABYAOUI. H. & EL HAMICHI. F., (2014): Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc. *European Scientific Journal*. Edition vol.10, No.23 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431 84.
- ABDELJELLIL. B., (2004): Les maladies à déclaration obligatoire: maladies bénéficient d'un programme de lutte. 2^{ème} Edition. Volume 1. Office des publications universitaire. Alger. p 25.
- ACHOUR. S. & GUESBAYA. N., (2005): Coagulation –Floculation par le sulfate d'aluminium de composés organiques phénoliques et de substances humiques. *Larhys Journal*. ISSN 1112-3680, N° 04, Juin 2005, pp. 153-168.
- ADE., 2021. Document interne.
- AISSAOUI. A., (2013) : Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région d'Oued Athmania (Wilaya de Mila) par les activités agricoles. Thèse de magister en biologie. Spécialité Ecologie végétale appliquée et gestion de l'environnement.
- ALBERICI. R-M. & JARDIM. W. F., (1997): Photocatalytic destruction of VOCs in the gas-phase using titanium dioxide. *Applied Catalysis B. Environmental* 14: 55-68.
- ANONYME 12, (2005): Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles", 2005. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement/Observatoire des Données de l'Environnement, Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général, 2005.
- ANONYME 13, (2008): Institut National de Santé Publique. Rapport de surveillance sur la qualité de l'eau potable en Algérie.
- ANONYME 14 : Direction des politiques de l'eau. Service des eaux municipales. Portrait des stations municipales de production d'eau potable approvisionnées en eau de surface au Québec.
- ARAB. L. & OUDAFAL. N., (2015) : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de TAKSEBET de la ville de TIZI OUZOU. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master. Université Mouloud Mammeri de TIZI OUZOU, Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques, Département des sciences agronomiques.125 p
- ASHBOLT. N.J., GRABOW. W. O. K. & SNOZZI. M., (2001): Indications of microbial water quality. *Quality Guidelines, standards and Health. Risk assessment and management for water-related infectious disease*. IWA Publishing. London, p. 289-316.
- AUCKENTHALER. A. & HUGGENBERGER. P., (2003): *Pathogene mikroorganismen im Grund-und trinkwasser*, Birkhauser Verlag, Basel Boston, Berlin.
- BABINEAU. D., (2002) : La guide de conception des installations de production d'eau potable.

- BALASKA. A., (2005): Traitement de l'eau usée de la laiterie Edough-Annaba par des procédés Physicochimiques et Biologiques. Thèse de Magister en génie de procédés. Université Badji-Mokhtar Annaba.
- BALDERACCHI. R., (2009) : L'eau dans l'organisme. Centre national de la recherche scientifique (CNRS).
- BEHLOUL. S., (2009): Evaluation de la matière organique dans l'eau du barrage de Timgad. Mémoire de magister en Chimie de l'Eau / Dessalement et Environnement. Faculté des sciences département de chimie. Université el Hadj Lakhdar, Batna.
- BELGHITI. M. L., CHAHLAOUI. A., BENGOUNI. D. & EL MOUSTAINE. R., (2013): Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de MEKNES (MAROC) Larhyss journal, Issn 1112-3680, N°14, pp. 21-36.
- BENSACI. T., (2006) : Détermination de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface : cas du barrage Timgad (W. d'Oum el Bouaghi). Mémoire de Magister, centre universitaire Larbi Ben M'hidi, Oum el Bouaghi. 98p.
- BERCEGOL. R. & GOWDA. S., (2018) : Les rejets urbains (déchets et eaux usées de Delhi. Dans villes sobres : Nouveaux modèles de gestion des ressources. Chapitre 5. Paris Presses de Sciences Po (P.F.N.S.P.). Pp 135-156.
- BOEGLIN. J. C., (2001) : Propriétés des eaux naturelles. Environnement technologie de l'eau, technique de l'ingénieur, Dossier G1110.
- C.R.A.A.G., (Centre de recherches astronomiques et géophysiques algérien), (2004) : Etude Géophysique par gravimétrie de la région d'Oued Zénati, Guelma. Rapport interne. 42p.
- CARDOT. C. (1999): Génie de l'environnement: les traitements de l'eau, Paris, P 9.
- CARDOT. C., (2010) : Le traitement de l'eau pour l'ingénieur. Nouvelle édition, France.
- CARIP. C., SALAVERT. M. H. & TANDEAU. A., (2015) : Microbiologie, hygiène et droit alimentaire. 8^{ème} Edition, Lavoisier.
- CHEVALIER. P., (2003): Coliformes Fécaux. Groupe scientifique sur l'eau. Institut national de santé publique du Québec. Fiche Coliformes fécaux.
- COULIBALY. K., (2005) : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat d'état, université de Bamako, Mali.
- CUNNINGHAM. W. P., (2003): Environmental Encyclopedia. Eds. Bortman. M., Brimblecombe. P., Cunningham. M. A., Cunningham. W. P. and Freedman. W., Vol 2. 3rd Edition Farmington Hills. MI: Gale. 2:1480-1482.
- DAGOT. C. & LAURENT. J., (2014): Module d'enseignement ASTEP. Version 1.0. Université virtuelle environnement & développement.
- DAJOZ. R., (2000) : Précis d'écologie : cours et exercice résolus. 7^{ème} édition. Dunod, Paris. 613p.
- DEGREMONT. G., (2005) : Mémento technique de l'eau Tome 1. 10^{ème} Edition: Tec et doc, p3-38.

- DEGREMONT. G., (1989): Mémento technique de l'eau, Technique et documentation. Tome 1. pp : 5, 24, 25.
- DELMONT. J., (2016): Les enjeux de santé liée à la qualité de l'eau de boisson dans les pays en développement, rapport. Lyon, France. p3.
- DERWICH. E., BENAABIDATE. L., ZIAN. A., SADKI. O. & BELGHITY. D., (2010): Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut SEBOU en aval de sa confluence avec Oued Fes. Larhyss journal, ISSN 1112-3680, N° 08, pp. 101-112.
- DESJARDINS. R., (1997): Le traitement de l'eau. Edition de l'école polytechnique de Montréal.
- DESJARDINS. R., (2010): Le traitement des eaux, 2^{ème} édition, Presses internationales Polytechnique, canada, PP 3- 18.
- DJEMMAL. S., (2009): Les ressources en eaux et l'environnement, l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux souterraines dans la partie sud-est de Sétif: cas du Guidjal. Université de Constantine, Algérie.
- DOCUMENT BARRAGE SEKKAK. Document interne.
- DUMOULIN. L. & MANTHA. M., (2009) : Boire de l'eau pourquoi et combien ? Révision médicale : Dr Paul Lépine, M.D., D.O. Le 26 septembre 2005, Mise à jour : mai 2009.
- DUPONT. A., (1981) : Hydraulique urbaine : Hydrologie, captage et traitement des eaux. Edition Eyrolles, Paris.
- FAWELL. J. & NIEUWENHUIJSEN. M. J., (2003): Impact of environmental pollution on health balancing risk: Contaminants in drinking water. British Medical Bulletin. 68:199-208.
- FREEDMAN. B., (2003): Environmental Encyclopedia, Eds. Bortman. M., Brimblecombe. P., Cunningham. M. A., Cunningham. W. P. and Freedman. W., 1:131-134.
- GAUJOUR. D., (1995) : La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire ,2^{ème} édition : Lavoisier, P49.
- GERARD. G. (1999) : L'eau: Usages et polluants, Editions INRA, Paris,210 P.
- GERIN. M., GOSSELIN. P., VIAU. S., QUENEL. P. & DEWAILLY. E., (2003): Environnement et santé publique, Fondement et pratique, Edisem. 15p.
- GOLDSTEIN. B. D., (2002): Encyclopedia of public health. Ed. Lester Breslow. New York, Macmillan Reference USA, 4:936-941.
- GOUAIDIA. L., GUEFAIFIA. O., BOUDOUKHA. A., HEMILA. M. L. & MARTIN. C., (2012) : Evaluation de la salinité des eaux souterraines utilisées en irrigation et risques de dégradation des sols : exemple de la plaine de Meskiana (Nord-Est Algérien). *Physio-Géo Journal*. Volume 6. P. 141-160. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.2636>.
- GUENTRI. S. & RAHMANIA. F., (2015): Contribution à la connaissance de la remontée et la pollution des eaux. Edition : Universitaires Européennes. P.108
- HADDOU. M., (2010) : Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène et hétérogène : procédés Fenton, photo-

Fenton et photocatalyse. Thèse de Doctorat en Chimie Macromoléculaire et Supramoléculaire. Université de Toulouse III - Paul Sabatier. 196 p.

- HEBERT. S. & LEGARE. S., (2000): Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Québec, Canada.

- HECINI. L. & ACHOUR. S., (2012) : Communication science & technologie N° 11. Juillet 2012. Effet de sels calciques et magnésiques sur l'élimination des composés phénoliques par coagulation –floculation. Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface – Larhyss. Université de Biskra, Algérie.

- HERNANDEZ DE LEON. H. R., (2006): Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable. Thèse préparée au laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes du CNRS, en vue de l'obtention du titre de Docteur de l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse Spécialité Systèmes Automatiques. 165p.

- HOFFMANN. F., AULY. T. & MEYER. A.M., (2014): L'eau. Edition Confluence p.43.

- HUOT. A., (2010) : Eau et santé. La revue Bio-contact, N°200.

- IDRISSI. L., (2006): Etude et développement de nouvelles méthodes électrochimiques pour la détermination des ions Orthophosphates, Nitrite, Nitrate et Ammonium. Thèse de doctorat. Université Mohammed V – agdal, Faculté des sciences. Rabat.

- JOFFIN. CH. & JOFFIN. J. N., (2010) : Microbiologie alimentaire. 6^{ème} Edition. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.

- KIRATI. B. & BRAHMIA. N., (2006) : Impact des eaux d'irrigation sur les eaux souterraines de la plaine alluviale de Guelma. Mémoire d'ingénieur en hydrogéologie. Université Badji-Mokhtar, Annaba. 113p.

- LACOURLY. G., (1971) : Les pollutions radioactives, que faut-il en penser ?. Revue forestière française, Numéro 3. Edition Agro Paris Tech, Nancy, France. Url: <https://hdl.handle.net/2042/20498>. DOI: <https://doi.org/10.4267/2042/20498>.

- LEYNAUD. G., (1968) : Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.

- LOUNNAS. A., (2008): Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda, Algérie. Mémoire de magister, Université du 20 Aout 1955 Skikda, 120 p.

- LOUNNAS. A., (2009): Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hammadi-Kroma de Skikda. Thèse de Magister Présenté à l'université du 20 Août 1955 Skikda. Faculté des Sciences, Département des Sciences Fondamentales, Spécialité: Chimie. Option: Pollutions Chimiques & Environnement.

- LUTZ. N., (2010): Etude des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales et uses en aménagement. Mémoire de projet de fin d'études, spécialité Génie Civil. INSA Strasbourg.

- MEKHALIF. F., (2009) : Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de Magister. Université du 20 Aout 1955 Skikda. Faculté des sciences, Département des sciences fondamentales.

- MELGHIT. M., (2009) : Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments eau / sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun. Mémoire de Magister. Université Mentouri, Constantine, 132 p.
- MENS. & DEROUANE., (2000) : État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.
- MERCIER. J., (2000) : Le grande livre de l'eau. Edition: renaissance du livre (la).ISBN :2-8046-0341-5.183P.
- METAHRI. M.S. & SAHMOUNE. A., (2008): Elimination de l'azote et du phosphore des eaux usées traitées par valorisation agricole : Cas de l'effluent de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou Algérie (perspectives et recommandations). Thèse de doctorat. UMMTO.
- MOHAMMED. K., ZOUHIR. H. & SID AHMED. S., (2014): La fièvre typhoïde. Tlemcen, Algérie. p6.
- MONOGRAPHIE DU BARRAGE AIN YUCEF, (2005) : Texte et figures, Volume I. Ministère des ressources en eau, Agence nationale des barrages, Direction des études techniques, 17p.
- MORIN. A., MILISIC. V. & FIGUE. J.F., (2009): Simulations numériques des écoulements dans un décanteur lamellaire à contre-courant. Avec la participation financière de l'agence de l'eau Seine Normandie.
- MYRAND. D., (2007) : Guide technique captage d'eau souterraine pour des résidences isolées (mise à jour Janvier 2008). Développement durable environnement et parc.
- NSIKAK. B., (2008): Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. Ed. Philander. S. Vol 3. Thousand Oaks. CA: Sage publications Inc. 3:813-817.
- O.M.S (Organisation mondiale de santé), (1994) : Protection et amélioration de la qualité de l'eau. 2^{ème} édition. Volume 1.Genève:18.
- ODOULAMI. L., (2009) : La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin). Thèse de Doctorat en Géographie et Gestion de l'environnement. Université d'Abomey-Calavi.
- PETIT. F. & ERPICUM. M., (1987) : Variation des températures des eaux de sources et de leurs débits en fonction de leur mode d'alimentation. Bull. Socio. Géo de liège, n°XXII 22, 23^{ème} année, 161-172.
- PIERRE. A. & BERNARD. A., (2012): Gauzère: Les maladies liées à l'eau. Indien. p3.
- PIERRON. J.P. & HARPET. C., (2017) : Ecologie politique de l'eau. Hermann Editeurs.
- POTELON. J. & ZYSMAN. K., (1998) : Le guide des analyses de l'eau potable, nouvelle édition, La lettre du cadre territorial, paris, pp 71-213.
- RAKOTOMARIA. E., RATSIMBA. M.H. & RAKOTOMAMONJY. P., (2011) : Valorisation chimique du kaolin dans le traitement des eaux : préparation de nouveaux coagulants minéraux. Université d'Antananarivo, école supérieure polytechnique, BP : 1500, 101 Antananarivo, Madagascar. Revue des sciences de l'eau/ Journal of Water Science. Volume 24, numéro : 4, p. 437-448.

- RAMANDE. F., (2002) : Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, 2^{ème} édition, DONOD, Paris.
- RODIER. J., LEGUBE. B., MERLET. N. & COLL., (2009) : L'analyse de L'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 9^{ème} Edition, Dunod, Paris, 1579 P.
- RODIER. J., (2005) : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ème} édition: Dunod, Paris.
- RODIER. J., (1996): L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6^{ème} Edition : Dunod, Paris.
- RODIER. J., (1984) : Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7^{ème} édition, Dunod, Paris.
- SAMAKE. H., (2002): Analyse Physico-chimique et Bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 à 2001. Thèse de doctorat d'état en Pharmacie. Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto Stomatologie. Bamako.
- SARI. H., (2014) : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen). Diplôme de master, Sciences des aliments, P 14 - 19.
- SATIN. M., & SELMI. B., (1999) : Guide technique de l'assainissement. 2^{ème} édition: Moniteur, P 75.
- SAVARY. P., (2010) : Guide des analyses de la qualité de l'eau. Edition territorial, P75.
- TARDAT HENRY. M., (1992) : Chimie Des Eaux, 2^{ème} Edition, Les éditions du griffon d'Argile, Paris, pp 213-215.
- TATA-DUCRU. F., (2009) : Dessalement de l'eau de mer, bilan des dernières avancées technologiques, bilan économique; analyse critique en fonction des contextes. Centre de Montpellier.
- TOURAB., H., (2013) : Eau et environnement : contribution à l'étude de qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine de houz. Mémoire de fin d'étude. Université Cadi Ayad. p. 52.
- VALENTIN. N., (2000): Construction d'un capteur logiciel pour le contrôle automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable. Thèse de doctorat.
- VAZQUEZ. J., MORIN. A., DUFRESNE. M. & WERTEL. J., (2010) : Optimisation de la forme des décanteurs lamellaires par la modélisation hydrodynamique 3D. A CFD approach for shape optimization of lamellar settlers. Novatech.
- VILAGINES. R., (2003) : Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} Edition, Tec et Doc, Lavoisier. P 3-187.
- W.H.O. (1987): Global pollution and health results of related environmental monitoring Global Environment Monitoring system, WHO, UNEP.
- WACKERMANN. G. & ROUGIER. H., (2010): L'eau ressources et usage. Edition Ellipses, Paris. 266p.

WEBOGRAPHIE

- ANONYME 1: www.larousse.fr/dictionnaires/francais/eau/27209 23. Consulter le: 25/05/2021.
- ANONYME 2: <http://www.greenkiss.fr/quel-est-le-role-de-leau-dans-notre-environnement/>. Consulter le: 26/06/2021.
- ANONYME 3: <http://www.septiemecontinent.com/pedagogie/lesson/eau-liquide-solide-gazeuse/>. Consulter le 26/06/2021.
- ANONYME 4: <https://www.aquaportail.com/definition-4161-eaux-usees.html>. Consulter le: 27/05/2021.
- ANONYME 5: <https://www.ac-grenoble.fr>. Consulter le: 24/05/2021.
- ANONYME 6: <http://www.septiemecontinent.com/pedagogie/lesson/eau-liquide-solide-gazeuse/>. Consulter le: 27/06/2021.
- ANONYME 7: http://dardel.info/eau_composition.html. Consulter le: 27/06/2021.
- ANONYME 8: <https://www.econologie.com/proprietes-eau-physiques-chimiques/>. Consulter le: 27/06/2021.
- ANONYME 9: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/eau-proprietes-qualite-valeurs-d-usage-42506210/caracteristiques-et-proprietes-des-eaux-w110/proprietes-biologiques-de-l-eau-w110niv10005.html>. Consulter le: 29/06/2021.
- ANONYME 10: <http://www.eau-poitou-charentes.org/risques-sante-maladies-eau.html>. Consulter le: 29/06/2021.
- ANONYME 11: Url: www.santé-medicine.com. Consulter le: 10/07/2021.
- ANONYME 15: Url: https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/generales.htm. Consulter le: 03/08/2021.
- ANONYME 16: Url: <https://www.services.eaufrance.fr/gestion/services/eau-potable/le-traitement#>. Consulter le 05/08/2021.
- Centre d'information sur l'eau (Cieau), 2013 : Le cycle naturel de l'eau. Url : www.cieau.com.
- CRE-Laurentides, (2009) : Le pH. Url : http://www.troussedeslacs.org/pdf/fiche_ph.pdf.
- DICTONARIES LAROUSSE MEDICAL., (2006): 2^{ème} Edition. France. Disponible sur le site: [www.larousse.fr.archives.medical](http://www.larousse.fr/archives.medical). Consulter le : 10/07/2021.
- FUTURA SANTE (S.D.), (2010) : URL : <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-maladie-hydrique-6340/>. Consulté le : 07/05/2021.
- Gouvernement du Canada, (2015) : Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Document technique- Le manganèse. Url : <http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/watermanganese-eau/index-fra.php>.
- GUILBERT. L., (2005): Analyse de la dureté de l'eau. Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire. Url : <https://docplayer.fr/20738340-Analyse-de-la-durete-de-l-eau-d-apres-une-idee-de-louise->

guilbert-adaptee-par-l-equipe-pistes-et-la-communaute-de-pratique.html. Consulter le: 18/07/2021.

- JORA. (Journal Officiel de la République Algérienne N°18)., (Mars 2011) : Url : https://www.google.dz/search?q=CYCLE+DE+L%27EAU&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj1wLqC2fTbAhXDPxQKHQqnBIgQ_AUICigB&biw=1280&bih=694#imgrc=ZmF4i-kkCHf-uM. Consulter le 20/06/2021.

- MEYBECK. M. H., (2001): Encyclopedia of global change: Water quality. Ed Andrew S. Goudie. Oxford university press: www.oxfordreference.com.edlis.edu.hk/views/ENTRY.html?subview=Main&entry=t178.e0459.

- PARK. C., (2007): A dictionary of environment and conservation: water pollution. Oxford university press. Oxford reference online: www.oxfordreference.com.edlis.ied.edu.hk/views/ENTRY.html?subview=Main&entry=t244.e8816.

Liste des Figures

LISTE DES FIGURES

Fig. 1	<i>L'eau dans tous ses états (Anonyme.5).</i>	02
Fig. 2	<i>Désordre des molécules.</i>	03
Fig. 3	<i>Structure cristalline des molécules.</i>	03
Fig. 4	<i>Désordre maximal des molécules.</i>	04
Fig. 5	<i>Le cycle de l'eau (Cieau., 2013).</i>	04
Fig. 6	<i>Les principales sources naturelles et anthropiques des polluants de l'eau (Meybeck., 2001).</i>	13
Fig. 7	<i>Chaîne de traitement simple (Valentin., 2000).</i>	38
Fig. 8	<i>Différentes étapes de traitement (Anonyme.13).</i>	39
Fig. 9	<i>Schéma d'un décanteur horizontal (Lutz., 2010).</i>	43
Fig. 10	<i>Schéma d'un décanteur lamellaire (Vazquez. & al., 2010).</i>	43
Fig. 11	<i>Localisation du barrage Sekkak (Google Earth).</i>	47
Fig. 12	<i>Barrage Sekkak (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du barrage Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	48
Fig. 13	<i>Localisation géographique des sites de pollution du Barrage Sekkak (Source : document Barrage Sekkak).</i>	53
Fig. 14	<i>Localisation de station de traitement des eaux potables Sekkak (Google Earth).</i>	55
Fig. 15	<i>Station de traitement des eaux potables Sekkak (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM, le : 27/05/2021).</i>	55
Fig. 16	<i>Un fut d'hypochlorite de Calcium (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, le : 27/05/2021).</i>	57
Fig. 17	<i>Sac de Sulfate d'Alumine (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, le : 27/05/2021).</i>	58
Fig. 18	<i>Sac de polymère (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, le : 27/05/2021).</i>	59
Fig. 19	<i>Les étapes de traitement au niveau de la station de traitement Sekkak (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	60
Fig. 20	<i>Chambre de mélange (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	61
Fig. 21	<i>Bac de Sulfate d'Alumine (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	61
Fig. 22	<i>Bac d'Hypochlorite de Calcium (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	62
Fig. 23	<i>Bac de Polymère (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	63
Fig. 24	<i>Chambre des vannes (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	63
Fig. 25	<i>La conduite qui délivre l'eau de pré-chloration à la cascade d'aération (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement</i>	64

	<i>Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	
Fig. 26	<i>Cascade d'aération (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).</i>	64
Fig. 27	<i>Sous bassins de Coagulation – Flocculation (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).</i>	65
Fig. 28	<i>Formation des floccs (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).</i>	68
Fig. 29	<i>Le jar-test (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).</i>	68
Fig. 30	<i>Bassin de décantation (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).</i>	70
Fig. 31	<i>Les Buselures (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).</i>	70
Fig. 32	<i>Echantillon de filtres à sable (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	70
Fig. 33	<i>Coupe d'un filtre à sable.</i>	71
Fig. 34	<i>Lavage des filtres à sable (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 04/04/2021).</i>	71
Fig. 35	<i>Les pompes à air et à eau qui rentre dans le lavage des filtres (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	72
Fig. 36	<i>La chloration (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	72
Fig. 37	<i>Réservoir de stockage (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau de la station de traitement Sekkak, Tlemcen, le : 27/05/2021).</i>	73
Fig. 38	<i>Schéma des étapes de traitement au niveau de la station de barrage Sekkak.</i>	73
Fig. 39	<i>Laboratoire d'analyse de l'eau au niveau de la station de traitement du barrage Sekkak (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM, le : 27/05/2021).</i>	76
Fig. 40	<i>Conductivimètre type HANNA 508260 (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).</i>	77
Fig. 41	<i>Présentation de l'appareil Spectrophotomètre HACH DR 1900.</i>	78
Fig. 42	<i>Composants de l'appareil Spectrophotomètre HACH DR 1900.</i>	78
Fig. 43	<i>Spectrophotomètre HACH DR 1900 (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).</i>	79
Fig. 44	<i>Turbidimètre HACH 21000 (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 04/04/2021).</i>	80
Fig. 45	<i>Multi paramètres SL 1000 S/N 201620205972 (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 04/04/2021).</i>	81
Fig. 46	<i>Laboratoire d'analyses bactériologiques (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).</i>	81
Fig. 47	<i>La rampe de filtration (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).</i>	82
Fig. 48	<i>Etuve de stérilisation (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).</i>	82

Fig. 49	<i>Incubateur à 37°C (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).</i>	82
Fig. 50	<i>Incubateur à 44°C (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).</i>	83
Fig. 51	<i>Masure de l'Ammonium (Photo prise par M^{lle}. F. BOUALI & M^{lle}. A. BRAHIM au niveau du laboratoire de la station de traitement du Sekkak, le : 27/05/2021).</i>	85
Fig. 52	<i>Dosage de la somme du Calcium et de Magnésium (Dureté total) par la méthode titrimétrie à l'EDTA.</i>	86
Fig. 53	<i>Dosage du Calcium par la méthode titrimétrie à l'EDTA.</i>	87
Fig. 54	<i>Détermination de l'alcalinité titre alcalimétrique (TA).</i>	88
Fig. 55	<i>Détermination de l'alcalinité titre alcalimétrique complet (TAC).</i>	89
Fig. 56	<i>Dosage des Chlorures, titrage au nitrate d'argent avec du chromate de potassium (méthode de Mohr).</i>	90
Fig. 57	<i>Variations de la moyenne mensuelle du pH dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	95
Fig. 58	<i>Variations de la moyenne mensuelle de la Conductivité dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	95
Fig. 59	<i>Variations de la moyenne mensuelle de la Température dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	96
Fig. 60	<i>Variations de la moyenne mensuelle de l'Oxygène dissous dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	96
Fig. 61	<i>Variations de la moyenne mensuelle de la Salinité dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	97
Fig. 62	<i>Variations de la moyenne mensuelle de l'Ammonium (NH₄⁺) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	98
Fig. 63	<i>Variations de la moyenne mensuelle des Nitrates (NO₃⁻) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	99
Fig. 64	<i>Variations de la moyenne mensuelle des Nitrites (NO₂⁻) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	99
Fig. 65	<i>Variations de la moyenne mensuelle des Phosphates (PO₄⁻³) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	100
Fig. 66	<i>Variations de la moyenne mensuelle des Chlorures (Cl⁻) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	101
Fig. 67	<i>Variations de la moyenne mensuelle de la Matière organique (M.O) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	101
Fig. 68	<i>Variations de la moyenne mensuelle de l'Alcalinité (TA) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	102
Fig. 69	<i>Variations de la moyenne mensuelle du Fer (Fe) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	103
Fig. 70	<i>Variations de la moyenne mensuelle du Manganèse (Mn) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	104
Fig. 71	<i>Variations de la moyenne mensuelle du Chrome (Cr) dans l'eau brute et traitée au niveau du barrage Sekkak.</i>	104
Fig. 72	<i>Variations mensuelle des bactéries coliformes et l'Escherichia coli dans l'eau brute du barrage Sekkak.</i>	105
Fig. 73	<i>Variations mensuelle des bactéries coliformes et l'Escherichia coli dans les eaux traitées du barrage Sekkak.</i>	106

Liste des Tableaux

LISTE DES TABLEAUX

Tabl. 01	<i>Qualité bactériologique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS., 2002).</i>	30
Tabl. 02	<i>Paramètres de Qualité de l'eau de consommation humaine (paramètres avec valeurs limites) (Journal Officiel de la République Algérienne N°18 du 23 mars 2011).</i>	32
Tabl. 03	<i>Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine selon l'OMS 2002 (Paramètres avec valeurs limites).</i>	33
Tabl. 04	<i>Lieu d'application des critères de qualité de l'eau de surface (Source : Anonyme. 15).</i>	38
Tabl. 05	<i>Caractéristique du barrage Sekkak.</i>	50
Tabl. 06	<i>Caractéristiques morphologiques du bassin versant (Monographie du barrage Ain Youcef, Mars 2005).</i>	51
Tabl. 07	<i>Caractéristiques du réservoir (Monographie du barrage Ain Youcef, Mars 2005).</i>	51
Tabl. 08	<i>Distribution mensuelle de l'évaporation (mm) (Monographie du barrage Ain Youcef, Mars 2005).</i>	52
Tabl. 09	<i>Canevas des sources de pollution du barrage Sekkak (Source : Document Barrage Sekkak).</i>	54
Tabl. 10	<i>Les différents coagulants (Traitement des eaux de surface, Formation continue en entreprise. Etablissement de production de gestion et de distribution d'eau de Tizi Ouzou. E.P.E.T.O).</i>	66
Tabl. 11	<i>Les différents flocculant (Traitement des eaux de surface, Formation continue en entreprise. Etablissement de production de gestion et de distribution d'eau de Tizi Ouzou. E.P.E.T.O).</i>	67
Tabl. 12	<i>Exemple d'une Fiche d'Essai de floculation (jar-test) (U.C.D 50- Algérie R00*502 Notice d'exploitation et d'entretien Janvier 2001).</i>	69

Annexes

Annexes

Annexe.1 : LES NORMES DE L'OMS POUR 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).

PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

Groupe de parametre	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physiques	pH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
	Conductivité		pas de norme
	Température		acceptable
	Turbidité	NTU (1NTU pour la désinfection)	5
Paramètres organoleptiques	Couleur		Pas de valeur guide
	Goût et odeur		acceptable

PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités	VALEURS LIMITES (CMA)
Eléments toxiques	Arsenic (As)	mg/L	0,01
	Cadmium (Cd)	mg/L	0,003
	Chrome Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	mg/L	chrome total : 0,05
	Cyanure (CN ⁻)	mg/L	0,07
	Mercure (Hg)	mg/L	inorganique: 0,006
	Sélénium (Se)	mg/L	0,01
	Plomb (Pb)	mg/L	0,01
	Antimoine (Sb)	mg/L	0,02
	Fer (Fe)		Pas de valeur guide
	Manganèse (Mn)	mg/L	0,4
Eléments indésirables	Aluminium(Al)	mg/L	0,2
	Cuivre (Cu ²⁺)	mg/L	2
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/L	0,5
	Argent		Pas de valeur guide
	Fluorures	mg/L	1,5
	Zinc(Zn)	mg/L	3
	Bore(B)	mg/L	0,5
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P ₁ 3	µg/L	0,1
	THM (Trihalométhanes) C Cl ₄	µg/L	4
Minéralisation globale	Calcium Ca ²⁺	mg/L	100
	Chlorures(Cl)	mg/L	250
	Magnésium Mg ²⁺	mg/L	50
	Dureté mg/l CaCO ₃	Ppm	200
	Sodium (Na)	mg/L	20

	Potassium (K⁺)	mg/L	12
	Sulfates (SO₄)	mg/L	500

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres microbiologiques	Coliformes totaux	nb/100ml	0
	Coliformes fécaux	nb/100ml	0
	Streptocoques fécaux	nb/100ml	0
	Clostridium Sulfito-Réducteurs	nb/100ml	0
	Staphylocoques pathogènes	nb/100ml	0
	Spores des bactéries	nb/20ml	0
	Vibrions cholériques	nb/10ml	Absence
	Salmonelles	nb/5L	Absence

Annexe.2 : LES NORMES ALGERIENNES DU MINISTRE DES RESSOURCES EN EAU (DEPUIS 22 MARS 2011)

(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 existe sur le plan international).

PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE

PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

Groupe des paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	pH	Unité pH	$\geq 6,5$ et $\leq 9,5$
	Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800
	Température	°C	25
	Dureté	mg/L en CaCO ₃	200
	Alcalinité	mg/L en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/L en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/L	500
	Potassium	mg/L	12
	Résidu sec	mg/L	1500
	Sodium	mg/l	200
Paramètres organoleptiques	Sulfates	mg/L	400
	Couleur	mg/L Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur 12°C	Taux dilution	4
	Saveur 25°C	Taux dilution	4

PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITEES

Groupe des paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/L	0,2
	Ammonium	mg/L	0,5
	Baryum	mg/L	0,7
	Bore	mg/L	1
	Fer total	mg/L	0,3
	Fluorures	mg/L	1,5
	Manganèse	$\mu\text{g}/\text{L}$	50
	Nitrates	mg/L	50
	Nitrites	mg/L	0,2
	Oxydabilité	mg/L O ₂	5
	Phosphore	mg/L	5
	Acrylamide	$\mu\text{g}/\text{L}$	0,5
	Antimoine	$\mu\text{g}/\text{L}$	20
	Argent	$\mu\text{g}/\text{L}$	100
	Arsenic	$\mu\text{g}/\text{L}$	10
	Cadmium	$\mu\text{g}/\text{L}$	3
Chrome total	$\mu\text{g}/\text{L}$	50	

	Cuivre	mg/L	2
	Cyanure	µg/L	70
	Mercure	µg/L	6
	Nickel	µg/L	70
	Plomb	µg/L	10
	Sélénium	µg/L	10
	Zinc	mg/L	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H,P,A) totaux	µg/L	0,2
	Phénols	µg/L	0,5
	Pesticides (Totaux)	µg/L	0,5
	Bromates	µg/L	10
	Chlore	mg/L	5
	Chlorite	mg/L	0,07
	Trihalométhanes (THM) (Total)	µg/L	100
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/L	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/L	100
	Uranium	µg/L	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	nb /100ml	0
	Entérocoques	nb /100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	nb/20ml	0

MEMOIRE DE MASTER

Type de Master : *Académique.*

Domaine : *Sciences et Technologies.*

Filière : *Hydraulique.*

Spécialité : *Ouvrages Hydrauliques.*

Titre du mémoire:

***ETUDE DE QUALITE DES EAUX ET DE PERFORMANCE D'UNE
STATION DE TRAITEMENT : CAS DE LA STATION DU
BARRAGE SEKKAK (W. TLEMEN).***

Auteurs

M^{lle}. Amel BRAHIM & M^{lle}. Farida BOUALI.

Résumé

Barrage Sekkak était l'une des ressources en eau les plus significatives dans l'Ouest algérien, car il joua un rôle très important que ce soit pour l'alimentation en eau potable au niveau de Tlemcen et d'Ain Youcef qu'en irrigation de la plaine d'El Hennaya.

Sa qualité est devenue médiocre aux déversements des eaux usées, des rejets industriels et au lessivage des terres agricoles avoisinantes.

L'objectif de cette étude porte essentiellement sur l'évaluation de la qualité des eaux du barrage Sekkak avant et après passage dans la station de traitement sur une période de 5 ans (Janvier 2008 jusqu'à Décembre 2012), et cela à partir des analyses physico-chimiques et bactériologiques en se

basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux et ceux de l'OMS.

La mise en évidence de la qualité physico-chimique (pH, température, CE, O₂ dissous, TDS, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, MO, Cl⁻, TA, TAC, Cr, Mn et Fe) des eaux avant traitement nous a permis de déduire que ces eaux ont été chargées en azote (organique et ammoniacal), des teneurs assez importantes en matières en suspension et en résidus secs et une saturation assez forte en oxygène dissous et en phosphates.

Après traitement ces eaux semblent adéquates et conformes pour la consommation. Ce qui conclut que cette station est performante en ce qui concerne cette filière de traitement pour cette période d'étude.

Mots-clés : Barrage Sekkak, Station de traitement, Eau, Tlemcen, Analyses, Physico-chimiques, Bactériologiques, Performance.