

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention de Diplôme de Master en sciences

Agronomiques

Option :

Eau et Environnement

Thème

*Evaluation de la qualité des eaux du
barrage de taksebt avant et après
traitement*

Réalisé par :

OUADDAR Nawel

BEN AKIL Massilva

Soutenu le 28/09/2022 Devant le jury :

METAHRI. M^{ed}.S. MCA UMMTO Président

BERRADJ O. MCA UMMTO Encadreur

AISSAOUI D. Doctorante UMMTO Examinatrice



Année universitaire : 2021-20222



Remerciement

Avant tout, nous remercions dieu tout puissant de nous avoir donné la force, la patience, la volonté et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Au terme de cette étude, il nous est agréable de remercier vivement tous ceux qui grâce à leur aide précieuse ont permis la réalisation de ce travail.

*Je tiens d'abord à remercier mon promoteur, **Mr BERADJ O.** Maitre-Assistant en Faculté des Sciences Technologiques à l'U.M.M.T.O ; pour tous ses efforts, ses idées, sa confiance et son encouragement. Cela a été un privilège pour moi, de travailler sous sa direction.*

*Nos remerciement vont également à **Mme AISSAOUI D,** d'accepter d'examiner notre travail, et à remercie de nous avoir fait l'honneur de présider le jury **Mr METAHRI MS.***

*Je tiens à exprimer ma vive reconnaissance et mes profonds remerciements au chef de service du laboratoire de la station de traitement **Mme CHIKHI A,** pour l'honneur qu'elle nous a fait en nous accueillant, et à tous son effectifs pour les conditions techniques mises à nos disposition afin de réaliser ce travail, pour leurs pleine disponibilités et leurs précieux conseils.*

Dédicace

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné l'envie et la force pour mener à terme ce travail.

Je dédie ce modeste travail

A mon cher papa et à la mémoire de ma mère que dieu l'accueille dans son vaste paradis, vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon attachement, mon amour et mon affection ; je vous offre ce modeste travail en témoignage de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont vous m'avez toujours su me combler.

A l'homme de ma vie ; mon époux à qui je dois ma réussite,

A mon fils : Ayden,

A mes frères,

A mes grands-parents et toute ma famille et la famille de mon époux,

A mon binôme Nawel et toutes sa famille

A toutes mes amies

MASSILVA

Dédicace

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné l'envie et la force pour mener à terme ce travail.

Je dédie ce modeste travail

A mon très cher père

A celui qui a combattu toute sa vie pour procurer tout ce dont j'avais besoin, celui qui m'a soutenu tout au long de mon parcours

Quoi que je fasse ou que je dise, Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que tu as consenti pour mon Instruction et mon bien être.

A ma très chère mère

A Celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et qui n'a jamais cessé, de formuler des prières a mon égard, a ma précieuse offre de dieu, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes cotés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

Je vous dois ce que je suis ! Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserve et vous accorde santé, longue vie et bonheur

A ma soeur Sabrina

Qui n a jamais cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études

A mon petit frère smail

Qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille

Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur

*A toutes ma famille en particulier mon oncle **Karim** et ses enfants*

*A ma binôme **Massilva** et toutes sa famille*

A tous mes amis

A tous ceux que j'aime et qui m'aime...

Nawel

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

Première partie: Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralité sur l'eau

□.1. Définition.....	2
□.2. Répartition de l'eau sur terre.....	2
I.3. Cycle de l'eau	2
I.4. Ressources en eau	3
I.4.1.Ressources conventionnelles	3
I.4.1.1. Eaux de surface	3
I.4.1.2. Eaux souterraines	4
I.4.2. Ressources non conventionnelles.....	5
I.4.2.1. Eaux usées.....	5
I.4.2.2.Eaux de mers	5
I.5. Comparaison entre les eaux superficielles et les eaux souterraines	6
I.6. Principales ressources en eau de la wilaya de Tizi-Ouzou	7
I.6.1. Eau de surface	7
I.6.2. Eau souterraines	7
I.7. Pollution des eaux et impact sur la santé humaine.....	7
I.7.1. Pollution des eaux	7
I.7.2. Types de pollution.....	8
I.7.2.1.Pollution biologique	8
I.7.2.2. Pollution chimique	8
I.7.2.3. Pollution physique	8
I.7.3.Les sources de pollutions de l'eau	9
I.7.3.1.Pollution d'origines domestiques et urbaines.....	9

I.7.3.2. Pollution d'origine agricole.....	9
I.7.3.3. Pollution d'origine industrielle.....	9
I.7.3.4. Pollution naturelle	10
I.7.3.4.1. Réchauffement climatique	10
I.7.3.4.2. Inondations.....	10
I.7.3.4.3. Bactéries.....	10
I.7.3.4.4. Pollution accidentel.....	10
I.7.3.4. Maladies à transmission hydriques.....	11
I.7.3.4.1. Maladies d'origine bactérienne	11
I.7.3.4.2. Maladies d'origine parasitaire.....	12
I.7.3.4.3. Les maladies d'origine virale.....	13

Chapitre II : Paramètres et traitement des eaux

II.1. Eau Potable	14
II.1.1. Définition de l'eau potable.....	14
II.1.2. Paramètres de potabilité.....	14
II.1.2.1. Paramètres organoleptiques.....	14
II.1.2.1.2. Couleur.....	14
II.1.2.1.3. Odeur.....	14
II.1.2.1.4. Goût et saveur.....	14
II.1.2.1.5. La turbidité	14
II.1.2.2. Paramètres physico-chimiques	15
II.1.2.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)	15
II.1.2.2.2. Température	15
II.1.2.2.3. Conductivité électrique	15
II.1.2.2.4. Oxygène dissous.....	15
II.1.2.2.5. Matières en suspension	15
II.1.2.2.6. Dureté totale	16
II.1.2.2.7. Alcalinité (TAC et TA).....	16
II.1.2.2.8. Chlorure	16
II.1.2.2.9. Magnésium.....	16
II.1.2.2.10. Calcium	17
II.1.2.2.11. Sodium.....	17
II.1.2.2.12. Potassium	17

II.1.2.2.13. Sulfate	17
II.1.2.3. Paramètres indésirables.....	17
II.1.2.3.1. Fer	17
II.1.2.3.2. Aluminium	18
II.1.2.3.3. Cuivre	18
II.1.2.3.4. Manganèse	18
II.1.2.3.5. Zinc	18
II.1.2.4. Paramètres de pollution	18
II.1.2.4.1. Demande biochimique en oxygène (DBO5)	18
II.1.2.4.2. Demande chimique en oxygène (DCO)	19
II.1.2.4.3. Phosphates	19
II.1.2.4.4. Azote ammoniacal	19
II.1.2.4.5. Nitrates	19
II.1.2.4.6. Nitrites	19
II.1.2.4.7. Matières organiques.....	19
II.1.2.5. Paramètres de toxicité.....	20
II.1.2.5.1. Arsenic.....	20
II.1.2.5.2. Cadmium.....	20
II.1.2.5.3. Mercure	20
II.1.2.5.4. Plomb.....	20
II.1.2.5.5. Chrome.....	21
II.1.2.6. Paramètres microbiologiques	21
II.1.2.6.1. Germes totaux	21
II.1.2.6.2. Coliformes totaux	21
II.1.2.6.3. Coliformes fécaux	21
II.1.2.6.4. Streptocoques fécaux	21
II.1.3. Normes de potabilités	22
II.2. Traitement des eaux.....	22
II.2.1. Définition de traitement.....	22
II.2.2. Etapes de traitement	22
II.2.2.1. Prétraitement.....	22
II.2.2.1.1. Dégrillage	22
II.2.2.1.2. Macrotamassage.....	23
II.2.2.1.3. Dessablage	23

II.2.2.1.4. Débourbage	23
II.2.2.1.5. Microtamissage	23
II.2.2.1.6. Dégraissage/déshuilage	23
II.2.2.2. L'aération.....	23
II.2.2.3. Pré chloration	23
II.2.2.4. Clarification	24
II.2.2.4.1. Coagulation / Flocculation	24
II.2.2.4.2. Décantation	24
II.2.2.4.3. Flottation	24
II.2.2.4.4. Filtration	25
II.2.2.5. Désinfection.....	25
II.3. Etapes de traitement des eaux de surface	25

Deuxième partie: Etude expérimentale

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

III.1. Description du barrage de TAKSEBT	28
III.2. Présentation de la station de potabilisation du barrage de Taksebt.....	28
III.2.1. Capacité de la station	29
III.2.2 Présentation du laboratoire d'analyse	29
III.3.Chaine de traitement	30
III.3.1. Ouvrage d'entrée : dissipation, mélange et répartition	32
III.3.2. Décantation.....	34
III.3.3. Filtration.....	34
III.3.4. Désinfection et stockage de l'eau traitée	35
III.3.5. Réservoir d'eau traitée et chambre de sortie	36
III.3.6. Traitement de boues	36
III.3.7. Qualité de l'eau à la sortie de la station	37

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV.1. Echantillonnage	38
IV.2. Analyse organoleptiques et physico-chimique	38
IV.2.1. Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques.....	38
IV.2.1.1. Matériel de prélèvement.....	38
IV.2.1.2. Mode de prélèvement	38

IV.2.2. Matériel et méthodes d'analyses.....	38
IV.2.3. Paramètres organoleptiques	41
IV.2.3.1. L'odeur	41
IV.2.3.2. Seuil de gout	41
IV.2.3.3. La couleur	42
IV.2.3.4. Mesure de la turbidité	42
IV.2.4. Paramètres physico-chimique.....	42
IV.2.4.1. Mesure de pH	42
IV.2.4.2. Mesure de la conductivité électrique.....	43
IV.2.4.3. Mesure de la température	43
IV.2.4.4. L'oxygène dissout.....	43
IV.2.4.5. Mesure du chlore libre (Cl ₂).....	43
IV.2.4.6. Mesure de l'UV (Absorbance à 254 nm).....	44
IV.2.4.7. Mesure des résidus sec à 105°C	45
IV.2.4.8. Mesure de matière en suspension à 105°C.....	45
IV.2.4.9. Dosage de sulfate (SO ₄ ²⁻).....	46
IV.2.5. Paramètres indésirables	46
IV.2.5.1. Dosage de l'aluminium (Al)	46
IV.2.5.2. Dosage de fer	47
IV.2.5.3. Dosage de manganèse (Mn ²⁺)	48
IV.2.6. Paramètres de pollution	48
IV.2.6.1. Dosage des nitrites (NO ₂ ⁻)	48
IV.2.6.2. Dosage des nitrates	49
IV.2.6.3. Dosage des ortho phosphates (PO ₄ ³⁻).....	49
IV.2.6.4. Dosage d'ammonium (NH ₄ ⁺)	50
IV.2.6.5. Dosage de matière organique.....	50
IV.2.7. Détermination de la minéralisation globale.....	51
IV.2.7.1. Dosage de l'alcalinité : titre alcalimétrique simple (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)	51
IV.2.7.2. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH).....	53
IV.2.7.3. Dosage de la dureté calcique	54
IV.2.7.4. Dosage de la dureté magnésienne	54
IV.2.7.5. Dosage des chlorures	55

IV.3. Analyse bactériologique	56
IV.3.1. Echantillons destinés aux analyses bactériologiques	56
IV.3.1.1. Matériel de prélèvement.....	56
IV.3.1.2. Mode de prélèvement.....	56
IV.3.2. Matériel et méthodes d’analyses.....	56
IV.3.3. Préparation de milieu de culture	57
IV.3.4. Recherche et dénombrement des bactéries coliformes totaux et fécaux par la méthode de filtration sur membrane	57
IV.3.5. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux par filtration sur membrane	58
IV.3.6. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables par incorporation	58
IV.3.7. Recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réductrices par incorporation	59
IV.4. Fréquence d’analyse	59
IV.5. Faciès hydro chimique et classification des eaux	60
IV.5.1. Classification des eaux d’après Piper.....	60
IV.5.2. Classification des eaux d’après Schoeller-Bekaloff	61

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. Résultats des analyses organoleptiques	62
V.1.1. Gout et odeur	62
V.1.2. Couleur.	63
V.1. 3. Turbidité.....	63
V.2. Résultats d’analyses physico-chimiques.....	64
V.2.1. Potentiel d’hydrogène Ph.....	64
V.2.2. Conductivité	65
V.2.3. Température	65
V.2.4. Oxygène dissous.....	66
V.2.5. Chlore	67
V.2.6. UV	68
V.2.7. Résidus secs	69
V.2.8. Matières en suspensions (MES).....	70
V.2.9. Sulfate	70

V.3. Paramètres indésirables	71
V.3.1. Aluminium	71
V.3.2. Fer	72
V.3.3. Manganèse	73
V.4. Paramètres de pollutions	74
V.4.1. Nitrites	74
V.4.2. Nitrate	74
V.4.3. Ortho phosphates	75
V.3.4. Ammonium	76
V.4.5. Matières organiques	77
V.4.6. Minéralisation globale	77
V.4.6.1. Chlorures (CL⁻)	78
V.4.6.2. Dureté totale	78
V.4.6.3. Calcium	78
V.4.6.4. Magnésium	78
V.4.6.5. Titre alcalimétrique complet (TAC)	78
V.4.6.6. Bicarbonate	79
V.5. Résultats d'analyses bactériologie	79
V.5.1. Coliformes totaux	79
V.5.2. Coliformes fécaux	80
V.5.3. Germes totaux à 37 °C	80
V.5.4. Germes totaux à 22°C	81
V.5.6. Bactéries sulfito-réducteur	82
V.6. Facies hydrochimique	83
V.6.1. Représentation des résultats d'analyses selon piper	83
V.6.2. Représentation des résultats d'analyses selon SCHOELLER-BEKALOFF ...	84
Conclusion	85
Références bibliographique	
Annexe	

Liste des figures

Figure I.1: Cycle de l'eau.....	3
Figure II.1: Etapes de traitement de l'eau potable	25
Figure II.2: Etapes et unités de traitement d'une eau de surface	27
Figure III.1: Image satellitaire de barrage de Taksbet.....	28
Figure III.2: Transfert d'eau Taksebt-Alger	29
Figure III.3 : Schéma général du fonctionnement de la station du traitement des eaux TAKSEBT	31
Figure III.4: Chambre de dissipation.....	32
Figure III.5: Chambre de mélange.....	32
Figure III.6: Injection de Cl_2	33
Figure III.7: Injection de $KMnO_4$	33
Figure III.8: Injection de CAP	33
Figure III.9: Injection de $Al_2(SO_4)_3$	33
Figure III.10: Injection de H_2SO_4	33
Figure III.11 : Canal Parshall	34
Figure III.12: Flocculateurs	34
Figure III.13: Décanteurs (Pulsatub)	34
Figure III.14: Filtres AQUAZUR V	35
Figure III.15: Post chloration	36
Figure III.16: Dessableurs (bâche à eau)	36
Figure III.17: Epaisseurs	37
Figure III.18: Lagune.....	37
Figure IV.1 : Diagramme de piper	61

Figure IV.2 : diagramme de Schoeller-Berkaloff	61
Figure V.1: Evolution du seuil du gout sur l'eau traitée.	62
Figure V.2: Représente les variations des valeurs de la couleur de l'eau brute et traitée de STE TAKSEBT	63
Figure V.3: Variation de la turbidité des eaux de barrage à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.	63
Figure V.4: Variations des valeurs du pH de l'eau du barrage à l'entrée et à la sortie de la station.	64
Figure V.5: Variations des valeurs de la conductivité de l'eau de barrage à l'entrée et à la sortie de STETAKSEBT.	65
Figure V.6: Variations des valeurs de la température de l'eau de barrage à l'entrée et à la sortie de la station.....	65
Figure V.7: Variation de la concentration de l'oxygène dissous à la STE Taksebt.....	66
Figure V.8: Variation du traitement Chlore Post-chloration à la STE TAKSEBT.....	67
Figure V.9: Variation de l'UV pour l'eau de barrage à l'entrée et la sortie de la station. .	68
Figure V.10: Variation des teneurs de résidus secs de l'eau à la STE TAKSEBT.	69
Figure V.11: Variation de la teneur de MES de l'eau à la STE TAKSEBT.	70
Figure V.12 : Variation de la concentration de l'aluminium à la STE TAKSEBT.	71
Figure V.13 : Variation de la concentration de fer de l'eau de STE TAKSEBT.	72
Figure V.14: Variation de la concentration du manganèse de l'eau à la STE TAKSEBT. .	73
Figure V.15: Variations des Nitrites de l'eau à la STE TAKSEBT	74
Figure V.16: Variations des ions PO_4^{3-} de l'eau de la STE TAKSEBT.....	75
Figure V.17: Variation de la concentration de l'ammonium pour l'eau à l'entrée et la sortie de la STE TAKSEBT.....	76
Figure V.18: Variation de la matière organique de l'eau de la STE Taksebt	77
Variation de bactéries coliformes totaux en fonction du temps dans la station de traitement	79
Figure V.20: Variation de bactéries (Coliformes fécaux) en fonction du temps	80

Figure V.21: Variation de bactéries « germes totaux à 37°C » en fonction du temps	80
Figure V.22: Variation de bactéries « germes totaux à 22°C » en fonction du temps	81
Figure V.23: Variation de bactéries Sulfito-réducteurs en fonction du temps.....	82
Figure V.24: Diagramme de piper pour les eaux de barrage en amont et en aval	83
Figure V.25: Diagramme logarithmique de SHOELLER-BERKALOFF des eaux du barrage de Taksebt.	84

Liste des tableaux

Tableau I.1: Comparaison entre les eaux de surface et les eaux souterraines	6
Tableau I.2: Principales bactéries pathogènes responsables d'infections bactériennes.....	11
Tableau I.3: Principales parasites responsable d'infection parasitaires	12
Tableau I.4: Principales maladies d'origine virale	13
Tableau II.1: Etapes et unités de traitement d'une eau de surface.	26
Tableau III.1: Caractéristiques de la station de traitement de TAKSEBT.....	29
Tableau IV.1: Matériel et méthodes utilisés pour le dosage des différents paramètres physicochimiques au niveau de la STE Taksebt.	39
Tableau IV.2: Dilution effectuer pour le teste de goût.	41
Tableau IV.3: Germes recherchés au niveau de la STE Taksebt.....	56
Tableau V.1: Tableau représentatif des résultats des différentes analyses de la minéralisation globale de l'eau brute et traitée réalisées une fois par mois.....	77

- AEI:** Alimentation En eau d'Industrie.
- AEP:** Alimentation En eau Potable.
- CAP:** Charbon actif en poudre.
- CCA:** Gélose Coliformes Chromocult Agar.
- DBO:** Demande Biochimique en Oxygène.
- DCO:** Demande chimique en oxygène.
- DHWT:** Direction de l'Hydraulique de la Wilaya Tizi-Ouzou.
- E.Coli:** Escherichia coli.
- EDTA:** Acide Ethylène Diamine Tetracétique.
- E_{ind}:** Electrode indicatrice.
- E_{ref}:** Electrode de référence.
- h:** Hectare.
- ISO:** International Standards Organization.
- N:** Normalité.
- Nm:** Unité de longueur Nanomètre.
- NTU:** Unité de Turbidité Néphélométrique.
- OMS:** Organisation Mondiale de la Santé.
- PCA:** Gélose Plate Count Agar.
- pH:** Potentiel Hydrogène.
- Pt:** Electrode de platine.
- S/m:** Siemens par mètre.
- STE:** Station de traitement des eaux.
- TA:** Titre Alcalimétrique.
- TAC:** Titre Alcalimétrique Complet.
- TGEA:** Gélose Tryptone Glucose à l'Extrait de levure.
- TH:** Titre Hydrotimétrique.
- UFC:** Unité Formant Colonie.
- UV:** Ultra violet
- VHA:** Virus de l'hépatite A.
- VHE:** Virus de l'hépatite E.



Introduction



L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie. Considérée comme un instrument d'aménagement du territoire, elle est devenue un bien économique qu'il faut valoriser et distribuer au mieux en qualité et en continuité.

Ces dernières années la qualité de l'eau ne cesse de se détériorer par l'activité anthropique généralement non contrôlés, ce qui a conduit à la mise en place des traitements de plus en plus puissants, dans le but de potabilisation en premier temps, facilité son épuration après usage afin de garantir les objectifs de qualité des milieux récepteurs (**Rouabhia et coll., 2004**).

En effet, la consommation d'une eau potable est un facteur déterminant dans la prévention des maladies liées à l'eau. Elle doit donc bénéficier d'une attention particulière, notamment celle des eaux de surfaces, vu qu'elles sont très altérées et sérieusement menacées par les activités humaines. La plupart des algériens consomment de l'eau potable qui leur est fournie par des réseaux publics de distribution qui doivent satisfaire à des exigences de qualité fixées par des normes nationales. L'ensemble des efforts nationaux pour l'alimentation de la population en eau potable a permis d'atteindre un taux de raccordement des foyers à l'eau potable de 93 % en 2008 alors qu'il était de 78 % en 1999 et de 92 % en 2007 (**Rouissat, 2010**).

L'eau potable n'est pas qu'une « aubaine ». Avant d'atteindre le robinet elle a subi des traitements plus ou moins poussés, elle a été stockée, transportée puis distribuée. Elle est donc une denrée rare et précieuse qui a un coût. De plus, il ne faut pas oublier qu'elle est produite à partir de ressources naturelles qu'il faut protéger pour éviter de mettre en place des traitements complexes et plus coûteux.

Pour comprendre comment l'eau potable est produite à partir des eaux de surface, nous nous sommes intéressées au barrage de Taksebt dans la Wilaya de Tizi-Ouzou où nous avons suivi et évalué la qualité de l'eau brute provenant du barrage à l'entrée de la station de potabilisation et sa qualité à la sortie, une fois qu'elle a subi les différents traitements, par l'analyse organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques. Les différents paramètres mesurés sont comparés aux normes de potabilité en se référant à la réglementation algériennes et celles de l'OMS.

Pour mener à bien notre étude, nous l'avons organisé comme suit :

Chapitre I: Notions générales sur les eaux.

Chapitre II: Parle de l'eau potable, des paramètres de potabilité et des procédés de traitement des eaux.

Chapitre III: Présente un aperçu sur la zone d'étude : barrage de TAKSEBT et décrit le matériel et les méthodes utilisés par le laboratoire de la STE de ce barrage.

Chapitre VI : Présente les résultats des paramètres considérés et leur interprétation.

En dernier et pour clôturer ce travail une conclusion a été tirée.

Première partie



Synthèse bibliographique



Chapitre I



Généralité sur l'eau



I.1. Définition

L'eau est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre (**Perry, 1984**). Sa formule chimique résulte de la combinaison de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène pour former le bien connu « H₂O » (**Abdesselem, 1999**). L'eau en tant que liquide est considéré comme un solvant universel, il se congèle à 0°C, il peut devenir vapeur à 100°C qui est sa température d'ébullition.

I.2. Répartition de l'eau sur terre

Les mers et les océans représentent 97.4 % de la totalité des eaux terrestres. Les quatre cinquièmes des eaux dites douces sont constituées par les sommets enneigés et les glaciers alors que la quasi-totalité du cinquième restant est localisée dans des nappes phréatiques. L'eau, indispensable à la survie de l'espèce vivante terrestre, représente donc moins d'un pour cent de l'eau douce soit environ 0.014% de l'eau totale. C'est pourquoi, il est impératif que ce bien de l'humanité soit protégé et utilisé avec le plus grand respect dans le sens du développement durable, défini comme le développement qui couvre les besoins de la société actuelle sans détruire pour autant les possibilités des générations futures de découvrir leur propre besoin (**Friedli, 2002**).

I.3. Cycle de l'eau

L'eau fait parti d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère.

Le cycle de l'eau (figure I.1) est bien connu: évaporation des océans, des eaux terrestres et de la végétation, précipitation sous forme de pluie ou de neige, infiltration, ruissellement ou écoulement souterrain, sortie de l'exutoire, en sont les principales composantes (**Collin, 2004**).

L'eau qui ruisselle pénètre dans le sol ou elle s'infiltrer et va remplir les nappes souterraines. Elle traverse des couches de plus en plus profondes du sol et va abandonner dans son cheminement la quasi-totalité des impuretés dont elle s'était chargée.

Au contact des minerais du sol qu'elles vont dissoudre, les eaux de pluie vont se charger au fur et à mesure de quantité d'éléments minéraux, comme : l'iode, le fer, le manganèse... qui sont nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme, à faible dose.

Dans la terre, l'eau de pluie continue à s'infiltrer, dans les couches profondes du sous-sol, jusqu'à ce qu'elle soit arrêtée par une couche imperméable, ou elle va s'accumuler et constituer une réserve : une nappe souterraine.

Parfois des dispositions particulières du relief, dans une vallée par exemple, permettent à cette eau souterraine de revenir en surface sous forme de source.

L'eau qui tombe en pluie ou sous forme de neige à la composition de l'eau distillée, elle est donc pure, mais arrivée sur le sol, elle rentre en contact avec tous les éléments qui s'y trouvent, en particulier avec les micro-organismes pathogènes pour l'homme. Les agents pathogènes vont être transportés par l'eau et trouvent parfois les conditions favorables à leur développement et à leur multiplication : on peut rencontrer surtout les bactéries, les virus, les parasites et divers micro-organismes responsables de maladies diarrhéiques.

Une fois sur le sol, l'eau de pluie ruisselle, s'écoule dans les rivières et retourne dans les mers et les océans, ou une partie s'évapore et retourne dans l'atmosphère, par évaporations, grâce à la chaleur du soleil et au vent (**Bouziati, 2000**).

Le cycle de l'eau est ainsi comme une boucle qui tourne en continu et que l'homme a intercepté pour ses usages domestiques, sanitaires et économiques.



Figure I.1 : Cycle de l'eau

I.4. Ressources en eau

Les ressources en eau se divisent en deux groupes : les ressources en eau conventionnelles et les ressources en eau non conventionnelles.

I.4.1. Ressources conventionnelles

Elles constituent les eaux superficielles et les eaux sous terraines.

I.4.1.1. Eaux de surface

Ce terme « eau de surface » englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents, elles ont deux origines distinctes: nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, ou bien les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable.

Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues de barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable (**Degremont, 2005**).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. En revanche, sa teneur en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique) dépend des échanges à l'interface eau-atmosphère et de l'activité métabolique des organismes aquatiques au sein de l'eau. Leurs principales caractéristiques sont :

- La présence de gaz dissous, en particulier l'oxygène.
- Une concentration importante en matières en suspension, tout au moins pour les eaux courantes. Ces matières en suspension sont très diverses, allant des particules colloïdales aux éléments figurés entraînés par les rivières en cas d'augmentation

importante du débit. Dans le cas des eaux de barrage, le temps de séjour provoque une décantation naturelle des éléments les plus grossiers : la turbidité résiduelle est alors faible et colloïdale ;

- La présence de matières organiques d'origine naturelle provenant du métabolisme, puis de la décomposition post mortem des organismes végétaux ou animaux vivant à la surface du bassin versant ou dans la rivière ;
- La présence de plancton : les eaux de surface sont parfois le siège d'un développement important de phytoplancton (algue...) et de zooplancton, surtout dans les cas d'eutrophisation. Certains de ces organismes peuvent sécréter des produits sapides et odorants ou des toxines ;
- Des variations journalières (différence de température, d'ensoleillement, ou neiges), de végétation (chute des feuilles). Elles peuvent aussi être aléatoires : pluies soudaines, orages, pollutions accidentelles.

Dans les retenues d'eau de surface, la qualité de l'eau varie de la surface jusqu'au fond de la retenue (température, pH, O₂, Fe, Mn, oxydabilité, plancton). Le profil de ces paramètres varie lui-même en fonction des périodes de stratification ou de circulation des couches d'eau suivant les saisons (**Degremont, 2005**).

I.4.1.2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol. Celles-ci s'insinuent par gravité dans les pores, les microfissures et les fissures des roches, humidifiant des couches de plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une couche imperméable. Là, elles s'accumulent, remplissent le moindre vide, saturent d'humidité le sous-sol et forment ainsi un réservoir d'eau souterraine appelé «aquifère ». La nappe chemine en sous-sol sur la couche imperméable, en suivant les pentes, parfois pendant des dizaines voire des centaines de kilomètres, avant de ressortir à l'air libre, alimentant une source ou un cours d'eau. Les nappes souterraines fournissent ainsi presque le tiers du débit total de tous les cours d'eau de la planète, soit environ 12 000 km³ d'eau/an (**Myrand et coll, 2003**).

Les eaux souterraines se caractérisent par :

- Turbidité faible car les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- Contamination bactérienne faible. Le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- Température constante, en effet les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- Indice de couleur faible parce que les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, source de couleur.
- Dureté souvent élevée car souvent les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents (Mg²⁺, Ca²⁺, etc..) responsable de dureté.
- Concentration élevée de fer et de manganèse, ces métaux, souvent présents dans le sol sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas de l'oxygène dissous.

I.4.2. Ressources non conventionnelles

Il s'agit de ressources hydriques réutilisées ou recueillies indirectement, elles représentent les eaux usées et les eaux de mer.

I.4.2.1. Eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux résultantes des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance.

Le recours aux eaux usées épurées devient une alternative incontournable afin de garantir la satisfaction des besoins en eau des populations, particulièrement, dans les pays arides et semi arides (**Metahri, 2012**).

Environ 35 % des ressources en eau consommées dans les pays développés, sont purifiées pour être réutilisées. Dans le reste du monde, une grande partie des eaux résiduelles est rejetée directement dans le milieu naturel (la mer, les rivières, les lacs ...) aggravant encore plus les problèmes de pollution et de dégradation de l'environnement. En tant que substitut de l'eau douce, pour l'industrie, l'irrigation et l'agriculture, les eaux usées peuvent jouer un rôle important dans la préservation des ressources en eau et surtout dans la protection de l'environnement. En réservant l'eau douce et fraîche pour la boisson, les besoins domestiques et autres besoins prioritaires, les eaux usées que l'on recueille en grande quantité surtout dans les grandes villes, peuvent être réutilisées, ce qui présentera un avantage économique certain.

En Algérie, la forte croissance de l'urbanisation et de l'activité industrielle a généré une production importante d'eaux usées qui peuvent constituer une ressource non négligeable d'eau réutilisée. Néanmoins, la capacité totale des installations d'épuration des eaux usées et industrielles reste négligeable. Le tiers seulement des Unités de traitement des eaux usées sont fonctionnelles (**Bouziani, 2000**).

I.4.2.2. Eaux de mers

Les eaux de mers sont une source d'eau brute qu'on utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mers sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous. La salinité de la plupart des eaux de mers varie de 33 000 à 37 000 mg/l, ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (**Desjardins, 1997**).

Le dessalement de l'eau saumâtre ou de l'eau de mer a été envisagé depuis de nombreuses années dans certains pays du Moyen Orient, pour lesquelles ce type de ressources hydriques peut être une solution économiquement viable, pour alléger les situations de pénuries d'eau, dans les secteurs urbains et industriels. Il s'est généralisé actuellement dans de nombreux pays, pour des besoins industriels surtout. Pour réduire le coup des installations énergétiques nécessaires au fonctionnement des usines de dessalement, on fait appel de plus en plus à des sources d'énergie de type hydroélectrique et solaire.

En Algérie, le dessalement de l'eau de mer constitue actuellement une solution techniquement possible et inévitable dans certaines régions du pays.

Malheureusement le prix de revient du m³ d'eau produit par dessalement et encore quatre fois plus cher que le prix conventionnel (Bouziani, 2000).

I.5. Comparaison entre les eaux superficiels et les eaux souterraines

Le tableau I.1 résume les principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines.

Tableau I.1 : Comparaison entre les eaux de surface et les eaux souterraines (Degremont, 2005).

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraines
Température	variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	variable, parfois élevée	faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques par exemple)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn divalente (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grandes Quantités
O ₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
H ₂ S	Généralement absent	Souvent présent
NH ₄	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur en général modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et Organiques	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Éléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal)	ferrobactéries fréquentes
Solvants chlorés	Rarement présents	Souvent présents
Caractère eutrophe	Fréquent accentué par les températures élevées	Non

I.6. Principales ressources en eau de la wilaya de Tizi-Ouzou

I.6.1. Eau de surface

Les ressources en eau de surface de la wilaya de Tizi-Ouzou proviennent principalement des courants des principaux bassins versants du Sébaou, qui drainent la majeure partie du territoire de la wilaya, ainsi que d'une multitude de petits Oueds côtiers.

La wilaya dispose d'importants potentiels en eau de surface dont une fraction seulement est mobilisée. Les principales ressources en eau de surface mobilisées sont les suivantes :

- **Barrages :** Le volume des eaux superficielles de la wilaya est évalué à un Milliard de m³, dont seulement environ 192 millions de m³ sont déjà mobilisés, grâce aux barrages de Taksebt, Djebba, Draa-El-Mizan, Zaouia et Tizi-Ghennif (DHWT, 2012).
- **Retenues collinaires :** La wilaya de Tizi-Ouzou compte 83 retenues collinaires réalisées en majorité durant les années 80, dans le cadre d'un programme de petite et moyenne hydraulique, totalisant ainsi une capacité de 5.59 hm³(DHWT, 2012).

I.6.2. Eau souterraines

Les ressources en eau souterraines de la wilaya de Tizi-Ouzou se concentrent essentiellement dans la nappe alluviale de l'Oued Sébaou, alimentée par l'infiltration directe à partir des eaux de pluies dont la moyenne est de l'ordre de 1000 mm/an et des crues de l'Oued Sébaou et de ses affluents (DHWT, 2012).

- **Forages et puits :** L'inventaire des forages existants à travers la wilaya de Tizi-Ouzou fait état de 435 forages, dont 209 réellement exploitées. Le volume mobilisé par les forages et les puits de la wilaya est de 27 hm³ ; destinées à l'AEP, l'AEI et à l'irrigation (DHWT, 2012).
- **Sources :** La wilaya de Tizi-Ouzou, dispose d'un nombre important de sources situées en majeure partie sur le flanc Nord de Djurdjura, généralement utilisées pour l'alimentation en eau potable des zones montagneuses isolées. On dénombre pour l'ensemble de la wilaya 203 sources dont 121 sources importantes d'un débit total estimé à 701.7 l/s, soit plus de 22 millions de m³ par an (DHWT, 2012).

I.7. Pollution des eaux et impact sur la santé humaine

L'eau représente l'un des fondements de la vie sur terre. Toutefois, les milieux aquatiques subissent des fortes pressions liées aux activités humaines, agricoles, industrielles et domestiques.

Les eaux continentales sont fragilisées par la dispersion des surplus de produits phytosanitaires et par les rejets d'eau usées autoporté par le milieu ou non.

I.7.1. Pollution des eaux

Une définition adoptée à Genève (Suisse) en 1961 par des experts. « L'eau est dite polluée lorsque l'état d'un cours d'eau est directement ou indirectement modifié par les activités de l'homme.

Il est ainsi plus difficile de l'utiliser, voire dangereux ». Des eaux polluées peuvent grandement affecter notre environnement et la vie de nombreuses espèces animales et végétales.

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit d'importantes (nuisances mauvaise odeur, fermentation, risques sanitaires, etc. (**Ladjel, 2006**).

I.7.2. Types de pollution

Les pollutions de l'eau peuvent se présenter sous différentes formes, notamment chimiques, bactériologiques ou physiques, et les eaux ou masses d'eau concernées peuvent être douces, saumâtres ou salées, souterraines ou de surface. Il peut même s'agir de la pluie ou des rosées, de neige ou des glaces polaires (**Marillys, 2021**).

I.7.2.1. Pollution biologique

Un grand nombre de microorganismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons. On parle ainsi de pollution bactérienne, virale ou parasitaire (**Thomas, 1995**).

I.7.2.2. Pollution chimique

La pollution chimique est due essentiellement aux rejets industriels qui apportent de grandes quantités de substances chimiques, perturbant ainsi l'équilibre de l'écosystème aquatique.

L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses (**Aroua, 1994**).

Les polluants chimiques sont classés en cinq catégories :

- Polluants chimiques dits indésirables (nitrates, composés phosphorés et les sels ammoniacaux).
- Polluants chimiques toxiques.
- Pesticides et produits apparentés.
- Hydrocarbures.
- Détergents.

I.7.2.3. Pollution physique

La pollution physique causée par des activités humaines est de trois types : Rejets de matières en suspension inertes ou fermentescibles ; rejets de calories ; enfin les rejets pouvant entraîner une nuisance radioactive.

D'abord, les rejets de matières en suspension inertes ou fermentescibles : ce sont les rejets d'Eau de lavage provenant de l'exploitation de minéraux ou de minerais ou rejets d'eau de séparation par flottation.

Ces matières peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissout et limiter de ce fait le développement de la vie aquatique. Vu que les normes préconisent que les MES doivent être absentes dans les eaux de consommation, toute eau qui contient des MES nécessite un traitement biologique pour pallier un développement microbien intense et la raréfaction de l'oxygène dissout.

Le deuxième type de pollution physique : les rejets d'eau de réfrigération, le plus souvent non souillés, mais chargés de calories. Ces rejets élèveront la température naturelle du milieu hydrique récepteur et entraîneront un appauvrissement physique de la teneur de l'eau fluviale en oxygène, voire une mutation dans les espèces qui composent le plancton. Troisième type de rejets physiques : les rejets susceptibles de provoquer une nuisance radioactive (Aroua, 1994).

I.7.3. Les sources de pollutions de l'eau

I.7.3.1. Pollution d'origines domestiques et urbaines

La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organiques, des sels minéraux et des détergents, elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières (Aissaoui, 2013).

La pollution urbaine c'est les eaux des habitations et des commerces qui entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération notamment des rejets industriels rejetés par les entreprises en quantités variables selon l'importance de l'agglomération et son activité (Melghit, 2012).

I.7.3.2. Pollution d'origine agricole

Les pesticides et les engrais engendrent une pollution chimique. L'utilisation massive d'engrais d'origine naturelle, tel que le fumier, peut constituer une source de pollution bactériologique. Ces substances, par le biais du cycle de l'eau, s'infiltrent ou ruissellent polluant les milieux aquatiques.

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable. En effet, les rejets agricoles ; nutriments de plantes, pesticides, insecticides, herbicides, engrais, déchets agricoles, fumier lissier, les sédiments, le drainage de l'ensilage, l'érosion des sols contenant essentiellement les matériaux inorganiques sont signalés à causer des polluants lourds aux sources de l'eau (des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues). Elles peuvent causer des pollutions importantes des cours d'eau notamment au cours des périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact du sol contaminé par les pesticides, les hydrocarbures et les fertilisants (nitrates, phosphates et fluorures).

L'utilisation excessive des éléments nutritifs de plantes a conduit à l'interruption d'azote et l'équilibre de l'eau affectant la croissance des plantes, les déchets organiques augmentent la DBO de l'eau reçue (Behra, 2013).

I.7.3.3. Pollution d'origine industrielle

L'industrie constitue une source de contamination biologique, chimique et thermique des eaux. Cette pollution peut être générée par l'industrie pétrolière, agroalimentaire, chimique, sablières etc. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. Elles contiennent des matières organiques azotées ou phosphorées, des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures. Elles se caractérisent par une grande variation dans le débit des rejets et dans la charge polluante. Certaines industries les font subir des prétraitements avant leur rejet dans les réseaux de collecte.

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles n'ont plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épurations (Sharma, 1994).

I.7.3.4. Pollution naturelle

On entend par polluants naturels des eaux tous les phénomènes ou éléments naturels qui polluent la nature comme réchauffement climatique, inondations, bactéries.

I.7.3.4.1. Réchauffement climatique

Le réchauffement climatique provoque la raréfaction de l'eau de surface, particulièrement sous les conditions extrêmes des tropiques en fin de saison sèche. En outre, la qualité de l'eau se dégrade également, car les sédiments sont emportés par les eaux. Un autre effet secondaire de la hausse des températures est la perte de la biodiversité, les animaux marins étant contraints de se déplacer pour survivre ou certains d'entre eux mourant même (Blandine, 2021).

I.7.3.4.2. Inondations

Lors des inondations (généralisé par les précipitations), l'excès d'eau entraîne toutes sortes de substances toxiques (comme les engrais ou les pesticides), des animaux morts et des déchets de toutes sortes qui dévastent la région. Ce polluant peut affecter l'hygiène des personnes et même entraîner des maladies causées par l'eau contaminée, comme le choléra ou la fièvre typhoïde (Blandine, 2021).

I.7.3.4.3. Bactéries

Un exemple est la bactérie *E.coli* (*Escherichia coli*), qui n'est présente que dans l'intestin des humains et des autres animaux à sang chaud. En raison d'inondations ou de fortes pluies, comme expliqué ci-dessus, cette bactérie peut pénétrer par les débordements d'eaux usées. L'eau contaminée par ce débordement peut contaminer les sources d'eau potable et provoquer de la fièvre et des vomissements ou des douleurs abdominales (Blandine, 2021).

I.7.3.4.4. Pollution accidentel

Les pollutions accidentelles sont à l'origine de dommages spectaculaires provoqués par les déversements de produits chimiques, d'eaux usées ou d'effluents d'élevage, qui impactent l'approvisionnement en eau potable et la faune aquatique. C'est parfois plusieurs kilomètres de rivière polluée lors d'un accident et une mortalité piscicole avérée (Beazaid, 2021).

I.7.3.4. Maladies à transmission hydriques

L'eau est un élément indispensable dans la vie. Sa peut causer quelques maladies qu'on appel : maladies à transmission hydrique, et qui sont une menace pour la santé.

I.7.3.4.1. Maladies d'origine bactérienne

Les eaux polluées peuvent contenir de nombreuses bactéries pathogènes qui transmettent de nombreuses maladies qui sont une menace à la santé. Le tableau I.2 explique les différentes bactéries et les maladies causées par l'eau polluée.

Tableau I.2 : Principales bactéries pathogènes responsables d'infections bactériennes.

Maladies	Agents responsables	Manifestations	Propriétés	Contamination	Références
Fièvre typhoïde et paratyphoïde	Salmonella Typhi ou Paratyphi A	Fièvre céphalée, diarrhée, douleurs abdominales, parfois l'hémorragie intestinale, collapsus cardiovasculaire.	-peut survivre pendant des mois même dans la glace. -sa multiplication peut s'effectuer dans le foie, vésicule biliaire, tractus biliaire et duodénum - les porteurs peuvent diffuser mes bactéries mm après leurs guérisons	Par voie orale	(Roland, 2003)
Choléra	Vibrio choléra	Diarrhée, vomissements et douleurs épigastriques, crampes musculaires	-un bacille à gram négatif présent à l'état saprophyte dans l'eau	Par voie digestive	(Nauciel et Vilde, 2005)

I.7.3.4.2. Maladies d'origine parasitaire

Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme d'œufs, de kystes ou de vers. Le tableau I.3 nous montre les parasites pathogènes les plus fréquents dans l'eau.

Tableau I.3: Principales parasites responsable d'infection parasitaire.

Maladies	Agents responsables	Manifestation	Propriétés	contamination	Références
Amibiase	l'amibe dysentérique	Diarrhée, la fièvre et des crampes abdominales	-vivent dans le gros intestin de l'homme -à la capacité de traverser la muqueuse de l'intestin et d'en détruire la paroi -le parasite est présent sous forme enkystée dans l'eau ou les aliments souillés	Par voie digestive	Benayada, 2016
Giardiasis	Protozoaire flagellé: Giardia intestinalis	Symptômes gastroentérite aigüe, des douleurs abdominales, ballonnement, nausées, anorexie, vomissements, et diarrhée aqueuse	-Elle vit en climat tempérés et chauds	Par voie digestive	Benayada, 2016

I.7.3.4.3. Les maladies d'origine virale

Les maladies d'origines virales sont résumées dans le tableau II.4

Tableau I.4 : Principales maladies d'origine virale.

Maladies	Agent responsables	Manifestations	Propriétés	Contamination	Références
Hépatites virales	- virus de l'hépatite A (VHA) - le virus de l'hépatite E (VHE)	Fièvre myalgie , nausées et vomissements	-Elles ne s'observent que dans les pays à niveau d'hygiène insuffisant et - généralement liées à une contamination massive de l'eau. - Elles se caractérisent par un taux de létalité élevée	voie oro-fécal	Anonyme2, 2000 Vilagine, 2005
Poliomyélite	virus poliomyélitique	Fièvre, une paralysie motrice et une atrophie des muscles squelettiques	-elle se multiplie dans l'intestin - la maladie est généralement mortelle - les cellules nerveuses de cerveau sont attaquées	Voie fécale-orale	Hasley et Lecler, 1993).

Chapitre II



Paramètres et traitement des eaux



II.1. Eau Potable

II.1.1. Définition de l'eau potable

L'OMS (2004), définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres organoleptiques, physico-chimique, microbiologiques et à des substances indésirables et toxiques. Pour chaque paramètre, des valeurs limites à ne pas dépasser sont établies. Le fait qu'une eau soit potable, ne signifie pas qu'elle soit exempte d'agents pathogènes mais que leur teneur a été jugée insuffisante pour déclencher une maladie.

II.1.2. Paramètres de potabilité

II.1.2.1. Paramètres organoleptiques

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais par leur dégradation, peuvent être des facteurs d'alerte pour une pollution ou indiquer un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution (Lounnas, 2009).

II.1.2.1.2. Couleur

Une eau potable ne doit pas présenter de couleur. Cependant, la coloration de celle-ci est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (Rodier, 2009).

II.1.2.1.3. Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, l'odeur peut être définie comme étant 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 (Rodier *et coll*, 2009).

II.1.2.1.4. Goût et saveur

Le goût peut être défini comme étant l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche.

Tandis que la saveur est définie comme étant l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier *et coll*, 2009).

II.1.2.1.5. La turbidité

Elle est due à la présence de particules en suspension, notamment colloïdales ; argiles, limons, grains de silice, matière organique, etc., qui donnent un aspect trouble à l'eau. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité (Rodier *et coll*, 2009).

Une turbidité trop élevée empêche la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et peut ainsi diminuer la croissance des algues et des plantes aquatiques (**Vilagines, 2003**).

II.1.2.2. Paramètres physico-chimiques

Ils correspondent aux caractéristiques de l'eau tels que le pH, la température, la conductivité, la dureté, oxygène dissous de l'eau et délimitent les quantités maximales à ne pas dépasser pour certains composants comme les ions, les chlorures, le potassium et les sulfates.

II.1.2.2.1. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est une échelle logarithmique qui varie de 0 à 14. Il traduit l'acidité, alcalinité ou la neutralité d'une eau et mesure l'activité des ions H^+ contenus dans cette eau.

Le pH a une influence majeure sur les formes physico-chimiques du métal et des composants métalliques dans l'environnement aquatique, du fait qu'il contrôle la solubilité et la concentration des métaux (**Gendronneau, 2006**)

II.1.2.2.2. Température

C'est une caractéristique physique importante. Elle joue un rôle dans la solubilisation des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10°C. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante, l'horaire de la mesure (**Bouziati, 2000**).

II.1.2.2.3. Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, elle permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau et nous renseigne également sur les degrés de minéralisation de l'eau (**Guentri et Rahmania, 2015**). Elle est exprimée en micro Siemens par centimètre ($\mu S/cm$) (**Afnor, 2001**). Elle dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé (**Belghiti et coll, 2013**).

II.1.2.2.4. Oxygène dissous

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau. Sa solubilité est liée à plusieurs facteurs particulier : la température, la pression atmosphérique et la salinité et aussi en fonction de l'origine de l'eau ; les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation. Les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre (**Rodier, 1984**). Il est exprimé en mg/l (**Derwich et coll, 2010**).

II.1.2.2.5. Matières en suspension

Les matières en suspension (MES) constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques

(notamment les algues). Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon.

L'abondance des matières en suspension dans l'eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse (**Bouanani, 2005**).

II.1.2.2.6. Dureté totale

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins (lithium, sodium, potassium, rubidium, césium) et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelque fois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium (**Rodier et coll, 2009**). Elle est mesurée par la somme des concentrations de calcium et de magnésium et s'exprime par le titre hydrométrique (TH). L'unité du titre hydrométrique le milliéquivalent par litre (ou le degré français °F) (**OMS, 1994**).

II.1.2.2.7. Alcalinité (TAC et TA)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogénocarbonates [HCO_3^-], carbonates [CO_3^{2-}] et hydroxyde [OH^-] (**Rodier et coll, 2009**).

Alcalinité est un paramètre très important pour l'eau distribuée dans les canalisations du fait de son action sur celle-ci. En effet, le TAC ne doit pas être considéré seul mais doit être pris en compte dans un ensemble de paramètres tels que la minéralisation, le pH, la température et la dureté de l'eau. Cet ensemble de paramètres permet de définir le caractère de l'eau par rapport à l'équilibre calco-carbonique (**Rejsek, 2002**).

II.1.2.2.8. Chlorure

Le chlore est indispensable à l'équilibre hydrique de l'organisme et il est présent naturellement à faible dose dans les eaux minérales. Cependant, une pollution industrielle peut l'enrichir accidentellement, jusqu'à des concentrations impropres à la consommation. Les chlorures sont présents en grande quantité dans l'eau de mer ($\pm 19 \text{ g/l}$). Leur concentration dans l'eau de pluie est approximativement de 3 mg/l . Dans les eaux souterraines, leur concentration dépend des roches traversées. Les sols pollués par l'industrie chimique sont très riches en chlorures (**Lucile Wood Ward**).

II.2.2.9. Magnésium

C'est un élément dominant dans l'eau qui représente le 7^{ème} élément le plus abondant à l'état naturel. Il constitue un élément significatif de la dureté. Sa teneur dépend du terrain traversée. Il dépasse rarement 15 mg/l dans les eaux naturelles. Par contre, dans les eaux minérales, il peut largement dépasser cette valeur. Au même titre que le calcium, le magnésium est dosé par la méthode complexométrique. Le magnésium est un élément essentiel pour la photosynthèse des plantes (**Belkhiri, 2011**).

II.1.2.2.10. Calcium

Le calcium est un élément (métal) alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature, et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates surtout à l'état d'hydrogénocarbonate et en quantité moindre sous forme de sulfate et de chlorure. Il est le composant majeur de la dureté de l'eau et l'élément dominant des eaux naturelles. Lorsque sa teneur dans l'eau dépasse la norme, il provoque l'entartrage dans les canalisations. Les eaux minérales contiennent plusieurs centaines de grammes par litre. L'organisation mondiale de la santé (OMS) recommande pour l'eau destinée à la consommation humaine une valeur limite de 500 mg/l, exprimée en CaCO₃. Le calcium est dosé généralement par la méthode complexométrique (Belkhiri, 2011).

II.1.2.2.11. Sodium

C'est le 6^{ème} élément le plus abondant à l'état naturel. Il est toujours présent dans l'eau en proportion très variable. Aucune norme ne limite la concentration en sodium dans les eaux potables. Le sodium joue un rôle important en agriculture du fait de son action sur la perméabilité des sols. Il peut présenter des inconvénients pour certains malades en cas de grandes quantités. Le sodium est, après le chlore, le deuxième élément dissous le plus abondant dans l'eau de mer. Il est nécessaire à l'homme pour maintenir l'équilibre hydrique de l'organisme. Le sodium est aussi nécessaire pour le fonctionnement des muscles et des nerfs. Trop de sodium peut endommager nos reins et augmenter les risques d'hypertension artérielle (Belkhiri, 2011).

II.1.2.2.12. Potassium

C'est le 7^{ème} élément le plus abondant à l'état naturel. Beaucoup moins abondant que le sodium, il est rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l. Il ne représente aucun inconvénient particulier. La teneur globale de Na et de K dans l'eau est souvent estimée comme la différence entre la somme de tous les cations présents obtenus par échange ionique et la dureté (Belkhiri, 2011).

II.1.2.2.13. Sulfate

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux (Kemmer, 1984).

II.1.2.3. Paramètres indésirables

II.1.2.3.1. Fer

La présence de fer au robinet du consommateur peut être constatée, même si l'eau en est exempte à la sortie de la station de traitement, par le phénomène de la corrosion.

Le fer ne présente pas d'inconvénient au point de vue physiologique. Les besoins pour l'organisme humain se situent aux alentours de 10 mg/l pour la synthèse de l'hémoglobine, mais 60 à 70 % seulement de la quantité absorbée et métabolisée. Ce métal présente l'inconvénient de favoriser la corrosion au sein du réseau de distribution (Rejeseck, 2002).

II.1.2.3.2. Aluminium

L'aluminium est très répandu sur terre, il vient par ordre d'importance après l'oxygène et le silicium, lorsqu'il est en solution et en milieu acide, il existe sous forme d' Al_3^+ . Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur, l'OMS recommande comme valeur limite pour l'aluminium 0.2 mg/L (**Rodier et Al, 2009**).

II.1.2.3.3. Cuivre

Le cuivre est présent dans la nature sous forme de minerais de cuivre natif, de minerais oxydés ou sulfurés. Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS recommande une valeur guide provisoire de 2 mg/l compte tenu des incertitudes de la toxicité du cuivre pour l'homme. Toutefois, elle précise que des risques de taches sur les appareils sanitaires peuvent apparaître pour des teneurs supérieurs à 1 mg/l (**Rodier, 2009**).

II.1.2.3.4. Manganèse

Le manganèse présent dans l'eau peut s'y trouver à l'état soluble en suspension ou sous forme de complexe ; sa solubilité dépend du pH, de l'oxygène dissous, de la présence d'agents complexant. Il provient du contact entre le sol et l'eau, de la décomposition des végétaux qui contiennent entre 0.4 et 0.04 % de leur poids en manganèse (forme complexée), du métabolisme de certaines bactéries et de l'industrie (sidérurgique, minière, chimique et la céramique) (**Duguet et coll, 2006**).

II.1.2.3.5. Zinc

Le zinc est un élément essentiel qui n'est généralement pas considéré comme toxique. L'eau renfermant des teneurs en zinc supérieures à 5.0 mg/l a tendance à être opalescente et à laisser une pellicule grasseuse après ébullition et à prendre un goût indésirable à cause de son astringence. Il est utilisé pour recouvrir les métaux, peut toxique à l'état de traces mais sa présence dans l'eau indique souvent la présence d'autres métaux ou polluants toxiques industriels (**Rodier, 2005**).

II.1.2.4. Paramètres de pollution

II.1.2.4.1. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

La DBO5 comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO5 (**Metahri, 2012**). Elle se résume à la réaction chimique suivante :

Substrat + micro-organisme + O₂ → CO₂ + H₂O + énergie + biomasse

II.1.2.4.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O₂/l. La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine (**Suschka et Ferreira, 1986; Metahri, 2012**).

II.1.2.4.3. Phosphates

Les phosphates sont des composés à base du phosphore, lequel joue un rôle prédominant dans l'eutrophisation des lacs. En conditions naturelles, le phosphore est présent en très faible quantité dans les eaux de surface. Les eaux de surfaces ou de nappes peuvent être contaminées par des rejets industriels et domestiques ou par le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par certains pesticides (**Bouziani, 2000**).

II.1.2.4.4. Azote ammoniacal

L'élément azote existe principalement sous forme ionique, à savoir NH₄⁺, NO₂⁻, et NO₃⁻. La pollution en ions NH₄⁺ existe principalement pour les eaux de surface, leur oxydation conduit à la formation d'ions NO₂⁻, il est en équilibre avec la forme gazeuse NH₃. Les nitrates sont la principale source d'inquiétude, ces ions se transforment en milieu acide faible et à hauteur de 5 % en ions nitrites, qui sont toxiques pour l'organisme humain (**Lounnas, 2009**).

II.1.2.4.5. Nitrates

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont très répandus dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Soluble dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Les nitrates sont employés dans la fabrication des explosifs, dans l'industrie chimique comme oxydant, et comme conservateur dans les denrées alimentaires (**Savary, 2010**).

II.1.2.4.6. Nitrites

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque par le genre de Nitrosomonas, soit à la réduction des nitrates. Leur présence dans l'eau est donc rare et en faible quantité (**Rodier et coll, 2009**). Ils constituent le plus souvent la preuve de la présence d'impuretés d'origine fécale. Ils ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydant et leur présence indique un état critique de pollution organique car cela indique un manque d'oxygène pour l'autoépuration (**Dovonou, 2008**).

II.1.2.4.7. Matières organiques

L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût. Une eau riche en matières organiques doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique.

Selon la classification de **(Rodier, 1984)**:

- Une eau est très pure pour des valeurs inférieures à 1 mg/l.
- Une eau est dite potable pour des valeurs comprises entre 1 et 2 mg/l.
- Une eau est suspecte pour des valeurs comprises entre 2 et 4 mg/l.
- Une eau est mauvaise pour des valeurs supérieures à 4 mg /l.

II.1.2.5. Paramètres de toxicité

II.1.2.5.1. Arsenic

L'arsenic est naturellement présent dans certaines eaux, il est à l'origine des cancers cutanés et d'autres formes de cancers, voire de problèmes circulatoires ; sa teneur admissible dans les eaux de consommation est en constante diminution (provisoirement : 10 µg/l) **(Degremont, 1989)**.

II.1.2.5.2. Cadmium

Le cadmium est un métal lourd classé comme très toxique et à forte dangerosité pour l'environnement, les sources les plus importantes d'émission de cadmium sont constituées par les eaux usées domestiques, les effluents industriels, en particulier les rejets de l'industrie minière, de la galvanoplastie et la synthèse de produits chimiques comme les insecticides, les engrais phosphatés, les solvants et les fibres textiles.

Chez l'homme, le cadmium s'accumule au cours de la vie essentiellement dans les reins et la foie, et est à l'origine de complications rénales graves **(Bouziati, 2000)**.

II.1.2.5.3. Mercure

Parmi les métaux lourds, le mercure constitue l'un des risques les plus importants de pollution de l'environnement, il est surtout produit par les sources artificielles comme l'industrie chimique de chlore et de la soude, la fabrication d'appareillages électriques (accumulateur, batteries, piles).

La toxicité des sels de mercure varie en fonction de leurs caractéristiques chimiques et organiques et de leur absorption par le tractus gastro-intestinal, ces intoxications se traduisent par une stomatite, des troubles neurologiques et un syndrome néphrotique. Il est plus toxique lorsqu'il est transformé en méthyle mercure principalement par les micro-organismes du milieu aquatiques ; une intoxication par le méthyle mercure provoque de graves lésions du système nerveux central, avec des troubles de la parole et peut entraîner la mort **(Bouziati, 2000)**.

II.1.2.5.4. Plomb

Le plomb est un métal lourd que l'on trouve essentiellement sous forme de sulfure en milieu naturel, il présente une toxicité élevée pour l'environnement. Les émissions artificielles de plomb ont pour origine les rejets des fonderies, les incinérations d'ordures et les pigments de peinture. Les émissions artificielles de ce métal dans l'eau sont observées surtout par dissolution des conduites et des branchements à base de plomb.

La toxicité du plomb et ses manifestations cliniques sont connues de longue date (saturnisme). Le plomb a la particularité de se fixer dans le squelette et dans les tissus nerveux, ou il peut entraîner des lésions irréversibles (**Bouziani, 2000**).

II.1.2.5.5. Chrome

Le chrome (Cr) est présent naturellement dans les roches magmatiques et dans les sédiments calcaires et argileux. Dans les eaux naturelles, il peut provenir essentiellement de filons métallifères (chromite). Cependant, la présence de chrome dans les eaux naturelles est assez rare, du fait de sa faible solubilité. Sa présence dans les eaux est en général due aux rejets d'eaux usées. Les dérivés du chrome se retrouvent dans l'eau essentiellement sous forme oxydée : le chrome trivalent (Cr^{3+}) et le chrome hexa valent (Cr^{5+}) (**Boucheseiche et coll, 2002**).

II.1.2.6. Paramètres microbiologiques

La majorité des micro-organismes proviennent de déjections humaines ou animales, l'importance de la pollution microbiologie nous oblige de faire un traitement de désinfection avant distribuer l'eau.

II.1.2.6.1. Germes totaux

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine (**Bourgeois et coll, 1991**).

II.1.2.6.2. Coliformes totaux

Sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (**Archibald, 2000**).

La plupart des coliformes 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 (**Edberg et coll, 2000; OMS, 2000**).

II.1.2.6.3. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux ont la capacité de fermenter le lactose à une température de $44,5^{\circ}\text{C}$. L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) (**Edberg et coll, 2000**). Les Streptocoques fécaux sous la dénomination générale de «Streptocoques fécaux», il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe de Lance Field (**Rodier, 2005**).

II.1.2.6.4. Streptocoques fécaux

Ce sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Ils se répartissent en deux genres : Entérocoques et *Streptococcus*.

Ce sont les streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lance Field plus résistants à la désinfection, d'où ils présentent un intérêt en tant qu'indicateurs d'efficacité du traitement (**Rodier, 2005**).

II.1.3. Normes de potabilités

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne désigne donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (**Alouane, 2012**).

Les normes Algérienne, Françaises et de l'OMS de l'eau potable dans l'annexe 01.

II.2. Traitement des eaux

Que soient les eaux d'origine souterraine ou superficielle, les eaux destinées à l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié (**Valentin, 2000**).

La production d'une eau potable à partir d'une eau brute plus ou moins polluée nécessite diverses étapes de traitement (Figure II.1) réalisées dans plusieurs unités de la station de traitement des eaux (**Desjardins, 1997**).

II.2.1. Définition 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 (**Hernandaise, 2006**).

II.2.2. Etapes de traitement

Pour arriver à l'eau potable plusieurs étapes sont suivies.

II.2.2.1. Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface (**Masson, 1999**).

II.2.2.1.1. Dégrillage

Le dégrillage, premier poste de traitement, indispensable sur les eaux de surface et les eaux résiduaires, permet de protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les tuyauteries de liaison, dans les différentes unités de l'installation; et de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements d'eau et de boues, ou au moins compliquer leur exécution, et leur exploitation (**Degremont, 2005**).

L'opération est plus ou moins efficace, en fonction de l'écartement entre barreaux de grille. On peut distinguer:

- Pré dégrillage ou dégrillage grossier, pour écartement supérieur à 40 mm ;
- Dégrillage moyen, pour écartement de 40 à 10 mm ;
- Dégrillage fin, pour écartement de 10 à 6 mm (**Degremont, 2005**).

II.2.2.1.2. Macrotamissage

Les éléments filtrants sont constitués de tôles perforées ou, le plus souvent, de toiles à mailles croisées en acier inoxydable ou en tissu synthétique, présentant des ouvertures de 0.15 à 2 mm (**Duguet et coll, 2006**).

II.2.2.1.3. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire les graviers, le sable et les particules minérales plus ou moins fines de l'eau brute, ainsi que la traînée pour éviter les dépôts dans les canaux et canalisations, protégeant ainsi les pompes et autres équipements de l'usure.

Le domaine habituel du dessablage concerne des particules de granulométrie égale ou supérieure à 200 µm voire 300 µm (**Degremont, 2005**).

II.2.2.1.4. Débourbage

Le débourbage est nécessaire quand la quantité des MES de l'eau brute à éliminer (limons, argiles.....) dépasse la capacité de concentration de 2 g/l et d'extraction des décanteurs situés à l'aval (**Gani, 2001**).

II.2.2.1.5. Microtamissage

Le microtamissage est une opération destinée à faire passer des liquides contenant Les impuretés passent à travers des fils ou des toiles ou à travers des membranes poreuses. Au cours de cette période Lors du passage du liquide, certaines impuretés sont directement bloquées (par micro-tamis), ou indirectement (à travers les solides accumulés sur les micro-tamis). La taille des mailles du microtamis est inférieure à 150 µm (**Desjardins, 1997**).

II.2.2.1.6. Dégraissage/déshuilage

Les opérations de dégraissage et de déshuilage comporte à séparer des produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation, naturelle ou assistée, dans une enceinte liquide de volume suffisant (**Degremont, 2005**).

II.2.2.2. L'aération

L'aération est également connue pour être efficace pour l'élimination du sulfure d'hydrogène (H₂S). Les valeurs de la loi de Henry montrent que le H₂S est aussi volatil que le trichloréthylène (TCE) et aussi facilement dépouillé (**Mcguire et Gaston, 1988**).

II.2.2.3. Pré chloration

La pré-chloration s'accompagne de la formation de composés indésirables, c'est pourquoi on préfère généralement retarder le plus possible le point de chloration dans la chaîne de procédé après l'élimination la plus complète possible des précurseurs organiques présents dans l'eau.

Si l'eau à traiter contient de grandes quantités d'ammoniac, de fer ou de manganèse et de petites quantités de matière organique nécessite du pré chloration. La pré chloration peut servir à différentes fins (**Rodier, 2009**).

- Elimine le goût, les odeurs et la couleur.
- Elimine l'ammoniaque.
- Elimine le fer et le manganèse : l'oxydation les transforme en hydroxydes insolubles facilement séparables du liquide par décantation et filtration.
- Améliorer la clarification.
- Oxyder les matières organiques dissoutes, qui se transforment en composés plus facilement biodégradables.

II.2.2.4. Clarification

La clarification désigne un ensemble de procédés de traitement consistant en des étapes de coagulation, floculation, décantation ou flottation et filtration, couplées ou non, pour éliminer les substances en suspension et colloïdales présentes dans les eaux de surface (**Duguet et al., 2006**).

II.2.2.4.1. Coagulation / Floculation

La coagulation a pour but de déstabiliser les particules entre elles. Les colloïdes sont en effet naturellement maintenus en suspension sous l'action de forces électrostatiques de répulsion. Pour rompre ces forces et déstabiliser les colloïdes, on injecte des réactifs appelés « coagulants », qui conduisent à la formation de précipités insolubles appelés « floes » capables de décanter. L'injection du réactif se fait dans un compartiment sous forte agitation. Les réactifs utilisés sont généralement le sulfate d'aluminium, le chlorure ferrique ou le sulfate ferreux (**Jestin, 2006**).

La floculation est l'ensemble des phénomènes physico-chimiques menant à l'agrégation de particules stabilisées pour former des flocons ou « floes ». Ce phénomène est réversible, c'est à dire que l'on peut casser ces agrégats, par exemple en agitant fortement le liquide, pour retrouver la solution de colloïdes initiale. Les réactifs généralement utilisés sont la silice activée, les alginates de sodium, les poly électrolytes, etc. (**Jestin, 2006**).

II.2.2.4.2. Décantation

Elle réalise la séparation gravitaire des matières insolubles dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. Dans le cas de particules de densité inférieure à celle de l'eau, le procédé de flottation est à appliquer (**Desjardins, 1990**).

II.2.2.4.3. Flottation

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des agrégats dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient. Ce procédé est surtout appliqué pour l'élimination des huiles et graisses et des matières légères (**Degremont, 2005**).

II.2.2.4.4. Filtration

La filtration est un procédé de séparation dans lequel on fait percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat) (Degremont, 2005).

La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité (Cardot, 2002).

II.2.2.5. Désinfection

La désinfection est un traitement visant à éliminer les microorganismes pathogènes, bactéries, virus et parasites ainsi que la majorité des germes banals moins résistants. Elle est réalisée par des agents désinfectants (chlore, dioxyde de chlore et ozone), par traitement aux ultraviolets ou par procédés physiques comme la filtration sur membranes (Cardot, 2010).

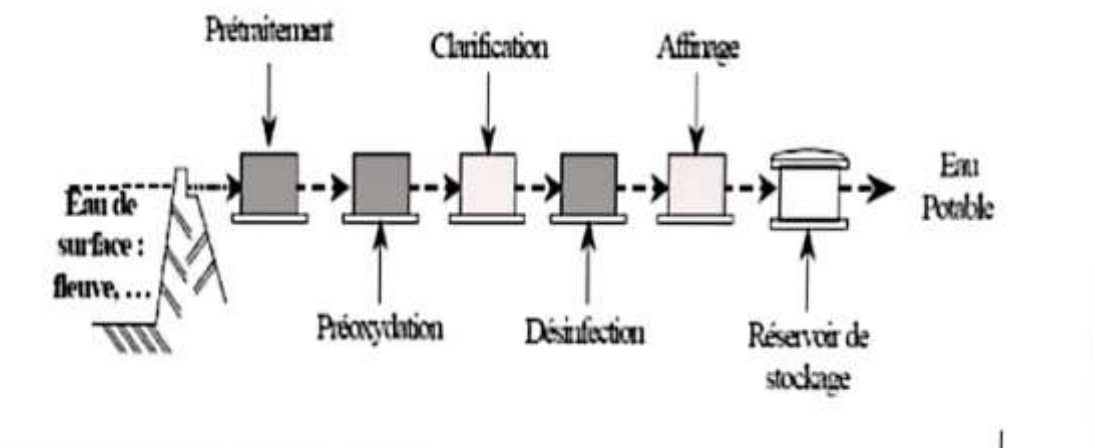


Figure II.1: Etapes de traitement de l'eau potable (Lounnas, 2009).

II.3. Etapes de traitement des eaux de surface

Les principales étapes de traitement d'une eau de surface sont représentées dans le tableau II.1 et sur la figure II.2

Tableau II.1: étapes et unités de traitement d'une eau de surface (Desjardins, 1997)

Unité ou étape	Fonction	Commentaires
Prise d'eau	Relier la rivière ou le lac au puits d'eau brute Acheminer l'eau à l'usine de traitement	Aucun entrainement de la vase et des matières flottantes vers le puits d'eau brute
Grillage	Arrêter les impuretés grossières	Installé dans le puits d'eau brute Nettoyage manuelle ou Mécanique
Pompe à basse Pression	Refouler l'eau de puits d'eau brute jusqu'à la première unité de traitement	Capacité totale de ronflement=consommation quotidienne maximale Pression=135kpa
Pré désinfection ou Peroxydation	Réduire la concentration de microorganismes Oxyder la matière organique	Ozone, dioxyde de chlore ou chlore
Micro tamisage	Arrêter les particules fines en Suspension	Inutile en cas de coagulation, floculation décantation
Coagulation	Déstabiliser les particules en suspension Amorcer la formation d'un floc	Dans un mélangeur rapide
Floculation	Agglutiner les particules d'impuretés Augmenter les volumes des particules de floc	
Décantation	Eliminer les particules de floc	Liquide surnageant acheminé vers les filtres boues formée par les particules de floc évacué vers le réseau d'égouts
Filtration	Arrêter les petites particules de floc contenues dans l'effluent du décanteur	Dernière étape permettant de réduire la turbidité et la couleur
Désinfection	Détruire les microorganismes nuisibles à la santé	Chlore, dioxyde de chlore ou Ozone
Fluoruration	Ajouter des ions fluorure a l'eau traitée	Concentration optimale d'ion fluorure dans les eaux de consommation =1.2mg/l
Réservoir	Conserver l'eau traitée jusqu'à son utilisation	
Pompes à haute Pression	Refouler les eaux traitées vers les consommateurs	Capacité = consommation horaire maximale Pression= 600kPa

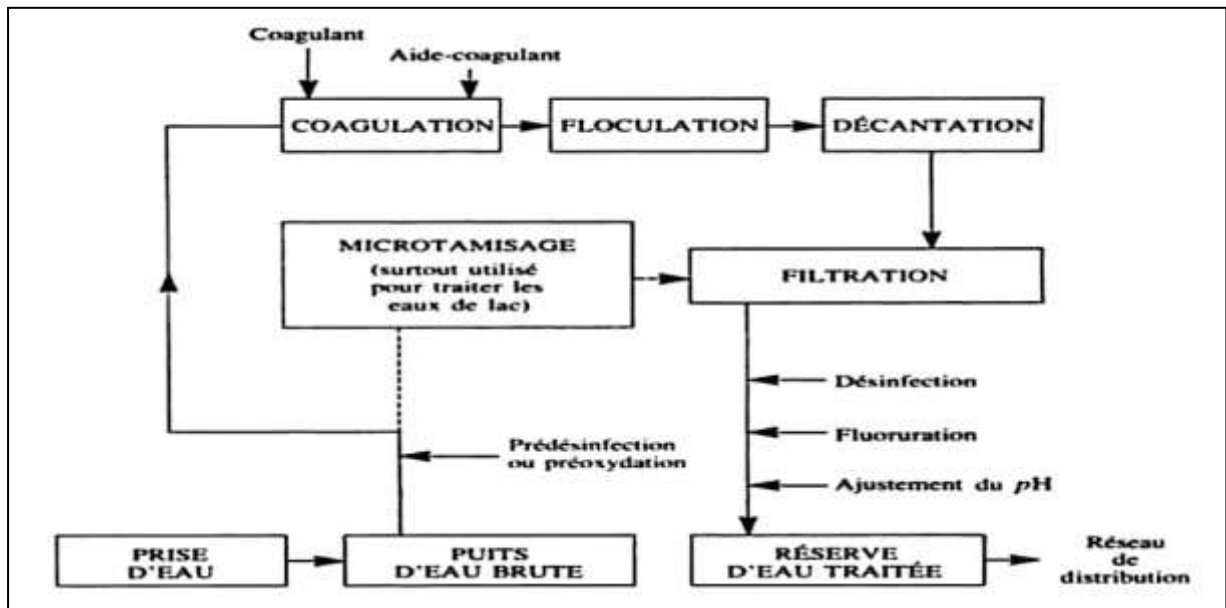


Figure II.2 : Etapes et unités de traitement d'une eau de surface (Desjardins, 1997)

Deuxième partie



Synthèse bibliographique



Chapitre III



Présentation de la zone d'étude



III.1. Description du barrage de TAKSEBT

Le barrage de TAKSEBT (figure III.1) parfois taqsebt est un grand barrage hydraulique de type remblai, il mesure 76 mètres de haut, 515 mètres de longueur de crête, retient un volume de 18 m³ d'eau, sur la rivière de thakhoukht, et son prolongement, l'oued aissi, entre Ait Irathen et Ait aissi dans la wilaya de Tizi-Ouzou, affluent de Sebaou, à environ 7 km au sud-est de la ville de Tizi-Ouzou et 100 km à l'est de la ville d'Alger.

Le barrage de taksebt qui s'étend sur une surface de 550 ha, a nécessité un investissement de 540 millions d'euro et a été inauguré le 28 novembre 2002 officiellement mis en service le 5 juillet 2007. Il est alimenté par les eaux de pluie et des eaux souterraines. Il comprend une station de traitement, une station de pompage, des tunnels dont une canalisation de 95 km pour permettre le transfert de 180 millions m³ par an.

La retenue créée par le barrage a une capacité de 175 millions de m³ permettant une régularisation de 180 millions de m³ destinée à l'alimentation en eau potable et répartie comme suit :

- 173 000 m³/jour pour Tizi-Ouzou
- 60 000m³/jour pour Boumerdes
- 235 000m³/jour pour Alger



Figure III.1: Image satellitaire du barrage de Taksbet (Google Earth)

III.2. Présentation de la station de potabilisation du barrage de Taksebt

La station de TAKSEBT est mise en service en mai 2007, se situe à environ 8 km du barrage, elle occupe une superficie de 34 hectares. La fourniture est effectuée par le barrage après avoir traversé un système de dégrillage pour retirer les objets volumineux puis pompé par 6 pompes dont deux servent de secours en cas de panne, et acheminée vers la station de traitements.

III.2.1. Capacité de la station

La production nominale de la station de traitement est de 605 000 m³/j (7000 l/s) basée sur un approvisionnement en eau brute de 616 000 m³/j, prenant en compte un débit recyclé de 5% du débit d'eau brute (Tableau III.1).

Tableau III.1: Caractéristiques de la station de traitement de TAKSEBT

Caractéristiques	Capacités
Débit d'eau brute	616 000 m ³ /j
Volumes des boues extraites des clarificateurs	7400 m ³ /j
Volumes des boues extraites des filtres	3600 m ³ /j
Production d'eau traitée	605 000 m ³ /j

Cette station est destinée à alimenter en eau potable les villes suivantes : FREHA, AZAZGA, DRAA-BEN-KHEDDA, centre wilaya Tizi-Ouzou et Alger. L'acheminement se fait par gravité de la station d'épuration au réservoir d'eau traité DBK, où l'eau continue ensuite par des canalisations en fonte et tunnels jusqu'au réservoir de BOUDOUAOU. Pendant tout le processus de transfert, des picages seront opérés pour approvisionner les villes de tizi-ouzou et DBK (figure III.2)

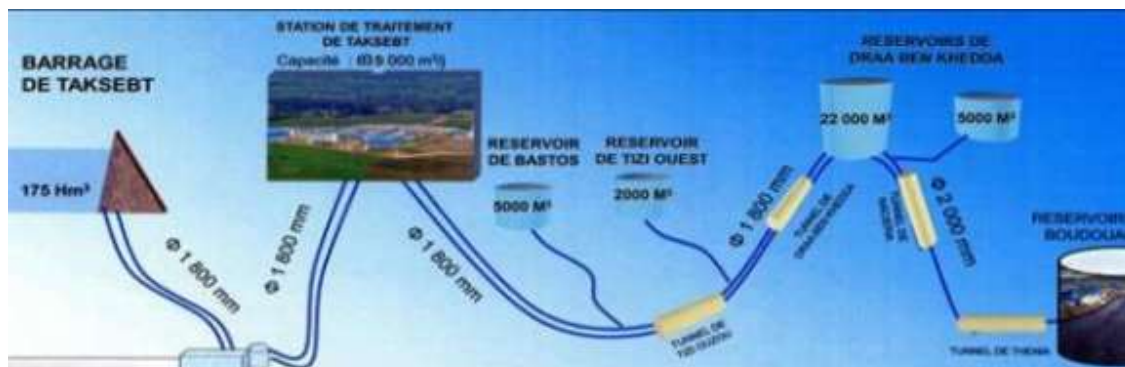


Figure III.2: Transfert d'eau Taksebt-Alger

III.2.2 Présentation du laboratoire d'analyse

Tous les laboratoires partagent certains équipements, principalement du matériel de laboratoire, de la verrerie et du matériel de caractérisation.

Le laboratoire où nous avons travaillé contient :

- Salle physico-chimie
- Salle bactériologie
- Une hotte de laboratoire où les produits chimiques toxiques et dangereux peuvent être manipulés sans risque.
- Des éviers pour se laver les mains.
- Un extincteur y est installé, pour aider à éteindre un feu. Il y a également un dispositif pour se rincer les yeux et une douche au cas où les produits chimiques couleraient sur les vêtements, la peau ou les yeux.
- Des divers matériels : distillateurs de l'eau, étuves, incubateurs, balances, agitateurs, verrerie de mesure, turbidimètre, spectrophotomètre... etc.

En annexe du laboratoire, il y a un magasin où les produits chimiques secs et humides sont stockés et où l'on prépare tous les réactifs comme acides, bases, solutions titrées et d'où on distribue la verrerie, le petit matériel et les équipements de protection individuelle du personnel.

On trouve aussi les employés qui veillent au bon fonctionnement des systèmes de production d'eau

III.3.Chaine de traitement

L'eau du barrage TAKSEBT est pompée vers la station de traitement SEEAL, qui est composée de deux chaînes de traitement identiques. Cette eau passe au niveau de la station par plusieurs ouvrages avant d'arriver au réservoir de stockage, où elle subit un traitement passant par plusieurs étapes (figure III. 3).

La station de traitement comporte :

- Ouvrage d'arrivée (arrivée de l'eau brute)
- Chambre de mélange (appartient à l'ouvrage d'arrivée)
- 02 filières de traitement comprenant 4 décanteurs et 12 filtres chacune
- 01 réservoir de capacités de 38000 m³

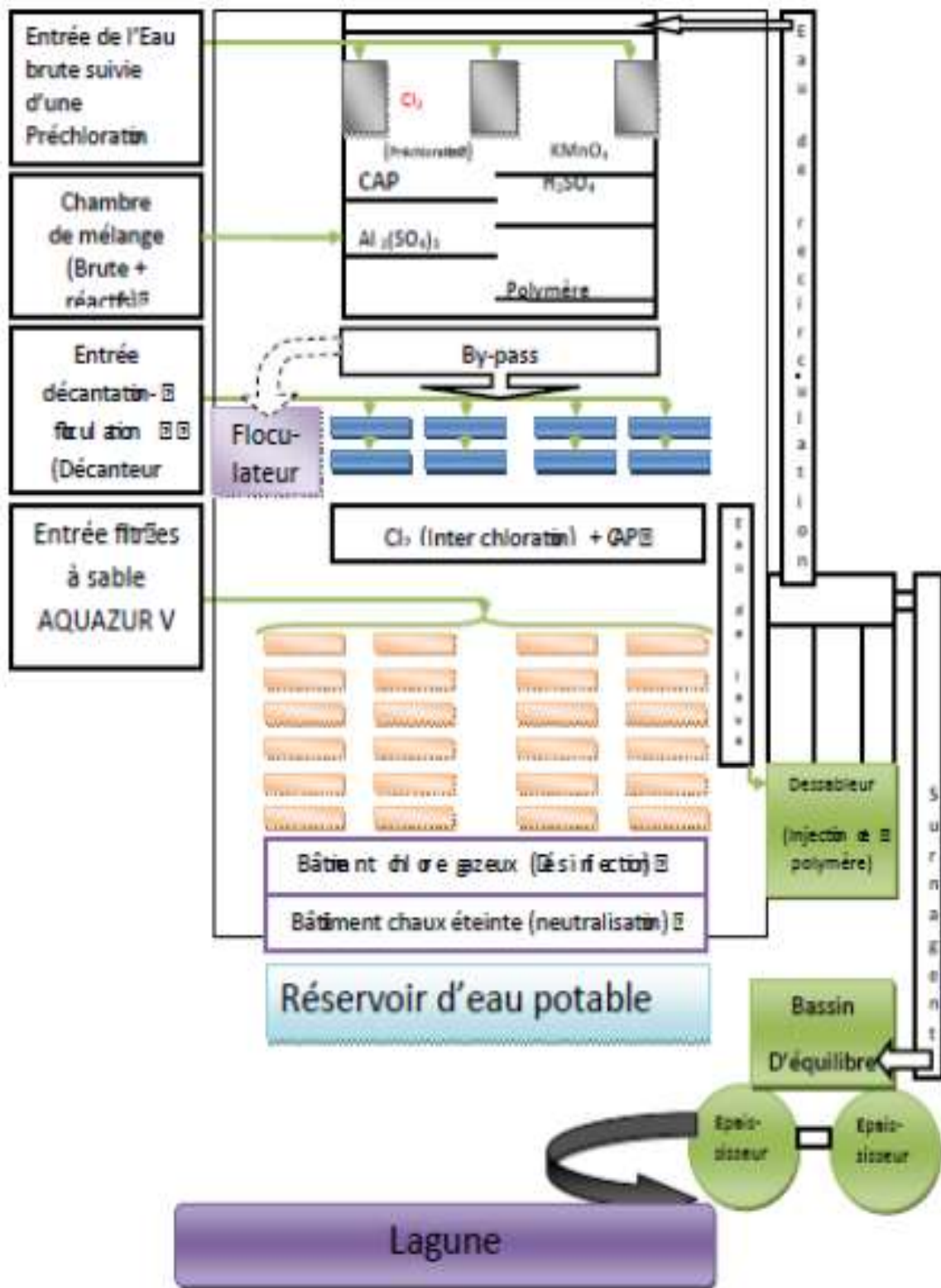


Figure III.3 : Schéma général du fonctionnement de la station du traitement des eaux TAKSEBT

III.3.1. Ouvrage d'entrée : dissipation, mélange et répartition

L'eau brute qui est acheminée arrive avec un débit de 616 000 m³/j dans cette chambre (figure III.4) appelée chambre de dissipation qui sert à tranquilliser son débit et assurer une bonne aération en cas d'une pré-chloration (Cl₂).

L'eau brute passe ensuite à travers la chambre de mélange (figure III.5), cette chambre possède un volume de 450 m³.

Cet ouvrage assure un temps de contact suffisant pour que le mélange des réactifs soit homogène, il est muni de chicane afin d'éviter les écoulements préférentiels. Ce mélange est réalisé dans les trois déversoirs.

Certaines caractéristiques de l'eau brute (chlore, conductivité, pH et turbidité) sont mesurées en permanence.



Figure III.4: Chambre de dissipation



Figure III.5: Chambre de mélange

A : Déversoir d'arrivée d'eau

B : Analyseurs de turbidité, conductivité, conductivité et pH

C : Mesure de niveau ultrasonique

Les réactifs sont injectés dans le sens flux dans la chambre de mélange (à part le chlore dans la chambre dissipation) en remplissant les fonctions suivantes :

A).Injection du chlore (pré-chloration)

- Limiter la présence d'organismes vivants : tels que les algues, les bactéries et les planctons, susceptibles de proliférer dans les filières de traitement.
- L'oxydation d'une partie de fer et de manganèse
- La diminution du seuil de goût et l'amélioration de la décoloration de l'eau. (Figure III.6)

B). Injection du permanganate de potassium

- Limiter la présence de manganèse
- Améliorer la qualité organoleptique de l'eau. (Figure III.7)

C).Injection du charbon actif en poudre

- La rétention des micropolluants (origine organique)
- Contrôle du goût et des odeurs

Le cap est livré sous forme big bag et doit se faire séparément avec l'injection du chlore, car le chlore s'adsorbe sur le CAP (Figure III.8)

D). Injection de sulfate d'alumine

- Coagulant pour faciliter la clarification dans les décanteurs. (Figure III.9)

E). Injection d'acide sulfurique

- Diminuer le pH pour optimiser la coagulation

Le taux de H_2SO_4 injecté est déterminé par le jar test. (Figure III.10)

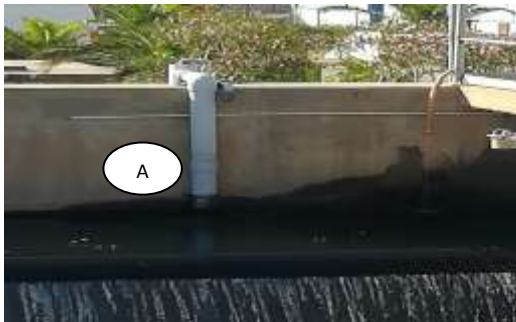


Figure III.6: Injection de Cl_2



Figure III.7: Injection de $KMnO_4$

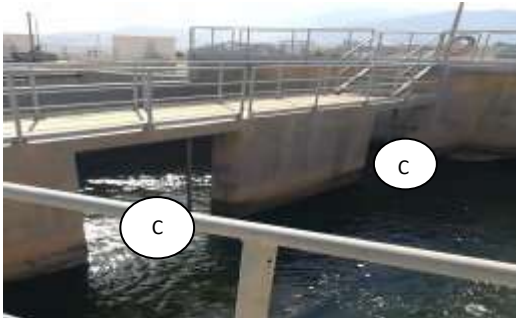


Figure III.8: Injection de CAP



Figure III.9: Injection de $Al_2(SO_4)_3$



Figure III.10: Injection de H_2SO_4

Ensuite, a la sortie de la chambre de mélange l'eau se dirige soit :

- Vers les canaux de by-pass (1 canal pour chaque filière) si la qualité de cette eau est faiblement chargée et elle ne nécessite pas une décantation, pour atteindre les critères de qualité d'eau traitée. Le débit est mesuré au passage dans un canal de mesure de type Parshall (figure III.11). Du polymère est injecté par une rampe avec deux points d'injection qui peuvent être isolées par une vanne manuelle, le mélange de celui-ci et la formation des floccs sont améliorés par le passage dans deux flocculateurs successifs (figure III.12) (la floculation).
- Vers les décanteurs (2 filières de 4 décanteurs chacune).



Figure III.11: Canal Parshall



Figure III.12: Flocculateurs

III.3.2. Décantation

L'eau est répartie dans les décanteurs lamellaires à lits de boue appelés Pulsa-tube (figure III.13) depuis le canal de répartition, se situant à la sortie de la chambre de mélange ; dont le débit maximal théorique unitaire est de 4500 m³/h. Du polymère est injecté à l'entrée de chacun des décanteurs, qui permet la concentration des MES en floccs plus facilement décantés. L'objectif de la décantation est de séparer les particules flocculées de l'eau clarifiée. Les particules colloïdales ne peuvent être décantées efficacement que si elles entrent en contact entre elles pour former des floccs de plus grande taille. Une partie des MES décantée est conservée en fond d'ouvrage formant un lit de boues qui occupe un volume apparent variable selon sa densité et la vitesse de l'eau.

Injection possible de chlore après les clarificateurs (inter-chloration) pour le contrôle biologique.

L'eau clarifiée, située près de la surface est dirigée vers les filtres.



Figure III.13: Décanteurs (Pulsatub)

III.3.3. Filtration

La filtration est le processus qui vient juste après la décantation. L'eau venant des décanteurs ou flocculateurs passe par gravité à travers des filtres à sable qui fonctionnent en alternance par groupe de 12 (filtres de type AQUAZURE V) (figure III.14) afin d'éliminer toutes les MES présentes dans l'eau décantée et certaines bactéries. L'eau est ensuite filtrée par gravité à travers la couche de sable puis collectée par des bosselures traversant la dalle planchée qui supporte les matériaux filtrants. L'eau est ensuite dirigée vers le canal d'eau filtrée.

Le lavage des filtres se fait à l'eau et à l'air, à contre-courant en inversant le sens d'écoulement de l'eau, c'est à-dire de bas en haut en se servant d'eau filtrée provenant du deuxième filtre. L'eau de lavage, étant chargée, est collectée puis dirigée vers le bassin d'équilibre et la filière de traitement des boues.



Figure III.14: Filtres AQUAZUR V

III.3.4. Désinfection et stockage de l'eau traitée

L'eau du canal d'eau filtrée de chaque filière est dirigée vers les cuves de contact où la désinfection finale de l'eau traitée est faite, après injection de chlore (post chloration) (figure III.15) qui est le réactif le plus utilisé pour assurer la désinfection grâce à sa grande efficacité à l'état de traces.

La dose du chlore à injecter est déterminé par le test « demande en chlore » afin d'assurer un taux de chlore résiduel entre 0.2 à 0.6 mg/l

Après cette opération, l'eau chlorée débouche dans la cuve de contact qui permet :

- Un temps de contact suffisamment long.
- Un flux piston : la dose de chlore initiale est appliqué dans la zone où le nombre d'organismes à éliminer est le plus important.
- Un flux homogène, sans zone morte ni court-circuit

La sortie des cuves de contact, vers les réservoirs d'eau traitée, se fait par-dessus un déversoir. Par conséquent, le niveau d'eau dans les cuves de contact en service est quasiment constant. Le lait de chaux est injecté au dessus du déversoir.



Figure III.15: Post chloration

III.3.5. Réservoir d'eau traitée et chambre de sortie

Les réservoirs d'eau traitée jouent le rôle de bassin de stockage, permettant de conserver une réserve de production de 1,5 heure au débit nominal de production (605 000 m³/j). Les réservoirs débouchent dans une chambre de sortie.

La chambre de sortie assure la distribution de l'eau vers les conduites de sortie d'eau traitée. Les pompes d'eau de service, ainsi que les pompes de dilution de chaux sont alimentées depuis cette chambre.

III.3.6. Traitement de boues

A) Dessableurs

Les dessableurs (figure III.16) reçoivent l'eau de lavage des filtres qui passent d'abord à travers deux pièges à sable où le sable du filtre est retenu, éventuellement emporté pendant le processus de lavage, puis pompé vers le réservoir d'équilibre (figure III.16). Le polymère anionique est injecté pour lui permettre de décanter, ce qui donne des boues qui se décantent au fond de l'ouvrage. Ils sont ensuite extraits et pompés vers un réservoir d'équilibre. D'autre part, le surnageant (eau propre) est collecté et recyclé dans la chambre dissipation en tête de station.



Figure III.16 : Dessableurs (bâche à eau)

B) Epaisseurs et lagunage

Les boues des décanteurs sont mélangées à celles du traitement des eaux de lavage des filtres dans le bassin d'équilibre qui permet d'uniformiser le débit à acheminer vers les épaisseurs (figure III.17). Les boues y sont maintenues en suspension par agitation mécanique, elles sont ensuite pompées dans le répartiteur où s'effectue l'injection du polymère, puis dirigées vers les épaisseurs circulaires, où un temps de séjour suffisamment long, et une agitation suffisamment faible, permettent le passage des boues en fond d'ouvrage et la séparation de l'eau en surface (surnageant). Un raclage de fond rotatif transporte les boues épaissies vers la fosse centrale, d'où elles sont extraites. Elles sont finalement pompées vers les lagunes (Figure III.18) de stockage ou elles vont sécher naturellement et le surnageant est évacué vers le trop plein.

**Figure III.17 : Epaisseurs****Figure III.18 : Lagune****III.3.7. Qualité de l'eau à la sortie de la station :**

La station de traitement est conçue pour pouvoir assurer une alimentation fiable et continue en eau potable, exempte d'organismes pathogènes.

Dans les conditions de qualité de l'eau contractuelles et d'une exploitation normale, la qualité finale de l'eau après traitement doit être conforme aux normes. (**Notice général d'exploitation destinée aux personnels de maîtrise : Station de traitement des eaux Taksebt, 2008**).

Chapitre IV



Matériel et méthodes



Notre étude expérimentale s'est déroulée de juin à juillet 2022. Les différentes analyses ont été effectuées dans le laboratoire de la station de traitement des eaux Taksebt.

Le but de cette étude consiste à déterminer la qualité de l'eau brute et traitée du barrage de TAKSEBT par réalisation de différentes analyses organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques et leur comparaison aux normes de potabilité.

IV.1. Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matière en suspension, etc.) (Rodier *et coll*, 2009).

Le prélèvement dans la STE Taksebt s'effectue à partir des robinets, qui se trouvent dans le laboratoire d'analyse, ouvert 24h/24h pour ne pas modifier les paramètres organoleptiques, physico chimiques et bactériologiques de l'eau.

IV.2. Analyse organoleptiques et physico-chimique

IV.2.1. Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques

IV.2.1.1. Matériel de prélèvement

Les échantillons sont recueillis dans des flacons en verre borosilicates, soumis à un nettoyage régulier après chaque utilisation et ce, avec de l'eau distillée.

IV.2.1.2. Mode de prélèvement

Pour l'analyse de l'eau de barrage en laboratoire, il est indispensable de faire couler l'eau pas moins de 10 minutes avant le prélèvement.

Au moment de la prise de l'échantillon, les flacons seront de nouveaux rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord et bouchés de telle façon qu'il n'y ait aucun contact avec l'air en évitant toute éjection au cours de l'analyse.

IV.2.2. Matériel et méthodes d'analyses

Le matériel et les méthodes utilisés pour doser les paramètres organoleptiques et physicochimiques sont représentés dans le tableau IV.1 et les points au dessus :

Tableau IV.1: Matériels et méthodes utilisés pour le dosage des différents paramètres physicochimiques au niveau de la STE Taksebt.

Paramètres mesurés	Méthode	Appareillage	Autre matériel
pH	Potentiométrie	pH- mètre WTW inoLab pH	-Béchers
Conductivité Température	Electrochimique	Conductimètre WTW inoLab Terminal-740	
Oxygène dissous		Oxymètre VWR OX 4000 L	
Turbidité	Spectrométrie d'absorption	Turbidimètre HACH 2100N	-Béchers -Cuvette de verre incolore de 25 ml
Chlore	Spectrophotométrie	Spectrophotomètre HACH LANGE DR 6000	-Béchers -Fioles jaugées -Pipette graduées -Cuve de spectrophotomètre en verre graduées -Cuve en quartz
Couleur			
UV			
Aluminium			
Ammonium			
Sulfate			
Nitrates			
Nitrites			
Ortho-phosphates			
Fer			
Manganèse			
TH	Volumétrie	/	-Burettes -Erlenmeyers -Pipettes -Béchers -Eprouvettes -Hotte -Pissettes d'eau distillée -Flacons pour les réactifs - Compte-gouttes
TA, TAC			
Chlorures			
CO ₂ libre			
Matières organique			
MES	Filtration sur fibre de verre	Rampe de filtration	-Béchers -Filtre
Résidu sec	Résidus sec à 105°C	Etuve ou bien un incubateur	-Capsule -Balance de précision

a) Potentiométrie

La potentiométrie est une technique d'analyse électrochimique qui permet de relier une mesure de potentiel d'électrode à une activité d'espèce en solution. L'électrode correspondante est appelée électrode indicatrice. L'électrode indicatrice (de potentiel E_{ind}),

choisie en fonction de la nature du soluté à déterminer, est incluse dans une chaîne galvanique comportant une électrode de référence (de potentiel E_{ref}) et un ou deux électrolytes. Selon qu'il y a un ou deux électrolytes.

b) Spectrophotométrie d'absorption moléculaire (colorimétrie)

La colorimétrie est basée sur l'étude de solutions colorées à l'aide des appareils de mesure optique tels que le spectrophotomètre, réfractomètre...

Lorsqu'un faisceau lumineux de longueur d'onde donnée traverse une solution colorée, une fraction de la lumière incidente est absorbée en fonction de la concentration du composé coloré.

La méthode spectrophotométrie d'absorption de la lumière utilise la loi de Beer-Lambert, cette loi établie la relation existante entre la concentration de la solution colorée et l'intensité I_0 du faisceau lumineux qui passe à travers cette substance colorée, cette loi est exprimée par la relation suivante :

$$\text{Log}(I_0/I) = E.l.C$$

I: intensité de la lumière transmise.

I_0 : intensité de la lumière incidente.

C: concentration de la substance colorée (mol/l).

l: longueur de cuve traversée par la lumière (cm).

E: coefficient d'extinction ($\text{l.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$).

Le rapport $T=I_0/I$ est dit transparence, la longueur $A = \text{Log}(I_0/I)$ est dit absorbance ou densité optique. Cette loi ne peut être rigoureuse que si le rayonnement utilisé est monochromatique.

c) Volumétrie

Les méthodes volumétriques consistent à faire réagir des quantités équivalentes de deux réactifs contenus dans des volumes bien déterminés. La réaction entre les deux réactifs doit être totale.

L'un des réactifs est ajouté au deuxième par petites quantités jusqu'à la transformation (neutralisation) de ce dernier, la fin de la réaction est reconnue par le visage de l'indicateur coloré (point équivalent).

Soient n_1v_1 le titre et le volume du premier réactif et n_2v_2 le titre et le volume du deuxième réactif.

Au point équivalent on a : $C_1V_1 = C_2V_2$

C_1V_1 : quantité de matière du réactif (1).

C_2V_2 : quantité de matière du réactif (2).

IV.2.3. Paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement.

IV.2.3.1. L'odeur

❖ Principe

L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.

IV.2.3.2. Seuil de gout

❖ Principe

La saveur de l'eau est due à de nombreuses molécules et ne révèle pas si l'eau est polluée ou non mais c'est l'une des principales préoccupations, formulées par les utilisateurs à l'égard de l'eau est fournie.

La mesure est basée sur la finesse du sens gustatif de l'opérateur. L'eau est diluée avec une eau sans gout « eau de référence ».

❖ Mode opératoire

La saveur est décelée par dégustation qui exige de rincer la bouche avec de l'eau distillée avant chaque dégustation en commençant par les dilutions les plus grandes jusqu'à l'apparition du gout

- On fait diluer l'eau traitée de la station à une eau de référence « Lalla Khedidja », à des différents volumes (Tableau IV.2).

Tableau IV.2 : dilution effectuer pour le teste de goût

Bécher	Eau traitée (ml)	Eau de référence (ml)	Seuil
A	100	0	1
B	66,6	34,4	1,5
C	50	50	2
D	33,3	66,7	3
E	20	80	5
F	14,2	85,8	7
G	7	93	10
H	0	100	15

❖ Expression des résultats

Le seuil de gout (Sg) est évalué à :

- Conforme.
- Non conforme.

$$Sg = \sqrt[n]{x_1 x_2 x_3 \dots x_n}$$

n: représente le nombre de gouteur.

x: représente les seuils.

IV.2.3.3. La couleur

❖ Principe

Il existe deux mesures de la couleur, la couleur vraie et la couleur apparente :

- La couleur apparente est la mesure de la couleur d'une eau qui n'a subi aucun* traitement (filtration ou centrifugation).
- La couleur vraie est la mesure de la couleur d'une eau non turbide. Pour effectuer cette mesure, il est nécessaire d'effectuer une centrifugation pour enlever les matières en suspension.

❖ Mode opératoire

Pour effectuer la mesure spectrophotométrique on doit :

- Appuyer sur programme enregistré et sélectionner le programme d'analyse.
- Mettre le zéro avec de l'eau distillée (appuyer sur Zéro).
- Mettre les échantillons dans la cellule (la cuve) et l'introduire dans le compartiment spécifique de l'appareil, puis appuyer sur Mesurer et la valeur est affichée sur l'écran en Hazen.

IV.2.3.4. Mesure de la turbidité

❖ Principe

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute. Le principe consiste à comparer entre la lumière diffuse et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine (étalon). L'appareil employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée. Sa mesure permet de préciser les informations visuelles sur l'eau.

❖ Mode opératoire

- Remplir la cuvette de mesure propre et bien essuyée avec du papier hygiénique, contenant l'échantillon à analyser bien homogénéisé, il est recommandé d'effectuer la mesure plus rapide que possible après le prélèvement. En raison des caractéristiques propres aux MES, fermer bien le couvercle et s'assurer de l'absence des bulles d'air avant la mesure, placer la cuvette dans l'appareil.
- Cliquer sur Enter et noter la première valeur affichée qui est obtenue directement en NTU.

IV.2.4. Paramètres physico-chimique

IV.2.4.1. Mesure de pH

❖ Principe

La mesure électro-métrique du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution. Cette différence de potentiel est une fonction linéaire du pH de la solution.

❖ Produits utilisés

- Réactifs : tampon pH=10, pH=7 et pH=4.

❖ Mode opératoire

- Vérifier le pH-mètre avec une solution tampon pH=7.
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée.
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser dans un bécher.
- Immerger l'électrode dans l'échantillon.
- Procéder à une faible agitation.
- Laisser stabiliser, puis faire la lecture.
- Noter la valeur trouvée.

IV.2.4.2. Mesure de la conductivité électrique**❖ Principe**

La conductivité d'une solution est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) de 1 cm² de surface maintenues en parallèles et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m), elle s'exprime généralement micro siemens par centimètre (μS/cm).

❖ Mode opératoire

- Etalonner le conductimètre.
- Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.
- Plonger la sonde dans l'échantillon.
- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture, le résultat obtenu est exprimé en « μS/cm ».

IV.2.4.3. Mesure de la température**❖ Principe**

La température de l'eau est mesurée à l'aide du conductimètre. Après introduction de la sonde de l'appareil dans l'échantillon, la température de ce dernier s'affiche directement sur l'écran de l'appareil, en plus de la conductivité. Elle est donnée en °C.

IV.2.4.4. L'oxygène dissout**❖ Principe**

Les deux électrodes du capteur, en contact avec un électrolyte, sont séparées du milieu à étudier par une membrane sélective, perméable au dioxygène. Ce dernier, en traversant la membrane, réduit la cathode, des ions métalliques passent alors de la solution à l'anode. Ces réactions d'oxydoréduction créent une tension entre les deux électrodes. Le courant produit est proportionnel à la pression partielle en dioxygène dans l'échantillon.

❖ Mode opératoire

- Remplir les béchers avec de l'eau à analyser (prélever).
- Immerger la sonde dans l'échantillon.
- la valeur sera affiché en mg/l sur l'appareil, une fois atteindre la stabilité de cette dernière, la noter.

IV.2.4.5. Mesure du chlore libre (Cl₂)**❖ Principe**

Le chlore présent dans l'échantillon sous la forme d'acide hypochloreux ou d'ion hypochlorite (chlore libre ou disponible) réagit immédiatement avec l'indicateur : la DPD (N,Ndiéthyl-p-phénylènediamine), pour produire une coloration rose proportionnelle à la concentration en chlore. La lecture est obtenue à 530 nm.

❖ Produits

- Ampoules Accu Vac (DPD 1).

❖ Mode opératoire

- Appuyer sur programmes enregistrés.
- Sélectionner le programme d'analyse.
- Préparer le blanc : remplir la cellule (10ml) avec l'échantillon (eau traitée).
- Essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de cuve.
- Appuyer sur «zéro», indication sur l'écran 0.00 mg / Cl₂.
- Remplir la cellule avec les différents échantillons, et introduire le contenu des Ampoules DPD 1.
- Agiter la cellule pendant 20 sec pour homogénéiser l'échantillon.
- Une coloration rose apparaîtra en présence du chlore libre.
- Essuyer l'extérieure de l'échantillon et l'introduire dans le compartiment de cuve en appuyant sur «mesurer».
- Les résultats sont indiqués en mg /l Cl₂.

IV.2.4.6. Mesure de l'UV (Absorbance à 254 nm)**❖ Principe**

La mesure de l'absorbance à 254 nm est un indice caractéristique des substances possédant une ou plusieurs doubles liaisons (carboxyliques, benzéniques...).La mesure peut nous renseigner sur le contenu organique d'une eau, notamment la fonction aromatique. L'absorbance (densité optique) lue sur un spectrophotomètre peut permettre une estimation de la teneur en substances humiques d'une eu naturelle (une eau de surface).

❖ Mode opératoire

- Sélectionner « longueur d'onde unique » sur le menu principal de cet appareil.
- Remplir la cellule propre (cuve en quartz) et bien essuyée avec du papier hygiénique avec de l'eau distillée pour le zéro.

- Puis la remplir avec les échantillons à analyser, en appuyant sur mesurer.
- Les valeurs seront affichées sur l'écran.

IV.2.4.7. Mesure des résidus sec à 105°C

❖ Principe

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau.

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché et en suite pesé.

❖ Expression des résultats

$$Rs = \frac{(M1 - M0) \times 1000}{V}$$

M₀ : La masse de la capsule vide (ml).

M₁ : La masse de la capsule et de son contenu après étuvage à 105°C (mg).

V : volume de la prise d'essai (ml).

❖ Mode opératoire

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 50 ml d'eau à analyser dans un bécher et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 4 heures.
- Laisser refroidir pendant 15 minutes au dessiccateur.
- Peser immédiatement la capsule.

IV.2.4.8. Mesure de matière en suspension à 105°C

❖ Principe

Vaporisation de l'échantillon à une température de 105°C pendant 2 heures, la détermination des MES se fait par la pesée différentielle (l'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle).

- Des eaux non chargées en MES : on utilise des filtres pour la filtration.
- Les eaux chargées en MES, on utilise directement les échantillons dans les capsules.

❖ Mode opératoire

- Dans les eaux d'une concentration faible en MES, on utilise la méthode de filtration.
- Rincer le filtre avec l'eau distillée.
- Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
- Faire sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Réaliser la pesée sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable.

- Placer le filtre dans la rampe de filtration.
- La prise d'essai est 100ml, verser l'eau à analyser dans l'un des entonnoirs de la rampe jusqu'à la graduation désirée (100ml).
- Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression (la pompe), jusqu'à filtration complète, éteindre la pompe.
- Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 105° pendant 2 heures.
- Le mettre dans le dessiccateur pendant 15 minutes, jusqu'à refroidissement total.
- Refaire la pesée.

❖ Expression des résultats

La teneur de l'eau en MES est donnée par l'expression :

$$\text{MES (mg /l)} = \frac{P_1 - P_0}{V \times 1000}$$

P₁: Poids du filtre après filtration (mg).

P₀: Poids du filtre avant utilisation (mg).

V: Volume d'eau utilisée (ml).

IV.2.4.9. Dosage de sulfate (SO₄²⁻)

❖ Principe

Les ions sulfates de l'échantillon réagissent avec le baryum du Sulfa Ver 4 pour former un précipité de sulfate de baryum. L'intensité de la turbidité est proportionnelle à la concentration en sulfate.

❖ Réactifs et matériel

- Pochettes HACH de Sulf over.

❖ Mode opératoire

- La prise d'essai : 10 ml.
- Transférer le contenu des pochettes de réactif dans la cuve contenant l'échantillon.
- Agiter soigneusement, apparition de la couleur blanche en présence des sulfates et démarrer la minuterie (5 minutes temps de contact).
- Appuyer sur programme enregistré, sélectionner le programme d'analyse.
- Préparer le blanc (10 ml d'échantillon).
- Une fois atteindre les 5 minutes.
- Faire introduire dans le compartiment de cuve les échantillons, en commençant par le blanc (zéro), puis les autres échantillons + le QC en appuyant sur mesurer.
- La teneur en sulfate est affichée sur l'écran en mg/l.

IV.2.5. Paramètres indésirables

IV.2.5.1. Dosage de l'aluminium (Al)

❖ Principe

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

❖ Réactif

- Code bar.
- Réactif A (Ammonium acétate, méthanol, sodium acétate).
- Réactif B (Acide ascorbique, sodium thiosulfate).
- Solution d'aluminium standard (pour préparer le QC).
- Acide nitrique HNO_3 69°/° (prendre 1 volume d'eau distillé et ajouter lentement en agitant 2 volumes d'acide nitrique concentré).
- Tubes spéciaux pour l'aluminium (contenants des produits à l'intérieur).

❖ Mode opératoire

- Avant le dosage, une acidification des échantillons est nécessaire en ajoutant une goutte d'acide nitrique HNO_3 , le pH doit être compris entre 2,5 et 3,5.
- Dans les tubes spéciaux (LCK 301) ; on additionne à chacun des tubes 2ml du réactif A, puis une pincée du réactif B, en dernier on ajoute 3ml de chaque échantillon, boucher.
- Agiter soigneusement.
- Le temps de contact est de 25 min.
- Faire la lecture, en faisant passer les codes barres dans le spectrophomètre, commençant toujours par le zéro.
- La teneur en aluminium sera affichée sur l'écran en mg/l.

IV.2.5.2. Dosage de fer**❖ Principe**

Le fer ferreux réagit avec (indicateur) du réactif pour développer une coloration orange proportionnelle à la concentration de fer.

❖ Produits

- Pochettes HACH du fer over.
- Solution standard à 1 g/l (pour le QC).

❖ Mode opératoire

- Verser 10 ml de chaque échantillon dans les cellules (prise d'essai).
- Transférer le contenu des pochettes des deux réactifs.
- Agiter pour homogénéiser, une coloration rouge apparaîtra en présence du fer.
- Appuyer sur programme enregistré.
- Sélectionner le programme d'analyse (le fer).
- Laisser un temps de contact de 3 minutes.
- Remplir la cuve avec l'échantillon sans réactifs jusqu'au trait de 10 ml (le blanc).
- Après les 3 minutes, essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de cuve, appuyé sur zéro.
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon à analyser et l'introduire dans le compartiment de cuve. Appuyer sur mesurer (même procédure pour d'autres échantillons + QC).
- Les teneurs en Fe sont indiquées en mg/l.

IV.2.5.3. Dosage de manganèse (Mn^{2+})

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

❖ Réactif

- Solution d'acide nitrique (69% de pureté).
- Nitrate de mercure (2) (0.1 N).
- Nitrate d'argent (100 g/l).
- Acide phosphorique à 85%.
- Solution de persulfate d'ammonium à 10%.
- Solution étalons : - Solution mère 1 g/l de Mn^{2+} .
- Solution fille à 10 g/l.

❖ Mode opératoire

- Prélever 100 ml de chaque échantillon.
- Le déverser dans l'erenmeyer.
- Ajouter 5 ml d'acide nitrique (HNO_3).
- Ajouter 5 ml de nitrate de mercure (2).
- Agiter soigneusement.
- Ajouter 0.5 ml de nitrate d'argent.
- Placer sur la plaque chauffante à l'ébullition durant environ 5 minutes.
- Ajouter 1 ml d'acide phosphorique à 85%.
- Puis ajouter 10 ml de persulfate d'ammonium.
- Sur plaque chauffante pendant 10 minutes.
- Laisser refroidir, faire la lecture.

IV.2.6. Paramètres de pollution

IV.2.6.1. Dosage des nitrites (NO_2^-)

❖ Principe

Les nitrites réagissent avec le sulfanilamide pour former un composé diazoïque après copulation avec N-1-Naphtyl éthylène diamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 540nm.

❖ Réactifs

Pour préparer le QC :

- Le réactif coloré (N-1-Naphtyl éthylène diamine dichloride).
- Solution étalon mère des nitrites 100 mg/l.
- Solution étalon fille de nitrites 1 mg/l.

❖ Mode opératoire

- La prise d'essai est de 40 ml (les échantillons à analyser).
- Ajouter à chaque échantillon 1ml du réactif coloré (100mg/l).
- Ajuster avec de l'eau distillée, jusqu'au trait de jauge (fiolle de 50 ml).
- Homogénéiser immédiatement, et laisser reposer 20 minutes.

- La détermination de la teneur en (NO_2^-) se fait comme suite :
- Allumer l'appareil.
- Appuyer sur « programme enregistré ».
- Introduire le numéro du programme (NO_2^-).
- Insérer la cuve avec le blanc « eau distillée », appuyer sur « Zéro ».
- Remplir la cuve avec l'échantillon à analyser, appuyer sur « mesurer ».
- La concentration est affichée sur l'écran en mg/l.

La lecture spectrophotométrique à la longueur d'onde 540 nm (le blanc c'est l'échantillon lui-même).

IV.2.6.2. Dosage des nitrates

❖ Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune.

❖ Mode opératoire

- Verser 15 ml des échantillons dans les cellules.
- Ajouter le premier de réactif (Nitriver 06).
- Agiter et laisser reposer 03min.
- Enlever 5 ml de cette solution et en rajoute 10 ml qui reste le deuxième réactif (Nitriver 03) puis agiter.
- Laisser laisser un temps de contact de 13 min.
- Sélectionner sur le spectrophotomètre « programme enregistré » puis sélectionner le numéro.
- Faire la lecture on faisant d'abord le blanc qui est l'échantillon lui-même pour lire «zéro» puis passer les échantillons.
- La teneur en nitrate s'affiche sur l'écran en mg/l.

IV.2.6.3. Dosage des ortho phosphates (PO_4^{3-})

❖ Principe

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu.

❖ Réactifs

- Solution standard (mère) à 50 mg/l (pour la préparation du QC).
- Solutions filles (pour la préparation du QC).
- Solution d'acide ascorbique 100 g/l.
- Solution heptamolybdate.

❖ Mode opératoire

- Prélever 40 ml de chaque échantillon + QC + le blanc (eau distillée), dans des fioles de 50 ml.
- Ajouter 1 ml de l'acide ascorbique à chaque fiole.

- Ajouter 2 ml de la solution heptamolydatate.
- Laisser un temps de contact de 30min.
- Obtention de la couleur verte.
- Appuyer sur programme enregistré, sélectionner le programme d'analyse.
- Faire la mesure en commençant par le blanc puis les autres échantillons et le QC.
- La teneur s'affiche en mg/l.

IV.2.6.4. Dosage d'ammonium (NH_4^+)

❖ Principe

Mesurage spectrométrique du composé bleu, formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite, en présence de nitroprussiate de sodium. Les ions hypochlorite sont générés par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichoroisocyanurate de sodium.

❖ Réactif

- Réactif coloré (réactif 01).
- Solution de dichloro-syanurate de sodium (réactif 02).
- Solution d'azote ammoniacal 1000 mg/l (pour préparer le QC).
- Solution d'azote ammoniacle 100 mg/l (pour préparer le QC).

❖ Mode opératoire

- Dans une fiole de 50 ml, on verse 40 ml d'échantillon à analyser.
- Ajouter 4 ml du réactif coloré.
- Ajouter 4 ml du réactif de la solution de chloro-cyanurate de sodium.
- Ajuster au trait de jauge (avec une pissette).
- Agiter vigoureusement afin d'homogénéiser.
- Laisser reposer pendant 60 minutes.
- Effectuer la lecture, en introduisant dans la cuve d'abord le blanc (eau distillée + additifs), appuyer sur « zéro », puis remplir la cuve par ordre avec les autres échantillons, appuyer sur « mesurer ».
- La teneur en ammonium s'affiche sur l'écran en mg/l.

IV.2.6.5. Dosage de matière organique

❖ Principe

Ce dosage consiste à déterminer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium (KMnO_4) par les matières organique d'origine animale ou végétale contenues dans l'eau.

❖ Réactif

- Acide sulfurique H_2SO_4 .
- Oxalate de sodium NaC_2O_4 .
- Permanganate de potassium KmnO_4 .

❖ **Mode opératoire**

- Prendre 100ml d'eau à analyser et 100ml de l'eau distillée.
- Ajouter 20ml d'acide sulfurique.
- Mélange biens les échantillons et portes a l'ébullition pendant 10min.
- Ajouter 20ml de permanganate de potassium.
- Ajouter 20ml d'oxalate de sodium, et attendre jusqu'à la solution se décolore.
- Titré avec (d'abords le blanc : l'eau distillé) jusqu'à apparition d'une coloration rose pale.

❖ **Expression des résultats**

Calculer l'indice de permanganate IMn exprimé en mg O₂/ l, à l'aide de l'expression suivante :

$$IMn = \frac{(V1 - V0)}{V2} \times f$$

V0 : est le volume en ml, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.

V1 : est le volume en ml, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de l'essai.

V2 : est le volume en ml, de la solution de permanganate consommé pour l'étalonnage.

f : est le facteur en mg/l, utilisé pour recalculer l'oxygène et pour tenir compte du volume d'échantillon utilisé ; f est calculé comme suit :

$$f = \frac{V4 \times C(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) \times M0 \times 1000}{1000 \times V5}$$

V4 est le volume, en millilitres, de la solution étalon d'oxalate de sodium consommé pour la détermination lors de l'étalonnage : V4 = 20 ml.

C(Na₂C₂O₄) est la concentration, en mmol/l par litre, de la solution étalon d'oxalate de sodium : C(Na₂C₂O₄) = 5 mmol/l.

1 000 (numérateur) est le coefficient correcteur pour exprimer C(Na₂C₂O₄) de mmol/l à mmol/ml.

MO est la masse molaire de l'oxygène, en milligrammes d'oxygène par mmol.

MO= 16.

V5 est le volume d'échantillon utilisé, en millilitres. V5 = 100 ml.

1 000 (dénominateur) est le coefficient correcteur pour exprimer le volume d'échantillon de millilitres à litres.

Compte tenu des valeurs ci-dessus : f = 16(ISO, 1994).

IV.2.7. Détermination de la minéralisation globale

IV.2.7.1. Dosage de l'alcalinité : titre alcalimétrique simple (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)

❖ **Principe**

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser, aux niveaux de pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser.

la première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), La seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

❖ Réactifs

- Indicateur coloré phénolphtaléine 0,5°/° alcool (pour le TA).
- Rouge de méthyle (TAC)
- Acide chlorhydrique N /10 (prendre 100ml de la solution titrisol et les mettre dans 1000ml d'eau distillée).
- Eau distillée exempte d'anhydride carbonique libre (ébullition à 15 minutes).

❖ Mode opératoire

TA :

- Introduire dans erlenmeyer 100 ml de chaque échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine.

Une coloration rose doit alors se développée, dans le cas contraire le TA est nul, ce qui se produit en générale pour les eaux naturelles dont le pH<8.3.

- Verser ensuite doucement l'acide dans l'erlen à l'aide d'une burette, en agitant constamment ; et ceci jusqu'à la décoloration complète de la solution (pH=8.3).

Soit V_0 le volume en ml d'acide utilisé pour obtenir le virage.

TAC :

- Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement s'il n'y a pas de coloration.
- Ajouter 2 gouttes de solution de rouge de méthyle.
- Tirer avec acide chlorhydrique. Jusqu'au changement de couleur. Assurer qu'une goutte d'acide en excès provoque le passage de la coloration du jaune orangé au rose orangé .Soit V_1 le volume en (ml) d'acide versé depuis le début du dosage.
- Retrancher de ce volume 0.5 ml quantité d'acide nécessaire pour le virage de bicarbonates.

❖ Expression des résultats

$$TA = \frac{(V1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates}}{V}$$

$$TAC = \frac{(V2 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates}}{V}$$

Avec :

V: le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.

V1 : le volume de la solution d'acide versé de la burette.

V2 : le volume d'acide.

N = la normalité de la solution d'acide.

- **NB :**

Masse molaire des bicarbonates = 61mg.

Masse molaire des carbonates = 60mg.

- Si l'eau contient des bicarbonates seulement donc :

TA = 0 et TAC = (HCO₃⁻) mg/l = V1×61.

- Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates donc :

TA = (CO₃²⁻) mg/l /2 et TAC = (HCO₃⁻) mg/l + 2TA.

IV.2.7.2. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

❖ Principe

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA) à un pH de 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium. Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

❖ Réactifs

- Solution d'EDTA (acide éthylène diamine tétra acétique) (C₁₀H₁₆N₂O₈).
- Solution tampon ammoniacale pH=10
- Indicateur coloré Net (mordant noir).
- La soude (NaOH) 2 N (8%).
- Réactif nurexide.

❖ Mode opératoire

- Introduire 50 ml de chaque échantillon à analyser dans des erlenmeyers.
- Ajouter 2 ml de la solution tampon pH=10.
- Ajouter 2 gouttes de l'indicateur Net, (coloration rose).
- Titrer avec l'EDTA, jusqu'à obtention d'une couleur bleu.

❖ Expression des résultats

La teneur globale en calcium et en magnésium, T ca + Mg, exprimée en milli mole par litre est donnée par l'équation :

$$T \text{ ca} + \text{Mg} = \frac{C1 \times V2}{V0}$$

Où

C1 : est la concentration en EDTA exprimée en m mole/l.

V0 : est le volume en ml de la prise d'essai.

V3 : est le volume en ml de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage.

IV.2.7.3. Dosage de la dureté calcique

❖ Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

❖ Mode opératoire

- Prélever 50 ml de chaque échantillon à analyser, ajouter 2 ml de la solution de la soude (NaOH) 2N, une pincée de murexide, apparition d'une coloration violette intense.
- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

❖ Expression des résultats

La teneur en calcium, exprimée en mg/l, est calculée avec l'équation :

$$TCa = \frac{C1 \times V1 \times A}{V0} \times fc \times 1000 \times F$$

Où :

C1 : concentration de la solution d'EDTA en mol/l, soit 0,01.

V0 : volume de la prise d'essai en ml, soit 50 ml.

V1 : volume de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage, en ml.

A : masse atomique du calcium (40,08g).

fc : facteur de correction (même que celui de la dureté totale).

F : facteur de dilution (Si une dilution de l'échantillon a été utilisée, en tenir compte dans le calcul en l'utilisant ; diluer les échantillons ayant une concentration supérieure à 100 mg/l de calcium).

IV.2.7.4. Dosage de la dureté magnésienne

❖ Principe

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, on calcule par différence entre eux.

❖ Expression des résultats

$$TMg^{2+} = (TH - TCa^{2+})$$

Avec :

- TH = Dureté totale.
- TCa^{2+} = Dureté calcique.
- TMg^{2+} = Dureté magnésienne.

IV.2.7.5. Dosage des chlorures

❖ Principe

Le dosage des chlorures est réalisé par titrage au nitrate d'argent (AgNO_3), en utilisant du dichromate de potassium (K_2CrO_4) comme indicateur. Les ions chlorures réagissent avec les ions d'argent pour former du chlorure d'argent (AgCl), insoluble qui précipite. Ce précipité réagit avec l'indicateur K_2CrO_2 pour former du chromate d'argent, brun rouge (Ag_2CrO_4). L'apparition de la coloration brun-rouge (virage) marque la fin du titrage.

❖ Réactifs

- Solution de chromate de potassium (K_2CrO_4) à 10% (indicateur coloré)
- Solution de nitrates d'argent (AgNO_3) à 0.01 N
- Solution de nitrates d'argent (AgNO_3) à 0.01 N

❖ Mode opératoire

- La prise d'essai est de 100 ml (V_a) (en prélevant à l'aide des éprouvettes).
- Ajouter 1 ml de la solution de chromate de potassium (10%), il se produit une couleur jaune.
- Titrer avec la solution de (AgNO_3) à 0.01 N, retourner lentement l'erlen a fin d'homogénéiser la solution, jusqu'à obtention de la coloration rouge brique.
- Noter.
- **NB :**

Commencer ce dosage en réalisant un essai à blanc (eau distillée) et noter le volume de nitrate d'argent versé V_b .

❖ Expression des résultats

La concentration en chlorures CCl , exprimée en mg/l, est donnée par la formule suivante :

$$\text{Ccl} = \frac{V_s - V_b \times C \times f}{V_a}$$

Où :

V_s : volume en ml de la solution de nitrate d'argent, utilisée pour le titrage de l'échantillon.

V_b : volume en ml de la solution de nitrate d'argent, utilisée pour le titrage du blanc.

V_a : volume en ml de l'échantillon.

C : concentration réelle exprimée en mol/l d' AgNO_3 , de la solution de nitrate d'argent.

f : est le facteur de conversation $f = 35453$ (masse molaire du Cl x 1000).

IV.3. Analyse bactériologique

IV.3.1. Echantillons destinés aux analyses bactériologiques

IV.3.1.1. Matériel de prélèvement

Pour les analyses bactériologiques, on utilise des flacons en verre qui devront être protégés de toutes contaminations et doivent être lavés, rincés à l'eau distillée puis stérilisés soit à l'autoclave à $121^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durant 15 mn, soit à sec (four pasteur) à $170^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durant 40 mn.

IV.3.1.2. Mode de prélèvement

L'échantillonnage doit être effectué de la manière la plus sûre possible, ce qui signifie qu'aucune bactérie ne doit être présente.

Avant l'échantillonnage, les étapes suivantes doivent être suivies :

- Se laver très soigneusement les mains et les avant-bras avec de l'alcool et sécher.
- Flamber le robinet en utilisant par exemple d'alcool.
- Ouvrez le robinet et laissez couler pendant 10 minutes avant de prélever.
- Gardez la flamme allumée à côté du robinet.
- Fermer immédiatement le flacon après avoir rempli.

IV.3.2. Matériel et méthodes d'analyses

Au niveau de la STE Taksebt, les germes recherchés, les milieux de culture utilisés ainsi que les méthodes, les temps et les températures d'incubation et matériel utilisé sont résumés dans le tableau IV.3 qui suit et les points au dessus:

Tableau IV.3 : Germes recherchés au niveau de la STE Taksebt.

Germe recherché	Volume d'eau filtrée	Milieu de culture	Conditions d'incubation	Appareillage	Matériel utilisé
Coliformes totaux	100 ml	Gélose CCA	24 h à 37°C	-Bain marie -Rampe de filtration -Incubateur	-Bec bunsen
E. coli	100 ml	Gélose CCA	24 h à 37°C		-Pince
Streptocoques fécaux	100 ml	Gélose Slanetz et Bartley	48 h à 37°C		-Filtres de $0,22 \mu\text{m}$ et $0,45 \mu\text{m}$
ASR	100ml	Gélose viande foie + additif :allun de fer et sulfite de sodium	24 et 48 h à 37°C		-Boite de pétrie 60 mm et 90 mm
Microorganismes revivifiables à 22°C	1ml	Gélose PCA ; TGEA ; Gélose nutritive	72 h à 22°C		-Flacons
Microorganismes revivifiables à 37°C	1ml	Gélose PCA ; TGEA ; Gélose nutritive	48 à 37°C		-Pipettes pasteur
					-Coton

a) Dénombrement sur membrane filtrante

La filtration sur membrane est une technique de numération adaptée pour numérer des bactéries présentes à des concentrations très faibles dans l'eau.

Le dénombrement est basé sur une filtration d'un volume donné d'échantillon. Les bactéries présentes dans l'échantillon à analyser sont retenues sur un filtre dont les pores sont inférieurs à la taille des bactéries (pore de 0,45µm). Le filtre qui a retenu les bactéries contenues dans l'eau, est ensuite déposé sur un milieu de culture gélosé et incubé à une température appropriée, puis les UFC sont comptées pour évaluer la qualité microbiologique d'une eau.

b) Dénombrement par incorporation en gélose

L'incorporation en gélose est une technique qui fait subir un choc thermique aux micro organismes au moment de l'incorporation de la gélose en surfusion. Elle consiste à la recherche et dénombrement de ces micro organismes dans les eaux destinées à la consommation humaine.

IV.3.3. Préparation de milieu de culture

Les milieux de culture utilisés en bactériologie, au niveau de la STE Taksebt, sont livrés « prêts à l'emploi », conditionnés dans des flacons en verre, à compléter ou non par des additifs. Ils sont stockés à l'abri de la lumière, de préférence dans des réfrigérateurs. Les milieux complets (avec additifs), coulés en boîtes de Pétri et conditionnés au laboratoire, se conservent une semaine.

On utilise un bain marie à une température de 100 °C pour faire fondre la gélose stérile, une fois fondue, maintenir le milieu à 45°C jusqu'à l'utilisation.

IV.3.4. Recherche et dénombrement des bactéries coliformes totaux et fécaux par la méthode de filtration sur membrane**❖ Principe**

Cette méthode consiste à rechercher et dénombrer des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes présents dans tout type des eaux, par comptage des colonies obtenues dans des filtres de 0,45µm.

❖ Mode opératoire

- stériliser l'entonnoir en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Les refroidir, avec l'eau à analyser.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane d'une 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 ml d'eau 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 d'une gélose préalablement préparée (CCA) et les incuber.

❖ Expression des résultats

Après la période d'incubation spécifiée, le nombre de coliformes par 100 ml est obtenu en comptant les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune orangé ou en jaune

IV.3.5. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux par filtration sur membrane**❖ Principe**

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux dans l'eau à travers une membrane filtrante, dans les eaux destinées à la consommation humaine par comptage des colonies obtenues.

❖ Mode opératoire

La technique de filtration est la même que celle de coliformes. Seulement le milieu de culture utilisé est slanetz et bartley.

Les milieux ont été incubés à 37°C pendant 48h.

❖ Expression des résultats

Après incubation, dénombrer toutes les colonies apparues qui présentent une coloration rouge, marron ou rose, soit en leur centre soit à leur périphérie. Considérer ses colonies comme streptocoques fécaux présumés.

La mesure est exprimée en UFC pour 100 ml d'eau.

IV.3.6. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables par incorporation**❖ Principe**

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des microorganismes (bactéries, moisissures, levures qui se développent en aérobiose) dans les eaux par comptage à 22° et 37°C.

❖ Mode opératoire

- Prélever 2ml d'eau à analyser à l'aide de la pipette pasteur, les introduire dans deux boîtes de pétries (1ml pour chaque boîte), numéroter, la date, l'échantillon et la température).
- Compléter en suite environ 15 à 20ml de la gélose, préalablement fondue puis refroidie à 45°C.
- Faire des mouvements circulaires en forme de 8, pour permettre l'inoculum de se mélanger à la gélose sur une surface fraîche et horizontale.
- Laisser solidifier les boîtes de pétries sur paille, les partagées en deux séries distinctes et les incuber.

❖ Expression des résultats

Pour le dénombrement de ses bactéries on tient compte uniquement des boîtes qui contiennent un nombre de colonies entre 30 et 300. Tous les résultats sont exprimés en UFC/ml.

IV.3.7. Recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réductrices par incorporation

❖ Principe

Cette méthode consiste en la recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices dans les eaux destinées à la consommation humaine par incorporation en gélose.

❖ Mode opératoire

- Stérilisation de la rampe de filtration à l'aide d'un bec bunsen.
- Mettre en place le filtre de porosité 0,22um (entre la membrane et l'entonnoir) à l'aide d'une pince stérile.
- Chauffer l'eau à analyser dans un bain marie à une température 100°C, pendant 15min, puis la refroidir dans l'eau froide (choc thermique) dans le but d'éliminer toutes formes végétatives.
- Verser ensuite 100ml de ces échantillons.
- actionner la pompe à vide, pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer le filtre et le transférer dans une boîte de pétrie, de façon à ce que la face quadrillée adhère au fond de la boîte en évitant les bulles d'air.
- Verser ensuite environ 18ml de la gélose + additifs, préalablement fondue et refroidie à 50 °C.
- Après solidification sur paillasse, cette boîte sera incubé.

❖ Expression des résultats

La première lecture doit être faite après 24h d'incubation, pour éviter la prolifération bactérienne. En présence d'un grand nombre de colonies, l'étalement du halo peut conduire à une coloration noire uniforme de la membrane, rendant impossible le comptage dans les 48 heures.

Toutes les colonies noires entourées d'un halo noir sont considérées comme le résultat de bactéries sulfito-réductrices anaérobies.

IV.4. Fréquence d'analyse

La fréquence d'analyse est différente selon les paramètres de qualité à évaluer, elle est:

❖ Quotidienne

- À raison de deux fois par jours (matin et soir) pour les paramètres de table à savoir (couleur, turbidité, pH, température, conductivité, chlore libre, oxygènes dissous, UV).
- À raison d'une fois par jours pour les paramètres physicochimiques suivants : ammonium, nitrate, aluminium, ainsi que pour les paramètres bactériologiques comme les coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques.

❖ Hebdomadaire

- Pour les paramètres physicochimiques tel que le fer, manganèse, ortho-phosphate, MES et résidus sec.

- Pour les paramètres bactériologiques (spores de clostridie sulfito-réductrice, les germes totaux à 22°C et à 37°C).
- ❖ **Mensuelle**
 - Pour les paramètres physicochimiques déterminés par la méthode volumétrique (TH, TAC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , CO_2 libre, les chlorures, IMn).

Certains paramètres sont analysés au laboratoire central SEEAL d'Alger, il s'agit entre autre de DBO, DCO, algues, minéralisation globale, COT, métaux lourds, Chlorophyle A, Hydrogènes Sulfuriques H_2S , Cuivre, Zinc, Sodium, Potassium, Silice, Staphylocoques 4 fois par an.

IV.5. Faciès hydro chimique et classification des eaux

Les faciès chimiques sont couramment utilisés en hydrogéologie pour la description de la composition chimique des eaux naturelles. La nécessité d'une comparaison aisée, voir une classification des eaux, nécessite l'utilisation des représentations graphiques. De ce fait, plusieurs représentations sont utilisées parmi lesquelles on peut citer :

- Le diagramme de piper
- Le diagramme semi-logarithmique de Schoeler-Berkaloff

IV.5.1. Classification des eaux d'après Piper

Le diagramme de Piper (figure IV.1) permet de représenter plusieurs échantillons d'eau simultanément. Il est composé de deux triangles, permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique, et d'un losange synthétisant le faciès global. Le principe consiste à représenter dans chaque triangle équilatéral les quantités en réaction par rapport à la concentration totale des anions et cations. On obtient ainsi deux points représentatifs indiquant la dominance d'un anion ou d'un cation. La composition de l'eau peut être figurée sur le losange par un point correspondant à l'intersection des parallèles depuis ces deux points aux cotés du losange qui représente la nature chimique de l'échantillon.

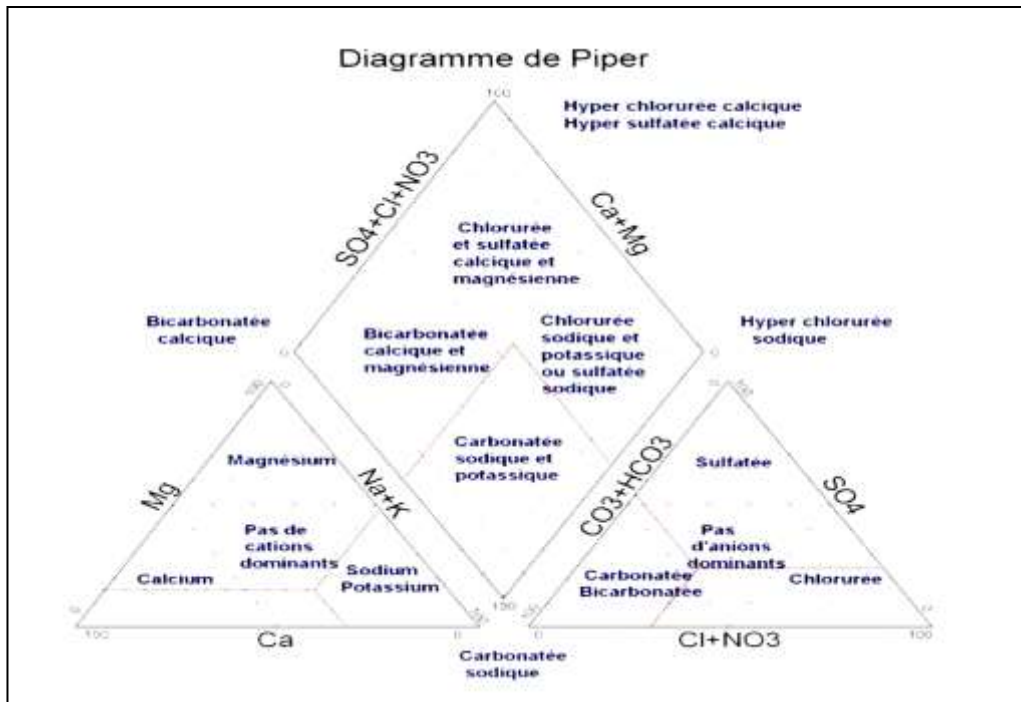


Figure IV.1 : Diagramme de piper

IV.5.2. Classification des eaux du Barrage selon SCHOELLER-BERKALOFF

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff (figure IV.2) est une représentation graphique semi-logarithmique sur laquelle les différents ions sont représentés horizontalement et la teneur réelle en mg/l sur les ordonnées. Les points contenus sont reliés par des droites. La ligne brisée est formée en reliant tous les points qui représentent les différents éléments chimiques et définir ainsi le faciès chimique.

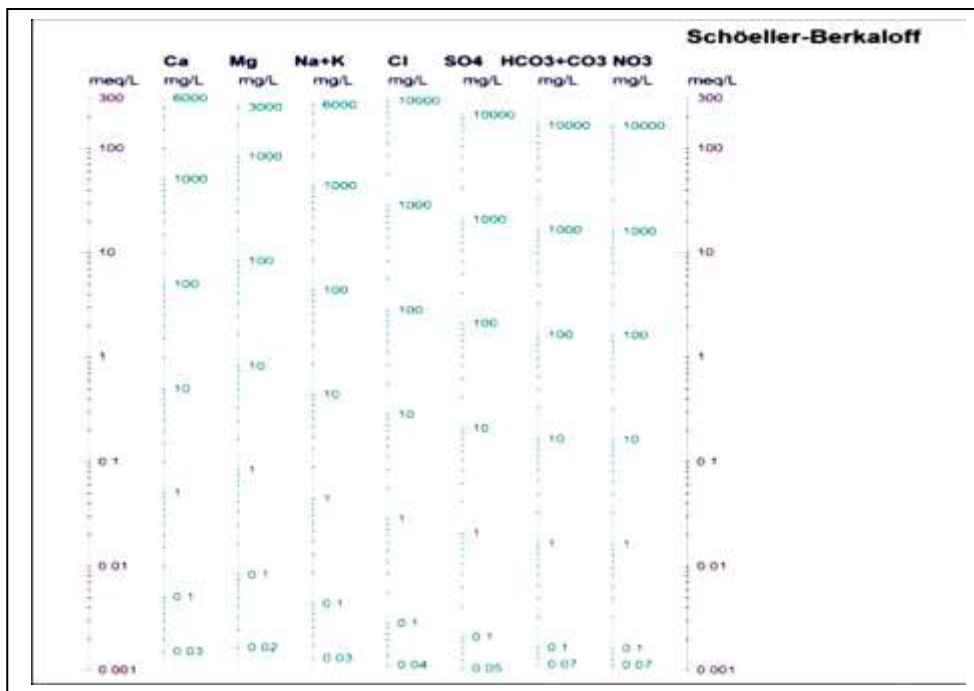


Figure IV.2 : diagramme de Schoeller-Berkaloff

Chapitre V



Résultats et discussion



Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats des analyses organoleptiques, physico-chimiques et les paramètres bactériologiques, effectuées dans la STE du barrage de TAKSEBT de Tizi-Ouzou, durant une période allant du mois du 26 juin au 25 juillet (1 mois). Les résultats feront l'objet d'une interprétation afin de cibler les anomalies qui peuvent exister dans les différentes étapes de traitement.

L'interprétation des résultats de chaque paramètre est effectuée selon les normes algériennes relatives à la qualité de l'eau de consommation humaine et les valeurs guides de l'OMS.

V.1. Résultats des analyses organoleptiques

La qualité organoleptiques correspondent à l'appréciation de la qualité de l'eau par les sens (gout et odeur) ces paramètres sont importants pour le consommateur.

V.1.1. Gout et odeur

❖ Seuil de gout

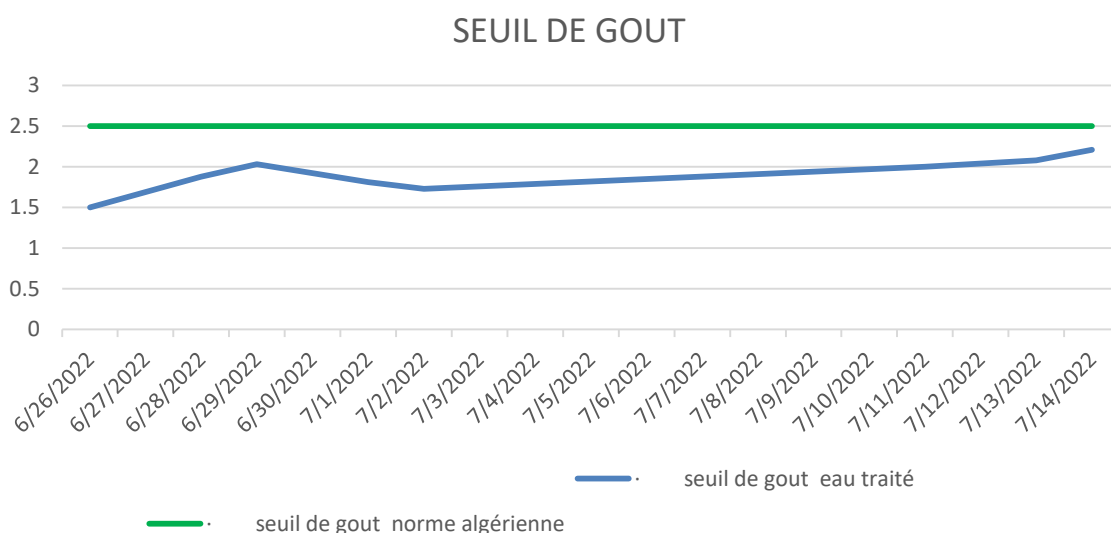


Figure V.1: Evolution du seuil du gout sur l'eau traitée.

Nous remarquons que la norme pour le seuil de gout (qui est de 2.5) est respectée, mais les valeurs obtenues sont assez élevées durant la période du stage. Ça serait dû au gout de chlore qui est l'origine de la plupart des problèmes organoleptiques.

❖ Odeur

Pour l'odeur, ce test possède aussi un caractère personnel et les odeurs préviennent dont des produits chimiques soit de matières organoleptiques en décomposition, soit d'organismes aquatiques.

Les résultats de test indique une eau sans odeur où avec une légère odeur du chlore malgré ces résultats restent très subjectifs.

V.1.2. Couleur

La figure V.2 représente les variations de la couleur en fonction du temps.

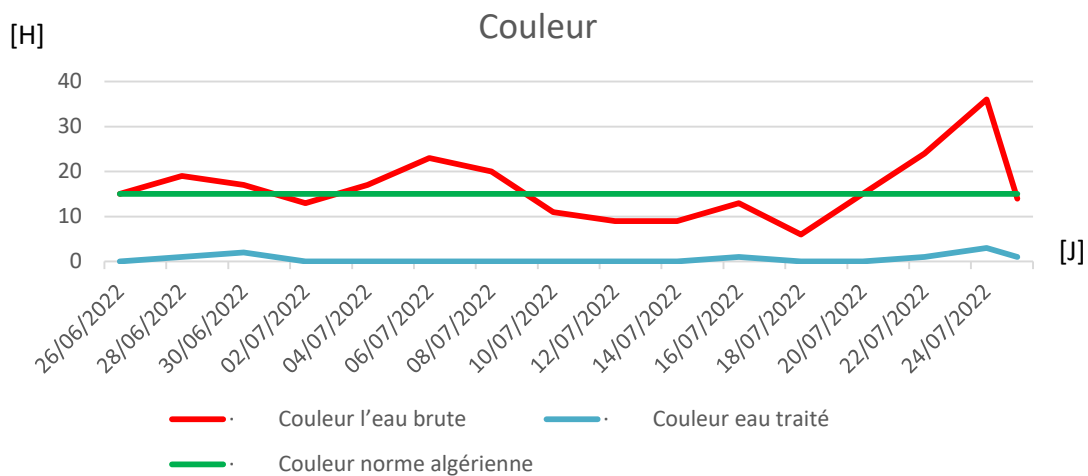


Figure V.2: Variations des valeurs de la couleur de l'eau brute et traitée de STET.

D'après la figure dans l'eau brute les valeurs de la couleur varient entre 6 et 36 unités de Hazen, on remarque que ces valeurs sont très élevées à la norme ce qui fait que cette eau contient des substances dissoutes et des MES, responsable de sa coloration ; contrairement aux valeurs de l'eau traitée qui varie entre 0 et 3 Hazen qui sont conforme à la norme établie, ces valeurs traduisent une eau très pauvre en substances dissoutes et des MES ce qui signifie une bonne clarification lors de traitement qui élimine la coloration.

V.1.2. Turbidité

Les valeurs de la turbidité enregistrées durant la période d'étude sont illustrées dans la figure V.3.

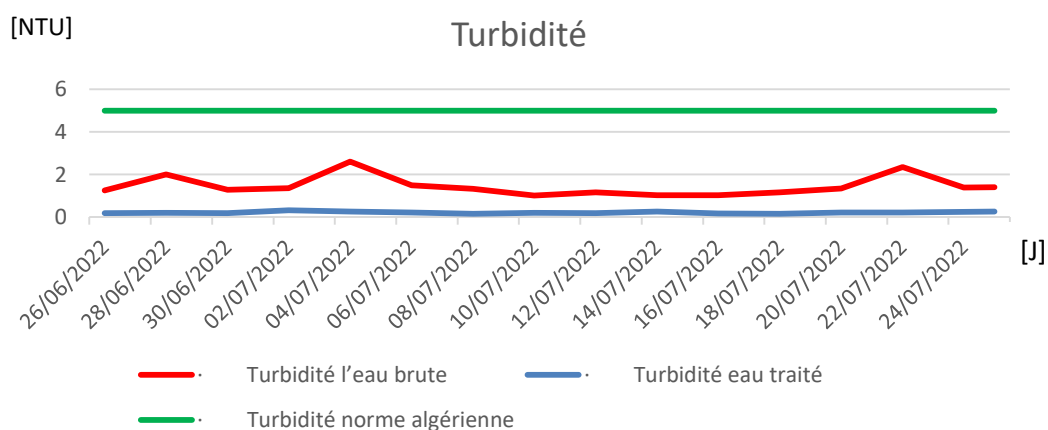


Figure V.3 : Variation de la turbidité des eaux de barrage à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau. La figure V.2 montre que les valeurs de l'eau brute varient entre 1,01 et 2,61 NTU dues à la présence des MES, les valeurs de l'eau traitée sont de 0,15 à 0,32 NTU, elles sont inférieures à la valeur limite exigée par la loi algérienne qui est de 5 NTU, donc ces eaux sont conformes à la norme et on peut les classer comme des eaux claires.

V.2. Résultats d'analyses physico-chimiques

Le suivi de la qualité physico-chimique consiste à la détermination des paramètres de pollution. Il s'agit de faire le bilan journalier et mensuel de la pollution, par la mesure de la température, du pH, de la conductivité, des matières en suspension (MES), des différentes formes d'azote (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) et enfin des ortho-phosphates.

V.2.1. Potentiel d'hydrogène pH

Les variations du pH de l'eau de barrage à l'entrée et la sortie de la station SEAAL de TIZI OUZOU sont représentés sur la figure V.4.

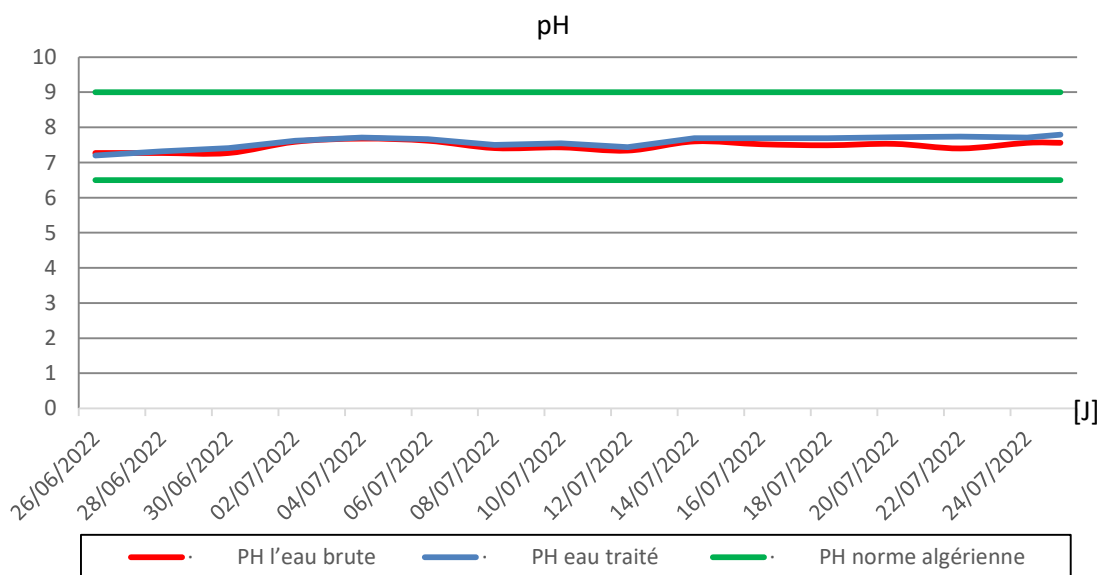


Figure V.4 : Variations des valeurs du pH de l'eau du barrage à l'entrée et à la sortie de la station.

Le pH est un élément qui intervient dans les réactions avec le dioxyde de carbone et l'alcalinité. La mesure de pH de l'eau brute varient de 7.27 à 7.68 et les valeurs de l'eau traitée varient entre 7.28 et 7.79 ; ce qui répond à la norme algérienne ainsi à la norme de l'OMS. Donc l'eau du barrage ne nécessite pas une neutralisation et un recours à la chaux ou à l'acide pour régulariser le pH et on remarque que ces valeur sont > 7 ce qui indique que l'eau de TAKSEBT est légèrement alcalin.

V.2.2. Conductivité

Les valeurs enregistrées de la conductivité sont représentées dans la figure V.5.

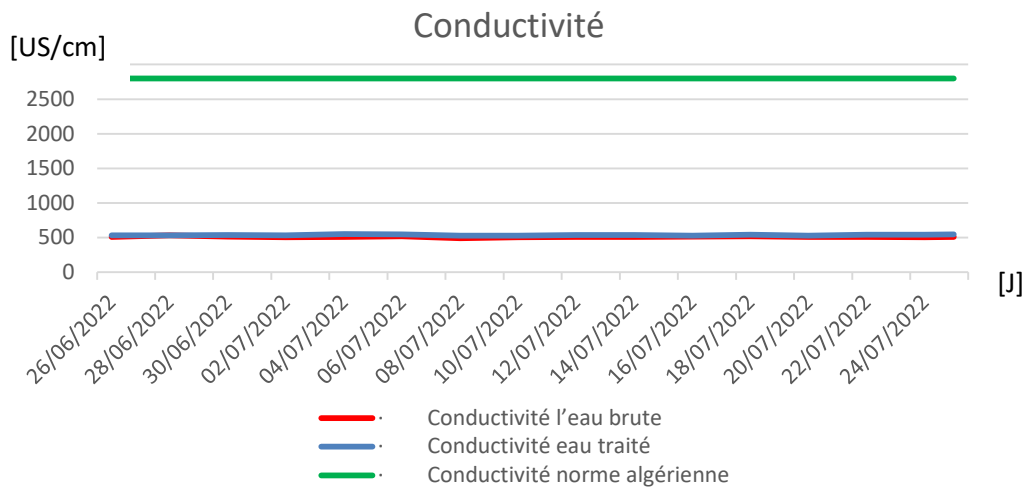


Figure V.5 : Variations des valeurs de la conductivité de l'eau de barrage à l'entrée et à la sortie de STE TAKSEBT.

La conductivité dépend de la température et de la nature des terrains traversés. La mesure de la conductivité électrique de l'eau brute varie entre 494 et 535 $\mu\text{s}/\text{cm}$; et les valeurs de l'eau traitées varie de 528 à 550 $\mu\text{s}/\text{cm}$. On remarque une légère augmentation qui est due à la présence du chlorure ferrique ajouté durant la phase de coagulation; donc les eaux du barrage sont moyennement minéralisées d'après la valeur fixée par la norme Algérienne ces valeurs restent au dissous.

V.2.3. Température

Les valeurs enregistrées de la température sont représentées dans la figure V.6.

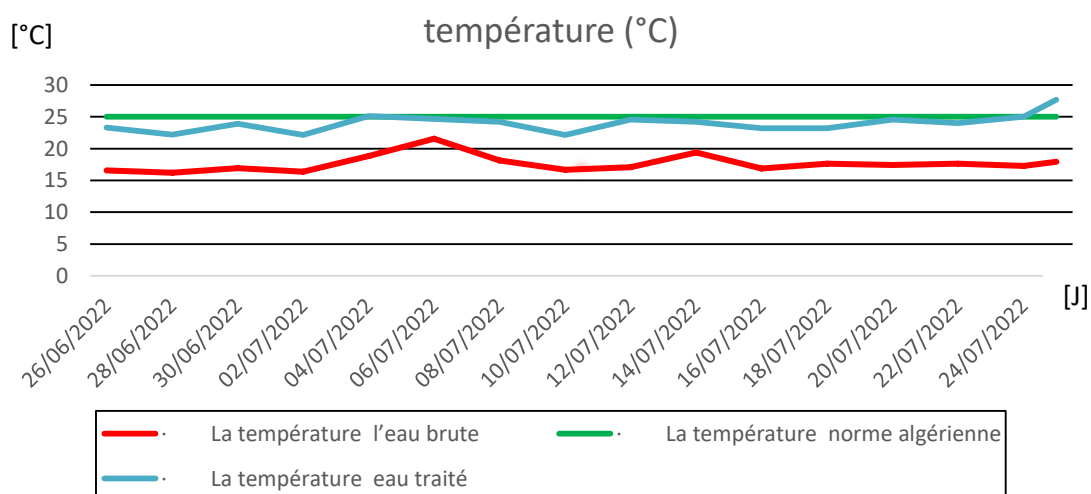


Figure V.6 : Variations des valeurs de la température de l'eau de barrage à l'entrée et à la sortie de la station.

L'étude de la température a montré que dans l'eau brute les valeurs varient entre 16,2 et 21,55 °C et pour l'eau traitée entre 22,15 et 27,5 °C ce qui signifie que la dernière valeur obtenue dépasse la norme algérienne 25 °C.

En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixées par l'OMS1994, l'eau est excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C ; passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25 °C ; médiocre lorsqu'elle est comprise entre 25 et 30°C. La température mesurée dans l'eau traite varie entre 22,15 et 27.5 °C ; la majorité des valeurs mesurées sont passable ; mais en remarque que la dernière valeur dépasse légèrement la norme qui est due à l'augmentation de la température de ce jour ; et d'après la moyenne qui est de 23.66°C on résulte que la température de cette eau est passable.

V.2.4. Oxygène dissous

Les résultats obtenus pour l'oxygène dissous de l'eau sont présentés dans la figure V.7.

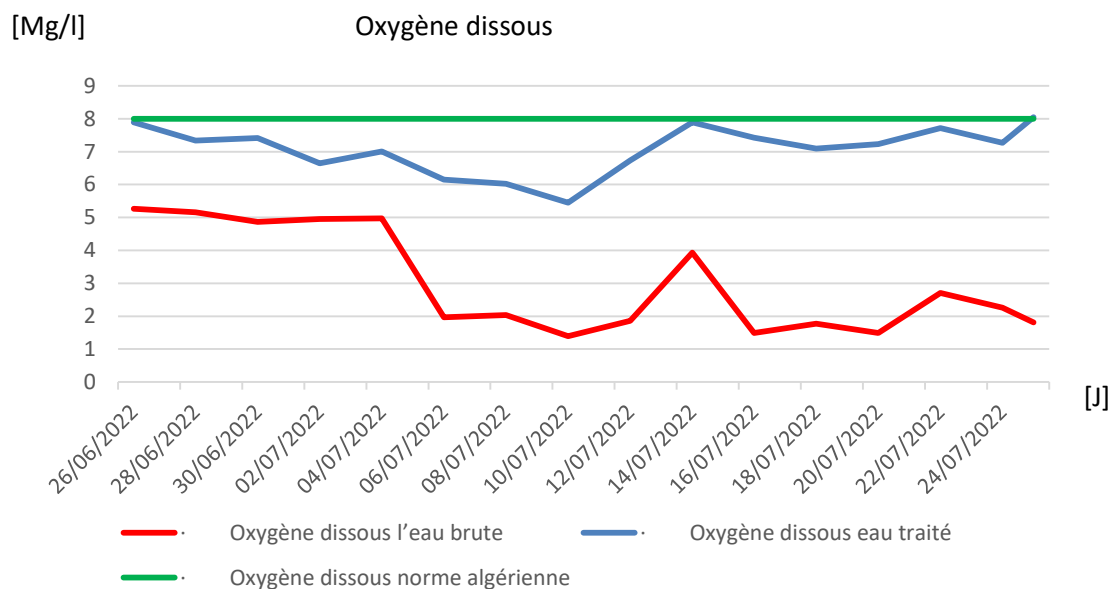


Figure V.7: Variation de la concentration de l'oxygène dissous à la STE Taksebt.

Les valeurs de l'eau brute oscillent entre 1.39 et 5.27 mg/l, et les valeurs de l'eau traitée varient entre 5.45 et 8.05 mg/l. Donc cette eau est de bonne qualité biologique et organique de l'eau d'après les normes algériennes (8 mg/l) sauf la dernière valeur qui a dépassé la norme (8,05 mg/l), mais selon BEAUDRY, l'augmentation de l'oxygène dans l'eau ne pose pas un effet direct sur la santé mais, entraîne une altération organoleptique ou une corrosion dans les conduites.

V.2.5. Chlore

On est intéressé à l'impact de la phase de chloration en amont et en aval de l'étape de clarification des eaux, les résultats obtenus sont représentés dans la figure V.8.

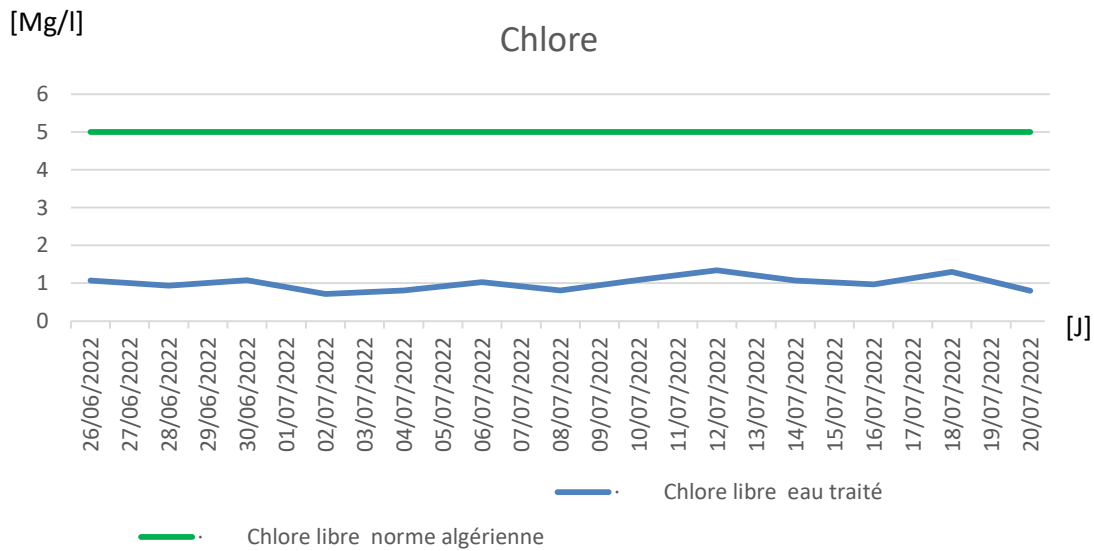


Figure V.8 : Variation du traitement Chlore Post-chloration à la STE TAKSEBT.

Le chlore est l'un des réactifs le plus utilisé lors de la désinfection. En distribution, la teneur résiduelle en chlore constitue un indicateur de non contamination du réseau après le traitement, et un témoin de l'efficacité de traitement bactéricide. Les eaux brutes ne contiennent pas de chlore résiduel car constitue un indicateur de non contamination du réseau après le traitement. Mais les eaux traitées le contiennent, et sa valeur varie de 0.8 mg/l à 1.81 mg/l. Les valeurs obtenues sont inférieures à 5 mg/l (norme algérienne).

V.2.6. UV

Les valeurs enregistrées de l'UV sont représentées dans la figure V.9.

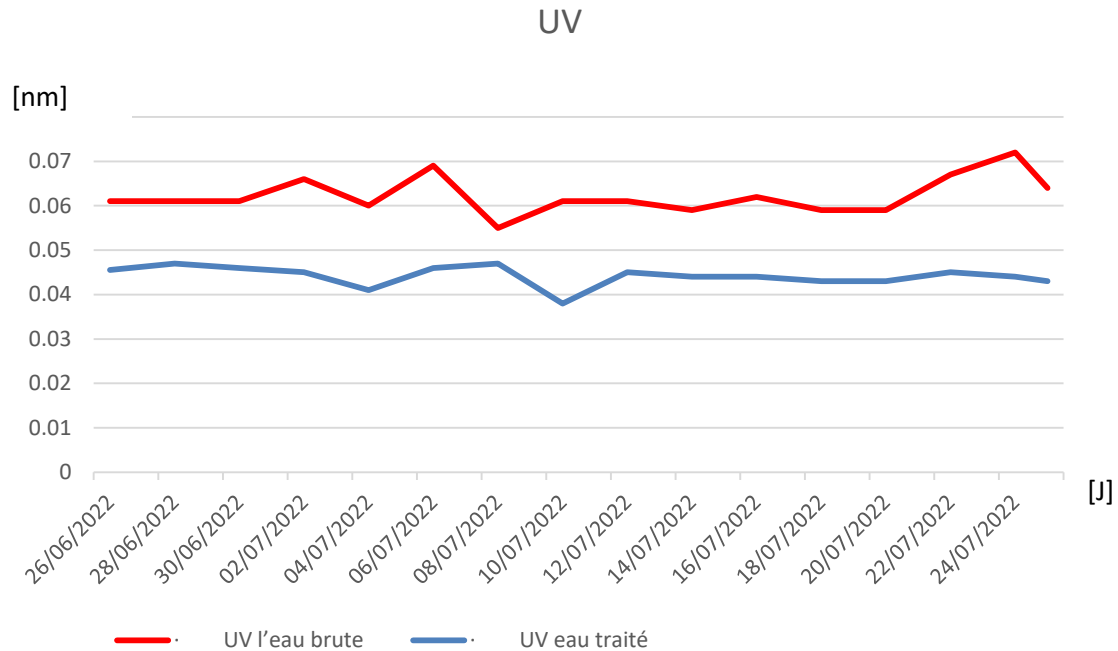


Figure V.9: Variation de l'UV pour l'eau de barrage à l'entrée et la sortie de la station.

La figure V.9 montre qu'il y'a une différence significative entre l'absorption dans l'UV entre l'eau traité dont les valeurs sont comprises entre 0.038 à 0.051 nm et l'eau brute avec des valeurs entre 0.047 à 0.072 nm, à la longueur d'onde de 254 nm, cette diminution peut être interprété par l'élimination des matières qui absorbent l'UV lors du traitement. Il est à noter qu'aucune norme n'a été mentionnée ni par l'OMS ni dans le journal algérien.

V.2.7. Résidus secs

Les résultats obtenus pour les résidus secs dans l'eau sont représentés dans la figure V.10.

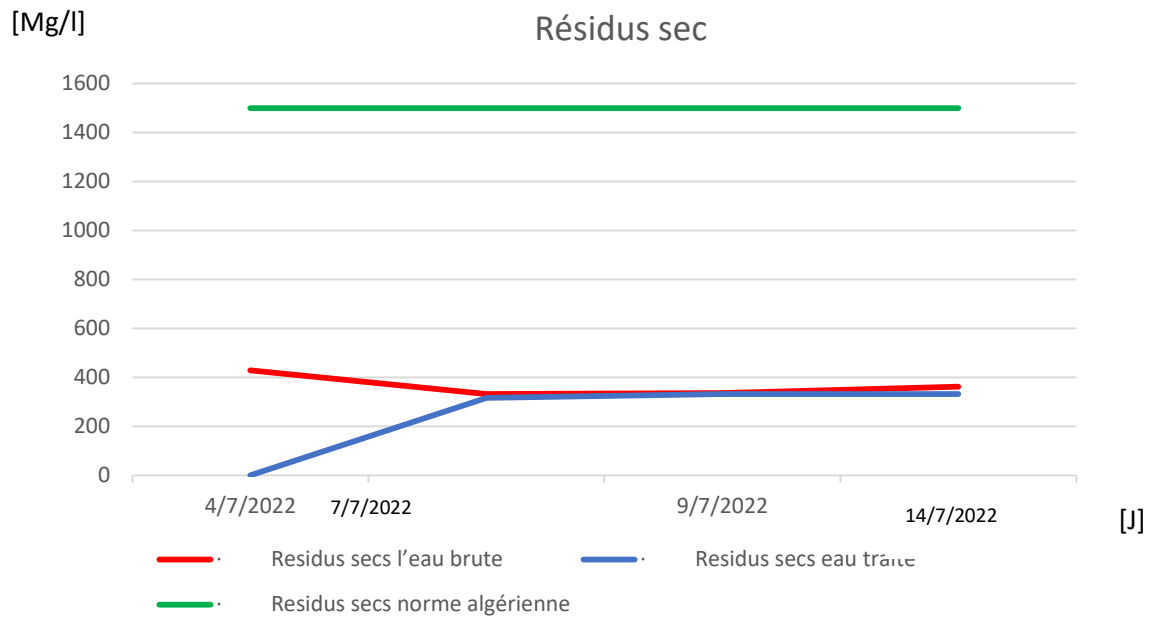


Figure V.10: Variation des teneurs de résidus secs de l'eau à la STE TAKSEBT.

Le taux des résidus secs, donne des valeurs qui varient entre 332 et 428 mg/l pour l'eau brute et entre 316 et 400 mg/l pour l'eau traitée, ces résultats traduisent que l'eau du barrage à une minéralisation peu élevée, valeurs inférieures à la norme fixée par le journal algérien qui est de 1500 mg/l. On constate une diminution importante des résidus secs dans l'eau traitée surtout dans les deux premières valeurs qui est due au traitement.

V.2.8. Matières en suspensions (MES)

Les teneurs en MES des différents échantillons analysés durant la période du stage sont présentés dans la figure V.11.

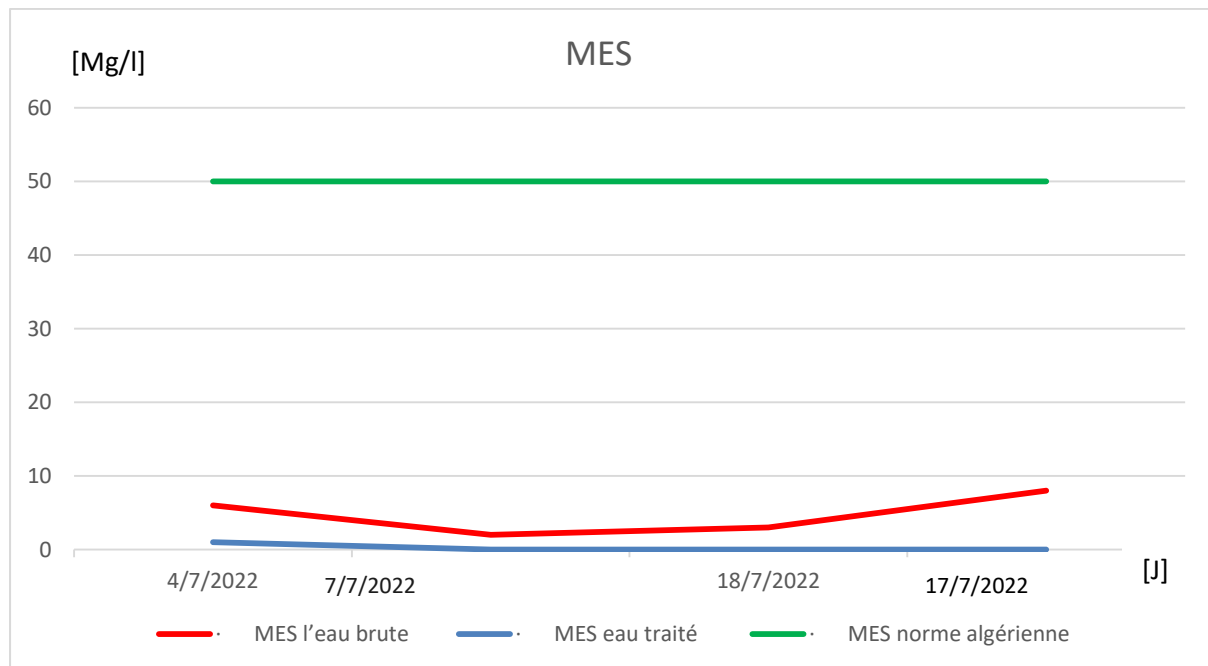


Figure V.11 : Variation de la teneur de MES de l'eau à la STE TAKSEBT.

Les valeurs obtenues montrent que l'eau brute de barrage est conforme à la norme qui est de 50 mg/l ; on a les valeurs de l'eau brute qui varient de 2 à 8 mg/l et l'eau traitée varie de 0 à 1 mg/l, la teneur en MES de l'eau traitée est très faible, ceci est dû à la décantation des matières décantables. Cette valeur reste largement inférieure à la norme de rejet 50 mg/l, ce qui explique une bonne élimination de MES.

V.2.9. Sulfate

Les valeurs obtenues sont de l'ordre de 52 mg/l pour l'eau brute et 51 mg/l pour l'eau traitée. Ces résultats sont conformes aux normes de potabilité algériennes (400 mg/l) ainsi qu'à la norme fixée par l'OMS (250 mg/l).

Il y avait parfois une légère augmentation du sulfate après traitement qui est due à l'utilisation du sulfate d'alumine (coagulant) et de l'acide sulfurique.

V.3. Paramètres indésirables

V.3.1. Aluminium

La présence de l'aluminium dans l'eau traitée est dû à l'injection des quantités massives de sulfate d'aluminium utilisé comme coagulant dans le processus de traitement de l'eau, les résultats obtenus sont représentés dans la figure V.12.

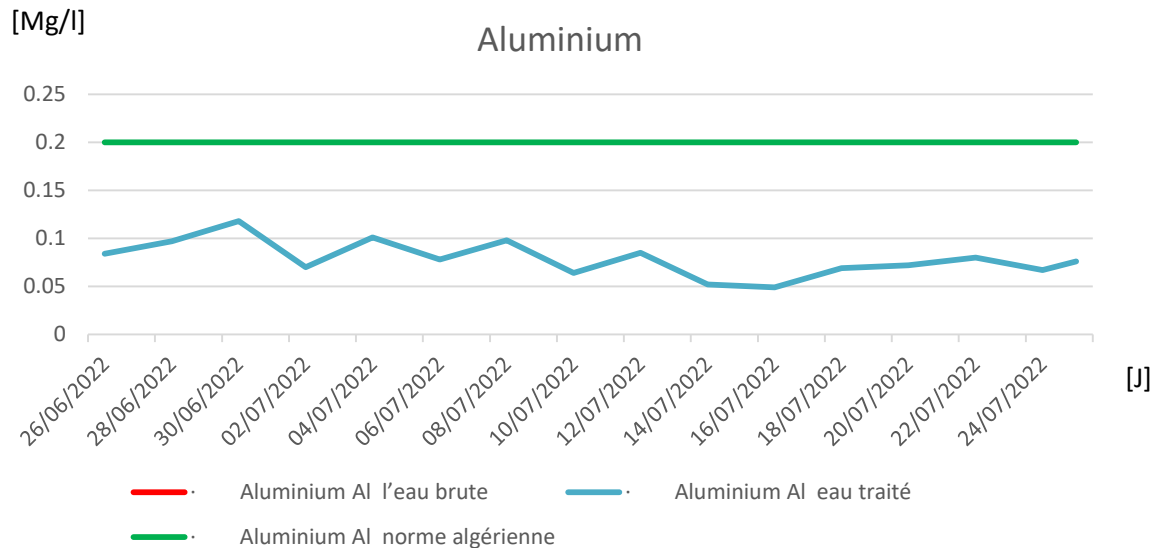


Figure V.12 : Variation de la concentration de l'aluminium à STE TAKSEBT.

La lecture des valeurs de l'aluminium de l'eau traitée sont comprise entre 0.049 et à 0.118 mg/l qui sont inférieures à la valeur fixée par la norme algérienne qui est de 0.2 mg/l. Leur présence due à l'utilisation de sulfate d'alumine lors de la coagulation-floculation.

V.3.2. Fer

Les résultats obtenus pour le fer dans l'eau sont présentés dans la figure V.13.

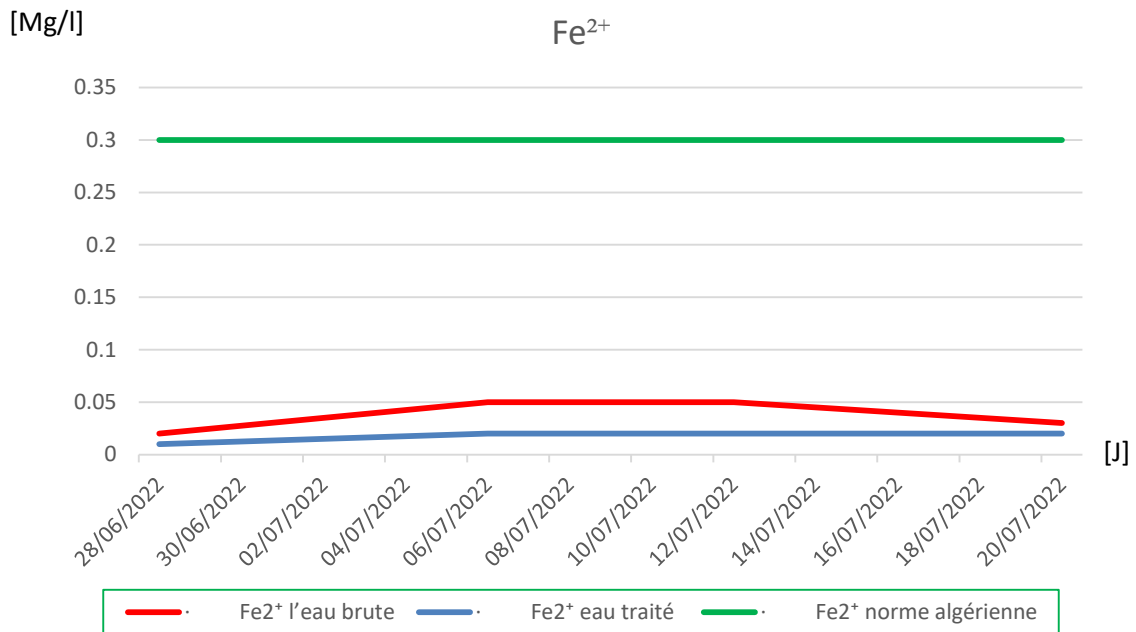


Figure V.13: Variation de la concentration de fer de l'eau de STE TAKSEBT.

Les valeurs de l'eau brute sont comprises entre 0.02 à 0.05 mg/l ; et les valeurs de l'eau traitée varie entre 0.01 et 0.02 mg/l. Ces valeurs sont considérées comme trace en l'a comparant à la norme algérienne qui est de 0.3 mg/l.

V.3.3. Manganèse

Les résultats obtenus pour le manganèse dans l'eau sont représentés dans la figure V.14.

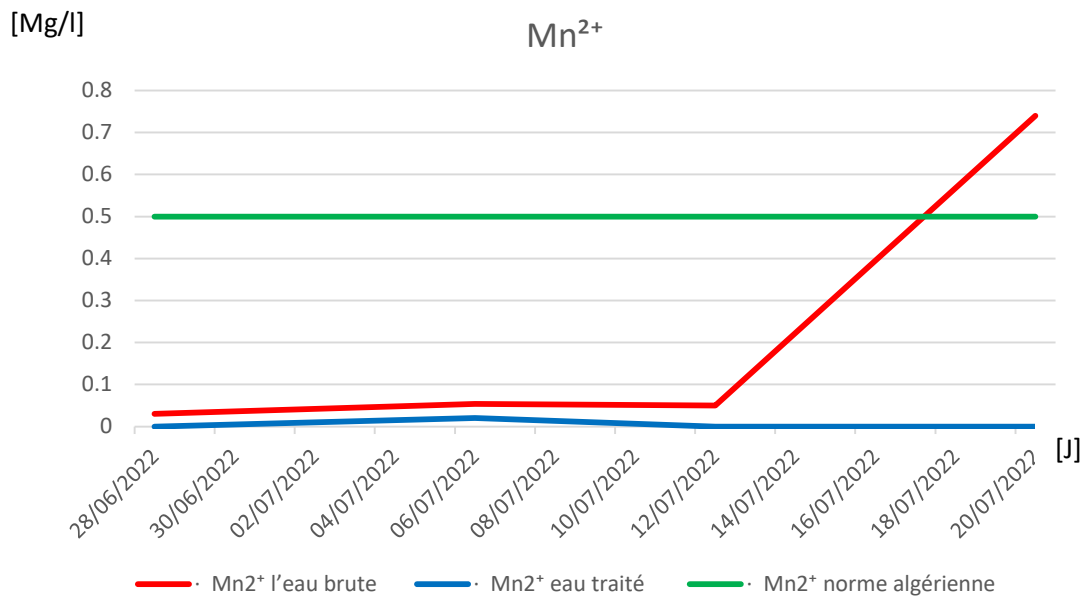


Figure V.14 : Variation de la concentration du manganèse de l'eau à la STE TAKSEBT.

La figure V.14 montre les teneurs en manganèse de l'eau brute qui varient de 0.03 à 0.74 mg/l, et de 0 à 0.02 mg/l pour l'eau traitée, on constate alors que le traitement appliqué a eu un effet sur la teneur en manganèse ; une diminution qui peut être expliquée par l'oxydation du manganèse lors de la chloration. Le JORA 2014, fixe la concentration maximale admissible à 0.5 mg/l ce qui classe l'eau traitée dans les normes recommandées.

V.4. Paramètres de pollutions

V.4.1. Nitrites

Les valeurs enregistrées des nitrites sont représenté dans la figure V.15.

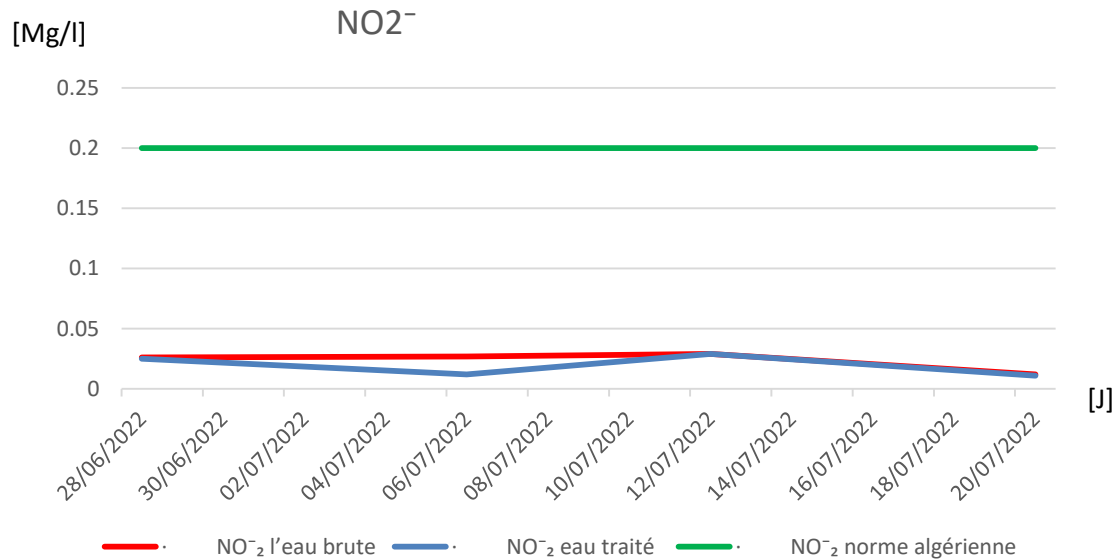


Figure V.15: Variations des Nitrites de l'eau à la STE TAKSEBT.

Les nitrites proviennent généralement soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium, soit d'une réduction des nitrates d'origine agricole ; les résultats analyse de l'eau brute varient de 0.012 à 0.029 mg/l; et l'eau traitée varient entre 0.011 à 0.029 mg/l qui ne dépassent pas la norme 0.2 mg/l donc les valeurs enregistrées en nitrite signifie l'efficacité du traitement.

V.4.2. Nitrate

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles varient entre 1 et 10 mg/l. D'après le journal algérien, il est recommandé pour les nitrates, une valeur ne dépassent pas la norme 50 mg/l dans une eau destinée à la consommation. L'analyse des nitrates est effectuée une fois par mois, le résultat révèle une teneur de 0.61mg/l pour l'eau brute et 0.23 mg/l pour l'eau traitée, ce qui classe l'eau dans les normes.

V.4.3. Ortho phosphates

La variation en ortho-phosphate dans les eaux du barrage de TAKSEBT est illustrée par la figure V.16

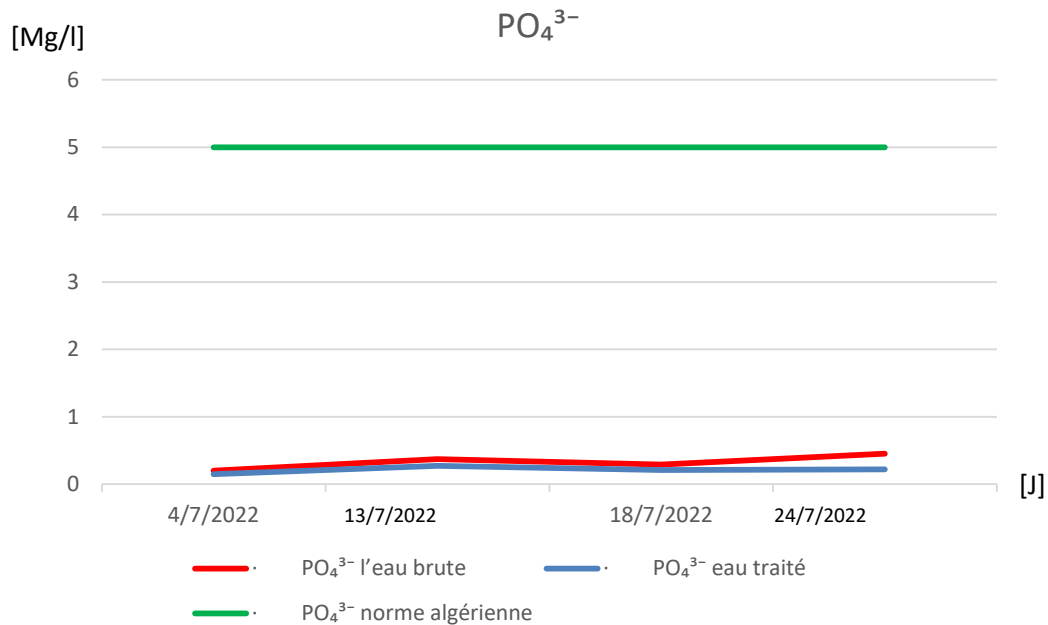


Figure V.16: Variations des ions PO₄³⁻ de l'eau de STE TAKSEBT.

On remarque une différence entre la teneur des Ortho-phosphates de l'eau brute et l'eau traitée ou on a la mesure des ortho-phosphate de l'eau brute qui varient entre 0.2 et 0.45 mg/l et des valeurs de l'eau traitée qui varient entre 0.15 et 0.27 mg/l qui sont conforme à la valeur fixé par la norme algérienne qui est de 5 mg/l ; donc ça signifie l'efficacité du traitement physico-chimique qui a montrer l'abattement significatif des ortho-phosphate à des valeurs obéissantes.

V.3.4. Ammonium

L'azote ammoniacal constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Il existe en faible proportion, inférieurs à 0.1 mg/l d' NH_4^+ dans les eaux naturelles. La figure V.17 montre la variation de la concentration de l'azote ammoniacale.

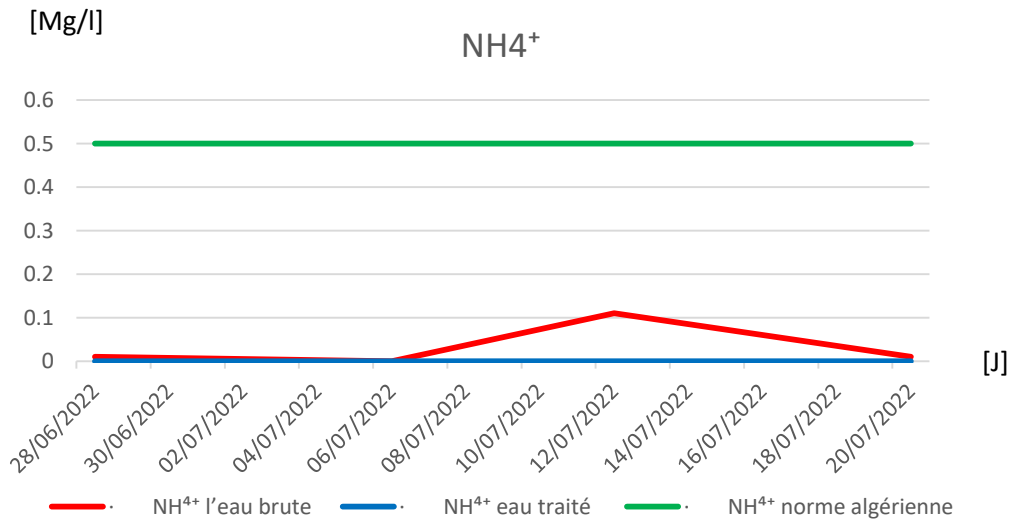


Figure V.17: Variation de la concentration de l'ammonium pour l'eau de la STE TAKSEBT.

L'analyse de l'ammonium montre que les teneurs varient entre 0 et 0,11 mg/l dans l'eau brute. Les valeurs de l'eau traitée sont presque zéros, cela se traduit par la faible perspiration, la valeur de NH_4^+ est inférieure la valeur fixée dans le JORA qui est de 0.5 mg/l, donc l'eau brute ne contient pas une quantité qui constitue un risque de pollution.

V.4.5. Matières organiques

Les résultats obtenus pour les matières organiques dans l'eau sont représentés dans la figure V.18

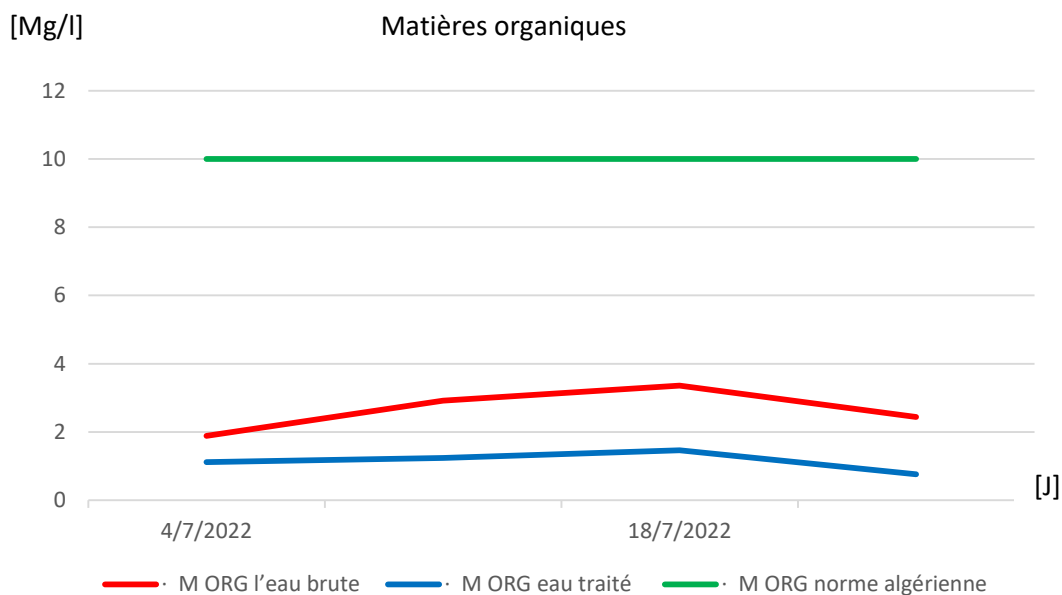


Figure V.18: Variation des matières organiques de l'eau de la STE TAKSEBT.

La figure V.18 représente les résultats obtenus concernant la charge organique des eaux de barrage traitées qui varient entre 1,88 et 3,36 mg/l, et pour l'eau brute et 0,76 et 1,46 mg/l pour l'eau traitée. La diminution de la teneur en matière organique dans l'eau traitée est due à la clarification et au traitement par le chlore gazeux qui l'a oxydé. Les résultats obtenus sont conformes aux normes recommandées par le JORA 2014 qui est de 10 mg/l.

V.4.6. Minéralisation globale

	Cl ⁻ (mg/l)	TH (°F)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	HCO ³⁻ (mg/l)	TAC (°F)
l'eau brute	40.7	20	56	14.58	130.54	10.7
eau traité	47.64	20.6	60	13.61	135.42	11.1
Norme	500	50	75_200	150	500	Pas de norme

Tableau V.1 : Tableau représentatif des résultats des différentes analyses de la minéralisation globale de l'eau brute et traitée réalisées une fois par mois.

V.4.6.1. Chlorures (CL⁻)

Selon les normes algériennes relatives à la potabilité des eaux, les chlorures doivent avoir une teneur inférieure à 500 mg/l dans les eaux de consommation.

On a la valeur de l'eau brute qui est de 40.7 mg/l et celle de l'eau traitée 47.64 mg/l ce qui classe l'eau du barrage dans les normes recommandées. Les valeurs enregistrés, montre une légère augmentation du taux de chlorure de l'eau traitée par rapport à l'eau brute ce qui peut être dû à la chloration. De ce fait, et concernant ce paramètre ainsi discuté, la qualité de l'eau de Taksebt est excellente

V.4.6.2. Dureté totale

On a la valeur obtenue pour l'eau brute qui est de 20 °F et celle de l'eau traitée est de 20.6 °F ce qui classe l'eau du barrage dans la norme algérienne recommandé qui est de 50 °F. Donc l'eau de SEAAL est classée comme une eau mi-dure.

V.4.6.3. Calcium

Selon la législation européenne, une eau est dite calcique lorsque son taux de Ca²⁺ est supérieur à 150 mg/l ce que n'est pas le cas des eaux analysées.

La valeur de l'eau brute qui est de 56 mg/l et l'eau traité qui est 60mg/l, elles sont conformes à la norme algérienne qui est varié entre 75 et 200 mg/l.

V.4.6.4. Magnésium

Comme le montre les valeurs indiqués, la valeur de l'eau brute est 14.58 mg/l et l'eau traité est de 13.61 mg/l ce qui classe l'eau du barrage dans la norme algérienne recommandé qui est de 150 mg/l.

V.4.6.5. Titre alcalimétrique complet (TAC)

La connaissance des valeurs de TAC est essentielle pour l'étude de l'agressivité de l'eau, puisqu'elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique. Dans notre cas le TAC enregistré pour l'eau brute est 10.7 °F et l'eau traité de 11.1°F.

Nous pouvons déduire que les eaux du barrage sont pauvres en OH⁻.

D'après le tableau les résultats obtenus sont conformes à la norme algérienne qui est égale à 500 mg/l (Ca CO₃).

V.4.6.6. Bicarbonate

La présence de bicarbonate dans l'eau n'est pas susceptible à la santé c'est pourquoi ne présente pas de norme.

Dans notre analyse l'eau brute présente une valeur de 130.54 mg/l, et l'eau traitée est 134.52 mg/l.

On remarque alors une légère augmentation de l'alcalinité (bicarbonate, TAC), attribuée à l'addition de coagulant (le sulfate d'alumine) dans l'eau qui présente la particularité de consommer l'alcalinité. Cette perte de TAC ou de bicarbonate se traduit par une chute de pH.

V.5. Résultats d'analyses bactériologie

V.5.1. Coliformes totaux

Variation des nombres des coliformes totaux dans les différents échantillons analysés est illustrée dans la figure V.19.

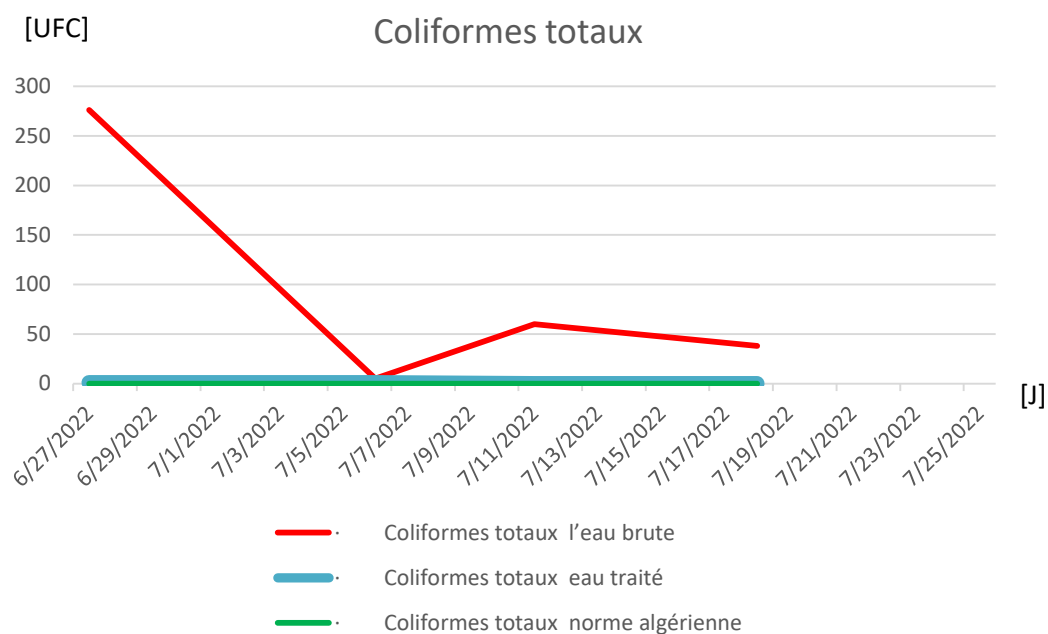


Figure V.19: Variation de bactéries coliformes totaux en fonction du temps dans la station de traitement.

D'après les résultats de la figure on a une présence des coliformes totaux dans l'eau brute, et après on voit presque une absence totale de ces coliformes et leur présence dans le réseau de distribution d'eau potable et qui dépasse la valeur fixé par la norme algérienne qui est nulle.

V.5.2. Coliformes fécaux

Les résultats de dénombrement des coliformes fécaux dans les eaux brutes et dans les eaux traitées sont présentés dans la figure V.20.

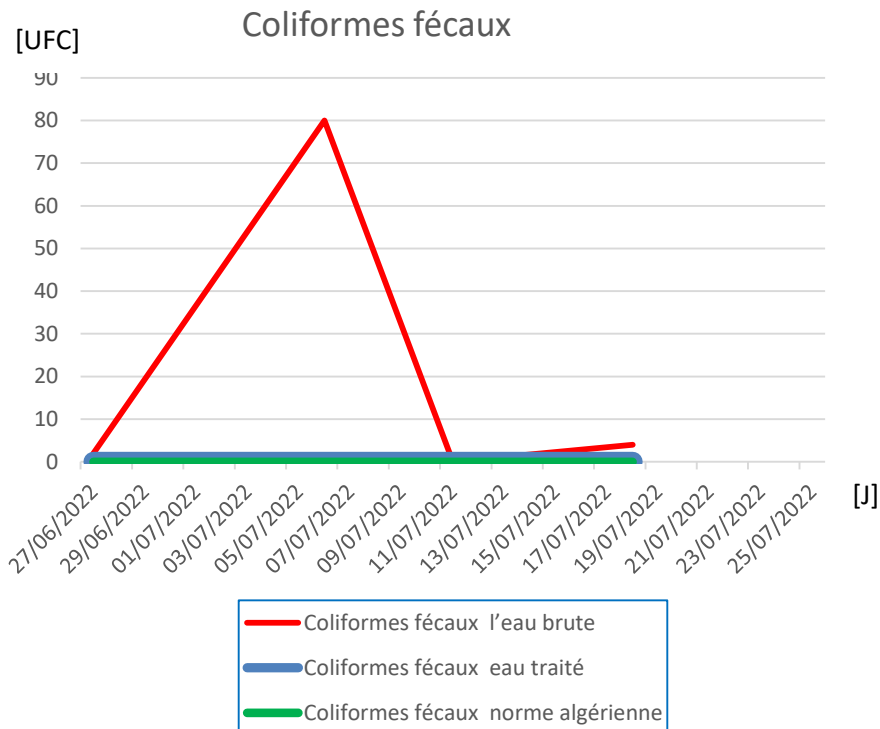


Figure V.20: Variation de bactéries (Coliformes fécaux) en fonction du temps.

Pour les eaux brutes, la charge bactérienne varie de manière très importante ; et le dénombrement de ces bactéries pour l'eau traitée est nul autrement dit ne dépasse pas les normes de potabilité algériennes qui fixent des concentrations maximales admissibles de (00 UFC/100) ml ce qui explique la bonne acceptabilité pour la consommation.

V.5.3. Germes totaux à 37 °C

Les germes totaux dénombrés à 37 °C sont mentionnés dans la figure V.21.

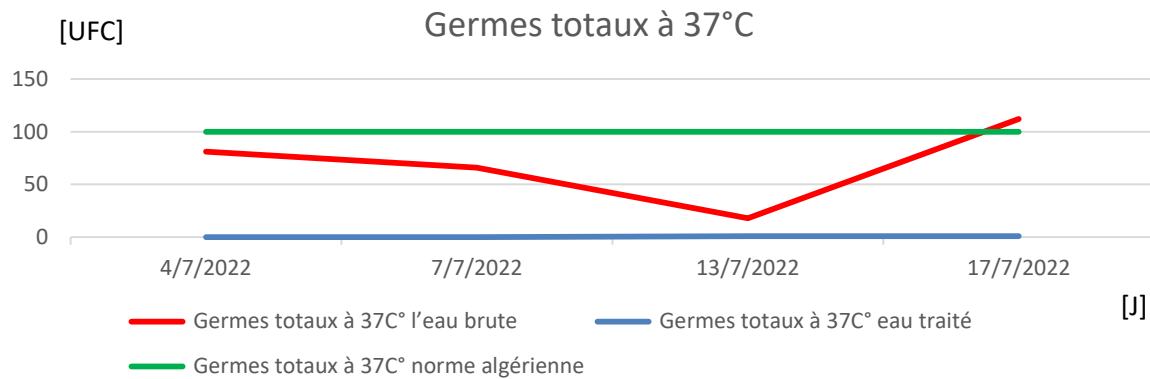


Figure V.21 : Variation de bactéries (germes totaux à 37 °C) en fonction du temps.

La numération bactérienne totale de l'eau du barrage TAKSEBT à 37 °C montre que dans l'eau brute la teneur minimale est de 18 UFC/100 ml et la maximale est de 112 UFC/100 ml ; et une absence presque totale qui varie entre 0 à 1 UFC/100ml. Le nombre total de bactéries dans les échantillons étudié à 37 °C est inférieur au nombre requis par la norme Algérienne, ce qui peut s'expliquer par l'absence de pollution majeure Les provenant des sources domestiques ou industrielles.

V.5.4. Germes totaux

Les germes totaux à 22 °C sont illustrés dans la figure V.22.

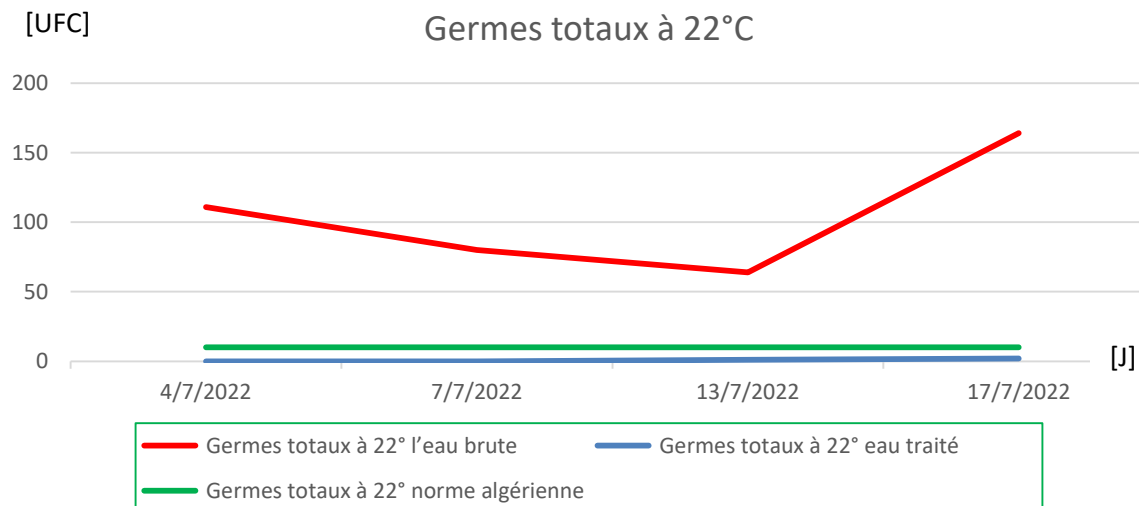


Figure V.22 : Variation de bactéries (germes totaux à 22 °C) en fonction du temps.

Les résultats de dénombrements des germes totaux à 22 °C montrent que pour les eaux brutes ; varient entre 64 et 111 UFC/100ml, et des valeurs proches de zéro (de 0 à 2) pour les eaux traitées ; donc ces valeurs sont conforme à la valeur fixé par la norme algérienne qui est 0 UFC/ 100ml.

V.5.6. Bactérie sulfito-réducteur

La figure V.23 montre les variations des bactéries sulfito-réducteur varient en fonction du temps.

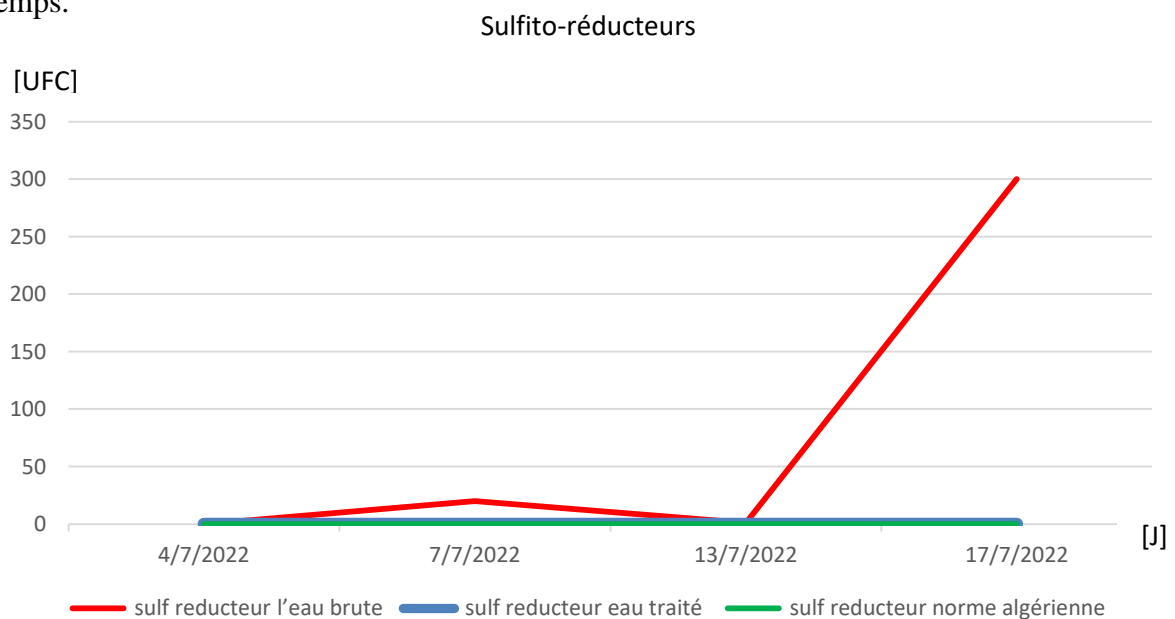


Figure V.23: Variation de bactéries Sulfito-réducteurs en fonction du temps.

La recherche des sulfito-réducteurs dans l'eau brute nous a permis de constater une variation des teneurs de ces dernières entre 0 et 300 UFC/100 ml ; et des valeurs de 00 UFC/100ml pour l'eau traitée ce qui signifie une absence totale de nombre des sulfito-réducteur qui se sont conforme à la norme algérienne; donc en conclue que la désinfection est efficace.

V.6. Facies hydrochimique

V.6.1. Représentation des résultats d'analyses selon piper

Les différents éléments majeurs caractérisant l'eau de barrage sont représentés dans la figure V.24.

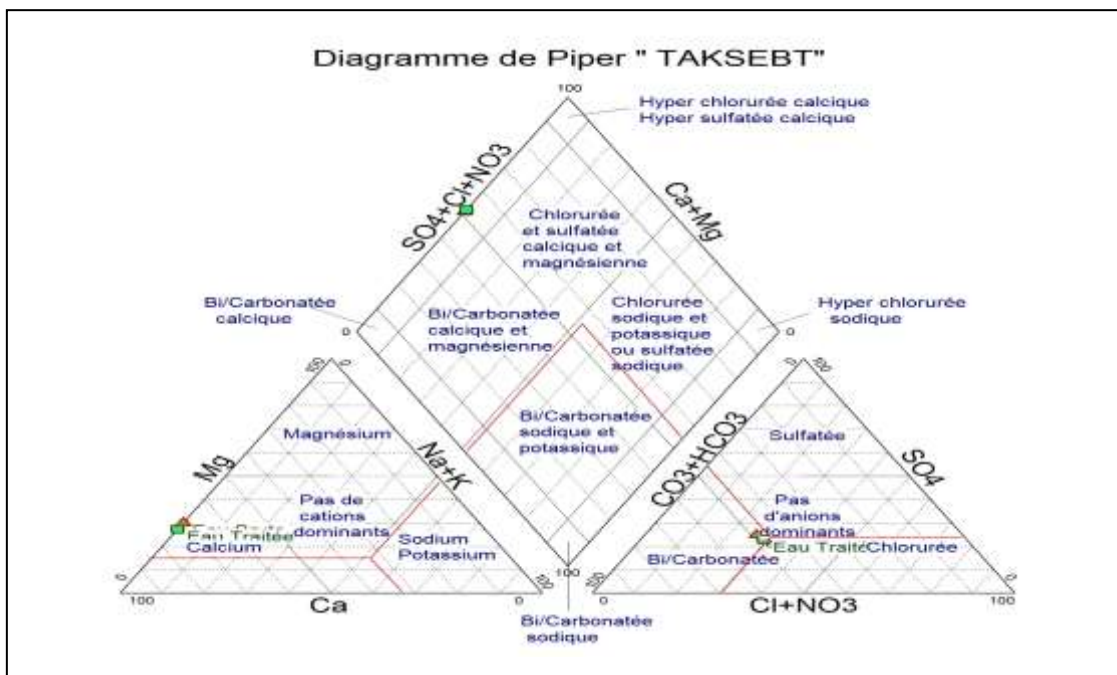


Figure V.24 : Diagramme de piper pour les eaux de barrage en amont et en aval

La représentation des points d'eau du barrage Taksebt en surface sur le diagramme triangulaire de Piper pour les analyses effectués dans du 26 juin au 25 juillet, montre la tendance vers le pôle magnésien en aval et le pôle calcique en amont dans le sous triangle des

ations, alors que les anions montrent une dominance chlorurée pour les deux (brute et traitée). Le diagramme de la figure V.24, fait ressortir un faciès **Chlorurée et sulfaté calcique et magnésienne, un peu carbonatée**

V.6.2. Représentation des résultats d’analyses selon SCHOELLER-BEKALOFF

Schoeller-Bekaloff utilisent les diagrammes logarithmiques pour présenter de l’eau, les paramètres physicochimiques (figure V.25)

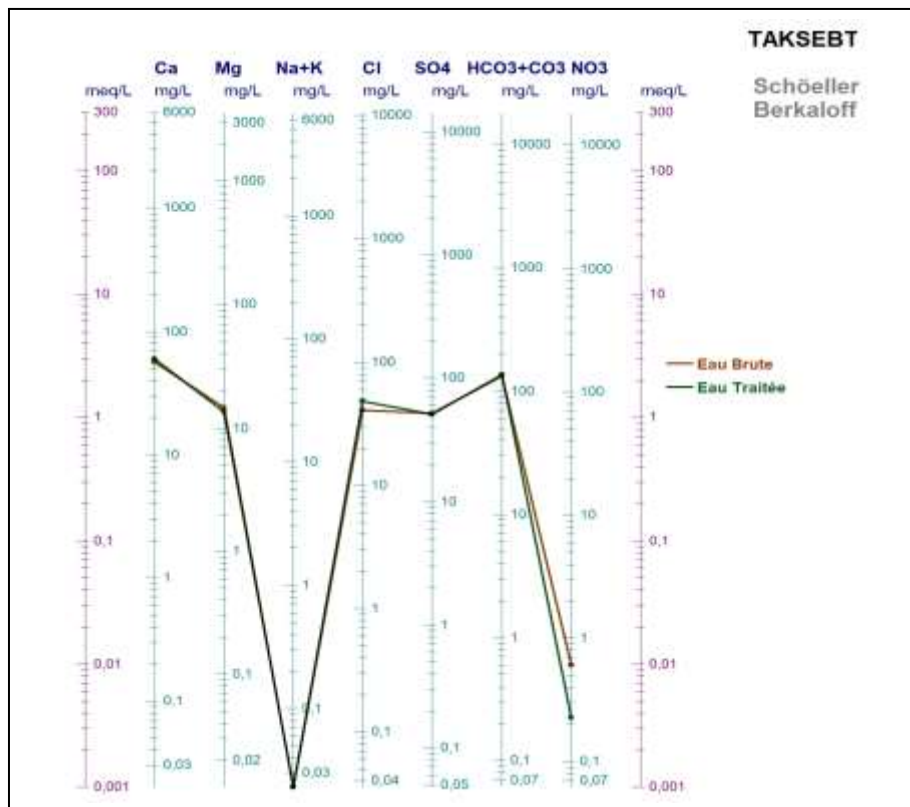


Figure V.25 : Digramme logarithmique de SCHOELLER-BERKALOFF des eaux du barrage de Taksebt

Le diagramme tracé dans la figure V.25 ci-dessus pour l'eau brute et traité en amont et en aval du barrage taksebt confirme la prédominance du **faciès chlorurée, sulfates, calcique et magnésienne**, permettant de dire que la minéralisation de ces eaux est liée essentiellement aux ions : Cl^- , SO_4^- , Ca^{++} et Mg^{++} , un peu carbonatée.



Conclusion



Conclusion

Au cours de cette étude portée sur les eaux du barrage de TAKSEBT qui représente le principal ouvrage hydraulique fournissant de l'eau potable pour une bonne partie de la population de Tizi-Ouzou, Alger et Boumerdes, nous avons effectués des analyses organoleptique, physico-chimique et bactériologique avant et après traitement des eaux.

Les résultats des analyses obtenus révèlent que l'eau du barrage est :

- Du point de vue organoleptique, l'eau traitée est une eau assez bonne avec un léger goût et odeur du chlore.
- Du point de vue physico-chimiques la plus part des paramètres analysés (Température, pH, Conductivité, Oxygène dissous, Turbidité, Ammonium, Nitrites, Nitrates, résidu sec, MES, sulfate, fer, orthophosphates, ammonium, dureté totale, calcium, magnésium, TAC) sont conformes aux normes de l'eau potable avant même que l'eau ne soit traitée et les autres paramètres (manganèse) présente certaines anomalies par conséquent on peut dire que ces eaux brutes sont peu chargées en polluants ; contrairement à l'eau traitée qui est d'une bonne qualité
- Du point de vue bactériologique, indiquent que l'eau brute renferme des bactéries supérieures aux normes recommandées (E.Coli, coliformes totaux, germes totaux, anaérobies sulfite-réducteur). Bien que nous avons constaté que l'eau traitée a une qualité bactériologie irréprochable, car les résultats d'analyse répondent aux normes algériennes et les lignes directrices sur l'eau potable de l'OMS.
- Du point de vue hydro-chimique, se caractérisent par un faciès chloruré, sulfaté, calcique et magnésien d'après la classification de Piper et de schoeller-Berkaloff.

Le contrôle systématique des étapes de potabilisation et des paramètres de qualité des eaux traitées qui a été effectué de manière régulière a montré que des corrections significatives ont été apportées par ladite station aux eaux de consommation par exemple, la turbidité de l'eau brute qui est varié de 1.01 à 2.61 NTU et qui est diminué après traitement de 0.15 à 0.32 NTU; le fer de l'eau brute qui varie entre 0.02 et 0.05 mg/l et après traitement entre 0.01 et 0.02; les bactéries sulfite-réducteurs de l'eau brute qui varie entre 0 et 300 UFC/100 ml qui est devenu nulles. Tous les paramètres mesurés sont dans les normes exigées par la réglementation Algérienne. Donc on peut dire l'eau que nous buvons est de bonne qualité, ce qui reflète la convenance, la fiabilité et l'efficacité des procédés utilisés.

Au terme de cette étude, nous pouvons conclure par certaines recommandations que nous voyons utile pour maîtriser mieux le problème de la potabilisation des eaux de barrage. L'analyse des autres paramètres tel que les métaux lourds, les pesticides qui peuvent être responsable de maladies hydriques.

- Remplacer la pré-chloration par la pré-ozonation pour éviter de prendre les risques toxiques qui peuvent être causés par le chlore à long termes et afin d'avoir une eau de meilleure qualité gustative, n'ayant pas le goût de « l'eau de javel ».
- La recherche d'une nouvelle méthode à laquelle la concentration de l'aluminium sera moins élevée.

Conclusion

- Il serait également plus avantageux que les boues puissent être recyclées et utilisées à des fins agricoles par exemple, au lieu d'être jetées dans la lagune.

Au final, nous dirons que l'approvisionnement et la distribution d'eau potable aux consommateurs est la suite logique d'efforts de contrôle permanent de la qualité et d'un suivi rigoureux à toutes les étapes : de la collecte aux robinets des consommateurs. Il faut donc en prendre soin et arrêter de la gaspiller !



Références bibliographiques



« A »

- **ABDESSELEM A., (1999).** Suive de La Qualité microbiologique et Physicochimique de trois Serres Alimentant de la région de Tlemcen. Mémoire d'ingénieur institut de biologie, université de Tlemcen, p80.
- **AFNOR. (2001).** Qualité de l'eau, analyses organoleptiques- mesures physico-chimiques paramètres globaux-composés organique. 6ème Edition.ISO 7888-1985 (F), p73.
- **AISSAOUI A., (2013).** Évaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région d'Oued Athmania (Mila) par les activités agricoles. Thèse de Magistère en biologie.
- **ALLOIUANE H., (2012).** Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Mémoire de Magistère, université Mentouri département de biologie végétale.
- **ANONYME, (2000).** Recherche et Gestion des savoirs RGS/AGC/SS, Revue de presse thématique n° 27 : Les maladies hydriques, p9.
- **ARCHIBALD F., (2000):** The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems – a cause for concern? Water Quality Research Journal of Canada, p1-22.
- **AROUA A., (1994).** L'homme et son milieu. Edition société national. Alger ,p73-85.

« B »

- **BEAUDRY J.P, (1984).** Traitement des eaux; Editeur: Copyright; Année de publication, p231.
- **BEAZAID, (2021).**Techniques de la gestion et de la distribution de l'eau. Edition Le Moniteur, Paris.
- **BEHRA P., (2013).** Chimie et environnement: cours, études de cas et exercices corriges, Edition DUNOD.
- **BELGHITI M.L ., CHAHLAOUI A., BENGOUNI D., EI MOUSTAINE R., (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio-Quaternaire dans la région de Meknes (Maroc).Lahryss Journal, ISSN 1112-3680, n° 14, juin 2013, p21-36.
- **BLANDINE V., (2021).** Traductrice 25 nov 2021.
- **BOUANANI A., (2005) :** Etude de quelques sous bassins de la TAFNA (NW-ALGERIE). Thèse de doctorat d'état en géologie appliquée .Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algerie, p250.
- **BOUCHESEICHE C., CREMILLE E., PELTE T. et POJER K., (2002) :**Guide technique N°7 pollution toxique et écotoxicologie : notions de base SDAGE. Edition Agence de l'Eau Rhone-Méditerranée-Corse, Corse, p82.
- **BOURGEOIS. et coll, (1991).** Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments: Tome 1. Edition Lavoisier.Tec et Doc, p260-261
- **BOUZIANI M., (2000).** L'eau de pénurie aux maladies. Edition Ibn Khaldon, p31-54

« C »

- **COLLIN J.J., (2004).** Les eaux souterraines. Edition Brgm et Hermann, p27
- **CARDOT C., (2002).** Génie de l'environnement: les traitement de l'eau. Edition Elipes marketing S. Agroalimentaire, Paris, p160.

« D »

- **DEGREMONT., (1989).**Mémento technique de l'eau.Tome 1. Edition TEC et DOC.
- **DEGREMONT., (2005).** Mémento Technique de l'eau. 10ème édition Lavoisier, Tome I, Paris, p785
- **DERWICHE. et coll, (2010).** Caractéristique physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès,Larhyss Journal, n°08, Juin, 101-112.
- **DESJARDINS R., (1997).** Le traitement des eaux .2ème Edition. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, p304.
- **DISJARDINS R., (1990).** Le traitement de l'eau. 2ème édition. Ecole polytechnique de Montréal
- **Direction de l'hydraulique de la wilaya de Tizi-Ouzou (D.H.W.T), (2012).** Assise de l'eau de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- **DOVONOU F., (2008).** La pollution des plans d'eau au Benin. Mémoire de DEA/Centre Inter-facultaire pour la Formation et la Recherche en Environnement et Développement (CIFRED), p67.
- **DUGUET J. P., BERNAZEAU F., CLERET D., GAID A., HELMER C. et LAPLANCHE A., (2006).**Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine, 1ère édition ASTEE (association scientifique et technique pour l'environnement) Paris, p839.

« E »

- **EDBERG. et coll, (2000).** Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural. Aspect techniques et financiers .Oieau , France, p5.

« F »

- **FRIEDLI C., (2002).** Chimie générale pour ingénieur. Edition presse polytechnique.

« G »

- **GANI F., (2001).** Analyse et traitement des eaux de Taksebt (T.O), mémoire de fin d'étude, diplôme d'ingénieur d'état en Agronomie.
- **GENDRONNEAU M., (2006).** Etude des secteurs du Croisic et de Pen-Bé : Estimation des apports continentaux et évaluation des stocks conchylicoles. Programme de surveillance et évaluation de l'état des eaux littorales. Edition IFREMER, p267.
- **GHAZALI D. et ZAID A., 2013.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknes à Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp 25-36
- **GUENTRI S. et RAHMANIA F., (2015).** Contribution à la connaissance de la remontée et la pollution des eaux. Edition: universitaires européennes, p28.

« H »

- **HASLAY C. et LECELER., (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Tec et Doc. Lavoisier, Paris, p132.
- **HERNANDEZ DE LEON HECTOR RICARDO., (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.

« J »

- **JESTIN E., (2006).** La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires. Edition Agence de l'eau saine Normandie (AESN), Basse Normandie, 34p.
- **JOHN P. et DONALD A., (2010).** Microbiologie, 3ème Édition.

« K »

- **KEMMER F., (1984).** Manuelle de l'eau. Edition Lavoisier technique et documentation, p 95- 96-112.

« L »

- **LADJEL F., (2006).** Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, p80.
- **LOUNNAS A., (2009).** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. Thèse de Magister, Université de Skikda.
- **LUCILE WOODWARD.** journal (doctocimo).

« M »

- **MARILLYS M., (2021).** Centre d'information des eaux : La pollution de la ressource en eau : d'où vient-elle et comment la réduire ?
- **MASSON M., (1999).** Major Ions in water. New Delhi, India: World Bank & government of the Netherlands funded, p41.
- **MCGUIRE et GASTON, (1988).** Advances in treatment processes to solve off-flavor problems in drinking water. Water science and technologie, p153.
- **MELGHIT M., (2012).** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments eau / sédiments de l'oued rhumel, et des barrages HAMMAM GROUZ et BENI HAROUN. Mémoire magister, Université Mentouri Constantine, p175.
- **METAHRI M.S., (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes : Cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p8-9.

- **MYRAND D., BICCHI D., BRODEUR M., ELLIS D., GIGNAC M., MASSE M., OUELLET M., PAQUIN J., PERRON R., ROY N. et TREMBLAY H., (2003).** Le Puits. Ministère de l'Environnement, Québec, Canada.

« N »

- **NAUCIEL C. et VILDE JL., (2005).** Bacteriologiemedicale. 2ème édition MASSON.

« O »

- **OMS., (1994).** Directives de qualité pour les eaux de boisson; Volume 1- Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2ème édition.
- **OMS., (2005).** Célébration de la décennie internationale d'action : L'eau source de vie Journal mondial de l'eau 2005, Guide de sensibilisation, Genève, Suisse, 2005-2015, p34.

« P »

- **PERRY J., (1984).** Microbiologie: cours et question de révision. Edition Dunod. Paris.

« R »

- **REJSEK F., (2002).** Analyse des eaux. aspect réglementaire et techniques, Tome I .Edition Scrérén CRDPA quitaine, Bordeaux, p144-1579.
- **RODIER J., (1984).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod,Paris.
- **RODIER J., (2005).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8ème édition: Dunod, Paris
- **RODIER J., LEGUBE B. et MERLET N., (2009).** L'analyse de l'eau. 9ème Edition Dunod, Paris.
- **ROLAND V., (2003).** Eau, environnement et santé publique.2eme édition, université rené-Descartes-paris
- **ROUABHIA. (2004).** Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El MA EL Abiod (Algérie) sécheresse.
- **ROUISSAT B., (2010).** La gestion des ressources en eau en Algérie : Situation, défis et apport de l'approche systémique.

« S »

- **SAMAK H., (2002).** Thèse analyse physico-chimiques et bactériologiques au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001. spectroscopy as a tool to estimate biologic alactivity in a coastal zone submitted
- **SAVARY P., (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau. Edition Territorial Voiron, p261.
- **SHARMA BK., (1994).** Water pollution. Krishna Prakasha media.

« T »

- **THOMAS O., (1955).** Météorologie des eaux résiduaires. Edition: Tec et Doc Lavoisier Cedeboc, p135-192.

« V »

- **VALENTIN N., (2000).** Gestion des eaux: Alimentation en eau assainissement. Ed. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, p92.
- **VILAGINES R., (2003).** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2ème édition: Tec et Doc. Lavoisier, p3- 187-198.



Annexes



Annexe 01 : Les normes Algériennes Française et de l’OMS de l’eau potable

Tableau01 : Les valeurs indicatives des paramètres organoleptiques (OMS, 2005; JORA, 2014); Journal Officiel de la République Française (JOR, 2007).

Paramètres	Unités	Normes OMS	Normes algériennes	Norme françaises
Couleur	mg/l platine	15	15	15
Odeur 12°C	Taux dilution	Acceptable	4	Acceptable
Saveur 25°C	Taux dilution	Acceptable	4	Acceptable

Tableau 02 : les valeurs indicatives des paramètres bactériologique (OMS, 2005; JORA Algérienne, 2014); Journal Officiel de la République Française (JORF, 2007).

Paramètres	Unités	Valeurs indicatifs
Escherichia	n/100m	0
Entérocoques	n/100ml	0
Bactéries sulfitoréductrices et les spores	n/20ml	0
Coliformes totaux	UFC/100ml	0
Coliformes fécaux	UFC/100ml	0
Germes totaux à 22 °C	UFC/100ml	100
Germes fécaux à 37°C	UFC/100ml	10

Tableau 03 : Normes physico-chimiques (OMS, 2005; JORA, 2014); Journal Officiel de la République Française (JORF, 2007)

Paramètres physico-chimiques Et paramètres de pollution	Unités	Normes OMS	Normes algériennes	Normes françaises
Température	°C	Acceptable	25	25
pH	/	7-8.5	6.5-9	6.5-9
Conductivité électrique	µS/cm	/	2800	≥180 et ≤ 1000
Turbidité	NTU	5	5	1
chlorure	mg/l	/	500	250

Dureté totale	mg/l	50	50	/
Calcium	mg/l	/	200	/
Magnésium	mg/l	/	150	50
Nitrate	mg/l	50	50	50
Fer	mg/l	/	0.3	/
Phosphore	mg/l	/	5	/
Potassium	mg/l	250	12	/
sodium	mg/l	/	200	200
Sulfate	mg/l	0.3	400	250
Ammonium	mg/l	/	0.5	
Fluorure	mg/l	1.5	1.5	
Résidus secs	µg/L	/	1500	
Nitrite	Mg/l	/	0.2	0.2
Manganèse	Mg/l	/	0.5	0.5
MES	Mg/l	/	50	/
Aluminium	Mg/l	0.2	0.2	0.2
Oxygène dissous	Mg/l	/	8	8

Résumé :

Dans ce travail nous avons effectué une étude qualitative du point de vue organoleptique (odeur goût), physicochimique (pH, conductivité, oxygène dissous, MES,...) et bactériologique (coliformes totaux, germes totaux, coliformes fécaux, ...) de l'eau du barrage de Taksebt en se basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux.

Les résultats des analyses organoleptiques montrent que l'eau traitée est assez bonne avec un léger goût et odeur du chlore; l'examen physico-chimique a montré qu'elle est de bonne qualité, tels que l'examen de pH qui a prouvé que cette eau est légèrement alcaline (7.28 à 7.78); l'examen de la dureté est mi-dure (20 à 20.6 °F), avec une température passable (22.5 à 27°C). Concernant l'analyse bactériologique, les résultats ont montré des valeurs nulles ou presque nulles des indicateurs de contamination après qu'elle était chargée de ces coliformes, tels que les coliformes totaux et fécaux (0 UFC/100ml) qui ont été éliminés après traitement. Cependant, les résultats obtenus obéissent aux normes de potabilité de l'eau.

On conclue que cette eau est de bonne qualité du point de vue organoleptique, physico-chimique et bactériologique.

Mots clés : eau potable, qualité de l'eau, normes.

Abstract:

In this work, we carried out a qualitative study from the organoleptic (taste smell), physicochemical (pH, conductivity, dissolved oxygen, MES,...) and bacteriological (total coliforms, total germs, faecal coliforms, ...) point of view of the water from the Taksebt dam; based on Algerian water potability standards.

The results of the organoleptic analyzes show that the treated water is quite good with a slight taste and smell of chlorine; the physico-chemical examination showed that it is of good quality, such as the pH examination which proved that this water is slightly alkaline (7.28 to 7.78); the hardness test is medium-hard (20 to 20.6°F), with a passable temperature (22.5 to 27°C). Regarding the bacteriological analysis, the results showed zero or almost zero values of contamination indicators after it was loaded with these coliforms, such as total and faecal coliforms (0 CFU/G100ml) which were eliminated after treatment. However, the results obtained comply with water potability standards.

It is concluded that this water is of good quality from an organoleptic, physico-chemical and bacteriological point of view.

Keywords: Potable water, water quality, standards.