

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomique

Département: Sciences agronomiques

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité: Eau et Environnement

Thème

**Evaluation de la qualité d'une eau de surface
avant et après traitement : Cas du Barrage
Koudiat Acerdoune Wilaya de Bouira.**

Réalisé par :

M^{elle} SLIMANI Hanane

M^{elle} MEDJNOUN Dilia

Soutenue le : 04/10/2022

Devant le jury composé de :

Président : M^f BERRADJ Omar

Maitre de conférences (A) UMMTO

Promoteur : M^f SMAIL Adel

Maitre de conférences (B) UMMTO

Examinatrice : M^{me} AISSAOUI Dyhia

Doctorante UMMTO

Année universitaire : 2021/2022

Remerciement

Nous tenons à présenter nos vifs remerciements :

Tout d'abord, au « Dieu » tout puissant, de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce modeste travail.

A notre promoteur M^r SMAIL Adel pour son encadrement. Nous lui sont reconnaissants, sa disponibilité, son soutien, ses encouragements et ses conseils.

On tient également à exprimer notre immense gratitude envers les membres du jury ; M^r BERRADJ Omar d'avoir accepté de présider notre travail et M^{me} AISSAOUI Dyhia de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions

Nous remercions également tous ceux qui ont collaboré au bon déroulement de notre travail, Notamment ;

M^r ARKOUB Rachid directeur de la station Koudiat Acerdoune de nous avoir accueilli, et d'avoir accepté d'effectuer notre recherche à la station. Ainsi que à tout le personnel rencontré, en particulier Mme GAROUI et Mme RABIAH et Mme KADI ingénieurs au laboratoire de la station K.A qui ont acceptées de répondre à nos interrogations avec gentillesse ainsi que toute l'équipe de SCADA.

Dédicace

Je tien à dédier ce modeste travail qui a été la récolte de tant d'efforts à :

La mémoire de mon père pour m'avoir donné la vie et la joie de vivre.

Ta bonne éducation, tes conseils et tes bénédictions n'ont jamais fait défaut, que Dieu le tout puissant t'accorde son paradis éternel (amen).

A ma très chère au monde, ma mère ma source intarissable d'amour, de tendresse et de sacrifice, que dieu la protège et l'entoure de sa bénédiction.

A mes chers frères et chères sœurs

A mon très cher fiancé

A ma petite belle famille

A la mémoire de mon beau père

A mon binôme et amie Hanane

A tous les amis qui me sont chers, et qui me connaissent de près et de loin

DILIA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chères

A mes très chers parents, pour leur sacrifice leur accompagnement et leur encouragement tout au long de mes études que dieu vous protègent.

A mes très chers sœurs : Amina, Hayet , Manel et Yasmine

A toute ma famille

A tous mes amis et ma binôme Dylia

Il est difficile de remercier toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide, sans prendre le risque d'en oublier. J'espère néanmoins leur avoir fait preuve de toute ma reconnaissance à chaque fois qu'ils ont facilité mon travail, donné un coup de main, Merci.

HANANE

Liste des abréviations

AHA	Acide halocétique	MON	Matière organique naturelle
AgNO₃	Nitrate d'Argent	MR	Microorganismes Revivifiables
ASR	Aérobies Sulfito-Réducteur	Ms/cm	Millisiemence par centimètre
BCPL	Gélose Lactosé au Bromocrésol-Pourpre	MTH	Maladies à Transmission Hydrique
BEA	Gélose Bile Esculine Azide	N	Normalité
C°	Degré Celsius	NH⁴⁺	Ion ammonium
Ca²⁺	Calcium cation	Nm	Nanomètre
CAP	Charbon actif en poudre	NO₂⁻	Dioxyde d'azote (Ion nitrite)
CE	Conductivité Electrique	NO₃⁻	Ion nitrate
CF	Coliformes Fécaux	NPP	Nombre le plus probable
CL⁻	Chlorures	NTU	Unité de Turbidité Néphélométrique
CRL	Chlore Résiduel Libre	OMS	Organisation Mondiale de la Santé
CSR	Clostridium Sulfito-Réducteur	pH	Potentiel Hydrogène
CT	Coliformes Totaux	PTCO	Platine Cobalt
DBO	Demande Biochimique en Oxygène	SF	Streptocoques fécaux
DCO	Demande Chimique en Oxygène	SPC	Sous produit de chloration
DPD	Diéthyl-P-phénylènediamine	SPD	Sous produit de désinfection
EB	Eau Brute	T°	Température
E. Coli	Escherichia Coli	TA	Titre Alcalimétrique
EDCH	Eaux Destinés à la Consommation Humaine	TAC	Titre Alcalimétrique complet
EDTA	Éthylène Diamine Tétra Acétique	TDS	Total des Solide Dissous.
ET	Eau Traité	TGEA	Gélose Tryptone Glucose Extract
ISO	International Standards Organisation	TH	Titre hydrométrique
JORAD	Journal officiel république Algérienne démocratique	THM	Trihalomèthane
K.A	Koudiat Acerdoune	UFC	Unité formant colonies
M³/J	Mètre cube par jours	U.P.K.A	Unité de production Koudiat Acerdoune

MES	Matière en suspension	UV	Ultra-violet
MIN	Minute	UV-VIS	Ultra-violet visible
Mg²⁺	Magnésium cation	VF	Viande de foie
Mg/mol	Milligramme par mol	µm	Micro mètre
M.O	Matière organique	µs/cm	Micro siemens par centimètre

Liste des figures

N°	Titre	Pages
1	Image satellitaire du barrage Koudiat Acerdoune.	18
2	Station de traitement de KOUDIAT ACERDOUNE Synoptique.	20
3	Robinet à disques.	21
4	Cascade d'aération.	21
5	Localisation des points d'injection.	21
6	Décanteur lamellaire.	23
7	Principe de la clarification par densadeg (décanteur).	23
8	Vue éclatée d'un filtre AQUAZUR V.	24
9	Filtres en état de lavage.	24
10	Points d'injection de chlore au niveau de réservoir.	25
11	Laboratoire de la station Koudiat Acerdoune.	26
12	pH mètre.	28
13	Turbidimètre « TL 2300 ».	28
14	Conductimètre.	29
15	Dosage d'ammonium.	30
16	Dosage des nitrates.	31
17	Dosage des nitrites.	32
18	Dosage des phosphates.	33
19	Dosage du Fer.	40
20	Demande en chlore.	41
21	Tube de Bouillon BCPL à double et à simple concentration.	42
22	Gélose TGEA.	43
23	Milieu de culture ENDO.	46

24	Milieu de culture SLANETZ.	46
25	Variation de la température des eaux du barrage Koudiat Acerdoune avant et après traitement.	48
26	Variation de pH des eaux du barrage K.A avant et après traitement.	49
27	Variation de la turbidité des eaux du barrage K.A avant et après traitement.	49
28	Variation de la conductivité électrique des eaux du barrage K.A avant et après traitement.	50
29	Variation de la teneur en ammonium dans l'eau du barrage K.A avant et après traitement.	50
30	Variation des nitrates des eaux de barrage K.A avant et après traitement.	51
31	Variation de la teneur en matière organique (M.O).	51
32	Variation des teneurs en aluminium dans l'eau traitée.	52
33	Variation des teneurs en sulfate dans l'eau traitée.	52
34	Variation de la dureté des eaux du barrage K.A après traitement.	53
35	Variation des chlorures des eaux du barrage K.A avant et après traitement.	53
36	Evaluation de taux des sels dissous dans l'eau traitée en fonction du temps.	54
37	Variation du chlore résiduel des différents échantillons d'eau pendant 15 jours.	54
38	Variation du chlore résiduel en fonction du chlore ajouté.	55

Liste des tableaux

N°	Titre	pages
1	Principales maladies transmises par l'eau.	07
2	Principales caractéristiques du barrage de Koudiat Acerdoune.	18
3	Capacité hydraulique de la station.	19
4	Matériel et appareils utilisés dans le laboratoire de la station de Koudiat Acerdoune.	26
5	Principales étapes d'analyse bactériologique de l'eau brute.	43
6	Principales étapes d'analyse de l'eau traitée.	45
7	Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute et de l'eau traitée.	55

Liste des abréviations**Liste des figures****Liste des tableaux****Introduction**.....2**Chapitre I : Synthèse bibliographique****Partie A : Généralités sur les eaux de surface et les causes affectant sa pollution.**

1. Caractéristiques générales des eaux de surface.....	4
2. Pollution des eaux de surface.....	4
3. Les différents types de pollution.....	4
3.1. La pollution physique.....	4
3.2. La pollution chimique.....	5
3.3. La pollution microbiologique.....	5
3.4. Pollution organique.....	5
4. Les risques sanitaires d'origine hydrique.....	6
4.1. Risque microbiologique.....	6
4.2. Risque chimique.....	6
5. Effets des risques sanitaires d'origine hydrique sur la santé et sur l'environnement.....	6
6. Les maladies à transmission hydrique.....	7
7. Les principaux facteurs de transmission des maladies hydrique.....	8

Partie B : Paramètres et normes de qualité de l'eau

1. L'eau potable.....	9
2. Les paramètres de qualité des eaux potables.....	9
2.1. Les paramètres organoleptiques.....	9
2.2. Les paramètres physico-chimiques.....	9
2.3. Paramètres indésirables.....	12
2.4. Paramètres de toxicité.....	12
2.5. Paramètres de pollution organique.....	13
2.6. Paramètres bactériologiques.....	14
3. Normes de potabilité.....	15
4. Critères de potabilité.....	16
5. Non-conformité de la qualité de l'eau distribuée :.....	16

Conclusion.....	16
-----------------	----

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Présentation du barrage Koudiat Acerdoune.....	18
2. Présentation de la station.....	19
3. Les différentes étapes de traitement de la station K.A (diagnostique de fonctionnement)	20
4. Présentation de laboratoire	26
5. Méthodes d'analyses des paramètres physico-chimiques	27
6. Les méthodes d'analyses bactériologiques.....	41

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats	48
2. Discussion	57

Conclusion	63
-------------------------	----

Références bibliographiques	65
------------------------------------------	----

Annexes



Introduction

La molécule d'eau est l'association d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène sous le symbole H₂O. En tant que liquide, elle est considérée comme un solvant universel (IDRES, 2020). L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et dans l'activité humaine. C'est une composante majeure du monde minéral et organique. Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles (AOUISSI et HOUHAMDI, 2014).

Cette ressource rare, est de nos jours menacée par la surexploitation, la pollution, le changement climatique, la croissance démographique, l'urbanisation, la désertification des sols (SIDIBE et YAYE, 2017). La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. En effet elle peut être responsable de divers infections hydriques qui peuvent concerner les eaux superficielles et les eaux souterraines (PAINCHAUD, 1997).

Les eaux de surfaces peuvent contenir des quantités non négligeables de matières organiques issues de divers rejets, leur présence dans ces eaux implique de nombreux problèmes (BOURAS, 2020). L'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas faire courir à des risques. Dans ce cadre, l'élimination des microorganismes constitue un objectif essentiel d'une chaîne de traitement qui s'effectue par une étape de désinfection qui vise au maintien d'un résiduel de désinfectant pour empêcher la survie des microorganismes dans le réseau de distribution et prévenir ainsi le risque de contamination (CELERIER et al, 2003 ; DESJARDINS, 1997).

Le maintien de la qualité de l'eau à la sortie d'usine de traitement jusqu'au robinet du consommateur est une préoccupation majeure des traiteurs et des distributeurs d'eau (COFFI et al, 2020)

L'objectif de ce travail porte sur le suivi des paramètres de qualité de l'eau avant et après traitement au niveau de la station Koudiat Acerdoune durant les derniers quinze jours de juin (15.06.2022 au 30.06.2022).

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the bottom, both with rounded ends. The top corners are also rounded. The text is centered within this frame.

Chapitre I
Généralités sur les eaux de surface

Partie A : Généralités sur l'eau de surface et les causes affectant sa pollution

1. Caractéristiques générales des eaux de surface

Les eaux de surface sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface, leurs composition chimique dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains (DEGREMONT, 2005).

Dans les retenues d'eau de surface, la qualité de l'eau varie de la surface jusqu'au fond de la retenue et en fonction des périodes de stratification en eau suivant les saisons. Ces eaux dans la plupart des cas sont le siège d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur (BLIEFRET et PERRAUD, 2001).

2. Pollution des eaux de surface

Les eaux de surface sont rarement potables à l'état brute, ils sont toujours plus ou moins pollués par divers rejets ; tels que les rejets urbains, industriels, agricoles (DEGREMONT, 2005).

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation de l'environnement par la civilisation technologique contemporaine (RAMADE 2005). La notion de la pollution ne se réfère pas à la pureté des eaux ni même à leurs aptitudes, mais aux modifications de leurs caractéristiques dues aux actions humaines (LEYNAUD et VERREL, 1980).

3. Les différents types de pollution

On peut distinguer plusieurs catégories de pollution des eaux selon la nature et les usages des polluants qui sont à l'origine de ces pollutions :

3.1. La pollution physique

Elle est essentiellement industrielle, secondairement domestique. On peut distinguer trois types de polluants ayant un caractère physique : les polluants mécaniques, les polluants thermiques et les polluants atomiques (AROUYA, 2011).

3.1.1. Polluants mécaniques

Ils sont dues aux effluents solides rejetés par les usines, ces particules solides contribuent à l'altération de l'écosystème par perturbation de la photosynthèse en limitant la pénétration des rayons solaires (AROUYA, 2011).

3.1.2. Polluants thermiques

L'utilisation de l'eau comme liquide de refroidissement dans des centrales thermiques réchauffe les rivières dans lesquelles le rejet s'effectue. Cette élévation de température diminue la teneur en oxygène de l'eau et donc la capacité de vie des différentes espèces (BORDET, 2007).

3.1.3. Polluants radioactifs

La source majeure réside dans les rejets chargés d'éléments radioactifs issus d'explosion d'armes nucléaires et des résidus des usines utilisant l'énergie atomique (BELLAN et PERES, 1994).

3.2. La pollution chimique

Ce type de pollution des eaux de surface résulte le plus souvent de l'introduction dans le milieu des substances à effet toxique, des critères multiples et d'origines diverses (pesticides, détergents, métaux lourds, hydrocarbure, etc.) (CASTANY, 1982).

3.3. La pollution microbiologique

La pollution microbiologique des eaux se traduit par une forte contamination par de nombreux agent pathogènes ; bactéries et virus. Elle soulève dans bien des cas de redoutables problèmes d'hygiènes publiques qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers monde (RAMADE, 2005).

3.4. Pollution organique

La pollution organique a plusieurs sources: agricole (lisiers), industrielle (tanneries, abattoirs, laiteries, industries agro-alimentaires comme huileries et sucreries, etc.), humaine (déversement direct au cours d'eau, via les égouts, de déchets ménagers divers et d'excréments). Lorsque les apports sont trop importants, la matière organique excédentaire provoque des dysfonctionnements des cours d'eau et des milieux côtiers. La décomposition s'accompagne, en effet, d'une baisse de la teneur en oxygène dissous, qui conduit parfois à l'asphyxie de la faune, fermentation à l'origine d'odeurs putrides (production de méthane et

d'hydrogène sulfuré) ou produire des composés toxiques pour la faune aquatique, comme l'ammoniac ou les nitrites (LEVEQUE, 1996).

4. Les risques sanitaires d'origine hydrique

4.1. Risque microbiologique

Généralement, les pathologies d'origine microbiologiques sont d'apparition brutale et massive peuvent de ce fait toucher une importante population avec des effets à court ou moyen terme. Les personnes sensibles (notamment les enfants en bas âge et les personnes immunodéprimées) sont particulièrement exposées à la consommation d'une eau contaminée par des micro-organismes. Les bactéries, souvent de provenance intestinale, furent et restent, dans de nombreux pays, à l'origine de grandes épidémies telles que le choléra et la typhoïde (GRAINDORGE, 2015).

4.2. Risque chimique

L'être humain trouve une grande part de ses besoins en substances minérales dans l'eau de boisson. C'est en général la présence d'un excès de certains éléments qui peut induire soit directement, soit indirectement, des effets néfastes pour la santé. Par exemple, le fluor présent dans l'eau à des teneurs inférieures à 1,5 mg/l est utile à la prévention de la carie dentaire. En revanche, au-delà, et notamment à partir de 4mg/l, des pathologies (fluorose dentaire, etc.) peuvent apparaître. Certaines maladies sont étroitement liées à la structure naturelle des eaux indépendamment de toute pollution par excès, voire par carence de certains éléments (GRAINDORGE, 2015).

5. Effets des risques sanitaires d'origine hydrique sur la santé et sur l'environnement

De nombreux effets peuvent être induits sur les organismes, tel que la génotoxicité, l'immunodulation ou les perturbations endocriniennes. Mais il apparaît aussi des effets environnementaux, comme l'eutrophisation et la diffusion de l'antibiorésistance. Pour chaque danger, l'évaluation du risque implique de disposer d'une connaissance approfondie de ses effets biologiques indésirables (LEVI, 2017). Ainsi que les produits phytosanitaires ou phytopharmaceutiques sont utilisés par les agriculteurs pour éliminer des divers parasites de leurs cultures. La persistance de ces produits entraînés par les eaux de ruissellement ou d'infiltration vers les cours d'eau ou les eaux souterraines peut présenter une toxicité perturbatrice pour la santé et l'environnement (DROBENKO, 2017).

6. Les maladies à transmission hydrique

L'eau de boisson est absolument nécessaire à la vie mais peut représenter une source de contamination par ingestion de microorganismes pathogènes (bactéries, virus, champignons, protozoaires et parasites) responsables d'infections hydriques qui présentent un caractère épidémique qui tuent encore des millions de personnes et empêchent des millions d'individus de mener une vie saine et productive. Le contrôle microbiologique est donc mis en place pour protéger le consommateur (REJSEK, 2002). Le tableau ci-dessous résume les principaux groupes et genres d'agents pathogènes responsables de maladies d'origine hydrique :

Tableau 1 : Principales maladies transmises par l'eau (ASANO, 1998).

Micro-organismes	Maladies	Principales site atteint
1. BACTERIES		
Shigella Shigelloses (dysenterie bacillaire) Système gastro-intestinal	Shigelloses(dysenteriebacillaire)	Système gastro-intestinal
Salmonella typhi	Fièvre typhoïde	Intestin
Salmonella chlera	Fièvre entérique	Système gastro-intestinal
Salmonella entéritique	Gastro-entérite	Système gastro-intestinal
Escherichia coli	Gastro-entérite	Système gastro-intestinal
Vibrio chleras	Choléra	Intestinal
Francisella tul arensis	Tularémie	Système respiratoire foie- rate Ganglions lymphatiques
Leptospirose Icterohaemorrhagiae	Leptospirose	Foie
2. Virus		
Poliovirus	Poliomyélite méningite Aseptique	Moelle épinière Méningite
Coxsackievirus	Myocardite méningite Aseptique- épidémie myalgia	Cœur-muscle
Echovirus	Méningite aseptique	Méningite-intestin

	Gastroentérite	
Adénovirus	Pharyngite	Pharynx
Réovirus	Maladies respiratoire Diarrhées	Appareil respiratoire et digestif
Virus A del'hépatite	Hépatite infectieuse	Foie
Virus gastro-entéritique	Gastro-entérite	Système gastro-intestinal
3. Protozoaires		
Entamoeba	Amibiase	Système gastro-intestinal
Naegleria	Méningite encéphalitique	Système nerveux central

7. Les principaux facteurs de transmission des maladies hydriques

L'eau est un vecteur de propagation de certaines maladies. La transmission des maladies hydriques peut tout à fait s'assimiler à celles des maladies contagieuses. La nature et la gravité des maladies hydriques dépendent de 3 facteurs, à savoir l'agent contaminant, l'environnement et l'individu contaminé.

- **L'agent contaminant:** c'est l'organisme infectant qui se trouve à l'origine de la maladie (bactérie, virus, champignon ou levure). Chaque agent est caractérisé par sa pathogénicité (aptitude à produire la maladie), sa virulence (aptitude à produire des maladies graves) et sa contagiosité (aptitude à se propager).
- **L'environnement:** la survie ou la reproduction du germe porteur de la maladie dépend de plusieurs éléments, à savoir la température, l'humidité, le milieu nutritif et de leur conditions d'agrégation. L'environnement est un facteur responsable de l'aggravation des épidémies dans les pays en développement.
- **L'individu contaminé:** chacun réagit de façon différente en fonction de son état de santé, son immunodépression et de sa sensibilisation propre (vaccination, anticorps naturels) (BELHAJ, 2001).

Partie B : Paramètres et normes de qualité de l'eau

1. L'eau potable

L'eau potable doit être exempte de micro-organismes pathogènes et de substances toxiques en vue de préserver la santé de consommateur. Elle doit par ailleurs être limpide, incolore et ne présente aucun goût ni odeur désagréable (OMS, 1986).

2. Les paramètres de qualité des eaux potables

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux règlements généraux d'hygiène, de potabilité et à toutes les mesures propres afin de préserver la santé du consommateur (REJSEK, 2002).

2.1. Les paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques (couleur, odeur, saveur, etc) sont des paramètres de confort qui n'ont généralement pas d'incidence directe sur la santé. Une eau peut être trouble, colorée, sentir le chlore et être consommable sans danger. Mais, cette dégradation de la qualité est souvent la cause première d'insatisfaction et de perte de confiance des consommateurs par rapport à l'eau distribuée. (BORDET, 2007)

2.1.1. Couleur

La coloration de l'eau est due à la présence de matières organiques colloïdales en solution ou en suspension. Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur sa potabilité (BOUZIANI, 2000).

2.1.2. Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Le sens olfactif peut seul, parfois, le déceler (RODIER et al, 2009).

2.1.3. Saveur

C'est l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune qui est perçu lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche (RODIER et al, 2009).

2.2. Les paramètres physico-chimiques

La physico-chimie des eaux constitue un facteur de première importance pour la structuration des communautés vivantes aquatiques. Les propriétés physico-chimiques de l'eau doivent être

conformes aux normes pour assurer certaines fonctions naturelles (potentialités biologiques) et usages humains (eau potable, irrigation, etc) (DUPIEUX, 2004).

2.2.1. Température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (METAHRI, 2012).

2.2.2. Le Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH sert à quantifier la concentration en ions H^+ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique. Le PH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés et varie habituellement entre 7,2 et 7,6 (REJSEK, 2002).

2.2.3. Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée de la teneur en matière en suspension (BOUZIANI, 2000).

2.2.4. La conductivité électrique

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. (REJSEK, 2002).

2.2.5. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension dans l'eau, généralement visible à l'œil nu déterminent la turbidité. Elles sont des particules solides très fines qui se classent en :

- Matières décantables qui se séparent naturellement, sans apport de réactif, quand l'eau est au repos ;
- Matières colloïdales trop fines pour décanter par gravité, mais éliminables par coagulation. (GRAINDORGE, 2015).

2.2.6. La dureté

La dureté ou titre hydrométrique (TH) d'une eau exprime l'aptitude de cette dernière à réagir et à faire mousser le savon. Elle est due aux ions cationiques dissous et correspond essentiellement à la présence des sels de calcium et magnésium, elle est directement liée à la nature des terrains traversés (REJSEK, 2002).

2.2.7. Sulfate

La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut lui conférer un goût perceptible, à des niveaux très élevés, les sulfates peuvent avoir un effet laxatif chez des consommateurs non habitués (OMS, 2017).

2.2.8. Sodium

Le sodium est un métal alcalin que l'on trouve dans des sels sous forme d'ions Na^+ . Il est très soluble dans l'eau et se trouve à des concentrations plutôt faibles dans les eaux brutes. Il affecte la qualité organoleptique de l'eau lorsque sa teneur dépasse 200 mg/L (OMS, 2017).

2.2.9. Chlorures

De façon générale, l'ion chlorure est présent dans toutes les eaux à des concentrations variables. Des concentrations élevées de chlorure nuisent au goût de l'eau en lui conférant une saveur salée (POTELON et ZYSMAN, 1998) et la rend corrosive et nocive pour les plantes (TARDAT et al, 1992).

2.2.10. Alcalinité

L'alcalinité est la mesure de la capacité d'une eau à neutraliser les acides. Il s'agit de mesurer la présence des ions bicarbonates, de carbonate et d'hydroxyde qui sont présents dans l'eau à l'état naturel. Au niveau normal du pH d'une eau, le bicarbonate et le carbonate sont les éléments qui contribuent le plus à l'alcalinité.

On distingue également deux titres qui sont :

-Titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) qui, correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} ;

$$\text{TA} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

-Titre alcalimétrique complet (TAC) qui, correspond à l'alcalinité totale, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^- et OH^- ;

$$\text{TAC} = 1/2 [\text{CO}_3^-] + [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] \quad (\text{REJSEK, 2002 ; DUGUET et al, 2006}).$$

2.3. Paramètres indésirables

2.3.1. Aluminium

l'aluminium est très réparti 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 (coloration, dépôts), l'OMS recommande comme valeur limite pour l'aluminium 0,2mg/l (RODIER et al, 2009).

2.3.2. Le cuivre, le zinc et le fer

Ne semblent pas avoir d'effets notables sur l'homme mais sont considérés comme indésirables car responsables du mauvais goût de l'eau et de sa coloration. Leur accumulation dans le réseau de distribution peut neutraliser les agents oxydants et bactéricides. Ils sont parfois des effets néfastes sur les microorganismes aquatiques (COURT, 1986).

2.3.3. Manganèse

Le manganèse est un oligo-élément indispensable à l'organisme, et ne présente aucun danger pour la santé publique. Il est répertorié parmi les paramètres témoins du fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau potable, sa concentration limite dans l'eau est de 200 μ g/l. Il provoque néanmoins des désagréments d'ordre esthétique et organoleptique (CARDOT, 2010).

2.4. Paramètres de toxicité

2.4.1. L'arsenic

L'arsenic est un métalloïde toxique, peut avoir des effets cancérigènes sur la peau. Il est essentiellement présent dans la nature sous forme de sulfures ou d'arséniate lié à l'oxyde ou à l'hydroxyde de fer. Il provient de déchets industriels (tanneries) et de certains pesticides (OFSP, 2010).

2.4.2. Le plomb

Est un élément très abondant et largement répandu dans la croûte terrestre et ne se trouve pratiquement jamais dans l'eau potable pour assurer une bonne qualité de l'eau. L'absorption de plomb et son accumulation dans l'organisme entraînent une maladie appelée "Saturnisme" qui provoque des troubles neurologiques chez les nourrissons et les enfants (MORLOT, 1996). L'OMS (2006) indique une concentration maximale admissible de 0,01 mg/l.

2.4.3. Mercure

Le mercure est le seul métal liquide à température ambiante. Il se combine très aisément avec d'autres composés et très sensible à l'acidité de milieu, il est extrêmement toxique et a des effets sur le système nerveux. Sa présence est surtout d'origine industrielle bien qu'une quantité non négligeable puisse provenir du dégazage naturel de la croûte terrestre (BELAJAL et HMIDI, 2021).

2.4.4. Fluor

Le fluor est reconnu comme un élément essentiel pour la prévention des caries dentaires. Cependant, une concentration en fluor supérieure à 2mg/l peut entraîner des problèmes de fluorose osseuse et dentaire. Les enfants sont particulièrement vulnérables à cette atteinte (SAMAKE, 2002).

2.5. Paramètres de pollution organique

2.5.1. Demande biochimique en oxygène (DBO)

C'est la quantité d'oxygène consommée à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation (DEGREMENT, 2005). Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie (METAHRI, 2012).

2.5.2. La demande chimique en oxygène (DCO)

C'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 105°C. Elle est exprimée en mg/l (METAHRI, 2012).

2.5.3. Phosphates

Les phosphates contenus dans les eaux de surface ou des nappes peuvent être d'origines naturelles, mais à l'heure actuelle, leur présence dans les eaux est essentiellement due aux rejets industriels, domestiques ou agricoles (POTELON et ZYSMAN, 1998).

2.5.4. Azote ammoniacal

Les ions ammonium se transforment assez rapidement en nitrites et en nitrates par oxydation. L'ammoniaque est toxique pour l'homme mais à des concentrations élevées. De plus, il doit être éliminé de l'eau destinée à la consommation humaine car il permet le développement des bactéries dans le réseau d'adduction en leurs procurant une source d'azote. La réglementation

française impose une valeur de 0,5 mg/l de NH_4^+ avec un niveau guide européen de 0,05mg/l (REJSEK, 2002).

2.5.5. Matières organiques

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique (BERNE et JEAN, 1991).

2.5.6. Nitrites

Ils sont retrouvés dans les eaux généralement à des doses faibles. Ils proviennent soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates (TARDAT, 1992). Les nitrites peuvent être dangereux, tant à court terme qu'à long terme (REJSEK, 2002).

2.5.7. Nitrates

Les nitrates sont des formes composées de l'azote. Chez l'homme l'excès en nitrates provoque des troubles sanguins graves, en particulier une dégradation de l'hémoglobine. Il a été reconnu qu'une eau chargée en nitrates avec une concentration supérieure à 50mg/l est susceptible de provoquer chez les nourrissons, une cyanose liée à la méthémoglobine (BOUZIANI, 2000).

2.6. Paramètres bactériologiques

L'eau distribuée au consommateur doit être exempte de polluants biologiques comme les bactéries et les virus pathogènes, mais sa qualité peut être altérée avant d'arriver chez le consommateur. Elle peut être contaminée dans le réseau de distribution ou au cours des manipulations (BOUZIANI, 2000). Les troubles sont principalement gastro-intestinaux, diarrhée et vomissements (CHOUTI, 2006).

2.6.1. Germes indicateurs de la pollution bactériologique

2.6.1.1. Les coliformes totaux (CT)

La norme Algérienne-763 (1990) les définit comme étant l'ensemble des microorganismes aptes à se multiplier à l'air libre, avec une croissance optimale à une température située entre 25°C et 45°C. Ces micro-organismes ne présentent pas d'effets directs sur la santé, mais une concentration trop importante peut entraîner des problèmes d'ordre organoleptique. Le dénombrement de la flore totale permet d'évaluer la densité bactérienne globale ; une faible

valeur est le témoin de l'efficacité de traitement et de l'intégrité du système de distribution (DUGUET et al, 2006).

2.6.1.2. Coliformes fécaux (CF)

Les coliformes fécaux aussi appelés thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. Ce sont des bâtonnets Gram(-), aérobies et facultativement anaérobies, non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36°C et 44°C en moins dans 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'Escherichia Coli (HACENE, 2016).

2.6.1.3. Streptocoque fécaux

Les entérocoques ce sont des bactéries à gram positive, sphériques (REJSEK, 2000). Les streptocoques possédant une substance antigéniques caractéristique du groupe D plus résistants à la désinfection, d'où ils représentent un intérêt en tant qu'indicateurs d'efficacité du traitement (RODIER, 2005).

2.6.1.4. Bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

Les bactéries sulfito-réductrices englobent notamment les bactéries du genre clostridium. Elles sont présentes dans les matières fécales mais généralement en petite quantité qu'E. Coli. Leur persistance dans les eaux traitées peut être le signe d'une filtration insuffisante, de défauts dans les traitements physico-chimiques, ou d'un manque d'efficacité des désinfectants (GRAINDORGE, 2015).

3. Normes de potabilité

La production et la distribution de l'eau potable sont encadrées par une réglementation stricte qui impose des normes définissant la qualité exigible de l'eau destinée à la consommation humaine. La volonté première est de fournir à l'utilisateur une eau de qualité sanitaire, garantie contre tous les risques (BOUKHETALA et ZBIRI, 2021), la qualité de l'eau a donc fait l'objet de définitions très précises sous forme des normes (ROUX, 1987).

La norme est représentée par une valeur chiffrée, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser pour une substance donnée, ou une limite inférieure à respecter, ou encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum (TALEB, 2005).

4. Critères de potabilité

L'eau doit répondre à des critères de qualité très stricts, fixés par le ministère de la santé, les critères d'une eau "propre à la consommation portent sur (KOUMAD et BENBELKACEM, 2016):

- La qualité microbiologique ;
- La qualité chimique ;
- La qualité physique et gustative.

5. Non-conformité de la qualité de l'eau distribuée :

Les ressources en eau sont exposées à des risques de pollution chimique ou microbiologique. Il est donc nécessaire de gérer les ressources en quantité et en qualité. Si un paramètre dépasse la concentration limite, il y a absence de conformité par rapport aux normes établies (BOUZIANI, 2000). En cas de variation de la qualité de l'eau susceptible de nuire à la santé des citoyens, il est tenu d'informer l'autorité locale et la direction régionale de la santé sur la situation ainsi que sur les mesures prises jusqu'à la résolution finale de problème (BORDET, 2007).



Chapitre II

Matériel et méthodes

1. Présentation du barrage Koudiat Acerdoune

Le barrage de Koudiat Acerdoune est l'un des grands projets de transferts d'eau en Algérie, se situe sur l'Oued Isser dans la commune de Maala, qui se trouve dans la partie Ouest de Bouira dans la daïra de Lakhdaria, à une cinquantaine de kilomètres du chef-lieu de wilaya de Bouira, à une distance de 80 Km au Sud-Est d'Alger. Il est destiné à l'irrigation de la Mitidja-Est et de la plaine du moyen Isser ainsi qu'à l'alimentation en eau potable de 4 wilayas à savoir la wilaya de Bouira, M'Sila, Médéa, Tizi-Ouzou. La localisation du barrage Koudiat Acerdoune est sur la figure 01 ci-dessous.

Le barrage a une capacité de 640 million m³, et le volume actuelle est de 178 million m³. C'est le deuxième barrage hydraulique après celui de Béni Haroun à la wilaya de Mila. La mise en service officielle de barrage a été en février 2010.



Figure 01: Image satellitaire du barrage Koudiat Acerdoune prise par Google Earth 2022.

Les principales caractéristiques du barrage de Koudiat Acerdoune sont représentées dans le tableau 02.

Tableau 02: Principales caractéristiques du barrage de Koudiat Acerdoune.

Année de mise en service	2010
Coût	280 millions d'euro
Cours d'eau	Oued Isser
Vocation	Eau potable et irrigation
Type	Barrage poids
Hauteur (lit de rivière)	121 m

Longueur	425 m
Epaisseur de crête	8 m
Capacité de barrage	640 millions de m^3

2. Présentation de la station

La station de traitement des eaux de koudiat Acerdoune est rattachée administrativement à la commune de Djebahia la wilaya de Bouira ; se situe à environ 18km du barrage K.A. elle est alimenté en eau par une conduite de diamètre 1800mm sur une longueur de 15.4km. Cette station a une capacité de 332160 m^3 /J pour la production d'eau traitée et un débit d'eau brute de 346000 m^3 /J. La station est conçue pour l'alimentation près de 1,5 million d'habitants des wilayas du centre de pays en eau potable des communes suivantes :

- Dans la wilaya de Bouira : Lakhdaria, Kadiria, Sour el Ghouzlane, Djebahia, Ain Bessem, El Hachimia, Souk El khemis, Dirrah, Raouraoua, Bir ghalou et El Mokrani.
- Dans la wilaya de Tizi-Ouzou : Draa El Mizan, Boghni, Tizi-ghenif, Ouadhia, Mechtras, Bounouh, Frikat, Ain zaouia et Assi Yousef.
- Ainsi que quelques communes de la wilaya de M'Sila et Médéa.

La station de traitement de Koudiat Acerdoune comporte deux filières identiques, chacune comporte un ouvrage d'entrée, 04densadegs, 08 filtres et un réservoir, le tableau 03 présente la capacité hydraulique de chaque ouvrage.

Tableau03 : Capacité hydraulique de la station K.A.

Ouvrages	Nombre	Capacité hydraulique (m^3 /h)
Chambre d'arrivée	1	8650/chambre
Aérateur	1	8650/aérateur
Clarificateurs	4	2163/clarificateur
Filtres	8	1081/filtre

3. Les différentes étapes de traitement de la station K.A (diagnostique de fonctionnement)

L'eau brute est amenée du barrage Koudiat Acerdoune à la station de traitement par une canalisation DN1400 puis par deux canalisations DN1000 déversant l'eau dans une chambre d'arrivée. La station comprend plusieurs compartiments comme c'est illustré sur la figure 02.

- 1/ Brises charges d'entrée. 2/ Aération. 3/ Ouvrage de répartition. 4/Densadeg.
 5/ Batterie filtrante. 6/ Bâche de contact. 7/Citernes d'eau traitée. 8/ Bâtiments électrique.
 9/ Bâtiments de chloration. 10/ Bâtiments des réactifs. 11/Citerne d'eau de service
 12/Bâtiment d'exploitation des filtres. 13/Atelier. 14/ Pompage eau traitée.
 15/Bâtiment d'exploitation et d'administration.



Figure 02: Station de traitement de KOUDIAT ACERDOUNE Synoptique (manuelle de la station).

3.1. L'ouvrage d'entrée

L'ouvrage d'entrée est équipée de :

-Deux robinets à disque permettent de briser la charge de l'eau arrivant du barrage et de débitmètres permettant de contrôler le débit d'eau brute entrant à la station (Figure 03).

-Une cascade d'aération qui permet d'oxygéner l'eau brute (Figure 04).



Figure 03: Robinet à disques



Figure 04: Cascade d'aération

3.2. Chambre de répartition

Dans la chambre de répartition se fait l'injection des réactifs suivants :

- Permanganate de potassium : limiter la présence de manganèse et contrôler la charge biologique ;
- Charbon actif en poudre (CAP) : contrôle de goût et des odeurs ;
- Acide sulfurique : ajustement du pH pour optimiser la coagulation ;
- Soude : ajustement du pH ;
- Chlore : pré-chloration.

Le mélange de ces produits est assuré par la turbulence créée par la cascade et par l'augmentation de vitesse dans la chambre de répartition (Figure 05).



Figure 05: Localisation des points d'injection.

À la sortie de chacun des compartiments de l'ouvrage de mélange des réactifs se fait l'injection de sulfate d'alumine. L'eau est admise dans chaque décanteur par une canalisation DN1000 (au débit maximum de 173 000m³/j.).

3.3. La clarification

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension MES (minérale et organiques) d'une eau brute ainsi que des matières organiques dissoutes (DEGREMONT, 2005). La clarification des eaux de surface se déroule en plusieurs étapes :

❖ Coagulation

La coagulation est l'étape de déstabilisation des particules colloïdales par addition d'un sel métallique « sulfate d'alumine » comme coagulant. Cette opération a lieu dans une cuve de mélange équipée d'un agitateur à vitesse rapide.

❖ Flocculation

Après l'addition d'un polymère les particules se collent les unes aux autres et s'agglomèrent pour former un précipité volumineux appelé floc. Contrairement à l'étape de coagulation, la flocculation nécessite une agitation lente.

❖ Décantation

Les eaux flocculées pénètrent dans le décanteur par une large zone d'alimentation qui évite de briser le floc et de créer des remous, assurant ainsi dans cette zone la décantation de la majeure partie des matières en suspension. C'est la zone de pré décantation et d'épaississement.

Les eaux flocculées s'écoulent gravitairement du champ de décantation lamellaire (Figure 06) pour assurer l'élimination de floc résiduel. Cette zone de décantation équipée de modules lamellaires tubulaires de décantation rapide dans lesquels l'eau circule à contre-courant des Boues.



Figure 06 : Décanteur lamellaire.

A la sortie de chaque Densadeg, l'eau décantée passe au travers d'un mélangeur rapide, ou se fait l'injection du sulfate d'alumine pour assurer la neutralisation de polymère résiduel de l'eau (éliminer l'excès de polymère).

Les fonctions de coagulation, floculation, décantation et densification sont rassemblées dans un appareil de décantation accélérer (Figure 07).

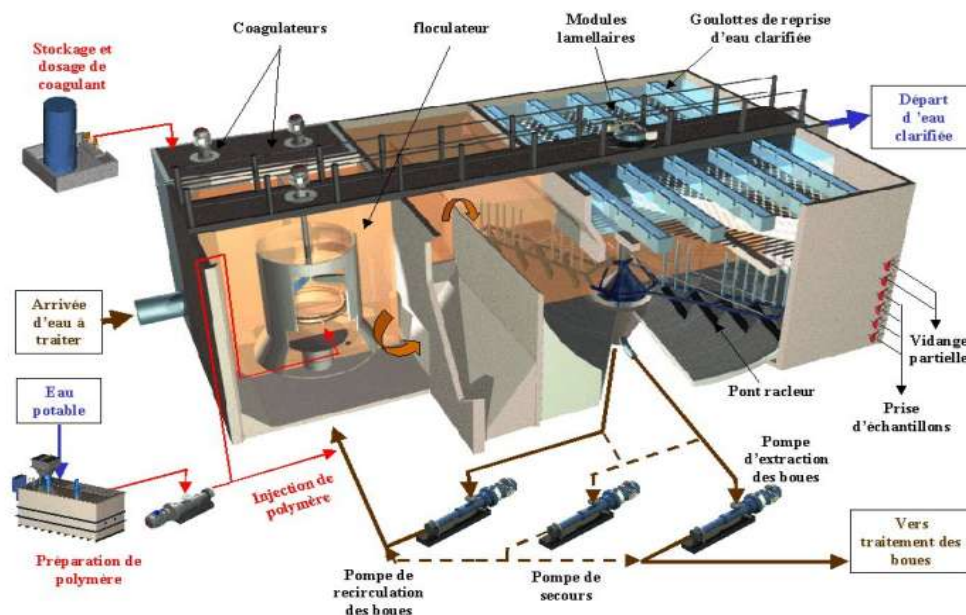


Figure 07: Principe de la clarification par densadeg (manuelle de la station K.A).

3.4. La filtration

L'eau clarifiée est filtrée sur une batterie de 8 filtres Aquazur V à double cellule, comprenant une couche de sable en silice, de granulométrie homogène (Figure 08).

La filtration permet de retenir les dernières particules en suspension non éliminées lors de l'étape de clarification, en faisant circuler l'eau à travers un milieu poreux (lit filtrant) qui est le plus souvent du sable. L'efficacité de la filtration dépend de la taille des grains de sable, de

la hauteur de la couche de sable et de la vitesse de filtration. Le filtre peut jouer un double rôle suivant les conditions d'exploitation : d'une part, il retient les matières en suspension par filtration et, d'autre part, il constitue un support bactérien permettant un traitement biologique, c'est-à-dire une consommation des matières organiques et de l'ammoniaque par les bactéries qui se sont développées sur le sable.

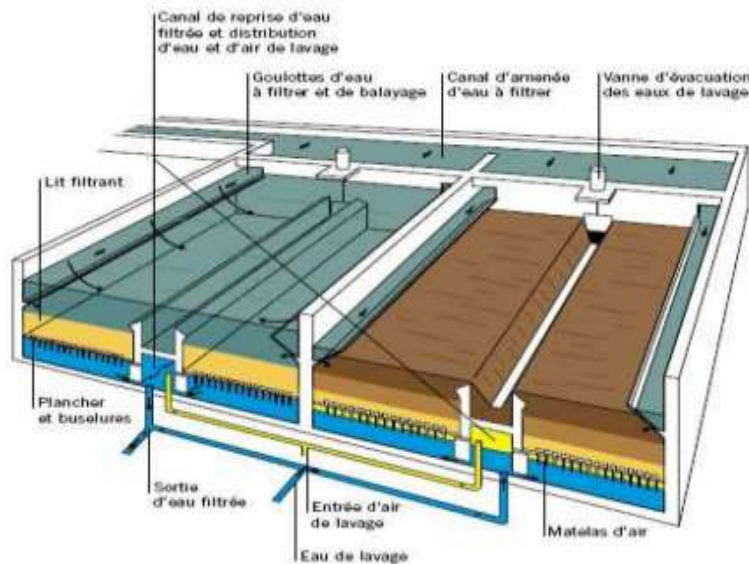


Figure 08: Vue éclatée d'un filtre AQUAZUR V(manuelle de la station K.A).

3.4.1. Lavage des filtres

Avant que le traitement ne se dégrade, les filtres subissent un cycle de lavage automatique pour éliminer les particules capturées. Le lavage se fait par injection de l'air et l'eau en contre-courant, l'eau de lavage contenant les matières retenues par le filtre est dirigée vers l'oued (Figure 09).

A la fin de lavage, le filtre est remis en attente de filtration



Figure 09: Filtres en état de lavage.

3.4.2. Evacuation des boues

Les eaux provenant du lavage des filtres et les boues en excès des Densadeg retourneront à l'oued Djemaa, sans traitement particulier, par le collecteur de restitution.

3.5. La poste chloration (désinfection finale)

La désinfection a pour but de distribuer une eau exempte de micro-organismes pathogènes et qui ne présente pas de risque sur la santé, elle conduit à une bonne qualité bactériologique des eaux distribuées. L'eau doit être désinfectée en sortie d'usine et contenir un agent bactériostatique pour préserver sa qualité dans les réseaux de distribution jusqu'au point d'utilisation.

A la sortie des filtres, se fait l'injection de chlore dans une cuve de contact d'un volume de 2700 m³ (Figure 10). Afin de maintenir le niveau de l'eau dans la cuve se fait l'évacuation de l'eau vers les réservoirs d'eau traitée.



Figure 10: Points d'injection du chlore au niveau de réservoir.

3.6. Réservoir d'eau traitée

Le réservoir est formé de deux compartiments équipés chacun d'une vanne d'isolement manuelle de 1600×1600, de vidanges et de transmetteurs de niveau d'eau.

- Les réservoirs d'eau traitée permettent de stoker l'eau avant la distribution au réseau ;
- L'injection de la soude pour contrôler le pouvoir corrosif de l'eau ;
- La sortie du réservoir est située au point le plus bas du réservoir dans un puisard, de façon à pouvoir utiliser la totalité de la capacité de stockage;
- Chaque filière est reliée à la station de pompage SP1 par une conduite.

4. Présentation de laboratoire

La station de Koudiat Acerdoune est dotée d'un laboratoire destinée au contrôle de qualité de l'eau distribuée (Figure 11), sur le plan physico-chimique et bactériologique ces analyses se font trois fois par jours pour l'analyse partielle et trois fois par semaine pour l'analyse complète.



Figure 11: Laboratoire de la station Koudiat Acerdoune.

Le tableau 04 présente le matériel et les appareils utilisés dans le laboratoire de la station de Koudiat Acerdoune.

Tableau 04: Matériel et appareilles utilisées dans le laboratoire de la station de Koudiat Acerdoune.

Appareillages	Verreries et autres matériels
pH mètre pour la mesure de pH	Tubes à essais stériles
Conductimètre pour la mesure de CE	Pipettes graduées 1ml, 2ml, 5ml, 10ml stériles
Turbidimètre pour la mesure de turbidité	pipettes pasteur
Etuve réglable	Fioles (coniques, jaugées)
Bain marie	Burettes
Spectrophotomètre pour la mesure de plusieurs paramètres	Béchers
Spectrophotomètre d'émission de flamme	Erlenmeyer
Agitateur magnétique	Flacons de 250ml, 500ml et 1000ml
Incubateur	Tube de centrifugation
Dessiccateur	Boîtes de pétri en plastique
Pompe à eau	Papier aluminium

Etuves (22°C, 37°C et 44°C)	Spatules
Rampe de filtration à trois postes	Pinces
Autoclave	Thermomètre
Appareil à reflux	Bec-Bunsen
Etuves réfrigérées	Pissettes
Comparateur	Coton
Dispositif de filtre sous vide ou sous pression	Réfrigérant
Floculateur	Agitateurs

4.1. Prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle un grand soin doit être apporté afin d'éviter la modification de leur caractéristiques. Au cours de notre étude, le prélèvement s'est fait dans deux points différents de la station de production d'eau potable Koudiat Acerdoune de Bouira, le premier est à l'entrée (eaux brutes) le deuxième à la sortie (eau traitée), dans des flacons stériles. La méthode appliquée dans cette station est celle de l'échantillon composite, cette méthode permet de récolter une fraction de l'ensemble de matière polluante qui s'écoule durant la journée à travers les installations.

5. Méthodes d'analyses des paramètres physico-chimiques

Afin d'évaluer la performance de la station de traitement Koudiat Acerdoune, une série d'analyses physico-chimiques a été effectuée à l'entrée et à la sortie de cette station, dont nous avons suivi les paramètres suivants : T°, pH, Turbidité, Conductivité, Aluminium, Ammonium, Dureté, Chlorures, Nitrites, Nitrates, M.O, TDS, CRL, Demande en chlore.

5.1. Détermination du pH et de la température(T°)

La détermination du pH et de la température se fait par la méthode électro-métrique (Figure 12), En utilisant :

- pH-mètre ;
- Electrode.

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un bécher ;
- Tremper l'électrode dans le bécher ;
- Noter le pH.

- Les résultats sont affichés directement sur le pH mètre



Figure 12: pH mètre.

- ❖ **Référence : ISO 757, 189, (1990)**

5.2. Mesure de turbidité

La mesure de la turbidité se fait par :

- Un turbidimètre optique (Figure 13).

Mode opératoire

- On plonge la sonde dans un bécher contenant de l'eau à analyser ;
- Attendre 5 secondes ;
- Noter la valeur.

Les résultats sont affichés directement sur le turbidimètre [TL 2300].



Figure 13: Turbidimètre « TL 2300 ».

- ❖ **Référence: ISO 7027.**

5.3. Détermination de la conductivité

Afin de décrire une méthode électrique pour la détermination de la conductivité des eaux (Figure 14), en utilise :

- Conductimètre.
- Electrode de conductivité.
- Becher de 50 ml

Mode opératoire

- On plonge la sonde dans un bécher contenant l'eau à analyser ;
- Attendre 5 secondes ;
- Noter la valeur.

Les résultats sont affichés directement sur le conductimètre.



Figure 14: Conductimètre.

❖ **Référence:** NA 749

5.4. Dosage d'ammonium (NH_4^+)

Le dosage d'ammonium se fait par spectrométrie d'absorption (Figure 15), en utilisant le matériel et réactifs suivants :

- Matériel courant de laboratoire (verrerie, pipettes, éprouvette ...)
- Spectrophotomètre UV/VIS ;
- Réactif coloré homogénéisé ;
- Réactif de Dichloroisocyanurate de sodium.

Mode opératoire

Prélever 40ml d'échantillon à analyser ;

- Ajouter 4 ml du réactif coloré homogénéisé et 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium, et homogénéiser ;
- Après au moins 60 minutes, attendre le développement de la couleur, effectuer les mesures spectrophotométrique à la longueur d'onde de 655nm comme nous avons procédé pour la gamme d'étalonnage.



Figure15 : Dosage d'ammonium.

❖ **Référence : ISO 7150**

5.5. Le dosage des nitrates (NO_3^-)

Le dosage des nitrates se fait par spectrométrie (Figure 16), en utilisant le matériel et réactifs suivants :

- Matériels courant de laboratoire (verrerie, fioles, pipettes, éprouvettes...) ;
- Spectrophotomètre UV/VIS ;
- Plaque chauffante ;
- Solution d'hydroxyde de sodium 30% ;
- Solution de salicylate de sodium à 0.5% ;
- Solution de tartrate double (de sodium et de potassium).

Mode opératoire

- Introduire 10ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de sodium 30% ;
- Ajouter 1 ml de la solution de salicylate de sodium 0.5% ;
- Evaporer à sec le mélange sur la plaque chauffante ;
- Laisser reposer 10 min ;
- Ajouter 15 ml de tartrate double (de sodium et de potassium) ;

- Faire la lecture au spectromètre UV-Visible à la longueur d'onde de 415nm.

Les résultats sont affichés directement en mg/l des nitrites sur le spectromètre.



Figure16: Dosage des nitrates.

❖ **Référence : Rodier, 1978.**

5.6. La concentration de Nitrite (NO₂⁻)

Le dosage des nitrites se fait par spectrométrie d'absorption moléculaire pour les eaux potables, eaux brutes (Figure 17). En utilisant :

- Matériel courant de laboratoire (verrerie, fioles, pipettes, éprouvette...);
- Spectrophotomètre UV/VIS ;
- Réactif coloré homogénéisé.

Mode opératoire

- Prélever 50ml d'échantillon à analyser ;
- Ajouter 1ml du réactif homogénéisé ;
- Après 20 min, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 540nm comme nous avons procédé pour la gamme d'étalonnage.

Les résultats sont affichés directement, en mg/l de nitrite, sur le spectromètre.

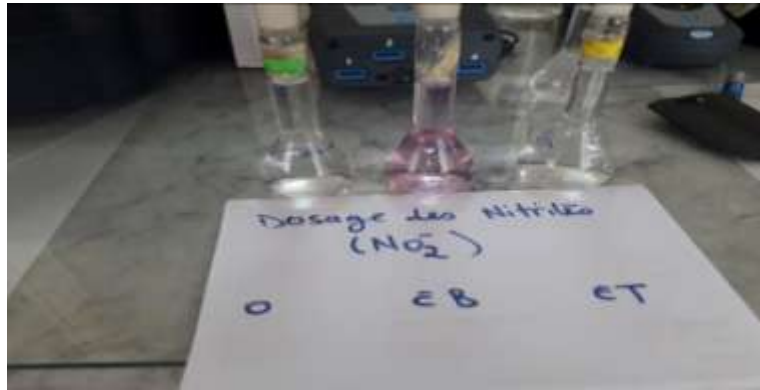


Figure 17: Dosage des nitrites.

❖ **Référence : ISO 5667/2004.**

5.7. La concentration de phosphate (PO_4^{3-})

C'est de décrire la mesure des ortho-phosphate par spectrométrie (Figure 18). En utilisant :

- Matériel courant de laboratoire (verrerie, fioles, pipettes, éprouvettes...);
- Spectrophotomètre UV/VIS ;
- Acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) ;
- Réactifs mélange (solution molybdate acide).

Mode opératoire

- Prélever 40ml d'échantillon à analyser ;
- Ajouter 1ml d'acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$).et 2ml de réactif mélange (solution molybdate acide) ;
- Après 10 à 30 min, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 880nm comme nous avons procédé pour la gamme d'étalonnage.

Les résultats sont affichés directement en mg/l sur le spectromètre

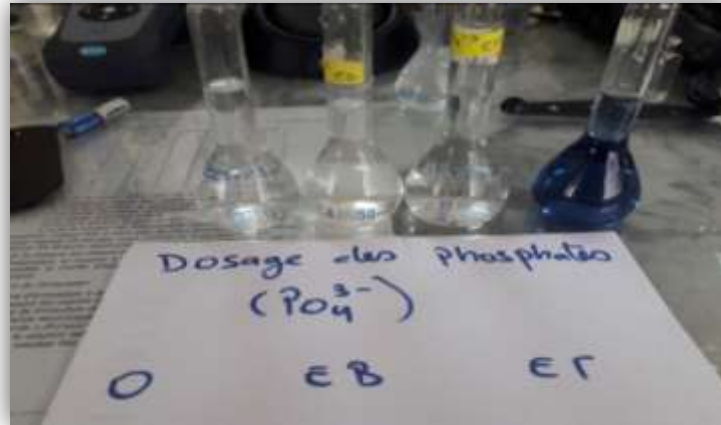


Figure 18: Dosage des phosphates.

❖ **Référence : ISO 6878/1 : 1998.**

5.8. Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium, méthode à chaude en milieu acide

La méthode décrit la détermination de l'indice de KMnO_4 , ou « oxydabilité », permettant d'évaluer la contamination en matières organiques et matières inorganiques oxydable dans des eaux peu ou moyennement polluées. On utilisant le matériel et réactifs suivants :

- plaque chauffante ;
- Agitateur magnétique, barreaux magnétique ;
- Matériels courant de laboratoire (fioles, pipettes, éprouvettes...) ;
- Burette graduée ;
- Acide sulfurique H_2SO_4 ;
- Oxalate de sodium $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$;
- Permanganate de potassium KMnO_4 ;
- Résorcinol.

Mode opératoire

- Transférer à l'aide d'une pipette 100ml d'échantillon dans un bécher ;
- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique et mélanger en agitant doucement ;
- Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition ;

- Ajouter 20 ml de KMnO_4 et démarrer le chronomètre et maintenir à l'ébullition pendant 10 min ;
- Ajouter 20 ml de la solution d'oxalate de sodium et attendre que la solution décolore.
- Titrer avec KMnO_4 jusqu'au virage de la solution rose clair.

Expression des résultats :

$$[\text{O}] = ((V_1 - V_0) \times f) V_2$$

Avec :

O : Indice d'oxydabilité

V_0 : Le volume de la solution KMnO_4 consommé dans le dosage du blanc en ml.

V_1 : Le volume de la solution KMnO_4 consommé dans le dosage de la prise d'essai en ml.

V_2 : Le volume de la solution KMnO_4 consommé lors de la vérification de la solution titrante en ml.

F : Le facteur correctif utilisé ($f= 16$).

❖ **La référence : ISO 8467.**

5.9. Le dosage d'Aluminium (Al^{+3})

Le dosage d'aluminium spécifie une méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire, en utilisant le matériel et réactifs suivants :

- Matériel courant de laboratoire (verrerie, fioles, pipettes, éprouvettes...) ;
- Spectrophotomètre UV/VIS ;
- Acide ascorbique ;
- Chlorure de calcium (CaCl_2) ;
- La solution tampon pH= 4,6 ;
- Rouge d'alizarine ($\text{C}_{14}\text{H}_6\text{Na}_2\text{O}_2\text{S}$).

Mode opératoire

- Prélever 25ml d'échantillon à analyser ;

- Ajouter 1ml d'acide ascorbique, 2,5ml de chlorure de calcium (CaCl_2), 5ml de la solution tampon (pH=4,6) et 1ml de rouge d'alizarine ($\text{C}_{14}\text{H}_6\text{Na}_2\text{O}_2\text{S}$) ;
- Après 90 à 120 min, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655nm comme nous avons procédé pour la gamme d'étalonnage.

Les résultats sont affichés directement en mg/l d'aluminium sur le spectromètre.

❖ **La référence : ISO 8467 NA 2064.**

5.10. Détermination des sulfates (SO_4^{2-})

Le dosage des sulfates spécifie une méthode par spectroscopie, en utilisant le matériel et réactifs suivants :

- Matériel courant de laboratoire (verrerie, fioles, pipettes, éprouvettes, poires à pipeter...);
- Spectrophotomètre UV/VIS [DR_2800] ;
- Solution d'acide hydrochlorique ;
- Solution stabilisante.

Mode opératoire

- Dans une fiole de 50ml en fait la dilution ;
- Mettre 5ml d'eau à analyser et compléter avec l'eau distillés jusqu'à 50ml ;
- Ajouter 1ml de la solution d'acide hydrochlorique 0.1N ;
- Ajouter 5ml de solution stabilisantes ;
- Après 15 à 20 min, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655nm comme nous avons procédé pour la gamme d'étalonnage.

Les résultats sont affichés directement en mg/l de sulfates sur le spectromètre

❖ **Référence : (Rodier, 2005).**

5.11. La dureté (TH) ou bien dosage de calcium et magnésium

La mesure de la dureté se fait par la détermination des concentrations en Calcium en magnésium d'une eau par la méthode titrimétrique à l'EDTA, à l'aide de :

- Matériel courant de laboratoire ;
- Agitateur magnétique ;
- Solution tampon pH=10 ;
- Mordant noir 11, indicateur (NET).

Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'échantillon (25 ml d'eau distillé+ 25ml d'eau à analyser) dans une fiole ;
- Ajouter 2 ml de la solution tampon pH=10 ;
- Ajouter quelques gouttes de l'indicateur (NET) qui donne une couleur violet ;
- Titrer la solution par addition goutte à goutte de solution EDTA jusqu'à ce que la solution prenne une couleur bleu ;
- Déduire le volume d'EDTA ajouté à la solution à partir de la burette ;

Expression des résultats :

$$F_c = \text{volume versé} / \text{volume théorique (12.5 ml)}$$

Si $0.96 \leq F_c \leq 1.04$, alors la solution d'EDTA est utilisable pour le dosage avec :

F_c : facteur de correction.

La concentration totale en ion calcium et magnésium ($\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$), exprimé en °F est donnée par la formule suivante :

$$TH_{\text{totale}} = V_2 * 2 * F * F_c$$

Avec :

TH_{totale} : Dureté totale (la concentration en ions calcium et magnésium) exprimée en °F.

V_2 : volume d'échantillon dosé en ml.

F_c : facteur de correction.

F : facteur de dilution.

La concentration totale en ions calcium et magnésium ($\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$), exprimé en mg/l, donnée par la formule suivante :

$$\text{TH}_{\text{totale}} = V_{\text{EDTA}} \times 20$$

Avec :

V_{EDTA} : Volume d'EDTA en ml.

❖ **La référence : ISO 6059.**

5.12. La dureté calcique (dosage du calcium)

Cette méthode a pour objet la détermination du dosage du calcium par la méthode titrimétrique l'EDTA. En utilisant :

- Burette graduée ;
- Agitateur magnétique ;
- Matériels courant de laboratoire ;
- Hydroxyde de sodium (NaOH), solution 2N ;
- Murexide (indicateur) ;
- EDTA, solution titrée 0.01 mol/l.

Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'échantillon (25 ml d'eau distillé + 25 ml d'eau à analyser) ;
- Ajouter 2 ml de la solution de NaOH ;
- Ajouter quelque pincée de Murexide (donne une couleur rose) ;
- Titrer la solution par addition goutte à goutte de solution d'EDTA jusqu'à ce que la solution prenne une couleur violet ;
- Déduire le volume de nitrate d'argent ajouté à la solution à partir de la burette.

Expression des résultats :

La teneur en calcium exprimé en mg/l, est donnée par l'équation :

$$\text{TH}_{\text{calcique}} = (C_1 \times V_1 \times A \times Fc \times 1000 \times F / V_0$$

Avec :

- TH_{calcique} : La dureté calcique (la concentration de calcium) en mg/l.
- C_1 : Concentration de la solution d'EDTA en mol/l. soit : 0.01 mol/l.
- V_0 : Volume de prise d'essai soit : 50 ml.
- V_1 : Volume de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage en ml.
- A : la masse atomique de calcium (40.08).
- F_c : facteur de correction de titre.
- F : facteur de dilution.

Ou bien directement

$$TH_{\text{calcique}} = V_{\text{EDTA}} \times 7.77$$

❖ **La référence : ISO 6058, (1984).**

Remarque :

La dureté magnésienne égale directement, selon (Rodier et al, 2009) :

$$TH_{\text{magnésienne}} = TH_{\text{totale}} - TH_{\text{calcique}}$$

5.13. Détermination des chlorures (Cl⁻)

Le dosage des chlorures se fait par titrimétrie à l'aide de matériel et réactifs suivants :

- Bécher ;
- Agitateur magnétique + aimant ;
- Pipette jaugée + pipeter ;
- Fioles ;
- Solution de chromate de potassium K_2CrO_4 à 100g/l ;
- Solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) 0.02mol/l.

Mode opératoire

- Introduire 100ml d'échantillon (50 ml d'eau distillé+ 50 ml d'eau à analyser) ;

- Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium qui donne une couleur jaune.
- Titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur orange ;
- Déduire le volume de nitrate d'argent ajouté à la solution à partir de la burette.

Expression des résultats :

La concentration des chlorures [Cl⁻] exprimé en mg/l et donné par la formule suivante :

$$[Cl^-] = (V_s - V_b) * c * F / V_a$$

Avec :

[Cl⁻] : la concentration de chlorure en mg/l.

V_a : volume d'échantillon à analyser.

V_b : volume de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le titrage de blanc (0.5 ml).

V_s : volume de la solution nitrate d'argent utilisé pour le titrage d'échantillon (ml).

C : concentration réelle de nitrate d'argent (mol/l).

F : facteur de conversion = 35453 mg/mol.

❖ **La référence : ISO 5667-3. 2004**

5.14. Le dosage de Fer(Fe²⁺)

Le dosage de fer dans l'eau spécifie une méthode par spectrométrie (Figure 19), en utilisant :

- Matériels courant de laboratoire (verrerie, fioles, pipettes, éprouvettes...);
- Spectrophotomètre UV/VIS ;
- Solution de chlorhydrate hydroxylamine ;
- Solution de phénantraline.

Mode opératoire :

- Prendre comme prise d'essai, 50ml d'eau à analyser ;
- Transvaser la solution dans une fiole de 100ml, ajouter 1ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement ;

- Ajouter 2ml de la solution phénanthraline et conserver pendant 15min à l'obscurité ;
- Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV/VIS à 510nm en utilisant une cuve de 10mm² ;
- Etablir une courbe d'étalonnage en portant la concentration en fer en mg/l, en abscisses, et l'absorbance mesuré correspondante en ordonnée.

Les résultats sont affichés directement en mg/l de Fer sur le spectromètre.



Figure19: Dosage du Fer.

❖ **Référence: ISO 6332.**

5.15. Mesure de la teneur en sels dissous

Principe et mode opératoire

La teneur en sels dissous est mesurée à l'aide du conductimètre qui fait d'autres mesures aussi, le conductimètre est un appareil qui possède deux électrodes, une est placée à l'intérieur de l'appareil et l'autre est immergée dans la solution, la teneur en sels dissous sera affichée sur l'écran.

5.16. La demande en chlore

Le but de cette expérience est la détermination de la dose de chlore nécessaire pour éliminer tous les microorganismes présent dans l'eau. On introduit dans une série de 12 flacons, 1 litre d'eau brute, traiter ces échantillons par des doses croissantes de chlore, Fermer soigneusement les flacons, agiter, les conserver dans un endroit frais et sombre (Figure 20). Après chaque 15 minutes on agite jusqu'au temps de contact de 2 heures, puis on prélève des échantillons de chaque flacon et on ajoute dans chaque tube un comprimé de DPD4 (diéthyl-pphénylènediamine) pour déterminer le chlore total par la variation à la couleur rose.

Les résultats sont mis dans une courbe de break point.



Figure 20: Demande en chlore.

6. Les méthodes d'analyses bactériologiques

6.1. Les analyses de l'eau brute

Les microorganismes recherchés dans une eau destinée à la consommation humaine sont : les coliformes fécaux (CF) « E. coli », les coliformes totaux (CT), les clostridium sulfite réducteurs (CSR), les streptocoques fécaux (SF) et les microorganismes revivifiables (MR).

6.1.1. Les techniques d'analyse

Les méthodes d'analyse et du dénombrement des indicateurs de contamination fécale de l'eau sont :

- ✓ La méthode du nombre le plus probable (NPP).
- ✓ La méthode d'incorporation en gélose.

❖ Principe de la méthode (NPP)

Cette méthode permet de révéler de plus faibles quantités de germes que la plupart des méthodes de numération en milieu solide. Elle repose sur une analyse statistique et fournit par calcul des nombres les plus probables. Cette méthode est applicable aux échantillons ayant une teneur plus ou moins élevée en MES. Elle consiste à ensemercer deux milieux de culture par dilution, les tubes ensemençés contiennent un milieu nutritif, BCPL pour les coliformes totaux avec introduction de cloche de Durham. Dans ce dernier, après incubation on note la croissance et la production de gaz dans chaque tube, enfin on compte le nombre des tubes positifs pour chaque dilution et on fait la lecture du NPP correspondant en utilisant la table de MAC GRADY.

Expression des résultats :

Le nombre des colonies par 100ml est obtenu en comptant le nombre de tube positifs en se référant à la table de MAC Grady qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

La formule utilisée est la suivante :

$$N = (NPP / V_{\text{ensemencé}}) \times FD$$

NPP : le nombre le plus probable trouvé dans la table de MAC Grady.

FD : le facteur de dilution : égale à l'inverse de la dilution la plus faible.

N : nombre de bactéries exprimées en coliformes/ml.

Si on travaille sans dilution le N sera égale au NPP trouvé sur la table de Mac Grady.

Les milieux de cultures utilisés

Bouillon de BCPL : ce milieu est utilisé pour le test présomptif des coliformes dans les eaux par la méthode de NPP (Figure 21).

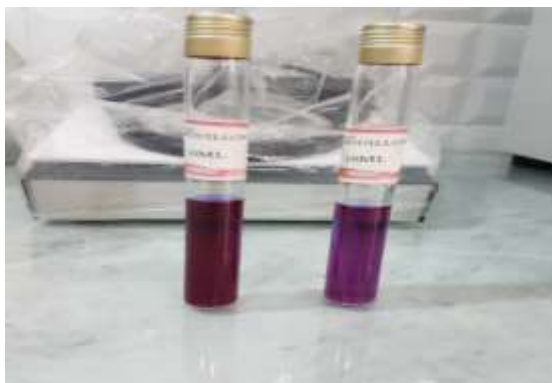


Figure 21: Tube de Bouillon BCPL à double et à simple concentration.

❖ L'incorporation sur gélose

La méthode est fréquemment utilisée pour la recherche des bactéries aérobies revivifiables, elle consiste à étaler dans une boîte de pétri 1ml d'échantillon et 15ml de milieu gélosé, fondu et ramené à une température de 45°C environ. Dans ces conditions, le nombre maximum de

colonies acceptable pour éviter les phénomènes de confluence et de compétition bactérienne est généralement estimé à 100 colonies. Les conditions d'incubation sont :

- A 22°C : on trouve les bactéries adaptées à la température de l'eau.
- A 37°C : on trouve les bactéries pathogènes, qui se développent à la température du corps humain.

Milieu de culture utilisé

La gélose TGEA : est un milieu utilisé pour le dénombrement des microorganismes aérobies revivifiables. C'est un milieu nutritif sans inhibiteurs, et dont l'intérêt est de favoriser le développement des microorganismes qu'on y a déposés. L'ensemble de tous les microorganismes s'appelle la flore totale (Figure 22).



Figure 22: Gélose TGEA.

6.1.2. Dénombrement des spores clostridium sulfito-réducteur

L'échantillon d'eau à analyser est mis au bain marie préchauffé à 80°C pendant 10 minutes suivi d'un refroidissement brutale sous l'eau de robinet froide, après le refroidissement on prend 20ml d'échantillon qui sera répartie sur 4 tubes (5ml dans chaque tube) ajouter 18ml de la gélose de VF, 1ml de sulfite de sodium et 5 gouttes d'alun de fer après l'agitation manuelles on incube à 37°C pendant 48h. Le tableau 05 illustre les techniques et les méthodes du travail.

Tableau05 : Principales étapes d'analyse de l'eau brute.

	CT	CF (E. Coli)	SF	CSR	MR
Techniques	NPP	NPP	Filtration sur	Filtration	Incorporation

d'analyses			membrane	sur membrane	en gélose
Teste présomptif	BCPL	Repiquage sur Schubert	SLANETZ ET BARTELY	VF	TGEA
Incubation	37°C à 48h	44°C à 24h	37°C à 48h	37°C à 48h	37°C et 22°C à 48h
Résultats	Dégagement de gaz et troubles	Dégagement de gaz et troubles	Colonies suspectés (rouge, brique et marron)	Halo noire autour des colonies	Appariation des colonies
Teste de confirmation		Schubert + réactif de kovacs	Confirmation sur BEA	/	/
Incubation		Quelque mn	37°C à 2h	/	/
Résultats	10 UFC/100ml	appariation d'un anneau rouge	20UFC/20ml	/	/

6.2. Analyse bactériologique de l'eau traitée

L'analyse bactériologique de l'eau traitée est effectuée par la technique de la membrane filtrante. Il s'agit des germes recherchés lors d'une analyse réduite des eaux de consommation, qui ce sont :

- Les coliformes thermotolérants ou fécaux, dans 100ml d'eau.
- Les streptocoques fécaux (entérocoques intestinaux) dans 100ml d'eau.

❖ Principe de la technique de la membrane filtrante

C'est la plus utilisée au laboratoire, elle est applicable à toute les eaux et en particulier à celle contenant une faible quantité de MES et un nombre relativement faible de germes (eaux traitées). Généralement, on procède à une filtration par un appareil de filtration sur membrane. La membrane est en esters de cellulose, de porosité 0,45µm, susceptible de retenir les bactéries. Un échantillon de 100ml d'eau est filtré à travers cette membrane qui sera déposé

sur un milieu gélosé solide pour les streptocoques fécaux et les coliformes (totaux et fécaux). Après 24h d'incubation, on compte le nombre de colonies exprimé en UFC/100ml.

Les tests de confirmation s'effectuent par un repiquage de 1 à 2 colonies suspectées sur un milieu confirmatif (test de confirmation). Le tableau 06 illustre les techniques et les méthodes du travail.

Tableau 06: Principales étapes d'analyse de l'eau traitée.

	CT	CF (E. Coli)	CSR	SF
Milieu	ENDO	Repiquage sur milieu Schubert	Viande de foie (VF)	SLANETZ
Incubation	37°C à 24h	44°C à 24h	37°C à 48h	37°C à 24h
Résultats	Colonies avec reflet vert métallique	Troubles et production de gaz	Halo noire autour des colonies	Colonies rouge à marron
Test confirmatif	Repiquage sur milieu TSI (rouge)	Schubert + réactif kovacs		Repiquage sur milieu BEA
Incubation	37°C à 24h	Quelque min		44°C à 2h
Résultats	Virage de couleur (jaune) + production de gaz	Anneau rouge		Disque noir

Milieux de culture utilisés

ENDO : Ce milieu permet d'effectuer la recherche et le dénombrement des E. coli et des bactéries coliformes. Le milieu inhibe la croissance des microorganismes à Gram positif et favorise la récupération des coliformes (Figure 23).

SLANETZ : C'est un milieu sélectif utilisé pour le dénombrement des entérocoques intestinaux dans les eaux d'alimentation, par la technique de la membrane filtrante. L'acide de sodium permet d'inhiber la croissance des microorganismes à Gram négatif (Figure 24).



Figure 23: Milieu de culture ENDO **Figure 24:** Milieu de culture SLANETZ.

❖ **Références :** ISO 6222 / ISO 9308-1 / ISO 7899-2



Résultats et discussion

1. Résultats

Durant notre stage au niveau de la station de traitement Koudiat Acerdoune qui a duré 15 jours, nous avons obtenu les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques concernant les eaux brutes et les eaux traitées effectuées au niveau de laboratoire de la station qui seront comparés aux valeurs de JORAD 2014.

1.1. Les analyses physico-chimiques

➤ Température

La figure 25 présente la variation de la température de l'eau durant 15 jours, qui sont comprises entre 23,3°C et 26°C pour l'eau brute et entre 24,6°C et 26,3 °C pour l'eau traitée.

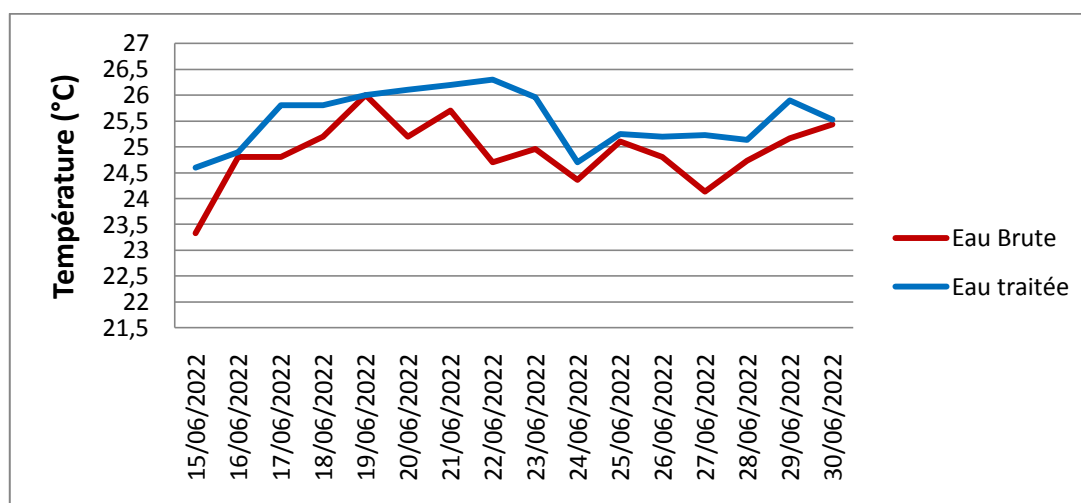


Figure25 : Variation de la température des eaux du barrage Koudiat Acerdoune avant et après traitement.

➤ Le potentiel d'hydrogène (pH)

La figure 26 présente les valeurs du potentiel hydrogène. Pour les eaux brutes le pH est compris entre 7,81 et 8 et pour les eaux traitées on marque une légère baisse du pH entre 7,42 et 7,82. Selon la norme algérienne on constate que ces résultats sont compris dans l'intervalle [6,5-8,5].

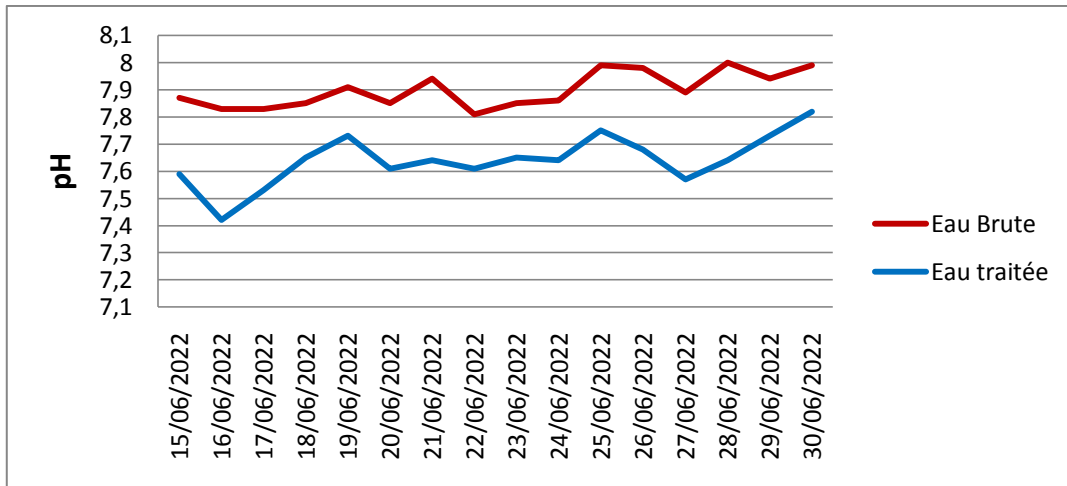


Figure26 : Variation de pH des eaux du barrage K.A avant et après traitement.

➤ Turbidité

D'après la figure 27, les valeurs de la turbidité à l'entrée de la station sont comprises entre 3,63 NTU et 6,5NTU tandis qu'à la sortie de la station sont entre 0,56 NTU et 1,27NTU. Ce qui indique une conformité à la norme algérienne qui fixe une valeur limite de 5 NTU.

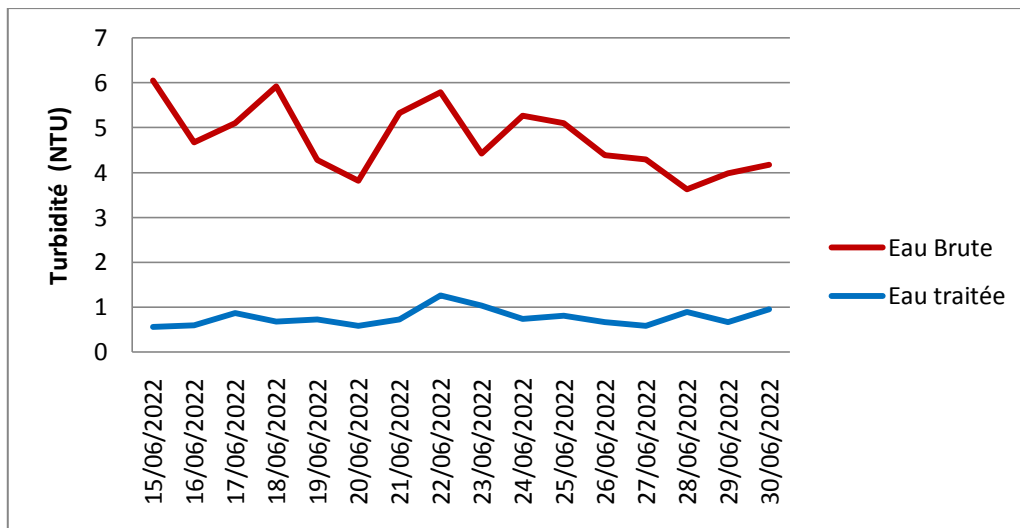


Figure27 : Variation de la turbidité des eaux du barrage K.A avant et après traitement.

➤ La conductivité

Les résultats concernant la conductivité électrique sont indiqués sur la figure 28, qui montrent que les valeurs sont presque semblables, qui varie entre 991 μ S/cm et 1013 μ S/cm pour l'eau brute et entre 980 μ S/cm et 1018 μ S/cm pour l'eau traitée, ceci indique qu'elles sont conformes à la norme algérienne qui fixe une valeur limite de 2800 μ S/cm.

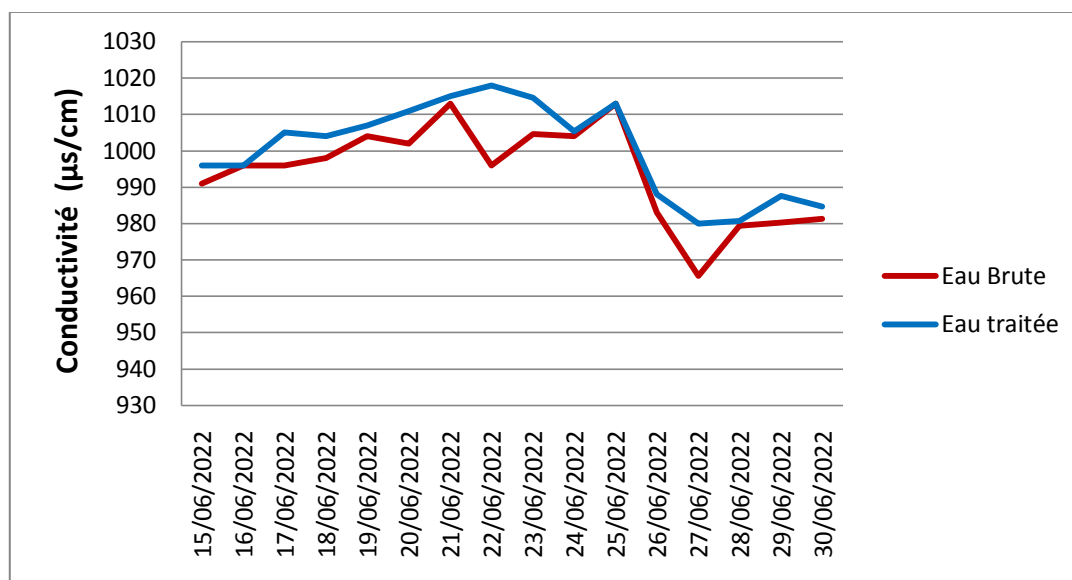


Figure 28: Variation de la conductivité électrique des eaux du barrage K.A avant et après traitement.

➤ Ammonium

Les résultats de la figure 29 montrent une très faible teneur en ions ammonium, qui est d'une valeur de 0,1 mg/l pour l'eau brute et qui varient entre 0 mg/l et 0,3mg/l pour l'eau traitée. Cependant, ces résultats sont conformes à la norme algérienne qui est inférieure à 0,5 mg/l.

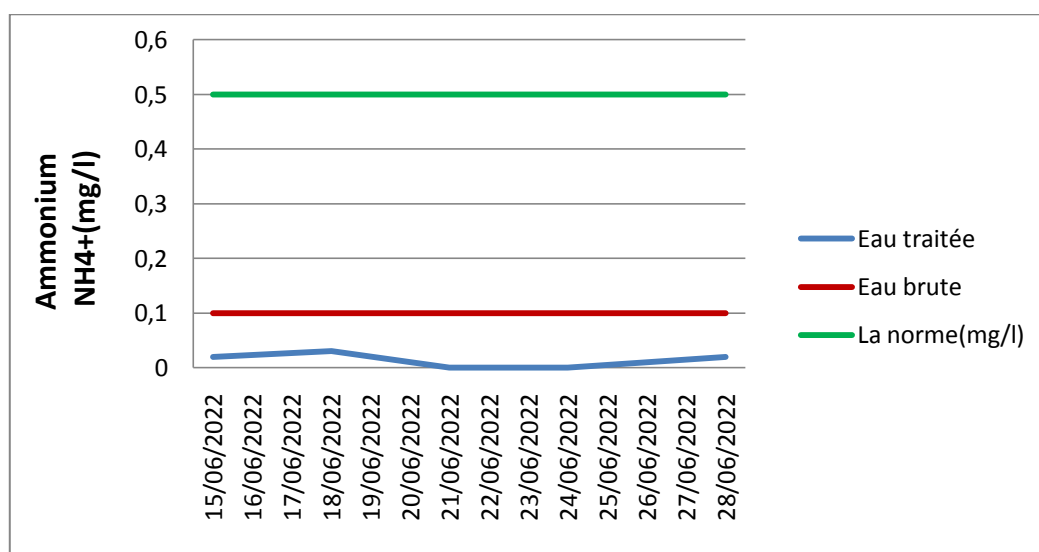


Figure 29 : Variation de la teneur en ammonium dans l'eau du barrage K.A avant et après traitement.

➤ Nitrate

La figure 30 montre les valeurs des nitrates comprises entre 5,4 mg/l et 8,14 mg/l pour l'eau traitée et 5,34 mg/l pour l'eau brute. La réglementation Algérienne recommande une valeur maximale de 50mg/l, ainsi que tous les résultats des analyses répondent aux normes.

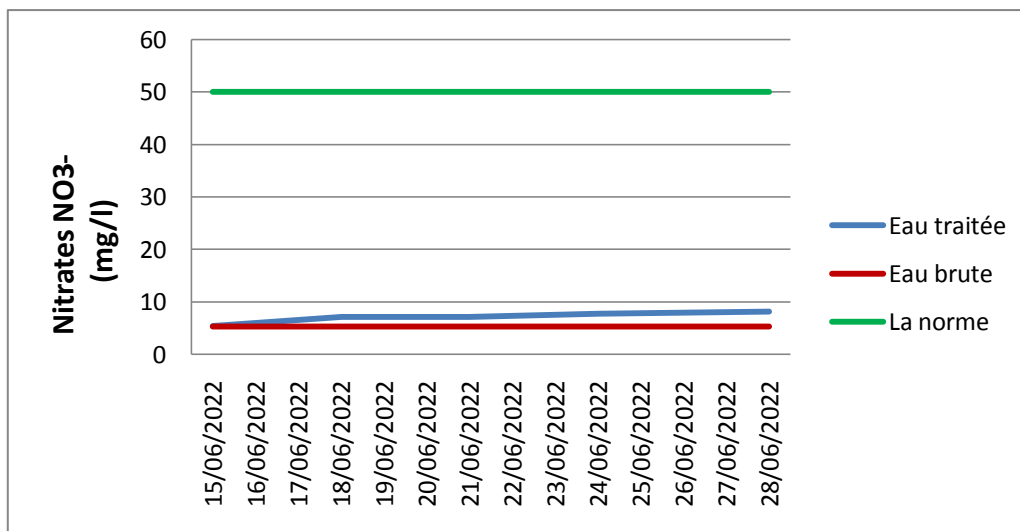


Figure 30 : Variation des nitrates des eaux du barrage K.A avant et après traitement.

➤ Matière organique

La figure 31 présente la variation de la teneur en matière organique dans l'eau du barrage K.A avant et après traitement, qui varie entre 0,98 mg/l et 1,9 mg/l pour l'eau traitée et 2,72 mg/l pour l'eau brute. On constate que ces valeurs sont conformes à la norme Algérienne.

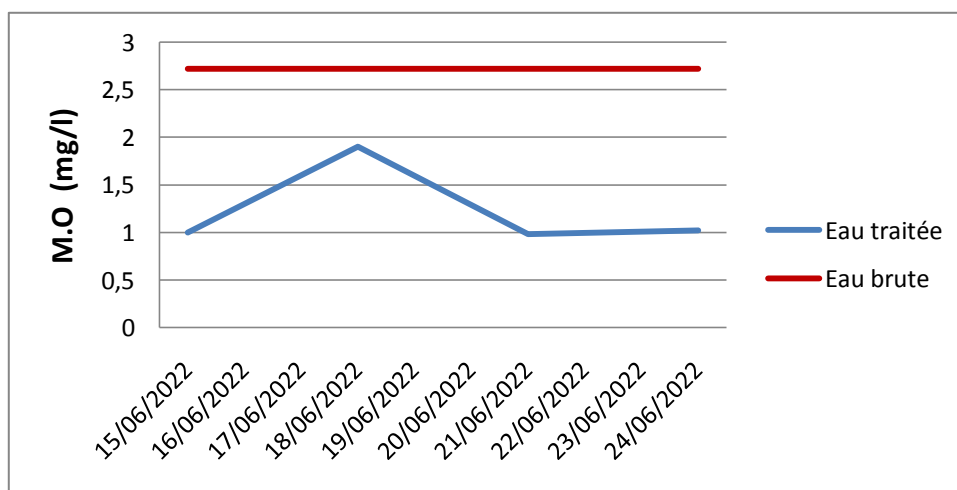


Figure 31 : Variation de la teneur en matière organique (M.O.).

➤ Aluminium

Les résultats indiqués sur la figure 32 montrent les valeurs d'aluminium dans l'eau traitée qui varient entre 0,15 mg/l et 0,18 mg/l, ainsi que sa concentration dans l'eau brute n'est pas mesurée. Les valeurs enregistrées sont à la norme requise par le journal officiel (2014).

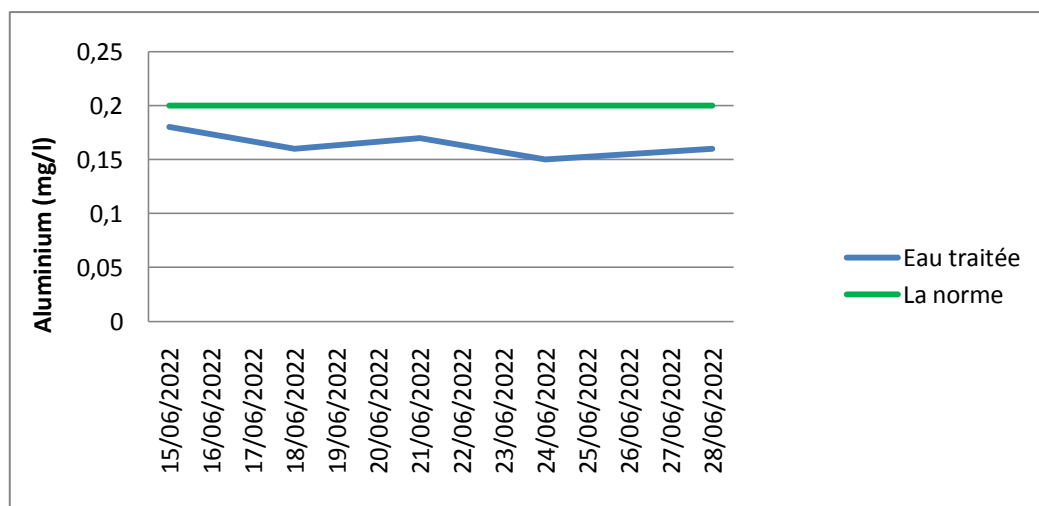


Figure32 : Variation des teneurs en aluminium dans l'eau traitée.

➤ Sulfates

La figure 33 montre les variations de la teneur en sulfate qui varie entre 242,7 mg/l et 289,4 mg/l dans l'eau traitée. Ces valeurs répondent toujours aux normes Algérienne.

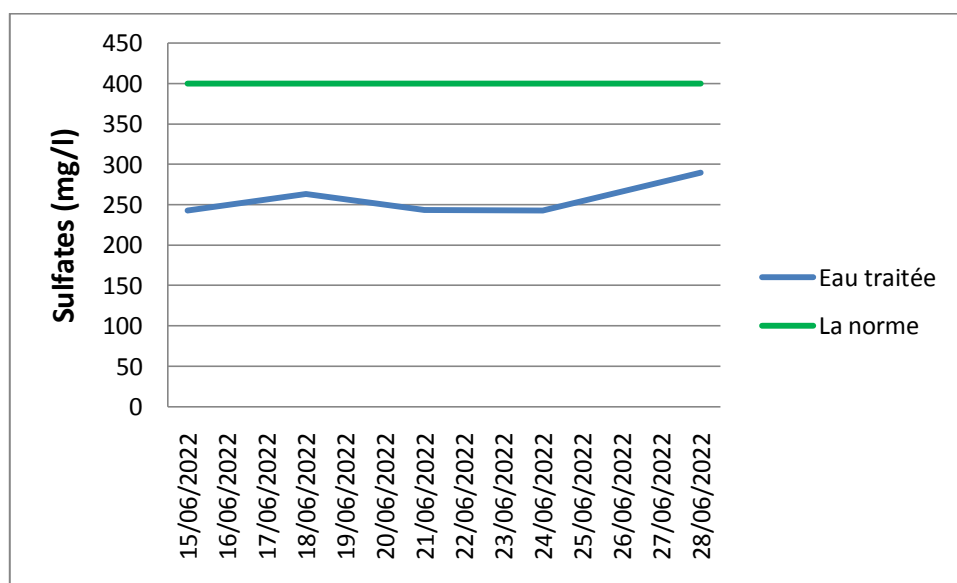


Figure 33: Variation des teneurs en sulfate dans l'eau traitée.

➤ Dureté

La figure 34 montre les variations de la dureté des eaux traitées qui varient entre 380 mg/l et 444 mg/l au niveau de l'unité de production K.A. Ainsi que ces valeurs sont conformes aux normes recommandées par le journal officiel.

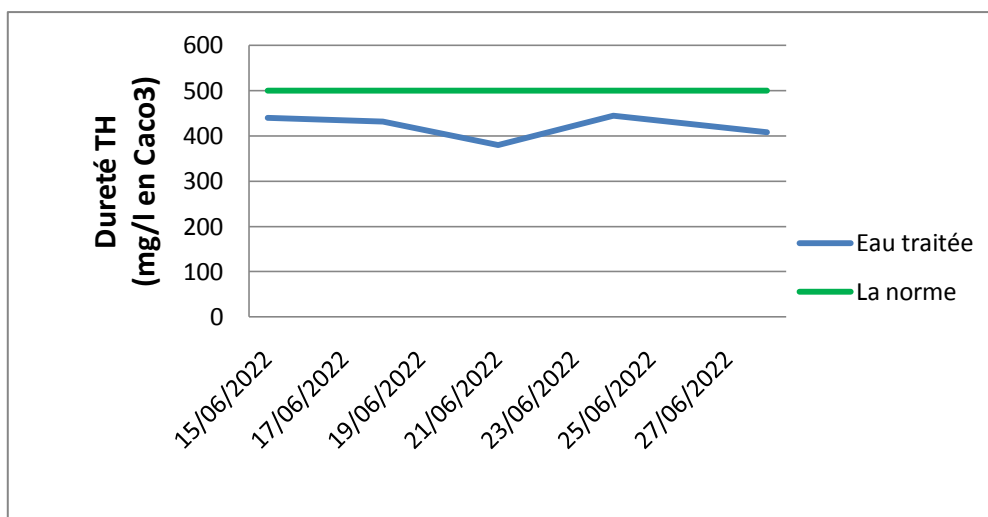


Figure 34 : Variation de la dureté des eaux du barrage K.A après traitement.

➤ Chlorures

La figure 35 présente les variations des teneurs en chlorures. Pour les eaux brutes est de 170,4 mg/l et pour les eaux traitées entre 151,05 mg/l et 195,25 mg/l. Ces valeurs ne dépassent pas la limite maximale fixée par le journal officiel qui est de 500 mg/l.

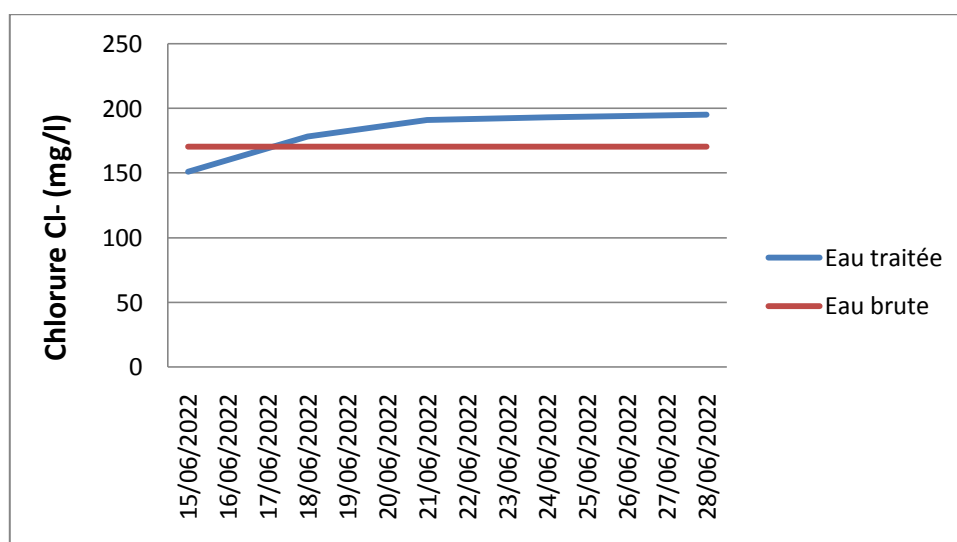


Figure 35 : Variation des chlorures des eaux du barrage K.A avant et après traitement.

➤ Totalité des sels dissous (TDS)

Les résultats de la figure 36 montrent que la totalité des sels dissous de l'eau traitée au niveau de la station varient entre 703 mg/l et 737 mg/l. Leur minéralisation est acceptable du moment qu'elles répondent aux normes fixées par l'OMS (< à 1000 mg/l).

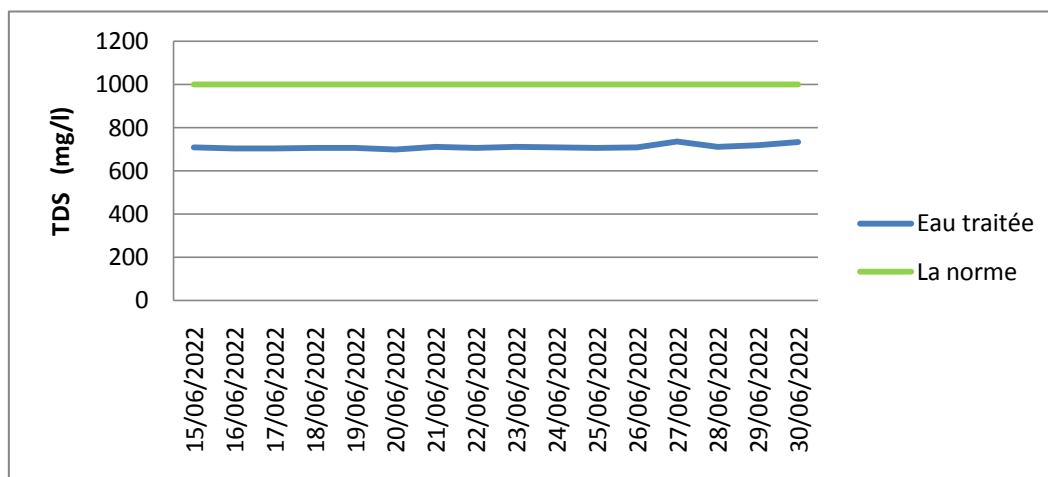


Figure 36 : Evaluation de taux des sels dissous dans l'eau traitée en fonction du temps.

➤ Chlore résiduel libre (CRL)

La figure 37 montre les résultats des différents points d'échantillonnage obtenus par l'analyse de chlore résiduel libre pendant 15 jours. On remarque que les teneurs en chlore varient d'un échantillon à un autre. Les plus faibles valeurs ont été enregistrées dans les eaux filtrées et décantées, la teneur la plus élevée est mesurée dans l'eau traitée (SP1), eau décantée filière 1 et 2.

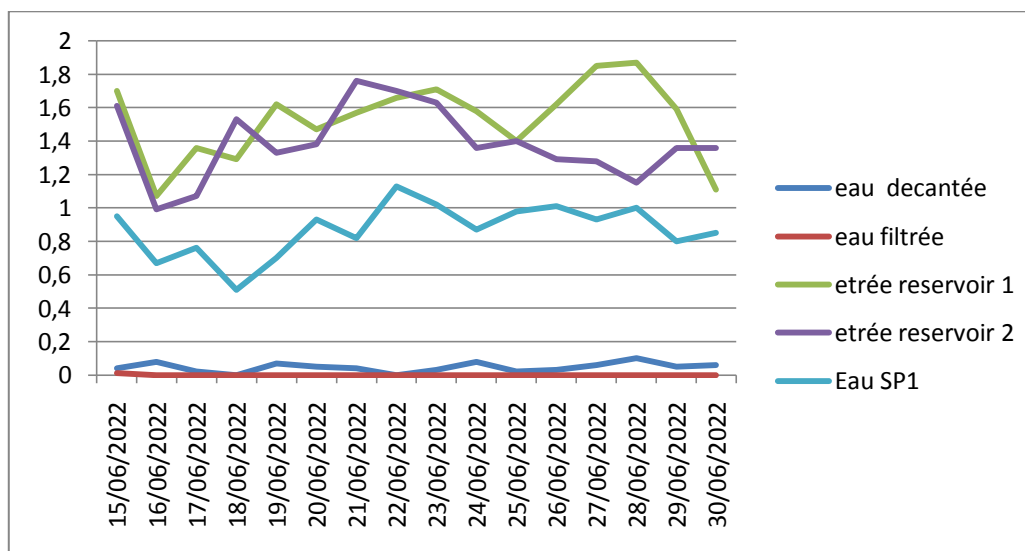


Figure 37 : Variation du chlore résiduel des différents échantillons d'eau pendant 15 jours.

➤ Demande en chlore

La figure 38 présente la variation des teneurs en chlore résiduel total en fonction de la dose introduite du chlore, en marquant un point de rupture à 2 mg/l.

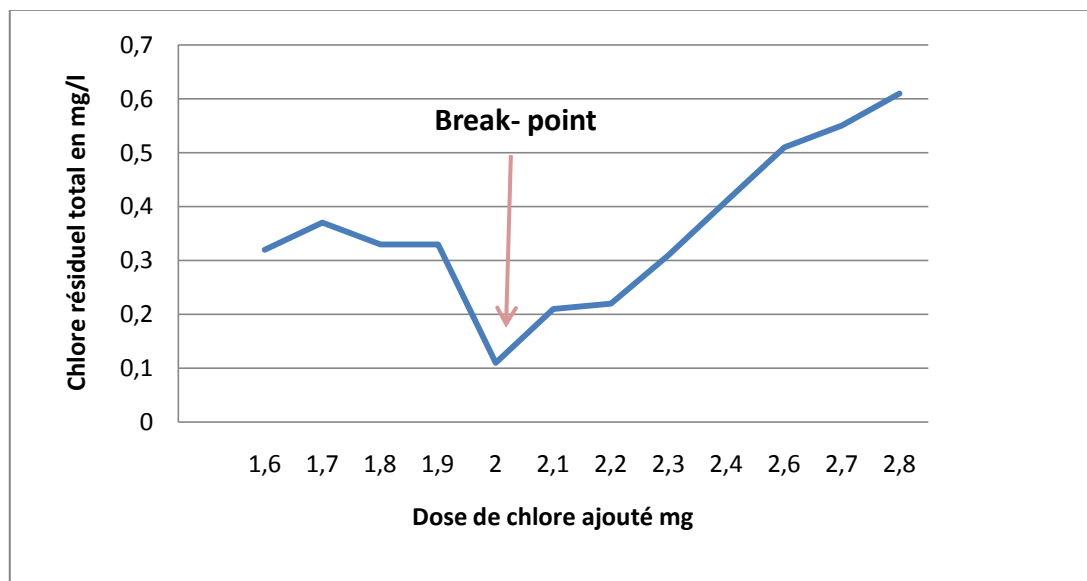


Figure 38: Variation du chlore résiduel en fonction du chlore ajouté.

1.2. Paramètres bactériologiques

Les analyses bactériologiques effectuées au niveau de laboratoire de la station K.A, consiste à la recherche des coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito- réducteurs. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 09.

On constate l'absence des coliformes fécaux (*E. Coli*) et des streptocoques fécaux dans les eaux (brute et traitée) de la station K.A. Contrairement à l'eau brute du barrage où on remarque la présence d'une faible quantité des coliformes totaux avec une moyenne de 4UFC/100ml et les Clostridium sulfito-réducteurs avec une moyenne de 09 UFC/20ml mais. Après traitement on remarque l'absence totale de tous les germes indicateurs de la contamination fécale pour l'ensemble des eaux traitée étudiées.

Tableau 09: Résultats d'analyses bactériologiques de l'eau brute et de l'eau traitée.

Germe recherché	Eau brute	JORAD 2011	Eau traitée	JORAD 2011
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	04	/	Abs	/
Coliformes	Abs	<20000 UFC /100	Abs	/

fécaux (E.Coli) (UFC/100 ml)		ml		
Streptocoques fécaux (UFC/100 ml)	00	<10000 UFC /100 ml	Abs	/
A.S.R (UFC/ 20 ml)	09	/	Abs	/

2. Discussion

Les résultats physico-chimiques obtenus pour la température de l'eau de la station K.A marque une légère élévation dans les eaux traitées, due aux variations de la température influencée par la température de l'aire, qui a été souligné par Nouayti et Hilali (2015).

La température de l'eau n'a pas d'influence directe sur la santé, mais pose un problème d'acceptabilité car une eau fraîche est généralement plus agréable au goût qu'une eau tiède (DIOP, 2021).

D'après CHELLI et al (2018), une température élevée favorise le développement des micro-organismes dans la canalisation, en même temps elle peut intensifier les odeurs et la saveur. Par contre une baisse de température entraîne généralement un ralentissement des réactions chimiques ; les concentrations relatives des réactifs et des produits en équilibre chimiques peuvent aussi varier en fonction de la température. Aussi l'eau présente l'avantage d'arriver dans le réseau de distribution à une température plus basse mais elles peuvent s'échauffer ensuite dans le réseau de distribution.

Le pH des eaux du barrage Koudiat Acerdoune est voisin de neutralité et répond aux normes fixées par l'OMS (2006) qui varie entre 6,5 et 9,5. L'eau du barrage ne nécessite pas une neutralisation et un recours à l'acide et la soude pour assurer la correction du pH. La légère baisse du pH de l'eau traitée par rapport à l'eau brute est due à l'utilisation de différentes doses de coagulant lors du traitement (KAHOULT, 2014).

Les valeurs de la turbidité de l'eau brute enregistrée est due à la présence des matières en suspensions finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques etc. Par contre les valeurs enregistrées pour l'eau traitée montrent que la turbidité diminue d'une manière remarquable par rapport à celle de l'eau brute et cela grâce à l'ajout de sulfate d'aluminium et l'injection du chlore durant les procédés de traitement (COULIBALY, 2005). Les eaux analysées présentent une turbidité qui varie entre 3.63NTU et 6.05NTU pour l'eau brute, et entre 0.56NTU et 1.27NTU pour l'eau traitée. Les résultats concernant les mesures de la turbidité ont montrées que toutes les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas les normes nationales et internationales fixée à 5 NTU sauf l'eau brute (OMS, 2006 ; JORAD, 2014).

En ce qui concerne la conductivité on remarque une petite augmentation entre l'eau traitée et l'eau brute qui serait dû à l'injection des produits de traitement ajoutées durant la phase de

coagulation (sulfate d'aluminium) et aussi au changement de la température. Selon PAINCHAUDE(1997), la conductivité est un indice de l'abondance des ions dans l'eau. Les acides et les bases inorganiques ainsi que les sels, contribuent fortement à la conductivité de l'eau. La mesure de la conductivité permet d'estimer le degré de minéralisation d'une eau (BELGHITI et al, 2013). D'après les résultats enregistrés on distingue que les eaux de la station ont une minéralisation élevée (>1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (RODIER et al 2009).

Les valeurs d'ammonium trouvées pour l'eau traitée sont nettement inférieures à celles de l'eau brute, les concentrations en ion ammonium (NH_4^+) au niveau de la station sont inférieures à 0.5 mg/l. Selon REJSEK(2002), la teneur en azote ammoniacal dans les eaux superficielle est faible (< 0.2 mg/l), ils peuvent avoir une origine naturelle par la décomposition des déchets végétaux et animaux. Ils se transforment assez rapidement en nitrites et en nitrates par oxydation.

Les eaux de barrage K.A contient des teneurs baisse en ions nitrites et nitrates, l'analyse des nitrites montre une valeur de 0,101 mg/l pour l'eau brute et 0 mg/l pour l'eau traitée, ces valeurs sont relativement inférieures à la valeur recommandée par le journal officiel (0,2 mg/l). L'analyse des nitrates varie entre 5,4 et 8,14 mg/l pour l'eau traitée et 5,34 mg/l pour l'eau brute, elles sont aussi inférieures à la valeur limite qui est de 50 mg/l. D'après PAINCHAUDE (1997), les nitrates et les nitrites constituent la forme la plus oxydée et la plus abondante de l'azote qui résultent du processus de nitrification, c'est-à-dire de l'oxydation de l'azote organique et ammoniacal, généralement présents en faible concentration dans les eaux de surface et peuvent causer la méthémoglobinémie chez les nouveau-nés quand les concentrations atteignent des valeurs élevées.

Les concentrations des phosphates (PO_4^{3-}) sont absents dans l'ensemble des eaux brutes et traitées. Ces résultats s'avèrent nettement inférieurs à la norme OMS qui est recommandé à être inférieur à 0,5 mg/l. Les teneurs élevés en phosphates favorisent la prolifération des algues qui conduisent à l'eutrophisation des lacs, cours d'eau...etc. Il en résulte une véritable dégradation de la vie aquatique. Les phosphates peuvent être éliminés par les procédés de déminéralisation (GRAINDORGE, 2015).

Concernant la matière organique, les eaux traitées sont moins chargées que les eaux brutes grâce aux traitements effectués. Les M.O sont des sources nutritives essentielles pour la prolifération bactérienne, leurs présences dans l'eau risquent de donner un goût désagréable et

peut contribuer à la formation des sous-produits de désinfection et favorise la formation des biofilms dans le réseau de distribution (BERRAHAL, 2019).

La présence d'aluminium dans l'eau traitée est due à l'injection de quantités massives de sulfate d'aluminium utilisé comme coagulant dans le processus de traitement. Dans l'eau traitée les valeurs d'aluminium varient entre 0,15 et 0,18 mg/l, qui sont un peu élevés mais ne dépasse pas la norme fixé de 0.2mg / l (JORAD, 2014).

Les teneurs en sulfate marque une légère augmentation à cause d'injection de sulfate d'aluminium utilisé dans le traitement mais ne dépasse pas les normes recommandées par l'OMS qui sont fixées à 500 mg/l. Selon DEGREMONT (1978), les teneurs élevés en sulfates peuvent occasionner des troubles diarrhéiques et contribue à la corrosion des systèmes de distribution.

Les valeurs mesurées de la dureté variée entre 380 mg/l et 444 mg/l pour l'eau traitée, qui sont conformes aux normes nationales de l'eau potable recommandant une valeur qui ne dépassent pas 500 mg/l en CaCO_3 . Selon RODIER et al (2009) « La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en Calcium et en Magnésium. Les eaux provenant des terrains calcaires et surtout des terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevées. Par contre, les eaux en provenance des terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux auront une dureté très faible». Une eau douce ne permet pas l'apparition d'une couche carbonatée assurant une protection des canalisations contre les éventuels risques de corrosion. En revanche, une dureté élevée constitue un risque important d'entartrage des canalisations, une eau douce se remarque à un moussage important et à une absence de dépôt sur les récipients (GRAINDORGE, 2015).

La teneur en ions chlorures présente une légère élévation après le traitement, elle est due à l'injection de chlore gazeux, mais reste inférieur aux normes recommandées par le journal officiel N°13 2014 fixées à 500mg/l. D'après REJSEK (2002), les Chlorures sont très répandus dans la nature, leur teneur dans les eaux est très variable et liée principalement à la nature des terrains traversés. A des concentrations supérieures, les chlorures confèrent à l'eau une saveur désagréable ce qui peut entraîner une dégradation de la qualité de l'eau et risque de provoquer la corrosion du réseau de distribution.

L'analyse des teneurs en sels dissous (TDS) de l'eau traitée correspond à la mesure de la concentration totale des espèces ioniques présent dans un échantillon, leurs minéralisation est acceptable du moment qu'elles répondent aux normes de l'OMS (< à 1000 mg/l). Une haute

concentration en TDS n'est pas dangereuse pour la santé mais elle a l'effet de produire une eau calcaireuse qui laisse des dépôts et des couches sur les installations et à l'intérieurs des tuyaux d'eau chaudes et des chaudières. Cependant, une concentration très basse donne un goût fade à l'eau qui est indésirable à beaucoup de personnes.

D'après les résultats obtenus, nous constatons que le taux de chlore dans l'eau destinée à la distribution et la consommation présente une teneur maximale de 1,13 mg/l qui peut être préjudiciable à la santé publique. La concentration résiduelle minimale de chlore libre souhaitable est de 0,2 mg/l. Une petite quantité de ce désinfectant protège l'eau de l'altération de sa qualité de façon permanente depuis la station de traitement via le réseau de distribution jusqu'au robinet du consommateur, donc il est la seule substance dont l'effet est rémanent (COFFI, 2020). Malgré cet avantage, le chlore à des concentrations élevées présentent des effets cancérigènes qui résultent de la réaction de chlore avec les molécules organiques et inorganiques qui est le précurseur de sous produits de désinfection (SPD) tel que les trihalométhanes (THM) qui augmente avec le pH, considérablement lorsque l'eau stagne plusieurs heures dans la tuyauterie d'une résidence, et la formation d'acide halocétique lorsque l'eau potable est chlorée dans des conditions de pH légèrement acide (GUID, 2022).

La désinfection a pour but d'éliminer les microorganismes pathogènes et de garantir l'absence de germes infectieux (bactéries, virus) dans les eaux distribuées (RODIER et al, 2009). Il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau soit par ; le chlore, l'ozone ou par le rayonnement ultraviolet, mais la méthode la plus répandue est la chloration car elle comporte un effet bactéricide et un effet rémanent qui se maintient dans le réseau de distribution et qui permet de garantir la qualité biologique de l'eau et la santé de consommateur en respectant la dose optimale à injecté qui est déterminer dans la demande en chlore (OMS 2005). Cette dose est appelé « break point » ou point de rupture qui consiste à établir l'exigence de chlore, c'est-à-dire la quantité de chlore qui est consommée jusqu'au l'apparition du chlore résiduel (par l'oxydation de substances réductrices, spécialement inorganique). Selon RODIER et al (2009), le point de rupture résulte de l'action du chlore sur l'azote ammoniacale qui procède à la formation de monochloramine, puis la di-et tri-chloramine qui constitue ce que l'on appelle le chlore combiné, par opposition au chlore libre. La présence et la concentration de ces différents formes dépend du pH, de la température, du rapport chlore/ammoniaque et du temps de réaction. A cet effet, on considère qu'on a une désinfection proprement dite comme l'élimination de microorganismes.

L'étude bactériologique des eaux du barrage de K.A nous a permis d'évaluer leur qualité microbiologique. D'après les résultats obtenus, on remarque la présence des coliformes totaux dans l'échantillon d'eau brute 4UFC/ml, et l'absence totale de tous les germes pathogènes (coliformes totaux, coliformes fécaux « E. Coli » et les streptocoques fécaux) dans l'échantillon d'eau traitée, qui va confirmer l'absence d'une pollution fécale, ce qui certifie l'efficacité de quelques étapes de procédé de traitement effectués. La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence des Escherichia-Coli dans 100 ml d'eau, et un seuil de 10 UFC/100 ml pour les coliformes totaux. Selon DESJARDINS (1997), la présence d'un organisme coliforme quelconque dans l'eau traitée révèle que le traitement a été inefficace ou qu'il y a eu contamination après traitement.



Conclusion générale

A l'issue de notre étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la station de traitement Koudiat Acerdoune, il ressort que la quasi-totalité des paramètres analysés sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'internationale en matière de potabilité de l'eau.

Du point de vue physico-chimique, nous avons constaté que l'ensemble des résultats obtenus obéissent aux normes de potabilité de l'eau, tel que le pH qui ne dépasse pas 7,82, et la turbidité qui est de 1,27 NTU ainsi que la conductivité 1013 $\mu\text{S}/\text{cm}$, etc.

Sur le plan microbiologique, les résultats obtenus indiquent l'absence totale des germes de contamination fécale, donc absence de pollution. Cette bonne qualité est due au principal à la nature de l'eau brute du barrage K.A et aux opérations de traitement effectuées au sein de cette station et aussi à la désinfection au chlore qui permet l'élimination des germes pathogènes à des doses optimales comme indique la demande en chlore.

La qualité des eaux de surface qui alimente le barrage dépend de la lithologie drainée par l'eau et par le temps de séjours. Les résultats des analyses effectuées montrent que les paramètres de l'eau sont conformes aux normes de potabilité ce qui signifie l'efficacité de traitement et de la désinfection.

Malgré que le chlore soit un bon désinfectant à un effet rémanent, mais aussi peut conduire à la formation des sous produits cancérigène à la santé du consommateur tel que la formation des THM et d'autres risques toxiques.

Pour limiter les problèmes de la dégradation de la qualité de l'eau et pour éviter la possibilité de tout risque sanitaire il est recommandé de :

- Contrôler l'eau mise en distribution : il doit subir un traitement rigoureux car, cette source de vie joue un rôle très important et primordiale dans l'économie nationale.
- Prendre en considération les risques toxiques qui peuvent être causés par le chlore à long termes.
- Distribuer l'eau avec des concentrations conforme à la norme.

Au final, nous concluons que la disponibilité et la distribution d'une eau potable aux consommateurs sont la résultante logique d'efforts consentis, au niveau du contrôle permanent de la qualité et de la surveillance rigoureuse à tout les stades : du captage jusqu'au robinet des consommateurs. Il faut donc protéger cette ressource et arrêter de la gaspiller !



Références bibliographiques

« A »

AOUISSI. A et HOUHAMDI. M., (2014). Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkhir et Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord-est Algérien), 1^{er} Séminaire National sur la Santé et Bio-Surveillance des Ecosystèmes Aquatiques, 12p.

AROUYA.K., (2011). Pollution des eaux : Impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface. Editions Universitaires Européennes. Paris, France, 116p.

ASANO.T., (1998). Wastwater reclamation and reuse, Water quality management Library, Edition CRC PRESS, Vol (10), 1485p.

« B »

BELHAJA., (2001). Les épidémies d'origine hydrique dans le monde. Office Internationale de l'eau. Édition ENGREF, Centre de Montpellier et Oie de Linoges, Pp 1-16.

BELLAN.G., PERES.J.M., (1994). La pollution des mers. 3^{ème} édition, Presses Universitaires de France, 127p.

BELGHITI.M.L, CHAHLAOUA, BENGOUMI et EL MOUSTAIN.R., (2013). Etude de la qualité bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknèse (Maroc). LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN2521-9782

BELAJAL.C et HMIDI.W., (2021). Synthèse sur la pollution des écosystèmes aquatique Mémoire de Master, Spécialité Toxicologie Appliquée. Université Echahid Hamma Lakhdar-El Ouèd, 83p.

BERRAHAL.Y., (2019). Evaluation de la matière organique dans les eaux de surface des barrages de l'Ouest d'Algérie et évolution des trihalométhanes et le plomb dans le réseau d'eau potable. Université Djillali Liabes Faculté Des Sciences Exactes Sidi Bel Abbes. Hydrochimie et Environnement. Thèse Doctorat, 216p.

BERNE.F et JEAN.C., (1991). Traitement des eaux. Edition. TECHNIP. 306p.

BLIEFRET.C et PERRAUD.R., (2001). Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Bruxelles : De Boeck, pp285-286.

BORDET.J., (2007). L'eau dans son environnement rural. Editions, JOHANET, Paris. 315p.

BOURAS. S., (2020). Conception et dimensionnement de l'extension de la station de traitement d'eau potable (100000 m³/J) Tidlest/ wilaya de Bouira. Mémoire de Master, Filière Génie des Procédés, Spécialité Génie de l'Environnement. Université A.M.Oulhadj-BOUIRA, 79p.

BOUZIANI.M., (2000). L'eau. De la pénurie aux maladies. Edition IBN-KHALDOUN, 247p.

BOUKHETALA.M et ZEBIRI.S., (2021). Recherche documentaire : Modèles de prévision de la qualité de l'eau. Mémoire de Master en Génie des Procédés de l'Environnement. Université de Bordj Bou Arreridj. 54p.

« C »

CARDOT.C., (2010). Les traitements de l'eau, Procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus. Ellipses édition, 71p.

CASTANY.G., (1982). Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edition.Dunod. Technique, Paris, 238p.

CELERIER.J.L., FABY.J.A., LOISEAU.G., JUERY.C., (2003). La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Document Technique. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la pêche et des affaires rurales, 98p.

CHELLI.M., CHETIBI.N.E.H. Et ZOUAGHI.M.F., (2018). Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau potable de la ville de Jijel alimentée par la station Kissir, Mémoire Master. Université de Jijel, 86p.

CHOUTI.W.K., (2006). Evaluation de la qualité des eaux des puits couverts munis de pompe dans la commune de Porto-Novo. Mémoire d'Etudes Supérieure Spécialités (DESS). Option : Décentralisation et gestion des eaux (DGE). Université d'Abomey-Calavi , Institut de Mathématique et de Sciences Physiques (IMSP) Porto-Novo, Facultés Universitaires notre dame de la paix et Namur (FUNDP) Belgique. 50p.

COFFI.S.M, YALOP.N, AHAMIDE.B., (2020). Etude de la dégradation de la concentration en chlore résiduel libre dans les eaux de boisson au Bénin : Cas de la commune de Cotonou, Journal International des Sciences Biologiques et Chimiques, 19p.

COULIBALY.K., (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse Doctorat. Université de Bamako. Mali, 69p.

COURT.L., (1986). Le cout économique et social de la pollution de l'eau. Les pollueurs et la législation. Tome I. Edition. Lavoisier-Tec et Doc. Paris. pp101-102.

« D »

DEGREMONT., (1978). «Mémento technique de l'eau » 8ème édition. Paris, 592p.

DEGREMONT., (2005). Mémento technique de l'eau. Tome I. 10ème édition. Lavoisier Tec & Doc, Paris. France. 1928p.

DESJARDINS.R., (1997). Le traitement des eaux. Presses Inter Polytechniques Nationales. 2ème édition. France. 304p.

DIOP.M., (2021). Problématique de l'accès à l'eau potable en milieu urbain : Cas de la commune des parcelles assainies de DAKAR. Mémoire de Master, Spécialité Environnement et Développement. Université de Ziguinchor, 144p.

DROBANKO.B, SIRONNEAU.J., (2017). Code de l'eau, 4ème édition JOHANET, 12089p.

DUGUET.J et al., (2006). « Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine » 1ère édition. ASTEE (Association scientifique et technique pour l'environnement) ,839p.

DUPIEUX. (2004). « Une proposition de protocole commun pour la description et la suivi des annexes hydrauliques du bassin du Loir ».Programme de Loire nature, mission scientifique. Document de travail, 52p.

« G »

GRAINDORGE.J., (2015). Guide des analyses de la qualité de l'eau. Territorial éditions, 264p.

« H »

HACENE.H., (2016). Microbiologie Fondamental et Appliquée. Tome I, 477p.

« I »

IDRES.S., (2020). Synthèse bibliographique des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux naturelles. Mémoire de Master en Ecologie et Environnement, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 69p.

ISO 7027-3., (1999). Qualité de l'eau. Détermination de la turbidité (3eme édition) International Standards Organisation.

ISO 5667., (2004). Qualité de l'eau. Echantillonnage. Dosage des nitrites. International Standards Organisation.

ISO 6878/1., (1998). Qualité de l'eau. Dosage spectrométrique du phosphore en utilisant le molybdate d'ammonium. International Standards Organisation.

ISO 7150 : Qualité de l'eau. Dosage de l'ammonium. International Standards Organisation.

ISO 6332 : Qualité de l'eau. Dosage du Fer, méthode spectrométrique à la phénantraline-1, 10. International Standards Organisation.

ISO 5667-3., (2003). Technique généralement appropriées pour la conservation des échantillons, méthode spectrométrique manuelle. International Standards Organisation

ISO 6059 : La somme du calcium et magnésium (dureté totale), International Standards Organisation.

ISO 6058., (1984). Qualité de l'eau. Dosage du calcium, méthode titrimétrique à l'EDTA., International Standards Organisation.

ISO 8467 NA 2064. Qualité de l'eau. Détermination de l'oxydabilité au KMnO_4 (indice de permanganate), méthode à chaude en milieu acide. International Standards Organisation.

ISO 6222 : Dénombrement des germes revivifiables. International Standards Organisation.

ISO 9308-1 : Recherche et détermination des coliformes totaux et fécaux (E. coli). International Standards Organisation

ISO 7899-2 : Dénombrement des streptocoques fécaux. International Standards Organisation.

« J »

JORAD., (2014). Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique décret exécutif N°13-96 du Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014, relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine, 17p.

« K »

KAHAULT.T., (2014). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). Larhyss Journal, n°19, pp129-138.

KOUMAD.Z et BENBELKACEM.F., (2016). La cinétique de l'aluminium dans le processus de traitement des eaux du barrage de Taksebt. Mémoire de Master en traitement et valorisation des ressources hydriques, Université de Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou, 76p.

« L »

LEYNAUD.G et VERREL.J.L., (1980). Modifications du milieu aquatique sous l'influence des pollutions. La pollution des eaux continentales : Incidence sur les biocénoses aquatiques. Gauthier-Villars, Paris, France, 345p.

LEVEQUE.C., (1996). Ecosystèmes aquatiques. Edition Hachette, Paris, 160p.

LEVI Y., (2017). Responsabilité & Environnement. L'eau douce dans le monde: Prix du carbone et compétitivité. Annales des mines, 140p.

« M »

METAHRI M.S., (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatés des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est la ville de Tizi-Ouzou. Thèse Doctorat, spécialité Agronomie, Université Mouloud Mammeri, 137p.

MORLOT., (1996). Aspects analytiques du plomb dans l'environnement. Edition Lavoisier. Tec et Doc, 484p.

« N »

N.A-763., (1990). Normes Algériennes. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux.

NOUAYTI.N., HILALI.M., (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz. Master. Environnement. Haut Atlas central, Maroc. Pp 5-15.

« O »

OFSP« Office Fédéral de la Santé Publique ». AUCKENTHALER.A, VON GUNTEN.U, STURZENEGGER.M., TURZENEGGER.M., BOLLER.M., EGLI.T., POUNK.W., STUDER.P., (2010). Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable. Département Fédéral de l'Intérieur DFI, Suisse, 105p.

OMS « Organisation Mondiale de la Santé », (1986). Directive de qualité pour l'eau de boisson. Volume 2 : Critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève, 316p.

OMS., (2006). Les lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé en ce qui concerne la qualité de l'eau potable.

OMS (2017). Organisation Mondiale de la Santé. Directives de qualité pour l'eau de boisson, 4ème édition. Intégrant le premier additif, 564p.

« P »

PAINCHAUD. J., (1997). La qualité de l'eau des rivières du Québec: Etat et tendances. Ministère de l'Environnement et de la Faune, 83p.

POTELON J et ZYSMAN K., (1998). Le guide de l'analyse d'eau potable. Edition la Lettre du cadre Territorial. Paris. France. 120p.

«R »

RAMADE.F., (2005). Elément d'écologie : Ecologie appliquée. Dunod, 6ème édition, 864p.

REJSEK.F., (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. Edition Scérèn. France. 360p.

RODIER.J., (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers. 8ème édition : Dunod, Paris. France, 1381p.

RODIER J, LEGUBE.B, MERLET.N et Coll., (2009). L'analyse de l'eau. 9ème édition : Dunod, Paris. France. 1579p.

ROUX.M., (1987). Analyse biologique de l'eau. Edition. Lavoisier- Tec & Doc. Paris, 77p.

« S »

SAMAKE H., (2002). Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de BAMAKO durant la période 2000 et 2001. Faculté de la médecine-pharmacie et d'odontostomatologie de l'Université de BAMAKO-Mali. Thèse Doctorat, 77p.

SIDIBE F et YAYE A., (2017). La gestion intégrée de l'eau et le développement durable en Algérie: Cas de la wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master, spécialité Economie du Développement Durable et de l'Environnement, Université Mouloud Mammeri, 91p.

« T »

TALEB.S., (2005). Congrès international sous le thème de l'eau pour le développement durable dans le bassin méditerranéen à Alger. Confrontation des normes algériennes des eaux potables directive de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 8p.

TARDAT HENRY.M et Beaudry.J.P., (1992). Chimie des eaux. 2ème édition le Griffon d'Argile. Québec. 340p.



Annexes

Les résultats des analyses partielles des paramètres physico-chimiques du 15.06.2022 au 30.06.2022 :

1. Eau brute

Paramètres/ jours	pH	Température °C	Conductivité µS/cm	Turbidité NTU	CRL mg/l
15.06.2022	7,87	23,33	991	6,05	/
16.06.2022	7,83	24,8	996	4,67	/
17.06.2022	7,83	24,8	996	5,10	/
18.06.2022	7,85	25,2	998	5,92	/
19.06.2022	7,91	26	1004	4,28	/
20.06.2022	7,85	25,2	1002	3,82	/
21.06.2022	7,94	25,7	1013	5,33	/
22.06.2022	7,81	24,7	996	5,79	/
23.06.2022	7,85	24,9	1004	4,42	/
24.06.2022	7,86	24,3	1004	5,27	/
25.06.2022	7,99	25,1	1013	5,1	/
26.06.2022	7,98	24,8	983	4,39	/
27.06.2022	7,89	24,1	965	4,29	/
28.06.2022	8	24,7	979	3,63	/
29.06.2022	7,94	25,1	980	3,98	/
30.06.2022	7,99	25,4	981	4,17	/

2. Eau traitée

Paramètres/ Jours	pH	Température °C	Conductivité µS/cm	Turbidité NTU	CRL mg/l	TDS mg/l
15.06.2022	7,59	24,6	996	0,56	0,95	708
16.06.2022	7,42	24,9	996	0,60	0,67	704
17.06.2022	7,53	25,8	1005	0,87	0,76	703
18.06.2022	7,65	25,8	1004	0,68	0,51	706
19.06.2022	7,73	26	1007	0,73	0,7	706
20.06.2022	7,61	26,1	1011	0,59	0,93	700
21.06.2022	7,64	26,2	1015	0,73	0,82	712
22.06.2022	7,61	26,3	1018	1,27	1,13	707
23.06.2022	7,65	25,9	1014	1,04	1,02	712
24.06.2022	7,64	24,7	1003	0,74	0,87	710
25.06.2022	7,75	25,2	1013	0,81	0,98	706
26.06.2022	7,68	25,2	988	0,67	1,01	710
27.06.2022	7,57	25,2	980	0,59	0,93	737
28.06.2022	7,64	25,8	980	0,9	1	711
29.06.2022	7,73	25,9	987	0,67	0,8	718
30.06.2022	7,82	25,5	984	0,96	0,85	734

Les paramètres de pollution :

Echantillon Paramètres/ Jours	Eau traitée				
	Aluminium	Ammonium	Nitrate	Nitrite	Matière organique

15.06.2022	0,18	0,02	5,4	0	1
18.06.2022	0,16	0,03	7,15	0	1,29
21.06.2022	0,17	0	7,15	0	0,98
24.06.2022	0,15	0	7,79	0	1,02
28.06.2022	0,16	0,02	8,14	0	/

Eau brute					
Paramètres/ Jour	Aluminium mg/l	Ammonium mg/l	Nitrate mg/l	Nitrite mg/l	Matière organique mg/l
15.06.2022	/	0,1	5,34	0,101	2,72

Les résultats des analyses complètes des paramètres physico-chimiques (Minéralisation globale) :

Eau traitée			
Paramètres/ Jours	Dureté (mgCaCO ₃ /l)	Chlorure (mg/l)	Sulfate (mg/l)
15.06.2022	305	181,05	243
18.06.2022	294	178,21	263
21.06.2022	243	191,7	243,6
24.06.2022	309	193,12	242,7
28.06.2022	268	195,25	289,4
V.E.B	277	170,4	243,8

V.E.B : Valeurs de l'eau brute.

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE 2014

Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine

Tableau : Paramètres avec leurs valeurs limites

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	-Eau conventionnelles :1 -Eau dessalées ou déminéralisées :1,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanures	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
Zinc	mg/l	5	
Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux Fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo(11,12) fluoranthène, benzo(3,4) pyrène, benzo(1,12) pérylène indéno(1,2,3-cd) pyrène,	µg/l	0,2	
benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,1	
Benzène	µg/l	10	

	Toluène	µg/l	700
--	---------	------	-----

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques (suite)	Xylènes	µg/l	500
	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface régissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcystine LR	µg/l	1
	Pesticides par substance individualisée		
	-Insecticides organochlorés persistants	µg/l	0,1
	-Insecticides organophosphorés et carbamates	µg/l	0,1
	-Herbicides	µg/l	0,1
	-Fongicides	µg/l	0,1
	-P.C.B	µg/l	0,1
	-P.C.T	µg/l	0,03
	-Aldrine	µg/l	0,03
	-Dieldrine	µg/l	0,03
	-Heptachlore	µg/l	0,03
	-Heptachlorépoxyde		
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlorites	µg/l	0,07
	Trihalométhanés par substances individualisée :	µg/l	200
	-Chloroforme	µg/l	100
	-Bromoformes	µg/l	100
	-Dibromochlorométhane	µg/l	60
-Bromodichlorométhane			
Chlorure de vinyle	µg/l	0,3	
1,2-Dichloroéthane	µg/l	30	
1,2-Dichlorobenzène	µg/l	1000	
1,4- Dichlorobenzène	µg/l	300	
Trichloroéthylène	µg/l	20	
Tetrachloroéthylène	µg/l	40	
Radionucléides	Particules alpha	Picocuriel/l	15
	Particules bêta	Millirems/a n	4
	Tritium	Bequerel/l	100

	Uranium	µg/l	30
	Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	0,15
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices (les spores)	n/20ml	0

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO ₃	65 Pour les eaux dessalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	µg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Température	°C	25	

**NOMBRE LE PLUS PROBABLE ET INTERVALLE DE CONFIANCE
DANS LE CAS DU SYSTEME D'ENSEMENCEMENT**

Nombre de tubes donnant une réaction positive Sur			N.P.P dans 100 ml	Limite de confiance à 95%	
5 tubes de 10 ml	5 tubes de 1 ml	5 tubes de 0,1 ml		Limite inférieur	Limite Supérieur
0	0	1	2	<0,5	7
0	0	0	2	<0,5	7
0	1	0	4	<0,5	11
1	1	0	2	<0,5	1
1	2	1	4	<0,5	11
1	3	0	4	<0,5	11
1	0	1	6	<0,5	15
1	0	0	6	<0,5	15
2	1	0	5	<0,5	13
2	1	1	7	1	17
2	2	0	7	1	17
2	2	1	9	2	21
2	3	0	9	2	21
2	0	0	12	3	28
3	0	0	8	1	19
3	1	1	11	2	25
3	1	0	11	2	25
3	1	1	14	4	34
3	2	0	14	4	34
3	2	1	17	5	46
3	3	0	17	5	46
4	0	0	13	3	31
4	0	1	17	5	46
4	1	0	17	5	46
4	1	1	21	7	63
4	1	2	26	9	78
4	2	0	22	7	67
4	2	1	26	9	78
4	3	0	27	9	80
4	3	1	33	11	93
4	4	0	34	12	96
5	0	0	23	7	70
5	0	1	31	11	89
5	0	2	43	15	114

5	1	0	33	11	93
5	1	1	46	16	120
5	1	2	63	21	154
5	2	0	49	17	126
5	2	1	70	23	168
5	2	2	94	28	219
5	3	0	79	25	187

Normes de l'OMS sur l'eau potable

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

Elément/ substance	Symbole/formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directives fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	<0,2mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobique)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	<4µg/l	0,02mg/l
Arsenic	As		0,01mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l
Béryllium	Be	<1µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	<1mg/l	0,5mg/l
Cadmium	Cd	<1µg/l	0,003mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un gout à partir de 250mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	<2µg/l	Chrome totale : 0,05mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺		2mg/l
Cyanure	CN ⁻		0,07mg/l
Oxygène dissous	O ₂		Pas de valeur guide
Fluorure	f	<1,5 mg/l (up to 10)	1,5mg/l
Dureté	mg/l CaCO ₃		200ppm
Sulfate d'hydrogène	H ₂ S		0,05 à 1mg/l
Fer	Fe	0,5-50mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01mg/L
Manganèse	Mn		0,4 mg/l
Mercure	Hg	<0,5µg/l	Inorganique : 0,006mg/l
Molybdène	Mb	<0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	Ni	<0,02 mg/l	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂		50 et 3mg/l (exposition à court terme) 0,2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais

			un optimum entre 6,5 et 9,5
Sélénium	Se	<<0,01 mg/l	0,01mg/l
Argent	Ag	5-50 µg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	<20 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄		500mg/l
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Uranium	U		0,015 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l

Composés organiques

Groupe	Substance	formule	Lignes directives fixées par l'OMS
Alcanes chlorés	Tétrachlorométhane	C Cl ₄	4µg/l
	Dichlorométhane	CH ₂ Cl ₂	20µg/l
	1,1- Dichloroéthane	C ₂ H ₄ Cl ₂	Pas de valeur guide
	1,2-Dichloroéthane	Cl CH ₂ CH ₂ Cl	30µg/l
	1, 1,1- Trichloroéthane	CH ₃ C Cl ₃	Pas de valeur guide
Alcène chlorés	1,1- Dichloroéthène	C ₂ H ₂ Cl ₂	Pas de valeur guide
	1,2-Dichloroéthène	C ₂ H ₂ Cl ₂	50µg/l
	Trichloroéthène	C ₂ H Cl ₃	20µg/l
	Tétrachloroéthène	C ₂ Cl ₄	40µg/l

Résumé

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Son utilisation à des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique. Elle est menacée de nos jours par la pollution qui provient des rejets domestique, industriels et agricoles sans traitement préalable, cette pollution cause la dégradation de la qualité de l'eau.

Notre étude consiste à évaluer les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'ensemble des eaux brutes provenant du Barrage Koudiat Acerdoune et des eaux traitées qui sort de la station.

Les résultats des analyses effectuées indiquent que la qualité de l'eau est sensiblement améliorée après traitement puisque les valeurs obtenues sont au dessous des valeurs guides données par l'OMS et par le journal officiel tel que les nitrates (8.14 mg/l), aluminium (0.18) ce qui certifie l'efficacité des traitements.

Mots clés: Pollution, paramètres physico-chimiques, paramètres bactériologiques, valeurs guides.

Summury

Water is a precious and essential natural resource for multiple uses. Its use for food or hygiene purposes requires excellent physico-chemical and microbiological quality. It is threatened nowadays by the pollution that comes from domestic, industrial and agricultural discharges without prior treatment; this pollution causes the deterioration of the water quality.

Our study consists in evaluating the physico-chemical and bacteriological parameters of all the raw water coming from the Koudiat Acerdoune dam and the treated water coming out of the station. The results of the analyzes carried out indicate that the water quality is significantly improved after treatment since the values obtained are below the guide values given by the WHO and by the official journal such us nitrates (8.14 mg/l), aluminum (0.18 mg/l) which certifies the effectiveness of the treatments.

Keywords: Pollution, physico-chemical parameters, bacteriological parameters, guide values.