



Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

BELHADDAD Cheyma
ABDELMALEK Hanane

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Hydraulique**

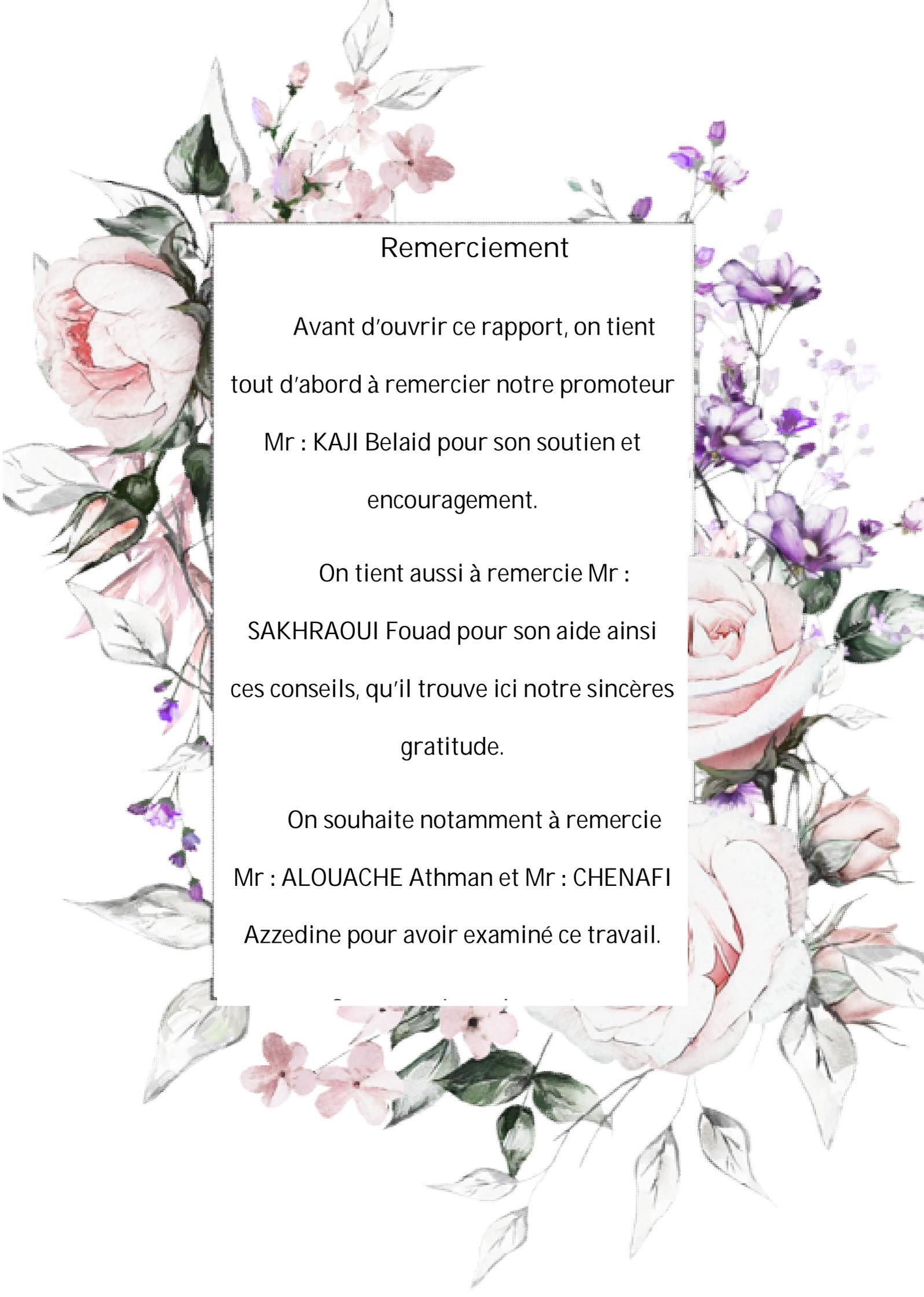
Option : **Hydraulique Urbaine**

INTITULE :

CARACTERISATION DES EAUX DU BARRAGE DE "AIN ZADA" BORDJ BOU ARRERIDJ

Soutenu le **22 /10 /2020** devant le jury composé de :

- Président : **Mr CHENAFI Azzedine**
- Promoteur (s) : **Mr KADJI Belaid**
- Examineur (s) : **Mr ALOUACHE Athman**



Remerciement

Avant d'ouvrir ce rapport, on tient tout d'abord à remercier notre promoteur

Mr : KAJI Belaid pour son soutien et encouragement.

On tient aussi à remercier Mr : SAKHRAOUI Fouad pour son aide ainsi ces conseils, qu'il trouve ici notre sincères gratitude.

On souhaite notamment à remercier Mr : ALOUACHE Athman et Mr : CHENAFI Azzedine pour avoir examiné ce travail.

Dédicace



Au nom du Dieu clément et miséricordieux et que le salut de Dieu, soit sur son
Prophète Mohammed.

A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour

A ceux qui m'ont encouragé pour continuer mon chemin universitaire

Et ceux à qui je dois tant

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de Tendresse, qui s'est
sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère **Farida**...

A mon père **Amar**, école de mon enfance, qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager,
à me donner l'aide et à me protéger. Que dieu les gardes et les protège.

Merci les prunes de mes yeux. Je vous aime.

Spéciale dédicace à mon cher mari **Khalil Hasni** qui m'a toujours soutenu

Qui me soutient pour atteindre tous mes objectifs et ambitions

Et a ses parents et a ses sœurs Selma; Dhikra; Rihab

A mes chers frères Mohammed; Younes

Mes sœurs Douaa; Bouthaina; Hadjer et son époux Adel

Mes nièces Rawnaq; Rokaya

Mon âme sœur Lynda Et toutes sa famille

Mes amies Nassima; Khawla; Nadjat; Kenza; Amel

Je vous aime.



Dédicace



Au nom du Dieu clément et miséricordieux et que le salut de Dieu, soit sur son
Prophète Mohammed.

A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour

A ceux qui m'ont encouragé pour continuer mon chemin universitaire

Et ceux à qui je dois tant

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de Tendresse, qui s'est
sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère **Zohra...**

A mon père **Laala** , école de mon enfance, qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager,
à me donner l'aide et à me protéger. Que dieu les gardes et les protège.

Merci les prunes de mes yeux. Je vous aime.

A mes sœurs : Yamina ;Sanaa ;Souhaila ;

A mes frères ; Mohamed ;djalel eddine ;abderrazeq ;

Spéciale dédicace à mon cher mari **NOUGAL Saleh eddine** qui m'a toujours soutenu

A tout mes amis de groupe hydraulique urbain.

Je vous aime.



Hanane.

Liste des abréviations

BBA : Bordj Bou Arreridj.

BGN : Bactérie Gram Négatif.

CEE : Communauté Economique Européenne.

COT : Carbone Organique Total.

H₂O : Eau.

MES : matière en suspension.

N : normal.

NTU : Nephelometric Turbidity Unit.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

TAC : titre alcalimétrique complet.

UTN : Unité de Turbidité Néphélométrique.

°C : degré Celsius.

°F : le degré français

LISTE DES FIGURES

Chapitre II : Les procédés de traitement des eaux

Figure (II.1): Dégrillage.....	12
Figure (II.2): Coagulation floculation	13
Figure (II.3): Principe du décanteur statique	15
Figure (II.4): Décanteur lamellaire.....	15
Figure(II.5): La filtration	16
Figure(II.6): Principe d'osmose inverse	20

Chapitre III : Description du lieu d'étude

Figure (III.1): Barrage d'Ain Zada prise par Google Earth.....	23
Figure (III.2): Barrage d'Ain Zada.....	25
Figure (III.3): L'emplacement de la station de traitement par rapport au barrage d'Ain Zada).....	26

Chapitre VI : Matériel et méthodes

Figure (IV.1): Turbidimètre.....	29
Figure (IV.2): Mesure de température.....	30
Figure (IV.3): PH mètre.....	31
Figure (IV.4): conductimètre	31
Figure (IV.5): Les inconvénients des eaux dures.....	32
Figure (IV.6): Le principe de la méthode de Mohr	33
Figure (IV.7): Spectrophotomètre	31
Figure (IV.8): Centrifugeuse.....	35
Figure (IV.9): Test de présomption.....	38
Figure (IV.10): Recherche des coliformes par méthode de filtration.....	40
Figure (IV.11): Recherche et dénombrement des Streptocoques par méthode de filtration	42
Figure (IV.12): Recherche et dénombrement des spores des clostridium sulfito-réducteurs...	44

Chapitre V : Résultats et discussion

Figure (V.1): Variation de la température avant et après traitement.....	46
Figure (V.2): Variation du ph avant et après traitement.....	47
Figure (V.3): Variation de La turbidité avant et après traitement.....	48
Figure (V.4): Variation de la conductivité avant et après traitement.....	49
Figure (V.5): Variation de la dureté totale avant et après le traitement.....	50
Figure (V.6): Variation de la concentration de Calcium avant et après le traitement.....	51
Figure (V.7): Variation de la concentration en de Magnésium avant et après le traitement.....	52
Figure (V.8): Variation des teneurs en chlorure avant et après le traitement.....	53
Figure (V.9): Variation des nitrites avant et après le traitement.....	54
Figure (V.10): Variation des nitrates avant et après le traitement.....	55
Figure (V.11): La variation de potassium avant et après le traitement.....	56
Figure (V.12): La variation de sulfate avant et après le traitement.....	57
Figure (V.13): La variation de fer avant et après le traitement.....	58
Figure (V.14): La variation de l'ammonium avant et après le traitement.....	59

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : La potabilité de l'eau

Tableau (I.1) : Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable	8
Tableau (I. 2) : Normes physico-chimiques d'une eau potable.	8
Tableau (I.3) : Normes des substances indésirables d'une eau potable	9
Tableau (I.4) : Normes des substances toxiques d'une eau potable.....	9
Tableau (I.5) : Normes des paramètres bactériologiques d'une eau potable.	10

Chapitre II : Les procédés de traitement des eaux

Tableau (II.1): Classement des procédés de traitement des eaux.....	11
Tableau (II. 2): Matériaux filtrants les plus couramment utilisés.....	17

Chapitre III : Description du lieu d'étude

Tableau (III.1): Les caractéristiques techniques du barrage Ain-Zada	24
----------------------------------------------------------------------------	----

SOMMAIRE

Remerciement	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1

Chapitre I : généralité sur l'eau

I.1. Introduction	2
I.2. Les différentes sources de l'eau.....	2
I.2.1. Les eaux de surface.....	2
I.2.2. Les eaux souterraines	2
I.2.3. Les eaux météoriques (eaux de pluies)	3
I.3. Problème de qualité	3
I.5. La pollution des eaux.....	4
I.5.1. Définition de la pollution	4
I.5.2. Les différentes sources de pollution	4
I.5.2.1. La pollution chimique.....	4
I.5.2.2. Les décharges sauvages	4
I.5.2.3. La pollution domestique	4
I.5.2.4. La pollution agricole	5
I.5.2.5. La pollution accidentelle	5
I.6. La problématique de l'eau en Algérie.....	5
I.6.1. Envasement des barrages en Algérie	6
I.6.2. Fuites dans les barrages.....	6
I.6.3. Eutrophisation des retenues de barrages	7
I.7. Qualité de l'eau de boisson	7

I.8.	Définition d'une valeur guide	7
I.9.	Aspects organoleptiques	7
I.10.	Les paramètres physico-chimiques	8
I.11.	Les substances indésirables	9
I.12.	Les paramètres bactériologiques	10
I.13.	Conclusion.....	10

Chapitre II : Les procédés de traitement des eaux

II.1.	Introduction	11
II.2.	Classement des différents procédés de base.....	11
II.3.	Description des différents étapes de traitement des eaux potables.....	11
II.3.1.	Le prétraitement	11
II.3.2.	La clarification.....	12
II.3.2.1.	Les différents procédés de la clarification	12
II.3.3.	La filtration.....	16
II.3.4.	L'affinage	18
II.3.4.1.	L'adsorption sur charbon active	18
II.3.4.2.	Le stripping	18
II.3.5.	Filtration par membranes	18
II.3.6.	La désinfection	19
II.3.7.	Les traitements spécifiques	19
II.3.7.1.	Les métaux lourds.....	19

Chapitre III : Description du lieu d'étude

III.1.	Situation géographique du barrage	23
III.2.	Les caractéristiques techniques du barrage.....	24
III.3.	Caractéristiques climatiques.....	25
III.4.	La station de traitement.....	26

III.5.	Filière de traitement.....	27
III.6.	Qualité de l'eau brute.....	27
III.7.	Qualité de l'eau traitée.....	28

Chapitre VI : Matériel et méthodes

IV.1.	Introduction.....	29
IV.2.	Méthodes d'analyses	29
IV.2.1.	Analyses physico-chimiques	29
IV.2.1.1.	Détermination des paramètres organoleptiques.....	29
IV.2.1.2.	Mesure de la turbidité	29
IV.2.1.3.	Mesure de la température.....	30
IV.2.1.4.	Mesure du pH	30
IV.2.1.5.	Mesure de la conductivité électrique	31
IV.2.1.6.	Détermination de la dureté totale (Titre hydrotimétrique TH).....	32
IV.2.1.7.	Dosage de chlorure par la méthode de Mohr	32
IV.2.1.8.	Dosage des nitrites (NO ₂).....	33
IV.2.1.9.	Dosage de nitrate (NO ₃ ⁻).....	33
IV.2.1.10.	Matières en suspensions(MES)	34
IV.2.1.11.	Détermination de l'ammonium (NH ₄).....	35
IV.2.1.12.	Dosage de sulfates (SO ₄ ²⁻)	35
IV.2.1.13.	Détermination d'aluminium (Al).....	36
IV.2.1.14.	Dosage de fer (Fe).....	36
IV.2.1.15.	Dosage des phosphates (PO ₄ ³⁻).....	36
IV.2.2.	Analyses bactériologiques.....	36
IV.2.2.1.	Recherche et dénombrement des germes totaux	37
IV.2.2.2.	Recherche des coliformes par méthode de filtration	39
IV.2.2.3.	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieux liquides	41
IV.2.2.4.	Recherche des streptocoques par méthode de filtration.....	41
IV.2.2.5.	Recherche et dénombrement des spores de clostridium sulfito-réducteurs	43
IV.3.	Conclusion	45

Chapitre V : Résultats et discussion

Introduction.....	46
V.1. Température.....	46
V.2. PH.....	47
V.3. Turbidité.....	48
V.4. Conductivité électrique.....	49
V.5. Dureté totale.....	50
V.6. Calcium.....	51
V.7. Magnésium.....	52
V.8. Les chlorures.....	53
V.9. Nitrates.....	54
V.10. Nitrates.....	55
V.11. Potassium.....	56
V.12. Sulfates.....	57
V.13. Fer.....	58
V.14. L'ammonium NH ₄	59
V.15. Oxygène dissous.....	60
V.16. Aluminium.....	61
V.17. Phosphate.....	62
Conclusion.....	63
Conclusion générale.....	64
Références bibliographiques.....	65

Annexes

CHAPITRE I :
La potabilité de l'eau.

I.1. Introduction

Sur la Terre, l'eau est la seule substance qu'on trouve dans ses trois phases à l'état naturel solide (glace, neige), liquide (eau liquide) et gazeux (vapeur d'eau). Malgré le fait que le pourcentage de vapeur d'eau dans l'atmosphère est faible (0 à 4 % de la composition de l'atmosphère). Le cycle de l'eau comprend : L'évaporation, les précipitations, infiltration et l'écoulement. Ces étapes qui permettent le renouvellement de l'eau.

Nous pouvons dégager trois sources d'approvisionnement en eau que sont : les eaux de surface, les eaux météoriques (eaux de pluies) et les eaux souterraines.

I.2. Les différentes sources de l'eau

I.2.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux de mer, de rivières, des lacs, des fleuves, des barrages. Elles sont largement utilisées mais sont sujettes à la contamination du fait des eaux de ruissellement et des eaux résiduaires, ces eaux couvrent la terre 97,4% de celle-ci consiste toutefois en eau salée dont l'essentiel est dans les océans et 2,6% seulement en eau douce. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement. On peut les classer selon l'origine :

- ✓ soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source ;
- ✓ soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une vitesse de circulation appréciable ;
- ✓ Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues de barrages) où peut apparaître une grande hétérogénéité de la qualité.

I.2.2. Les eaux souterraines

Elles sont plus minéralisées. L'eau de pluie qui arrive sur le sol dissout les substances solubles des roches et acquiert de nouvelles caractéristiques physiques et chimiques. Cette minéralisation dépend de :

- ✓ La nature des roches lessivées ;
- ✓ La solubilité des sels minéraux ;
- ✓ Le temps de contact de l'eau avec les minéraux ;

- ✓ L'alimentation plus ou moins importante des aquifères.

Parmi ces eaux souterraines, on distingue les aquifères peu profonds et les aquifères profonds. En fonction des matériaux constituant le sol, les nappes peuvent être contaminées, elles nécessitent impérativement une désinfection et une protection efficace si elles sont exploitées pour la boisson.

I.2.3. Les eaux météoriques (eaux de pluies)

Une eau de pluie, ou une eau pluviale, est un liquide sous forme de gouttelettes condensées à partir de l'atmosphère, puis sous forme de vapeur d'eau, puis d'un précipité lorsqu'elle est enfin devenue assez lourde pour tomber sous l'effet de la gravité. Elle est une eau douce.

Dans le principe de sa formation, la composition chimique de l'eau de pluie est variable : elle dépend de la qualité de l'air atmosphérique traversé. De nos jours, autour des centres urbains, il faut considérer l'eau de pluie comme non potable pour un usage humain.

Les pluies ne constituent qu'un rapport d'eau d'alimentation. Elles sont très utiles et précieuses dans les régions où les précipitations sont rares.

I.3. Problème de qualité

L'eau ne se trouve jamais à l'état pur (H_2O). Elle contient toujours des éléments minéraux et organiques ou encore des microorganismes et d'autres substances qui peuvent le rendre pollué.

L'eau potable est une eau dont on considère, à l'une de normes de qualité, qu'elle peut être bue, cuite ou utilisée à des fins domestiques et industrielles sans danger pour la santé.

Plusieurs facteurs concourent à la pollution de l'eau. Au nombre de ceux-ci, on peut citer:

- les facteurs biologiques : bactéries, parasites, virus, champignons ;
- les facteurs chimiques : pesticides, nitrates, sels ammoniacaux, sels de métaux lourds ;
- les facteurs physiques : produits radioactifs, déversements d'eau chaude.

I.4. Caractères d'une eau potable

Une eau potable doit être limpide, incolore, fraîche (10° - 12° C), inodore et de saveur agréable. Le pH est de 7. Elle ne peut contenir de substances toxiques minérales ou organiques et elle doit être exempte de germes pathogènes.

I.5. La pollution des eaux

I.5.1. Définition de la pollution

On peut la présenter ainsi toute modification physico-chimique ou biologique d'un écosystème par l'introduction d'un élément extérieur qui crée des nuisances voir un danger pour le monde vivant donc c'est la conséquence de l'introduction de matières, en quantité suffisamment importante pour perturber son fonctionnement habituel à court, moyen, ou long terme. La Plus part du temps elle est due à l'activité de l'homme. La pollution des eaux est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines.

I.5.2. Les différentes sources de pollution

I.5.2.1. La pollution chimique

La pollution chimique peut être accidentelle ou diffuse. Les eaux usées industrielles contiennent également de l'azote, notamment les eaux rejetées par les fabricants d'engrais ou d'explosifs, les industries de traitements des métaux et les industries agro-alimentaires.

Les industries rejettent ces pollutions qui entraînent une détérioration de l'environnement. Une présence insuffisante de stations d'épuration.

I.5.2.2. Les décharges sauvages

Les décharges sauvages (huile de vidange, batteries...) et tout ce que l'on jette dans la nature sans vraiment y prêter attention, représentent une source de pollution qui fait parfois beaucoup de dégât.

I.5.2.3. La pollution domestique

Provient des utilisations quotidiennes de l'eau à la maison, l'eau des toilettes comme l'eau des lavages environ 150 litres par jour et par habitant, est une source de pollution :

- organique (graisses)
- chimique (poudres à laver, détergents...)

La pollution domestique est représentée par les eaux usées domestiques, l'eau de pluie (qui lave les rues). Elle est responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau, ainsi que du développement de l'eutrophisation.

1.5.2.4. La pollution agricole

- ***Les matières organiques*** : Les déjections animales, issues de l'élevage, contiennent des matières organiques, matières azotées et phosphore pouvant poser des problèmes de pollution des eaux superficielles et souterraines dans les zones d'élevage intensif. Les rejets de bactéries dans l'environnement sont limités par les pratiques agricoles qui consistent à stocker le lisier dans des fosses. Lorsque les conditions d'épandage sont respectées, ces rejets sont bien absorbés par l'environnement. Toutefois, certains peuvent perdurer des semaines, voire des mois dans l'environnement et en zone d'élevage intensif. Le risque de détecter des microorganismes pathogènes dans les rivières peut alors être important.
- ***Les engrais chimiques*** (nitrates et phosphates) : Altèrent la qualité des nappes souterraines qu'ils atteignent par infiltration des eaux.
- ***Les pesticides*** : D'origine agricole les plus souvent quantifiés sont les herbicides. Bien que moins fréquente que celle des herbicides, une présence significative d'insecticides et de fongicides utilisés en traitement de grandes cultures est mise en évidence dans l'eau des rivières.
- ***Les herbicides et les insecticides*** : S'accumulent dans les sols et les nappes phréatiques.

1.5.2.5. La pollution accidentelle

- Entreposer des produits chimiques solubles ;
- Déverser des produits polluants lors d'accidents de la circulation maritime ;
- Disperser des gaz ou des liquides toxiques par les usines ;
- Les incendies.

I.6. La problématique de l'eau en Algérie

L'eau est menacée dans sa qualité dans sa quantité. Malgré la construction de nouveaux barrages et le recours au dessalement, l'Algérie enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m³ d'ici l'an 2025 du à des problèmes techniques affectent la quantité et la qualité des ressources en eau. la seule région qui semble échapper au déficit à cet horizon, est la région hydrographique du Constantinois-Seybouse-mellégue, sachant qu'elle était déficitaire à l'horizon 2000 et a pu résorber ce déficit grâce au volume régularisable élevé

assuré par les barrages en construction. A titre d'exemple, le barrage de Ben Haroun permet de régulariser un volume de 42 millions de m³. Les régions de l'algérois-Soumman-Hona et l'Oranie-Chott-cheroui sont déficitaires, ce qui a engendré une diminution des eaux désignées à l'irrigation dans le but de privilégier l'alimentation en eau potable dans ces régions. Ce déficit sera beaucoup plus accentué au niveau des régions de Chellif-zahras et de l'algérois-Soummam-Hodna à l'horizon 2025. La confrontation en sources de besoins est un indicatif révélateur et très significatif qui nous oriente quant à l'avenir de la politique de l'eau. Il est clair que l'Algérie du nord enregistre d'un autre côté, un manque énorme en ressources au même moment où les besoins augmentent et d'un autre côté, le volume d'eau mobilisable est en diminution. Ceci est dû aux différents problèmes naturels et humains qui touchent les sites susceptibles de capter il s'agit des problèmes suivants [1] :

I.6.1. Envasement des barrages en Algérie

En Algérie, les 52 grands barrages reçoivent 32 millions de m³ de matériau solide annuellement. La répartition des barrages sur les cinq bassins hydrographiques indique clairement que les barrages de la région de Chéllif – Zahrez sont les barrages les plus menacés par le phénomène de l'envasement puisque le taux de sédimentation annuel est de 0,75%. Ceci est dû à la forte érosion des bassins versants de la région, favorisée par la nature des sols et l'absence de boisement. Même pour les petits barrages, le taux de comblement évalué en 2002 dans le bassin hydrographique Chellif –Zahrez est de 16% de la capacité totale, il est beaucoup plus grand par rapport à celui des autres régions [2]

I.6.2. Fuites dans les barrages

En réalité l'eau des fuites ne se perd pas, il peut être récupérée et réutilisée pour l'agriculture et à la limite le laisser s'infiltrer pour réalimenter les nappes. A titre d'exemple, un réseau de collecte des fuites d'eau installé à l'aval du barrage de Foum El Gherza permet de récupérer en moyenne 5 millions de m³/an et de les utiliser pour l'irrigation. Cette irrigation forcée pose des problèmes de sols, puisque l'eau coule en continue. Mais le grand problème réside dans la circulation des eaux dans les failles de la roche dont la section mouillée augmentera dans le temps suite au changement de températures et les variations de la vitesse de l'écoulement (variation du plan d'eau) qui engendreront l'érosion de la roche et avec le temps c'est le glissement au niveau des berges et l'ouvrage sera en danger.

I.6.3. Eutrophisation des retenues de barrages

L'eutrophisation est l'enrichissement d'une eau en sels minéraux (nitrates et phosphates notamment) entraînant des déséquilibres écologiques comme la profusion de la végétation aquatique et l'appauvrissement en oxygène dissous. Le processus de vieillissement passera une retenue d'un état de faible niveau nutritif (oligotrophique) à un état intermédiaire (mésotrophique), puis à un état de haut niveau nutritif (eutrophique). Le phosphore et l'azote sont des substances nutritives limitant le cycle de croissance de la végétation dans la retenue. Le phosphore est transporté en solution dans les retenues et se fixe aux sédiments.

Une fois déposées dans la retenue, les sédiments libèrent le phosphore et contribuent au processus d'eutrophisation. La turbidité et la formation d'algues sont inversement proportionnelle.

L'accroissement de la turbidité a un impact sur le processus biologique du fait d'une modification de la température. Le blocage du passage de la lumière par les sédiments en suspension a un effet sur le phénomène de photosynthèse.

I.7. Qualité de l'eau de boisson

Les directives pour la qualité de l'eau potable telles qu'établies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ont pour but la protection de la santé publique. Pour cette raison des valeurs guides ont été élaborées et recommandées par (OMS).

La potabilité de l'eau s'apprécie par rapport à trois catégories de caractéristiques :

- L'absence de germes pathogènes et d'organismes parasites responsables de maladies contagieuses ;
- Les caractéristiques organoleptiques : turbidité, odeur, saveur, couleur qui concourent à l'agrément et au désagrément d'eau de boisson ;
- La teneur limite d'un certain nombre de substances toxiques ou indésirables.

I.8. Définition d'une valeur guide

Une valeur guide représente la concentration d'un composant qui ne présente aucun risque pour la santé d'une personne qui consommerait l'eau en question pendant toute sa vie. Ces normes sont établies en tenant compte du contexte socio-économique, environnemental, culturel, local et national. Au niveau international, par les recommandations de l'OMS. [3]

I.9. Aspects organoleptiques

Les normes des différentes caractéristiques, rapportées sur le tableau ci-dessous, sont des valeurs maximales admissibles pour une eau potable.

Tableau (I.1) : Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable [4]

Paramètre organoleptique	Unité	Norme OMS	Norme CEE	Normes Algérienne
Turbidité	NTU	5	2	5
Couleur	Mg/l échelle pt/Co	25	15	15
Odeur	Seuil de perception à 25°C	4	2	4
Saveur	Seuil de perception à 25°C	4	2	4

I.10. Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques, caractérisant une eau potable, sont reproduits sur le tableau suivant :

Tableau (I. 2) : Normes physico-chimiques d'une eau potable.[4]

Paramètre physico	Unité	Normes OMS	Normes CEE	Normes Algérienne
Température	°C	≤25	≤25	≤25
PH	-	6,5-8,5	6,5-9	6,5-9,5
Conductivité	μS/cm	2800	1000	2800
TAC	°F	≥2,5	≥2,5	≥4
TH	°F	≤15	≤15	≤14
Résidus sec	Mg/l après séchage a 180 °C	Max 2000	Max 1500	1500
Sodium	Mg/l Na	200	150	200
Potassium	Mg/l K	20	12	12
Sulfates	Mg/l SO ₄	200	250	400
Chlorures	Mg/l Cl	250	200	-
Oxydabilité au KMnO ₄	Mg/l en O ₂	5	5	-
Oxygène dissous	Mg/l	5	5	5
COT	Mg/l	5	2	-

I.11. Les substances indésirables

Les substances indésirables contenues dans l'eau destinée à la consommation ne présentent aucun danger pour la santé humaine, mais dépassant un certain seuil, elles peuvent provoquer des désagréments d'ordre esthétique ou organoleptique. Les teneurs maximales admissibles de ces substances sont données par le tableau suivant :

Tableau (I.3) : Normes des substances indésirables d'une eau potable [4]

Paramètre indésirables	Unité	Normes OMS	Normes CEE	Normes Algérienne
Fer total	µg/l Fe	300	200	300
Manganèse	µg/l Mn	50	50	50
Aluminium	mg/l Al	0,2	0,2	0,2
Cuivre	mg/l Cu	5	1	2
Zinc	mg/l Zn	5	5	5
Argent	mg/l Ag	15	10	15
Fluor	mg/l F	5	1,5	1,5
Nitrates NO ₃ ⁻	mg/l NO ₃	Max 50	Max 50	50
Nitrites NO ₂ ⁻	mg/l NO ₂	Max 0,1	Max 0,1	0,2
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l NH ₄	Max 0,5	Max 0,1	0,5
Phosphates PO ₄ ⁻³	mg/l PO ₄	Max 0,5	Max 0,5	-

I.12. Les substances toxiques

Les substances toxiques présentes dans l'eau peuvent s'avérer très dangereuses pour la santé humaine si elles dépassent certaines teneurs détaillées sur le tableau suivant :

Tableau (I.4) : Normes des substances toxiques d'une eau potable. [4]

Substance toxique	Unité	Normes OMS	Normes CEE	Normes Algérienne
Arsenic	µg/l As	50	50	10
Plomb	µg/l Pb	50	50	10
Cadmium	µg/l Cd	5	5	3
Mercure	µg/l Hg	1	1	6
Chrome total	µg/l Cr	50	50	50
Nickel	µg/l Ni	50	50	70

I.12. Les paramètres bactériologiques

Une eau potable doit être exempte de tout germe pathogène et de tout virus pouvant présenter un danger pour la santé du consommateur

Tableau (I.5) : Normes des paramètres bactériologiques d'une eau potable. [4]

Paramètres bactériologiques	Unité	Normes OMS	Normes CEE	Normes Algérienne
Germes pathogènes	Nbr/ml	0	0	0
Coliformes totaux	Nbr/ml	0	0	0
Colibacilles	Nbr/ml	0	0	0
Streptocoques fécaux	Nbr/ml	0	0	0
Clostridium sulfite-réducteurs	Nbr/ml	0	0	0

I.13. Conclusion

Les eaux se caractérisent par des différents paramètres, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante.

Avant qu'elles soient, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger l'environnement et l'être humain. Pour cela, elles sont acheminées vers une station de traitement où elles subissent plusieurs phases de traitement.

CHAPITRE II :
Les procédés de
traitement des eaux.

II.1. Introduction

L'eau brute destinée à la consommation humaine est prélevée dans un cours d'eau ou une nappe d'eaux souterraines. Elle est ensuite acheminée vers une usine de production d'eau potable où elle subit de divers traitements physiques, chimiques et biologiques. Ceci afin de la rendre potable aux consommateurs.

Le traitement des eaux doivent être évolutifs pour suivre les éventuels changements des caractéristiques de la ressource ou le renforcement de l'exigence des normes encadrant la qualité de l'eau distribuée.

II.2. Classement des différents procédés de base

Tableau (II.1): Classement des procédés de traitement des eaux

Physique	Physico chimique	Chimique	Biologiques
Dégrillage tamisage décantation filtration flottation	coagulation floculation	oxydation échange sur résine procède de neutralisation ou d'acidification	cultures bactériennes appropriées

II.3. Description des différents étapes de traitement des eaux potables

II.3.1. Le prétraitement

Le dégrillage et le tamisage (réserves aux eaux de surfaces) se sont des procédés physiques, les gros déchets sont retenus une simple grille, les plus fins dans des tamis à mailles fines.

La pré-oxydation c'est une procédés chimique qui utilise le chlore ou l'hydrochlorate de sodium, l'ozone, le dioxyde de chlore, il est désignée à permettre l'élimination du fer et de manganèse (notamment pour les eaux souterraines), de la couleur ; les algues (essentiellement pour les eaux superficiels).[5]

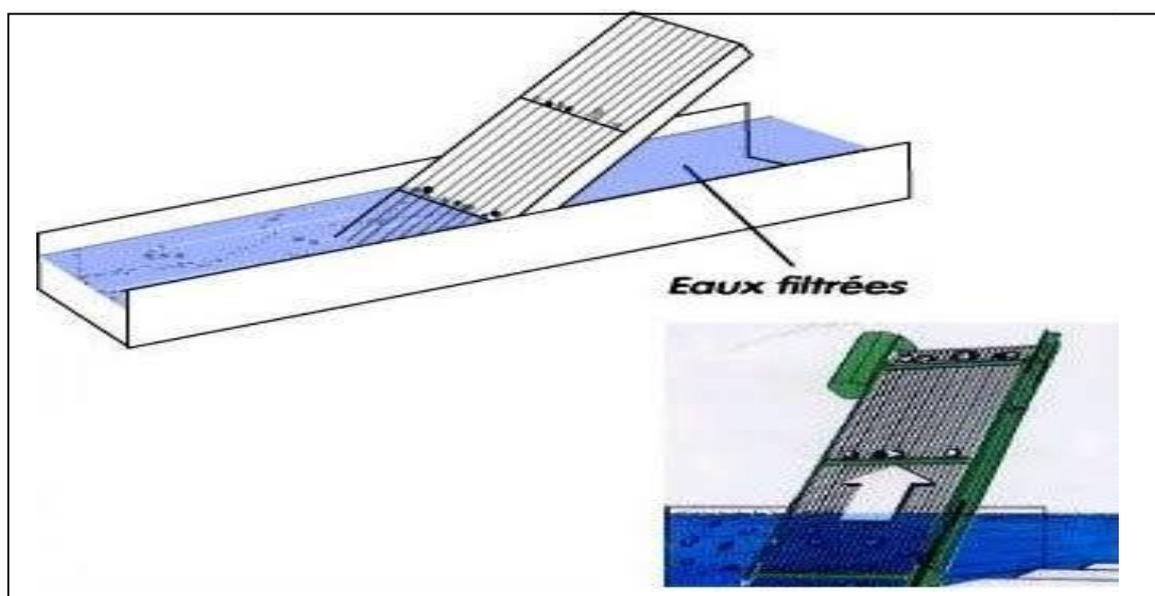


Figure (II.1): Dégrillage.

II.3.2. La clarification

Qu'il s'agisse d'eaux de surfaces ou souterraines, cette étape assure l'élimination des particules en suspension (sable, limon, débris organique) et des matières colloïdales (argiles fines, bactéries et d'une partie des matières dissoutes (matières organiques, sels)).[6]

II.3.2.1. Les différents procédés de la clarification

➤ *La coagulation floculation*

C'est l'adjonction d'un coagulant provoque la déstabilisation des colloïdes (particules solides de si petite taille qu'elles se répartissent de façon homogène) et forme des agrégats de tailles suffisantes pour être séparés de l'eau.[7]

Les réactifs utilisés sont :

- ▶ Le sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$;
- ▶ L'aluminate de sodium $NaAlO_2$;
- ▶ Le chlorure d'aluminium $AlCl_3$;
- ▶ Le chlorure ferrique $FeCl_3$;
- ▶ Le sulfate ferrique $Fe_2(SO_4)_3$;
- ▶ Le sulfate ferreux $FeSO_4$;
- ▶ Le sulfate de cuivre $CuSO_4$;
- ▶ La chaux $Ca(OH)_2$.

Elle a pour objectif d'accroître la cohésion des particules par agitation de l'eau et conduit à la formation d'amas de plus en plus volumineux appelées floccs.

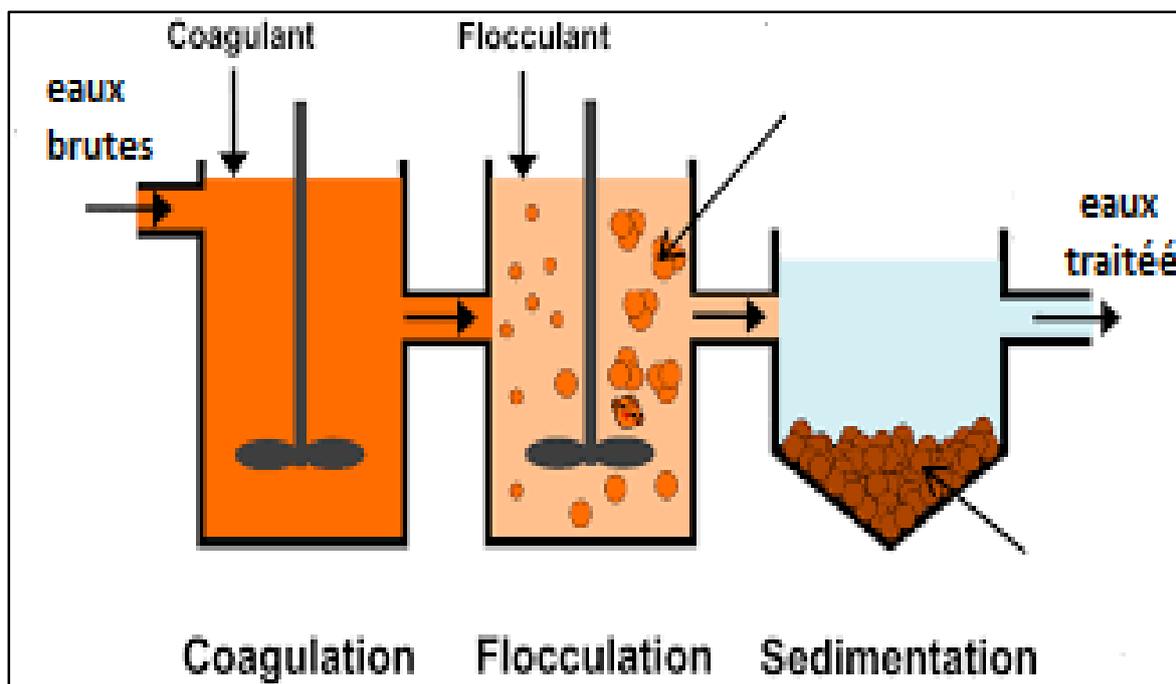


Figure (II.2): Coagulation flocculation

➤ **La séparation solide liquide par décantation ou flottation**

L'extraction des floccs se fait soit par décantation ou à l'inverse par flottation ils sont ensuite récupérés par raclage.[8]

- **Le décanteur** : Assure par voie physique (pesanteur) l'élimination des matières en suspension présentes dans l'eau brute et celles formées par l'étape de coagulation flocculation.

La loi de Stokes régit la chute de particules sphériques.

La vitesse de chute (V_p) est donnée par la formule suivante :

$$V_p = R^2 \frac{2g(\rho_p - \rho_f)}{9\mu}$$

Avec : R = rayon de particule;

g = l'accélération de la pesanteur;

ρ_p = la masse volumique de la particule ;

ρ_f = la masse volumique de la fluide ;

μ = viscosité de milieu;

Une décantation sera d'autant plus rapide que :

- Le diamètre et la densité des floccs seront élevés;
- La viscosité sera faible (température de l'eau élevée);
- La vitesse de Hazennotée V_h représente l'efficacité intrinsèque d'un décanteur;
- L'expression de la vitesse de Hazen exprimée en m/h est :

$$V_h = \frac{\text{débit}}{\text{surface de décantation}}$$

- Débit en m^3/h ;
 - Surface de décantation en m^2 ;
 - La décantation ne sera efficace que si $V_p > V_h$.
- **Les différents types de décantation** : Il existe plusieurs types de décantation dont voici les principaux :
- ✓ **Décantation statique** : Le principe dans la décantation statique est que les particules atteignent le fond du décanteur avant de sortir. Cette décantation se fait sur un décanteur rectangulaire à flux horizontal, les particules étant considérées indépendantes et tombant à leur propre vitesse.

L'écoulement doit être laminaire sans turbulences ni courants.

- L : longueur effective du décanteur;
- H : profondeur totale de la zone de décantation;
- V_f : vitesse horizontale de l'eau;
- V_s : vitesse de chute de la particule.

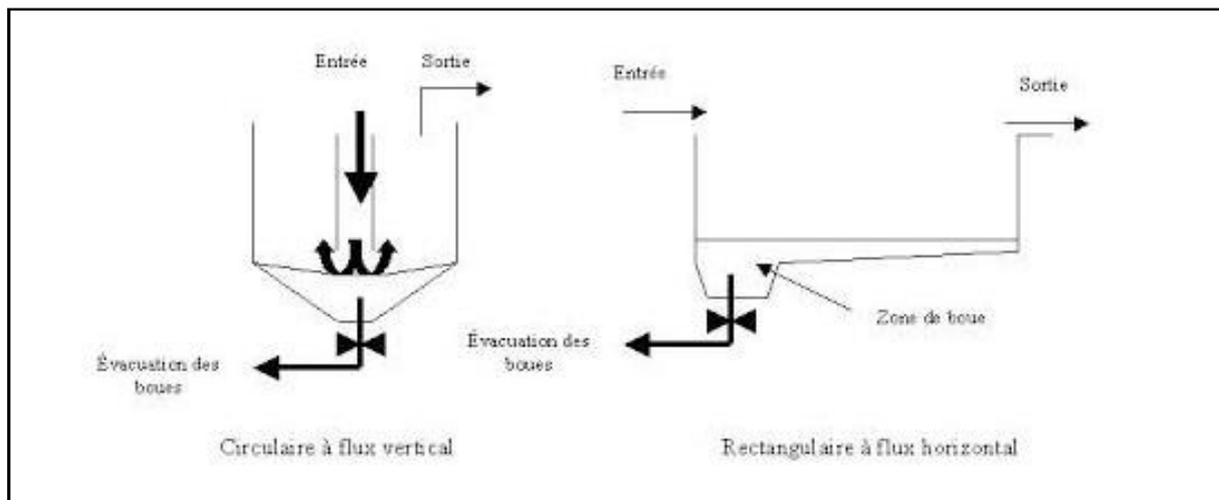


Figure (II.3): principe du décanteur statique

✓ **Décantation lamellaire :** Afin de disposer de décanteurs de faible surface et admettant de forts débits, des lamelles, des tubes ou même des modules hexagonaux faisant un angle α par rapport à l'horizontale a été ajoutés aux décanteurs classiques. Trois possibilités de circulation de l'eau et des boues, dans ce type de décanteurs, existent. En effet, si l'eau à traiter et les boues circulent dans le même sens, il s'agit d'une circulation à co-courant. Une circulation en sens contraire donne un décanteur à contre courant et une circulation mixte conduit à un décanteur à courant croisé.

Lors du fonctionnement de ces décanteurs, la boue s'accumule sur les lamelles ce qui engendre des vitesses de surverse importantes conduisant à la dégradation des performances de décantation. Donc, des systèmes d'extraction des boues doivent être prévus en utilisant des pompes à forts débits qui permettent une chasse par aspiration.

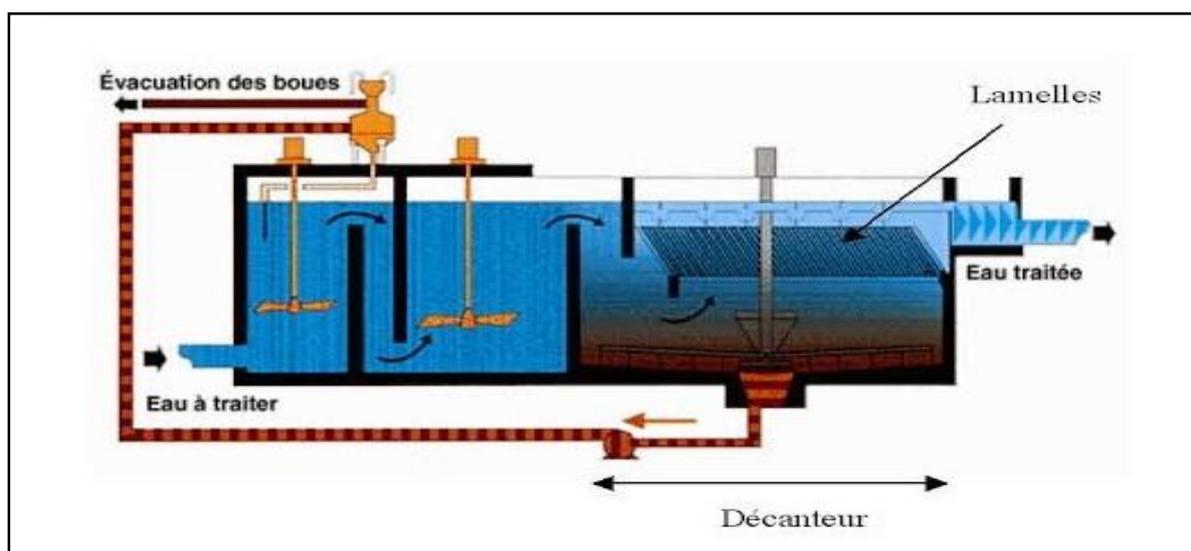


Figure (II.4): Décanteur lamellaire

II.3.3. La filtration

C'est l'élimination des particules invisibles en suspension elle s'effectue le plus souvent sur une couche de sable et sera d'autant plus efficace que les grains seront fins. L'usage des couches de sable très fin permet un écoulement plus lent pour favoriser le développement d'un bio film (voile d'algues ou de bactéries) à la surface du sable. L'activité épuratrice de ce bio film permet la dégradation de la matière organique. [9]

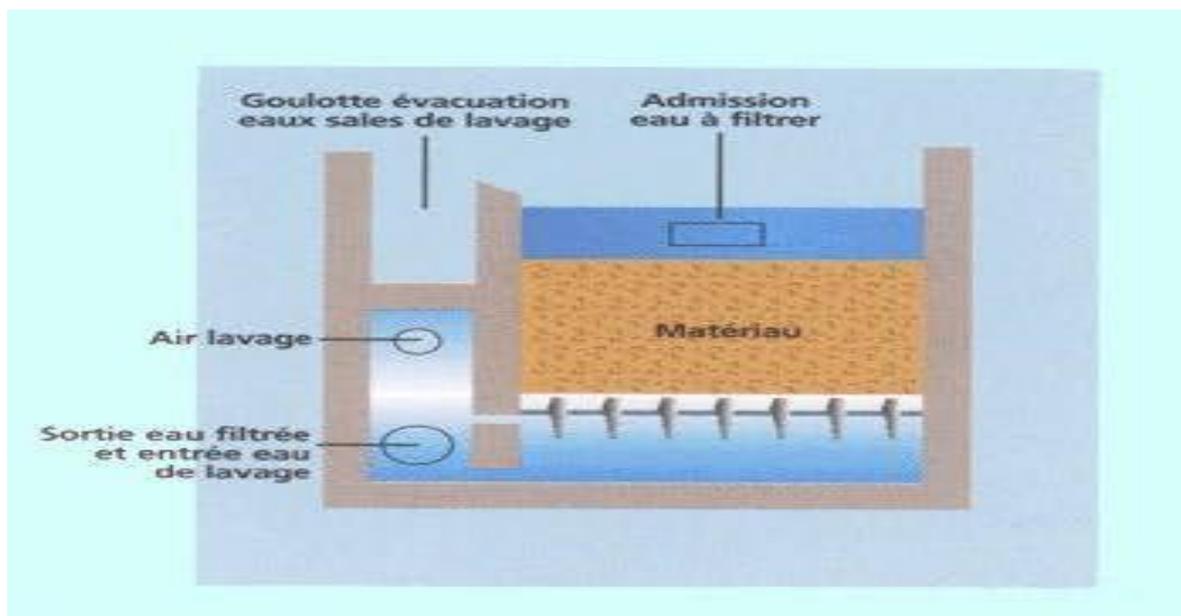


Figure (II.5): La filtration

Paramètre définissant la filtration

- **Vitesse de filtration VF en (m/h)** =
$$\frac{\text{débit}}{\text{surface de filtration}}$$
- **Temps de contact TC (en minute)** =
$$\frac{\text{volume de matériau}}{\text{débit}}$$
- Epaisseur de la (des) couche(s) filtrantes.
- **Perte de charge** : expression qui représente l'état d'encrassement d'un filtre. Elle correspond à une différence de pression entre l'amont et l'aval du matériau filtrant. Elle est généralement exprimée en m de colonne d'eau (m CE). La perte de charge au sein d'un milieu poreux est proportionnelle à la vitesse de filtration (loi Darcy).
- **Caractéristiques du matériau filtrant** :
 - Type de matériau ;

- La granulométrie : représente les pourcentages en masse des grains passant à travers les mailles d'une succession de tamis normalisés.

Tableau (II. 2): Matériaux filtrants les plus couramment utilisés [10]

Matériau	Nature	Fonctions principales
Sable	Matériau naturel à base de grains de quartz (tamisé après lavage et séchage)	<ul style="list-style-type: none"> -rétention des MES non retenues par l'étape de décantation. -support de développement de bactéries permettant l'élimination par voie biologique de certains composés (Ammoniaque, Fer, Manganèse). -protection des ouvrages situés en aval vis à vis du passage de microorganismes déjà évolués.
Pierre ponce	Silicate d'aluminium d'origine volcanique (matériau très poreux)	<ul style="list-style-type: none"> -idem sable. -utilisé le plus souvent en bicouche en association avec le sable.
Anthracite	Matériau inerte (charbon d'origine minéral)- Grains durs et anguleux	<ul style="list-style-type: none"> - idem sable mais surtout rôle dans la rétention des MES - utilisé le plus souvent en bicouche en association avec le sable
Charbon actif en grains (CAG)	Matériau à base de carbone obtenu par calcination et activation de bois, houille, tourbe ou noix de coco	<ul style="list-style-type: none"> -amélioration des qualités organoleptiques de l'eau traitée (adsorption de composés sapides liés à la présence d'hydrocarbures, phénols, algues). -support de développement de bactéries permettant l'élimination par voie biologique de certains composés (Ammoniaque, Fer, Manganèse). -barrière de protection vis à vis de pollutions accidentelles ou chroniques (pesticides par exemple). -action déchlorante si chloration à taux élevé en amont de la filtration -utilisé seul ou en bicouche avec le sable
Neutralite	Matériau à base de carbonate de calcium	<ul style="list-style-type: none"> -utilisation spécifique pour mise à l'équilibre d'eaux agressives -barrière physique médiocre.
Manganèse	Matériau minéral naturel (pyrolusite+dioxyde de fer et de Silice)	<ul style="list-style-type: none"> -utilisation spécifique pour élimination du fer et du manganèse (adsorption+oxydation catalytique) -utilisé le plus souvent en bicouche avec le Sable

II.3.4. L'affinage

Ces traitements améliorent les qualités organoleptiques de l'eau (saveur odeur limpidité).

II.3.4.1. L'adsorption sur charbon active

Phénomène par lequel des molécules de gaz ou liquides se fixent sur les surfaces les charbons actifs sont capables de fixer les composés organiques dissous qui ont échappé aux traitements physico-chimiques ainsi que certains micropolluants (hydrocarbures, pesticides, métaux lourds) on les obtient par traitement spécial de charbons naturels (anthracite, tourbe) ou de végétaux (bois, noix de coco).

II.3.4.2. Le stripping

Application ou d'un contre courant de gaz d'entraînement pour extraire les gaz dissous dans l'eau et retenir les composés volatils (benzène trihalométhane composés soufrés responsables d'odeurs).

II.3.5. Filtration par membranes

L'eau circule sous pression à travers de membranes constituées de longues fibres creuses et poreuses de 1 mm de diamètre sur 1,3 m de long et assemblées en faisceaux dans une cartouche cylindrique elles peuvent être de nature organique (polymère de synthèse) ou de nature minérale (type céramique).

Il existe quatre procédés membranaires classés selon le diamètre des pores sur les parois des fibres :

- Les membranes de microfiltration de l'ordre de 100 nanomètre permettent la rétention des bactéries, des parasites, des levures des particules à l'origine de la turbidité. L'eau trouble en raison de matière en suspension ;
- Les membranes d'ultrafiltration (de l'ordre de 10 nanomètre) arrêtent en plus les virus et les colloïdes ;
- Les membranes de nanofiltration de l'ordre de 1 nanomètre retiennent le calcium et la plupart des pesticides ;
- Les membranes plus denses (0,1 micromètre) stoppent aussi les ions métalliques) cette dernière technique est appliquée au dessalement de l'eau de mer et à la production d'eau ultra pure et d'eau de processus.

II.3.6. La désinfection

La désinfection réalisée par des agents désinfectants (chlore, dioxyde de chlore, ozone), par traitement aux ultra-violettes ou par procédés physique comme la filtration sur membranes.

Comparée au chlore, l'ozone permet une bonne désinfection sans risque de sous produits chlorés ni de défaut de goût mais il n'est pas pérenne, une fois traité l'eau doit voyager dans les canalisations pour atteindre les robinets, si aucune désinfection finale n'était prévue.

La qualité de l'eau de robinet pourrait se dégrader, c'est pourquoi on ajoute une infime quantité de chlore (équivalente à une goutte pour 1000 litres) pour détruire les dernières bactéries et préserver la qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations.

Le traitement final prend également en compte la protection des réseaux et des tuyauteries. La mise à l'équilibre calco-carbonique permet 'd'éviter les problèmes d'entartrage ou de corrosion des tuyauteries, l'eau doit être la plus proche possible de l'équilibre en bicarbonate de calcium. Les eaux insuffisamment minéralisées dites agressives sont neutralisées ou reminéralisées alors que les eaux trop minéralisées dites incrustantes sont soumises à une décarbonation.

II.3.7. Les traitements spécifiques

Alors que la majorité des polluants visés par les normes de qualité de l'eau du robinet sont éliminés à l'une ou l'autre des étapes du traitement, d'autres exigent cependant des traitements spécifiques. [9]

II.3.7.1. Les métaux lourds

La plupart des métaux lourds trouvés dans les ressources en eau proviennent des rejets industriels excepté le fer et le manganèse présents dans la nature, généralement présents sous forme ionique, ils sont liés à des matières organiques.

Le choix d'un procédé de traitement dépend la variété et la nature chimique des polluants de l'eau.

Des nombreuses techniques ont été menées pour éliminer les métaux lourds. Parmi ces méthodes on trouve les méthodes classiques :

- La précipitation chimique ;
- La coagulation floculation ;

- L'osmose inverse.

A ces techniques s'ajoutent les méthodes modernes :

- L'électrolyse ;
- L'électrodialyse.

- **Les méthodes classiques**

- **La précipitation chimique** : cette méthode est généralement utilisée pour éliminer les métaux lourds. Elle consiste en une précipitation des hydroxydes métalliques par de la chaux ou la carbonate de soude. L'opération dépend principalement du pH de la solution qui doit être réglé à une valeur optimale, cette valeur varie de 7 à 10,5. Le pH peut prendre des valeurs différentes suivant les réactifs utilisés.

-

- **L'osmose inverse** : est un procédé qui permet de purifier l'eau, par passage sous pression, l'eau passe à travers la membrane semi-perméable du milieu concentré vers le milieu dilué. Ces membranes arrêtent les micropolluants selon leur dimension moléculaire, L'emploi de cette méthode dépend beaucoup de la dureté et la pollution de l'eau. son domaine d'application le plus important est le dessalement de l'eau de mer. Ce procédé a été encore utilisé dans le traitement des eaux usées des ateliers de galvanoplastie, des effluents de papeteries et dans la fabrication de laques

L'osmose inverse présente l'avantage d'une faible consommation de réactifs chimiques

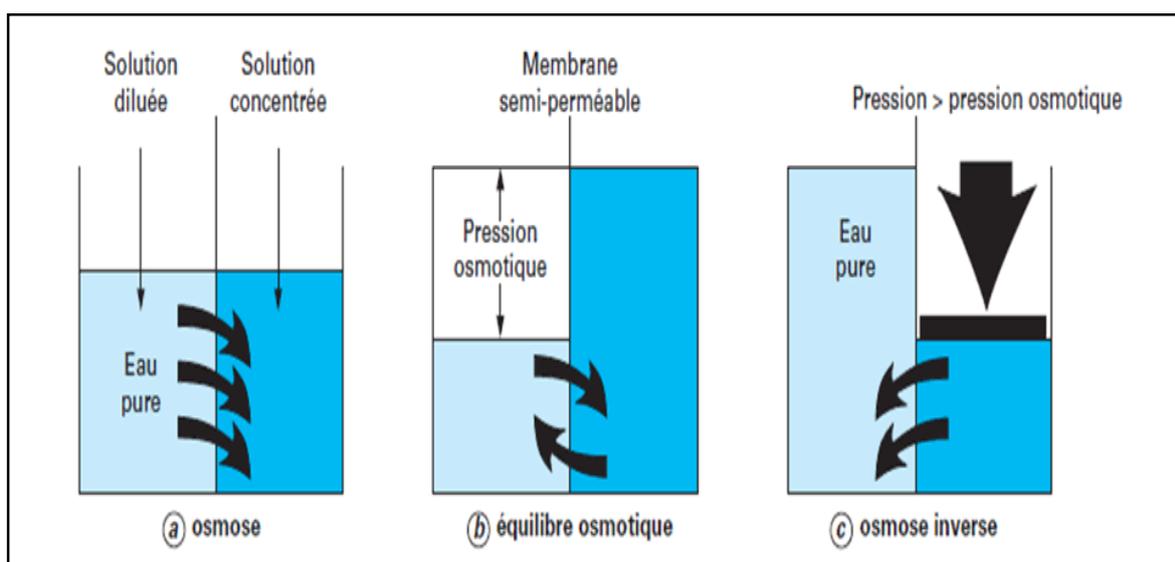


Figure (II.6): principe d'osmose inverse

- **Les méthodes électrochimiques**

- **Dialyse** : transfert par diffusion d'un soluté à travers une membrane perméable aux ions et imperméable au solvant.

L'électrodialyse c'est transfert des ions sous l'influence d'un courant électrique continu à travers une membrane perméable aux ions et imperméable aux solvants. Dans l'électrodialyse une membrane perméable aux inions est placée entre deux électrodes, après l'application d'un champ électrique, les anions se déplacent vers l'anode que les cations voient leur passage bloqué par la membrane, pour conserver l'électro neutralité du système.

Il existe trois types de membranes d'électrodialyse :

- Membrane cationique : perméable aux cations et imperméable aux anions et désignée par C ou (+) ;
- Membrane anionique : perméable aux anions et imperméable aux cations et désignée par A ou (-) ;
- Membrane bipolaire : ces membranes présentant une face perméable aux anions et une face perméable aux cations, elles sont symbolisées par (+ -) ou (A C), l'eau présente dans la zone interfaciele de la membrane est dissociée en ions H^+ et OH^- et rejetées par les faces cationiques et anioniques respectivement.

L'association d'une membrane bipolaire à une membrane anionique forme un compartiment de production d'acide, par contre son association à une membrane cationique forme un compartiment de production de base.

Le domaine d'application de l'électrodialyse est dans le traitement de la surface, bains cyanurés, de zinc, de calcium,....etc.

L'électrolyse ce procédé repose sur l'oxydation des espèces chimiques, la cellule d'électrolyse est composée de deux électrodes qui permettent le passage du courant : une anode (électrode positive) et une cathode (électrode négative).

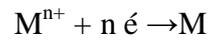
La réaction d'électrolyse est mise en œuvre par l'intermédiaire des réactions d'oxydoréduction :

- *Réaction d'oxydation à l'anode* :



Où l'on observe l'apparition de cations.

- Réaction de réduction à la cathode :



Où l'on observe la formation d'un dépôt de métal.

Le domaine d'utilisation :

- La récupération des métaux précieux tels que l'or, l'argent et le platine ;
- La récupération de certains métaux lourds tels que le cadmium, le chrome, le plomb, le zinc, le nickel et le cuivre.

II.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons pu citer les différents procédés de traitement. Ces procédés ne sont pas tous utilisés dans la station de traitement d'Ain Zada. Le chapitre suivant nous permettra de découvrir cette dernière et les procédés qui s'y trouvent.

CHAPITRE III :
Description du lieu
d'étude.

III.1. Situation géographique du barrage

Le barrage d'Ain-Zada est situé dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj à 25 km à l'ouest de Sétif et à 40 km à l'est de B.B. Arreridj. Il est implanté dans la commune d'Ain Taghrout sur l'Oued Boussellam (direction Sud-Nord) au niveau de la jonction avec l'Oued Ain-Taghrout à l'ouest, l'Oued Kharoua au Nord-est et l'Oued Malah au Sud-est.

C'est un barrage en remblai de type en enrochement avec un noyau central en argile, de 55 m de hauteur, Il est doté d'un évacuateur de crues sans organes de réglage et d'un coursier à ciel ouvert sur l'un des côtés de la digue. [12]



Figure (III.1): Barrage d'Ain Zada prise par Google Earth

III.2. Les caractéristiques techniques du barrage

Le barrage de Ain zada permettra actuellement d'emmagasiner un volume d'eau de 121,400 M m³ régularisant ainsi un volume 50Mm³ par an, afin d'assurer les besoins en eau potable et industrielles des populations des villes en rapide expansion de la région notamment les villes de Sétif, Bordj Bou-Arredj, El Eulma et Bougaa et d'autre commune.

Les caractéristiques techniques du barrage Ain-Zada sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau (III.1): Les caractéristiques techniques du barrage Ain-Zada[13]

Wilaya	BBA
Commune	Ain Taghrouit
Les oueds	Oued Boucellam. Kharwaa. Taghrouit
Déversoir	Saut de ski
Type de barrage	En terre
Surface de bassin versant	2080km ² (boisé et agricole)
Capacité initiale	125.000 million m ³
Envasement annuel	0,240 million m ³
Cote retenue normale	855 m
Bathymétrie septembre	2004 121,400 million m ³
Capacité utile	106,400 million m ³
Altitude de plus haut eaux (PHE)	864,20 m
Précipitation moyenne annuelle	400 m
Destination AEP	Ville : Sétif, el Eulma, BBA
Surface PHE	1920 ha
Volume PHE	261,200 mm ³
Cote minimale	828,12 m
Volume (cote minimale)	0,001 mm ³
Surface (cote minimale)	0,1 ha
Apport moyenne annuelle	79 mm ³
Evaporation moyenne annuelle	10 mm ³
Percolation moyenne annuelle	6 mm ³
Déversement moyenne annuelle	27 mm ³
Volume régularisé	50 mm ³
Année de mise en eau	Novembre 1985
Début de travaux	1981, 1986

III.3. Caractéristiques climatiques

D'une manière générale, le climat de la région est de type semi-aride aux hivers rigoureux et aux étés secs et chauds. Ce pendant, il existe des contrastes pluviométriques liés à l'altitude entre les différentes régions de la wilaya. Ainsi au niveau des zones montagneuses sont enregistrées les plus importantes précipitations (700 à 1000 mm/an), alors qu'ailleurs, la pluviométrie est comprise entre 300 et 600 mm.

Les gelées blanches sont fréquentes sur les hautes plaines qui constituent un facteur limitant la production agricole. Concernant les températures, pendant le mois le plus froid les moyennes minima avoisinent 0°C. Des températures en dessous de zéro ont été enregistrées dans plusieurs endroits et à plusieurs reprises.

Les températures moyennes observées durant l'année 2013, sont les suivantes :

- ✓ Température maximale : 36,1°C avec une pic de chaleur au mois de juillet de 38,5°C.
- ✓ Température minimale 1,7°C.
- ✓ La température la plus basse a été enregistrée au mois de décembre avec 0°C.
- ✓ Les vents les plus fréquents sont d'origine Nord-ouest pendant une grande partie de l'année, tandis que les vents du sud (Sirocco) sont fréquents en été.



Figure (III.2): Barrage d'Ain Zada

III.4. La station de traitement

La station de traitement d'Ain Zada est mise en service en 1991 est de type conventionnel.

Les ouvrages de la station seront implantés à l'aval du barrage d'Ain Zada, en rive gauche de l'oued Boussalem, sur un site dont la cote est comprise entre 820 et 840 m.

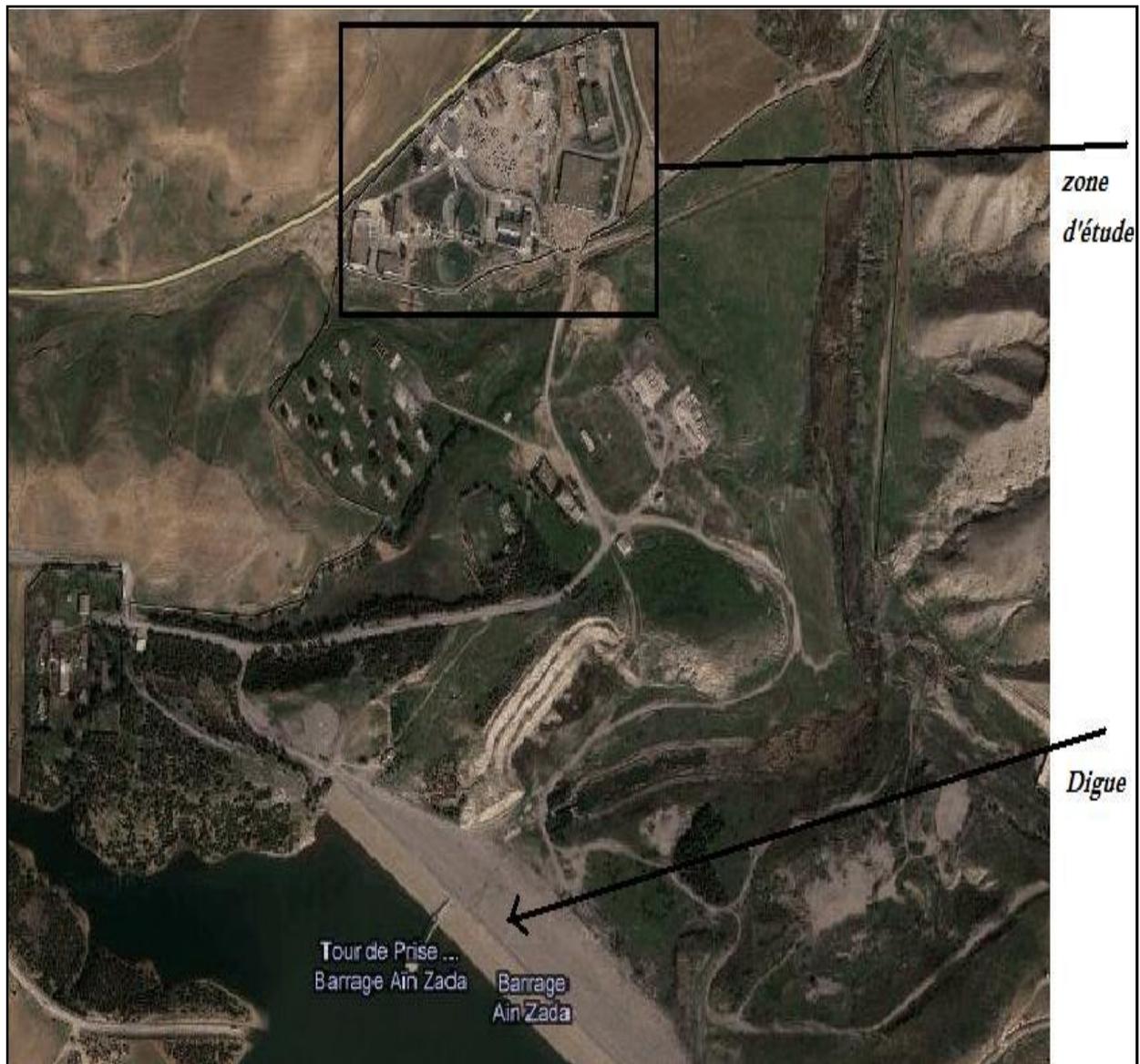


Figure (III.3): L'emplacement de la station de traitement par rapport au barrage d'Ain Zada (prise par Google earth)

- Sa capacité maximum est de 78000 m³/j (900 l/s).
- La conduite d'eau brute issue de la tour de prise passe en galerie sous la digue (diamètre 1200 mm).

- La limite entre les travaux du barrage et les travaux de l'adduction est située à l'entrée de la chambre de raccordement, à l'extrémité de la galerie, juste à l'aval de la digue.

Cette eau est dirigée gravitairement vers un bassin de mélange où il y a injection des sulfates, polymères, charbon actif et la chaux.

Par la suite l'eau est dirigée vers deux décanteurs circulaires à raclettes (modèle traitement eaux usées).

L'eau issue par les décanteurs passe vers les lits filtrants en 3^{ème} étape.

Une Post-chloration est injectée avant l'arrivée à la réserve d'eau potable de 10.000 m³.

Enfin, La station de pompage principale qui regroupera dans un génie civil unique les équipements nécessaires au refoulement vers Sétif et au refoulement vers BBA. Sa capacité est de: -0,6 m³/s vers Sétif ;

-0,3 m³/s vers BBA.

III.5. Filière de traitement

La filière de traitement préconisée de la station est la suivante :

- Pré –Chloration ;
- Coagulation –Floculation ;
- Décantation ;
- Filtration ;
- Post-chloration.

III.6. Qualité de l'eau brute

Au stade de mise en service les caractéristiques de l'eau du barrage d'Ain Zada sont les suivantes :

- PH : 7,3÷8 ;
- Les MES : 40÷20.000 mg/l en période de crue ;
- TH : 35÷50 °F ;
- TAC : 15÷25 °F ; Turbidité : < 1 NTU
- Absence de coliformes.

III.7. Qualité de l'eau traitée

En tout état de cause l'eau sortante de la station de traitement doit être conforme physiquement, chimiquement et bactériologiquement à la dernière édition des normes de l'OMS pour l'eau potable destinée à la consommation domestique.

Les opérations de traitement effectuées dans les ouvrages seront capable d'assurer l'élimination des :

- Corps solides décantable, sous nageant ou flottants ;
- Algues, écumes grasses et autres matières surnageâtes légères ;
- Matière organique surchargeant les eaux brutes ;
- Gaz qui prètent à l'eau un goût désagréable.

CHAPITRE IV :
Matériel et Méthodes.

IV.1. Introduction

En Algérie, l'eau destinée à la consommation humaine est contrôlée. Les paramètres physico-chimiques concernant tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments souvent des ions comme le chlorure, sulfate, nitrate,...etc.

Le matériel utilisé pour la mesure de ces paramètres est cité dans la annexe 1.

IV.2. Méthodes d'analyses

IV.2.1. Analyses physico-chimiques

IV.2.2.1. Détermination des paramètres organoleptiques

Les paramètres couleur, saveur, odeur ont été déterminés par voie olfactive (à l'œil nu) et gustative.

IV.2.2.2. Mesure de la turbidité

Elle se détermine à l'aide d'un turbidimètre. On fait étalonner le turbidimètre en introduisant dans la première cuvette de l'eau distillée prise comme référence, puis remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer à l'aide du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

Expression des résultats : La mesure est obtenue directement en UTN.[14]



Figure (IV.1): Turbidimètre

IV.2.2.3. Mesure de la température

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. La température est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation, elle est mesurée par un thermomètre.

Expression des résultats : On lit directement la température exprimée en degré Celsius (°C). [15]

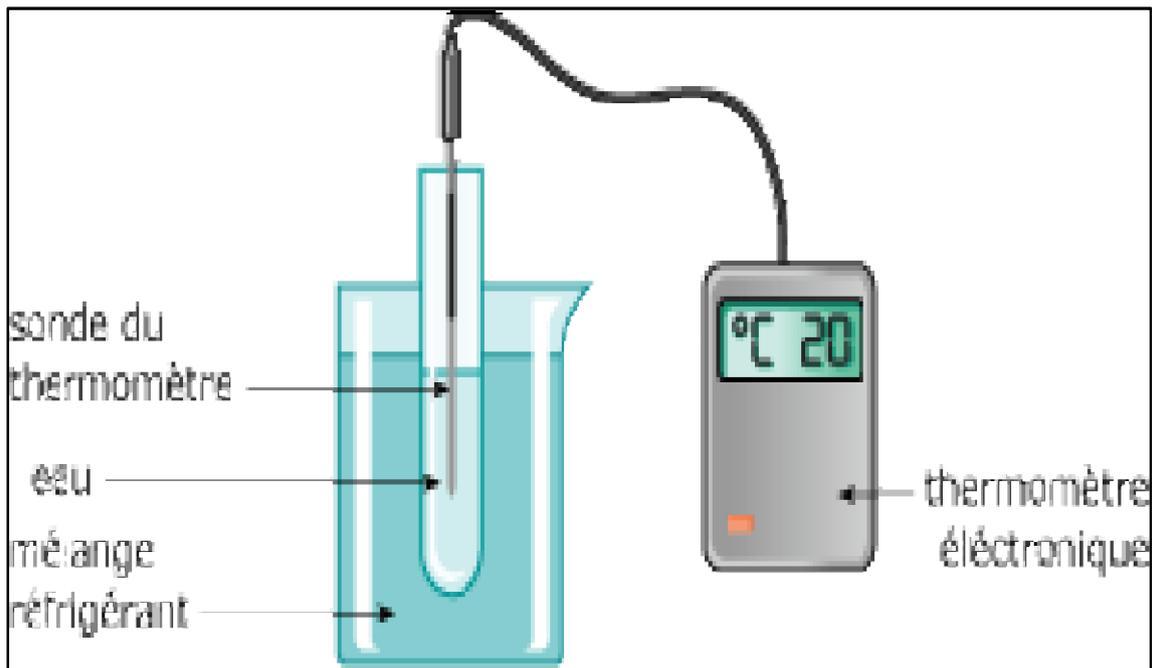


Figure (IV. 2) : Mesure de température

IV.2.2.4. Mesure du pH

Le pH a été mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combiné à 20°C. Il consiste à tremper l'électrode dans un bocal contenant l'eau à analyser selon la norme AFNOR, laissé stabiliser un moment, puis lire la valeur du pH. À chaque détermination du pH, retirer l'électrode rincer avec l'eau distillée et sécher (**Norme NF T 90-017**).

La mesure du pH a été réalisée à l'aide du pH-mètre.



Figure (IV.3): PH-mètre

IV.2.2.5. Mesure de la conductivité électrique

Pour la détermination de la conductivité un conductimètre est utilisé. Elle est déterminée après rinçage plusieurs fois de l'électrode, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner, faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée. La mesure de la conductivité a été réalisée à l'aide du conductimètre.

Expression des résultats : Le résultat de conductivité est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Norme NF T 90-111).



Figure (IV.4): Conductimètre

IV.2.2.6. Détermination de la dureté totale (Titre hydrotimétrique TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium.

La dureté est encore appelée la dureté calcique et manganésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO_3 . Elle est aussi très souvent donnée en degrés français ($^{\circ}\text{F}$).

Expression des résultats : La dureté s'exprime en mg/L.



Figure (IV. 5) : Les inconvénients des eaux dures

IV.2.1.7. Dosage de chlorure par la méthode de Mohr

Les chlorures ont été dosés en milieu neutre par une solution titré de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Expression des résultats : Le résultat de dosage de chlorure est donné directement mg/l.

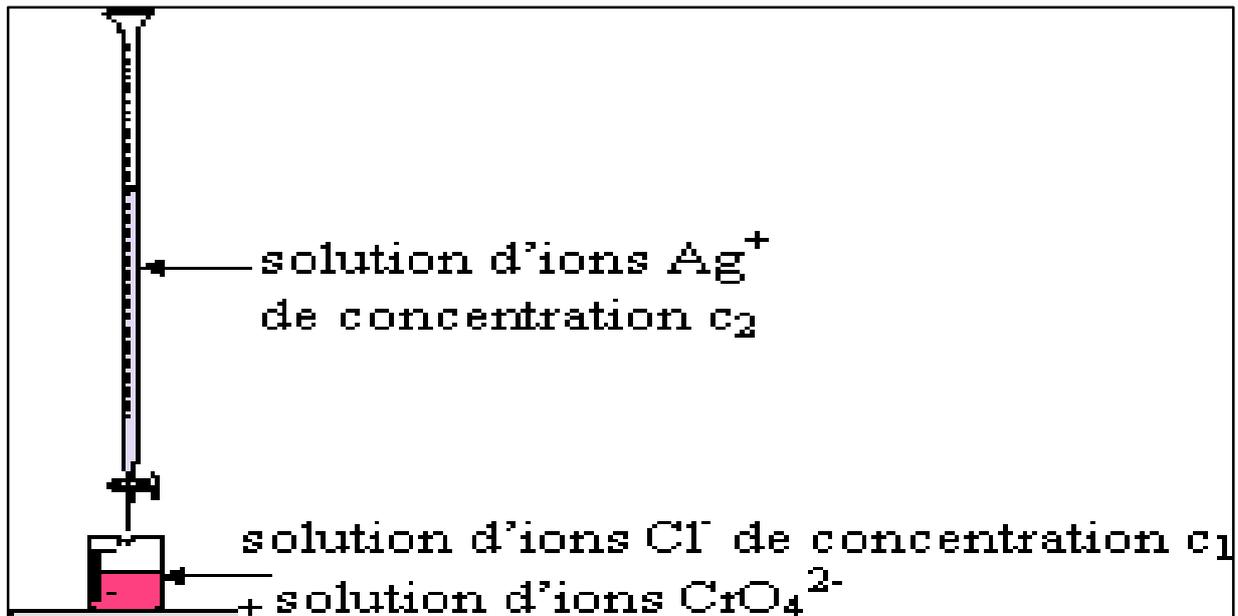


Figure (IV.6): Le principe de la méthode de Mohr

IV.2.1.8. Dosage des nitrites (NO_2)

Suivant l'origine des eaux, la teneur en NO_2 est assez variable. Lors de ce dosage il faut respecter quelque règle de manipulation :

- Verrerie très propre et sèche ;
- L'eau utilisée est bi-distillée ;
- La préparation des solutions de façons correcte.

Principe : L'acide sulfanilique, en milieu chlorhydrique HCl en présence d'ions ammonium NH_4 et de phénol forme avec les ions NO_2 un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle avec la concentration en nitrite. [16]

IV.2.1.9. Dosage de nitrate (NO_3^-)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates NO_3^- donnent du par anitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique par spectromètre. La manipulation est effectuée avec des gants et sous la hotte.

Expression des résultats :

- La teneur en nitrate (NO_3^-) exprimée en mg/l d'eau ;
- Effectue la lecture au spectrophotomètre wlw 6600.



Figure (IV.7) : Spectrophotomètre

IV.1.2.10. Matières en suspensions(MES)

La mesure des matières en suspension a été faite par la méthode de filtration en utilisant des disques filtrants de porosité de $0,45\mu\text{m}$, et un dispositif de filtration sous vide. Une quantité d'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

Expression des résultats : La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/L) est donnée par l'expression suivante:

$$\text{MES} = (M_1 - M_0) / V \times 1000$$

Avec :

M_0 = masse du disque filtrant avant utilisation (mg) ;

M_1 = masse du disque filtrant après utilisation (mg) ;

V = volume d'eau utilisé (ml).

- On pèse un papier filtre spéciale ce qui représentera le poids 0 (M_0) ;
- On filtre 150ml d'eau (brute, traitée), à l'aide d'une pompe à vide ;
- On récupère le filtre mouillé, on le sèche dans l'étuve pendant 2h à 100°C ;
- Une fois séché, on repese le filtre qui va donner le poids 1 (M_1) ;

- On calcule les MES de la manière suivante [19] :

$$\text{MES} = (M_1 - M_0) \times 1000 / 150.$$



Figure (IV.8) : Centrifugeuse.

IV.2.1.11. Détermination de l'ammonium (NH₄)

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Expression des résultats :

- Le résultat est donné directement en mg/l ;
- Effectue la lecture au spectrophotomètre wlw 6600.

IV.2.1.12. Dosage de sulfates (SO₄²⁻)

Les ions sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl₂.



Expression des résultats : Le résultat est exprimé en mg/l de SO₄²⁻.

IV.1.2.13. Détermination d'aluminium (Al)

En présence d'aluminium, l'eriocyanine vire au rouge violacé.

Expression des résultats :

- La teneur en *nitrate* (Al) exprimée en mg/l d'eau ;
- Effectue la lecture au spectrophotomètre wlw 6600.

IV.2.1.14. Dosage de fer (Fe)

A l'ébullition, le HCl libère le fer sous forme ionique. Il est ensuite réduit à l'état ferreux par l'acide ascorbique et dosé colorimétriquement, en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec l'orthophénanthroline.

Expression des résultats :

- La teneur en Fer (Fe) exprimée en mg/l d'eau ;
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre wlw 6600.

IV.2.1.15. Dosage des phosphates (PO_4^{3-})

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

Expression des résultats :

- La teneur en phosphates (PO_4^{3-}): exprimée en mg/l d'eau ;
- La lecture effectuée au spectrophotomètre wlw 6600.

IV.2.2. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles-ci dans les échantillons à analyser. [20]

Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

IV.2.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

Les coliformes se présentent sous forme de bacilles gram négatifs (BGN), non sporogènes, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C. Les coliformes sont considérés comme indices de contamination fécale. La recherche et le dénombrement des coliformes peuvent se faire selon deux méthodes de choix :

-Soit en milieu liquide sur BCPL par technique du NPP (Nombre le Plus Probable) ;

-Soit par filtration sur membrane à 0,45 µ en milieu solide en supposant la disponibilité d'une rampe de filtration.

➤ **Technique en milieu liquide sur BCPL** : La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux.

- Le test de confirmation : encore appelé test de Mackenzie, est réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

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

- Trois fois 10ml dans tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- Trois fois 1ml dans tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- Trois fois 0,1 ml dans tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, comme indique le schéma N°1.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

a. Incubation : L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

b. Lecture : Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur à 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

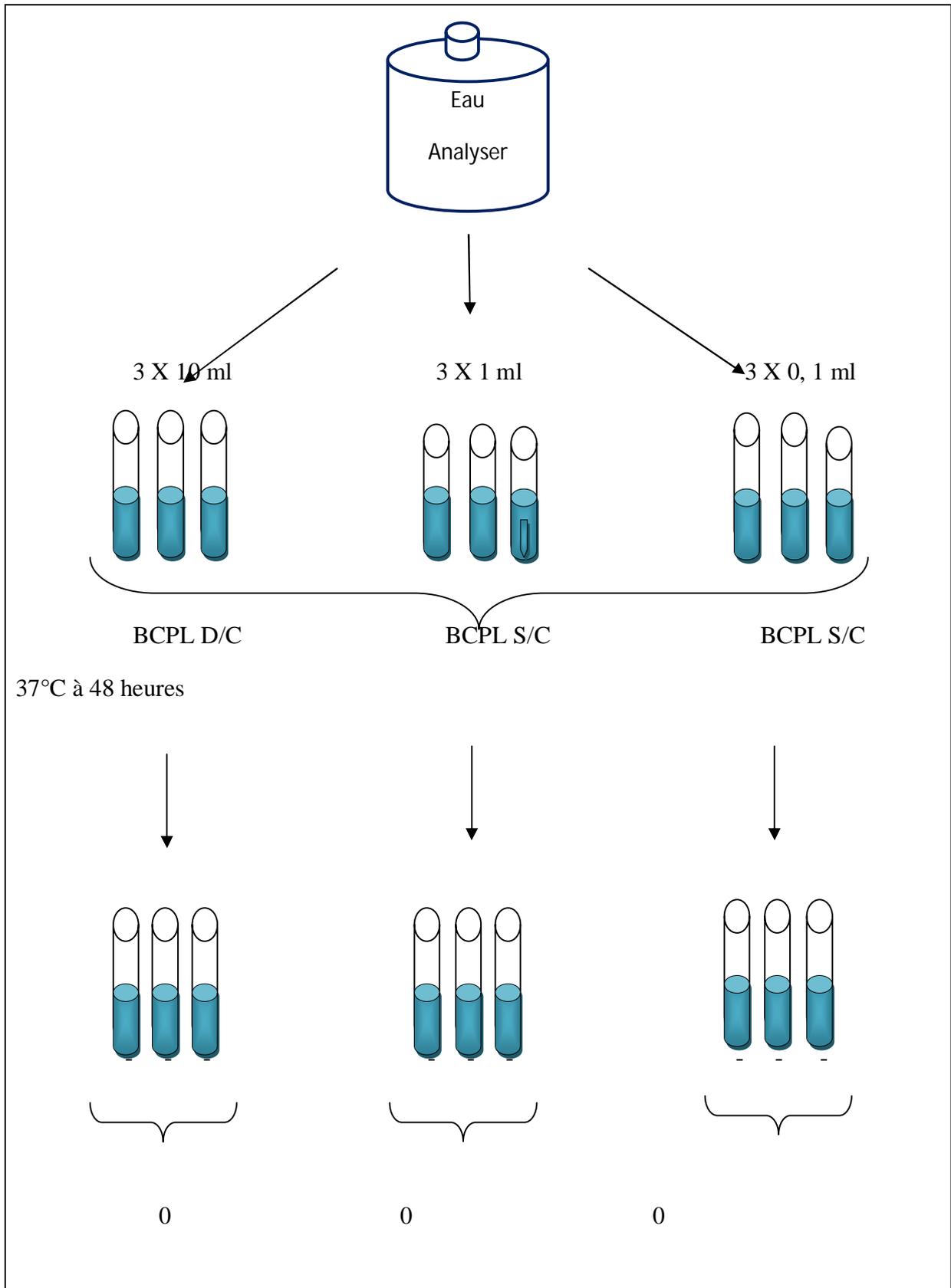


Figure (IV.9) : Test de présomption

IV.2.2.2. Recherche des coliformes par méthode de filtration

La recherche des coliformes par filtration est une méthode rapide, simple, normalisée mais nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration.

- Tout d'abord, il faudrait stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen;
- Le refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile;
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 μ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile;
- Fixer ce dernier avec la pince correspondante.

a. Recherche de coliformes totaux :

- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser;
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane;
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose TTC;
- Cette membrane sera incubée à 37°C, pendant 24 heures et servira à la recherche des coliformes totaux.

b. Recherche des coliformes fécaux :

- Remplir par la suite l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser;
- Actionner de la même façon la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane;
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose TTC;
- Cette deuxième membrane sera incubée à 44°C, pendant 24 heures et servira à la recherche des coliformes fécaux.

c. Lecture :

- Après 24 heures d'incubation, les coliformes totaux et fécaux apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orangées, lisses, légèrement bombées.
 - Etant donné le caractère sélectif de la gélose TTC ; ne pousseront théoriquement que les coliformes;
 - Ne dénombre que les boîtes refermant entre 15 et 300 colonies;
 - Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser.
- Après 24 heures d'incubation : à 37°C, en ce qui concerne les coliformes totaux.

à 44°C, en ce qui concerne les coliformes fécaux.

Procéder au dénombrement de toutes les colonies caractéristique et rapporter ce nombre à 100 ml d'eau à analyser.

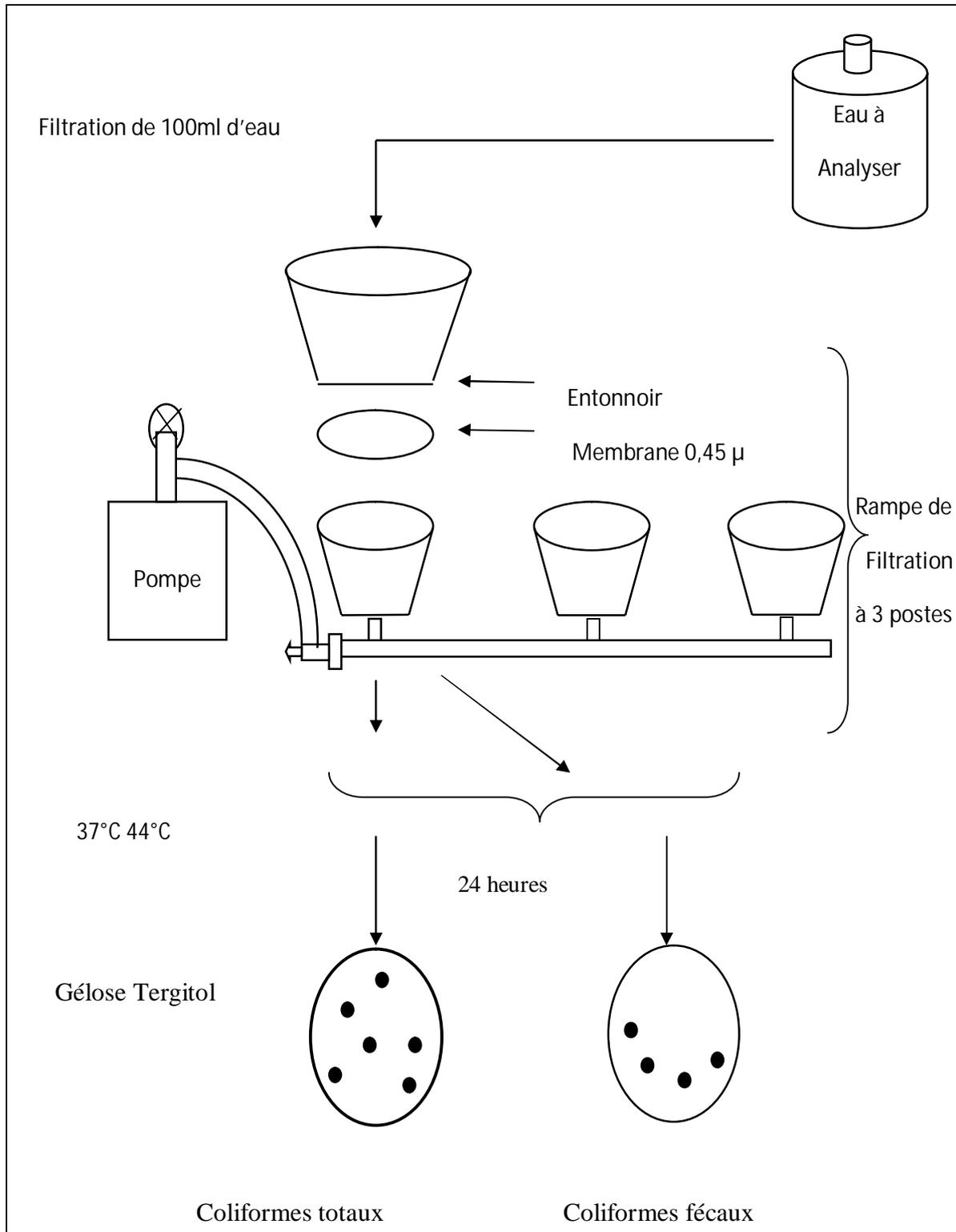


Figure (IV.10) : Recherche des coliformes par méthode de filtration

IV.2.2.3. *Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieux liquides*

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe Dde la classification de lancefield, seprésentent sous forme de Cocci à Gram⁺, sphériques à ovoïdes format des chainettes, ne possédant pas de catalase.

Leur recherche et leur dénombrement peut se faire de la même manière que pour les coliformes, c'est à l'aide de deux méthodes distinctes selon la disponibilité ou non d'une rampe de filtration et seuls les milieux de culture changent.

Méthode de recherche en milieu liquide : Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et de dénombrement des Streptocoques fécaux appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption.
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

IV.2.2.4. *Recherche des streptocoques par méthode de filtration*

La recherche des streptocoques par méthode de filtration est tout comme la recherche des coliformes par filtration, une méthode rapide, simple, normalisée mais nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration.

a. Mode opératoire :

- Tout d'abord, il faudrait stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen ;
- Le refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile ;
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 μ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;
- Fixer ce dernier avec la pince correspondante ;
- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser ;
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane ;
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boite de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose (Smanetz et Barthey.) Cette membrane sera incubée à 37°C, pendant 24 heures.

b. Lecture :

- Après 24 heures d'incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies marron ou roses, lisses, légèrement bombées ;

- Etant donné le caractère sélectif de la gélose Slanetz ; ne pousseront théoriquement que les streptocoques fécaux ;
- Ne dénombre que les boites refermant entre 15 et 300 colonies ;
- Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser ;
- Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser ;
- Confirmation sur milieu **BEA** en pose la membrane sur la surface du **BEA**.

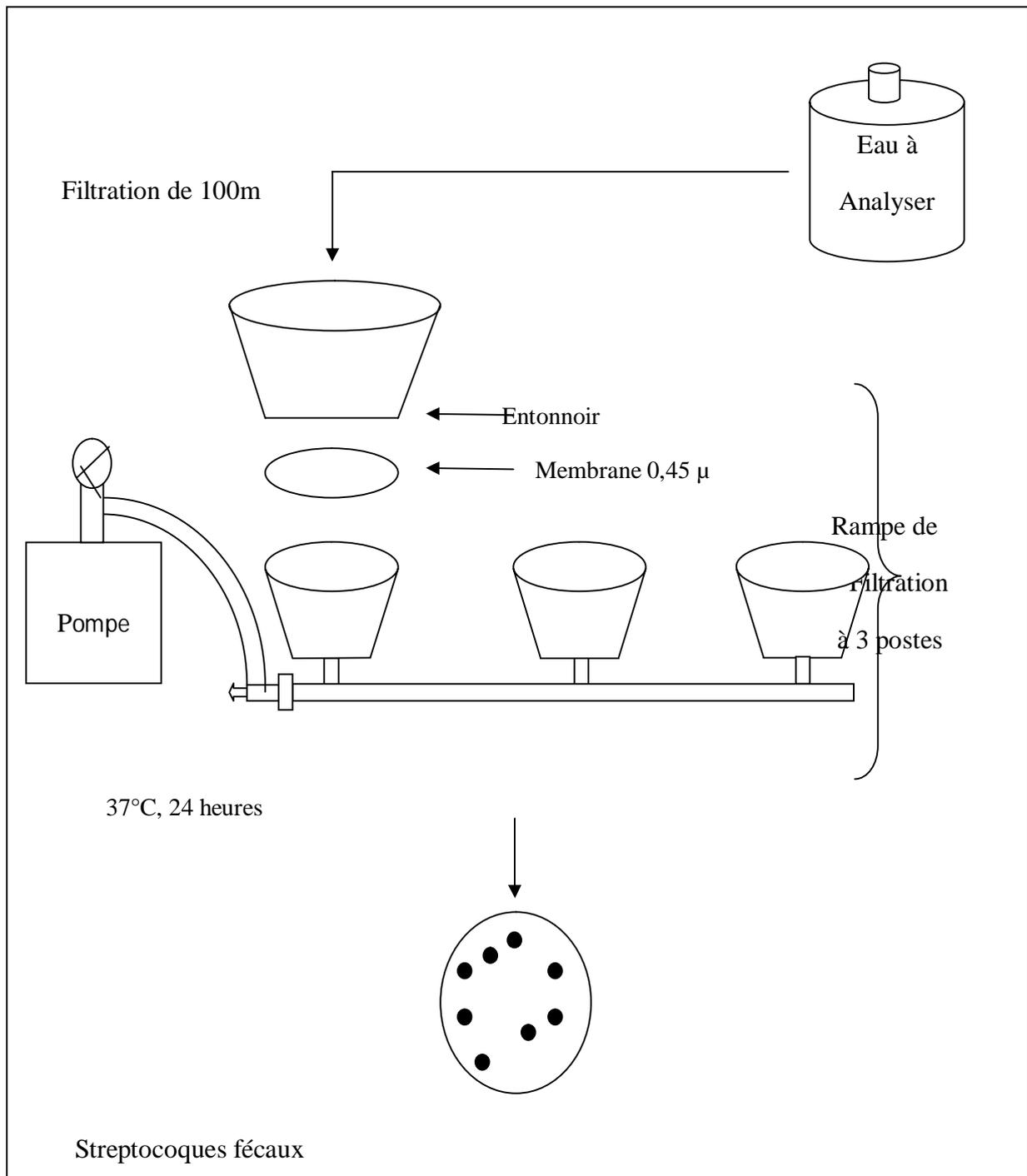


Figure (IV.11) : Recherche et dénombrement des Streptocoques par méthode de filtration

IV.2.2.5. Recherche et dénombrement des spores de *clostridium sulfito-réducteurs*

Les clostridium sulfito-réducteurs (CSR) se présentent sous forme de bactéries Gram +, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose Viande foie en donnant des colonies réduisant le sulfate de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne Fe (sulfure de fer) de couleur noire.

Les spores des CSR constituent généralement des indices de contamination ancienne.

a. Principe :

- Après destruction des formes végétatives, par chauffage à 80°C pendant 10 minutes, refroidir sous l'eau de robinet ;
- L'échantillon est incorporé dans un milieu de base fondue (milieu VF), additionné de sulfite de sodium et d'alun de Fer ;
- L'incorporation se fait dans des tubes et non pas des boites. Afin de limiter la surface de contacts entre le milieu et l'air, incuber à 37°C pendant 24 heures. L'apparition d'un halo noir traduit la présence de germes sulfito-réducteurs.

b. Mode opératoire :

- prendre environ 25 ml d'eau à analyser dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des CSR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$, ajouter 4 goutte d'une ampoule d'Alun de fer et ajouter 20 goutte d'une ampoule de Sulfite de sodium avec pipette.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C , pendant 24 à 48 heures.
- La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des CSR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse

sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2} , la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et la dernière à 48 heures.

- Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse.

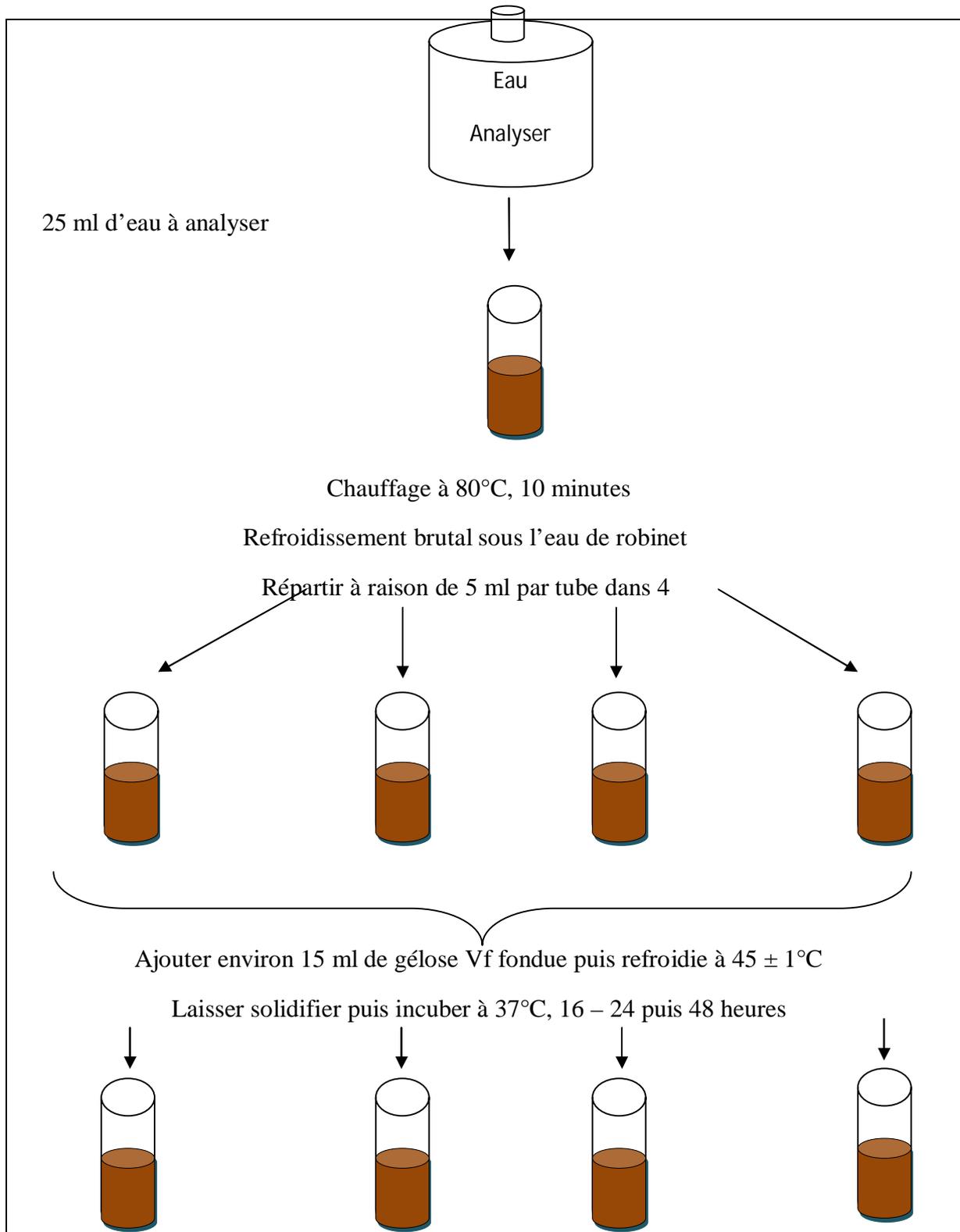


Figure (IV.12) : Recherche et dénombrement des spores des *clostridium sulfito-réducteurs*

IV.3. Conclusion

Ce chapitre a permis d'identifier toutes les analyses physico-chimiques ainsi que bactériologiques réalisé dans le laboratoire de la station du barrage Ain Zada.

CHAPITRE V :
Résultats et Discussion.

Introduction

Afin de vérifier la qualité de l'eau brute du barrage d'Ain Zada (**B** représente les eaux **brute**) et la potabilité de celle traitée par la station de traitement (**T** représente les eaux **traitée**), des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur des échantillons d'eau brute et d'eau traitée, provenant respectivement dudit barrage et de la station de traitement. L'étude s'est étalée sur une période de 12 mois allant de Janvier à Décembre 2019.

Les résultats des analyses effectuées sont présentés et commentés comme suit.

V.1. Température

La variation des températures annuelles est illustrée sur la figure (V.1).

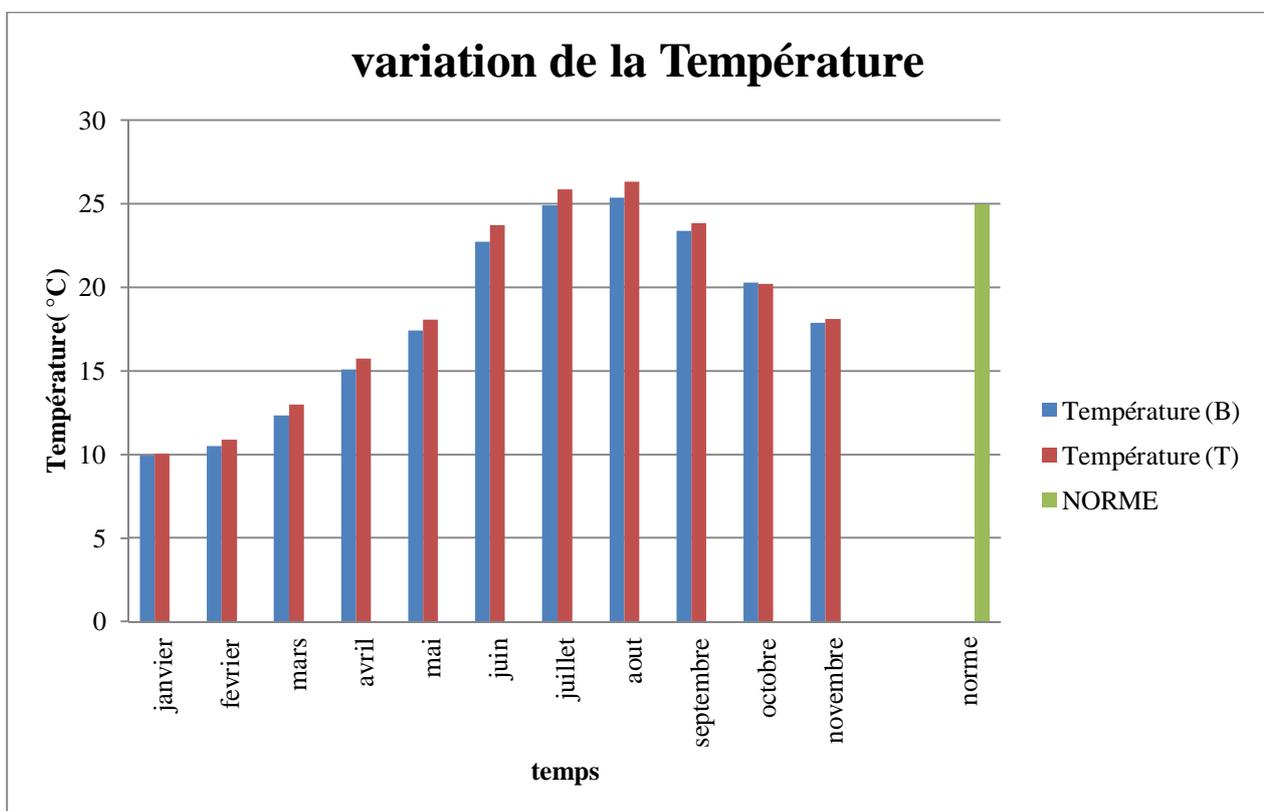


Figure (V.1): Variation de la température avant et après traitement

On remarque sur le graphe que les températures ont une variabilité saisonnière. La cinétique de variabilité est la même pour les eaux de surface et les eaux traitées.

La valeur maximale est de 25°C en saison estival. Valeur répondant aux normes Algérienne estimés de 25°C.

V.2. PH

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau et selon la réglementation algérienne le pH d'une eau doit être entre 6,5 et 9.

Les résultats obtenus pour le pH sont présentés dans la figure (V.2).

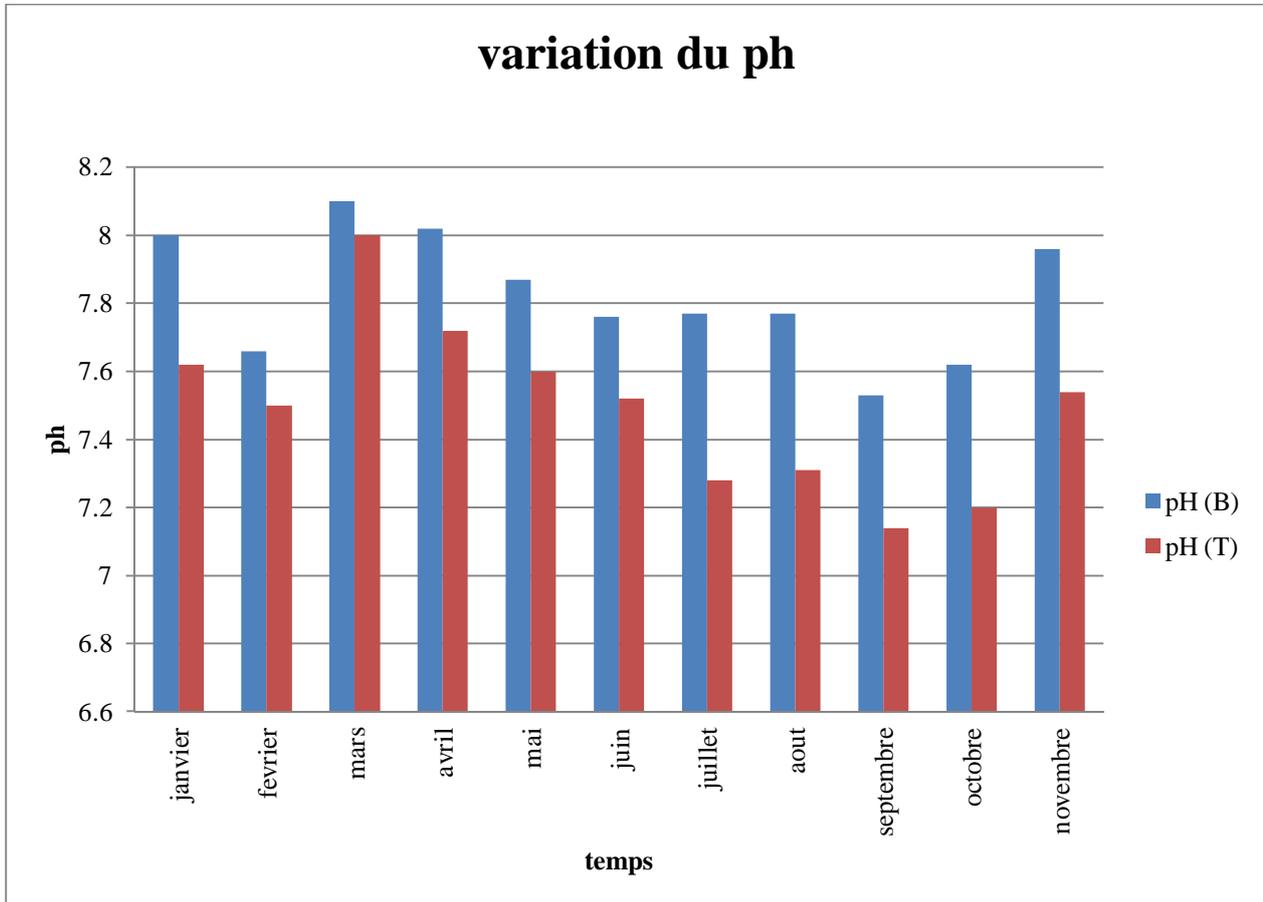


Figure (V.2): Variation du ph avant et après traitement

La figure ci-dessus nous montre une légère variation du pH est (entre 7 et 8) pour les eaux brutes ainsi que pour les eaux traitées. Ces dernières ont un pH légèrement alcalin et répondent aux normes Algérienne de potabilisation.

V.3. Turbidité

La turbidité est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux.

La figure (V.3) montre les différentes valeurs de turbidité obtenues.

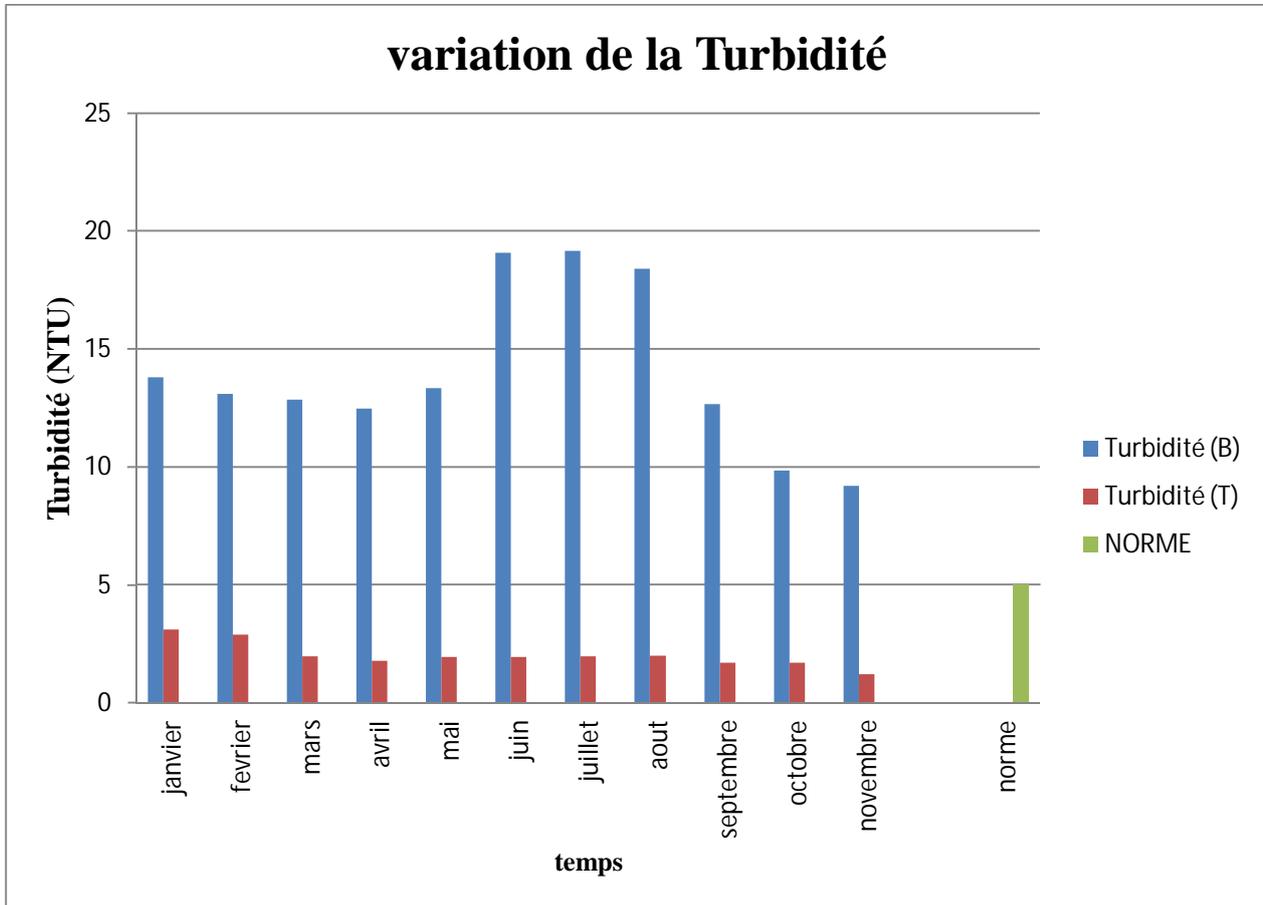


Figure (V.3): Variation de La turbidité avant et après traitement

A partir de la figure, il ressort que la variation de la turbidité des eaux traitées est très basse par rapport aux eaux brutes.

Les valeurs maximales de la turbidité pour les eaux du Barrage sont enregistrées en période sèche, allant du mois de Juin au mois de Juillet (période des basses eaux).

Les valeurs de la turbidité enregistrées au niveau de la sortie de la station de traitement respectent les normes Algérienne fixées de 5 NTU.

V.4. Conductivité électrique

La conductivité est la capacité à conduire le courant. Cette conductivité exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), donne des informations importantes sur la minéralisation de l'eau. Les ions responsables de la conductivité sont le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le bicarbonate, le sulfate et le chlorure.

Les résultats obtenus pour l'analyse de la conductivité sont présentée dans la figure (V.4).

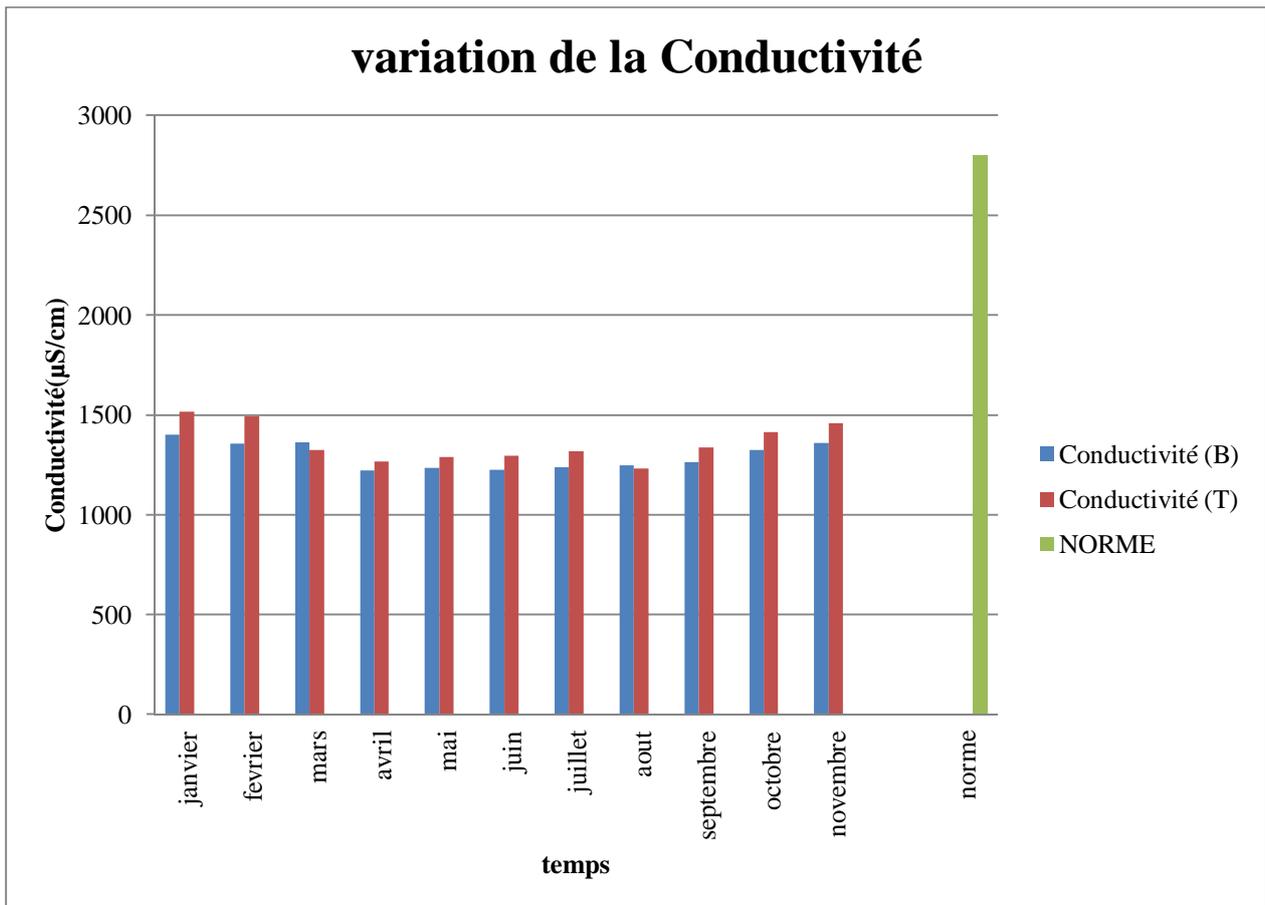


Figure (V.4): Variation de la conductivité avant et après traitement

A partir de la figure (V.4), nous remarquons une légère variation de la conductivité pour les eaux de surface ainsi que pour les eaux traitées durant toute la période de l'étude.

La valeur maximale enregistrée est de $1500\mu\text{S}/\text{cm}$ (mois de janvier) et la valeur minimale est de $1267\mu\text{S}/\text{cm}$ (mois d'Avril).

La réglementation algérienne fixe la valeur $2800\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeur maximale, on peut conclure que tous les résultats obtenus annuellement sont conformes aux normes.

V.5. Dureté totale

La figure (V.5) représente les résultats obtenus pour la dureté.

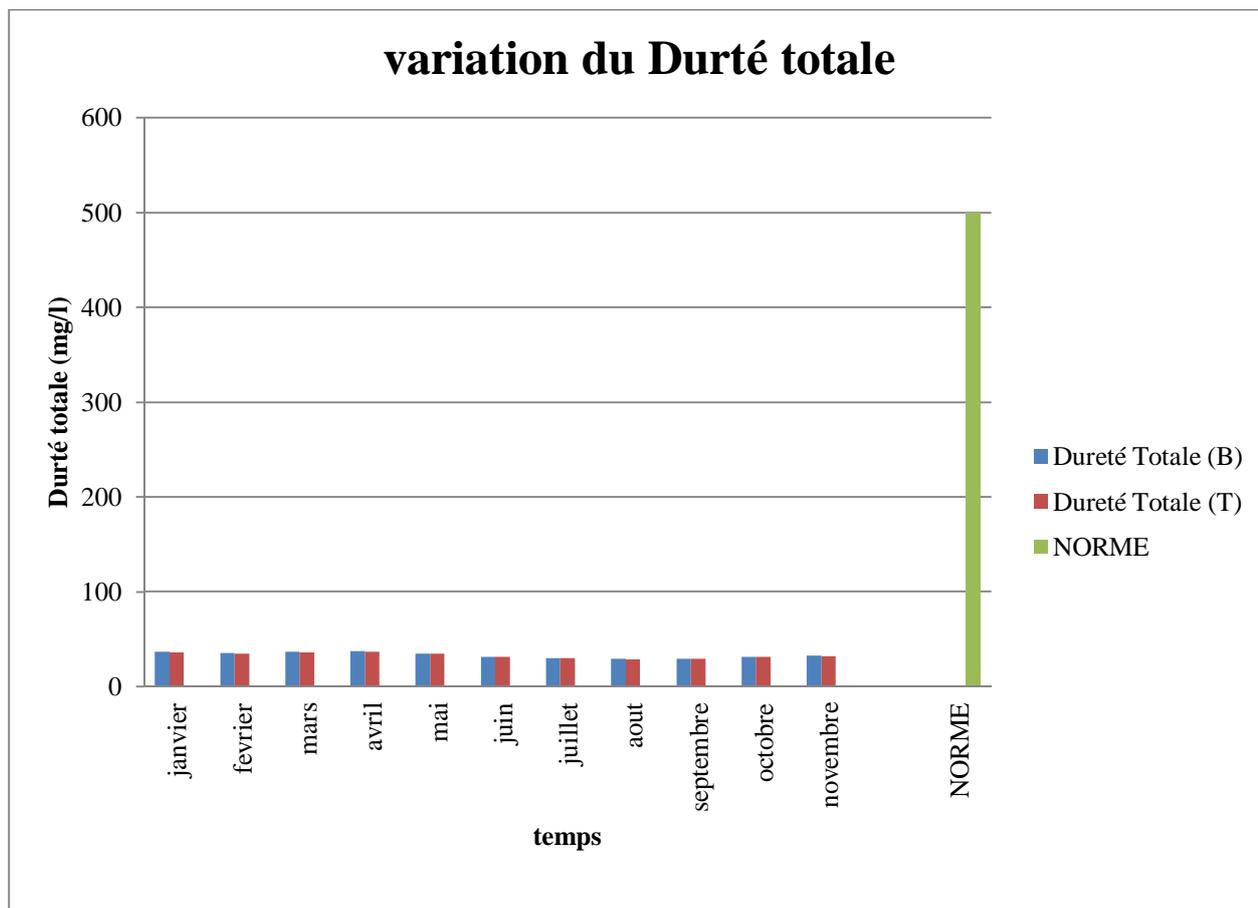


Figure (V.5): Variation de la dureté totale avant et après le traitement

La dureté est due à la présence des ions calcium Ca^{+2} et magnésium Mg^{+2} . La figure (V.5), montre que les valeurs de la dureté enregistrées au niveau de la station et des eaux de surfaces sont très proches et constantes durant toute la période de l'étude. Comparées aux normes, ces valeurs sont jugées très acceptables.

V.6. Calcium

La figure suivante représente la variation de la concentration en calcium durant la période de prélèvement pour les eaux de surface et celles traitées.

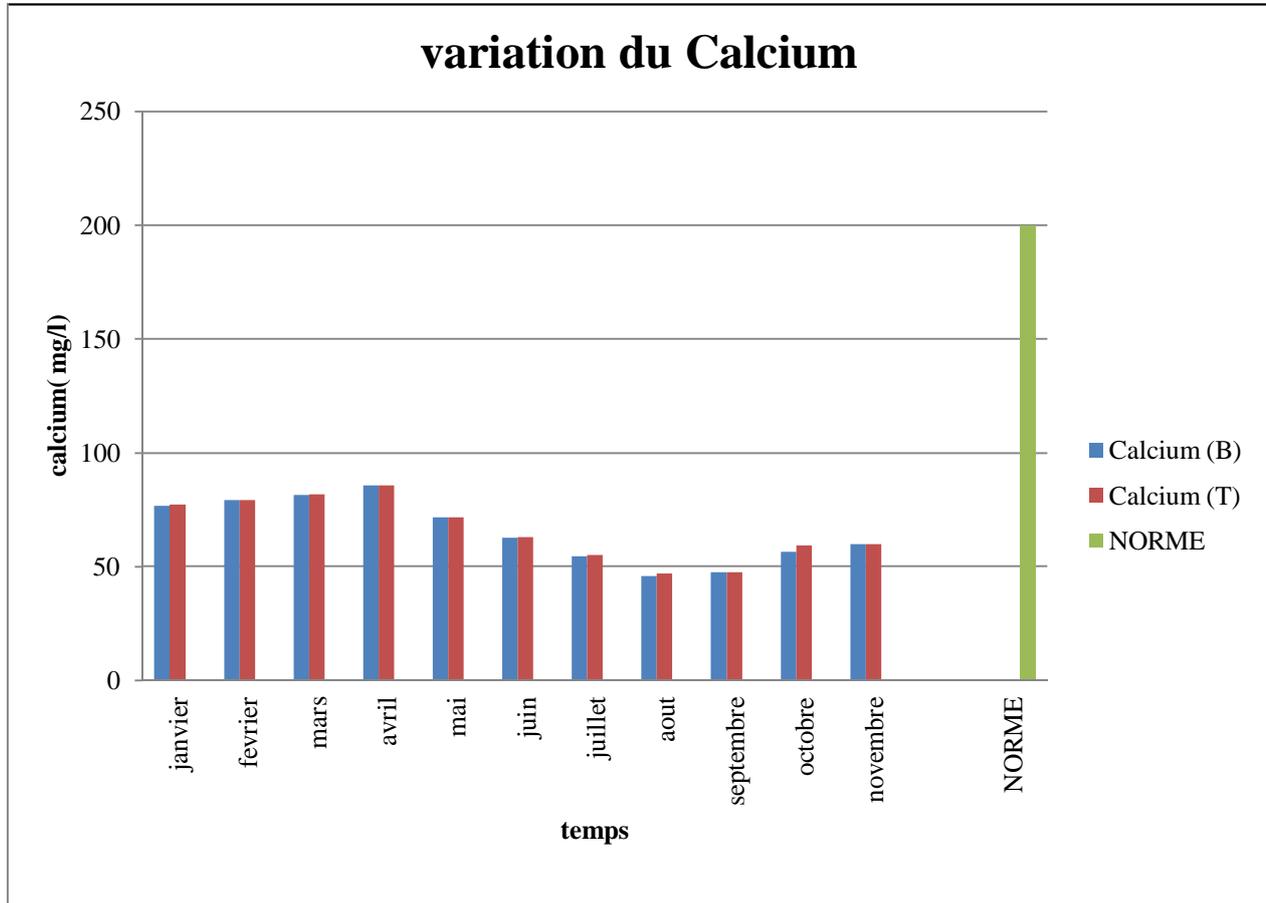


Figure (V.6): Variation de la concentration de Calcium avant et après le traitement

La figure (V.6) montre que les concentrations en calcium restent presque constantes entre l'entrée et la sortie, avec une légère augmentation saisonnière (période hivernale) justifiée par l'apport important en calcium par les eaux de ruissellement. Mais ces valeurs sont conformes aux normes (<200 mg /l).

Magnésium

Les valeurs obtenus pour l'analyse de la dureté des eaux de surface du barrage de Ain Zada et celle produite par la station de traitement sont illustrées sur la figure (V.7).

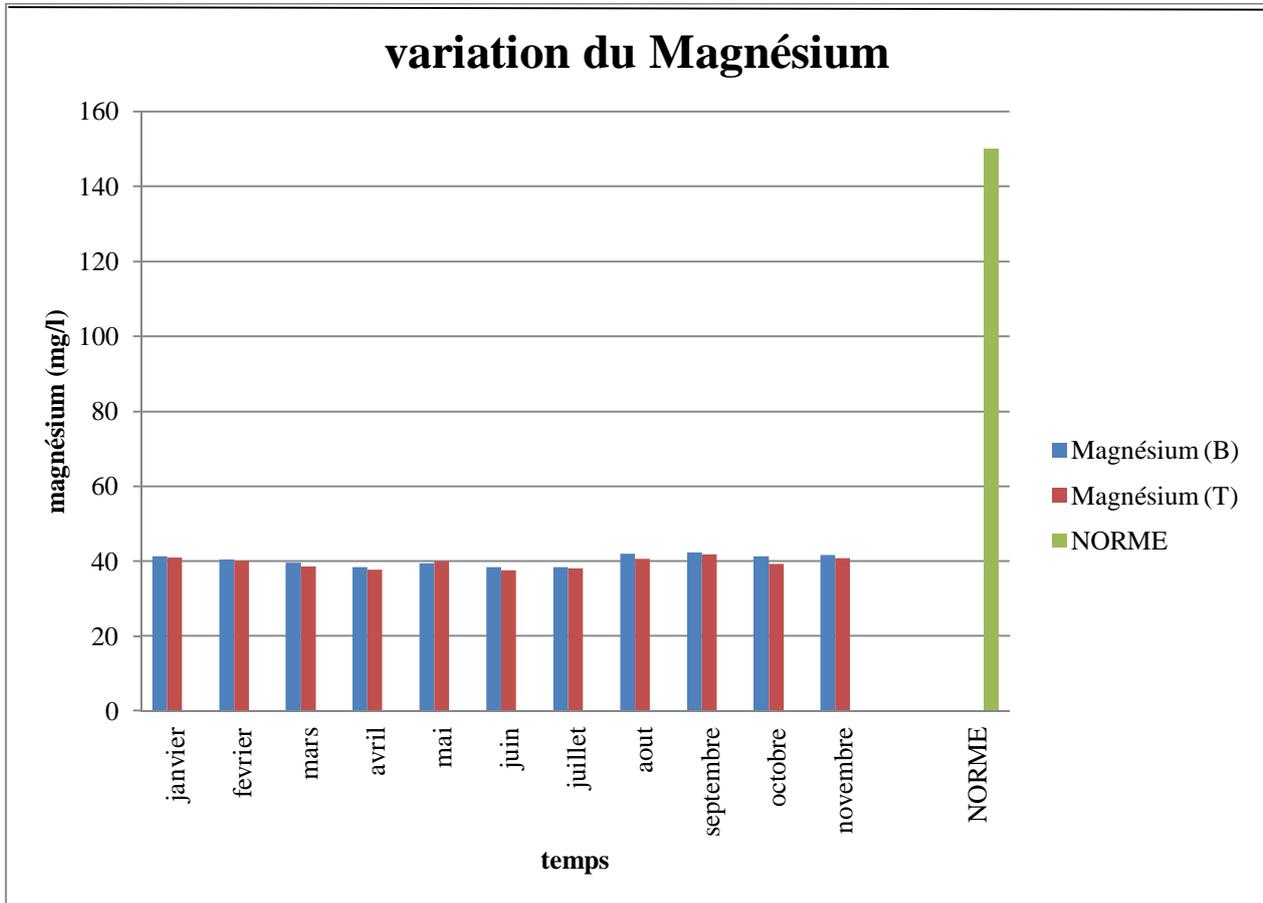


Figure (V.7): Variation de la concentration en de Magnésium avant et après le traitement

D'après la figure (V.7), les résultats obtenus pour l'eau du barrage et celle destinée à la consommation, montrent que la teneur en magnésium est presque constante avec une légère oscillation entre 37,5 et 40,9 mg/l. Ces teneurs en magnésium sont en accord avec les normes algériennes qui fixent 150 mg/l comme valeur maximale.

V.7. Les chlorures

La figure (V.8) représente la variation annuelle de la concentration en chlorure des eaux du barrage et celles produites par la chaîne de traitement.

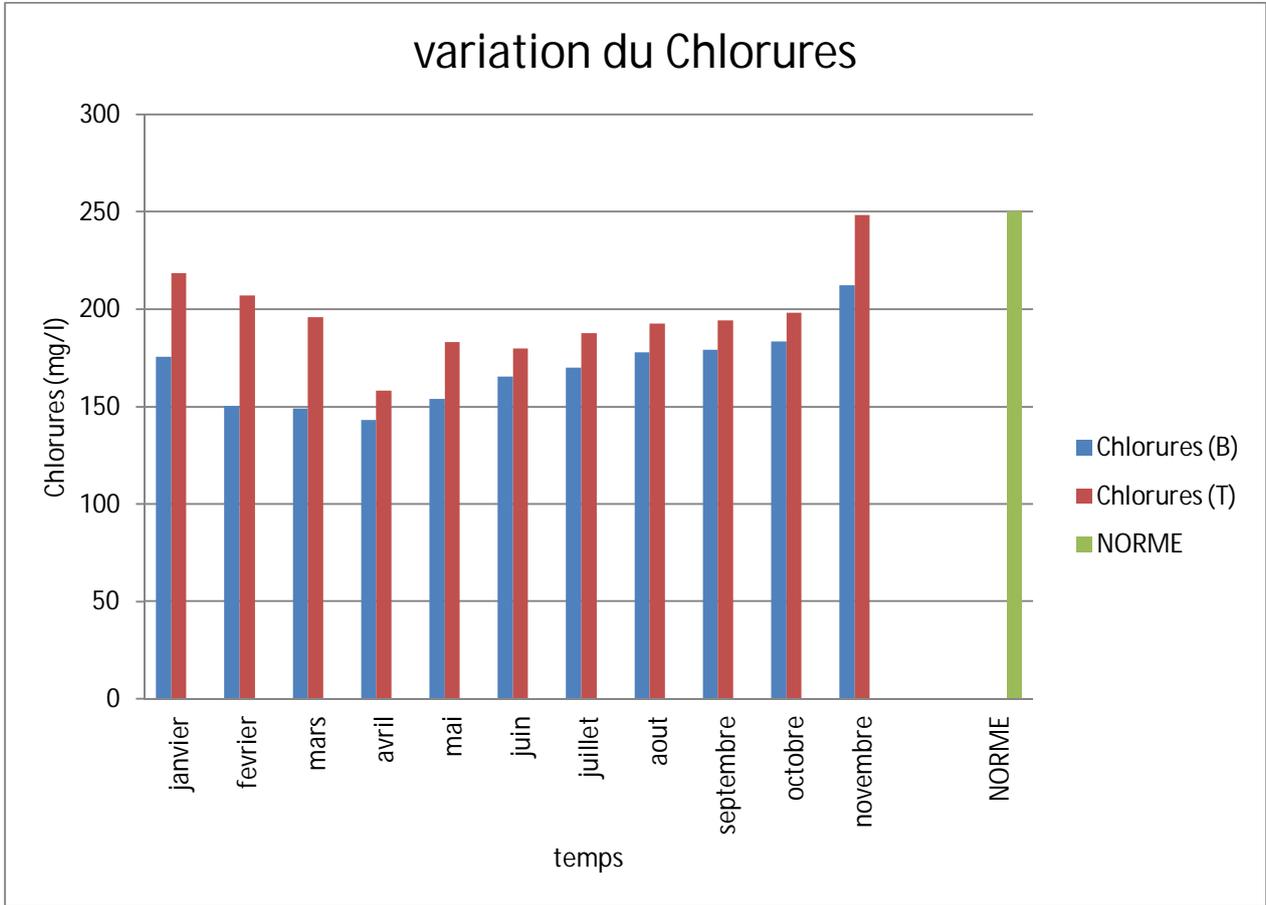


Figure (V.8): Variation des teneurs en chlorure avant et après le traitement

On peut clairement noter que la charge en chlorure augmente à la sortie de la station de traitement. Cela peut être justifié par l’apport en chlore dans la phase de désinfection.

Il est à noter aussi que ces charges en chlorure répondent aux normes fixant la teneur en chlorure à 250 mg/l.

V.8. Nitrates

La figure (V.9) illustre les teneurs en nitrites des eaux brute et celles traitées.

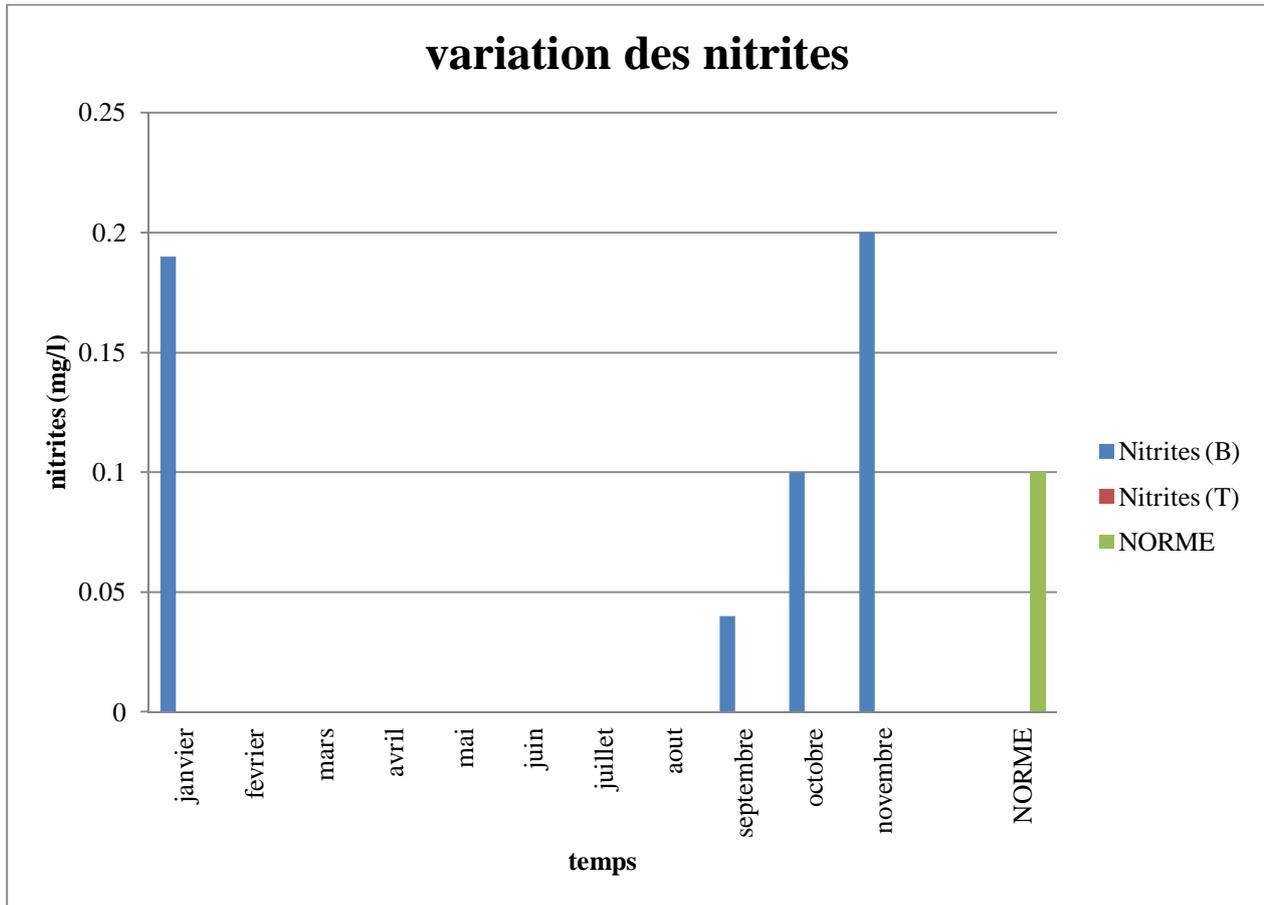


Figure (V.9): variation des nitrites avant et après le traitement

Comme la montre la figure ci-dessous, la concentration des nitrites dans l'eau brute est presque nulle sauf pour les mois de janvier, septembre, octobre et novembre (saison hivernale « hautes eaux »), ce qui peut être justifié par l'apport important en nitrites par les eaux de ruissellements traversant des terres agricoles.

Concernant l'eau traitée, elle est exempte de nitrites, ce qui répond largement aux normes de potabilité.

V.9. Nitrates

La teneur en nitrates des échantillons analysés est représentée par la figure (V.10)

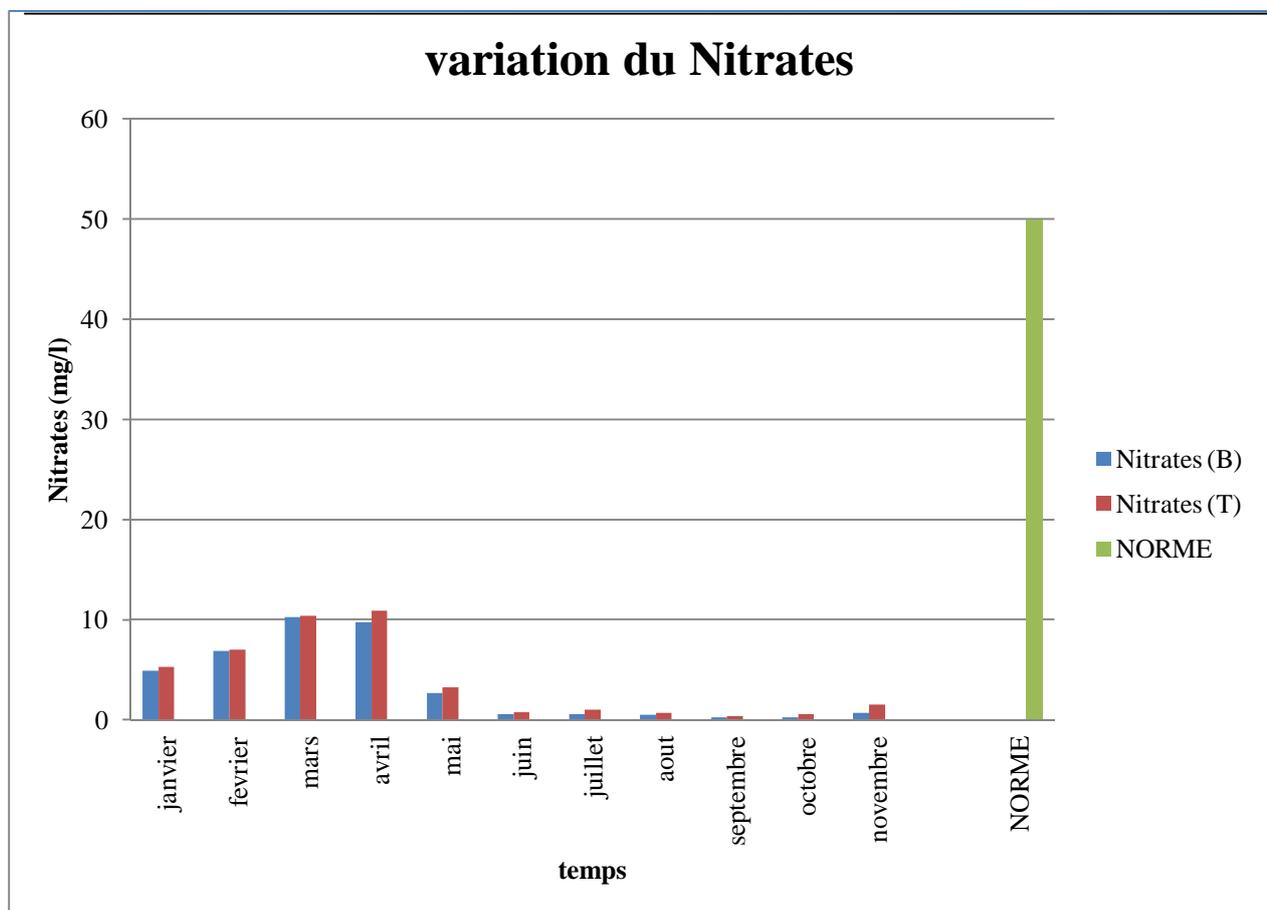


Figure (V.10): variation des nitrates avant et après le traitement

D'après les résultats, les valeurs sont très variables.

En Algérie, la norme pour la concentration de nitrates dans l'eau potable est de 50 mg/L, valeur qui n'est pas dépassée pour tous les prélèvements effectués, donc la limitation est assurée.

V.10. Potassium

Les résultats obtenus pour l’analyse du potassium sont présentés dans la figure (V.11).

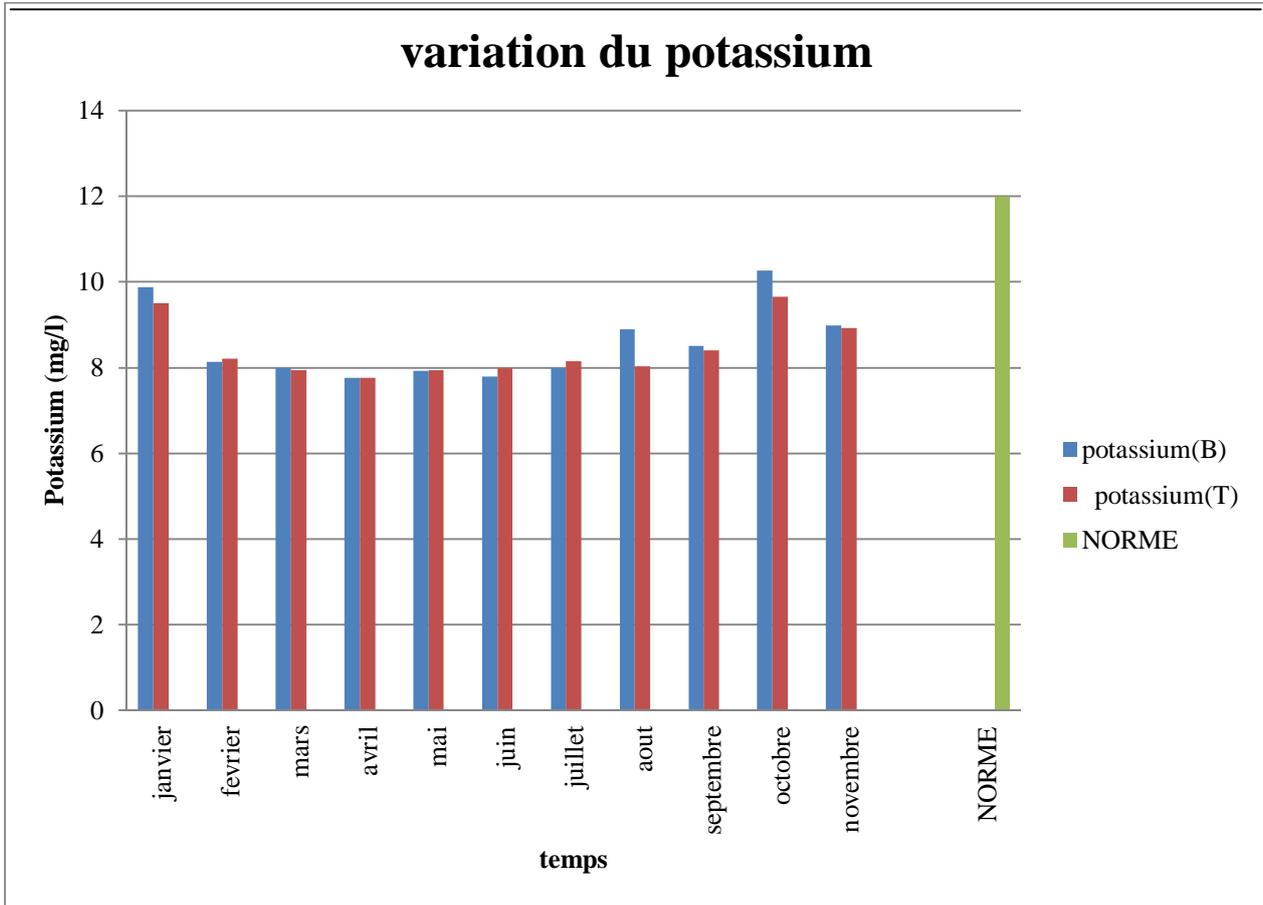


Figure (V.11): La variation de potassium avant et après le traitement

En analysant la figure ci-dessus, on constate que l’eau traitée et l’eau brute ont presque les mêmes concentrations en potassium (aux alentours de 8 mg/l).

Ces concentrations ne dépassent pas les valeurs fixées par la norme Algérienne 12 mg/l.

V.11. Sulfates

La figure (V.12) illustre la variation de la teneur en sulfates pour les eaux brutes et celles traitées.

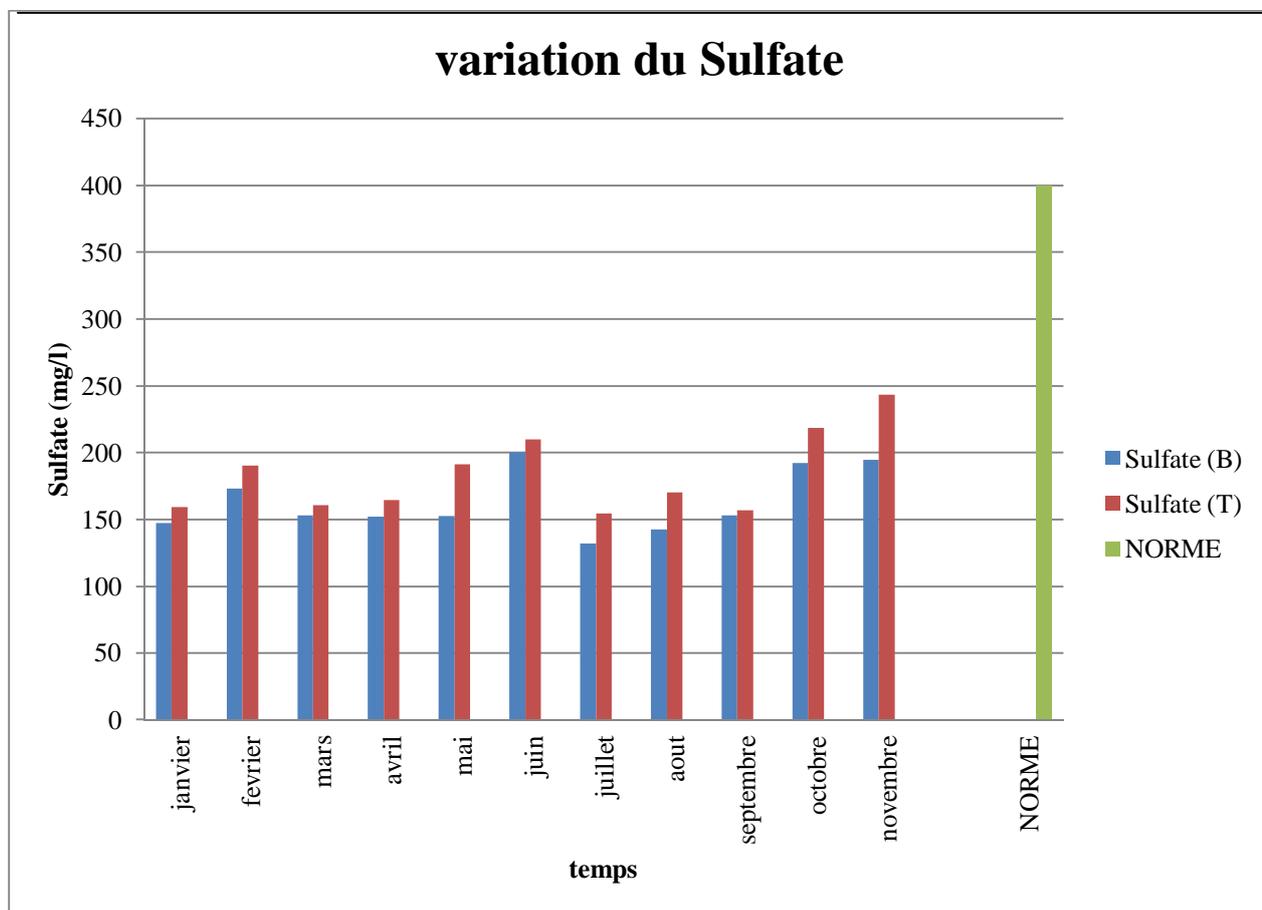


Figure (V.12): La variation de sulfate avant et après le traitement

Dans la figure (V.12) ci-dessus, on constate que le taux de sulfate a augmenté après le traitement, ceci est due à l'utilisation du sulfate l'alumine comme coagulant. Mais ces teneurs ne dépassent pas la norme Algérienne qui doit être inférieure à 400mg/l sauf pour les mois juin, octobre et novembre.

V.12. Fer

Les résultats obtenus pour le Fer sont présentés dans la figure (V.13).

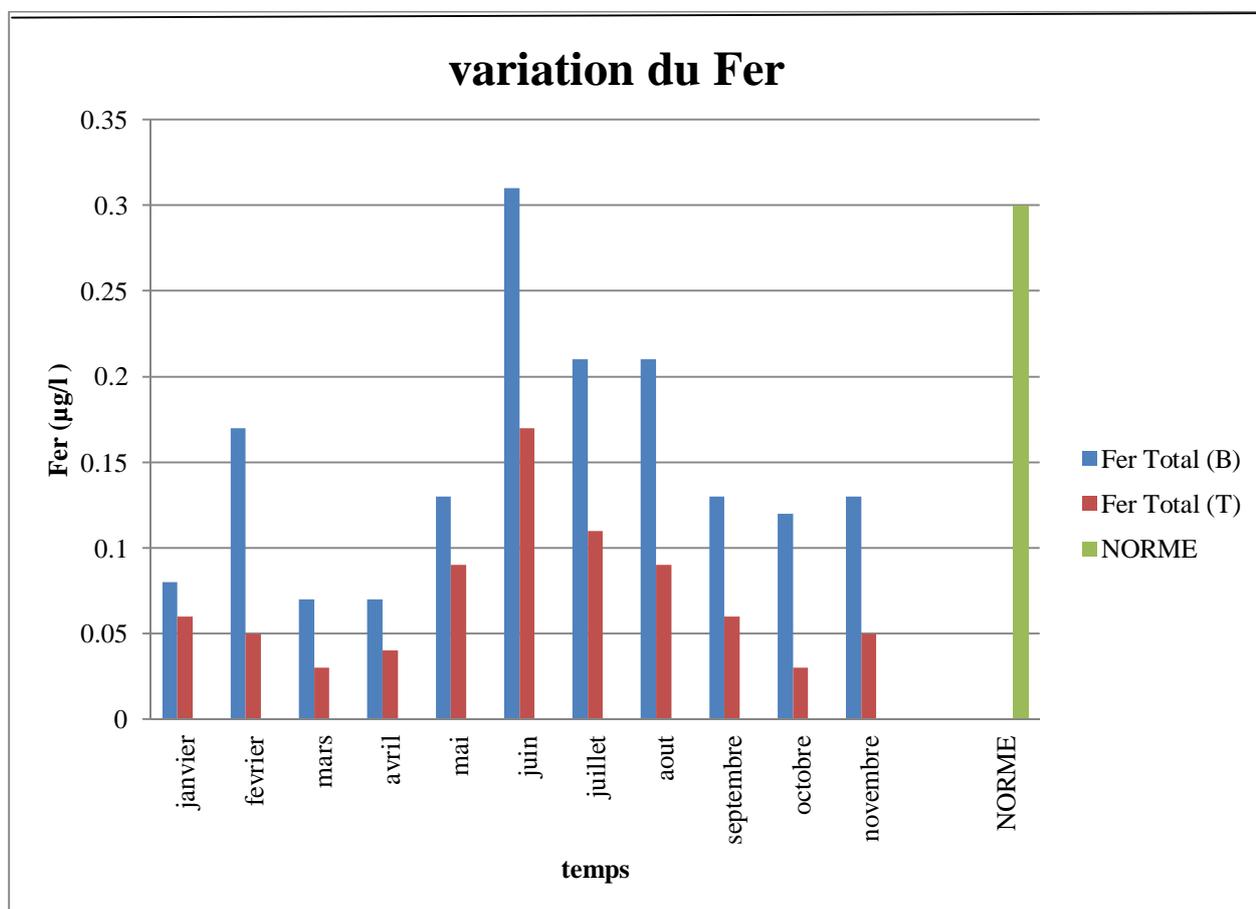


Figure (V.13): La variation de fer avant et après le traitement

Le taux de fer dans les eaux brutes est variable atteignant 0.3mg/l, mais cette valeur est légèrement réduite dans les eaux traitées. Ces valeurs de la concentration de fer restent dans les normes Algérienne fixées de 0,3 mg/l.

V.13. L'ammonium NH_4

La figure suivante représente la variation de la teneur en ammonium pour les eaux du barrage et celles destinées pour la consommation.

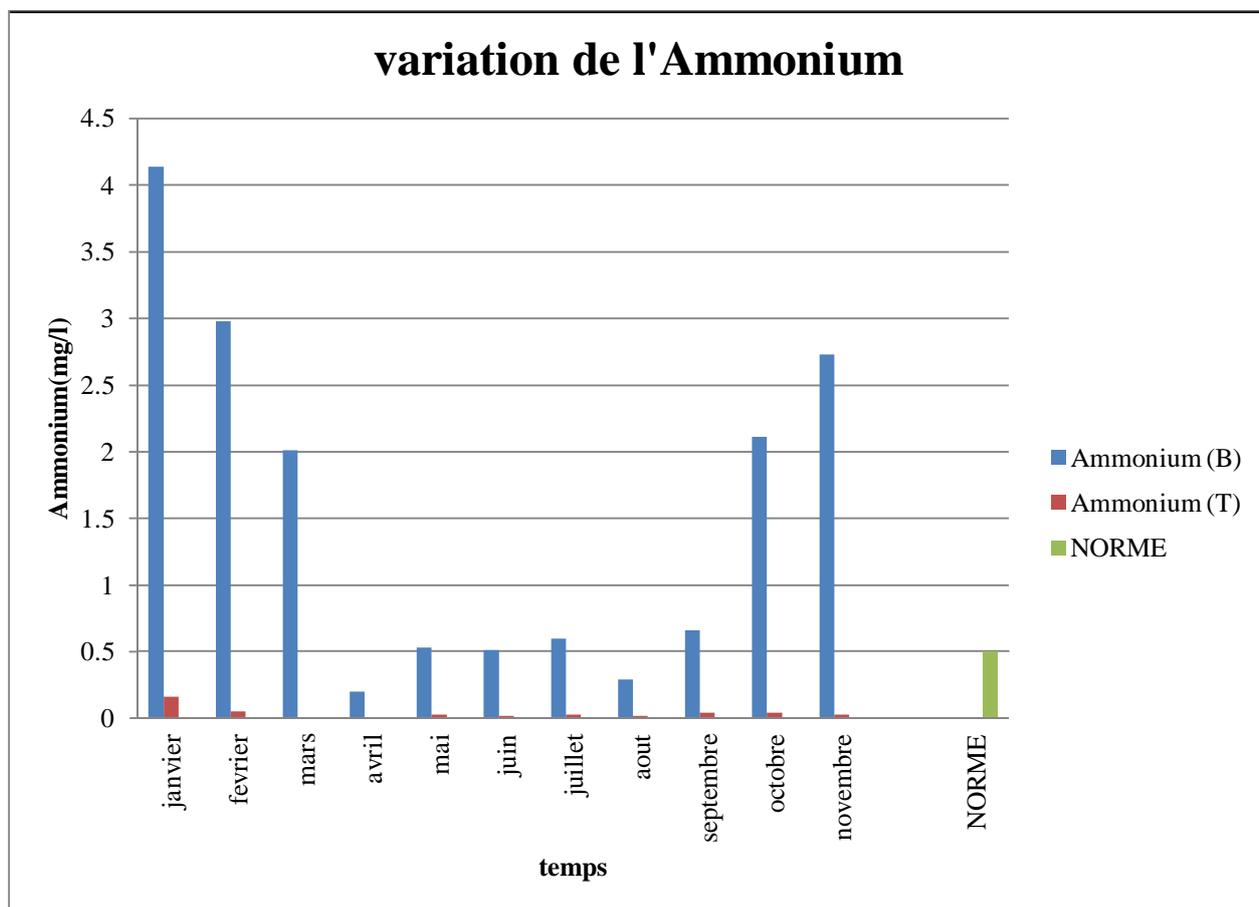


Figure (V.14): La variation de l'ammonium avant et après le traitement

En analysant le graphe ci-dessus, on constate que la concentration en NH_4 est très élevée pour les eaux brutes mais cette charge est éliminée après traitement.

Ce qui indique que l'eau traitée est conforme aux exigences fixant comme valeur limite 0,5mg/l (NH_4).

V.14. Oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous enregistrées au niveau du barrage d’Ain Zada et de la station de traitement durant la période d’étude, sont illustrées sur la figure ci-dessous.

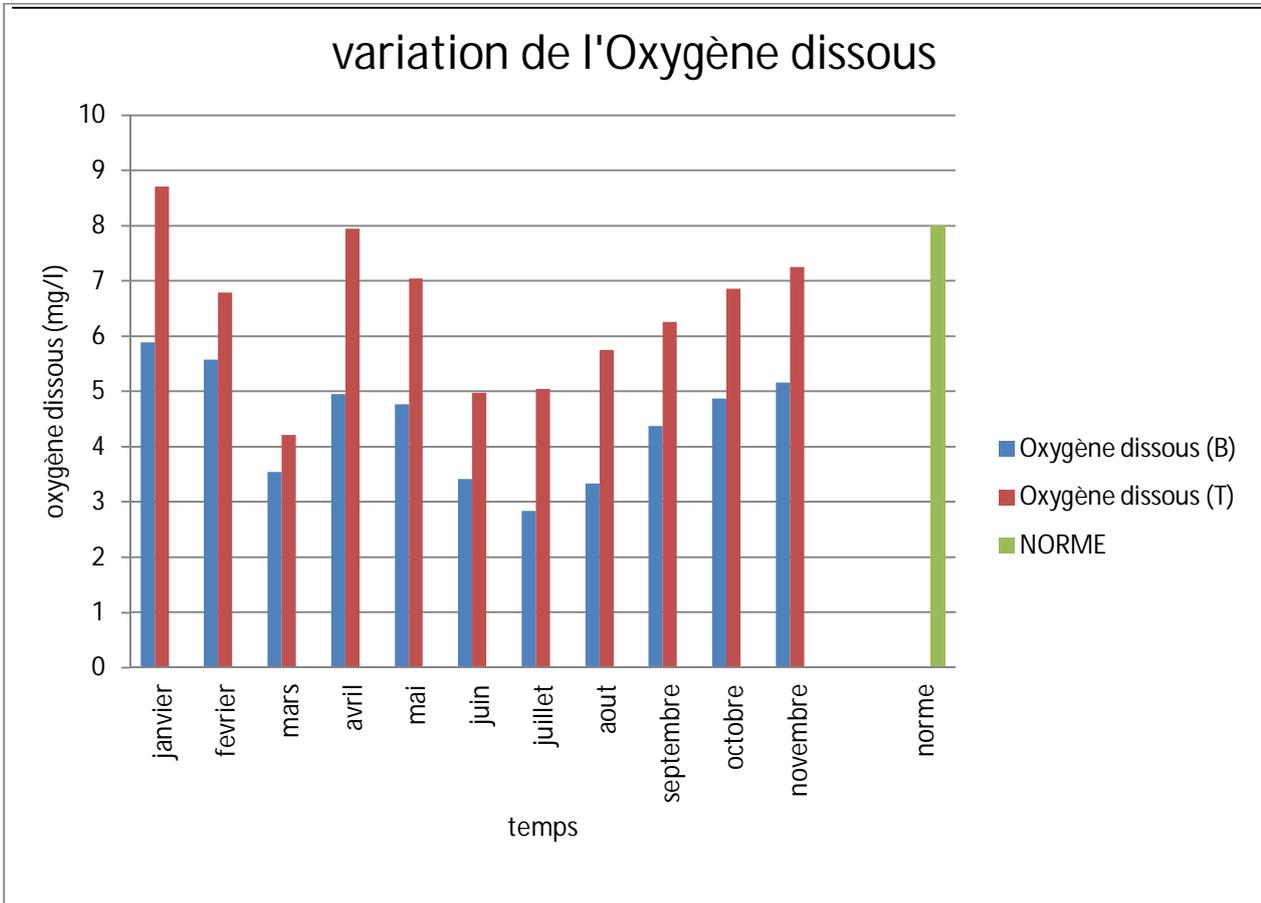


Figure (V.15): La variation de l’oxygène dissous avant et après le traitement

Sur la figure (V.15), on remarque que les concentrations en oxygène dissous présentent une grande variabilité temporelle. Il aussi est à noter que la teneur en oxygène dissous est toujours plus élevée à la sortie de la station de traitement par rapport à l’eau brute. Cette augmentation en teneur en oxygène dissous peut être expliquée par la libération du maillage moléculaire de l’eau par élimination des matières dissoutes telles que les molécules organiques.

V.15. Aluminium

La variation annuelle de la teneur en aluminium pour les eaux de surface et celles destinées pour la consommation sont illustrées sur la figure suivante.

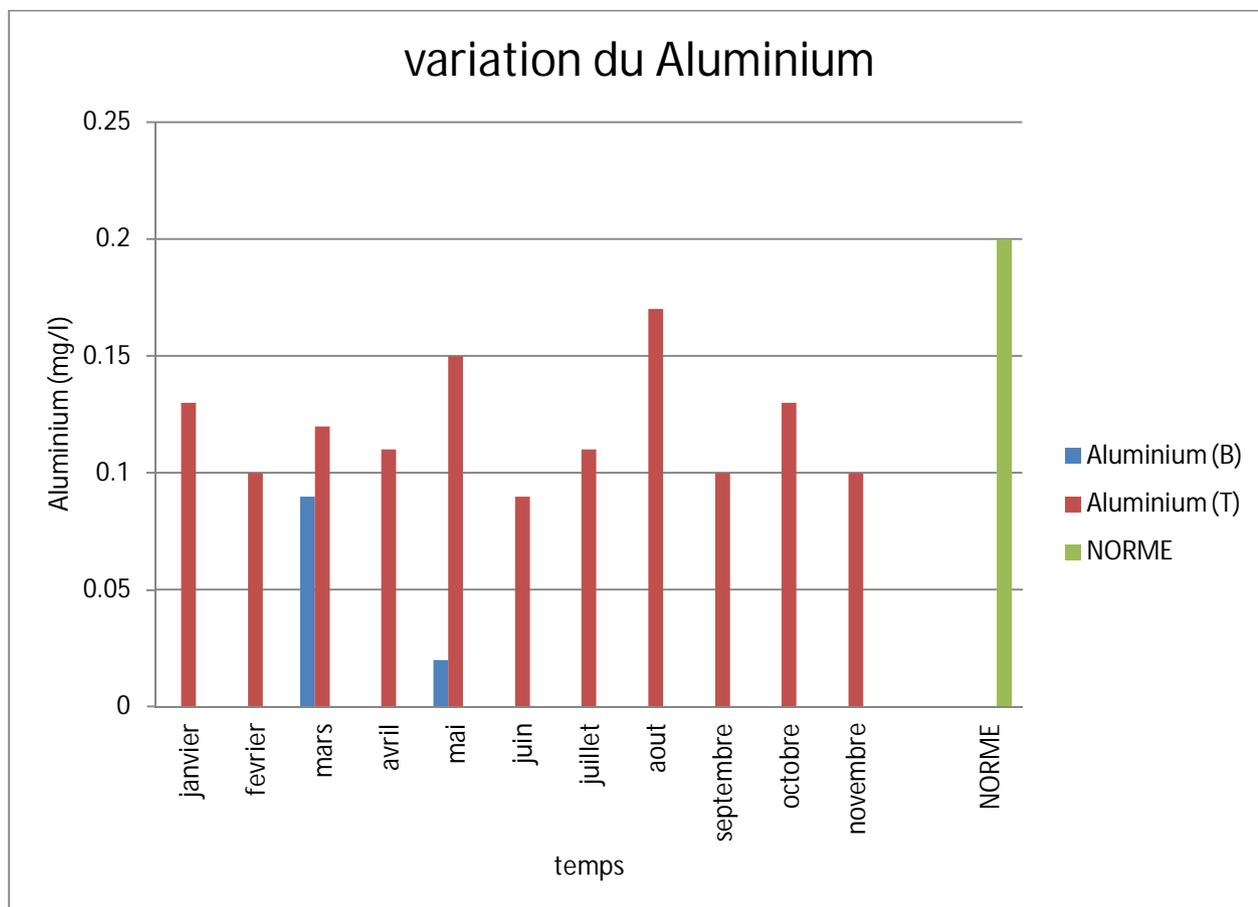


Figure (V.16): : variation de l'Aluminium avant et après le traitement

La figure (V.16) montre que le taux d'aluminium est presque nul dans les eaux brutes tandis qu'il est présent à de grandes concentrations dans les eaux traitées. Cela peut être justifié par l'ajout du sulfate d'aluminium, mais ces teneurs restent dans la norme Algérienne ($<0,2$ mg/l).

V.16. Phosphate

La figure (V.17) illustre la variation des teneurs en phosphate pour les eaux brute et après traitement.

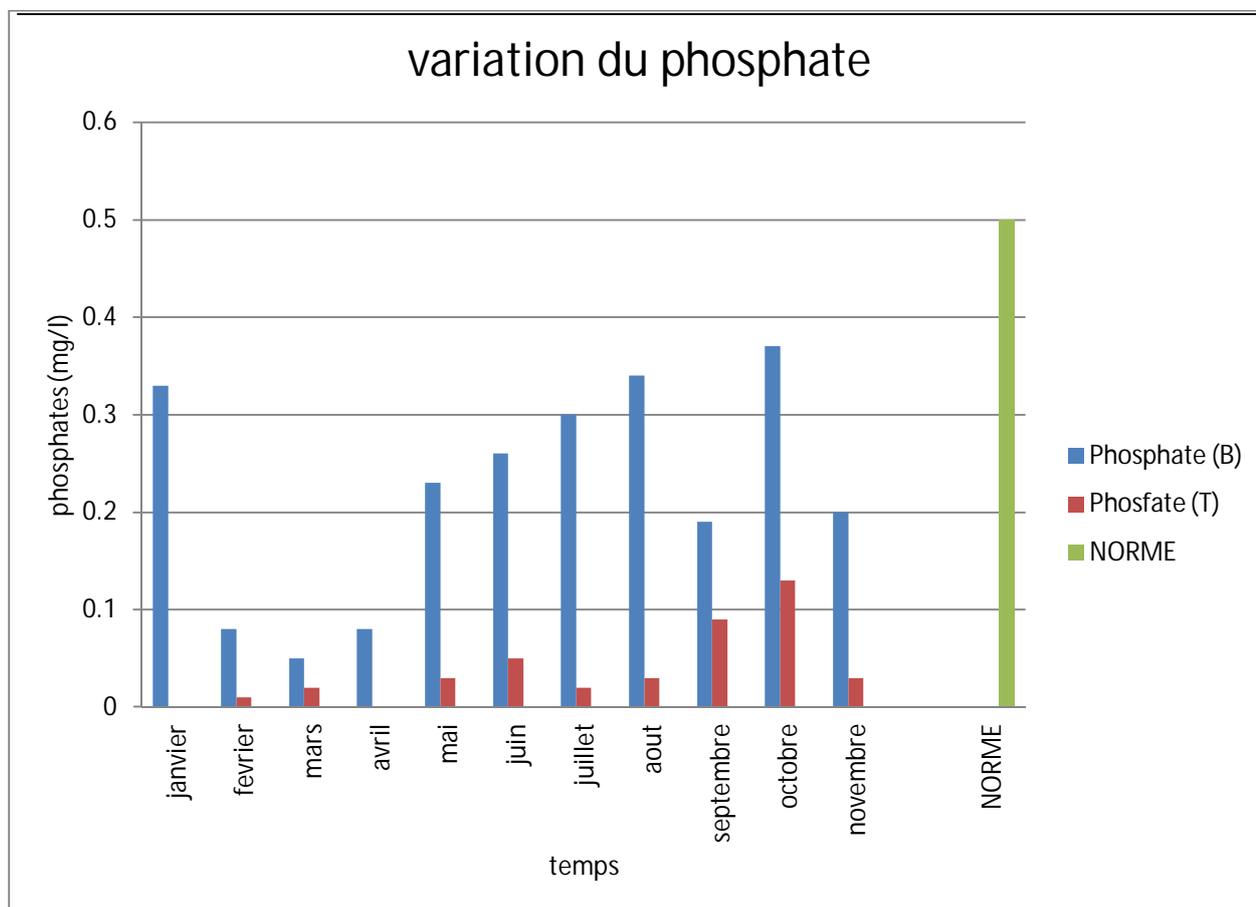


Figure (V.17): La variation du phosphate avant et après le traitement

La figure ci-dessous montre que le taux de phosphate a chuté après traitement et sa valeur maximale ne dépasse pas 0,2 mg/l ce qui la met dans la norme.

Conclusion

La caractérisation physicochimique des eaux brutes du barrage de Ain Zada montre que ces dernières présentent une forte turbidité enregistrée en période de basses eaux, atteignant 19,15 NTU en moi de juillet, la concentration des nitrites est presque nulle sauf pour période de hautes eaux où elle atteint des valeurs (0,2 mg/l) dépassant largement les normes de potabilité (0,1 mg/l) à. Ces eaux se caractérisent aussi par une forte charge en ammonium en période des hautes eaux avoisinant les 14 mg/l qui est supérieur à la norme (0,5 mg/l). Il est à noter que les eaux du barrage de Ain Zada sont pauvre en oxygène dissous. Les autres paramètres analysés obéissent aux normes de potabilité ?

A la sortie de la station de traitement, la caractérisation physicochimique révèle une eau de bonne qualité répandant aux normes de potabilité.

***CONCLUSION
GENERALE***

Conclusion générale

le traitement des eaux avant l'utilisation est devenu un impératif pour nos société moderne, en effet ;le développement des activités humaine s'accompagne inévitablement avec une production croissante de rejets polluants, les ressources en eau ne sont pas inépuisables ; leur dégradation sous l'effet de rejet d'eau polluée peut non seulement détruire gravement l'environnement mais aussi d'entraîner des risques de pénurie, nos réserves en eau pourrait ne plus être utilisable pour produire de l'eau potable, donc une fois l'eau est menacée dans ça qualité ;il est menacée dans la quantité.

Dans notre étude qu'est portée sur l'analyse de la qualité des eaux du barrage d'Ain Zada avant et après le traitement. La station adopte un mode de traitement classique : pré-chloration, coagulation,/floculation, décantation, et chloration.

A travers ce travail nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- La station d'Ain Zada fonctionne avec un bon rendement d'élimination de la turbidité entre 58.33 % et 99,62 % ; et respectant toujours les normes algériennes concernant les paramètres physique et chimique comme le pH, la dureté et le titre alcalin...
- Concernant
- L'absence des résultats du mois du décembre 2019 dû à des travaux de réhabilitation donc la station by passing tout les eaux du barrage vers l'unité de distribution;
- L'absence de résultats des analyses bactériologiques, ce qui primordiale pour faire une bonne illustration sur la qualité des eaux du barrage; à nos connaissances ; les wilayas de Sétif et Bordj Bou Arreridj sont des zones purement industrielles donc évidemment il y aura une contamination avec des rejets industrielles au niveau du bassin versant et notamment un changement indésirables pour la qualité d'eau du barrage d'Ain Zada.
- Il est impératif que se travail se poursuit pour permettre une surveillance sans faille de la qualité des eaux brutes et des eaux traitées.

Références bibliographiques

- [1] **Cherif., 2007** : Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Coordinateur. Technique et documentation. P 1039.
- [2] **Kattab A., 2001** : Les ressources en eau dans l'algerie enjeux et vision. Ecole nationale poly technique Algérie.
- [3] **Kattab A., 2001** : Les ressources en eau dans l'algerie enjeux et vision. Ecole nationale poly technique Algérie.
- [4] **Rodier J., 1996** : Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduares, Eau De Mer), 8èmeEdition, paris, 1260 p.
- [5] **Villiers J., Squilbin M., Yourassowsky C., 2005** : Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Bruxelles. P: 02.
- [6] **Pierre-françois Thomas., 2006** : Précis de physique-chimie. bréal. P 56.
- [7] **Rodier J., 1996** : L'analyse De L'eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduares, 8ème Edition, Dunod, paris, 1335p.
- [8] **OMS 2000** : *Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2 – critères d'hygiène et documentation à l'appui.* Organisation mondiale de la Santé, 2e édition, 1050 p. Accessible à : www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Summary_tables/
- [9] **Olivier J, Pierre C., 2010** : Analyse du cycle de vie: Comprendre et réaliser un écobilan 2ème Édition, 302 p
- [10] **Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Champsaur H., Rodi L., 2005** : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduares, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384p.
- [11] **I.C.M.S.F 1996** : International Commission on Microbiological Specifications for Foods, Institute of Medicine (**IOM**), 2000. Clearing the air : Asthma and indoor air exposure. Committee on the assessment of asthma and indoor air. Division of health and disease prevention. National Academy Press. Washington. 456 p
- [12] **Mebarkia AbdelHafid., 2011** : Etudes des caractéristique sphysico-chimiques des eaux de surface, cas du barrage de Ain-Zada wilaya de Bordj Bou-Arreidj». (Nord-est algérien) mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister., Univrsité Badji Mokhtar- Annaba. p83, 84.
- [13] **Mebarkia AbdelHafid., 2011** : Etudes des caractéristique sphysico-chimiques des eaux de surface, cas du barrage de Ain-Zada wilaya de Bordj Bou-Arreidj». (Nord-est algérien) mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister., Univrsité Badji Mokhtar- Annaba. p83, 84.
- [14] **Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Champsaur H., Rodi L., 2005** : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduares, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384p.
- [15] **Gregorio C., Pierre-marie B., 2007** : Traitement et épuration des eaux industrielles

[16] **Rodier J., Legube B., Merlet N., et coll. 2009** : L'Analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod. Paris. P: 50, 418.

[17] **Hakmi A., 2006** : Traitement des eaux « traitement de l'eau de source bousfer ORAN « Université des sciences et de la technologie Oran ».

[18] **Rodier J., Legube B., Merlet N., et coll. 2009** : L'Analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod. Paris. P: 50, 418.

[19] **Rodier J., 2005** : Analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduelle, eau de mer, analyse physico-chimiques, bactériologiques. 8eme Ed. Dunode, Paris. PP 111-1232.

[20] **Leyral G., Ronnefoy C., Guillet F., 2002** : Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 245p.

Annexes

Annexe 01 :**1. Matériel :**

Matériel lourd Autoclave, bain marie, balance analytique, bec-bunsen, compteur de colonie, étuve universelle réglable, hotte microbiologique stérile, hotte chimique, micropipettes, pH mètre, thermomètre, plaque chauffante, conductimètre, turbidimètre, spectrophotomètre UV-Visible. Ustensiles Boîtes de pétri, distributeur, pissettes, portoirs, spatules. Verreries Bêchers, entonnoirs, éprouvettes graduées, erlenmeyers, fioles jaugée, flacons, pipettes graduées, pipettes pasteur, burettes, tubes à essais (voir Annexe 04).

Milieux de cultures

- Milieu VRBG utilisé pour la recherche des coliformes totaux et fécaux;
- Milieu Rothe double concentré pour la recherche des streptocoques;
- Milieu PCA pour la recherche de la flore aérobie mésophile totale;
- Milieu Sabouraud pour la recherche des levures et moisissures.

Produits :

Réactifs	Indicateurs colorés
Acide nitrique pur, Carbonate de calcium pur, Solution de chromate de potassium à 10%, Solution de nitrate d'argent N/10, Solution de salicylate de sodium à 0.5%, Acide sulfurique concentré (d=1.84), Acide sulfurique (0,02), Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium, Solution mère étalon d'azote nitrique à 0.1 g/l, Ammoniaque pur (d=0.925), Solution mère étalon de NO ₂ - 0.23g/l, Solution fille étalon d'ion NO ₂ - à 0.0023g/l, Réactif de ZAMBELLI, Solution d'EDTA disodium N/50, Chlorure d'ammonium, Phénol, Acide sulfanilique, Chlorure d'hydrogène.	Noir d'ériochrome T Phénolphtaléine

Annexe 02 :

	pH (B)	pH (T)	NORME	Conductivité (B)	Conductivité (T)	NORME
janvier	8	7,62	6,5-9	1399,68	1515,12	2800
fevrier	7,66	7,5	6,5-9	1355,5	1495,19	2800
mars	8,1	8	6,5-9	1362,1	1324,6	2800
Avril	8,02	7,72	6,5-9	1222,82	1267,99	2800
Mai	7,87	7,6	6,5-9	1233,82	1288,15	2800
Juin	7,76	7,52	6,5-9	1225,95	1295,84	2800
juillet	7,77	7,28	6,5-9	1237,76	1318,98	2800
Aout	7,77	7,31	6,5-9	1248,38	1232,59	2800
septembre	7,53	7,14	6,5-9	1264,17	1337,38	2800
octobre	7,62	7,2	6,5-9	1325,07	1414,94	2800
novembre	7,96	7,54	6,5-9	1359,28	1457,61	2800

	Température (B)	Température (T)	NORME	Turbidité	Turbidité (T)	NORME
Janvier	9,93	10,06	25	13,81	3,11	5
Fevrier	10,5	10,9	25	13,1	2,9	5
Mars	12,35	13	25	12,86	1,98	5
Avril	15,1	15,76	25	12,49	1,79	5
Mai	17,42	18,06	25	13,34	1,96	5
Juin	22,72	23,73	25	19,08	1,95	5
Juillet	24,92	25,86	25	19,15	1,99	5
Aout	25,35	26,3	25	18,41	2,01	5
septembre	23,37	23,82	25	12,68	1,72	5
Octobre	20,3	20,22	25	9,85	1,7	5
Novembre	17,89	18,1	25	9,2	1,22	5

	Oxygène dissous (B)	Oxygène dissous (T)	NORME	Ammonium (B)	Ammonium (T)	NORME
janvier	5,89	8,71	8	4,14	0,16	0,5
fevrier	5,58	6,79	8	2,98	0,05	0,5
mars	3,54	4,21	8	2,01	0,01	0,5
avril	4,95	7,95	8	0,2	0,01	0,5
mai	4,77	7,04	8	0,53	0,03	0,5
juin	3,42	4,98	8	0,51	0,02	0,5
juillet	2,84	5,04	8	0,6	0,03	0,5
aout	3,34	5,75	8	0,29	0,02	0,5
septembre	4,38	6,26	8	0,66	0,04	0,5
octobre	4,87	6,86	8	2,11	0,04	0,5
novembre	5,16	7,25	8	2,73	0,03	0,5

	Nitrites (B)	Nitrites (T)	NORME	Nitrates (B)	Nitrates (T)	NORME
Janvier	0,19	0	0,1	4,95	5,28	50
Fevrier	0	0	0,1	6,91	7,04	50
Mars	0	0	0,1	10,29	10,43	50
avril	0	0	0,1	9,74	10,92	50
mai	0	0	0,1	2,67	3,3	50
juin	0	0	0,1	0,59	0,76	50
juillet	0	0	0,1	0,61	1,03	50
aout	0	0	0,1	0,56	0,75	50
septembre	0,04	0	0,1	0,25	0,41	50
octobre	0,1	0	0,1	0,26	0,59	50
novembre	0,2	0	0,1	0,75	1,54	50

	Phosphate (B)	Phosphate (T)	NORME	Calcium (B)	Calcium (T)	NORME
janvier	0,33	0	0,5	76,8	77,28	200
février	0,08	0,01	0,5	79,3	79,29	200
mars	0,05	0,02	0,5	81,45	81,72	200
avril	0,08	0	0,5	85,74	85,74	200
mai	0,23	0,03	0,5	71,8	71,8	200
juin	0,26	0,05	0,5	62,6	63,1	200
juillet	0,3	0,02	0,5	54,72	55,2	200
aout	0,34	0,03	0,5	45,8	46,9	200
septembre	0,19	0,09	0,5	47,6	47,7	200
octobre	0,37	0,13	0,5	56,64	59,28	200
novembre	0,2	0,03	0,5	60	59,9	200

	Magnésium (B)	Magnésium (T)	NORME	Chlorures (B)	Chlorures (T)	NORME
Janvier	41,38	40,9	150	175,63	218,5	250
Février	40,52	40,13	150	150,22	207,14	250
Mars	39,62	38,54	150	149,18	195,78	250
Avril	38,4	37,68	150	143,3	158,09	250
Mai	39,42	39,96	150	154,01	183,08	250
Juin	38,4	37,5	150	165,54	179,96	250
Juillet	38,4	38,06	150	170,09	187,65	250
Aout	42,06	40,55	150	178,01	192,6	250
Septembre	42,42	41,76	150	179,11	194,29	250
Octobre	41,38	39,31	150	183,34	198,19	250
Novembre	41,7	40,84	150	212,29	248,2	250

	Sulfate (B)	Sulfate (T)	NORME	Dureté Totale (B)	Dureté Totale (T)	NORME
janvier	147,35	159,14	400	36,52	36,24	500
fevrier	173,26	190,5	400	35,14	35,02	500
mars	153,04	160,85	400	36,42	36	500
avril	151,89	164,35	400	37,2	36,9	500
mai	152,61	191,35	400	34,38	34,6	500
juin	200,49	209,76	400	31,65	31,4	500
juillet	131,97	154,31	400	29,68	29,66	500
aout	142,64	170,09	400	28,98	28,73	500
septembre	153,23	157	400	29,58	29,33	500
octobre	192,31	218,58	400	31,4	31,2	500
novembre	194,5	243,3	400	32,4	32	500

	Potassium (B)	Potassium (T)	NORME	Fer Total (B)	Fer Total (T)	NORME
janvier	9,88	9,51	12	0,08	0,06	0,3
février	8,14	8,21	12	0,17	0,05	0,3
mars	7,98	7,94	12	0,07	0,03	0,3
avril	7,77	7,77	12	0,07	0,04	0,3
mai	7,92	7,94	12	0,13	0,09	0,3
juin	7,79	7,98	12	0,31	0,17	0,3
juillet	7,99	8,15	12	0,21	0,11	0,3
aout	8,9	8,03	12	0,21	0,09	0,3
septembre	8,51	8,4	12	0,13	0,06	0,3
octobre	10,27	9,66	12	0,12	0,03	0,3
novembre	8,99	8,93	12	0,13	0,05	0,3

	Aluminium (B)	Aluminium (T)	NORME
janvier	0	0,13	0,2
février	0	0,1	0,2
mars	0,09	0,12	0,2
avril	0	0,11	0,2
mai	0,02	0,15	0,2
juin	0	0,09	0,2
juillet	0	0,11	0,2
aout	0	0,17	0,2
septembre	0	0,1	0,2
octobre	0	0,13	0,2
novembre	0	0,1	0,2

الملخص

وتتمثل أبحاثنا أولاً في تحديد نوعية المياه الخام لسد عين زادة من خلال إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية قبل وبعد العلاج لمدة عام واحد. لقد درسنا تأثير بعض المعلمات الفيزيائية والكيميائية التي هي أساساً: درجة الحرارة، الموصلية الكهربائية والعكس. بسبب عدم وجود نتائج التحليلات البكتريولوجية لم يكن لدينا فكرة عن تلوث مياه السد، ومن ناحية أخرى النتائج المتعلقة بالمياه المعالجة هي من نوعية جيدة جميع المعلمات الفيزيائية والكيميائية هي في المعايير لذلك، يبدو تشغيل المحطة صارماً وفعالاً .

الكلمات الرئيسية: سد عين زادا، الجودة الفيزيائية والكيميائية، البكتريولوجيا، التلوث والعلاج .

Résumé

Notre travail de recherche consiste tout d'abord à déterminer la qualité de l'eau brute du barrage AIN-ZADA par réalisation des analyses physico-chimiques avant et après le traitement durant une année. Nous avons étudié l'effet de quelques paramètres physico-chimiques qui sont principalement: la température, le pH, la conductivité électrique et la turbidité. à cause de l'absence des résultats d'analyses bactériologiques on pourrait pas avoir une idée sur la contamination des eaux du barrage , par contre les résultats concernant l'eau traitée est de bonne qualité ; tous les paramètres physico-chimiques sont dans les normes, donc le fonctionnement de la station semble rigoureux et efficace.

Mots clés : Barrage AIN-ZADA, qualité physico-chimique, bactériologie, pollution et traitement.

Abstract

Our research is first of all to determine the raw water quality of the AIN-ZADA dam by carrying out physical and chemical analyses before and after treatment for one year. We have studied the effect of some physical-chemical parameters that are mainly: temperature, pH, electrical conductivity and turbidity. because of the absence of the results of bacteriological analyses we could not have an idea on the contamination of the water of the dam, on the other hand the results concerning the treated water is of good quality all the physico-chemical parameters are in the standards , therefore, the operation of the station seems rigorous and efficient.

Keywords: AIN-ZADA dam, physical-chemical quality, bacteriology, pollution and treatment.