

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Blida «1»



Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de Fin d'Etude

Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Biologie

Option : Restauration des Milieux Aquatiques Continentaux

Thème :

Etude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques
des eaux du lac de barrage KEDDARA (W. BOUMERDES)
avant et après traitement par la station de BOUDOUAOU

Date de soutenance : 10/06/2015

Réaliser par :

• CHAMBET-HEZERDJA Faiza

Devant les Jury :

- Président : M Grandi SNV
- Examineur : M^{me} Radi SNV
- Promotrice : M^{me} Kheddam SNV

Promotion
2014/2015

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

«...et nous avons fait de l'eau toute chose vivante»

Sourate Al-Anbiyâ ; verset 30

Remerciement

Au terme de cette étude qu'elle nous permis de témoigner toute nous reconnaissance et a sincèrement remerciements a :

Avant tous on remercier Dieu de tout puissant qui nous donnés la santé, la capacité et la volonté pour réaliser ce travail ;

Ma promotrice madame Kheddam pour ces conseils et orientations ;

A tous mes enseignants et tous le personnel de faculté de Biologie qui ont contribuent à ma formation ;

A tous le personnel de SEAAL sans exception ;

M'a vif remerciements vont au président et membre de jury qui ont acceptés de juger ce travail ;

Enfin, à tous ceux qui m'a aidé de près ou de loin à l'aboutissement je leurs dit merci.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux être les plus chers au monde
à que je souhaite une longue vie et que Dieu les protège.

Ma mère qui n'a jamais cessé de me témoigner de tendresse
et amour ;

Mon père qui grâce à son affectation et son soutien je dois
le remercier ;

A ma chère sœur ;

A mon frère Mohamed ;

A toute ma famille et surtout « Mimi » ;

Et tous mes camarades de faculté de Biologiesurtout
mes camarades de promotion sans exception.

Faiza

Résumé

L'eau de barrage KEDDARA représente une ressource importante pour l'alimentation en eau potable pour les habitats de la wilaya d'Alger et ses environs. A cet effet le présent travail consiste à effectuer une étude qualitative et quantitative du point de vue physico-chimiques (température, pH, conductivité, turbidité, chlore libre, calcium, magnésium, chlorure, nitrate, nitrite, sulfate, ortho-phosphate, DBO5, DCO, ammonium, aluminium) et bactériologiques (germes totaux, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux, *Clostridium sulfito-réducteur*, Staphylocoques, *Salmonella*) de l'eau brute et traitée (par la station de traitement BOUDOUAOU) de barrage KEDDARA, en se basant sur les normes Algérienne (JORA, 2011) des eaux de surfaces et aussi les normes de potabilité.

Les analyses des eaux brute du barrage KEDDARA ont révélé que :

- L'étude physico-chimie à représenter une conformité aux normes préconisées par le journal officiel de la république algérienne 2011.
- L'étude bactériologique à révélée que les eaux de barrage KEDDARA présente une bonne qualité bactériologique selon les critères décrit par le journal officiel de la république algérienne 2011.

Les analyses sur les eaux traitées au niveau de la station de traitement des eaux potables de BOUDOUAOU ont montré que :

- L'analyse physico-chimie a révélé une conformité aux normes recommandée par le journal officiel de la république algérienne 2011.
- L'analyse bactériologique a indiqué une qualité satisfaisante selon les normes données par journal officiel de la république algérienne 2011.

Mots clés : Eau brute, Eau traitée, Barrage KEDDARA, Station BOUDOUAOU, Physico-chimie, Bactériologie.

Summary

The KEDDARA dam water is an important resource for drinking water supply for habitats of Algiers and its surroundings. To this end the present work is to perform a qualitative and quantitative study of the point of view physicochemical and biological raw water dam KEDDARA and treated water from the treatment plant BOUDOUAOU based on standards Algerian water surfaces and also the drinking water standards.

Analyzes of raw waters KEDDARA dam show that:

- * The results of the study of physical and chemical parameters are a tolerated compliance with standards.
- * The bacteriological study proved that the dam waters KEDDARA has good bacteriological quality according to the criteria described by the official newspaper.

The analyzes of treated water at the drinking water treatment plant BOUDOUAOU show that:

- * The results of the study of physical and chemical parameters are a tolerated compliance with standards.
- * The bacteriological results indicate satisfactory quality according to the standards given by the Official Journal.

Keywords: Raw water, treated water, Dam KEDDARA, BOUDOUAOU Station, physico-chemical analysis, bacteriological analysis.

يعد سدقدار ةمورد هاملتوفير مياها لشر بلو لاية الجزائر العاصمة ووضواحيها، ولهذا الغرض أنجز تها الدراسة النو عية و الكم
يقبأ اعتمادو جهة نظرفيز يائي ة و بيولو جية و بيكتير يولو جية للمياها الخامو المعالجة (منظر فمحطة معالجة المياها هيبودواو)
هذا بالاعتماد على المعايير الجزائرية (2011) للمياها السطحية و المياها الصالحة للشرب.

التحليلات لتي أجريت على المياها الخام لسدقدار ة أظهر تمايلي:

* الدراسة الفيز يائية و الكيمائية أظهر تامتنالا للمعايير
الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية
(2011).

*

الدراسة البيكتري يولو جية أظهر تأنميا هسدقدار ة لديهنو عية جر ثومية جيدة و فقا للمعايير التياقر تها الجريدة الرسمية للجمهورية
الجزائرية (2011).

التحليلات لتي أجريت على المياها المعالجة في محطة بودواو أظهر تمايلي:

* الفيز يائية و الكيمائية أظهر تامتنالا للمعايير المعتمدة منظر فالجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية (2011).

* الدراسة البيكتري يولو جية أظهر تنوعية جيدة و فقا للمعايير التياقر تها الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية (2011).

_____:

المياها الخام، المياها المعالجة، سدقدار ة، محطة بودواو، التحليلات لفيز يائية و الكيمائية، التحليلات لبيكتري يولو جية.

Liste des tableaux

Tableau I : principaux types de pollution des eaux, leur nature et leur cause

Tableau II : principales maladies d'origines hydrique et leurs agents responsables

Tableau III : produits chimiques utilisés à l'usine de BOUDOUAOU

Tableau IV : caractères biochimiques de différentes espèces de Staphylocoques

Liste des figures

- Figure 1 : cycle du l'eau dans la nature
- Figure 2 : station de traitement de BOUDOUAOU (photo original, 2015)
- Figure 3 : vue aérienne de la station de BOUDOUAOU (Google earth, 2015)
- Figure 4 : barrage de KEDDARA (Google earth, 2015) et (photo original, 2015)
- Figure 5 : obturateur à disque (photo original, 2015)
- Figure 6 : décanteur lamellaire pulsateur (photo original, 2015)
- Figure 7 : les modules lamellaires du décanteur (photo original, 2015)
- Figure 8 : filtre Aquazur (photo original, 2015)
- Figure 9 : lavage de filtre (photo original, 2015)
- Figure 10 : le laboratoire d'analyse physico-chimiques (photo original, 2015)
- Figure 11 : le laboratoire d'analyse bactériologique (photo original, 2015)
- Figure 12 : lieu de prélèvement centre BOUDOUAOU(photo originale, 2015)
- Figure 13 : recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37 °C
- Figure 14 : recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes (coliformes totaux) par filtration sur membrane
- Figure 15 : recherche et dénombrement des Entérocoques dans l'eau par filtration sur membrane
- Figure 16 : recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par méthode de filtration sur membrane
- Figure 17 : recherche et dénombrement des Staphylocoques à coagulase positive par méthode de filtration sur membrane
- Figure 18 : recherche et dénombrement des *Salmonella* par méthode de filtration sur membrane
- Figure 19 : variation de la Température de l'eau brute et traitée du barrage KEDDARA
- Figure 20 : variation du pH de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA
- Figure 21 : variation de la turbidité de l'eau brute et traitée du barrage KEDDARA.

Figure 22 : variation de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA

Figure 23 : variation du chlore libre de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 24 : variation de teneurs en nitrate de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 25 : variation des teneurs en nitrites de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 26 : variation des teneurs en ortho-phosphates de l'eau brute et traitée du barrage.

Figure 27 : variation des teneurs de l'Ammonium de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 28: variation de la DCO de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 29 : variation de la DBO5 de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 30 : variation de teneurs en calcium de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 31 : variation de teneurs en magnésium de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 32 : variation des teneurs en sulfates de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 33 : variation des teneurs en chlorures de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 34 : variation des teneurs de l'Aluminium de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 35: variation des germes totaux à 37°C recherché dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 36 : variation des coliformes totaux recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 37 : variation des coliformes thermo-tolérants recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 38 : variation des streptocoques fécaux recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 39 : variation des *Clostridium sulfito-réducteur* recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 40 : variation des Staphylocoques recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Figure 41 : variation de *Salmonella* recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Glossaire

- ❖ **Assainissement** : collecte et traitement des eaux usées ou pluviales.
- ❖ **Bactérie anaérobie** : bactérie capable de se multiplier en absence d'oxygène.
- ❖ **Boues** : les boues d'épurations sont des résidus du traitement des effluents liquides par des stations d'épuration. Ces boues sont constituées de matières organiques et de matières minérales.
- ❖ **Coagulants** : sont des produit qui neutralisent ou inversent les charges des matières en suspension. Ces produits sont surtout des composés minéraux tels que sulfate d'alumine, chlorure ferrique, chlorure d'aluminium.....etc.
- ❖ **Décantation** : séparation des matière solides et plus denses que l'eau qui en fonction de leur poids, se rassemblent à la partie basse d'un réceptacle (syn : Sédimentation)
- ❖ **Eau brute** : eau n'ayant pas subi de traitement.
- ❖ **Eau potable** : eau buvale sans risque pour la santé humaine.
- ❖ **Floculants** : ce sont des produits qui ont des action inter-particules par pontage. Ces floculants sont pour la plupart constitués de polymères à haut poids moléculaire possédant des groupe réactifs de charges inverse à celle de la suspension à traiter.
- ❖ **Spore** : forme de vie bactérienne résistance aux agressions extérieures.
- ❖ **Système de production Isser-Keddara (SPIK)** : est un système qui a pour l'objet de retenir les eaux de l'oued qui vont être traité à la station de traitement et de production d'une eau potable de BOUDOUAOU.

Liste des abréviations

ANBT : Agence Nationale des Barrages.

ASR : Anaérobies *Sulfite-Réducteurs*

C F : Coliformes Fécaux.

C T : Coliformes Totaux.

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène après 5 jour

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DPD : DiphenylPérydineDichloropyle.

E. coli : Escherichia Coli.

E.D.T.A : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

EB : Eau Brute.

ET : Eau Traité.

g/1ml : germes par 1 millilitre.

g/l : gramme par litre.

GT : Germe Totaux

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

L/S : Litre par Seconde.

m/s : mètre par second.

m³ : mètre cube.

MES : Matière En Suspension.

mg/l : milligramme par litre.

Mol : Moles.

NA: Norme Algérienne.

NF : Norme Françaises.

NG : Niveau Guide.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : potentiel d'Hydrogène.

QC : Contrôle de Qualité.

SEAAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger.

SF : Streptocoques Fécaux

UFC : Unité Formatrice de Colonie

µs/cm : micro-siémens parcentimètre.

Sommaire

Introduction

Première Partie : Partie Théorique

Chapitre I : Généralité sur les Eaux de Surfaces

I. Généralité	
I.1. Cycle de l'eau dans la nature	01
I.2. Eaux de surfaces	01
I.3. Différents usage de l'eau	02
I.4. Pollution des eaux	03
I.5. Maladies à transmissions hydriques	04
I.6. Traitement des eaux de surfaces	04
I.6.1. Présentation de la station de traitement de BOUDOUAOU	05
I.6.2. Localisation de la station	05
I.6.3. Historique de la station	06
I.6.4. L'origine de l'eau brute au niveau de la station	07
I.6.5. Schéma de la station	08
I.6.6. Les étapes de traitement et équipements utilisés	09
I.6.7. Suivi de la qualité de l'eau au laboratoire	13

Deuxième partie : Partie Pratique

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1. Matériels	14
II.2. Méthodes	14
II.2.1. Objectif	14
II.2.2. Echantillonnages	14
II.2.3. Transport des échantillons	15
II.2.4. Analyses physico-chimiques	15
II.2.5. Analyses bactériologiques	22

Chapitre III : Résultats et Discussions

III.1. Résultats des analyses physico-chimiques	35
III.1.1. Résultats des paramètres physiques	35
III.1.2. Résultats des paramètres chimiques	38
III.1.3. Résultats des paramètres de pollution	39
III.1.4. Résultats de Matière organique et oxydable	43
III.1.5. Résultats de la minéralisation globale	45
III.1.6. Résultats des paramètres indésirables	49

III.2. Résultats des analyses bactériologiques	50
III.2.1. Dénombrement des microorganismes revivifiables	50
III.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux	51
III.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes Thermo-tolérantes	52
III.2.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	53
III.2.5. Recherche et dénombrement des <i>Clostridium sulfito-réducteur</i>	54
III.2.6. Recherche et dénombrement des germes pathogènes	55

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Introduction

L'eau est un élément essentiel au fonctionnement de tout écosystème, mais aussi des activités humaines (agriculture, industrie). L'origine des eaux servant à l'alimentation humaine provient des eaux souterraines, les eaux douces de surface c'est-à-dire celle des ruisseaux, des rivières, des fleuves, des barrages, ou dans certains cas, par dessalement des eaux de mer....(**CHRISTIANE et NOEL, 1999**).

Sans cette matière simple et complexe en même temps la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures, et pour cela la technologie moderne nous a permis la conception des stations de traitement des eaux de surface pour pallier aux problèmes de pollution qui menacent la potabilité de l'eau qui a été préservé pendant des siècles (**MOLL et MAL, 1993**).

Le laboratoire d'analyses a un rôle très important dans le suivi d'une station de traitement car c'est lui qui doit confirmer la potabilité de l'eau après traitement et anticiper toutes les étapes nécessaires avant traitement à l'aide des analyses pour l'obtention des résultats demandés(**MOLL et MAL, 1993**).

Depuis quelque années en Algérie, nous constatons des périodes de sécheresse qui nous obligent à restreindre certaines habitudes, d'autre part, les solutions « de secours » ont toujours un coût important en augmentant le prix de l'eau. Il faut savoir que 03 ressources en eau douce alimentent notre capitale ; eau de surface des barrages (barrage Keddara), eaux souterraines des forages (forage de Baraki) et l'eau provenant de stations de dessalement d'eau de mer (station El-Hamma) (**HACIANE et AZZI, 2008**).

Notre travail a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes et traitées (par la station de traitement des eaux de BOUDOUAOU) de barrage KEDDARA qui alimente la capitale et ses environs.

Notre travail, s'articule en trois chapitres :

- Chapitre I : la partie bibliographique, est un rappel sur l'eau de surface d'une façon générale, avec présentation de la station de traitement des eaux de BOUDOUAOU (W. BOUMERDES), et les méthodes de traitement des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine.
- Chapitre II : la partie expérimentale, représente la démarche pour les analyses physico-chimiques et bactériologiques des différents échantillons d'eau brute et traitée.
- Chapitre III : représente les résultats des différentes analyses. Et en fin nous terminons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur les Eaux de Surfaces

I. Généralités

L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus. Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans (**WACKERMANN et ROUGIER, 2010**).

La molécule d'eau est l'association d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène sous le symbole H_2O . L'eau en tant que liquide est considérée comme un solvant universel, il se congèle à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, il peut devenir vapeur à $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ qui est sa température d'ébullition, mais ces principales caractéristiques sont qu'il est inodore, incolore et sans goût (**GERARD, 1999**).

I.1. Cycle de l'eau dans la nature

L'eau, élément sous trois formes (liquide, l'état gazeux et solide), parcourt un cycle éternel (**COULIBALY, 2005**).

L'hydrosphère chauffée par l'énergie solaire, s'évapore et conduit à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, à la suite d'un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace et se trouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle sur lithosphère à la surface de laquelle approximativement $\frac{1}{4}$ pénètre, $\frac{1}{4}$ ruisselle, quant au $\frac{1}{4}$ restants, il s'évapore à son tour (**VILAGINES, 2003**).

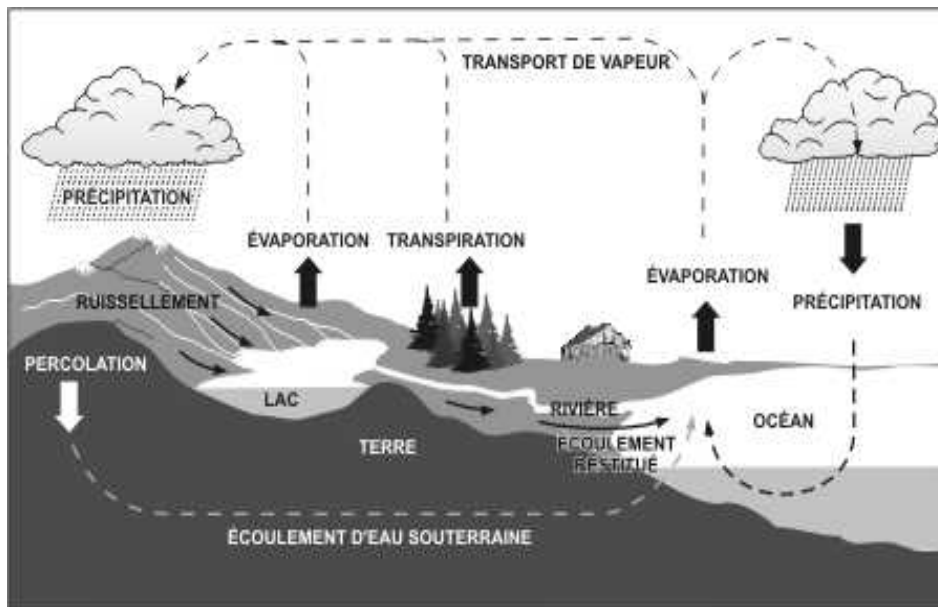


Figure 1: cycle de l'eau dans la nature(MATAIREA, 2010)

I.2. Leseaux de surface

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine les eaux de ruissellement ou les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau puis de rivière.

Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs, lacs) ou artificielles (retenues, barrages) (DESJARDINS, 2010).

I.2.1. Les eaux brutes : ce sont des eaux non traitées, qui contiennent de nombreuses substances d'origine naturelle, ou provenant de l'activité humaine (TARDAT HENRY, 1992). Il existe 3 catégories initiales d'eau brute destinée au traitement pour l'eau potable qui sont :

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

I.2.2. Les eaux potables : est une eau qui peut être consommée sans risque pour la santé, car elle n'est ni toxique, ni infestée de parasites, de bactéries ou virus pathogènes pour l'homme, ainsi l'eau doit être agréable au goût, dépourvue d'odeur désagréable, et limpide, on mesure plutôt les caractéristiques les plus appropriées et on les compare à des normes (DESJARDINS, 2010).

I.3. Différents usages de l'eau

L'homme a besoin d'eau et l'utilise pour ses nombreuses activités.

I.3.1. Les usages domestiques

Les usages domestiques concernent l'alimentation, les diverses activités de lavage, d'évacuation des déchets, l'hygiène personnelle, l'arrosage des jardins. En fonction du niveau de vie et de la proximité de la ressource, ils sont très variables dans le temps et dans l'espace (RAMANDE, 2002).

I.3.2. Les usages agricoles

A l'échelle de la planète, les usages agricoles représentent près de trois quarts des consommations d'eau. L'eau constitue en effet un facteur limitant de la production et de la qualité des espèces végétales (RAMANDE, 2002).

I.3.3. Les usages industriels

Les usages industriels représentent plus de 20% de la consommation mondiale d'eau (RAMANDE, 2002).

I.4. Pollution des eaux

Partout des hommes vivent dans d'assez grosses agglomération, on rencontre des volumes importants d'eau usées renfermant des substances qui rendent l'eau nocive, ou simplement impropre à l'utilisation ultérieure par l'homme (WIENER, 1995).

La pollution des eaux est définie comme toute modification physique ou chimique de la qualité des eaux, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités (LEYGUE *et al.*, 1970). Donc on dit que l'eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement modifié par l'action de l'homme (LEYGUE *et al.*, 1970).

Tableau I : principaux types de pollution des eaux, leur nature et leur cause

Type de pollution	Nature de pollution	Source ou agent causal
I. Physique		
Pollution thermique, pollution radioactive	Rejet d'eau chaude Radio-isotope	Centrales électriques Installation nucléaires
II. Chimique		
Pollution par les engrais	Nitrates Phosphates	Agriculture Lessives
Pollution par des éléments toxiques.	Cadmium, mercure, plomb, aluminium, arsenic, etc.	Industrie, agriculture, combustions (pluies acides)
Pollution par les pesticides	Insecticides, herbicides, etc.	Agriculture (industries)
Pollution par les détergents	Agents tensioactifs	Effluents domestiques
Pollution par les hydrocarbures	Pétrole brut et ses dérivés (carburant et autres produits)	Industrie pétrolière, transports.
Pollution par les composés organochlorés	PCB, insecticides, solvants chlorés	Industrie, agriculture
Pollution par les divers autres composés organiques de synthèse	très nombreuses molécules >120 000	Industries, usages dispersifs en particulier domestiques
III. Matières organiques fermentescibles	Glucides, lipides, protéides, acides nucléiques	Effluents domestiques, agricoles, industries du bois
IV. Pollution microbiologique	Bactéries, virus, champignons	Effluents urbains, élevage, secteur agroalimentaire

(RAMANDE, 1998)

I.5. Les maladies à transmission hydrique (MTH)

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent (**RODIER et al., 2005**).

Les maladies à transmissions hydriques constituent un groupe de maladies à allure épidémique, dont la symptomatologie est le plus souvent digestive (diarrhées, vomissements...) et dont la nature et la propagation sont liées à divers facteurs, comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté (**BOUZIANI, 2006**). Parmi ces maladies on peut citer : le choléra, la poliomyélite, la dysenterie, les diarrhées, l'ascaridiose, La bilharziose, les amibiases, la typhoïde, le paludisme, la fièvre jaune, la shigellose, l'onchocercose, la leptospirose, les giardiases, les gastro-entérites, les méningites et les hépatites A et B (**RAISSI, 2005**).

Tableau II : Principales maladies d'origines hydrique et leurs agents responsables.

Maladies	Agents
Origine bactérienne	
Fièvre typhoïdes et paratyphoïdes	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi A et B</i>
Dysenterie bacillaire	<i>Shigellacholerae</i>
Choléra	<i>Escherichia coli entérotoxinogène</i>
Gastro-entérites aiguës et diarrhées	<i>Campylobacter jejuni\coli</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Salmonella sp.</i> <i>Shigella sp.</i>

(**HASLAY et LECLERC, 1993**)

I.6. Traitement des eaux de surfaces

Les eaux de surface devraient subir des traitements physico-chimiques et bactériologiques qui les rendent potables, pour cela, il faut donc traiter les eaux de surface par des moyens appropriés qui sont très coûteux et demandent une main d'œuvre spécialisée (**KETTAB, 1992**).

En recourant au traitement des eaux, on vise une production d'une eau potable à partir d'une eau brute plus au moins polluée, pour se faire, on soumet cette eau brute à diverses étapes de traitement réalisé dans plusieurs unités de l'usine de traitement des eaux (**DESJARDINS, 2010**)

Selon l'organisation mondiale de la santé (**OMS, 1986**), l'eau potable peut être définie comme une eau ne renfermant, en quantité dangereuse, ni substances chimiques ni germes nocifs pour la santé.

Selon **POTELON et ZYSMAN, 1998**, L'eau potable est une eau qui « *peut être bue sans danger pour la santé* ».

I.6.1. Présentation de la station de traitement de BOUDOUAOU

La station de traitement fait partie du système Isser-Keddara, elle traite les eaux des barrages Béni-Amrane, Keddara et Hamiz pour alimenter Alger en eau potable.

Elle constitue un ouvrage essentiel dans la chaîne de production d'eau à partir des eaux de surface, avec une capacité de production maximale de 540 000 m³/J (**BOUZETINE, 2012**).



Figure 2 : station de traitement BOUDOUAOU(photo originale, 2015)

I.6.2. Localisation de la station

L'usine de traitement se situe à environ 7 km du barrage Keddara, entre la ville de Boudouaou et d'Ouled Moussa.

La station de traitement des eaux de Boudouaou est située à 8Km au sud de Boumerdes et 40Km à l'est d'Alger, elle occupe une superficie de 17 hectares, elle a été dimensionnée pour traiter un débit maximale d'eau de barrage de Keddara. Cette station est prévue pour l'alimentation en eau potable du grand Alger (**BELKADI et IKHENOUSSENE, 2008**).

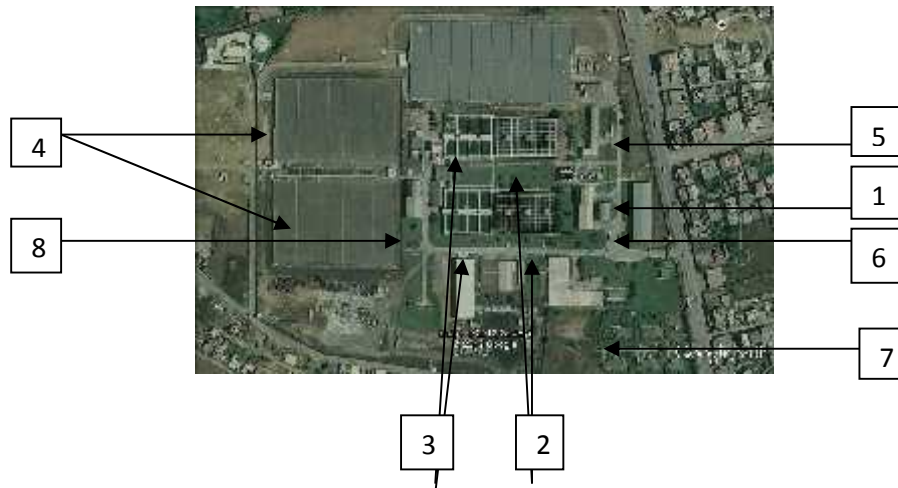


Figure 3 : vue aérienne de la station de BOUDOUAOU (Google earth, 2015)

1. Ouvrage d'arriver d'eau brute.
2. Décanteurs (06) de type PULSATOR lamellaire à lit de boues.
3. Filtres (16) type AQUAZUR(V).
4. réservoirs d'eau (02) capacité $2 \times 50\,000\text{ m}^3$.
5. Bâtiment chlore.
6. Bâtiment de produits chimiques.
7. Bâtiment d'exploitation.
8. Bâtiment chaux.

I.6.3. Historique de la station

Avant les année 1987, l'alimentation en eau potable du grand-Alger était assurée par les champs de captage du Mazafran, de Beraki et du Hamiz.

La quantité des eaux souterraines n'arrivaient plus à couvrir les besoins toujours grandissants des consommateurs. Pour combler le déficit en eau potable de la région algéroise, un nouveau système d'approvisionnement a été mis en service à partir de 1987 appelé SPIK (système de production ISSER-KEDDARA) et qui a pour objet de retenir des eaux des oueds ISSER, KEDDARA, et HAMIZ, de les traiter puis les transporter jusqu'aux différents quartiers d'Alger (**BOUZETINE, 2012**).

Les travaux de réalisation de ce système ont été entamés en Janvier 1983 (**MEDJAHED et TOUBAL, 2013**).

I.6.4. L'origine de l'eau brute au niveau de la station

Le barrage KEDDARA est l'origine de l'eau brute qui arrivégavitaires à la station de BOUDOUAOU, il est situé dans la wilaya de BOUMERDES (ANBT, 1987).

Le barrage de KEDDARA, dont la capacité de stockage est de 145 millions de mètres cubes, reçoit les eaux de l'oued KEDDARA, du barrage de Beni Amrane, qui a une capacité de stockage de 16 millions de mètres cubes, et du trop-plein du barrage Hamiz. Le transfert de l'eau du barrage de Beni Amrane vers le barrage de KADAARA est assuré par une station de pompage dont la capacité de refoulement est de $7\text{m}^3/\text{s}$ (ANBT, 1987).



Figure 4 : barrage de KEDDARA

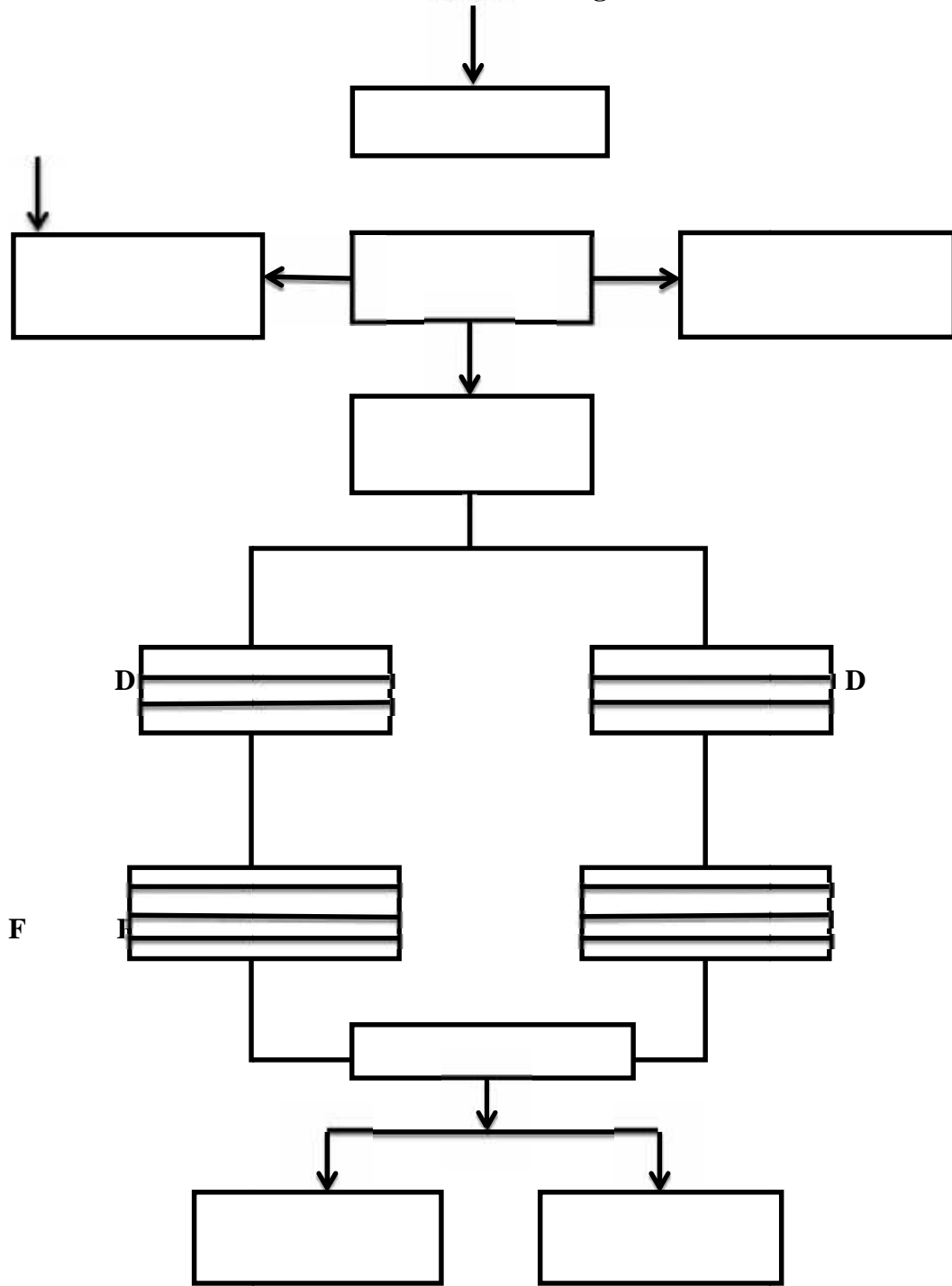
A: Google earth, 2015

B: photo originale, 2015

I.6.5. Schéma de la station

Le schéma suivant illustre l'ensemble des installations de l'unité de BOUDOUAOU

L'arrivée de l'eau brute de barrage KEDDARA



Distribution vers les consommateurs

D : Décanteurs

F : Filtre

I.6.6. Les étapes de traitement et équipements utilisés

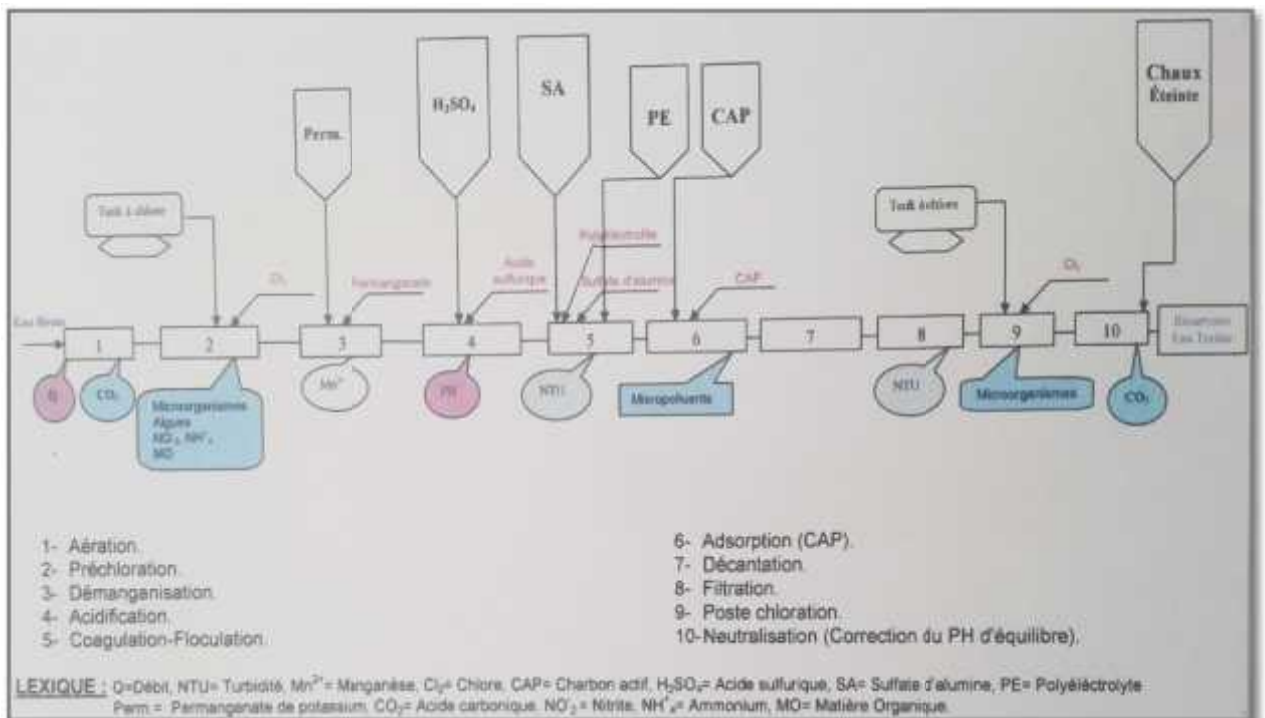
I.6.6.1. Les étapes de traitements à l'usine de BOUDOUAOU

La station de BOUDOUAOU par son processus de traitement approprié élimine tous les éléments indésirables contenus dans l'eau brute.

Cela se matérialise par l'injection de produits chimiques dans l'eau suivant l'ordre de différentes phases de traitements qui sont :

L'eau brute → Aération → Pré-chloration → Coagulation/floculation → Décantation → Filtration → Désinfection → Neutralisation → L'eau traité (voir schéma).

Schéma synoptique de la chaîne de traitement



(BOUZETINE, 2012)

I.6.6.2. Les équipements de traitement à l'usine de BOUDOUAOU

➤ Les obturateurs

Ayant la forme d'un disque d'une vanne de régulation de débit, ces équipements permettent d'avoir une bonne aération de l'eau en amont de l'unité et ce en la dispersant sous forme de jets (MEDJAHED et TOUBAL, 2013).



Figure 5 : obturateur à disque(photo originale, 2015)

➤ Pulsateur lamellaire

C'est un décanteur à lit de boues constituées par une cuve à fond plat muni à sa base d'une série de tuyaux perforés permettant d'introduire l'eau brute uniformément sur toute la surface du décanteur. A la partie supérieure est disposé un réseau de goulottes de reprise d'eau décantée sur la surface (MEDJAHED et TOUBAL, 2013).



Figure 6 : décanteur lamellaire pulsateur(photo originale, 2015)

Ce décanteur est équipé d'une cloche qui située au-dessous du plan d'eau et munie d'un ventilateur fonctionnant en pompe à vide qui permet d'introduire d'eau brute flocculée par pulsation à travers des ramifications inférieures (BOUZETINE, 2012).

Les modules lamellaires inclinés de ce décanteur empêche le passage de lumière et par conséquent évite la photosynthèse des algues (MEDJAHED et TOUBAL, 2013).



Figure 7 : les modules lamellaires du décanteur(photo originale, 2015)

La décantation s'effectue en deux temps :

- Le temps d'aspiration d'air contenu dans la cloche par la pompe à vide ou le lit de boue se trace et les flacons se resserrent.
- Le temps de chasse ou le lit de boues subit une expansion puis une évacuation vers les pompes d'extraction de boues(**MEDJAHED et TOUBAL, 2013**).

➤ **Filtres Aquazur « V »**

C'est un filtre à sable ouvert à courant descendant.

Le filtre aquazur V est essentiellement caractérisé par :

- Un lit filtrant de granulométrie homogène et qui reste homogène après lavage.
- Un lavage par retour simultané d'air et d'eau accompagné d'un balayage de surface, suivi d'un rinçage au même débit.
- Une grande hauteur d'eau au-dessus du lit filtrant (**BOUZETINE, 2012**).



Figure 8 : filtre Aquazur(photo originale, 2015)

A un degré d'encrassement déterminé, il est nécessaire de procéder au lavage du filtre qui s'effectue en trois étapes successives :

- L'abaissement du plan d'eau au niveau du déversoir.
- Soufflage par retour d'eau et d'air avec courant de balayage.

- Rinçage par retour d'eau avec courant de balayage jusqu'au moment où l'eau évacuée soit propre (MEDJAHED et TOUBAL, 2013).



Figure 9 : lavage de filtre(photo originale, 2015)

➤ Réservoirs

C'est des réservoirs semi-enterrés ; de 7m de profondeur de 10.000m² de superficie ; avec capacité de 50.000 m³ (chaque réservoir) (BOUZETINE, 2012).

I.6.6.3. Produits chimiques utilisés à l'usine de BOUDOUAOU

Les produits chimiques utilisés sont :

Tableau III : produits chimiques utilisés à l'usine de BOUDOUAOU

Les produits chimiques	
<i>Hypochlorite de Sodium , hypochlorite de Calcium et de chlore gazeux</i>	Le Chlore et Hypochlorite du Sodium et du Calcium leur rôle est la chloration et la désinfection de l'eau
<i>Sulfate d'Alumine</i>	Il est généralement sous forme liquide dans des bacs
<i>Permanganate de potassium KMNO₄</i>	On l'injecte sauf si on a une présence du Manganèse dans l'eau
<i>Charbon actif</i>	On l'injecte quand on a apparition du goût ou bien de couleur ; et il est sous forme de poudre
<i>Poly-électrolyte</i>	Il joue le rôle d'un flocculant
<i>Acide Sulfurique et la Chaux</i>	Ces deux produits sont dépendants c'est-à-dire quand il se fait l'ajout l'acide sulfurique à l'entrée il sera obligé d'injecter la chaux à la sortie (à la fin du traitement)(Neutralisation)

(BOUZETINE, 2012)

I.6.7. Suivi de la qualité de l'eau au laboratoire

Le laboratoire de la station a pour rôle le contrôle de la qualité de l'eau potable produite par cette dernière. Ce contrôle consiste à analyser l'eau brute, décantée, l'eau filtrée et l'eau traitée.

❖ Analyses physico-chimiques

Ces analyses sont effectuées pour déterminer les paramètres indicateurs de la pollution de l'eau tels que :

- Les paramètres organoleptiques : couleur odeur et goût.
- Les paramètres physiques : la température, pH, conductivité et turbidité.
- Les paramètres chimiques : le chlore résiduel, l'azote ammoniacal, les nitrites, les phosphates, DBO₅, DCO....etc.



Figure 10 : le laboratoire d'analyse physico-chimiques(photo originale, 2015)

❖ Analyses bactériologiques

Elle ont pour objectif :

- La dénombrement des germes totaux.
- La recherche et dénombrement des coliformes totaux.
- La recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.



Figure 11 : le laboratoire d'analyse bactériologique(photo originale, 2015)

Chapitre II

Matériels et Méthodes

II. Matériels et méthodes

II.1. Matériels

II.1.1. Le matériel non biologique

Le matériel non biologique (appareillages, solutions et milieux de cultures) est mentionné en annexe.

II.1.2. Le matériel biologique

Le matériel biologique sur lequel nous avons effectué notre analyse est l'eau brute et l'eau traitée. Ces dernières ont été prélevées au niveau du centre de traitement de BOUDOUAOU (Cité du 20 Aout, Route de Ouled-Moussa Wilaya BOUMERDES).

II.2. Méthodes

II.2.1. Objectif

L'objectif de notre travail consiste à évaluer la qualité de l'eau du barrage KADDARA (W.BOUMERDES) avant et après traitement par la station de traitement de BOUDOUAOU, en réalisant des analyses physico-chimiques et bactériologiques, par la suite confirmer l'efficacité du traitement.

Ces analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'unité SEAAL (Société des Eaux et de Assainissement d'Alger), pendant une durée estimée de trois mois.

II.2.2. Échantillonnage

Tous les échantillons ont été prélevés à partir de robinet (voir photo)



A= Eau brute, B= Eau traitée

Figure 12 : lieu de prélèvement centre BOUDOUAOU(photo originale, 2015)

II.2.3. Transport des échantillons

Les analyses bactériologiques doivent être commencées moins de 6 heures après le prélèvement. Si le transport dépasse 6 heures, ainsi si la température extérieure est supérieure à 10°C ; le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C. Enfin, les prélèvements sont placés aux froids dès leurs arrivés au laboratoire avant de commencer les analyses (NA 762, 1990)

II.2.4. Analyses physico-chimiques

II.2.4.1. 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.

II.2.4.2. Mesure de pH (Norme ISO 10523)

La mesure du pH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre.

L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé.

L'électrode a été d'abord étalonnée dans une solution tampon de pH égale à 7 et à 4 puis introduit dans l'eau à analyser.

II.2.4.3. Mesure de la conductivité électrique (Norme ISO 7888)

On utilise une verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée.

- On ajuste l'appareil à zéro.
- On ajuste la température de l'eau sur l'appareil.
- On rince plusieurs fois l'électrode de platine d'abord avec l'eau distillée puis on le plonge dans le récipient contenant de l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.
- On rince abondamment l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure.

Le résultat est exprimé directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C.

II.2.4.4. Mesure de la turbidité (Norme ISO 7027)

La mesure de la turbidité est réalisée dans la mesure du possible dès réception des échantillons. Dans le cas contraire, ces derniers doivent être conservés à 4°C \pm 2°C. La mesure se fait à l'aide d'un turbidimètre **Hach 2100 N**.

❖ Mode opératoire

La mesure de la turbidité s'effectue de la manière suivante :

- Remplir la cuve sans faire de bulles, visser le bouchon et sécher la cuve.
- Insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère.
- Fermer le capot de l'appareil ;
- Attendre l'affichage automatique d'une valeur. Si la valeur n'apparaît pas au bout de quelques secondes, appuyer sur (**ENTER**) et lire la valeur affichée.
- Retirer la cuve de mesure, la vider et la rincer.

❖ Expression des résultats

La valeur de la turbidité est donnée directement par l'appareil de turbidimètre en NTU.

II.2.4.5. Test de Chlore libre (Méthode interne SEAAL)**❖ Mode opératoire**

- Laisser l'eau au point de prélèvement couler 2 à 3 minutes pour obtenir un échantillon représentatif
- Rincer soigneusement le tube avec l'eau à analyser. Le remplir jusqu'au repère 10ml, le fermer au moyen du bouchon et l'essuyer avec du papier.
- Allumer le photomètre en mode CLP pour les taux de 0.01 à 2 ppm ou en mode CLT pour les taux > 6 ppm. Faire un étalonnage du zéro puis retirer celui-ci.
- Rincer soigneusement un autre tube avec l'eau à analyser et le remplir jusqu'au trait inférieur avec l'eau à tester.
- Ajouter directement, sans le toucher, un comprimé DPD N°.1.
- Ecraser le comprimé avec un stick propre.
- Parfaire le niveau jusqu'au repère 10ml, fermer avec le couvercle et agiter pour bien mélanger :
 - agiter le tube à l'essai pour s'assurer de la dissolution totale du DPD, en évitant les bulles d'air.
 - tapoter doucement les parois du tube à l'essai en présence de bulles d'air.
- Placer immédiatement cette éprouvette dans le photomètre
- Lire le résultat directement
- Reporter le résultat sur un carnet ou un formulaire adapté à chaque structure.
- Jeter immédiatement l'échantillon, rincer la cuve pour éviter que le verre conserve les traces de couleur.
- Ranger le comparateur ou le photomètre ainsi que les tubes une fois que l'analyse est terminée.

II.2.4.6. Détermination de la demande chimique en oxygène (Norme ISO 6060)

❖ *Mode opératoire*

Transférer 10 ml de l'échantillon dans le tube de l'appareil à reflux. Ajouter 5 ml de la solution de dichromate de potassium, puis lentement et avec précaution, 15 ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent en agitant soigneusement le contenu. Relier le réfrigérant aux tubes de l'appareil à reflux pendant 2h, tout en vérifiant que l'ébullition du mélange réactionnel se fasse doucement, sans soubresauts.

A noter qu'en parallèle, effectuer les deux essais suivants :

- Essai à blanc, avec ébullition : Effectuer le même protocole, mais en remplaçant l'échantillon de 10 ml par de l'eau distillée.
- Essai témoin : Pour chaque série d'essais, vérifier la technique, de même que la pureté des réactifs par analyse de 10 ml de la solution étalon de référence (hydrogénéphthalate de potassium). Sachant que la DCO théorique de cette solution est de 500 mg/l, le protocole est satisfaisant si au moins 96% de cette valeur est obtenu.

❖ *Expression des résultats*

La DCO se calcule (en mg/L) de la manière suivante :

$$\text{DCO} = (8000 \times C \times (V_2 - V_1)) / V_0$$

C : Concentration de sulfate de fer II et d'ammonium exprimé en mol/l (environ 0,12 mol/l)

V₀ : Volume en millilitres de la prise d'essai, avant dilution éventuelle

V₂ : Volume en millilitres de la solution de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour l'essai à blanc

V₁ : Volume en millilitres de la solution de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour la détermination de l'échantillon.

8000 : ½ masse molaire de l'oxygène par litre

Les résultats sont donnés au milligramme d'oxygène le plus proche.

II.2.4.7. Détermination de la Demande biochimique en oxygène après 5 jours (dilution par le robot SP50 SKALAR) (Norme ISO 5815-1)

❖ *Mode opératoire*

L'analyse se fait selon les étapes suivantes :

1. Laver soigneusement la verrerie à utiliser et préparer les échantillons à analyser.
2. Etalonner les appareils qui nécessitent un étalonnage.
3. Préparer les réactifs à utiliser.
4. Préparer l'eau de dilution puis l'ensemencer.

5. Choisir les dilutions adéquates (selon la valeur de la DCO) et effectuer les prises d'essai.
6. Démarrer le logiciel associé au SP50 et programmer les paramètres de l'analyse par le robot.
7. Allumer l'appareil SP50 ainsi que l'oxymètre et lancer l'analyse à partir du logiciel.
8. Boucher les flacons et les mettre dans un incubateur.
9. Retirer les flacons de l'incubateur après 5 jours et les préparer pour une deuxième lecture.
10. Arrêter l'analyse, éteindre les appareils qui lui sont associés et reporter les résultats obtenus

II.2.4.8. Détermination de Nitrites et Nitrates par analyse par flux continu et détection spectrométrique (Norme ISO 13395)

❖ Principe

L'analyse avec flux continu (CFA), est continuellement mélangé à la solution tampon, le nitrate contenu dans l'échantillon est réduit en nitrite par du cadmium métallique, ensuite, une solution de réactif d'acide phosphorique à écoulement également continu est introduite. Le nitrite initialement présent et le nitrite résultant de la réduction du nitrate produisent une réaction de diazotation du sulfanilamide, en milieu acide, en sel de diazonium, qui est ensuite transformé en un colorant rouge par couplage avec le dichlorure de N-(naphtyl)éthylénediamine

Le Nitrite est déterminé sans l'utilisation de la réduction au cadmium.

Le Nitrate est déterminé avec l'utilisation de la réduction au cadmium, par la différence Nitrite/Nitrate.

❖ Expression des Résultats

Les résultats pour les $N\text{-NO}_2^-$ sont calculés à partir des valeurs affichées dans le logiciel. Ils sont exprimés au mg/l près .

Les résultats pour les $N\text{-NO}_3^-$ sont exprimés à deux chiffres significatifs au plus pour des concentrations inférieures à 10 mg/l en nitrates, et au mg/l près pour des concentrations supérieures ou égales à 10mg/l.

II.2.4.9. Détermination des Sulfates par analyse en flux continu (Norme ISO 22743)

❖ Principe

L'ion sulfate réagit dans une solution acide avec du chlorure de baryum pour former du sulfate de baryum. L'excès de chlorure de baryum réagit avec le bleu de méthylthymol dans une solution alcaline pour former un complexe chélaté de baryum– bleu de méthylthymol. L'absorbance du bleu de méthylthymol libre non chélate est mesurée à $460 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ dans le circuit au moyen d'un détecteur. Les autres métaux, comme le calcium, le magnésium, le fer et l'aluminium, sont

éliminés au moyen d'une colonne échangeuse d'ions avant les réactions avec le baryum.

❖ *Expression des résultats*

Le logiciel indique des résultats en mg/l en sulfates.

II.2.4.10. Détermination des Ortho-phosphates (Norme ISO 6878)

❖ *Mode opératoire*

L'étalonnage du spectrophotomètre est réalisé à l'aide de solutions étalons.

Pour les ortho-phosphates, le domaine de mesure est de 0.04 mg/l à 1.5mg/l

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajoute 1 ml acide ascorbique.
- Ajoute 2 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 min le développement de la couleur bleue.
- Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.

❖ *Expression des résultats*

Le résultat est donné directement en mg/l

II.2.4.11. Détermination du Calcium et magnésium par la méthode titrimétrique à l'EDTA (Norme ISO 6059 NA 752)

❖ *Principe*

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène-diamine tétraacétique $C_{10}H_{14}N_2O_2Na_2 \cdot 2H_2O$ (EDTA) à pH 10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

❖ *Mode opératoire*

(V₁) Ca²⁺ : - Prendre 50 ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N
 - Ajouter du Murexide.
 - Et titrer avec l'EDTA jusqu'au virage (violet).

(V₂) Ca²⁺ Mg²⁺ : - Prendre 50 ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 2 ml de NH₄OH (10.1)
 - Ajouter noir eriochrome.
 - Et titrer avec l'EDTA jusqu'au virage (bleu).

❖ *Expression des résultats*

La détermination du mg/l de Calcium est donnée par la formule suivante :

$$[Ca^{+2}] \text{ (mg/l)} = \frac{V_1 \times C_{EDTA} \times F \times M_{Ca^{2+}}}{P.E} \times 1000$$

D'où :

V₁: Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA (0.01 M/l)

M_{Ca²⁺} : Masse molaire du calcium en g

E.P : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F : Facteur

$$[\text{Ca}^{+2}] \text{ (mg/l)} = \frac{V_1 \times 0.01 \times F \times 40.08}{50} \times 1000$$

Donc : $[\text{Ca}^{+2}] \text{ (mg/l)} = V_1 \times F \times 8.016$

La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante :

$$[\text{Mg}^{+2}] \text{ (mg/l)} = \frac{(V_2 - V_1) \times C_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{mg}}^{2+}}{\text{P.E}} \times 1000$$

D'où : **V₁**: Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

V₂: Volume total d'EDTA.

C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA (0.01 M/l)

M_{Mg²⁺} : Masse molaire du magnésium en g (24.3)

E.P : Prise d'essai (volume de l'échantillon égale 50ml).

F : Facteur

Donc : $[\text{Mg}^{+2}] \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times F \times 4.86$

II.2.4.13. Détermination des Chlorures : méthode de Mohr (Norme ISO NF 9297)

L'échantillon à analyser doit être prélevé dans des bouteilles en verre ou en polyéthylène et ne pas dépasser 15 jours pour le dosage.

❖ *Mode opératoire*

- Introduire, au moyen d'une fiole, 100 ml de l'échantillon (volume Va), dans un bécher conique, placé sur un fond blanc.
- Si la teneur en chlorures est élevée (plus de 200 mg/l), l'opérateur réalisera au préalable une dilution.
- Si le pH de l'échantillon n'est pas compris entre 5 et 9.5, il faut ajuster le pH en utilisant soit la solution d'acide nitrique, soit la solution d'hydroxyde de sodium, soit la solution de carbonate de calcium ou d'hydrogénocarbonate de sodium, et noter le volume de réactif requis.
- S'il y'a des ions ammonium dans l'échantillon, à des concentrations supérieures à 10 mg/l, il faut ajuster le pH entre 6.5 et 7 et noter le volume de réactif requis.

- Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre. Noter le volume V_S de nitrate d'argent versé.
- Essai à blanc :

Titrer une solution à blanc en utilisant 100 ml d'eau distillée à la place de l'échantillon, noter le volume de nitrate d'argent versé V_B . Ce volume V_B ne doit pas dépasser 0.2 ml, dans le cas contraire vérifier la pureté de l'eau (conductivité, pH...)

❖ *Expression des résultats*

La concentration en chlorure, exprimée en mg/l, est donnée par la formule suivante : $[Cl] \text{ mg/l} = (V_S - V_B) \times C \times F / V_a$

Avec :

- V_S : le volume en millilitres de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon
- V_B : le volume en millilitres de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage du blanc.
- V_a : le volume en millilitres, de l'échantillon pour essai.
- C : la concentration réelle exprimée en mole par litre, de la solution de nitrate d'argent, éventuellement corrigée du coefficient correcteur.
- F : masse molaire du Cl $\times 1000$.

II.2.4.13. Dosage de l'Ammonium par spectrophotométrie moléculaire (Norme ISO 7150/1)

❖ *Mode opératoire*

- Préparer le matériels ainsi que les réactifs à utiliser durant la manipulation
- Préparer la gamma d'étalonnage et la faire passer dans un spectromètre UV-Visible
- En parallèle au échantillons, préparer le QC

la préparation de la solution du QC se fait à partir de la solution fille et doit être utilisée le jour même. La concentration du contrôle qualité est 0.5 mg/L. les valeurs d'acceptation sont mentionnées sur la carte de contrôle du paramètre.

- Prélèvement et analyse

Prélèvement :

Les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre ou polyéthylène, l'analyse se fait après le prélèvement dans un délai n'excédant pas les 24 heures.

Analyse :

Prélever 40 ml de l'échantillon à analyser puis ajouter successivement :

- 4ml de réactif coloré ;
- 4ml de réactif de dichloro-isocyanurate de sodium.

Compléter à 50ml. Attendre le développement de la couleur après au moins 60mn et effectuer la lecture au spectromètre à 655 nm.

➤ Expression des résultats

La concentration est donnée directement en mg/L d'ammonium, avec deux décimales.

II.2.4.14. Dosage de l'Aluminium par spectrophotométrie (Méthode interne SEAAL)

❖ *Mode opératoire*

- Verser 25 ml d'échantillon à analyser dans une fiole de 50 ml
- Ajouter à chaque les réactifs dans l'ordre suivant :
 - 0.5 ml de thiosulfate de sodium 0.028 N et agiter
 - 1 ml d'acide ascorbique concentration 10g/l
 - 1 ml d'acide sulfurique 0.04 N
 - 10 ml de la solution tampon pH 6.2
 - 5 ml de la solution fille d'eriochromecyanine.
- Compléter chaque fiole à 50 ml avec de l'eau distillée, et homogénéiser.
- Laisser reposer 10 min avant mesure au spectromètre à la longueur d'onde de 535 nm :
 - Allumer l'appareil.
 - Appuyer sur « programme utilisé ».
 - Introduire le numéro du programme Al³⁺.
 - Insérer la cuve avec le blanc (eau distillée), et appuyer sur « zéro ».
 - Remplir la cuve avec l'échantillon à analyser et appuyer sur « lire ».
 - La concentration en Al³⁺ est affichée sur l'écran en mg/l.

❖ *Expression des résultats*

La concentration en ions aluminium est exprimée en milligramme par litre.

II.2.5. 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. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative. (LEYRAL et al., 2002)

Il faut signalé qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

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

- ❖ Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables ;
- ❖ Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux ;
- ❖ Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux ;
- ❖ Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs* ;
- ❖ Recherche et dénombrement des Staphylocoques ;
- ❖ Recherche et dénombrement des Salmonelles.

II.2.5.1. Recherche et dénombrement des germes totaux (Norme ISO 6222 NA 763)

L'objet de ce mode opératoire est de décrire la méthode de Recherche et de dénombrement des microorganismes revivifiables à 37 °C par inoculation dans ou sur un milieu de culture gélosé selon la norme ISO 6222 NA 763.

❖ *Principe*

Ensemencement, par inoculation d'un volume mesuré de l'échantillon, ou de ses dilutions quand est chargé, dans un milieu de culture spécifié coulé dans des boîtes de Pétri. Incubation d'un jeu de boîte à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 h

L'ensemencement est effectué de la manière suivante :

- Prendre deux boîtes de Pétri vides, les numéroter,
- Porter aseptiquement 1 ml de l'échantillon à analyser ou de ses dilutions décimales sur chacune des deux boîtes de Pétri.
- Ajouter 15 à 20 ml de milieu fondu et refroidi.
- Mélanger avec précaution par rotation lente.
- Laisser solidifier.
- Retourner les boîtes et incuber : une à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 h (1^{ère} lecture), et l'autre à 22 ± 2 °C pendant 68 ± 4 h (2^{ème} lecture).

Le temps entre l'addition de milieu fondu et l'addition de la prise d'essai (ou ses dilutions) ne doit pas excéder 15 minutes (voir figure 13).

❖ *Dénombrement*

Retirer les boîtes des étuves et compter les colonies présentes dans chaque boîte. Calculer le nombre estimé d'unités formant colonies (petites boules blanchâtres). Les résultats sont exprimés sous forme du nombre d'unités formant les colonies par millilitre (UFC / ml).

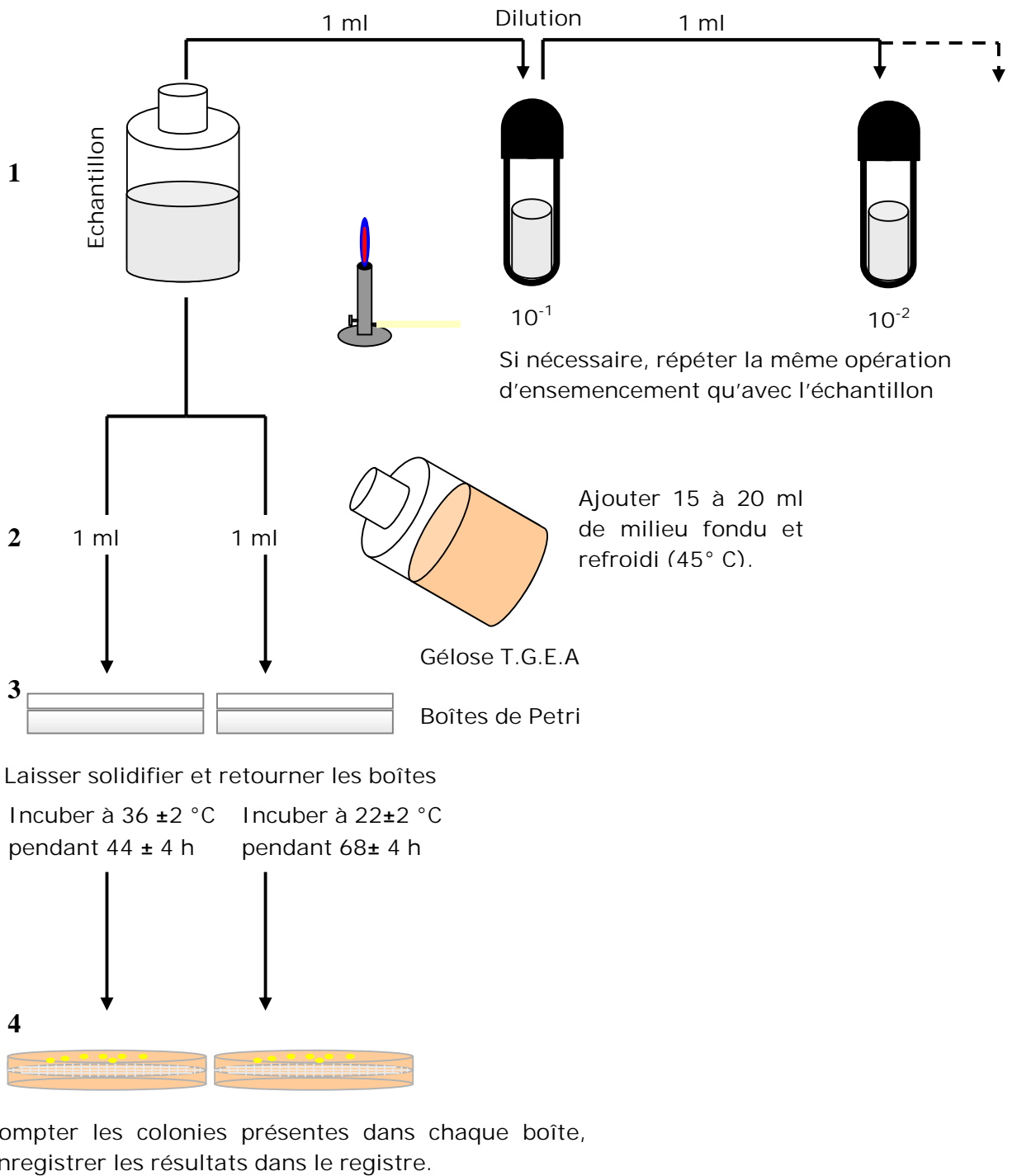


Figure 13: recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C .

II.2.5.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (Norme ISO 9308-1)

L'objet de ce mode opératoire est de décrire la méthode de recherche et de dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes (coliformes totaux) par filtration sur membrane selon la norme ISO 9308-1

❖ *Principe*

- Filtration de 100 ml de l'échantillon à travers une membrane filtrante d'une porosité de 0,45 µm.
- Pose de cette membrane sur un milieu sélectif : la gélose lactosée au tergitol et au T.T.C.
- Incubation à 36 ± 2 °C pendant 21 ± 3 h.
- Après incubation, 5 à 10 colonies caractéristiques jaunes lactose positive (présentant une coloration jaune sous la membrane) seront prélevées pour confirmation.
- Pour les bactéries coliformes, la confirmation est basée sur la recherche de l'enzyme oxydase :
Repiquage sur gélose T.S.A., incubation à 36 ± 2 °C pendant 21 ± 2 h, puis test à l'oxydase.
- Pour les *E. coli*, la confirmation est basée sur la production d'indole et sa mise en évidence :
Repiquage sur bouillon au Tryptophane, incubation à 44 ± 0.5 °C pendant 21 ± 3 h, mise en évidence de la production d'indole en ajoutant quelques gouttes du réactif de Kovacs (apparition d'un anneau rouge brique à la surface) (voir figure 14).

❖ *Expression des résultats*

Calcul de la valeur **a** du nombre de bactéries coliformes ou des *Escherichia coli* : le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante :

$$\mathbf{a = (b/A)c}$$

b : nombre de colonies répondant positivement aux critères du test de confirmation.

A : nombre de colonies repiquées (cinq à dix colonies).

c : nombre total de colonies caractéristiques (jaunes) trouvées dans la boîte.

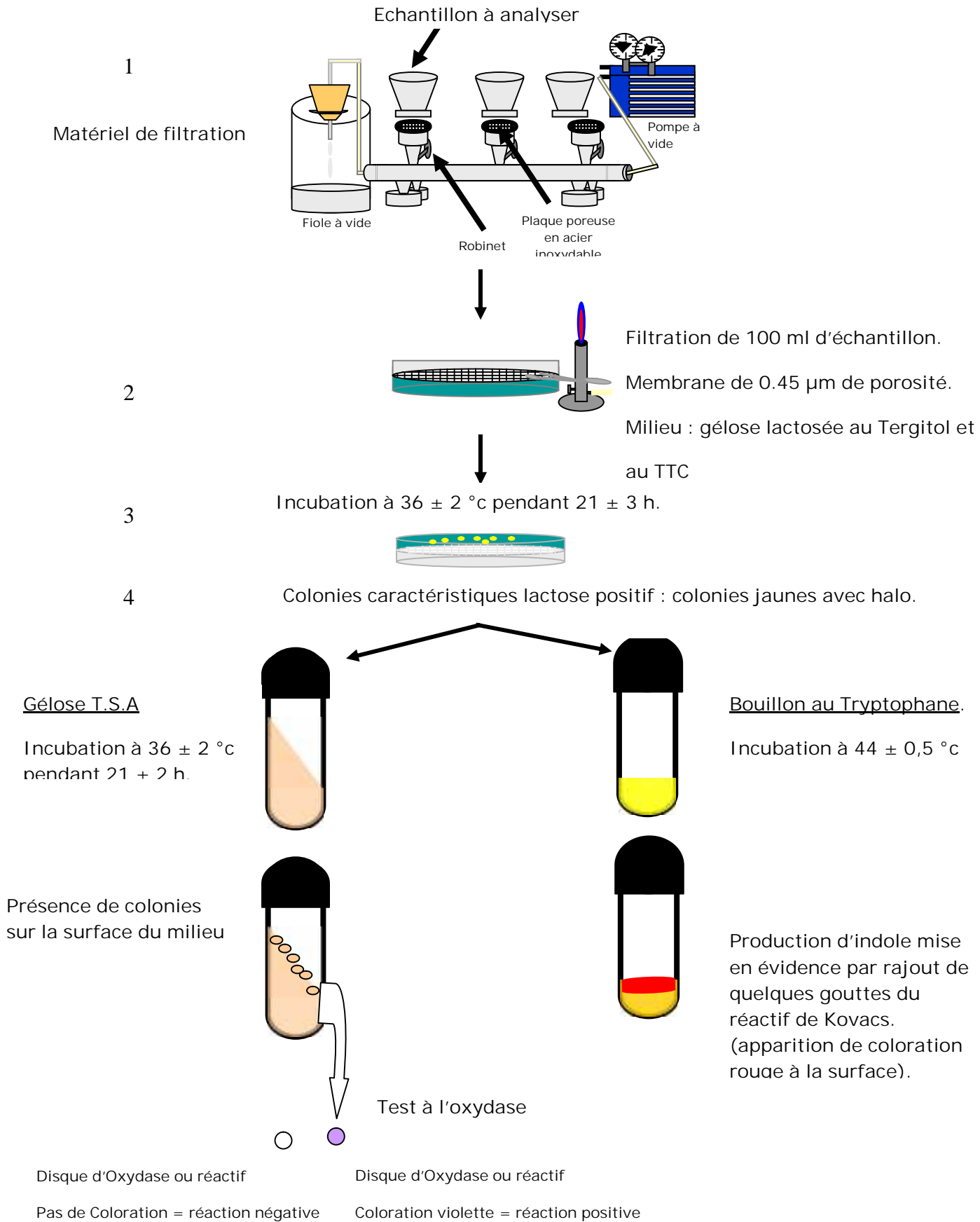


Figure 14 : recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes (coliformes totaux) par filtration sur membrane.

II.2.5.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (Norme ISO 7899-2 NA 766)

❖ *Principe*

Le dénombrement des entérocoques est fondé sur la filtration de l'échantillon à analyser à travers une membrane filtrante ayant une porosité de 0,45 µm suffisante pour retenir les bactéries.

Le filtre est placé sur un milieu sélectif solide contenant de l'azoture de sodium pour supprimer la croissance des bactéries gram-négatif et du chlorure de 2, 3,5-triphenyl-tetrazolium, qui est réduit en formazan rouge par les entérocoques intestinaux.

Les colonies typiques sont bombées, de couleur rouge, marron ou rose, soit au centre ou sur l'ensemble de la colonie.

Pour confirmation de la présence d'entérocoques, le filtre est ensuite transféré sur la gélose contenant de la bile et de l'esculine (B.E.A), qui est hydrolysé par les entérocoques, donnant une coloration noire en se combinant à des sels de fer (voir figure 15).

❖ *Dénombrement*

Après incubation, les entérocoques intestinaux typiques donnent des colonies bombées de taille moyenne, rose ou rouge.

❖ *Expression des résultats*

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

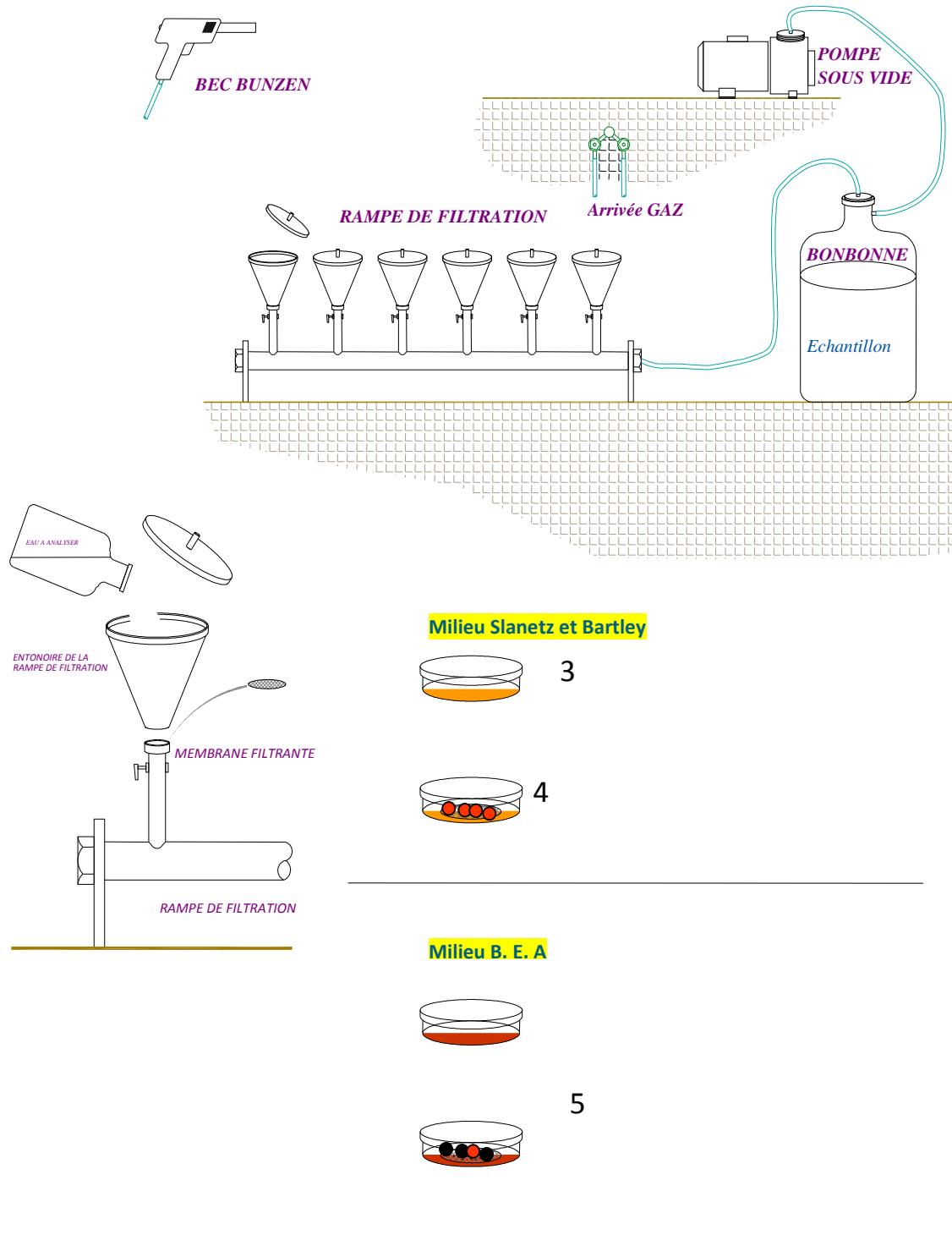


Figure 15 :recherche et dénombrement des Entérocoques dans l'eau par filtration sur membrane.

II.2.5.4. Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs* (Norme NF T90-417)

L'objet de ce mode opératoire est de décrire une méthode de recherche et de dénombrement des spores de bactéries anaérobies *sulfito-réductrices* par méthode de filtration sur membrane selon la norme NF T90-417.

❖ *Principe*

- Rétention des spores de bactéries sur le filtre de porosité 0,22 μm le laboratoire utilisé les filtres 0,45 μm dans le cas du non disponibilité du 0,22 μm . après destruction des formes végétatives par chauffage de l'échantillon à $75 \pm 5^\circ\text{C}$ (bain-marie) pendant 15min ;
- Incubation de la membrane sur milieu gélose Viande-Foie (ou milieu gélose Tryptose sulfite) additionné d'une ampoule de sulfite de sodium et une ampoule d'alun de fer pendant $22 \pm 2\text{h}$ et $44 \pm 4\text{h}$ à 37°C ;
- Dénombrement des colonies noires. Cette coloration est due à la réduction des sulfites en sulfures par action des bactéries, ces sulfures réagissent avec le fer et donnent la couleur noire (voir figure 16).

❖ *Dénombrement*

Une première lecture (dénombrement des colonies) après $22 \pm 2\text{h}$ d'incubation doit être impérativement faite, pour éviter un développement trop important de bactéries.

En effet, en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme de la membrane, rendant le dénombrement impossible en 48h.

Toute colonie noire entourée d'un halo noir est considérée comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie *sulfito-réductrice*.

Le résultat est exprimé en nombre de spores de germes anaérobies *sulfito-réducteurs* dans 100 ml d'eau.

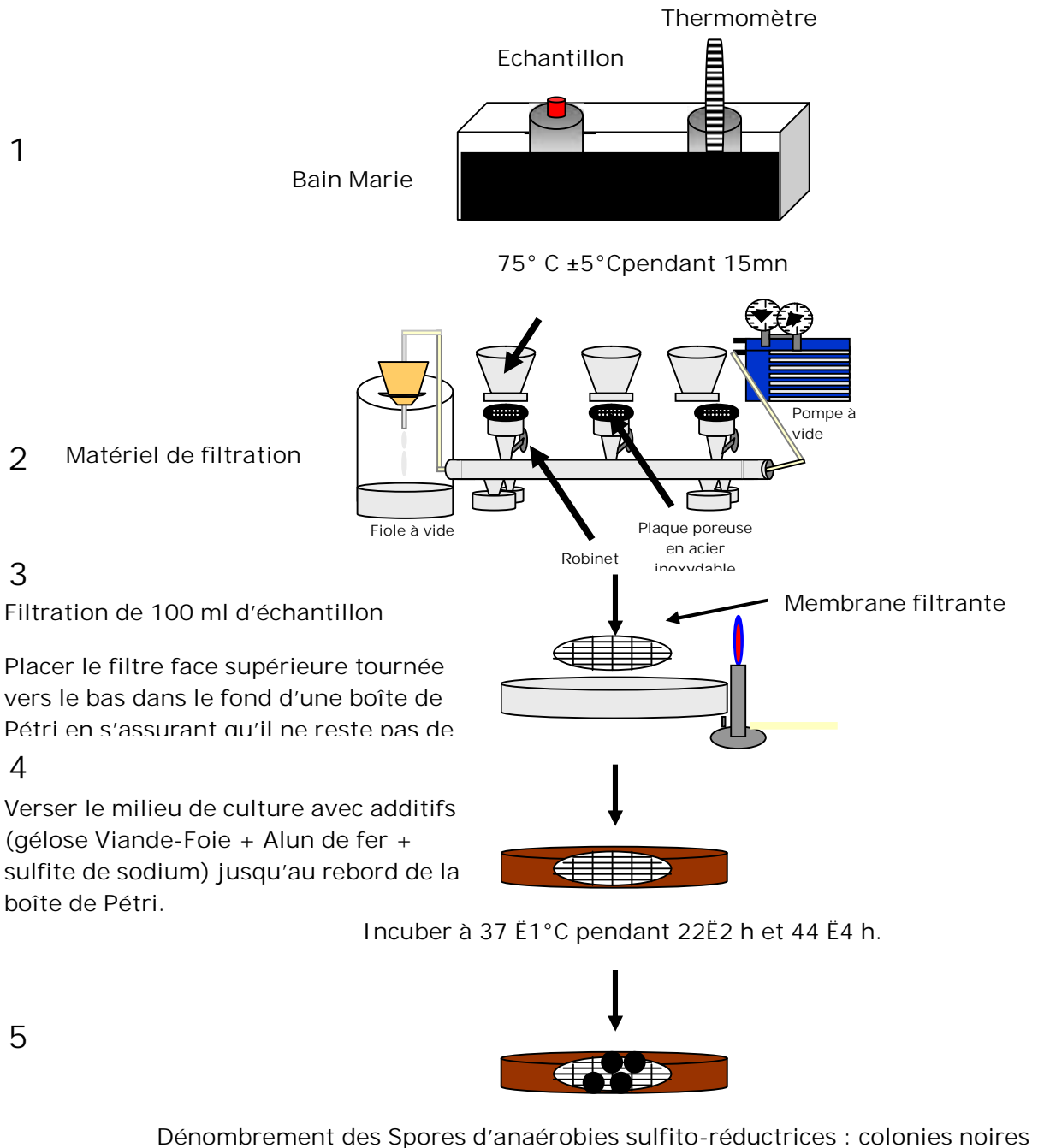


Figure 16 :recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par méthode de filtration sur membrane.

II.2.5.5. Recherche et dénombrement des Staphylocoques à coagulase positive

(Norme NF T 90 421)

❖ *Principe*

- Filtration de la prise d'essai de l'échantillon à travers une membrane filtrante d'une porosité de 0.45 μm ;
- Dépôt de cette dernière sur un milieu sélectif, gélose Chapman au mannitol ;
- Incubation à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 h ;
- Dénombrement des colonies caractéristiques formées sur la membrane filtrante par comptage. Ils apparaissent sous forme de petites colonies lisses, légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées soit en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc qui seront soumis ensuite aux tests de confirmation.
- La confirmation est basée sur la recherche de l'enzyme catalase.
- Et sur la recherche de l'enzyme coagulase (voir figure 17).

Staphylococcus aureus, possède ces deux enzymes.

➤ *Test catalase*

- Placer une goutte d'une solution de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) à 20 volumes sur une lame de microscope.
- Prélever une demi-colonne avec une pipette pasteur ou en plastique et l'émulsionner doucement dans la goutte d' H_2O_2 .
- Observer immédiatement s'il y a apparition de bulles d'oxygène (catalase positive) ou absence (catalase négative).
- Les observations peuvent se faire macroscopiquement ou à l'aide d'un microscope à faible grossissement.

➤ *Test coagulase*

- Après incubation du bouillon BHIB, ajouter stérilement 0.1 ml de cette culture à 0.3 ml de plasma de lapin contenu dans un tube stérile à essai ou à hémolyse, et incuber de nouveau à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 2 à 6 h
- Examiner la coagulase du plasma de lapin sinon ré-incuber à 20 ± 4 h et examiner de nouveau.
- Considérer que la réaction à la coagulase est positive quand le coagulum occupe plus des trois quart du volume initialement occupé par le liquide.

Le tableau suivant résume quelques caractères biochimiques de différentes espèces de Staphylocoques :

Tests de confirmation	Staphylocoques			
	aureus	intermedius	saprophyticus	epidermitis
Catalase	+	+	+	+
Coagulase	+	+	-	-

Tableau IV : Caractères biochimiques de différentes espèces de Staphylocoques

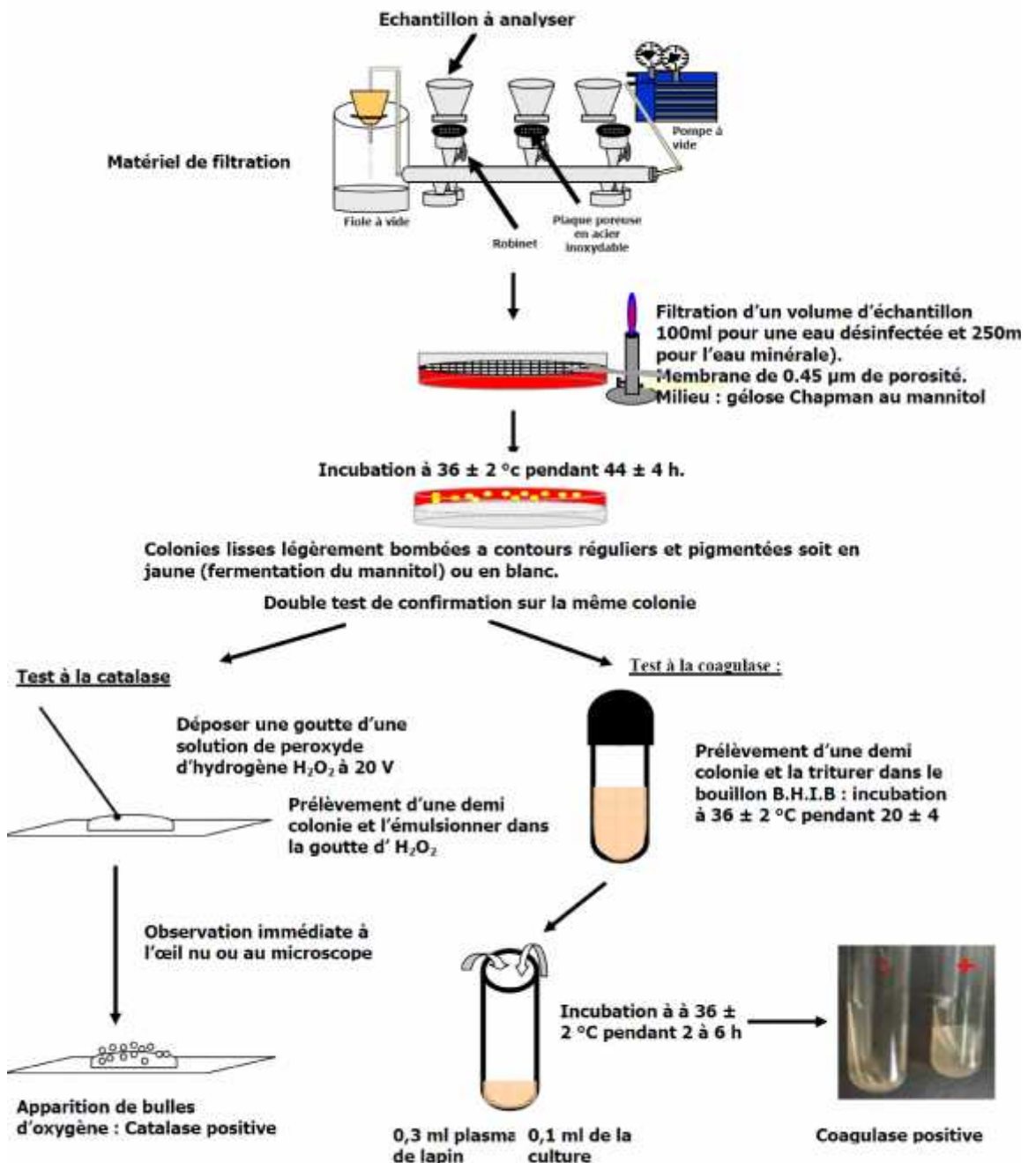


Figure 17: recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase positive par méthode de filtration sur membrane.

II.2.5.6. Recherche et dénombrement des Salmonelles(Norme NF ISO 63 40)❖ **Mode opératoire**

- Stériliser la rampe de filtration à l'aide d'un bec bunsen ;
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0.45µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;
- Déposer ensuite 250 ml, 500 ml ou plus selon disponibilité jusqu'à la voire 5 litres d'eau à analyser, devant un bec bunsen ;
- Après filtration, retirer la membrane à l'aide d'une pince stérile puis la placer dans un flacon contenant le milieu Eau peptonée tamponnée, bien mélanger le filtre dans le milieu ;
- Incuber ce dernier à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 20 ± 2 h ; cette étape constitue l'enrichissement primaire ;
- Après incubation, procéder à un enrichissement secondaire en transférant 1 ml de l'enrichissement primaire sur le milieu rappaportvassiliadis ;
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum, puis incuber ce dernier à $42 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pendant 20 ± 4 h voire 44 ± 4 h ;
- Après l'incubation, procéder à l'isolement sur milieu Hektoen à incuber à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 20 ± 4 h (voir figure 18).

❖ **Expression des résultats**

Absence ou présence des colonies suspectes.

❖ **Identification**

- Faire une identification biochimique basée essentiellement sur ONPG, TSI, Urée-Indole, LDC.....
- Si nécessaire faire une identification antigénique basée essentiellement sur l'agglutination à l'aide des sérums de groupe OMA et OMB ou bien s'adresser à un laboratoire compétent en vue d'une confirmation.

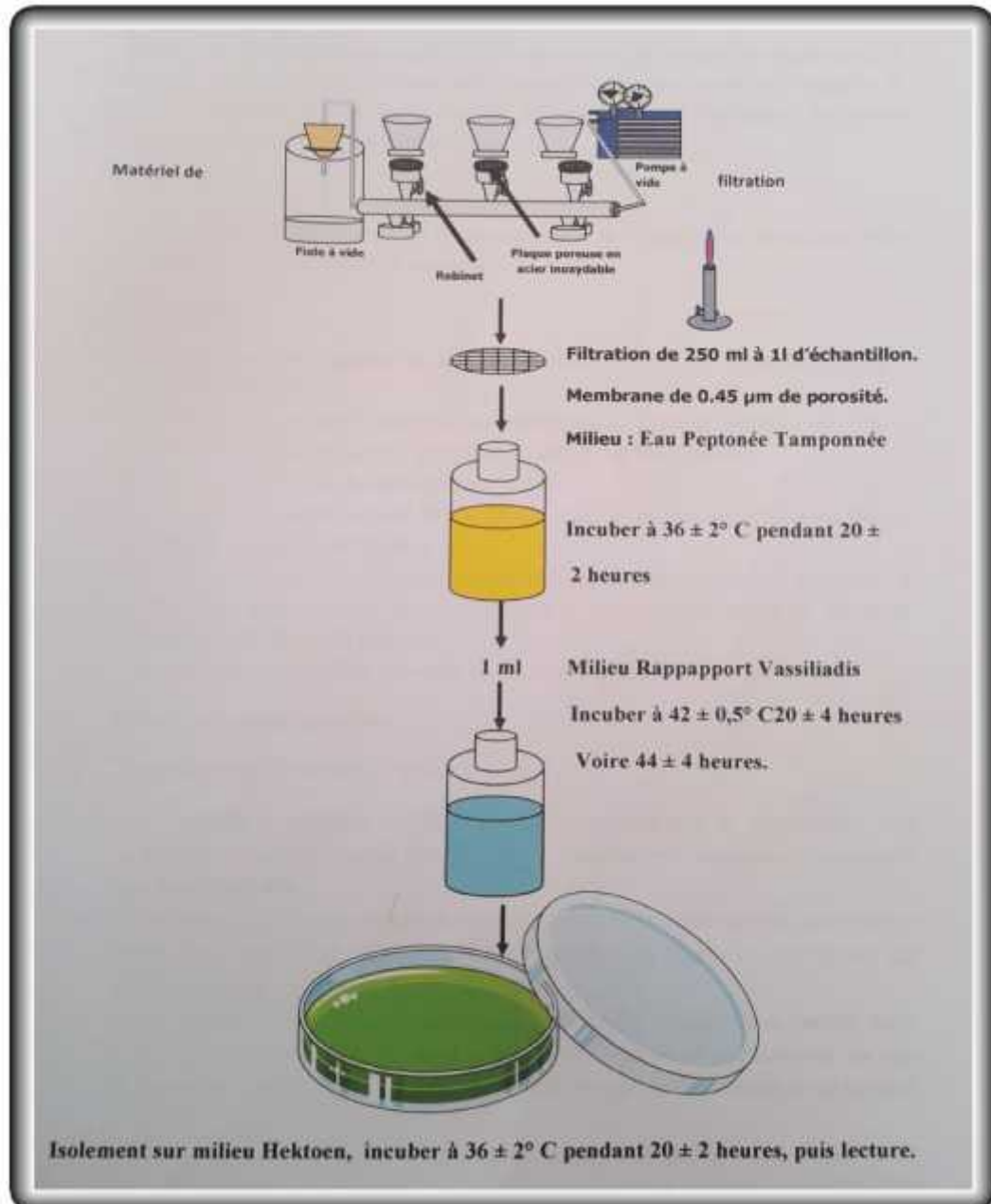


Figure 18: recherche et dénombrement des *Salmonella* par méthode de filtration sur membrane.

Chapitre III

Résultats et Discussion

III. Résultats et discussion

III.1. Résultats des analyses physico-chimiques

III.1.1. Paramètres physiques

III.1.1.1. Température

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (**RODIER *et al.*, 1996**).

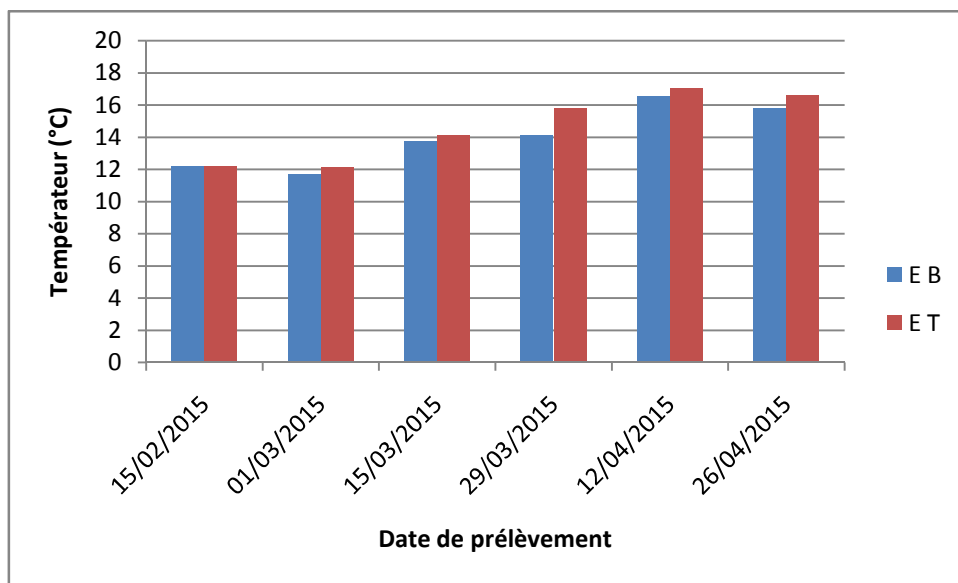


Figure 19 : variation de la Température de l'eau brute et traitée du barrage KEDDARA

Nous remarquons que la température de l'eau brute (EB) varie entre 11,7 et 16,5 °C et celle de l'eau traitée varie entre 12,1 et 17 °C, ces variations ne dépassent pas les normes algériennes préconisées par le **J.O.R.A (2011)**, et qui tolère une température de 25°C. Nous remarquons aussi qu'il y a une légère différence de température entre l'EB et l'ET qui arrive dans certains cas à 2°C, ceci peut être expliqué par la durée de traitement qui est de 1h 45min et /ou l'exposition directe de l'eau au cours de son traitement au soleil dans le décanteur et les filtres.

III.1.1.2. Potentiel d'hydrogène

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau (POTELON et ZYSMAN, 1998). Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (RAMADE, 1998). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable (RAMADE, 1998).

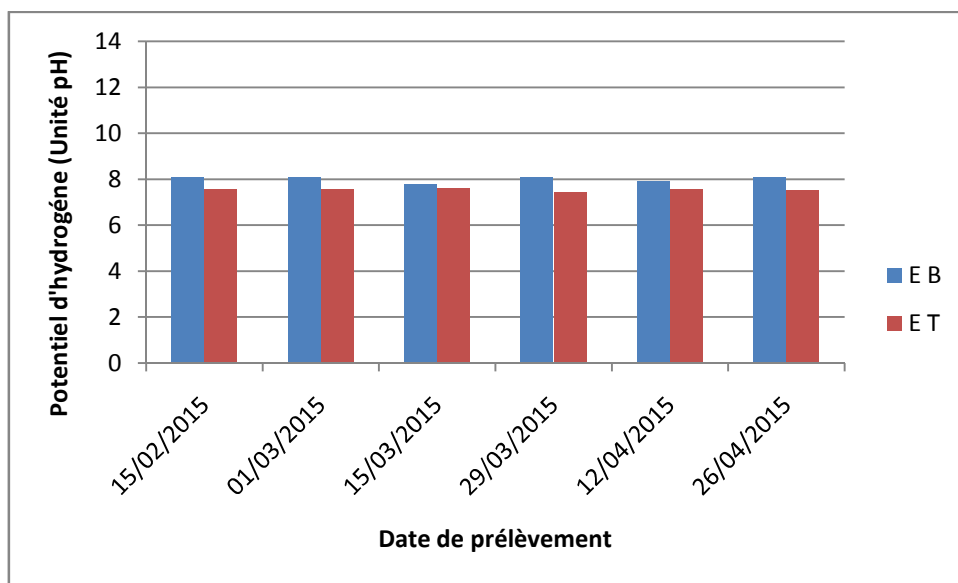


Figure 20 : variation du pH de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA

Nous remarquons d'après les résultats obtenus, que le pH de l'eau brute oscille entre 7,79 et 8,08 et celui de l'eau traitée varie entre 7,45, et 7,6, ceci montre que le pH est légèrement alcalin et ne dépasse pas les normes algériennes préconisées par le J.O.R.A (2011) qui recommande un pH qui se situe entre 6,5 à 9. Nous remarquons aussi une légère diminution du pH après traitement, ceci est dû probablement au traitement qu'a subi l'eau brute. En effet, selon KETTAB (1992), le pH est plus ou moins affecté selon le type de coagulant utilisé et sa concentration. Quand le sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$ est utilisé comme coagulant et est additionné à l'eau, il se déclenche une hydrolyse qui entraîne une baisse sensible du pH. RODIER *et al.*, (2009), signale que la chloration diminue le pH.

III.1.1.3. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...) (**RODIER et al., 1996**).

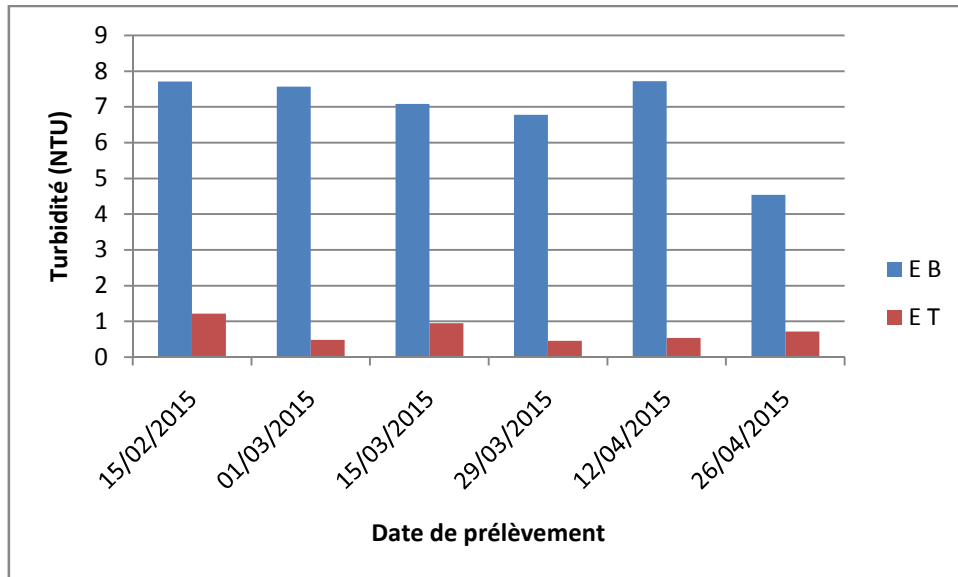


Figure 21 : variation de la turbidité de l'eau brute et traitée du barrage KEDDARA

Nous remarquons que la turbidité de l'EB fluctue entre 7,72 et 4,45 et celle de l'ET fluctue entre 1,12 et 0,46, cette grande variation de la turbidité entre les deux type d'eau peut être expliquée par le fait que l'eau brute est très chargée de matières en suspension qui sont causées généralement par les tempêtes et les vents qui influent sur la stabilité et les mouvements de l'eau du barrage KEDDARA. En outre, nous constatons que la turbidité de l'ET se trouve dans les normes (<5 NTU), recommandées par le **J.O.R.A (2011)**, ceci indique que l'eau est non turbide donc contient un taux faible de MES qui est dû grâce à l'efficacité du traitement effectué. Selon **HENRY et BEAUDRY (1992)**, la variation de la turbidité de l'eau traitée est liée à plusieurs causes:

- ✓ La charge de l'eau brute ;
- ✓ L'efficacité de pré-chloration ;
- ✓ L'état du décanteur ;
- ✓ Capacité des filtres et l'effet de colmatage .

III.1.1.4. Conductivité électrique

La conductivité nous renseigne sur la propriété qu'a une eau pour conduire le courant électrique. La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé (HADE, 2002).

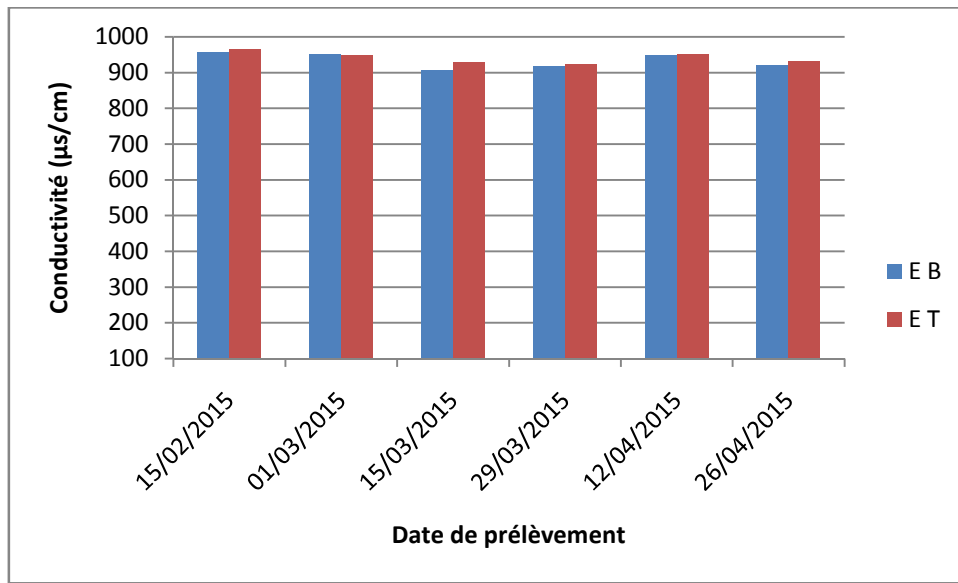


Figure 22 : variation de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA

Nous remarquons que la conductivité électrique (CE) de l'EB varie entre 906 et 957 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et celle de l'ET varie entre 922 et 965 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ces valeurs ne dépassent pas les normes algériennes recommandées par le J.O.R.A (2011) qui tolère une valeur estimée à 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nous remarquons également que la CE de l'ET est légèrement supérieure à celle de l'EB, ce résultat pourrait être expliqué par le fait que le traitement fait augmenter le taux des sels minéraux et ceci par le rajout de certains coagulants. D'après RODIER *et al.*, (2009), une conductivité supérieure à 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ implique une minéralisation importante des eaux.

III.1.2. Paramètres chimiques

III.1.2.1. Chlore libre

Le chlore est utilisé dans un grand nombre de synthèses organique comme agent blanchissant, en particulier en papeterie, et pour aseptiser les eaux d'alimentation des réseaux de distribution (RAMADE, 1998).

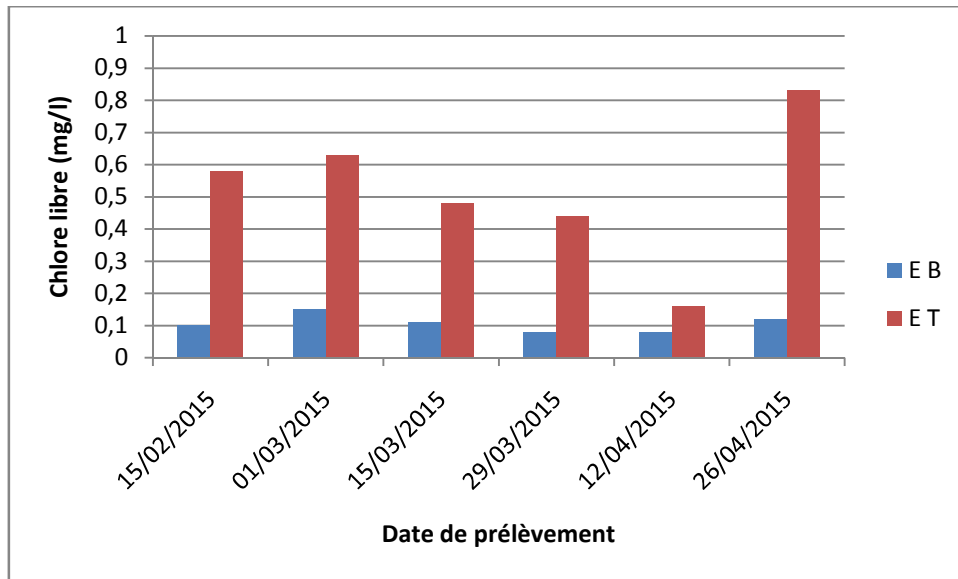


Figure 23 : variation du chlore libre de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA

Nous remarquons que la teneur du chlore libre dans les eaux traitées est supérieure à celle de l'eau brute, ce résultat est probablement dû au processus de la désinfection qui utilise le chlore comme principal désinfectant. En effet, selon **RODIER *et al.*, (2009)**, le chlore est le réactif le plus utilisé pour la désinfection de l'eau.

Pour les eaux destinées à la consommation humaine, l'OMS recommande pour le chlore une valeur guide de 5mg/l (pour une désinfection effective).

III.1.3. Paramètres de pollution

III.1.3.1. Nitrate

Les nitrates NO_3^- présents dans le sol, dans les eaux superficielles et souterraines résultent de la décomposition naturelle, par des microorganismes, de matière organique azotée telle que les protéines végétales, animales et les excréments animaux (**POTELON et ZYSMAN, 1998**).

Les nitrates contenus dans les engrais sont entraînés par les eaux de ruissellements (**HENRY et BEAUDRY, 1992**).

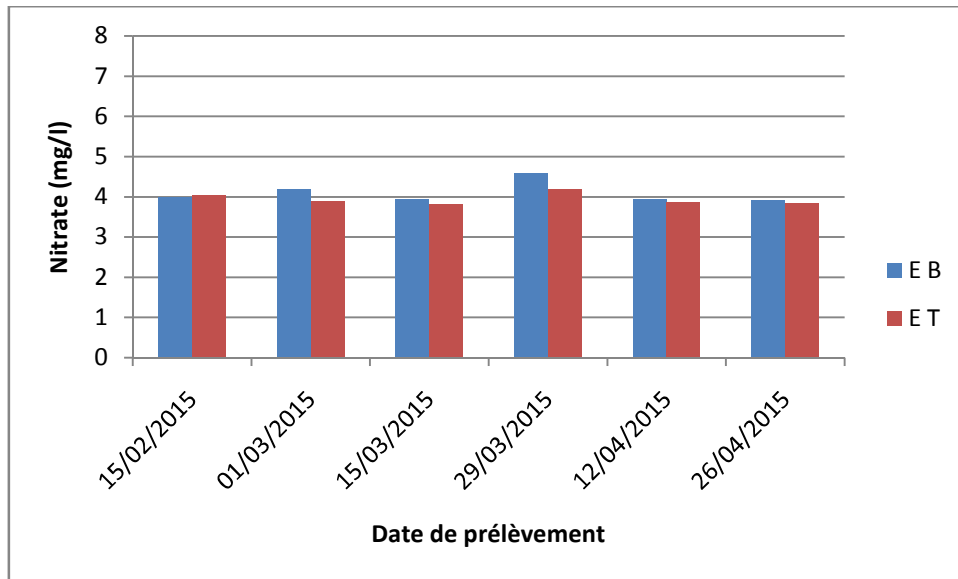


Figure 24 : variation de teneurs en nitrate de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA

Nous remarquons que les nitrates oscillent entre 3,94 et 4,6 mg/l pour l'EB et entre 3,81 et 4,18 mg /l pour l'ET, ces valeurs restent inférieures à la valeur admissible de 50mg/l recommandée par la norme algérienne (**J.O.R.A. 2011**). De ce fait, les eaux étudiées ne sont pas sujettes à un risque de pollution par les nitrates. La présence de nitrate provoque le phénomène d'eutrophisation permettant la prolifération des algues.

III.1.3.2. Nitrite

Ils sont largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les Nitrates. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux (**BOUALEM, 2009**).

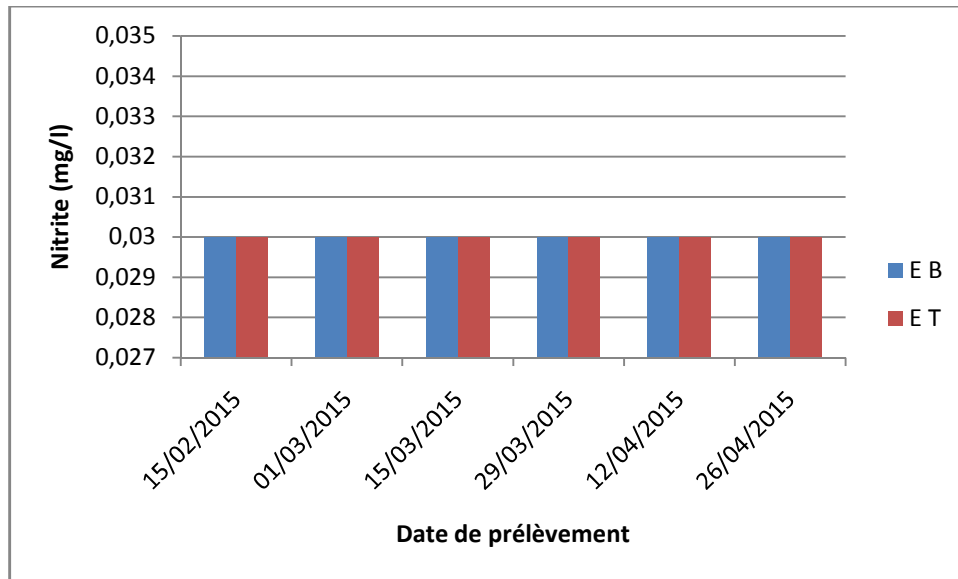


Figure 25 : variation desteneurs en nitrites de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA

Les teneurs en nitrites observées sont très faible, inférieur à 0,03 mg/l pour l'EB et l'ET. L'OMS et J.O.R.A (2011), fixent la norme en nitrites à 0,1mg/l. Ces faibles teneurs en nitrite sont dues probablement à leur transformation en nitrate par le processus d'oxydation en présence d'une quantité d'oxygène suffisante, car les nitrites ont une forme de transition.

La présence des Nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (RAMADE, 1998).

III.1.3.3. Ortho-phosphates

Le phosphate peut être d'origine organique ou minérale. Le plus souvent, leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture, de leur emploi comme additif dans les détergents (HENRY et BEAUDRY, 1984).

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration (RODIER *et al.*, 2005).

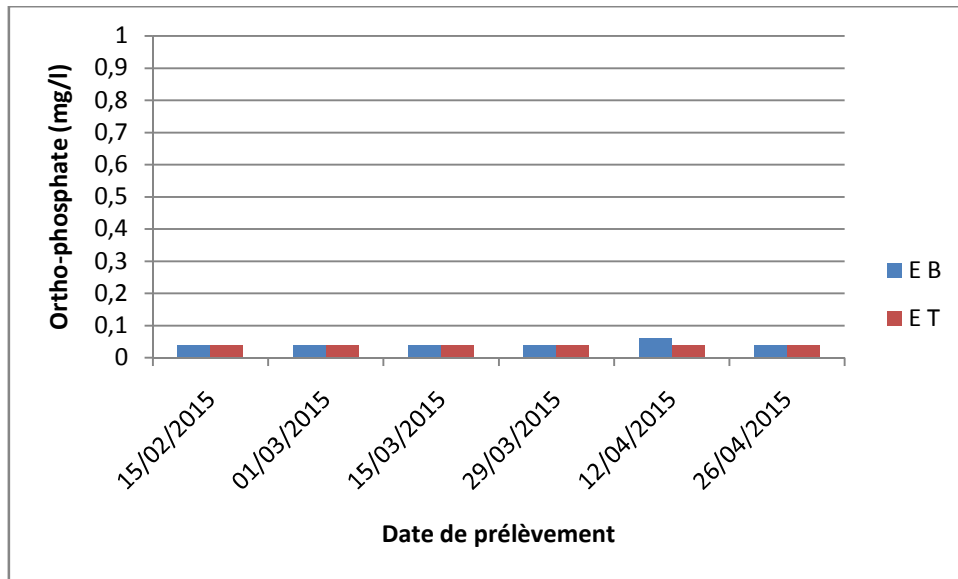


Figure 26 : variation des teneurs en ortho-phosphates de l'eau brute et traitée du barrage

Nous remarquons que les teneurs en ortho-phosphates sont à l'état de trace ($\leq 0,06$ mg/l) pour les deux types d'eau. Ces valeurs comparées aux normes algériennes (J.O.R.A, 2011), sont largement inférieures à 10 mg/l préconisé pour les eaux de surface. Ces valeurs indiquent aussi que les eaux de barrage KEDDARA ne sont pas chargées, ce qui permet de limiter le phénomène d'eutrophisation. KETTAB, (1992), a mentionné que les phosphates sont considérablement diminués par suite de la forte attirance qu'ils ont pour l'aluminium (coagulant sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$).

III.1.3.4. Ammonium

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels, les engrais, etc. (RODIER *et al.*, 2009).

La présence de l'Ammonium indique généralement une contamination récente par des matières organiques en décomposition ; il est favorable au développement de certaines bactéries qui sont à leur tour généralement de mauvais goût.

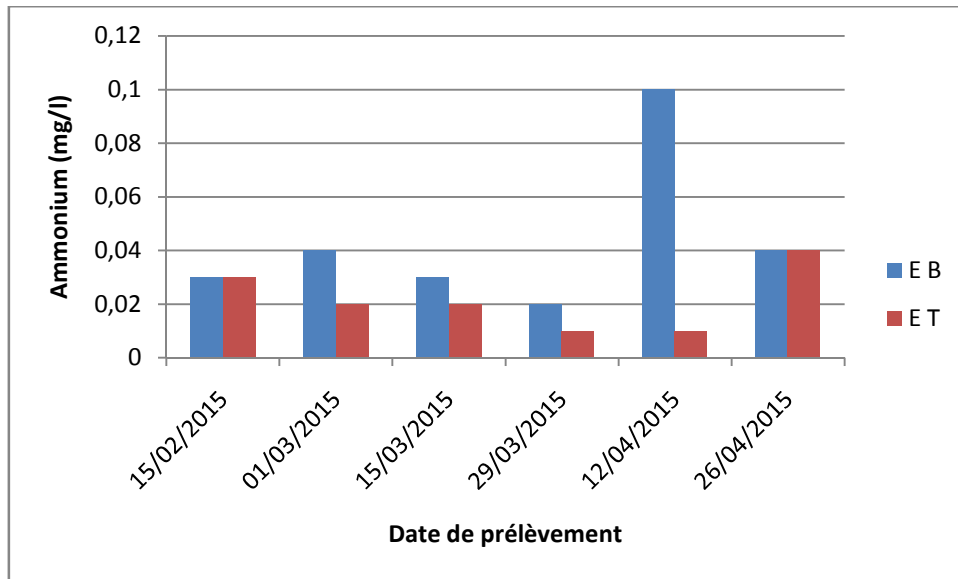


Figure 27 : variation des teneurs de l'Ammonium de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA

La variation de l'ammonium montre que les valeurs de ce paramètre sont pratiquement nulles (inférieures à 0,1 mg/l pour l'EB et inférieures à 0,04 mg/l pour l'ET). Ces résultats sont donc conformes aux normes algériennes (J.O.R.A, 2011), qui exige une valeur inférieure à 4 mg/l, pour les eaux brutes et une valeur inférieure à 0,5 mg/l pour les eaux potables.

III.1.4. Matière organique et oxydable

III.1.4.1. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables. Pour les eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire, une valeur guide de 30mg/l d'O₂ est fixée par la réglementation actuelle (RODIER *et al.*, 2009).

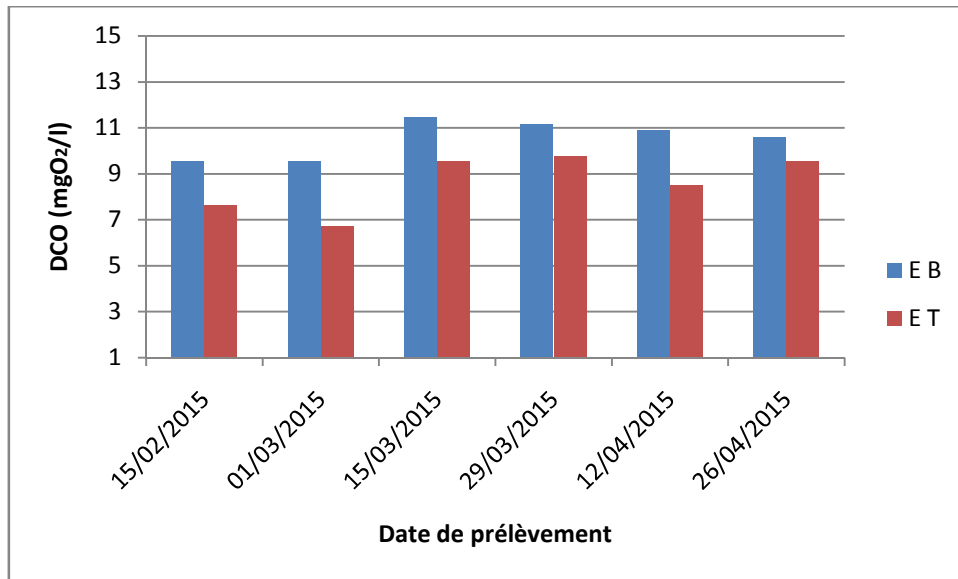


Figure 28 : variation de la DCO de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Nous remarquons que les teneurs de la DCO de l'EB sont pratiquement plus élevées que celles de l'ET, ceci peut être expliqué par la présence d'une fraction de matière organique non biodégradable.

Ces concentrations ne dépassent pas la norme algérienne de 30 mgO₂/l préconisée par le **J.O.R.A (2011)**.

III.1.4.2.Demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO₅)

La DBO₅ correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques fermentescibles par voie biologique (action des bactéries aérobies)(**RAMADE, 2002**).

Le paramètre DBO₅ est utilisé pour établir un classement qualitatif des eaux et définir l'altération du milieu par les matières organiques biodégradables.

Pour un traitement physique simple suivi d'une désinfection (groupe A1), la valeur guide est de 3mg/l d'O₂(**RODIER et al., 2009**).

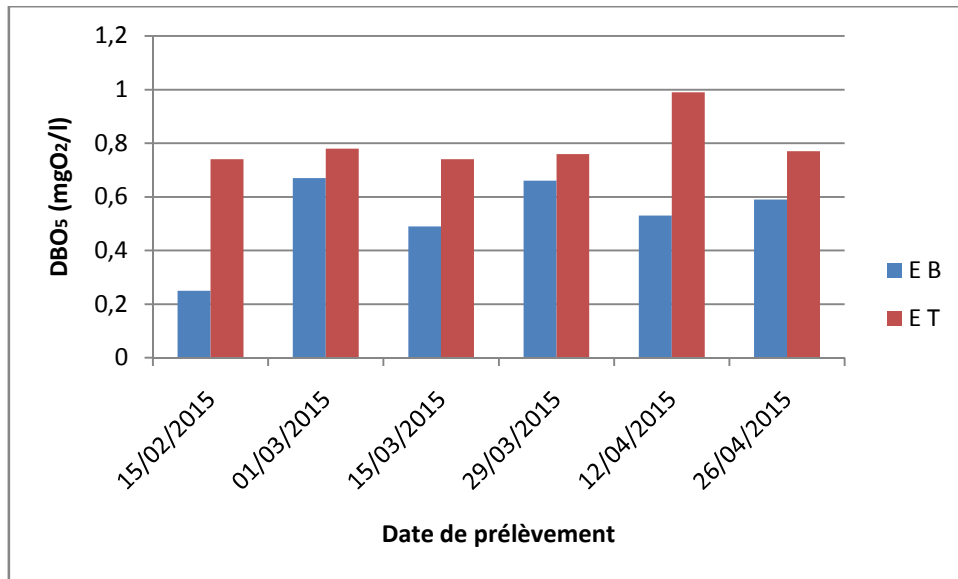


Figure 29 : variation de la DBO₅ de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Nous remarquons que les teneurs de la DBO₅ de l'ET sont légèrement supérieures à celles de l'EB, ceci peut être expliqué par le processus de prétraitement qui élimine la plupart des microorganismes qui favorisent l'oxydation de la matière organique. Néanmoins, ces valeurs restent dans les normes préconisées par le **J.O.R.A (2011)** qui recommande une concentration de 7 mgO₂/l.

D'après **RODIER et al., 2009**, quand la DBO₅ est inférieure à 3 mgO₂/l, ceci implique une eau de très bonne qualité.

III.1.5. Résultats de la minéralisation globale :

III.1.5.1. Calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (**RODIER et al., 2009**).

La présence des ions Ca²⁺ dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO₃), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO₄) (**RODIER et al., 2009**).

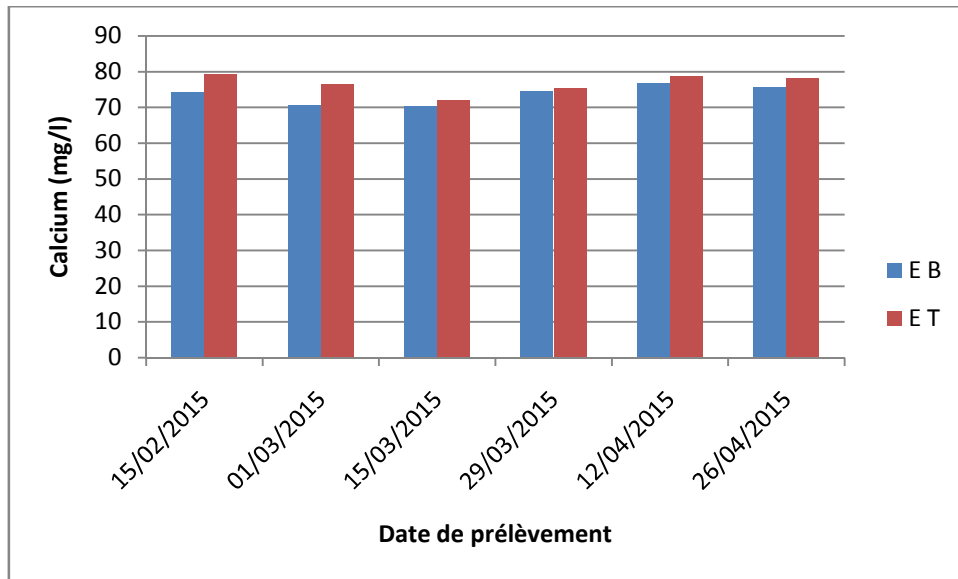


Figure 30 : variation de teneurs en calcium de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Nous remarquons que les teneurs en calcium pour l'ET sont élevées par rapport à celles de l'EB, ce résultat est probablement dû à l'oxyde de calcium qui est très largement utilisé dans le traitement des eaux (RODIER *et al.*, 2009). Selon BOUZIANI (2000), les eaux dont le calcium dépasse 200 mg/l, présente de sérieux inconvénients pour les usages domestiques.

III.1.5.2. Magnésium

Le magnésium constitue un élément significatif de dureté de l'eau. De façon générale, la teneur en magnésium des eaux douces est inférieure à celle en calcium. Cet élément biogène intervient de façon fondamentale dans l'ensemble du fonctionnement de la biosphère car il est un des constituants de la molécule de chlorophylle (RAMADE, 1998).

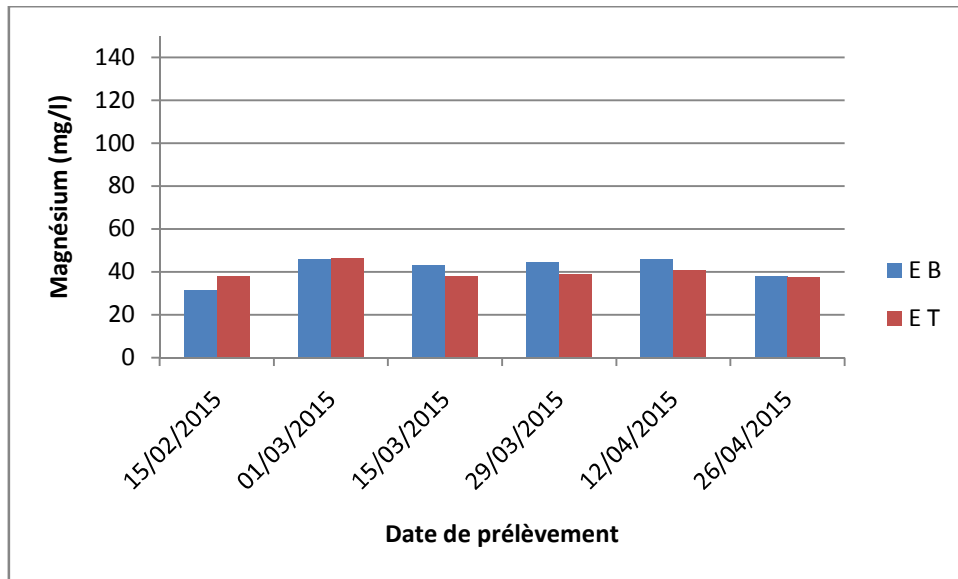


Figure 31 : variation de teneurs en magnésium de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Nous remarquons que les teneurs de magnésium pour les deux types d'eau sont relativement proches. Ces concentrations sont largement inférieures à 150 mg/l, norme recommandée par le **J.O.R.A. (2011)**. Selon **RODIER et al., (1996)**, à partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau potable.

III.1.5.3. Sulfates

Les sulfates constituent la forme biogéochimique la plus commune du soufre dans les milieux terrestres, dans les eaux continentales ou océaniques (**RAMADE, 1998**).

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur, l'OMS recommande comme valeur limite 250mg/l (**RODIER et al., 2009**).

A fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (*en particulier chez les enfants*). Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable (**TARDAT HENRY, 1992**).

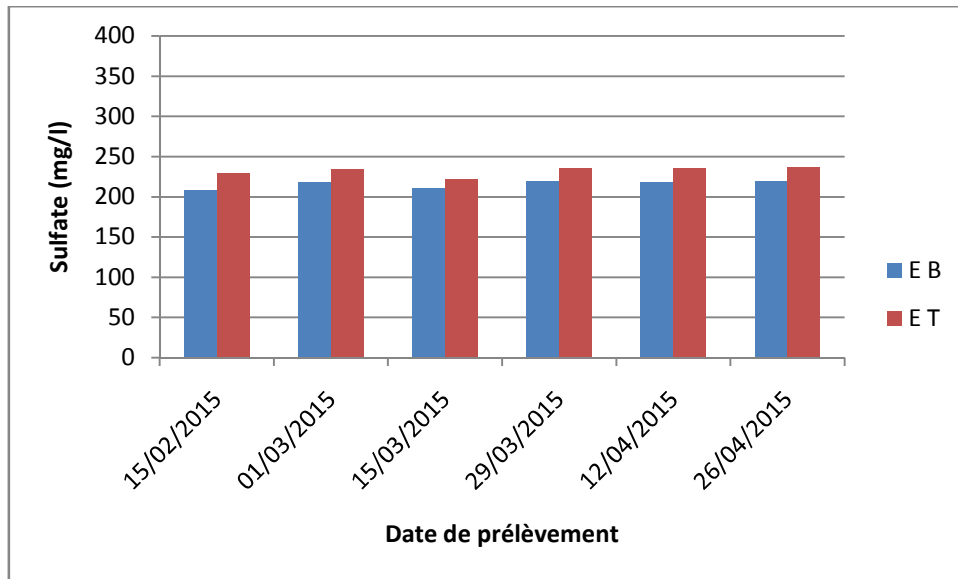


Figure 32 : variation des teneurs en sulfates de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

D'après les résultats des échantillons analysés, les valeurs enregistrées restent inférieures à la valeur guide de la norme Algérienne relative à la qualité des eaux destinées à la production de l'eau potable.

Nous remarquons que les teneurs des sulfates pour l'ET est légèrement élevées par rapport à celle de l'EB, ceci est probablement dû à l'utilisation de sulfate d'alumine dans le traitement de l'eau. Ces concentrations ne dépassent pas la norme de 400mg/l recommandée par le **J.O.R.A (2011)**.

III.1.5.4. Chlorures

L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables. Ainsi les eaux provenant des régions sédimentaires en contiennent des concentrations élevées en chlorure. D'ailleurs, la teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau. Généralement, ces chlorures rencontrés dans les eaux proviennent essentiellement de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salés, de l'utilisation des engrais et des rejets des eaux d'origine industrielle et domestique (**RODIER et al., 2005**).

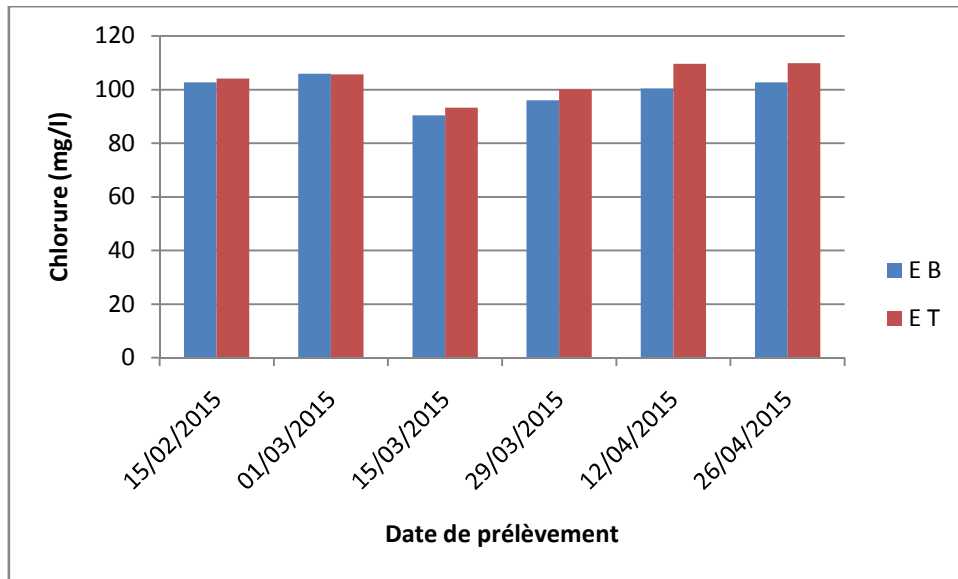


Figure 33 : variation desteneurs en chlorures de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA

Nous remarquonsqu'il n'y a pas une grande variation entre les teneurs en chlorure pour les deux types d'eau. Ces concentrations sont conformes à la norme de 500 mg/l établie par le **J.O.R.A (2011)**. Cet élément provoque un goût désagréable dans les eaux de consommation et la rendent corrosive vis-à-vis des conduites.

III.1.6. Résultats des paramètres indésirables

III.1.6.1 Aluminium

L'aluminium classé comme le 3^{ème} éléments le plus abondant dans la croûte terrestre après l'oxygène et le silicium, il entre dans la composition de tous les sols, plantes et tissus animaux (**RODIER et al., 2009**).

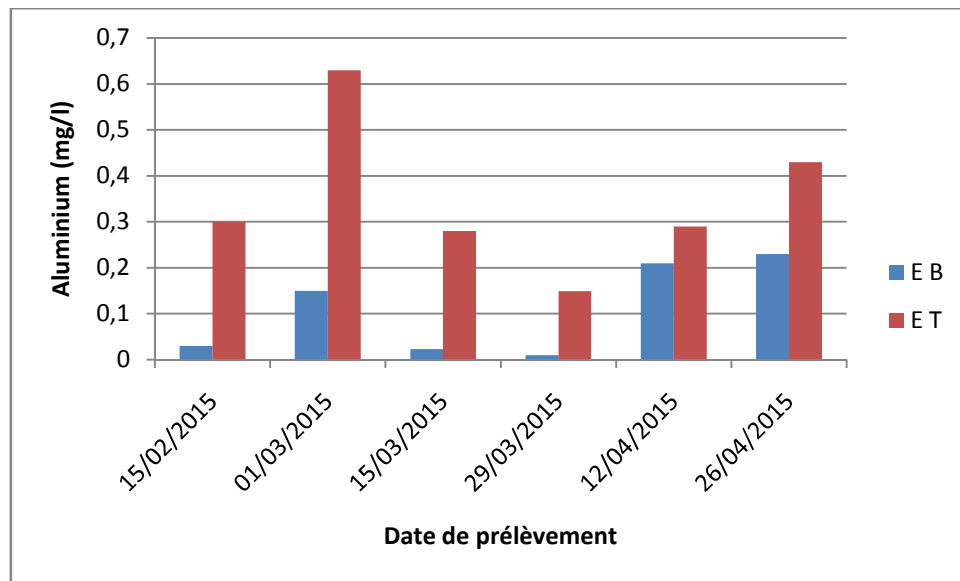


Figure 34 : variation des teneurs de l'Aluminium de l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Nous remarquons que les teneurs en aluminium de l'ET est supérieure à celle de l'EB, ce résultat peut être expliqué par le processus de « Coagulation-floculation » qui est utilisé dans la chaîne de traitement des eaux potables à la station de BOUDOUAOU pour éliminer les MES et dont le coagulant de base est le sulfate d'aluminium.

La question de l'aluminium se pose essentiellement après traitement de l'eau avec un composé d'aluminium même si aucun risque sanitaire n'a pu être prouvé, on évoque le rôle aggravant de cet élément dans la maladie d'Alzheimer (ANONYME, 2012)

III.2. Résultats des analyses bactériologiques

III.2.1. Dénombrement des flores aérobies mésophile totaux FAMT (Germes totaux) à 37°C

Ces germes regroupent tous les micro-organismes aérobies facultatifs qui apparaissent sous formes des colonies de taille et de forme différencié (HACIANE et AZZI, 2008).

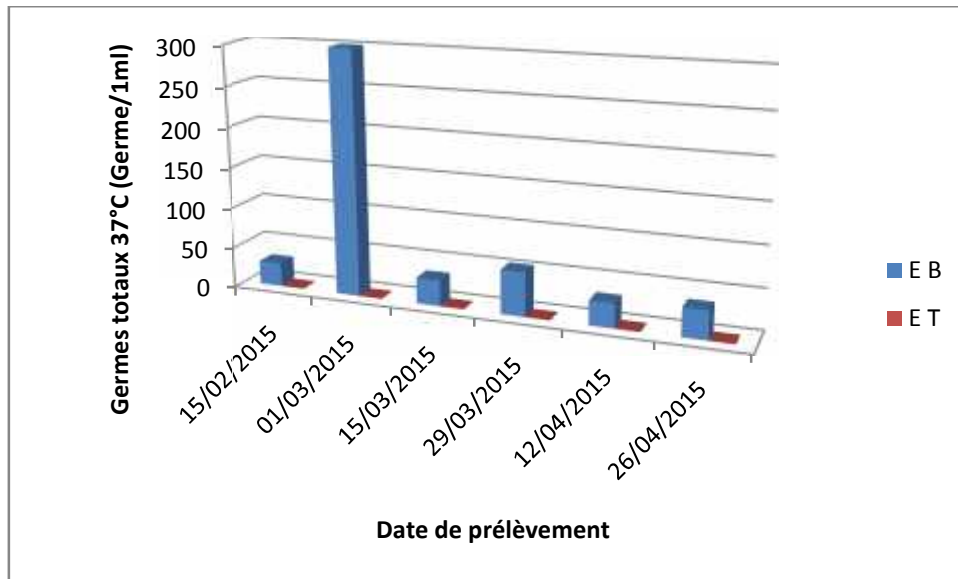


Figure 35 : variation des germes totaux à 37°C recherché dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA

Nous remarquons que l'eau brute présente des germes totaux dont les valeurs fluctuent entre 29 et 300 UFC/ml, alors que dans l'eau traitée, nous notons l'absence totale de ces germes. Ce résultat peut être expliqué par l'efficacité du traitement appliqué. Le **J.O.R.A (2011)**, recommande une norme inférieure à 3×10^5 UFC/ml, ceci nous donne une idée sur le fait que les eaux du barrage ne sont pas polluées par les rejets directs soit industriels ou des eaux usées domestiques.

III.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes totaux sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (**Recueil de Normes Françaises, 1994**).

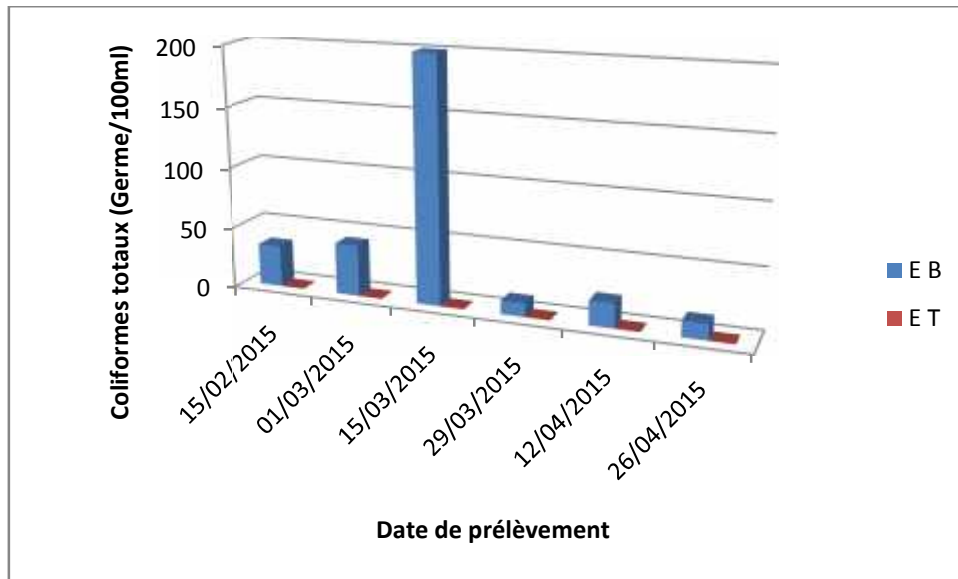


Figure 36 : variation des coliformes totaux recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA

Nous remarquons que l'eau brute présente des germes totaux dont les valeurs oscillent entre 11 et 200 UFC/ml, alors que dans l'eau traitée, nous notons l'absence totale de ces germes. Ce résultat peut être expliqué par l'efficacité du traitement appliqué. Le **J.O.R.A (2011)**, recommande une norme inférieure à $0,5 \times 10^5$ UFC/ml.

III.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes thermo-tolérants

Les coliformes thermo-tolérants sont des bactéries habituelles du tube digestif de l'homme et des animaux. Sa détection dans l'eau doit faire sérieusement soupçonner une contamination d'origine fécale (**Recueil de Normes Françaises, 1994**).

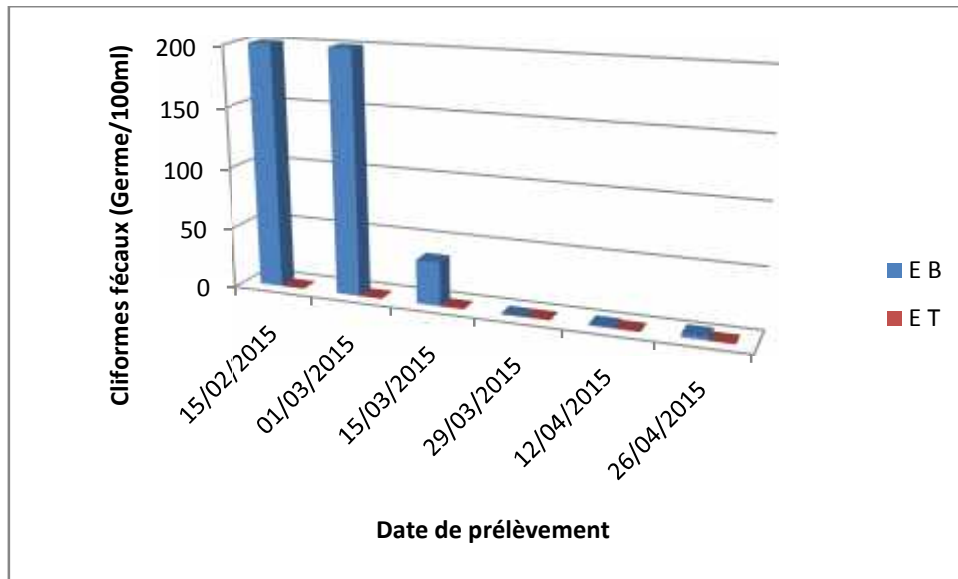


Figure 37 : variation des coliformes thermo-tolérants recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Nous remarquons que le taux des coliformes thermo-tolérants est presque stable et inférieure à 50 UFC/100m, sauf pour le 1^{er} et le 2^{ème} prélèvement où nous avons remarqué une augmentation significative de taux de ces germes, ce résultat peut être causé par l'écoulement des oueds qui alimentent le barrage, et qui charrie au cours de leurs trajet des nouvelles charges microbiennes.

Pour l'eau traitée nous remarquons l'absence totale de ces germes, indicateurs de contamination fécale, donc nous pouvons déduire que le traitement appliqué a été efficace.

III.2.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Ces germes sont associés aux coliformes fécaux, ils sont considérés comme un bon indicateur de pollution, aussi utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement, car ils sont nettement plus résistants que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes (BERNE, 1972).

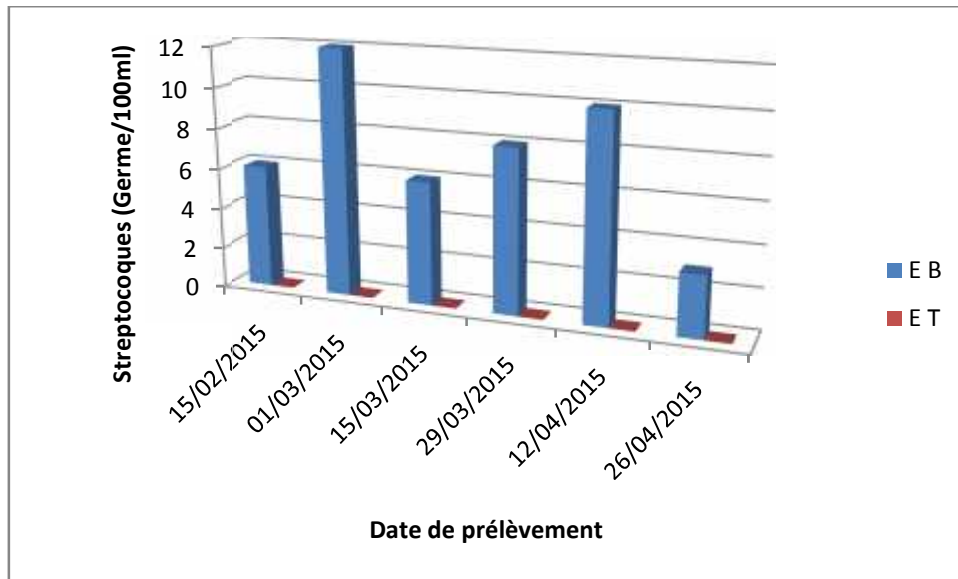


Figure 38 : variation des streptocoques fécaux recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Nous remarquons que l'eau brute présente des streptocoques fécaux dont les valeurs varient entre 3 et 12 UFC /100ml, alors que dans l'eau traitée, nous notons l'absence totale de ces germes. Ce résultat peut être expliqué par l'efficacité du traitement appliqué. Le **J.O.R.A (2011)**, recommande une norme inférieure à 10^3 UFC/100ml.

III.2.5. Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteur*

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* (ASR) sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent aussi un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (**GUIRAUD et ROSEC, 2004**).

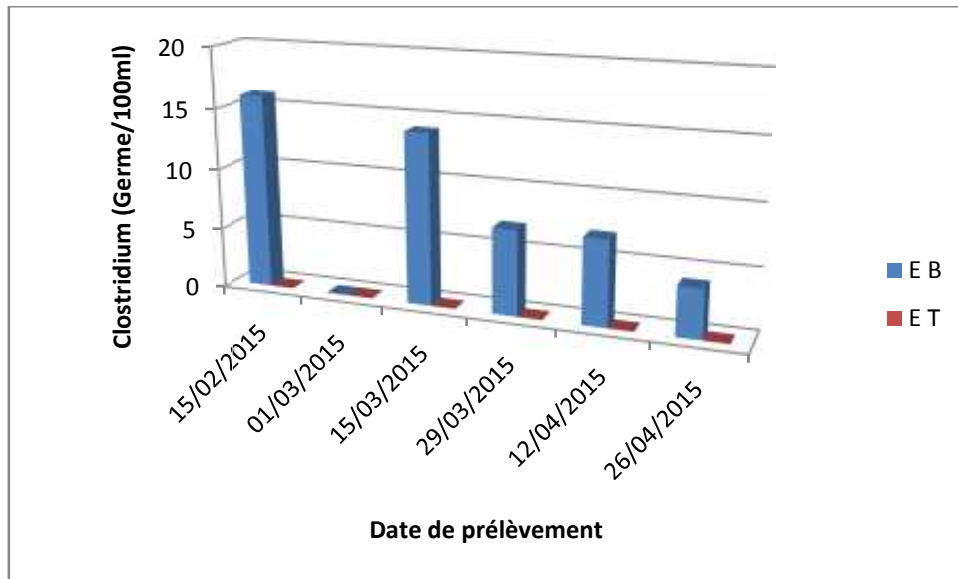


Figure 39 : variation des *Clostridium sulfito-réducteur* recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Nous remarquons que pour l'eau brute les valeurs des *Clostridium sulfito-réducteur* varient entre 0 et 16 UFC/100ml, et pour l'eau traitée nous observons une absence totale de ces germes, ceci peut être expliqué par l'efficacité du traitement appliqué.

L'existence des ASR dans l'eau brute indique la résistance de ces formes aux facteurs externes, c'est pour cela que pour ce paramètre particulier, ce ne sont pas les bactéries elle-même mais leurs spores qui sont recherchées, en l'absence de la phase de chloration (BOUDRAA, 2011).

III.2.6. Recherche et dénombrement des germes pathogènes (Staphylocoques et *Salmonella*)

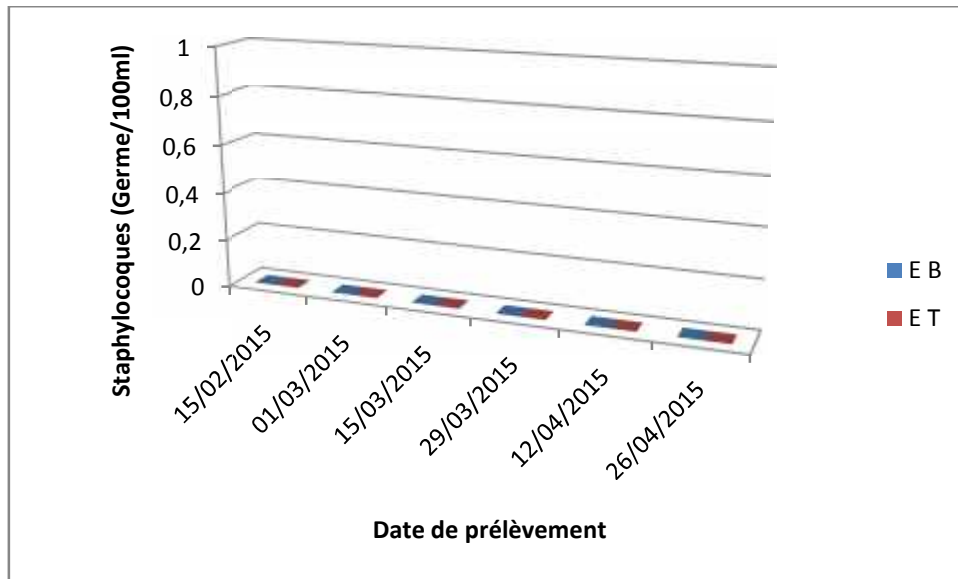


Figure 40 : variation des Staphylocoques recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA

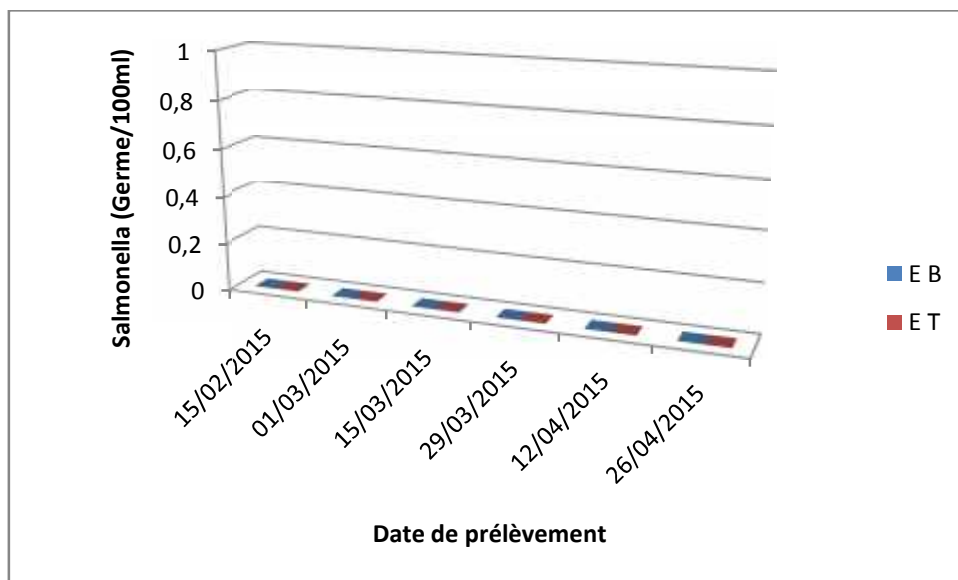


Figure 41 : variation de *Salmonella* recherchés dans l'eau brute et traitée du barrage de KEDDARA.

Nous remarquons une absence totale des germes pathogènes (*Staphylocoques* et *Salmonella*), ces derniers sont responsables des différentes maladies d'origines hydriques telles que les gastro-entérites et les fièvres typhoïdes.

Conclusion

Conclusion

Dans la nature, l'eau est une véritable source de vie, mais elle peut véhiculer beaucoup de maladies dont certaines peuvent être mortelles. L'exploitation des eaux de surface nous oblige à traiter ces eaux pour les rendre potables tout en préservant leurs qualités physicochimiques bactériologiques.

L'eau est un élément à contrôler de façon continue, car une pollution le rend vecteur de maladies redoutables et d'épidémies difficilement maîtrisables.

Notre étude a été axée sur un suivi de la qualité physico-chimiques et bactériologiques des échantillons d'eau brute et l'eau traitée (par la station de traitement des eaux de BOUDOUAOU) du barrage KEDDARA.

Les résultats obtenus au cours de notre stage nous ont amené à tirer les conclusions suivants:

- Les ressources en eau qui alimentent notre capitale (barrage KEDDARA) sont de bonne qualité
- Le traitement en vigueur est efficace, les résultats obtenus le prouvent
- L'eau que nous buvons et utilisons quotidiennement est conforme à la norme et de bonne qualité.
- Nous pouvons dire que l'eau de consommation provenant du barrage de KEDDARA est une eau fortement minéralisée de bonne qualité et ne présente aucun danger pour la consommation humaine.
- Le bon fonctionnement du système de production ISSER-KADDARA (SPIK) et assurent une eau de bonne qualité 24h/24h destinée aux consommateurs de : Boumerdes , Boudouaou , Ouled Moussa , Mouilha et Alger Centre, ...

Bibliographie

Pour la réalisation et la rédaction de ce mémoire, différents ouvrages et mémoires ont été consultés, et qui sont :

A

- **ANBT. 1987.** Monographie barrage de KEDDARA, Agence nationale des barrages, Koba, Alger.
- **ANONYME. 2010.** Le cycle de l'eau, CE2 MIRI école de MATAIREA.
Site internet : WWW.ce2miri.unblog.fr
- **ANONYME.2012.** Analyses physico-chimiques, équipe technique du réseau Francophone sur l'eau et l'Assainissement (REFEA).

B

- **BELKADI. N & IKHENOUSSENE. L. 2008.**Optimisation de la désinfection en vue d'une amélioration de la rémanence du chlore des eaux produites ou transférées de l'usine de BOUDOUAOU, mémoire d'ingénieur, faculté de génie mécanique et génie des procédés, université Houari Boumedienne, Alger.
- **BERNE. F. 1972.** Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNIP, Paris, pp 207.
- **BOUALEM. R. 2009.** Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article de recherche, pp 20-33.
- **BOUDRAA. A. 2011.**contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traités du grande Blida, mémoire d'études supérieur en biologie, université du Blida , p 51-59.
- **BOUZETINE. 2012.** Rapport de centre de traitement BOUDOUAOU, Bumerder.
- **BOUZIANI. M.2002.**L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IbenKhaldoun, Oran, pp 4-133
- **BOUZIANI. M.2006.** L'eau dans tous ses états, Edition Dar el Gharb, Oran.

C

- **CHRISTIANE. J.& NOEL. J.1999.** Microbiologie alimentaire .
5^{eme} édition Aquitaine.

- **COULIBALY. K. 2005.** Etude de la qualité physico-chimique et Bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako, grade de Docteur en Pharmacie (Diplôme d'Etat), université de Bamako, Mali.

D

- **DESJARDINS. R. 2010.** Le traitement des eaux, 2^e édition, Presses internationales Polytechnique, Canada, PP 3- 18.

G

- **GERARD. G .1999.** L'eau: Usages et polluants, Editions INRA, Paris, 210 P.
- **GUIRAUD. J &ROSEC. J. 2004.** Pratique des normes en microbiologie alimentaire, AFNOR, France.

H

- **HACIANE. C & AZZI. M. 2008.** contrôle de la qualité microbiologique de l'eau potable au niveau de la wilaya d'Alger, mémoire d'étude supérieurs institut de biologie, université Houari Boumediene, Alger.
- **HADE. A. 2002.** Nos Lacs – Les Connaître Pour Mieux Les Protéger, Éditions Fides, 360 P.
- **HASLAY. C, & LECLERC. H. 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation, Edition Lavoisier TEC et DOC, Paris, PP 67- 95.
- **HENRY & BEAUDRY. 1984.** Chimie Des Eaux, 2^{ème} Edition, Les éditions du griffond'Argile.
- **HENRY & BEAUDRY. 1992.** Chimie Des Eaux, 2^{ème} Edition, Les éditions du griffond'Argile, pp 213-215.

J

- **JORA. 2011.** Les normes de potabilité des eaux de consommation. Journal officiel de la République algérienne N° 18 du 23 Mars 2011, Alger.
- **JORA. 2011.** Les normes de qualité des eaux superficielles destinées à l'alimentation en eau potable des populations. Journal officiel de la République algérienne N° 34 du 19 juin 2011, Alger.

K

- **KETTAB. A. 1992.** traitement des eaux :les eaux potables, office des publications universitaires, Alger, 146P.

L

- **LEYGUE *et al.*, 1970.** lutte contre la pollution des eaux recherches actuelles, Collection de l'A.N.R.T (Association Naturelle de la Recherche Technique), éditeurs Eyrolles et Gauthier Villars, paris, p 151.
- **LEYRAL. G, RONNEFOY. C, GUILLET. F.2002.** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 245P.

M

- **MEDJAHED. F & TOUBAL. S. 2013.**La réutilisation des boues générées après coagulation floculation des eaux potable, mémoire d'ingénieur, traitement des eaux, université Boumerdes, 102 P.
- **Moll. M & Mal. N .1993.** Sécurité alimentaire du consommateur. EditionDoin .Paris. p 86

N

- **Norme ISO 6222 NA 763.** Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables. Méthode par comptage des colonies par inoculation dans ou sur un milieu de culture gélosé.
- **Norme ISO 7899-2 NA 766.** Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux. Méthode par filtration sur membrane.
- **Norme ISO 9308-1.** Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.Méthode par filtration sur membrane.
- **Norme NF ISO 63 40.** Recherche et dénombrement des Salmonelles. Méthode par filtration sur membrane.
- **Norme NF T 90 421.**Recherche et dénombrement des Staphylocoques à coagulase positive. Méthode par filtration sur membrane.
- **Norme NF T90-417.** Recherche et dénombrement des microorganismes anaérobies *Clostridium sulfito-réducteurs*. Méthode par filtration sur membrane.

O

- **OMS.1986.** Directive de la qualité de l'eau de boisson, volume 3, directive pour le contrôle de la qualité de l'eau de boisson des potites collective.

P

- **POTELON. J & ZYSMAN. K. 1998.** Le guide des analyses de l'eau potable, nouvelle édition, La lettre du cadre territorial, paris, pp 71-213

R

- **RAISSI. O. 2005.** Lutte contre les maladies a transmission hydrique, Ecole nationale supérieur de Hydraulique (ENSH), Blida, Algérie,
- **RAMADE. F. 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau, Edition science international, Paris, P 487
- **RAMADE. F. 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des science de l'environnement, 2^e édition, DONOD, Paris.
- **Recueil de normes françaises. 1994.** Qualité de l'eau, 1^{er} édition, afnor, paris, 267P
- **RODIER J et al.,1996.** L'analyse De L'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer), 6^{ème} Edition, Dunod, Paris, p 66.
- **RODIER. J et al.,2005.** L'analyse De L'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer), 8^{ème} édition, Dunod, Paris.1384 P.
- **RODIER. J et al., 2009.** L'analyse De L'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer), 9^{ème} Edition, Dunod, Paris,1579 P.

T

- **TARDAT HENRY. M. 1992.** Chimie Des Eaux, 2ème Edition, Les éditions du griffon d'Argile, paris, pp 213-215.

V

- **VILAGINES. R. 2003.** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2^{eme} Edition, Tec et Doc, Lavoisier. P 3- 187.

W

- **WACKERMANN. G&ROUGIER. H. 2010.** l'eau ressources et usage, Edition Ellipses, paris, 266P.
- **WIENER. R. 1995.** Epuration des eaux résiduaires dans la transformation et la galvanisation des métaux, Edition Eyrolles, paris.

Annexe

Annexe

Matériels utilisés (Appareillage et verrerie)

1. Pour les analyses physicochimiques

- Fioles et Erlenmeyers
- Bêchers et Pipette
- Eprouvettes
- pH-mètre (Voir figure)
- Turbidimètre (Voir figure)
- Conductimètres (Voir figure)
- L'appareil à reflux (Voir figure)
- Dosimètre (Voir figure)
- Photomètre (Voir figure)
- Spectrophotomètre (Voir figure)
- Robot SP50 SKALAR (Voir figure)
- L'auto analyseur à flux continu SKALAR SAN++ SYSTEM (Voir figure)



Conductimètres pH-mètre Turbidimètre



Spectrophotomètre

Photomètre (test de chlore) Dosimètre



L'auto analyseur à flux continu SKALAR SAN++ SYSTEM

Robot SP50 SKALAR_(DBO₅) L'appareil à reflux (DCO)

Figure 35 : appareils utilisés dans les analyses physico-chimiques (photos originales, 2015)

2. Pour les analyses bactériologiques

- Rampe de filtration (Voir figure)
- Pompe à vide
- Un flacon aspirateur
- Pinces stériles
- Membranes filtrantes (0.45 μ m, 0.22 μ m)
- Compteur des colonies (Voir figure)
- Bain d'eau thermostaté (Voir figure)
- Incubateur, capable de maintenir une température de $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (Voir figure)
- Incubateur, capable de maintenir une température de $44 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$
- Agitateur (Voir figure)
- Pipettes graduées de 1 ml.
- Bec bunsen.
- Les boites de pétri.
- Réfrigérateur (Voir figure)
- Flacons en verre de 250 ml stériles.
- Portoirs.
- Anse de platine.



Rampe de filtration

Compteur des colonies

Agitateur



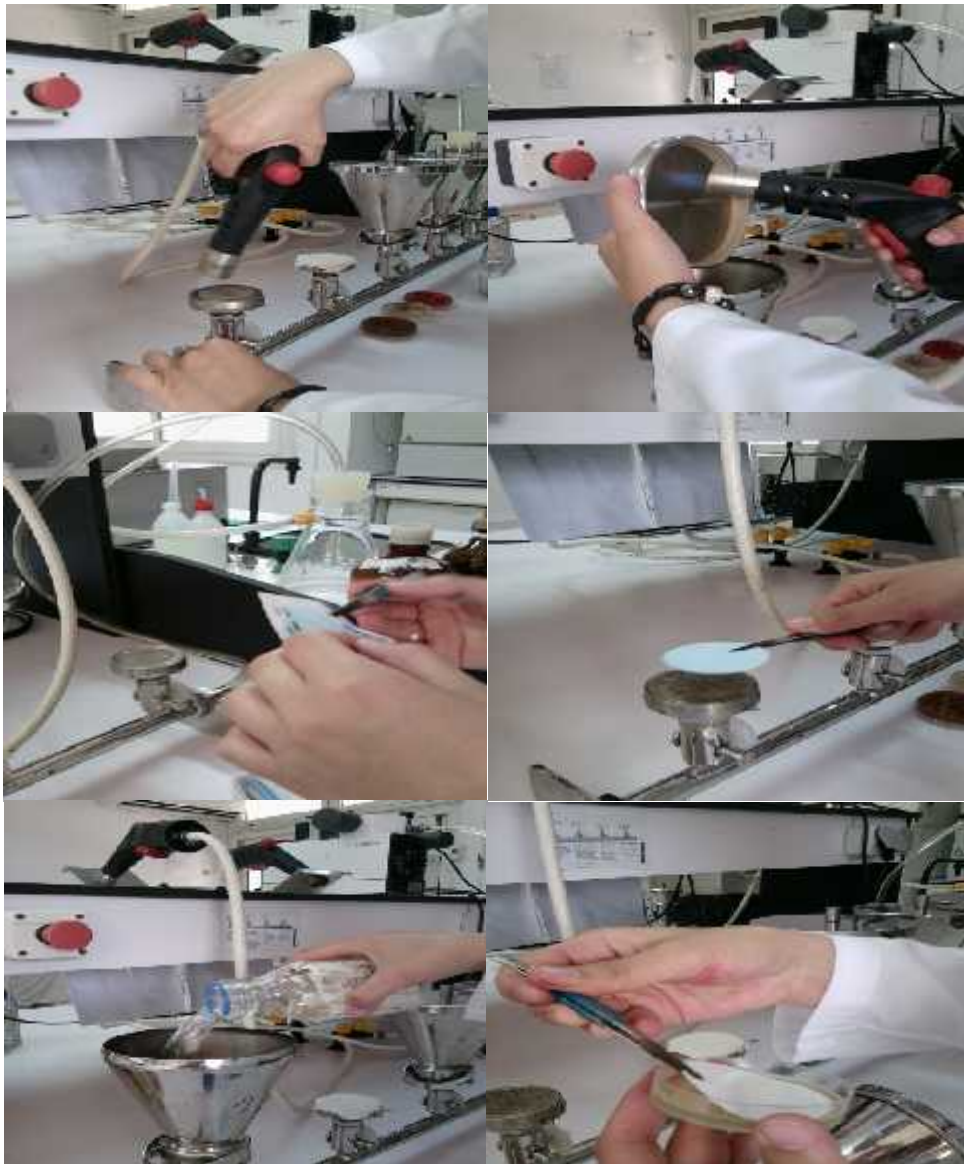
Incubateur

Bain d'eau thermostaté

Réfrigérateurs

Figure 36 : appareils utilisés dans les analyses bactériologiques (photos originales, 2015)

Les étapes de filtration des échantillons



- « 1 » : Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme).
- « 2 » : Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile.
- « 3 » : La poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- « 4 » : Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- « 5 » : Verser stérilement la quantité d'eau désirée (100 ml, 250 ml pour l'eau minérale).
- « 6 » : Ouvrir le robinet de la rampe pour laisser l'eau s'écouler.
- « 7 » : Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord. Déposer la membrane sur le milieu sélectif.

Les réactifs utiliser dans les analyses physico-chimiques

➤ Azote ammoniacal :

Réactif 1 : Acide dichloroisocyanurique

Hydroxyde de sodium NaOH.....32g.
Eau distillée.....q.s.p.....1000ml.

Réactif 2 : Tricarbonate de sodium.....130g.

Salicylate de sodium.....130g.
Nitropruciate de sodium.....0,97 g.
Eau distillée.....q.s.p.....1000ml.

➤ Nitrite :

Réactif 1 : Acide sulfanilique

Acide sulfanilique.....40 g.
Hydrogénosulfate de potassium.....100 ml.
Eau distillée.....q.s.p.....1000 ml.

Réactif 2 : N-1-Naphtyl éthylène diamine

N-1-Naphtyl éthylène diamine130 g.
Eau distillée.....q.s.p.....1000 ml.

Réactif mixte :

Acide sulfanilique.....40 g.
N-1-Naphtyl éthylène diamine2 g.
Acide phosphorique.....100 ml.
Eau distillée.....q.s.p.....1000 ml.

➤ Nitrate :

- Solution de salicylate de sodium à 0,5% (renouveler toutes les 24 h)
- Solution d'hydroxyde de sodium à 30%
- Acide sulfurique concentré
- Tartrate double de sodium et de potassium

Hydroxyde de sodium NaOH.....400g
Tartrate de sodium et de potassium.....60 g
Eau distillée.....q.s.p.....1000 ml.

Et refroidir avant le compléter par de l'eau distillée. Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l

Nitrate de potassium anhydre.....400 g.
Eau distillée.....q.s.p.....1000 ml.
Chloroforme.....1g.

➤ Phosphate :

Réactif mixte :

A : 13 g d'heptamolybdate d'ammonium100 ml d'eau distillée

B : 0,35 g tartrate d'antimoine100 ml d'eau distillée
 C : 150 ml d'acide sulfurique concentrée.....150 ml d'eau distillée
 (A + B) + C.....150 ml d'eau distillée
 Acide ascorbique à 10% Acide ascorbique.....10 g.
 Eau distillée.....100 ml.

➤ **Détermination de calcium et magnésium :**

Solution d'EDTA N/50 (0,02N ou 0,01M)

EDTA.....3,725g.

Après déshydratation à 80°C pendant 2h.

Eau distillée.....q.s.p.....1000 ml.

Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 2 N

NaOH.....80 g.

Eau distillée.....q.s.p.....1000 ml.

Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) pH=10,1

Chlorure d'ammonium.....67,5 g.

NH₄OH (25%).....570 ml.

EDTA (C₁₀ H₁₄ N₂ Na₂ O₈ 2H₂O).....5 ml.

Eau distillée.....q.s.p.....1000 ml.

Conserver la solution dans une bouteille en polyéthylène.

Indicateurs colorés

Noire eriochrome : 0,5 dans 25 ml d'éthanol.

Murexide 0,2 g dans 100 g de NaCl.

➤ **Chlorure :**

Solution de nitrate d'argent à 0,01N

Nitrate d'argent 0,01 N

1,6987 g à 1000 ml d'eau distillée. Agitation faible.

Indicateur coloré chromate de potassium K₂CO₄ à 10%

10 g ajoutés à 100 ml d'eau distillée. Agitation faible.

➤ **Sulfates :**

Solution mère de sulfate à 1g/l à partir de NO₂SO₄

verser 1,47 g de NO₂SO₄ à 1000 ml d'eau distillée.

Solution stabilisante Acide chlorhydrique.....60 ml.

Ethanol.....200 ml.

Chlorure de sodium.....150 g.

Glycérol.....100 ml.

Eau distillée.....q.s.p.....600 ml.

Solution de chlorure de baryum Chlorure de baryum.....150 g.

Acide chlorhydrique.....5 ml.

Eau distillée.....q.s.p.....1000 ml.

Les réactifs utiliser dans les analyses bactériologiques

<p style="text-align: center;">Gélose Bile Esculine Azid (BEA) g/l</p> <p>Peptone.....17,0 g Peptonepepsique de viande.....3,0 g Extrait de levure.....5,0 g Esculine.....1,0 g Citrate de sodium..... 1,0 g Citrate de fer ammoniacal.....0,5 g Bile de bœuf déshydratée.....10,0 g Azide de sodium.....0,25 g Chlorure de sodium.....5,0 g Agar.....15,0 g pH = 7,1</p>	<p style="text-align: center;">Gélose au Cétrimide g/l</p> <p>Peptone de gélatine.....16,0 g Peptone de caséine.....10,0 g Bromure de tétradonium (cétrimide)0,2 g Acide nalidixique.....150mg Sulfate de potassium.....10,0 g Chlorure de magnésium.....1,4 g Agar.....15,0 g pH = 7</p>
<p style="text-align: center;">Gélose de Chapman g/l</p> <p>Peptone.....10,0 g Peptone de viande de bœuf.....3,0 g Chlorure de sodium.....75,0 g Mannitol.....10,0 g Rouge de phénol.....0,025 g Agar.....15,0 g pH = 7,4</p>	<p style="text-align: center;">Gélose Nutritive g/l</p> <p>Extrait de viande.....1,0 g Extrait de levure.....2,0 g Peptone.....5,0 g Chlorure de sodium.....5,0 g Agar.....15,0 g pH = 7,4</p>
<p style="text-align: center;">Gélose Hektoen g/l</p> <p>Protéose-peptone.....12,0 g Extrait de levure.....3,0 g Lactose.....12,0 g Saccharose.....12,0 g Salicine.....2,0 g Citrate de fer III et d'ammonium... 1,5 g Sels biliaires.....9,0 g Fuchsine acide.....0,1 g Bleu de bromothymol.....0,065 g Chlorure de sodium.....5,0 g Thiosulfate de sodium.....5,0 g Agar.....15,0 g pH = 7,5</p>	<p style="text-align: center;">Gélose Lactosée au Tergitol 7 et au TTC g/l</p> <p>Peptone.....10,0 g Extrait de viande.....5,0 g Extrait de levure.....6,0 g Lactose.....20,0 g Tergitol 7.....10 mg TTC.....25 mg Bleu de bromothymol.....50 mg Agar.....15,0 g pH = 7,2</p>
<p style="text-align: center;">Gélose de King_A g/l</p> <p>Peptone.....20,0 g Glycérol.....10,0 g</p>	<p style="text-align: center;">Bouillon de Rappaport_ Vassiliadis g/l</p> <p>Peptone de soja.....4,5 g Vert malachite.....36 mg</p>

Sulfate de potassium.....10,0 g Chlorure de magnésium.....1,4 g Agar purifié.....15,0 g pH = 7,2	Chlorure de sodium.....7,2 g Dihydrogénophosphate de potassium 1,5g Chlorure de magnésium hexhydraté 37,3g pH = 5,2
<p style="text-align: center;">Gélose de Slanetz g/l</p> Peptone.....20,0 g Glucose.....2,0 g Azide de sodium.....0,4 g Chlorure de triphényltétrazolium (TTC)0,1 g Hydrogénophosphate de sodium4,0 g Agar.....15,0 g pH = 7,1	<p style="text-align: center;">Gélose TSI (TRIPLE SUGAR IRON) g/l</p> Peptone de gélatine.....5,0 g Peptone de caséine.....5,0 g Extrait de levure.....3,0 g Extrait de bœuf.....3,0 g Peptone de viande.....10,0 g Chlorure de sodium5,0 g Lactose.....10,0 g Sucrose.....10,0g Dextrose.....1,0 g Citrate ferrique d'ammonium.....0,2 g Thiosulfate de sodium.....0,2 g Rouge phénol.....0,025 g Gélose.....15,0 g pH = 7,3 +/- 0,2 à 25°C
<p style="text-align: center;">Gélose Viande foie VF g/l</p> Base viande foie.....30,0 g Glucose.....2,0 g Agar.....6,0 g pH = 7,4	<p style="text-align: center;">Eau physiologique</p> Chlorure de sodium.....8,5 g Eau distillée.....1000 ml <p style="text-align: center;">Autoclaver à 120°C pendant 15 min</p>

Résultats de l'analyses physico-chimiques de l'eau de barrage KEDDARA avant et après traitement

❖ Résultats des paramètres physique :

Mois	Date	Heure	Température (°C)		pH (Unité pH)		Conductivité (µs/cm)		Turbidité (NTU)		Temps
			EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	
Février	15/02/2015	11:45	12,2	12,2	8,09	7,58	957	965	7,71	1,22	P. nuageux
Mars	01/03/2015	09:00	11,7	12,1	8,09	7,58	951	948	7,57	0,48	Nuageux
	15/03/2015	08:45	13,7	14,1	7,79	7,6	906	929	7,08	0,95	Ensoleillé
	29/03/2015	08:50	14,1	15,8	8,09	7,45	916	922	6,78	0,46	Ensoleillé
Avril	12/04/2015	08:50	16,5	17	7,89	7,58	949	951	7,72	0,54	Ensoleillé
	26/04/2015	09:00	15,8	16,6	8,08	7,5	919	931	4,54	0,72	Ensoleillé
Normes Algérienne			25		6,5 et 9		2800		-	5	

(-) = non évaluer (P) = Pluie

❖ Résultats des paramètres chimiques :

Mois	Date	Heure	Nitrate (mg/l)		Nitrite (mg/l)		Ortho phosphate (mg/l)		Ammonium (mg/l)		Chlore libre (mg/l)		Aluminium (mg/l)	
			EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET
Février	15/02/2015	11:45	4	4,04	<0,03	<0,03	<0,04	<0,04	0,03	0,03	0,1	0,58	0,03	0,3
Mars	01/03/2015	09:00	4,18	3,88	<0,03	<0,03	<0,04	<0,04	0,04	0,02	0,15	0,63	0,15	0,63
	15/03/2015	08:45	3,94	3,81	<0,03	<0,03	<0,04	<0,04	0,03	0,02	0,11	0,48	0,02	0,28
	29/03/2015	08:50	4,6	4,18	<0,03	<0,03	<0,04	<0,04	0,02	0,01	0,08	0,44	0,01	0,15
Avril	12/04/2015	08:50	3,94	3,87	<0,03	<0,03	0,06	<0,04	0,1	0,01	0,08	0,16	0,21	0,29
	26/04/2015	09:00	3,91	3,84	<0,03	<0,03	<0,04	<0,04	0,04	0,04	0,12	0,83	0,23	0,43
Normes Algérienne			50	-	50	0,2	10	5	4	0,5	-	-	-	0,2

❖ **Résultats des paramètres dematière organique et oxydable :**

Mois	Date	Heure	DCO (mgO ₂ /l)		DBO ₅ (mgO ₂ /l)		Temps
			EB	ET	EB	ET	
Février	15/02/2015	11:45	9,56	7,64	0,25	0,74	P. nuageux
Mars	01/03/2015	09:00	9,54	6,71	0,67	0,78	Nuageux
	15/03/2015	08:45	11,47	9,56	0,49	0,74	Ensoleillé
	29/03/2015	08:50	11,16	9,76	0,66	0,76	Ensoleillé
Avril	12/04/2015	08:50	10,88	8,51	0,53	0,99	Ensoleillé
	26/04/2015	09:00	10,59	9,55	0,59	0,77	Ensoleillé
Normes Algérienne			30	-	7	-	

❖ **Résultats de la minéralisation globale :**

Mois	Date	Heure	Calcium (mg/l)		Magnésium (mg/l)		Chlorure (mg/l)		Sulfate (mg/l)		Temps
			EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	
Février	15/02/2015	11:45	74,4	79,4	31,6	37,9	102,7	104,0	208,3	229,8	P. nuageux
Mars	01/03/2015	09:00	70,6	76,7	46,1	46,6	105,9	105,6	218	234	Nuageux
	15/03/2015	08:45	70,4	72	43,2	38	90,4	93,2	210,4	221,5	Ensoleillé
	29/03/2015	08:50	74,5	75,5	44,5	39	96	100,1	219,6	235,7	Ensoleillé
Avril	12/04/2015	08:50	76,8	78,8	45,6	40,6	100,4	109,6	218	236	Ensoleillé
	26/04/2015	09:00	75,7	78,2	38,0	37,5	102,7	109,9	220	237	Ensoleillé
Normes Algérienne			-	200	-	-	600	500	400	400	

Résultats de l'analyses bactériologiques de l'eau de barrage KEDDARA avant et après traitement

Mois	Date	Heure	G T (Germe/1ml)		CT (Germe/100ml)		CF (Germe/100ml)		SF (Germe/100ml)		ASR (Germe/100ml)		Staphylocoques (Germe/100ml)		<i>Salmonella</i> (Germe/100ml)	
			EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET
Février	15/02/2015	11:45	29	00	34	00	200	00	06	00	16	00	Abs	Abs	Abs	Abs
Mars	01/03/2015	09:00	300	00	42	00	200	00	12	00	00	00	Abs	Abs	Abs	Abs
	15/03/2015	08:45	32	00	200	00	36	00	06	00	14	00	Abs	Abs	Abs	Abs
	29/03/2015	08:50	54	00	11	00	00	00	08	00	07	00	Abs	Abs	Abs	Abs
Avril	12/04/2015	08:50	30	00	20	00	01	00	10	00	07	00	Abs	Abs	Abs	Abs
	26/04/2015	09:00	35	00	13	00	03	00	03	00	04	00	Abs	Abs	Abs	Abs
Normes Algérienne			20000 /100ml	00	50000 /100ml	00	20000 /100ml	00	10000 /100ml	00	-	0/20ml	-	00	Abs dans 1000 ml	00

(-) = non évaluer (P) = Pluie (Abs) = Absence des germes

Norme Algérienne de qualité des eaux superficielles destinées à l'alimentation en eau potable des population

[Journal officiel N° 34 du 19 juin 2011]

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Echelle Pt	200
	Odeur (taux dilution à 25°)	-	20
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Cl	600
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité	µs/cm à 20°C	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg/l O ₂	7
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O ₂	30
	Matières en suspension	mg/l	25
	Sulfate	mg/l SO ₄	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O ₂	30
	Température	°C	25
	Paramètres chimiques	Ammonium	mg/l
Baryum		mg/l	1
Bore		mg/l	1
Fer dissous		mg/l	1
Fluor		mg/l	2
Manganèse		mg/l	1
Nitrates		mg/l NO ³	50
Phosphore		mg/l	10
Zinc		mg/l	5
Hydrocarbures polycycliques aromatiques		µg/l	1
Hydrocarbures dissous		µg/l	1000
Phénols		µg/l	2
Azote kjeldhal		mg/l	3
pesticides		µg/l	1
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	20 000
	Entérocoques	n/100ml	10 000
	Salmonelles	-	Absence dans 1000 ml

Tableau : norme Algérienne de qualité des eaux superficielles destinées à la consommation (JORA, 2011)

Norme Algérienne de potabilité des eaux de consommation

[Journal officiel N° 18 du 23 Mars 2011]

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur indicative
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µs/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25
	Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l
Ammonium		mg/l	0,5
Baryum		mg/l	0,7
Bore		mg/l	1
Fer total		mg/l	0,3
Fluorures		mg/l	1,5
Manganèse		µg/l	50
Nitrates		mg/l	50
Nitrites		mg/l	0,2
Oxydabilité		mg/l O ₂	5
Phosphore		mg/l	5
Acrylamide		µg/l	0,5
Antimoine		µg/l	20
Argent		µg/l	100
Arsenic		µg/l	10
Cadmium		µg/l	3
Chrome total		µg/l	50
Cuivre		mg/l	2
Cyanure		µg/l	70
Sélénium		µg/l	10
Zinc	mg/l	5	
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfite-réductrices	n/20ml	0

Tableau: norme Algérienne de potabilité des eaux de consommation (JORA, 2011)