

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCINECES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE SCIENCES AGRONOMIQUES



Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de master en sciences agronomiques

Option : Eau et Environnement

Thème

***Suivi de la qualité bactériologique des eaux de
consommation avant et après distribution du barrage
Taksebt T.O***

Présenté par :

 **Mr. SAADI BOUSSAD**
 **Mr. MECHACHE RIAD**

Soutenu publiquement, devant le jury d'examen composé de :

Mr BERRADJ.O	Maitre de conférences B	U.M.M.T.O	Président
Dr. METAHRI M^{ed} Said	Maitre de conférences A	U.M.M.T.O	Promoteur
Mme. BOUZID.M	Doctorante	U.M.M.T.O	Co-Promotrice
Mme. BELMIHOUB.N	Doctorante	U.M.M.T.O	Examinatrice



Année universitaire 2017/2018



Remerciements

L'accomplissement du présent travail n'a été possible qu'avec le soutien d'ALLAH et de certaines personnes.

Nous exprimons nos sincères remerciements ainsi que notre grande reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'étude et leur exprimer notre gratitude pour l'intérêt et le soutien qu'ils nous ont généreusement accordé.

*Nos vifs remerciements s'adressent à notre promoteur **Dr Mitahri M^{ed} Saïd** et notre Co-promotrice **Mme BOUZID M** pour avoir dirigé notre projet de fin d'étude. Pour leurs précieux conseils, leurs encouragements et leurs soutiens, durant le déroulement de ce travail.*

Aux membres du jury, Qui ont donné la peine d'examiner ce travail, nous leur sommes infiniment reconnaissants. Leurs critiques et suggestions contribueront certainement à rehausser la valeur scientifique de ce travail.

Enfin nous remercions tous les enseignants du Département de SNV de l'Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, pour leur contribution dans notre formation, et en particulier les enseignants du département d'agronomie.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

*Au tout puissant **ALLAH** le clément et qui manifeste sa clémence*

A mon père

Vous avez fait d'énormes sacrifices pour vos enfants et vous n'avez jamais cessé de nous prodiguer des conseils pour le droit chemin. Que votre simplicité, votre disponibilité, et votre respect pour les autres me servent d'exemples.

A ma mère

Les mots me manquent pour vous qualifier, tout ce que j'aurais à dire ne saurait, exprimer à fond tout le sacrifice et l'endurance que vous avez dû subir pour nous élever.

Je vous demande pardon et vos bénédictions nuits et jours. Je ne saurais jamais vous remercier assez. Seul Dieu peut vous gratifier de tout ce que vous avez fait pour nous. Que Dieu le tout puissant vous accorde longue vie, bonne santé et bonheur à nos côtés et qu'il puisse me donner les moyens nécessaires pour affronter les épreuves de la vie ;

AMEN!

A mes sœurs et mes frères

Je vous remercie pour tout ce que vous avez fait pour moi. Votre soutien a sans doute été important pour le bon déroulement de mes études.

A tous mes amis

Pour m'avoir constamment soutenu moralement et m'encourager à aller de l'avant, face aux difficultés rencontrées.

A mes camarades de la promotion

Pour tout ce que nous avons partagé, échangé ensemble. Que Dieu nous réserve de très belles surprises dans notre vie.

RIAD

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

*Au tout puissant **ALLAH** le clément et qui manifeste sa clémence*

A mon père

Vous avez fait d'énormes sacrifices pour vos enfants et vous n'avez jamais cessé de nous prodiguer des conseils pour le droit chemin. Que votre simplicité, votre disponibilité, et votre respect pour les autres me servent d'exemples.

A ma mère

Les mots me manquent pour vous qualifier, tout ce que j'aurais à dire ne saurait, exprimer à fond tout le sacrifice et l'endurance que vous avez dû subir pour nous élever.

Je vous demande pardon et vos bénédictions nuits et jours. Je ne saurais jamais vous remercier assez. Seul Dieu peut vous gratifier de tout ce que vous avez fait pour nous. Que Dieu le tout puissant vous accorde longue vie, bonne santé et bonheur à nos côtés et qu'il puisse me donner les moyens nécessaires pour affronter les épreuves de la vie ;

AMEN!

A mes sœurs et mes frères

Je vous remercie pour tout ce que vous avez fait pour moi. Votre soutien a sans doute été important pour le bon déroulement de mes études.

A tous mes amis

Pour m'avoir constamment soutenu moralement et m'encourager à aller de l'avant, face aux difficultés rencontrées.

A mes camarades de la promotion

Pour tout ce que nous avons partagé, échangé ensemble. Que Dieu nous réserve de très belles surprises dans notre vie.

BOUSSAD

Table des Matières

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES SCHEMAS

INTRODUCTION GENERALE.....1

Partie I : Revue bibliographique

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'EAU

1. Définition de l'eau	3
2. La molécule de l'eau	3
3. Propriétés de l'eau	3
4. Les sources d'approvisionnement en eau	3
4.1. Les sources d'approvisionnement conventionnelles	4
4.1.1. Les eaux superficielles	4
4.1.2. Les eaux souterraines	4
4.2. Les sources non conventionnelles	4
4.2.1. Les eaux de mer	4
4.2.2. Les eaux usées.....	5
5. La classification des eaux de consommation.....	5
5.1. Les eaux de boisson	5
5.2. Les eaux de distribution	5
6. Les eaux de captage individuel	6
7. Les eaux embouteillées	6
8. Les eaux minérales naturelles.....	6
9. Les eaux de source	6
10. Risques liés à l'eau	6
10.1. A court terme.....	6

10.2. A moyen terme.....	6
10.3. A long terme	7
11. la pollution des eaux	7
11.1. Définition	7
11.2. Manifestation de pollution des eaux	7
12. Principales maladies à transmission hydrique	8
13. Principales maladies à transmission hydrique.....	9
13. 1. Maladies d'origine bactérienne	9
13.1.1. Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes.....	9
13.1.2. Choléra	9
13.1.3. La légionellose.....	9
13.1.4. La Shigellose ou Dysenterie bacillaire	10
13.2.Maladies hydriques d'origine virale	10
13.2.1. Les hépatites virales.....	10
13.2.2. Poliomyélite	10
13.3.Maladies hydriques d'origine protozoaire	10
13.3.1. L'amibiase	10
13.3.2. Les Giardiases	11
13.4.Les maladies causées par les helminthes.....	11
13.4.1. Ascariadiase ou ascaridiose	11
Chapitre II : Les paramètres de qualité des eaux potables.....	12
II. Paramètres globaux de la qualité des eaux potables	12
1. les paramètres organoleptiques	12
1.1.La couleur	12
1.2.L'odeur et le gout.....	12
1.3.La turbidité	12
2. Les paramètres physico-chimiques.....	12
2.1.La température	12
2.2.Le potentiel hydrogène	13
2.3.L'alcalinité	13
2.4.Résidu Sec (RS).....	13
2.5.La dureté	13

2.6.La conductivité électrique (CE)	13
2.7.Les matières en suspension	14
2.8.La minéralisation globale	14
2.8.1. Le calcium (Ca ²⁺) et le magnésium (Mg ²⁺)	14
• le calcium	14
• Le magnésium	14
2.8.2. Le sodium	14
2.8.3. Les chlorures	14
2.8.4. Le potassium (K ⁺)	14
3. Les paramètres indésirables	15
4. Les paramètres de toxicité	15
5. Les paramètres de pollution organique	15
6. Les paramètres bactériologiques	16
6.1.La flore mésophile aérobie	16
6.2.Les coliformes	16
6.3.Les streptocoques fécaux ou entérocoques	16
6.4.Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices	17
6.5.Salmonelles	17
6.6.Vibrion cholériques	18

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériel et méthodes

Introduction.....	19
1. Le barrage de TAKSEBT	19
2. Description et fonctionnement de la station	20
3. La station de TAKSEBT	20
3.1.Capacité de la station.....	20
3.2.Qualité de l'eau d'entrée.....	21
3.3.Qualité de l'eau de sortie.....	22

3.4. Identification des ouvrages de traitement.....	22
3.4.1. La station de traitement comporte.....	22
• Un ouvrage d'arrivée	22
• Chambre de mélange	22
• 02 filières de traitement	22
• 02 réservoirs de capacités de 38000m ³	23
4. traitement des boues.....	23
• Traitement des eaux de lavage	23
• Épaississement.....	23
5. Bâtiment de stockage des produits chimique	23
6. Les réactifs utilisés	23
6.1. Chlore.....	23
6.2. En chloration	23
6.3. En post-chloration	23
7. Etapes de traitement de l'eau.....	24
7.1. Dissipation, mélange et répartition.....	24
7.2. Décantation.....	24
7.3. Filtres.....	24
7.4. Désinfection et stockage d'eau traitée.....	24
7.5. Etapes de traitement des boues.....	25
8. Technique d'analyse des paramètres bactériologiques	25
8.1. Méthode d'échantillonnage	25
8.2. Transport des échantillons.....	25
9. Méthodes d'analyse bactériologique	25
9.1. Méthodes par filtration sur la membrane	25
9.2. Méthode par incorporation	26
9.3. Préparation de milieu de culture	26
9.4. Préparation des dilutions décimales	26
9.5. Les dilutions	26
10. Mode opératoire bactériologique	27
10.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables	27

10.2. Recherche et dénombrement des Coliformes	28
10.2.1. en milieux liquides	29
10.2.2. Colimétrie par filtration	29
11. Recherche de coliformes totaux	30
12. Recherche de coliformes fécaux.....	30
13. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	30
13.1. en milieux liquides.....	31
13.1.1. Méthode de recherche en milieu liquide	31
13.2. Streptométrie par filtration	31
14. Recherche et dénombrement des Spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs	32

Chapitre VI : Résultats et interprétation

1. Résultats	34
1.1.Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau d'entrée (eau brute).....	34
1.2.Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau traitée	34
1.3.Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau du robinet	36
2. Interprétation des résultats	36
2.1.Germes Totaux à 37 C°	37
2.2.Germes Totaux à 22 C°	37
2.3.Coliformes Totaux.....	38
2.4.Coliformes Fécaux.....	38
2.5.Streptocoques Fécaux.....	39
2.6.Spores d'Anaérobies- Sulfito-Réducteurs.....	40

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	41
-------------------------------------	----

Références bibliographiques

ANNEXE

Liste des abréviations

% : pourcentage.

°C : degré Celsius.

ADE : Algérienne des eaux.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

BCPL : Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol.

BGN : Bacilles Gram Négatifs.

BLBVB : Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant,

Bouillon Rothe : Bouillon à l'azide de sodium,

D/C : Double Concentrations.

E. coli : *Escherichia Coli*.

Eva Litsky : Bouillon à l'éthyle violet et azide de sodium,

g/l : gramme par litre.

m³ : mètre cube.

Max : Maximum.

MES : Matière En Suspension.

Mg : milligramme.

mg/l : milligramme par litre.

Min : Minimum.

ml : millilitre.

ml : millilitre.

mm : millimètre.

NF : Norme Française.

NPP : Nombre le Plus Probable.

NPP : Nombre Plus Probable.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PH : potentiel d'Hydrogène.

S/C : Simple Concentrations.

TA : Total Alcalinité

TGEA : Tryptone Glucose Extract Agar.

TH : Titre Hydrométrique

UFC : Unité Formant Colonie.

VF : Viande Foie.

Liste des tableaux

Tableau n°01 : grille normative concernant le PH pour estimer la qualité de l'eau en Algérie.

Tableau n°02 : grille normative de la minéralisation globale pour estimer la qualité de l'eau en Algérie.

Tableau n°03 : facteurs toxiques selon l'OMS et le journal officiel algérien.

Tableau n°04 : qualité de l'eau brute à l'entrée de la station TAKSEBT.

Tableau n°05 : tableau récapitulatif des différentes analyses bactériologiques de l'eau brute.

Tableau n°06 : les résultats des analyses des paramètres bactériologiques des eaux traitées.

Tableau n°07 : résultats des analyses des paramètres bactériologiques des eaux du robinet.

.

Listes des figures

Figure n°01 : barrage de TAKSEBT.

Figure n°02 : localisation de la station de traitement SEAAL.

Figure n°03 : dispositif de filtration.

Figure n°04 : ensemencement en milieu liquide.

Figure n°05 : préparation des dilutions.

Figure n°06 : variation des germes totaux 37°C en fonction du temps.

Figure n°07 : variation des germes totaux 22°C en fonction du temps.

Figure n°08 : variation des coliformes fécaux 44°C en fonction du temps.

Figure n°09 : variation des streptocoques fécaux 37°C en fonction du temps.

Figure n°10 : variation des sulfito-réducteurs 37°C en fonction du temps.

Liste des schémas

Schéma n°01 : recherche et dénombrement des germes revivifiables.

Schéma n°02 : colimétrie en milieu liquide (test de présomption).

Schéma n°03 : colimétrie en milieu liquide (test de confirmation).

Schéma n°04 : colimétrie par filtration.

Schéma n°05 : recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquides (test de présomption)

Schéma n°06 : recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquides (test de confirmation).

Schéma n°07 : stréptométrie par filtration.

Schéma n°08 : recherche et dénombrement des ASR.

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique. Non seulement, elle est un nutriment vital, elle est directement impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets (Kirkpatrick et Fleming, 2008). 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 (Henri, 2012).

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme d'être préjudiciable à la santé des individus (John et Donald, 2010). Selon (l'OMS, 2005), chaque année 1,8 millions de personnes dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement meurent de maladies diarrhéiques (y compris du choléra) ; 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant et à une hygiène défectueuse.

En Algérie, les eaux de surface sont les principales sources pour notre approvisionnement en eau potable, mais de plus en plus l'individu et la municipalité se tournent vers les nappes qui renferment un volume non négligeable d'eau exploitable (Chekroud, 2007).

La qualité d'une eau potable, est un facteur déterminant dans la prévention des maladies à transmission hydrique, d'où, elle doit bénéficier d'une attention particulière. En effet, une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques et/ou biologiques susceptibles, à plus ou moins long terme nuire à la santé des individus (JOHN et *al.* 2010).

Parmi les nombreux micro-organismes qui peuplent les eaux de surface et souterraines, sont les germes totaux, les coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux et les *Clostridium* sulfite-réducteurs se qui sont des indicateurs les plus utiles pour estimer la contamination bactériennes (FEWTRELL et *al.* 2001).

L'objectif de cette modeste étude, consiste à évaluer la qualité bactériologique de l'eau brute et traitée du barrage de Taksebt ainsi que d'une ère distribution sise au campus universitaire Hasnaoua II.

Cette étude est divisée en deux parties, dont une bibliographique dans laquelle un ensemble de données et d'informations concernant notre thème ont été collectés. Elle est répartie sur deux chapitres comme suit :

- Le *premier chapitre* est un rappelle sur l'eau d'une façon générale, les diverses pollutions qui l'affectent, les microorganismes et les maladies à transmission hydrique.
- Le *deuxième chapitre* présente les paramètres de qualité de l'eau avec les normes de potabilité.

La deuxième partie est consacrée à la méthodologie adoptée pour réaliser la partie expérimentale. Les résultats et discussions sont représentés dans la troisième partie. Enfin nous terminons par une conclusion suivie de perspectives pour finir notre manuscrit.

1. Définition de l'eau

Eau : en latin aqua, qui a donné aquatique, et en grec hydro qui a donné hydrique.

L'eau est un élément sous forme liquide en condition standards (T° et P ambiante), composée sous sa forme pure de molécules qui associent deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène sous la forme H_2O .

L'eau est partout présente dans la nature. C'est un liquide incolore, inodore, sans saveur, de pH neutre et c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. (BERNARD C, 2007).

2. La molécule de l'eau

Chaque atome d'hydrogène et celui d'oxygène mettent en commun chacun un électron pour former deux liaisons chimiques de forte énergie : « *Les liaisons de covalence* ».

Cet arrangement électronique confère à la molécule d'eau une grande stabilité chimique. La molécule d'eau se comporte comme un dipôle électrique, cette répartition des charges permet de comprendre certaines propriétés physico-chimiques (solvant-soluté), car cette propriété électrique est responsable de grand pouvoir dissolvant de l'eau vis-à-vis des composés ioniques comme certains sels, acides et bases (OLIVAUX, 2007).

3. Propriétés de l'eau

L'eau est un composé chimique simple, sous l'action du soleil, de la pression atmosphérique et de la température, elle change d'état, liquide à température et pression ambiantes, gazeuse au-dessus de $100^\circ C$ et solide en dessous de $0^\circ C$. Sa formule chimique est H_2O , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (ABDESSELEM, 1999).

L'eau est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. (BERNARD, 2007).

Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, sa circulation au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique nommé « le cycle de l'eau » (BERTRAND, 2008).

4. Les sources d'approvisionnement en eau

Les ressources en eau sur terre, sont classées en deux grands groupes : les ressources conventionnelles et les ressources non conventionnelles :

En Algérie, les ressources en eau proviennent des eaux de surface, des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture et l'industrie. (Harrat et Achour, 2010).

La gestion des ressources en eau, en quantité et en qualité, reste au centre des préoccupations de pays compte tenu de l'insuffisance des ressources qui est souvent aggravée par la sécheresse. (*Bouchemal et Achour, 2015*).

Le degré de qualité exigible dépend évidemment de ces usages dont on est particulièrement attentif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, elle-même dépendante de celle des ressources en eau disponibles. (*Festy et al..., 2003*).

4.1. Les sources d'approvisionnement conventionnelles

Elles comprennent les eaux superficielles et les eaux souterraines.

4.1.1. Les eaux superficielles

Il s'agit des masses d'eaux bien individualisées solides ou liquides, immobiles ou en mouvement. Elles se trouvent en contact étroit avec le sol d'un côté et avec l'atmosphère de l'autre côté. Leur origine est l'eau des précipitations, elles sont constituées par les eaux des ruissellements, rivières, fleuve, étangs, lacs, barrages-réservoirs et les glaces. (*Vilagines, 2010*).

4.1.2. Les eaux souterraines

Lorsque l'eau superficielle pénètre dans le sol, une partie est retenue à la surface des grains ou dans les micro-interstices. Cette quantité d'eau retenue est caractéristique d'un sol donné et se définit comme sa capacité de rétention. (*Vilagines, 2010*).

L'autre partie de cette eau, percole en direction de sous-sol sous l'action de la pesanteur. Ce sont les eaux des nappes phréatiques, qui correspondent à 22% des réserves d'eau douce, soit environ 1000 milliard de m³. Leur origine est représentée par l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et de la structure géographique du sol. Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elle est donc d'excellente qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface. (*Aissaoui, 2013*)

4.2. Les sources non conventionnelles

4.2.1. Les eaux de mer

La mer s'étend sur 71% environ de la surface du globe. L'hémisphère sud est le principal réservoir d'eau de mer. Dans l'hémisphère nord on trouve plusieurs mers salées, qui communiquent pour certaines avec l'océan. La mer est multicolore, car elle reflète les différentes teintes du ciel. En plein océan, la mer est presque toujours bleu marine. Aux abords du littoral le bleu s'éclaircit et vire quelques fois au vert à cause du plancton et des particules minérales. La manche, peu profonde, très peuplée en micro-organismes, est verte. La méditerranée profonde, mais pauvre en micro-organismes, est vraiment bleu.

Les eaux froides polaires sont plus vertes que les eaux tropicales, car plus riches en plancton. C'est également le plancton qui rend de nuit l'eau de mer phosphorescente, lumineuse. A moins 500 mètres de profondeur, c'est le noir absolu car la lumière du soleil n'y pénètre plus. (*Moulin, 2004*).

4.2.2. Les eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leurs charges polluantes, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollutions et de nuisances. (*Dugniolle, Glanic et Benneton in Metahri, 2012*).

Les eaux usées sont maintenant réutilisées à différentes fins dans nombreux pays, en particulier au Moyen-Orient, et cette pratique devrait se répandre à l'avenir. L'eau non potable est utilisée partout dans le monde pour l'irrigation et le refroidissement industriel. Les villes se tournent également vers la réutilisation de l'eau pour compléter l'approvisionnement en eau potable, profitant des progrès réalisés en matière de traitement de l'eau. (*Witgen, 2009*).

5. La classification des eaux de consommation

5.1. Les eaux de boisson

Une eau est dite potable lorsqu'elle n'offre pas d'inconvénients pour la santé du consommateur (*FREDDY, 2010*).

L'OMS a définie l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit répondre à des normes très strictes relatives aux paramètres organoleptiques, physico-chimiques, microbiologiques et aux substances indésirables et toxiques. Pour chaque paramètre, des valeurs limites à ne pas dépasser sont établies. Le fait qu'une eau est potable ne signifie pas qu'elle soit exempte d'agents pathogènes, mais que leurs teneurs sont insuffisantes pour déclencher une maladie. (*Si Abderrahmane, 2016*).

5.2. Les eaux de distribution

Les eaux de distribution publique ou eaux du robinet, proviennent de captage d'eaux superficielles (cours d'eau, lac etc.), de nappes ou de sources souterraines. Ces eaux subissent des traitements avant leur distribution selon la charge polluante (*SOUMARE.I.G, 1997*), et une désinfection pour détruire les germes pathogènes (*TRAORE.E.D, 1996*).

6. Les eaux de captage individuel

Les eaux de captage individuel proviennent du captage de sources ou de gisements souterrains, généralement sont destinées à l’approvisionnement des maisons surtout en zone rurale, des hameaux et des industries non desservies par l’eau du robinet. Ces eaux sont souvent utilisées sans un traitement préalable. (*Anonyme 1*).

7. Les eaux embouteillées

Elles doivent provenir de nappes souterraines très protégées et mises à l’abri de toute souillure (**TRAORE.E.D, 1996**).

Elles sont mises dans des bouteilles en plastique ou en verre. Elles sont deux catégories :

8. Les eaux minérales naturelles

Ces eaux ne respectent pas forcément l’ensemble des critères de potabilité. Elles possèdent des caractéristiques qui sont de nature à leur conférer des propriétés médicamenteuses. (*France, 1995 : Ministère des affaires sociales, de la santé et de la ville*).

9. Les eaux de source

Une eau de source est une eau d’origine souterraine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution. A l’émergence et au cours de la commercialisation, elle respecte ou satisfait les limites ou références de qualité, portant sur des paramètres microbiologiques et physico-chimiques, définies par arrêté des ministres chargés de la consommation et de la santé.

Une eau de source est exploitée par une ou plusieurs émergences naturelles ou forées. Elle doit être introduite à la source dans des récipients autorisés destinés à la livraison au consommateur. (*Code de la santé publique - Article R1321-84 | Legifrance - Légifrance*).

10. Risques liés à l’eau

La notion de teneur est liée à la notion de temps d’exposition ; en effet, le temps de réponse de l’organisme humain n’est pas uniforme vis-à-vis des agresseurs potentiels et les risques sanitaires sont souvent divisés en risques à court, à moyen ou à long terme (*OMS, 1994*).

10.1. A court terme

Il s’agit principalement des maladies à transmission hydrique provoquées par des germes pathogènes (bactéries, virus, salmonelles...). Une seule absorption d’eau polluée peut entraîner la contamination (*OMS, 1994*).

10.2. A moyen terme

Certains composés perturbent de façon sensible les fonctions vitales : nitrates (Méthémoglobinémie), fluor (fluorose), sulfate de magnésium (eau laxative) et autres. (*OMS, 1994*).

10.3. A long terme

Des phénomènes d'accumulation de composés toxiques peuvent être à l'origine de cancer (métaux lourds, résidus de biocides ou d'hydrocarbures,...) même si la teneur dans l'eau de l'élément incriminé est faible (*micropollution*).

Ces composés peuvent être à l'origine d'empoisonnement rapide si la teneur est très importante et conduire ainsi à un risque sanitaire à court terme ; cela peut être le cas lors d'une pollution accidentelle (déversement en rivière suite à une forte pluie) (*OMS, 1994*).

11. La pollution des eaux**11.1. Définition**

La pollution des eaux est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, généralement provoquée par l'homme, qui la rend impropre ou dangereuse à la consommation humaine (*A.I.D.E, 2014*).

La pollution de l'eau s'entend comme une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établie (*Metahri, 2012*).

11.2. Manifestation de pollution des eaux

Toute pollution d'eau se manifeste par une altération de l'eau qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. Elle a pour origines principales : l'activité humaine, les industries, l'agriculture, les détergents de déchets domestiques et industriels.

- Cette pollution peut être physique : en agissant sur la température de l'eau, ou en réduisant la transparence de l'eau par présence de matière en suspension qui représente l'un des paramètres globaux de pollution, le plus facilement perceptible cependant, c'est l'un des plus difficilement mesurable en continu ;
- Par ailleurs, la pollution chimique de l'eau est due à des substances acides, radioactives à des sels indésirables (nitrates), ou des substances toxiques (pesticides, métaux...). Ces éléments toxiques contenus dans certains rejets, peuvent provoquer des phénomènes de toxicité aiguë ou chronique. Ils peuvent avoir les origines les plus diverses. Certains peuvent même provenir de résidus d'activités industrielles interrompues depuis plusieurs décennies ;
- En outre, la pollution organique de l'eau se manifeste par une surconsommation d'oxygène avec notamment des produits comme l'ammoniac qui affecte le milieu récepteur. La pollution organique non toxique peut être digérée par le milieu naturel, si la masse d'eau est suffisante, grâce au phénomène d'autoépuration. Cependant quand le volume de pollution

biodégradable dépasse les capacités d'autoépuration d'un cours d'eau, l'équilibre de l'écosystème peut être modifié.

D'autre part, la pollution bactériologique introduit dans l'eau des micro-organismes dont certains peuvent engendrer des maladies. La présence des micro-organismes (bactéries, virus et parasites) dans les eaux de consommation est le plus souvent due à une dégradation de la qualité de la ressource en eau, à une protection ou un manque d'entretien des ouvrages de captages, à une défaillance du traitement de désinfection ou à une contamination de l'eau lors de son transport ou stockage dans les réseaux (*Da Silva Valente et al..., 2013*).

12. Principales maladies à transmission hydrique

L'eau peut aussi être source de maladies du fait de sa contamination par des déchets ménagers, industriels, agricoles et divers déchets organiques (*OMS, 2003*).

Le nombre de décès annuel provoqués par ces maladies s'élève à 2,6 milliard ce qui en fait l'une des premières causes de mortalité au monde... parmi ces victimes, 1,8 million d'enfants de moins de 15 ans succombent encore chaque année (*Solidarité internationale, 2015*).

Pour l'OMS, « *La bonne qualité de l'eau de boisson fait davantage pour la santé publique que n'importe quel vaccin ou médicament !* ».

Toutes les huit secondes, un enfant meurt d'une maladie liée à l'eau ! Chaque année, plus d'un milliard d'enfants de moins de cinq ans présentant une diarrhée aiguë, et on dénombre près de cinq millions de décès dus à ces diarrhées principalement dans les régions défavorisées (*KOLTZ, 2010*).

Elles apparaissent lors de la dégradation des conditions d'hygiène et de contrôle sanitaire. Ces maladies peuvent être provoquées par une multitude de micro-organismes tel que : les bactéries, les virus, les champignons, les protozoaires et les parasites (*VILLAGINE ROLAND. 2003*).

Des spécialistes classifient les maladies bactériologiques, virales ou parasitaires liées à l'eau en quatre catégories :

- Les maladies véhiculées par l'eau : elles sont causées par l'ingestion d'eau souillée par de l'urine ou des excréments animaux ou humains contenant des bactéries ou des virus pathogènes. Elles incluent le choléra, la typhoïde, et autre maladie diarrhéiques ;
- Les maladies de l'hygiène : elles sont causées par une mauvaise hygiène personnelle et le contact des yeux ou de la peau avec de l'eau souillée. Elles incluent les gales, le trachome, le typhus et les maladies transmises par les puces, poux et tiques ;
- Les maladies liées à l'eau : elles sont causées par des parasites trouvés dans les organismes hôtes vivant dans l'eau. Elles incluent des maladies causées par des helminthes (vers) ;

- Les maladies transmises par des insectes qui se multiplient dans l'eau : elles incluent la dengue, la filariose, le paludisme ou malaria, la fièvre jaune (*OLIVAUX, 2007*).

13. Principales maladies à transmission hydrique

13. 1. Maladies d'origine bactérienne

13.1.1 Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes

Elles sont des véritables septicémies dues à des Salmonelles (*Salmonella typhie et paratyphiA, B et C*). Elles sont caractérisées par de la fièvre, céphalées, diarrhées, douleurs abdominales, accompagnées d'abattement extrême et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteintes hépatiques, respiratoires et neurologiques. La contamination se fait par voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés ou encore par les mains sales (*Vilaginès, 2003*).

La fièvre typhoïde et paratyphoïde dues à des salmonelles (*salmonella typhus et paratyphus*, peuvent à partir de l'intestin envahir les tissus de l'hôte et provoquer une septicémie accompagnées avec fièvre élevée, une céphalée, diarrhée, douleurs abdominales abattement extérieur (le typhus) (*N. Baziz, 2008*).

13.1.2. Choléra

Le choléra est une maladie à incubation courte allant de quelques heures à 5 jours. Il se caractérise par une diarrhée profuse à grains riz formes, accompagnée de vomissement et de douleurs épigastriques, avec anurie et crampes musculaires. Son évolution est mortelle en absence de réhydratation et d'antibiothérapie.

Compte tenu de sa transmission hydrique, la chloration des eaux de distribution publique s'avère être une nécessité et une importante sécurité. Ces mesures préventives se sont arrivées jusqu'à présent, particulièrement efficaces (*Vilagines, 2010*).

13.1.3. La légionellose

L'agent causal de la maladie des légionnaires (légionellose) est légionnelles, cette maladie est caractérisée par une pneumonie aigue présentant un large spectre de signes clinique allant de la toux avec fièvre modérée jusqu'à la détresse respiratoire. Au début d'affection, les symptômes ne sont pas spécifiques : fièvre, myalgies, anorexie, céphalées. Dans 20% à 40% des cas, on observe des symptômes gastro-intestinaux. Les légionelloses extra pulmonaires sont rares. Elles peuvent être responsables de sinusites, pancréatites, péritonites et pyélonéphrites.

Le réservoir est principalement hydrique. Les sources de contamination incriminées lors d'épidémie sont les installations qui favorisent la multiplication des légionnelles dans l'eau avec une température avoisinante 37°C suivie d'une aérosolisation (*Vilagines, 2010*).

13.1.4. La Shigellose ou Dysenterie bacillaire

Les shigelles sont responsables de toute une variété de signes cliniques allant de la diarrhée aqueuse légère, jusqu'à la dysenterie sévère. Elles sont résistantes aux effets destructeurs des acides facilitate la propagation digestive intraluminale de la bactérie.

Pour les pays pauvres, la shigellose constitue un véritable défi de santé publique, c'est la plus meurtrière des maladies diarrhéiques : elle tue chaque année entre 700 000 et 1 million de personnes dans le monde (*C. Ntembue Muambi, 2013*).

13.2. Maladies hydriques d'origine virale

13.2.1. Les hépatites virales

Les deux principaux virus responsables d'hépatites virales aiguës sont le virus de l'hépatite A (VHA) et le virus de l'hépatite E (VHE). Tous deux sont transmis par voie féco-orale et peuvent provoquer de grandes épidémies. L'eau joue un rôle majeur dans leur transmission. Toutefois, ils correspondent à deux modèles épidémiologiques différents.

Les épidémies ne s'observent que dans les pays à niveau d'hygiène insuffisant et sont généralement liées à une contamination massive de l'eau. Elles se caractérisent par un taux de létalité élevée (*Mars 2003*).

13.2.2. Poliomyélite

La poliomyélite est une infection entérovirale due l'entérovirus *poliovirus*, la polio se diffuse par contact d'homme à homme, entrant généralement dans le corps par la bouche à cause de la contamination par des fèces de l'eau ou de la nourriture. La maladie est généralement mortelle si les cellules nerveuses du cerveau sont attaquées (poliomyélite bulbaire), entraînant une paralysie des muscles essentiels, tels que ceux contrôlant l'ingestion, les battements du cœur et la respiration (*N. Baziz, 2008*).

Les cas de polio ont diminué de plus de 99% depuis 1988. La réduction est le résultat d'un effort global pour éradiquer cette maladie (*A. N'diaye, 2008*).

13.3. Maladies hydriques d'origine protozoaire

13.3.1. L'amibiase

L'amibiase est une parasitose cosmopolite causée par l'amibe dysentérique et provoque la dysenterie amibienne. De nombreuses espèces d'amibe vivent dans le gros intestin de l'homme, seule l'une d'elles ; *Entamoeba histolytica*, est susceptible de déclencher une amibiase, c'est la seule qui possède en effet la capacité de traverser la muqueuse de l'intestin et

d'en détruire la paroi où nourrit exclusivement d'hématies où il provoque une nécrose locale et des ulcères. Ce parasite est présent sous sa forme enkystée dans l'eau ou les aliments souillés qui sont très résistants.

Les symptômes habituels de la maladie sont la diarrhée, la fièvre et des crampes abdominales, l'infection peut se compliquer ; L'amibe change alors de biotope, gagne d'autres organes elle entraîne diverses manifestations intestinales et extra intestinales (hépatique, pulmonaire,...) (*L. Benayada*).

13.3.2. Les Giardiases

La Giardiose est une parasitose de l'intestin grêle, due à un protozoaire flagellé : *Giardia intestinalis*, La transmission du parasite se fait principalement par l'ingestion d'eau ou d'aliment contaminés par les formes kystiques du parasite. On sait actuellement que c'est un parasite, touchant 10 à 20 % des populations vivant en climat tempérés et chauds, Il semble que la présence des *Giardia* entraîne des troubles dans l'absorption de divers aliments ou vitamines, si l'infestation est peu importante, elle peut rester latente.

Parfois, le début est brutal, après incubation de 10 à 15 jours, avec des symptômes gastro-entérite aiguë avec des douleurs abdominales, ballonnement, nausées, anorexie, vomissements, et diarrhée aqueuse. (*L. Benayada*).

13.4. Les maladies causées par les helminthes

13.4.1. Ascariase ou ascaridiose

L'ascaridiose est due à un nématode (ver rond) : *Ascaris lumbricoïdes*. C'est une parasitose cosmopolite, l'une des plus communes et des plus répandues (*A. N'diaye, 2008*).

Dans les années 1970, une personne sur quatre dans le monde en était atteinte, ce chiffre a probablement légèrement diminué depuis. On la rencontre principalement dans les pays tropicaux. La contamination est réalisée par l'ingestion d'œufs d'*ascaris* souillant l'eau les fruits et les légumes, ou par les mains sales. Après avoir éclos dans le tube digestif, les vers gagnent le foie, les poumons puis l'intestin grêle, où ils deviennent adultes, la femelle pondant des œufs rejetés dans les selles (*N. Baziz, 2008*).

II. Paramètres globaux de la qualité des eaux potables

L'eau doit être transparente, ne pas avoir d'odeur ni de goût prononcé, elle ne doit pas être agressive et risquer de corroder les canalisations, etc. (Chocat et al, 2015)

1. Les paramètres organoleptiques**1.1. La couleur**

La présence de couleur dans l'eau de consommation est esthétiquement indésirable. Celle-ci provient de matières organiques, comme par exemple les substances humiques, les tanins mais également les métaux comme le fer et le manganèse ainsi que les résidus industriels fortement colorés. (Fondation Nationale de la Santé, 2013). Toutefois, la limpidité de l'eau ne garantit pas l'absence des germes pathogènes (Fondation Nationale de la Santé, 2013).

1.2. L'odeur et le goût

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ;
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances ;
- Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche ;
- La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. (RODIER, 2005).

1.3. La turbidité

La turbidité de l'eau est due à la présence de matériaux solides en suspension qui réduisent sa transparence. Elle peut être également provoquée par la présence d'algues, de plancton, de matière organique et plein d'autres substances comme le zinc, le fer, le manganèse et le sable, résultant du processus naturel d'érosion ou de rejets domestiques et industriels (Fondation Nationale de la Santé, 2013).

2. Les paramètres physico-chimiques**2.1. La température**

Il est important de connaître la température de l'eau. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels, des gaz, la dissociation des sels dissous, la conductivité électrique et la détermination du pH. De plus, la vitesse des réactions chimiques et biochimiques varie en fonction de la température de l'eau (Rodier et al..., 2009).

2.2. Le potentiel hydrogène

Le contrôle du pH de l'eau distribuée est un facteur clef du réseau puisque ce paramètre influence plusieurs caractéristiques de l'eau traitée. (*J. Durand, 2016*).

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, le pH n'a pas d'effet direct sur la santé mais il présente certain inconvénient. Les législations Algériennes et européennes précisent pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH moyennement neutre comme niveau guide $6,5 < \text{pH} < 8,5$. (*A. MAIGA, 2005*).

Tableau 01 : Grille normative concernant le pH pour estimer la qualité de l'eau en Algérie.

(*Direction des Affaires Sanitaires et Sociales de la Nouvelle-Calédonie, 2014*).

Qualité de l'eau	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Ph	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	>6, - <9	>5, - <9

2.3. L'alcalinité

L'alcalinité de l'eau se définit comme sa capacité à neutraliser un acide. Elle est due à la présence des ions hydrogénocarbonates (HCO_3^-), carbonate (CO_3^-) et hydroxyde (OH^-) (*C.E.A.E.Q, 2011*).

2.4. Résidu Sec (RS)

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (*KHELILI .R, LAZALI .D, 2015*).

2.5. La dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau (*GUILBERT. L, 2000*).

2.6. La conductivité électrique (CE)

Est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre. La mesure de la conductivité est utile, car elle permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (*Metahri, 2012*).

2.7. Les matières en suspension

Les matières en suspension contenues dans les eaux résiduaires constituent un paramètre important qui marque généralement le degré de pollution. Ce sont des matières qui ne sont ni colloïdales, ni solubilisés et elles-peuvent être organique ou minérales. La présence des matières en suspension, diminue la concentration en oxygène dissous, ce qui rend les activités des micro-organismes faibles et par conséquent diminution du phénomène d'autoépuration [13].

2.8. La minéralisation globale

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que carbonates, bicarbonates (HCO_3^-), les chlorures (Cl^-), sulfates (SO_4^{2-}), calcium (Ca^{2+}), sodium Na^+ , potassium (K^+), manganèse Mn^{2+} . Une minéralisation excessive donne un goût salé. (D. Vaurette).

2.8.1. Le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+})

• Le calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (Rodier et al..., 2009).

• Le magnésium

Il constitue l'élément significatif de la dureté de l'eau avec les ions calcium, c'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature (Rodier et al. 2009).

La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riches en Mg^{++} (Dib, 2009).

Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes (SEVESC, 2013).

2.8.2. Le sodium

Le sodium est un métal alcalin que l'on trouve dans des sels sous forme d'ions Na^+ . Il est très soluble dans l'eau et se trouve à des concentrations plutôt faibles dans les eaux brutes. Il affecte la qualité organoleptique de l'eau lorsque sa teneur dépasse 200 mg/L (Si Abderrahmane, 2016).

2.8.3. Les chlorures

Ces éléments sont très répandus dans la nature. Leur teneur dans les eaux est très variable et liée principalement à la nature des terrains traversés (Kahoul et touhami, 2014).

2.8.4. Le potassium (K^+)

Le potassium est étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est très répandue dans la

nature sous forme de sels. Il joue un rôle important dans l'équilibre électrolytique de l'organisme et règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules (Mercier, 2000).

Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 5 à 10 mg.L-1 (Rodier et al. 2009).

Tableau 02 : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie.

(Direction des Affaires Sanitaires et Sociales de la Nouvelle-Calédonie, 2014)

Qualité de l'eau	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Minéralisation globale mg/l	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600

3. Les paramètres indésirables

Certains composés chimiques considérés comme indésirables ou toxiques, comme les nitrates et les phosphates, les métaux lourds, ou encore les hydrocarbures et les pesticides. . (Chocat et al, 2015).

4. Les paramètres de toxicité

Tableau N°3 : facteurs toxiques selon l'OMS et le journal officiel algérien.

Facteur	Selon l'OMS	Selon le Journal Algérien	Unité
Argent	005	0.05	Mg/L
Arsenic	0.05	0.05	Mg/L
Cadmium	0.05	0.01	Mg/L
Chrome	0.05	0.05	Mg/L
Cuivre	1	1.5	Mg/L
Fer	0.2	0.3	Mg/L
Fluor	1.5	1.5	Mg/L
Manganèse	0.5	0.5	Mg/L
Mercure	0.001	0.001	Mg/L
Plomb	0.05	0.055	Mg/L
Sélénium	0.01	0.01	Mg/L
Zinc	5	5	Mg/L
Hydrocarbure polycycliques aromatiques	0.1	0.2	µg/L

Source : Oms (2002), journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12).

5. Les paramètres de pollution organique

La contamination de l'eau est un problème environnemental grave car elle nuit à la santé humaine et à la biodiversité de l'écosystème aquatique. (Ezzat et al 2012).

6. Les paramètres bactériologiques

Bien que la plupart de ces bactéries ne soit pas pathogènes, elles peuvent présenter des risques pour la santé, ainsi pour que la qualité de l'eau, provoquant des odeurs et saveurs désagréables. (*Fondation Nationale de la Santé, 2013*)

La contamination microbienne est l'un des facteurs les plus importants de la pollution de l'eau ; en particulier avec des micro-organismes pathogènes. Les pathogènes entériques sont généralement responsables de maladies transmises par l'eau. (*Karaboze, 2003*).

La surveillance microbiologique de la qualité de l'eau potable doit être suffisamment précise pour améliorer la prise de décision concernant la gestion du traitement et de la distribution. (*Helmi et al. 2015*).

6.1. La flore mésophile aérobie

Les germes mésophiles, nommés aussi germes aérobies revivifiables, sont toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu de culture gélosé, on distingue deux catégories :

- Les micro-organismes se développant à 22°C qui sont des saprophytes, présent naturellement dans l'eau ;
- Les micro-organismes se développant à 37°C qui proviennent de l'homme ou des animaux à sang chaude, ils ne s'agissent pas forcément de germes pathogènes et ils peuvent indiquer une contamination fécale de l'eau (*Si Abderrahmane, 2016*).

6.2. Les coliformes

Bacilles gram-négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase-négatifs, capables de développer en présence de sels biliaires ou d'agents tensio-actifs qui fermentent le lactose en produisant de l'acide, du gaz et de l'aldéhyde à $35,0 \pm 0,5$ °C pendant 24-48 heures, et qui peuvent présenter une activité enzyme β – galactosité. La majorité des bactéries coliformes appartiennent au genre *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter*, bien que plusieurs autres genres et espèces appartiennent également au groupe des bactéries telles que les coliformes fécaux (FC) et les streptocoques fécaux (FS) sont utilisées pour évaluer la pollution fécale (*Bahgat, 2018*).

6.3. Les streptocoques fécaux ou entérocoques

Anciennement, la législation parlait de streptocoques fécaux. Sous cette dénomination générale, il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de Lance Field. Ces streptocoques sont généralement pris en compte comme témoins de pollution fécale (*Rodier et al..., 2009*).

Ce sont les streptocoques du groupe D de la sérologie de LANCEFIELD. Sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Elles ne forment pas d'endospores et certaines espèces font preuve de mobilité. Leur propriété d'hydrolyser l'esculine en présence de bile caractérise la présence d'antigène D de LANCEFIELD.

Ce groupe est récemment divisé en deux sous-groupes : celui des Entérocooccus capable de croître en présence de Na Cl 6,5% et celui des Streptococcus (*Streptococcus bovis* et *Streptococcus equinus*).

Les streptocoques fécaux se multiplient rarement dans l'eau, cependant avec les spores de Clostridium sulfitoréductrices dont le type est *Clostridium perfringens* sont moins nombreux que les coliformes dans les eaux contaminées par des matières fécales mais ont un plus grand pouvoir de survie. (OMS, 2000, Centre d'expertise et d'analyse environnementale du Québec, 2005).

6.4. Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices

Les bactéries sulfito-réductrices ou clostridium sulfito-réducteur (CSR) se présente sous forme de bacilles Gram positif et qui, en se développant à une température de 36°C à 48 heures en gélose profonde de type tryptose sulfite Cycloserine ou encore gélose viande foie, donnent des colonies caractéristiques d'une couleur blanche entourées d'auréoles noires (témoins de réduction du sulfite de sodium en sulfite qui prend la couleur noire en présence du fer). Les CSR sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore est beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale plus ancienne (Rodier et al..., 2009).

6.5. Salmonelles

Ce sont des coccobacilles appartenant à la famille des entérobactéries, généralement considérés comme pathogènes bien que leur virulence et leurs pathogénie varient énormément : fièvre typhoïde, les salmonelles systémiques, gastro-entérites, toxine injections alimentaires (CAMILLE DELLARRAS, 2003).

Humains et animaux peuvent éliminer dans les selles des salmonelles, non seulement en cas de maladies mais aussi en tant que porteurs asymptomatiques. Les salmonelles peuvent donc être présentes dans l'eau des égouts agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux potables et les nappes phréatiques ainsi que l'eau de mer (J.RODIER ET al..., 2009).

6.6.Vibrion cholériques

Le vibrion cholérique appartient à la famille des vibrionaceae. Ce sont des germes d'habitat fécale, on distingue deux variétés responsable de choléra, il s'agit de *vibrion cholerae* et *vibrion cholerae el Tor* (J.RODIER, 2005).

Introduction

Les eaux naturelles, s'approche actuellement de leurs limites qualitatives et quantitative, notamment l'eau de surface, qui ne peut être directement utilisable, pour la consommation humaine ou industrielle. Ce qui nous incite à économiser l'eau en construisant des ouvrages adéquats capables d'emmagasiner des quantités suffisantes de cette ressource et à veiller à garder une qualité suffisamment bonne qui répond aux normes.

1. Le barrage de TAKSEBT

Le barrage de TAKSEBT est situé sur l'OUED AISSI, affluent du Sébaou, à environ 7Km au Sud-est de la ville de Tizi-Ouzou et 100 km à l'Est de la ville d'ALGER. *Voir la figure 01*

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

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



Figure 1: Barrage de Taksebt. (Station de traitement, 2018)

2. Description et fonctionnement de la station

La station de TAKSEBT a été mise en service en Mai 2007. Elle a été dimensionnée pour traiter un débit maximal d'eau de 616 000 m³/J.

L'eau qui alimente la station de pompage vers la station de traitement arrive gravitairement du barrage TAKSEBT qui est alimenté à son tour par l'Oued Aissi et de l'oued Bougdoura.

L'eau subit différentes étapes de traitement quotidien avant d'être distribuée aux consommateurs. (**Rapport de la Station de traitement TAKSEBT, 2013**).

3. La station de TAKSEBT

La station de traitement des eaux de surface se situe à environ 8Km du barrage de TAKSEBT. Elle occupe une superficie de 34 Hectares. Elle est conçue pour alimenter en eau potable les communes suivantes : FREHA, AZAZGA, DRAA-BEN-KHEDDA, centre willaya de Tizi-Ouzou et le grand ALGER. Le transport se fait de façon gravitaire depuis la station de traitement jusqu'au réservoir d'eau traitée de DRAA-BEN-KHEDDA, puis l'eau continue à être transférée à travers les conduites de fonte et tunnels jusqu'au réservoir de BOUDOUAOU (SUEZ DEGREMONT). La localisation géographique de la station de traitement de TAKSEBT est représentée par la Figure 02.



Figure 2: Localisation de la station de traitement TAKSEBT. (Google Earth 2018)

3.1. Capacité de la station

La production nominale de la station de traitement de Taksebt est de 605 000 m³/j (7 000 l/s) basée sur un approvisionnement en eau brute de 616 000 m³/j.

- Débit d'eau brute : 616 000 m³/j ;
- Volume des boues extraites des clarificateurs : 7 400 m³/j ;
- Volume des boues extraites des filtres : 3 600 m³/j ;
- Production d'eau traitée 605 000 m³/j.

La capacité hydraulique nominale de la station est de 647 000 m³/j, prenant en compte un débit recyclé de 5% du débit d'eau brute.

Les variations de débits d'eau traitée prévues sont de :

- Débit minimum 202 000 m³/j ;
- Débit moyen 474 000 m³/j.

Débit maximum (nominale) 605 000 m³/j. (**Rapport de la Station de traitement TAKSEBT, 2013**).

3.2. Qualité de l'eau d'entrée

L'eau brute alimentant le barrage de Taksebt provient de l'oued AISSI et de l'oued BOUG DOURA. La conception de l'usine de traitement est basée sur les valeurs du tableau suivant.

Tableau 04 : Qualité de l'eau brute à l'entrée de la station

Paramètres	Unité	Valeurs contractuelles		
		Min.	Max.	Typique
PH		7,00	9,00	8,00
Couleur	Hazen	5	25	6
Turbidité	NTU	1	100	5
Conductivité	µS/cm	300	800	500
Température	C	10	30	18
Ammoniac	Mg/l N	0,01	0,2	0,05
Nitrite	Mg/l N	< 0,001	0,05	0,002
Nitrate	Mg/l N	0,5	4	1
Matières organiques	Mg/l O	2,5	10	3,5
Alcalinité	Mg/l CaCO ₃	100	250	160
Dureté totale	Mg/l CaCO ₃	100	350	200
Calcium	Mg/l Ca	20	70	40
Magnésium	Mg/l Mg	15	60	24
Sodium	Mg/l Na	5	60	15
Chlorure	Mg/l Cl	10	70	30
Sulfate	Mg/l SO ₄	20	100	40
Orthophosphate	Mg/l P	< 0,01	0,2	0,05
Fer (total)	Mg/l Fe	0,05	5	0,15
Manganèse (total)	Mg/l Mn	< 0,01	0,1	0,02
Silice réactive	Mg/l SiO ₂	0,1	10	5
Oxygène dissout	Mg/l O	4,0	10,0	8,0
Demande biochimique en oxygène	Mg/l O	0,2	10,0	1,0
Demande chimique en oxygène	Mg/l O	< 10	60	20
Coliformes totaux	MPN/100 ml	10	10 000	200
E. coli	MPN/100 ml	5	5 000	100
Chlorophylle a	Mg/m ³	< 5	40	15

3.3. Qualité de l'eau de sortie

La station de traitement est conçue pour pouvoir assurer une alimentation fiable et continue en eau potable, exempte d'organismes pathogènes. Dans les conditions de qualité de l'eau contractuelles et d'une exploitation normale, la qualité finale de l'eau après traitement doit conformer aux normes suivantes tout le temps.

- Turbidité (avant injection de chaux) inférieure à 1,0 NTU ;
- Goût et odeur acceptables pour le consommateur ;
- Couleur inférieure à 5° Hazen ;
- Aluminium Al inférieur à 0,2 mg/l ;
- Fer Fe inférieur à 0,3 mg/l ;
- Manganèse Mn inférieur à 0,1 mg/l ;
- pH compris entre 6,5 et 8,5 ;
- E coli ou bactérie thermotolérante néant sur tout échantillon de 100 ml ;
- Total bactéries coliformes néant sur tout échantillon de 100 ml.

De plus, l'eau filtrée sera conforme aux normes suivantes dans 90 % des cas :

- Turbidité (avant injection de chaux) inférieure à 0,4 NTU ;
- Aluminium Al inférieur à 0,1 mg/l ;
- Fer Fe inférieur à 0,1 mg/l ;
- Manganèse Mn inférieur à 0,05 mg/l ;
- pH (après injection de chaux) $pH + 0,2$.

En ce qui concerne les autres paramètres individuels de qualité de l'eau traitée mentionnés dans les analyses d'eau brute du CPS, ceux-ci seront inférieurs aux valeurs désirables les plus élevées recommandées par les normes les plus récentes de l'OMS pour les eaux de boisson.

3.4. Identification des ouvrages de traitement

L'eau brute, provenant du barrage de Taksebt, subit un traitement éventuel avant acheminement vers la station de pompage d'arrivée.

3.4.1. La station de traitement comporte

- **Un ouvrage d'arrivée** :(arrivée de l'eau brute) ;
- **Chambre de mélange** :(appartient à l'ouvrage d'arrivée) ;
- **02 filières de traitement comprenant ;**
 - **08 décanteurs** : (04 pour chaque filière) ;
 - **24 filtres** :(12 pour chaque filière) ;

- 02 réservoirs de capacités de 38000m^3 ;

4. Pour le traitement des boues

- **Traitement des eaux de lavage** : dessabler ; bâches de reprise des eaux de lavage ;
- **Épaississement** : Bassin d'équilibre, épaisseurs.

En plus, un bâtiment administratif, contenant un laboratoire d'analyse qui contient :

5. Bâtiment de stockage des produits chimique

Toutes les installations de stockage de réactifs sont situées à l'intérieur de quatre bâtiments

- Le premier est situé à proximité de l'entrée destinée à l'acide sulfurique, le sulfate d'aluminium et le permanganate de potassium ;
- Le second qui contient uniquement les installations de traitement à la chaux est situé près de la cuve de contact et le réservoir d'eau traitée ;
- Le troisième bâtiment est consacré au chlore ;
- Le quatrième bâtiment est réservé au charbon actif en poudre (CAP). (*voir annexe*).

6. Les réactifs utilisés

Le traitement de l'eau, fait appel aux réactifs suivants :

- Sulfate d'alumine ;
- Permanganate de potassium ;
- Acide sulfurique ;
- Chaux ;
- Charbon actif en poudre (CAP) ;
- Polymère (anionique et cationique) ;
- Chlore.

6.1. Chlore

L'injection du chlore se fait à la chambre de dissipation il permet d'obtenir une meilleure filtration de l'eau en aidant la coagulation, et donc une meilleure qualité de l'eau. Pour rendre active cette recoloration, il faut assurer la présence d'une petite quantité de chlore libre dans l'eau brute.

6.2. En chloration

Le chlore est injecté en sortie des décanteurs, cette étape a les mêmes objectifs que le pré chloration avec en plus un effet désinfectant pour le media filtrant.

6.3. En post-chloration

Cette étape est obligatoire, l'injection a eu lieu en aval de la filtration. L'eau qu'elle ait subie ou non un traitement préalable et, même si elle est parfaitement limpide, elle se trouve

souvent contaminée par des microbes pathogènes ;

Le chlore, est le réactif le plus utilisé pour assurer la désinfection de l'eau. Il est introduit dans l'eau avec une dose légèrement supérieure à celle obtenue durant le test du break point pour prévenir d'éventuelles contaminations qui interviendraient au niveau de réseau de distribution.

La dose du chlore gazeux est prélevée à partir des cylindres dans le bâtiment de chloration ; puis distribué suivant les besoins :

- **Prés chloration**, point d'injection, dans la chambre de dissipation ;
- **Chloration**, point d'injection dans les canaux d'eau décantée, en sortie de chaque filière de décanteurs ;
- **Post-chloration**, dans les canaux d'eau filtrée, en sortie de chaque filière des filtres.

7. Etapes de traitement de l'eau

7.1. Dissipation, mélange et répartition

Arrivée d'eau brute : ouvrage de tranquillisation et préchloration, mélange hydraulique des réactifs avec addition de permanganate, acide sulfurique, sulfate d'aluminium et charbon actif en poudre. Ces réactifs sont dosés en fonction des besoins déterminés par le débit et la qualité de l'eau brute. Ensuite, l'ouvrage de répartition permet de diriger le débit soit :

- Vers les décanteurs, via les déversoirs de répartition, au niveau desquels le polymère est ajouté ;
- Vers les flocculateurs et les filtres directement, via les canaux de by-pass des décanteurs

7.2. Décantation

Clarification dans des décanteurs lamellaires à lit de boue (Pulsatube) pour la floculation et la décantation des particules fines. Injection possible de chlore après les clarificateurs (interchloration) pour le contrôle biologique.

7.3. Filtres

Filtration sur filtres à sable gravitaires type Aquazur V pour éliminer les matières en suspension. L'eau et l'air sous pression nécessaires au lavage sont produits dans le bâtiment d'exploitation des filtres.

7.4. Désinfection et stockage d'eau traitée

La désinfection finale de l'eau traitée est faite dans des cuves de contact, après injection de chlore. Les réservoirs d'eau traitée permettent de stocker l'eau avant distribution au réseau. La chaux y est injectée pour contrôler le pouvoir corrosif de l'eau. Le réseau d'eau de service de la station est alimenté depuis le réservoir d'eau traitée.

7.5. Etapes de traitement des boues

Les eaux de lavage des filtres sont d'abord concentrées dans les dessableurs avant d'être mélangées aux boues extraites des décanteurs. Les boues sont ensuite épaissies dans les épaisseurs avant d'être pompées dans la lagune de stockage de boue.

8. Technique d'analyse des paramètres bactériologiques

La qualité de l'eau produite a été mise en évidence grâce aux tests organoleptiques, physicochimiques et bactériologiques.

8.1. Méthode d'échantillonnage

Le prélèvement des échantillons d'eau est une opération délicate, l'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau.

Les échantillons d'eau destinés aux analyses bactériologiques ont été prélevés dans des flacons en verre stériles. Les prélèvements sont réalisés le plus aseptiquement possible.

8.2. Transport des échantillons

Les paramètres initiaux des eaux peuvent subir des modifications lors du transport, c'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible.

Les échantillons sont transportés dans une glacière isotherme, pour ne pas influencer la flore bactérienne de cette eau.

9. Méthodes d'analyse bactériologique

9.1. Méthodes par filtration sur membrane

On procède à la filtration sur un dispositif de filtration de 100 ml d'eau avec membrane, puis la membrane est mise en culture sur une gélose nutritive (figure1), avant d'être incubée pour une durée déterminée et à température idéale suivant les germes.

Cette méthode nous a permis de dénombrer les entérocoques intestinaux, les coliformes, E. coli et les ASR. L'utilisation de cette méthode nécessite plusieurs réactifs spécifiques et matériels (voir annexe A).



Figure 03 : Dispositif de filtration

9.2. Méthode par incorporation

Mise en boîte d'un échantillon d'eau d'un 1 ml, auquel on ajoute 15 à 20 ml de gélose fondue, mélanger et laisser se solidifier. Le comptage des colonies se fait après incubation pour une durée et à une température idéale suivant les germes.

Cette méthode est utilisée pour l'ensemencement des germes revivifiables. L'utilisation de cette méthode nécessite plusieurs réactifs spécifiques et matériels (*voir annexe A*)



Figure 04 : Ensemencement sur milieu liquide

9.3. Préparation de milieu de culture

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

9.4. Préparation des dilutions décimales

Conformément aux normes AFNOR NF VO8-010 et ISO 6887-1, des dilutions décimales successives sont préparées pour chaque échantillon à l'aide d'eau distillée stérile. Elles sont effectuées dans des conditions aseptiques et minutieuses. Les dilutions suivent des séries logarithmiques dont les termes sont en progression géométriques : 0.1 ; 0.01 ; 0.001 ; etc....

9.5. Les dilutions

- **Dilution 10⁰** : Consiste à la prise directe de la solution mère.
- **Dilution 10⁻¹** : Dans un tube à essai contenant 9ml d'eau distillée stérile, on ajoute 1ml d'eau à analyser (10⁰).
- **Dilution 10⁻²** : Dans un deuxième tube à essai, on ajoute 1ml de la dilution 10-1 à 9ml d'eau distillée stérile.
- **Dilution 10⁻³** : Dans un troisième tube à essai, on ajoute 1ml de la dilution 10-2 à 9ml d'eau distillée stérile.

NB : L'agitation du contenu est nécessaire avant de préparer la dilution suivante

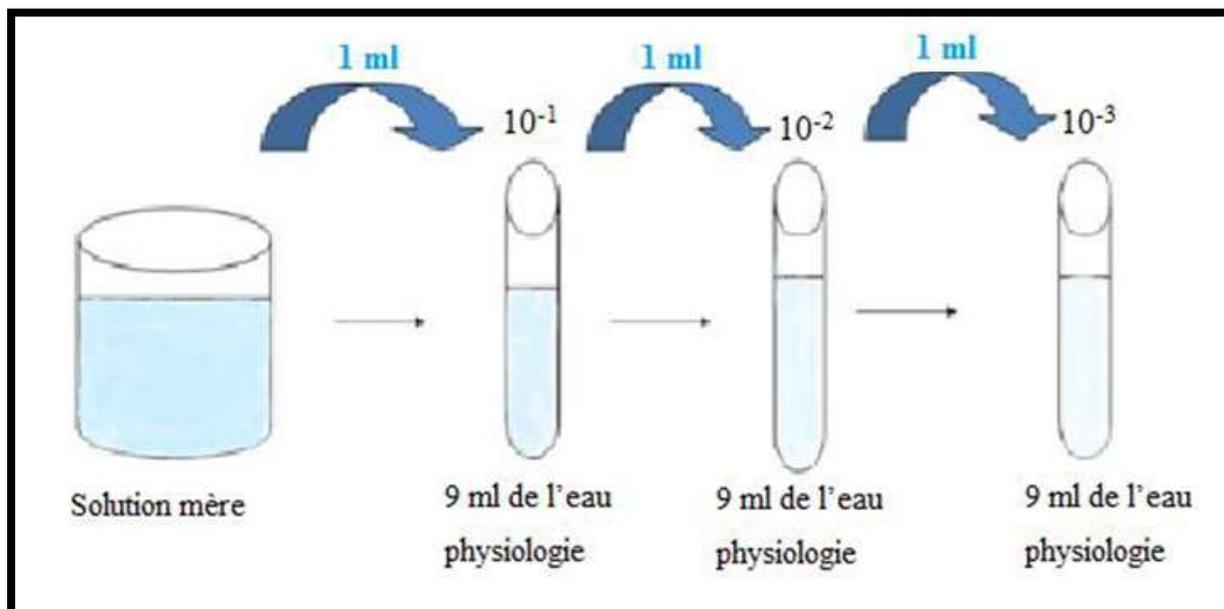


Figure 05 : Préparation des dilutions décimales (A. N'diaye, 2008)

10. Mode opératoire bactériologique

10.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalise à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 22° et ceux franchement mésophiles soit 37°C.

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 2 fois 1ml dans deux boites de Pétri vides préparées à cet usage. Compléter ensuite chacune des boites avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à 45±1°C.

Faire ensuite des mouvements circulaires en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

▪ Incubation

- La première boite sera incubée à 22°C, pendant 24 à 48 heures.
- La seconde sera incubée à 37°C, pendant 72 heures avec :
 - première lecture à 24 heures ;
 - deuxième lecture à 48 heures ;
 - troisième lecture à 72 heures.

▪ Lecture

Les germes revivifiables se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse (*INSTITUT PASTEUR D'ALGERIE, 2002*)

▪ Dénombrement

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte de ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies et le résultat sera exprimé par millilitre d'eau à analyser à 22° et à 37°C.

10.2. Recherche et dénombrement des Coliformes**10.2.1. en milieux liquides**

Les coliformes se présentent sous forme de Bacilles Gram négatifs (BGN), non sporogènes, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C. Les coliformes sont considérés comme indices de contamination fécale.

La recherche et le dénombrement des coliformes peuvent se faire selon deux méthodes de choix :

- Soit en milieu liquide sur BCPL par la technique du NPP (Nombre le Plus Probable).
- Soit par filtration sur membrane à 0,45µ en milieu solide. (*INSTITUT PASTEUR D'ALGERIE, 2002*)

▪ Technique en milieu liquide sur BCPL

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes totaux. le test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie et réservé à la recherche des Coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption. (*INSTITUT PASTEUR D'ALGERIE, 2002*).

▪ Test de présomption

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

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

▪ Incubation

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

▪ Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

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

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. (*INSTITUT PASTEUR D'ALGERIE, 2002*).

▪ Test de confirmation ou test de Mac Kenzie.

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de Coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les coliformes thermotolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

Escherichia coli est un coliforme thermotolérant qui entre autre :

- produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C ;
- donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl ;
- ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol ;
- n'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

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

Chasser le gaz présent éventuellement dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

▪ Incubation

L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

▪ Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois un dégagement gazeux, et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C. (*INSTITUT PASTEUR D'ALGERIE, 2002*).

10.2.2. Colimétrie par filtration

La colimétrie par filtration est une méthode rapide, simple et normalisée ;

Après stérilisation du dispositif ; on place le filtre de 0,45 μ sur la membrane poreuse et on le fixe.

11. Recherche de coliformes totaux

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

12. Recherche de coliformes fécaux

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

▪ Lecture et interprétation

- Après 24 heures d'incubation, les coliformes totaux et fécaux apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou jaunes orangées, lisses, légèrement bombées ;
- Le dénombrement ne concerne que les boîtes refermant entre 15 et 300 colonies ;
- Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser.

13. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux**13.1. En milieux liquides**

Les Streptocoques fécaux ou Streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de cocci à Gram +, sphériques à ovoïdes formant des chaînettes, ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D.

Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 48 heures à 44°C après repiquage d'une colonie sur une gélose biliée à l'esculine (*INSTITUT PASTEUR D'ALGERIE, 2002*).

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

13.1.2. Méthode de recherche en milieu liquide

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

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

A partir de l'eau à analyser, porté aseptiquement, on met :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C ;
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C ;
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C ;
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- **Incubation**

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

- **Lecture**

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien. Ces derniers ne doivent en aucun cas faire l'objet d'un dénombrement et doivent faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but d'être confirmés.

- **Test de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu LITSKY EVA.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- **Incubation**

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

- **Lecture**

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois : un trouble microbien et une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

13.2. Streptométrie par filtration

La streptométrie par filtration est tout comme la colimétrie par filtration une méthode rapide, simple, normalisée.

- Tout d'abord, il faudrait stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen ;

- Le refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile ;
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 μ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;
- Fixer ce dernier avec la pince correspondante ;
- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser ;
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane ;
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose *SLANETZ et BARTLEY* ;
- Cette membrane sera incubée à 37°C, pendant 24 heures.
- **Lecture et interprétation**
 - Après 24 heures d'incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marron ou roses, lisses, légèrement bombées ;
 - Ne dénombrer que les boîtes refermant entre 15 et 300 colonies ;
 - Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser.

14. Recherche et dénombrement des Spores d'Anaérobies Sulfite-Réducteurs

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

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

- **A partir de l'eau à analyser**
 - Prendre environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
 - Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.
 - Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
 - Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.
 - Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
 - Laisser solidifier sur paille pendant 30 minutes environ, puis incubé à 37°C, pendant 24 à 48 heures.

- La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2} , la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures.
- Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse. (*Institut Pasteur d'Algerie, 2002*).

▪ **Interprétation des résultats**

Il est donc impératif de repérer et de dénombrer toutes les colonies noires poussant en masse et de rapporter le total des colonies à 20 ml d'eau à analyser.

▪ **Identification biochimique**

Certains auteurs préconisent l'identification biochimique de toute colonie suspecte car très souvent il y a développement de colonies de Staphylocoques et de Bacillus à côté, qu'on prendrait à tort pour des colonies de Clostridium Sulfito-réducteur.

Pour cela il s'agit de casser le tube à l'aide d'une lime métallique à 1 cm au-dessus de la colonie suspecte et de prendre exactement le centre de la dite colonie.

Le centre de la colonie noire suspecte (qui est en réalité blanche mais entourée d'une auréole noire) sera alors déposé soigneusement dans un tube contenant du bouillon T G Y ou T Y préalablement régénéré à 80°C pendant 15 minutes.

Placer ensuite ce tube dans un agitateur (Vortex) pour bien mélanger la colonie dans le milieu puis l'incuber à 37°C en anaérobiose pendant 24 à 48 heures.

Après la période d'incubation, constater le trouble du milieu, puis réaliser les étapes suivantes :

- Etat frais pour constater s'il y a mobilité ou non ...
- Coloration de Gram pour constater les types de colonies et leur coloration
- S'il s'agit de bacilles Gram positifs, faire un isolement sur deux boîtes de gélose au sang de mouton frais :
 - l'une sera incubée à 37°C en aérobiose,
 - l'autre sera incubée à 37°C en anaérobiose.

Après 24 à 48 heures d'incubation :

- sélectionner les boîtes ayant poussé strictement en anaérobiose,
- noter le type d'hémolyse,
- faire une coloration de Gram puis une réaction catalase,
- s'assurer qu'il s'agit bien d'une souche pure, si non purifier, puis ensemercer une Galerie biochimique Api 20 A à incuber toujours à 37°C et toujours en anaérobiose.

1. Résultats

1.1. Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau d'entrée (eau brute).

L'étude a été menée sur un mois à partir du 25 mai jusqu'au 25 juin 2018, au niveau de la station de traitement du barrage de TAKSEBT. Ces analyses sont faites par la méthode de filtration.

Les résultats d'analyses ont révélé les résultats illustrés dans le tableau n°05.

Tableau N°05 : Tableau récapitulatif des différentes analyses bactériologiques de l'eau brute.

Date	Biologie							
	Coli tot ufc/ml	coli fec ufc/ml	strept f ufc/ml	sulf reducteu ufc/ml	germe totaux	germe totaux	Chlorop hyle a	algues U/ml
29/05/2018	<300	3	0	4	0	4	-	-
05/06/2018	<300	10	0	8	102	30	-	-
12/06/2018	<300	1	0	6	44	60	-	-
19/06/2018	<300	0	0	9	115	140	-	-
Min	0	0	0	4	0	4	0	0
Max	0	10	0	8	115	140	0	0
Moy	0	3,50	0,00	6,00	65	59	0	0

1.2. Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau traitée

Après avoir subi toute la chaîne de traitement au niveau de la station, l'eau devient potable et prête à la distribution. Les résultats des analyses bactériologiques de l'eau traitée obtenus sur une période d'un mois sont représentés dans le tableau(06) suivant :

Tableau n°06 : Les résultats d'analyses des paramètres bactériologiques des eaux traitées

Date	Biologie							
	coli tot 37°C ufc/100 ml	coli fec 44°C ufc/100ml	strept f 37°C ufc/100ml	germe totaux 22°C ufc/100ml	germe totaux 37°C ufc/ml	sulf réducteur 37° Cufc/100 ml	Chloro phyle a µg/l	algues cell/m l
25/05/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
26/05/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
27/05/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
28/05/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
29/05/2018	0	0	0	0	0	0	–	–
30/05/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
31/05/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
01/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
02/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
03/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
04/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
05/06/2018	0	0	0	0	0	0	–	–
06/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
07/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
08/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
09/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
10/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
11/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
12/06/2018	0	0	0	0	5	0	–	–
13/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
14/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
15/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
16/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
17/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
18/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
19/06/2018	0	0	0	0	0	0	–	–
20/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
21/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
22/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
23/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–
24/06/2018	0	0	0	–	–	–	–	–

1.3. Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau du robinet

Pour apprécier la qualité bactériologique des eaux de distribution issues du barrage de Taksebt, nous avons effectué des analyses supplémentaires au niveau du laboratoire de Traitement des eaux de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Des échantillons d'eau ont été prélevés directement du robinet du laboratoire de l'Université (au niveau de BASTOS) ; on sachant que les eaux traitées du barrage de Taksebt alimente les réseaux de distribution d'eau de l'université.

Ces analyses ont été réalisées par la Méthode de recherche en milieu liquide. Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau(07) suivant :

Tableau N°07 : Les résultats d'analyse des paramètres bactériologiques des eaux du robinet.

Date	Biologie		
	La flore saprophyte et pathogène ufc/100ml	Coliformes fécaux ufc/100ml	Clostridium sulfito-reducteurs ufc/100ml
08/04/2018	0	0	0
09/04/2018	0	0	0
10/04/2018	0	0	0
Min	0	0	0
Max	0	0	0
Moy	0,00	0,00	0,00

2. Interprétation des résultats

On comparant les résultats portés sur les trois tableaux, on constate une nette évolution des paramètres bactériologique de l'eau traitée et l'eau de robinet par rapport à ceux de l'eau brute. Ceci prouve que le traitement de l'eau dans la station de TAKSEBT efficace et bien contrôlée.

2.1. Germes Totaux à 37 C°

Le dénombrement des germes totaux à 37°C des eaux de barrage TAKSEBT indique un minimum de 4 UFC/100 ml et un maximum de 140 UFC/100 ml, pour l'eau brute ; une absence totale pour l'eau traitée et l'eau de robinet (figure n°06).

Nous constatons que le nombre des germes totaux à 37°C° pour les échantillons étudiés est inférieur à celui exigé par les normes de l'OMS, cela s'explique par l'absence d'une pollution importante d'origine domestique ou industrielle.

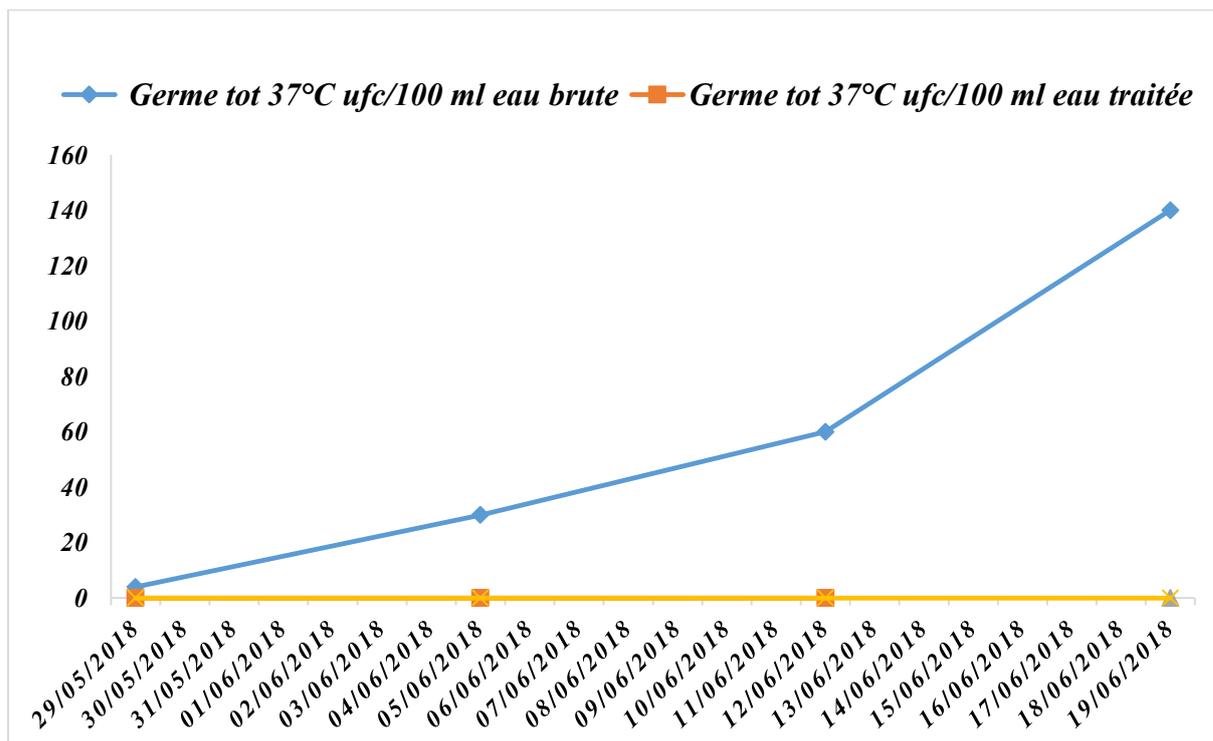


Figure 06 : variation des germes totaux 37°C en fonction du temps

2.2. Germes Totaux à 22 C°

Les analyses effectués sur les germes totaux à 22°C pour les eaux brute varient d'un minimum de 0 UFC/100 ml à un maximum de 115 UFC/100 ml, pour les eaux traitées et les eaux du robinet le taux ne change pas il est de 0 UFC/100 ml (figure n°07).

Cet examen vise à faire le dénombrement non spécifique du plus grand nombre de micro-organismes. Ce dénombrement a pour objectif d'apprécier quantitativement la charge microbienne existante dans l'eau. (JEAN, 2008).

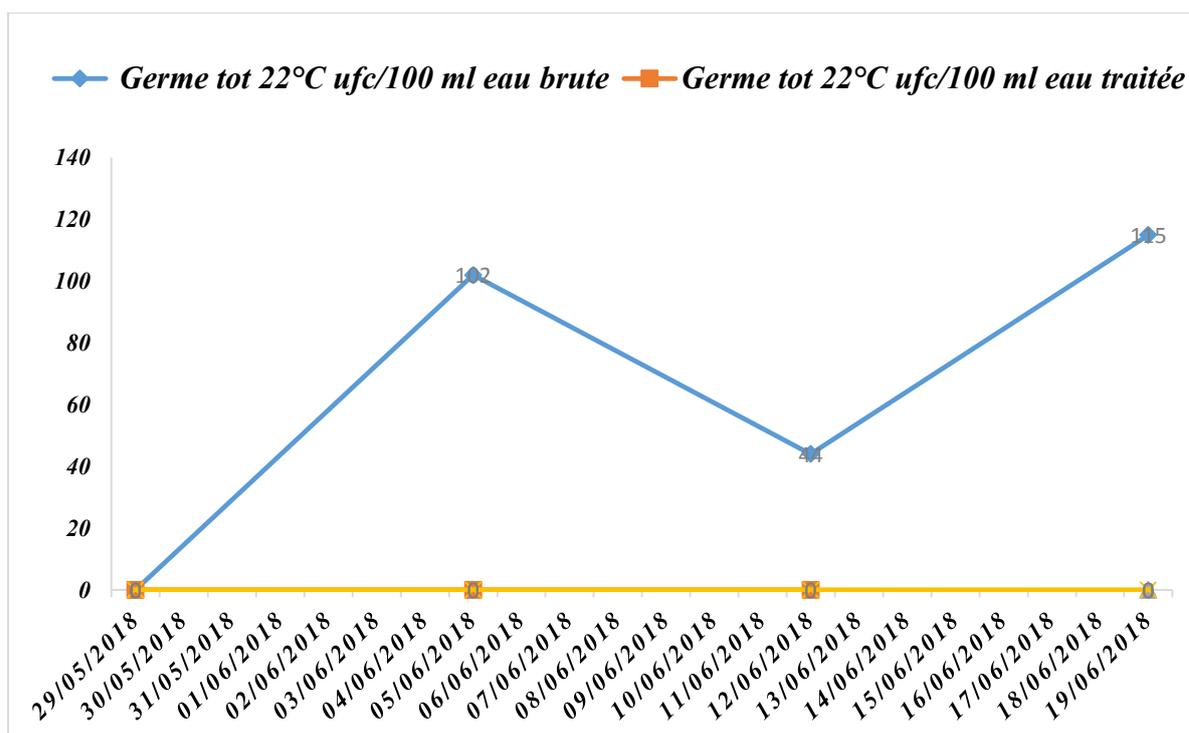


Figure 07 : variation des germes totaux 22°C en fonction du temps

2.3. Coliformes Totaux

Pour les analyses effectuées sur l'eau brute, le nombre de coliformes totaux est inférieur à 300 UFC/100 ml et pour l'eau traitée on a une absence de ces derniers.

La présence de coliformes totaux dans un réseau de distribution d'eau potable est due à une reviviscence bactérienne (formation d'un biofilm sur les parois des conduites d'eau potable), particulièrement lorsque les concentrations de chlore libre sont faibles (LEE *et al*, 2006).

Les coliformes totaux dans les eaux analysées sont conformes aux normes de l'OMS.

2.4. Coliformes Fécaux

Les résultats des analyses des coliformes fécaux sont de 0 UFC/100 ml à 10 UFC/100 ml pour les eaux brute est de 0 UFC/100 ml pour les eaux traitées (figure n°08).

Les coliformes totaux et fécaux sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une contamination d'origine fécale (LEYRAL *et al*, 2002).

Les coliformes fécaux dans la station répondent aux normes OMS.

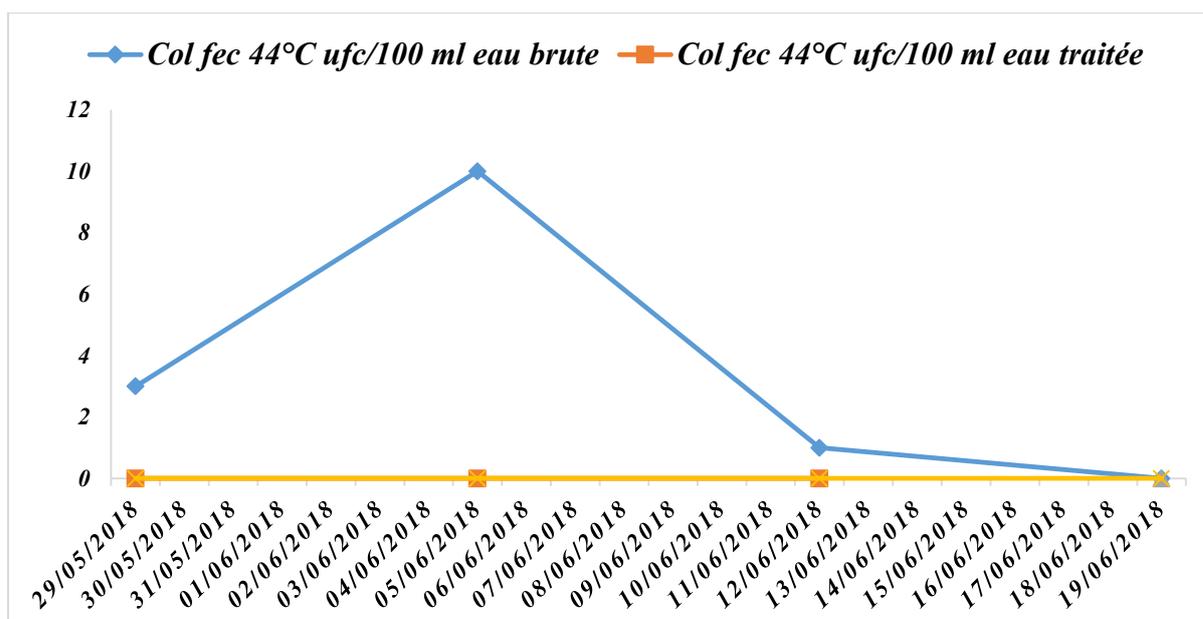


Figure 08 : variation des coliformes fécaux 44°C en fonction du temps

2.5. Streptocoques Fécaux

La recherche de streptocoques fécaux est un paramètre de confirmation de la nature fécale de pollution, leur identification a révélé leur absence dans les eaux brutes ainsi que dans les eaux traitée et les eaux du robinet (figure n°09).

Les Streptocoques fécaux sont des aérobies-anaérobies facultatifs faisant partie des indicateurs de contamination fécale ; ils sont plus résistants dans le milieu extérieur que les coliformes (LEYRAL *et al*, 2002).

Les streptocoques fécaux dans la station sont conformes aux normes de l'OMS.

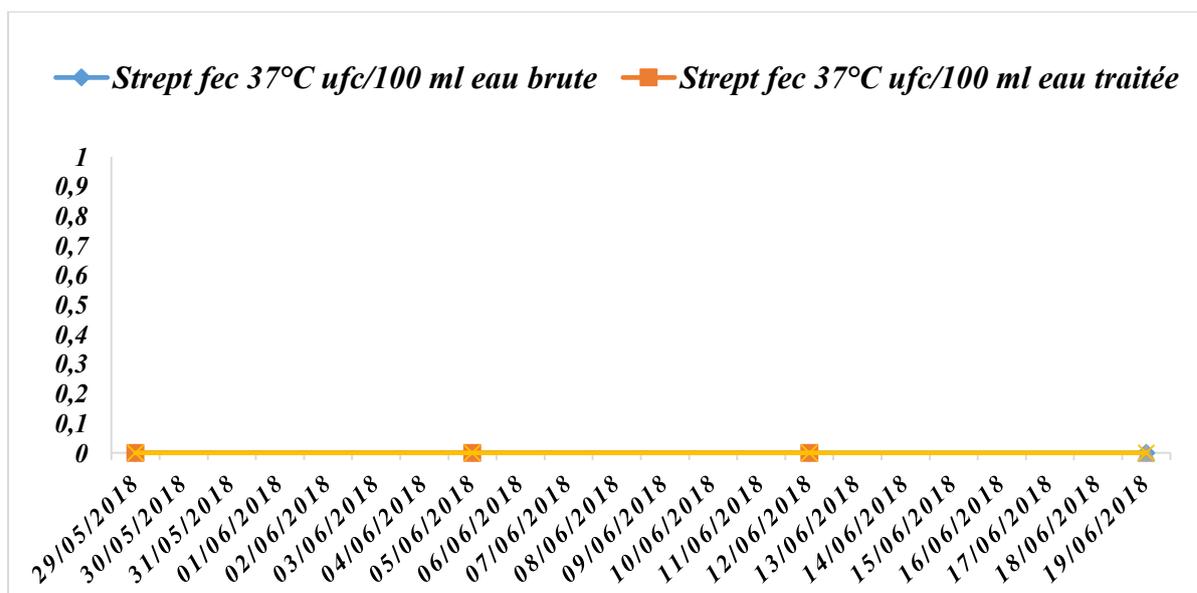


Figure 09 : variation des streptocoques fécaux 37°C en fonction du temps

2.6. Spores d'Anaérobies- Sulfite-Réducteurs

Les *anaérobies- sulfite-réducteurs* 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 (GEORGES. T, PIERRE. J, 2002).

Les résultats de la recherche et du dénombrement des spores d'anaérobies sulfite-réducteurs sont de 4 UFC/100 ml à 9 UFC/100 ml pour les eaux brutes. Ces spores sont absentes dans les eaux traitées et les eaux distribuées (*eau de robinet*) (figure n°10).

Cela s'explique par l'efficacité du traitement au niveau de la station et la sur-chloration des eaux traitées ; avec un taux de chlore moyen de 0,92 mg/l dépassant la norme fixé par l'OMS qui est de 0,6 mg/l.

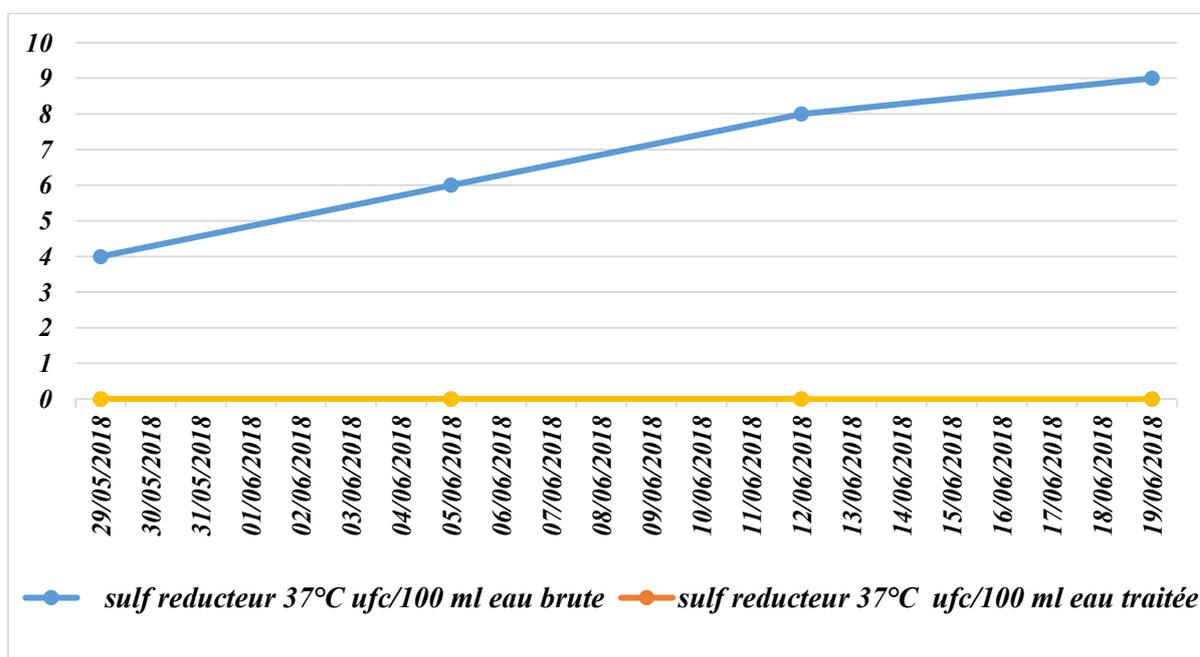


Figure 10 : variation des Sulfite-Réducteurs 37 °C en fonction du temps

L'alimentation avec une eau de bonne qualité et en quantité abondante des populations est l'un des défis les plus préoccupants des pouvoirs publics. Le non disponibilité d'une eau de bonne qualité et l'exposition à long terme à des traces des paramètres indésirables contenus dans l'eau, peut ralentir considérablement le développement et la stabilité d'un pays et même d'une civilisation.

Le problème majeur de l'eau destinée à l'alimentation humaine a été longtemps d'ordre sanitaire. Ce problème découle de l'existence de microorganismes (bactéries, virus, protozoaires, parasites) transmissibles de nombreuses infections dangereuses chez l'homme.

Notre étude a pour but d'évaluer la qualité bactériologique des eaux du barrage TAKSEBT destinées à la consommation Humaine, dans la localité de la ville d'oued Aissi durant une période qui dure de 25 MAI au 24 JUIN. A cet effet, l'eau brute du barrage de TAKSEBT est de qualité bactériologique acceptable car les résultats des analyses sont conformes et en accord aux normes algériennes ainsi que les directives de l'OMS pour les eaux brutes, cette qualité résulte de ce fait que le barrage TAKSEBT est loin d'être pollué avec les rejets directs soit industriels ou des eaux usées domestiques. Bien que nous avons constaté des contaminations bactériologiques d'origines fécales issues principalement des rejets domestiques des agglomérations surplombant l'assiette dudit barrage. Ces concentrations, restent toujours inférieures aux valeurs fixées par l'OMS.

L'eau analysée à la sortie de la station de traitement TAKSEBT et dans le réservoir de Hasnaoua II est aussi de bonne qualité bactériologique démontrant ainsi l'efficacité des différentes étapes de potabilisation appliquées au niveau de cette station ainsi qu'aux concentrations du chlore résiduel appliquées avec des valeurs moyennes de 0,9mg/l.

Bibliographie

1. **ABDESSELEM A., 1999.** Suive De La Qualité Microbiologique Et Physicochimique De Trois Serres Alimentant De La Région De Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institut de biologie, université de Tlemcen., pp 2-18.
2. **ADE (Algérienne des eaux) Tizi-Ouzou, 2016.** Données bactériologique et physico-chimique, établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou juin 2016.
3. **ADE (Algérienne des eaux) Tizi-Ouzou, 2016.** données de service de l'exploitation, établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou septembre 2016.
4. **AIDE., 2014.** Pollution de l'eau.
5. **AISSAOUI AMINA, HOUHAMDI moussa.** contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et boumahra Ahmed, Guelma, Algérie ; *1^{er} séminaire national sur la santé et bio-surveillance des Ecosystème aquatiques université of souk Ahras- université Mohamed Chérif Messaadia de Souk-Ahras.*
6. **AISSAOUI AZZEDDINE. 2013.** évaluation du niveau de contamination des eaux du barrage hammam Grouz de la région d'Oued Athmania (Wilaya de Mila) par les activités agricoles. Thèse de magister en biologie. Spécialité Ecologie végétale appliquée et gestion de l'environnement.
7. **B. FESTY, P. HARTEMANN, M. LEDRANS, P. LEVALLOIS, P. PAYLENT, D. TRICARD, 2003 and N. Charni-Ben-Tabassi, 2015.** Methods for microbiological quality assesment in Qualité de l'eau, environnement et santé publique-fondements et pratiques, pp. 333-368, Edisem / Tec et doc, ActonVale / Paris, 2003.
8. **BERNARD C., 2007.** Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, Edition Bibliobazaar.
9. **Bernard Chocat, Yves Levi, Élodie BreLOT, 2015,** L'eau du robinet est-elle différente de l'eau en bouteille ? Document de l'Université Paris Sud -LGCIE – INSA Lyon 1-14p3.
10. **Bernard moulin, 2004 :** l'eau de mer, le Kayak et la mer ; Edition le Canotier, 2004.
11. **BERTRAND G., 2008.** Utiliser L'eau De Pluie, Editions Eyrolles, 130 p.
12. **CAMILLE DELLARRAS :** surveillances sanitaire et microbiologique des eaux : Réglementation, prélèvement, analyse. 2003.
13. **Centre d'expertise et d'analyse environnementale du Québec, 2005.** méthode d'analyse : Recherche et dénombrement des entérocoques par filtration sur membrane MA700-ENT ; (10 REV 2).- 23p.
14. **Centre d'expertise et d'analyse environnementale du Québec, 2011.** détermination de l'alcalinité totale par titrage à l'acide nitrique dans l'eau : méthode par titreur automatique, MA. 303-ALc 1.0, ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec, 2011, 9 p.
15. **Chekroud H., 2007.** Etude de la pollution des eaux de la plaine Telezza due aux activités agricoles et commerciales, Mémoire de Magister, Université du 22 Aout 1955, Skikda, Algérie, 56p.
16. Code de la santé publique - Article R1321-84 | Legifrance - Légifrance
17. **DEGREMENT.2005.**Mémento technique de l'eau. *2eme Ed. Degrémont.* France. 1717 p.

18. **DEGREMONT G., 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10eme édition, Ed Tec et doc, pp. 3- 38.
19. drinking water: a comparative study, Journal of Water and Health 13.1 p 1
20. **Ezzat SM, Reham ME. Omar Bek Drain** water quality and its impact on Damietta branch, River Nile-Egypt. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 2012;12:472-483.
21. **F.BOUCHEMAL ET S. ACHOUR, 2015.** pollution physico-chimiques et paramètres de pollution des eaux souterraines de la région de Biskra, Larhyss, Journal, ISSN 11123680, n°22, Juin 2015, pp. 197-212.
22. **FEWTRELL L. et BARTRAM J., 2001.** Water quality : guidelines, standards and health. World Health Organization Water Series. IWA Publishing, London (U.K.).
23. **Fondation Nationale de la Santé, 2013.** MANUEL PRATIQUE D'ANALYSE DE L'EAU 4ème édition Brasilia1-153 P 63-64
24. **Fondation Nationale de la Santé, 2013.** manuels pratiques d'analyse de l'eau 4^{ème} Edition brasilia1-153 p 12
25. **Fondation Nationale de la Santé, 2013.** manuels pratiques d'analyse de l'eau 4^{eme} edition brasilia1-153 p 11
26. **Fondation Nationale de la Santé, 2013.** manuels pratiques d'analyse de l'eau 4^{ème} Edition brasilia1-153 p 57-58
27. **France, 1995.** Ministère des affaires sociales, de la santé et de la ville : L'eau dans les établissements de santé.- Paris : comité technique régional de l'environnement hospitalier, DRASS Rhône-Alpes.- 40p.
28. **FRANCK REJSEK.** analyse de l'eau, aspect réglementaire et technique, édition service culture Edition Ressources pour l'Education Nationale. Aquitaine, 2002
29. **FREDDY S. S., 2010.** Approvisionnement en eau dans la ville de Bukavu et son impact sur les maladies de mains sales, Licence en santé publique, Université officielle de Bukavu.
30. **Henri L., (2012).** L'eau Potable, Édition réimprimée, 190 p.
31. **INSTITUT PASTEUR D'ALGERIE, 2002.** MANUE DES TRAVAUX PRATIQUES MICROBIOLOGIE DES EAUX, DES BOISSONS ET DES PRODUITS DE LA MER
32. **Jacques WIRTGEN, 2009.** Ressources en eau, Résumé du deuxième Rapport mondial des Nation Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, GreenFacts, rue des Palais 44, 1030 Bruxelles, Belgique, 2009.
33. **JEAN RODIER, BERBARD LEGUBE, NICOLE MERLET, 2009.** Analyse de l'eau 9^{ème} Edition. Editeur Dunod,
34. **JEAN RODIER, 2005.** l'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers 8^{ème} édition. Editeur Dunod,
35. **JEAN-N. S., 2008.** Bon état des eaux, Toulouse, pp 20-23.
36. **John P., Donald A., 2010.** Microbiologie, 3ème Édition, 1216 p.
37. **Journal mondial de l'eau, 2005.** Guide de sensibilisation, Genève, Suisse, 34p.
38. **Julien Durand, 2016.** suivi en continu de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution : validation en laboratoire et terrain de sonde de mesure en continu multiparamétriques th7se de doctorat, école polytechnique de Montréal
39. **K. Helmi, F. Barthod, G. Méheut, A. Henry, F. Poty, F. Laurent**
40. **KAHOUL M. TOUHAMI M. 2014.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville (Algérie). Larhyss journal, ISSN 1112-3680, n°19, Septembre 2014, pp. 129-138.

41. **Karaboze I, Ucar F, Eltem R, Ozdmir G, Ates M.** Determination of existence and count of pathogenic microorganisms in Izmir Bay. *JES.* 2003; 26:1-18.
42. **Kirkpatrick k., Fleming E ., (2008).** La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47, 12p.
43. **KOLTZ F.** (2010). L'eau, la vie et la mort. *Ed. Springer Verlag.* 4:77.
44. **LEE D. G., SANG J. K. ET SEONG J. P., 2006.** Effect of reservoirs on microbiological water qualities in a drinking water **GEORGES. T, PIERRE. J,** L'eau, patrimoine mondial commun, Belgique, presses universitaire de NUMUR, 2002, 303p.
45. **LEYRAL G., RONNEFOY C. et GUILLET F., 2002.** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 245p.
46. **M. M. Bahgat, W. I. A. Saber and M. R. Zaki 2018.** Bacteriological Quality of Water in Meet Khamis Drinking Water Plant, Egypt: Detection of Bacterial Pathogens and Contamination Sources *Journal of Advances in Microbiology* 8(1): 1-7, p 2
47. **M^{ed} SAID METAHRI, 2014.** qualité des eaux usées, cours pédagogique de 2^{ème} année master traitement et valorisation des ressources hydrique, département des sciences agronomiques, facultés des sciences biologiques et agronomiques, université UMMTO, Algérie, 2014.
48. **METAHRI M^{ed} SAID, 2012.** élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes : cas de la STEP Est de la ville TO, thèse de doctorat, option génie des procédés, département d'agronomie, UMMTO, Algérie, 2012.
49. **METAHRI M^{ed} SAID, 2014.** production d'eau potable, cours pédagogique de 2^{ème} année master traitement et valorisation des ressources hydrique, département des sciences agronomiques, facultés des sciences biologiques et agronomiques, université UMMTO, Algérie, 2014.
50. **N. HARRAT et S. ACHOUR, 2010.** Pollution physico-chimique des eaux de barrage d'EL Tarf. Impact sur la chloration, *Larhyss Journal*, n°8, 47-54, 2010.
51. **OLIVAUX Y.** (2007). La nature de l'eau. *Ed. Marco Pietteur.* France. 563 p.
52. **OMS (W.H.O.): WORLD HEALTH ORGANISATION.** (2003). Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. *World Health Organisation.*
53. **OMS (W.H.O.): WORLD HEALTH ORGANISATION.** (2006). Guidelines for Drinkingwater Quality, first addendum to third edition, Volume 1 Recommendations. Geneva. *World Health Organisation.*
54. **OMS, 1994.** *Directives de qualité pour l'eau de boisson.* Recommandations, 1ère édition, volume 1, Genève, 101p.
55. **OMS, 2004.** Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol. 1: 3e 2d. Genève.
56. **OMS., 2005.** Célébration de la décennie internationale d'action : L'eau source de vie
57. **Organisation Mondiale de la santé, 2003.** l'eau pour les hommes, l'eau pour la vie, Paris, 2003.
58. **Oualid SI ABDERRAHMANE, 2016.** Contribution à l'évaluation du système management et qualité des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et organoleptiques des eaux des stations de traitement taksebt et boudaoua, mémoire de master Management de qualité totale et sécurité des aliments, UMMTO, 2016.
59. **RODIER J. LEGUBE B. MERLET N. 2009.** L'analyse de l'eau, Ed. Dunod, 78-1368.
60. **RODIER.J,** 1996. Analyse de l'eau.-8eme Ed, Paris : Dunod.- 412p.
61. **Roland VILAGINES, 2010.** eau, environnement et santé publique ; Ed : TEC. DOC ; 11 rue Lavoisier F-75008 ; Paris, 3ème édition, 2010.
62. **SDE., 2005.** En savoir plus sur la qualité de l'eau, brochure d'information.-Dakar.-SDE.-1 dépliant.

63. **SENEGAL**, Ministère de la santé et de la prévention médicale, 2005 : Revue de presse quotidienne du vendredi 02 septembre 2005. <En ligne> accès Internet : <http://www.santé.gouv.sn>.
64. **Solidarité internationale, 2015**. Conception et réalisation de réseaux d'adduction d'eau potable (AEP). Département technique et qualité des programmes ; 89 rue de paris ; 92110 Clichy ; France.
65. **SOUMARE.I.G**, 1997. Contribution à l'étude de la qualité hygiénique des eaux de boisson vendues sur la voie publique. Th : Méd. vet : Dakar ; 10.
66. **TRAORE.E.D**, 1996. Étude de l'ité microbiologique de l'eau et de la glace dans les industries des produits de la pêche de Dakar. Th : Méd. vet : Dakar ; 33.
67. **VILLAGINE ROLAND**. eau, environnement et santé publique : introduction à l'hydrologie 2^{ème} édition 2003, édition médical international.

Annexe A

Tableau n°01 : Les paramètres organoleptiques (Normes Algérienne mars 2011).

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration max-admissible	Observation
Couleur	Mg/L échelle PT-Co	-	15	/
Turbidité	NTU	-	5	/

Tableau n°02 : les Paramètres physico-chimiques (Normes Algérienne mars 2011).

Paramètre	Unité	Niveau guide	Concentration Max-admissible	Observation
pH		6.5 à 8.5		
Conductivité	μS/cm à 20°C	-	2280	
Résidu Sec	mg/l après séchage à 105°C	-	2000	En Correspondance avec la normalisation Des eaux
Dureté total	mg/l CaCo3	100	500	
Calcium	mg/l		200	
Magnésium	mg/l		150	
Sodium	mg/l		200	
Potassium	mg/l		12	
Sulfate	mg/l		400	
Chlorure	mg/l		500	
Nitrate	mg/l		50	
nitrite	mg/l		0.2	
Ammonium	mg/l		0.5	
phosphate	mg/l		0.5	
Oxydabilité (KmnO4)	mg/l		3	Mesure faire chaud et en milieu acide
O2 dissous	mg/l	5	8	/
Aluminium	mg/l	-	0.2	/

Tableau n°03 : les Paramètres indésirable ou toxiques (Normes Algérienne mars 2011).

Paramètre	Unité	Niveau guide	Concentration Max-admissible	Observation
Argent	mg/l		0.05	/
Arsenic	mg/l		0.05	/
Bore	mg/l		1	/
Baryum	mg/l		1	/
Cadmium	mg/l		0.01	/
Cyanures	mg/l		0.05	/
Chromes	mg/l		0.05	/
Cuivre	mg/l	0.05	1.5	/
Fer	mg/l	0.3	0.3	/
Fluore	mg/l		2	/
Manganèse	mg/l		0.05	/
Mercure	mg/l		0.001	/
Plomb	mg/l		0.05	/
Sulfate d'hydrogène	mg/l		0.02	Non décelable organoleptique
Sélénium	mg/l		0.01	/
Zinc	mg/l		5	/

Tableau n°04 : Lignes directrices de l'OMS 2003 et OMS 2006 en ce qui concerne la qualité de l'eau potable.

Elément/substance	Symbole	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices OMS 2003	Lignes directrices OMS 2006
Aluminium	Al		0,2 mg/l	0,2 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l	0,01 mg/l
Baryum	Ba		0,7 mg/l	0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0.5mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût	Pas de valeur mais on peut noter un goût

			à partir de 250 mg/l	à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr+3, Cr+6	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Cuivre	Cu2+		2 mg/l	2 mg/l
oxygène dissous	O2		Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Fluorure	F-	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l	1,5 mg/l
Dureté	mg/l en CaCO3		500 ppm	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H2S		0.05 à 1 mg/L	0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l	0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l	0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l	inorganique : 0,006 mg/l
Nitrate et nitrite	NO3 NO2		50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)	50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée	Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Argent	Ag	5 – 50 µg/l	< 0,1 mg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/l	< 200 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO4		250 mg/l	500 mg/l
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1200 mg/l	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l	3 mg/l

Annexe B : Composition des milieux de culture bactériologique et réactifs :

1. Analyses bactériologiques

1.1. Matériels des analyses bactériologiques

Le matériel utilisé durant les analyses est le suivant :

1.2. Milieux de culture

1.2.1. PCA

Peptone	6 g
Extrait de levure.....	3 g
Gélose.....	15 g
Eau D.....	1L

1.2.2. VRBL (gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre)

-Peptone pepsique de viande	7,0 g
- Extrait autolytique de levure	3,0 g
- Lactose	10,0 g
- Sels biliaires.....	1,5 g
- Chlorure de sodium	5,0 g
- Rouge neutre.....	30,0 mg
- Cristal violet	2,0 mg
- Agar agar bactériologique.....	12,0 g
- Eau D	1L

PH du milieu prêt-à-l' emploi à 25°C : 7,4 ± 0,2.

1.2.3. TSI (Triple Sugar Iron)

Ingrédients en grammes pour un litre d'eau distillée

-Peptone.....	20,00
-Chlorure de sodium.....	5,00
-Extrait de bœuf	3,00
-Citrate ferrique ammoniacal	0,30
-Extrait de levure	3,00
-Thiosulfate de sodium.....	0,30
-Saccharose.....	10,00
-Rouge de phénol.....	0,025
-Lactose.....	10,00
-Agar.....	12,00
-Glucose monohydraté.....	1,00

PH final à 25°C : 7,4 ± 0,2

1.2.4. ROTHE (milieu simple et double concentrations)

	Milieu S/C	Milieu D/C
- Hydrolysate tryptique de caséine.....	12,6.....	25,2 g
- Peptone bactériologique.....	8.....	16 g
- Glucose.....	5.....	10 g
- Chlorure de sodium.....	5.....	10 g
- Phosphate dipotassique.....	2,7.....	5,4 g
- Phosphate monopotassique.....	2,7.....	5,4 g
- Azide de sodium.....	0,2.....	0,4 g
- Eau D.....		1L

PH final : $6,8 \pm 0,2$

1.2.5. Milieu Litsky (EVA Litsky) en g/l d'eau distillée :

- Peptone	20
- Glucose.....	5
- Chlorure de sodium.....	5
- Phosphate dipotassique.....	2,7
- Phosphate monopotassique.....	2,7
- Azothhydrate de sodium.....	0,3
- Ethyl-violet.....	0,0005

PH final : $6,8 \pm 0,2$

1.2.6. Gélose viande-foie en g/l d'eau distillée

- Base viande-foie.....	30
- Glucose.....	2
- Amidon.....	2
- Agar.....	11

PH final : $7,6 \pm 0,2$

1.2.7. Réactifs, additifs et solutions

- Eau distillée stérile.
- Alun de fer.
- Sulfite de Sodium.
- Eau de javel.

2. Recherche des Germes totaux (TGEA : Tryptone Glucose Extrait Agar)

- Gélose à l'extrait de levure tryptone 6 g
- Extrait de levure déshydraté 3 g
- Agar 15 g
- Eau déionisée *q.s.p.* 1 000 ml.

3. Recherche des Coliformes totaux (Bouillon lactosé au bromocrésol pourpre :

➤ BCPL milieu simple et double concentrations) en g/l d'eau distillée

	Milieu S/C	Milieu D/C
- Peptone.....	5.....	10
- Extrait de Viande.....	2.....	4
- Lactose.....	5.....	10
- Pourpre de bromocrésol.....	0,025.....	0, 05

PH final : 6,9 ± 0,2

4. Recherche des Coliformes fécaux (Bouillon de Schubert) en g/l d'eau distillée

- Tryptophane.....0,2
 - Acide glutamique.....0, 2
 - Sulfate de magnésium.....0,7
 - Citrate de sodium.....0,5
 - Sulfate d'ammonium.....0,4
 - Chlorure de Sodium..... 2
 - Peptone.....10
 - Mannitol.....7,5
 - Phosphate disodique.....4
 - Phosphate monopotassique.....0,6
- pH final : 7,4 ± 0,2

➤ Réactif de Kovacs

- Paradiméthylaminobenzaldehyde.....5 g
- Alcool iso-amylque.....75 ml
- Acide chlorhydrique.....25 ml

5. Recherche des Streptocoques fécaux (Milieu de ROTHE : milieu simple et double concentrations) en g/l d'eau distillée

	Milieu S/C	Milieu D/C
- Hydrolysats tryptique de caséine.....	12,6.....	25,2
- Peptone bactériologique.....	8.....	16
- Glucose.....	5.....	10
- Chlorure de sodium.....	5.....	10
- Phosphate dipotassique.....	2,7.....	5,4
- Phosphate monopotassique.....	2,7.....	5,4
- Azide de sodium.....	0,2.....	0,4

PH final : 6,8 ± 0,2

➤ **Test confirmatif (Milieu EVA Litsky) en g/l d'eau distillée**

- Peptone20
- Glucose.....5
- Chlorure de sodium.....5
- Phosphate dipotassique.....2,7
- Phosphate monopotassique.....2,7
- Azothhydrate de sodium.....0,3
- Ethyl-violet.....0,0005

PH final : $6,8 \pm 0,2$

5. Recherche des *Clostridium* sulfite-réducteurs : Gélose viande-foie en g/l d'eau distillée

- Base viande-foie.....30
- Glucose.....2
- Amidon.....2
- Agar.....11

PH final: $7,6 \pm 0,2$

5.1.Sulfite de sodium à 10%

- Dissoudre 10g de Na_2SO_3 (anhydre) dans 100ml d'eau distillée stérile.
- Stériliser par un séjour de 10 min environ dans un bain marie bouillant.

5.2.Alun de Fer à 5%

- Dissoudre 5g de citrate ammoniacal (alun de fer) dans 100ml d'eau distillée stérile.
- L'alun de fer ne doit pas être chauffé. L'eau doit être stérile ainsi que le flacon.

Annexe C :

1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables

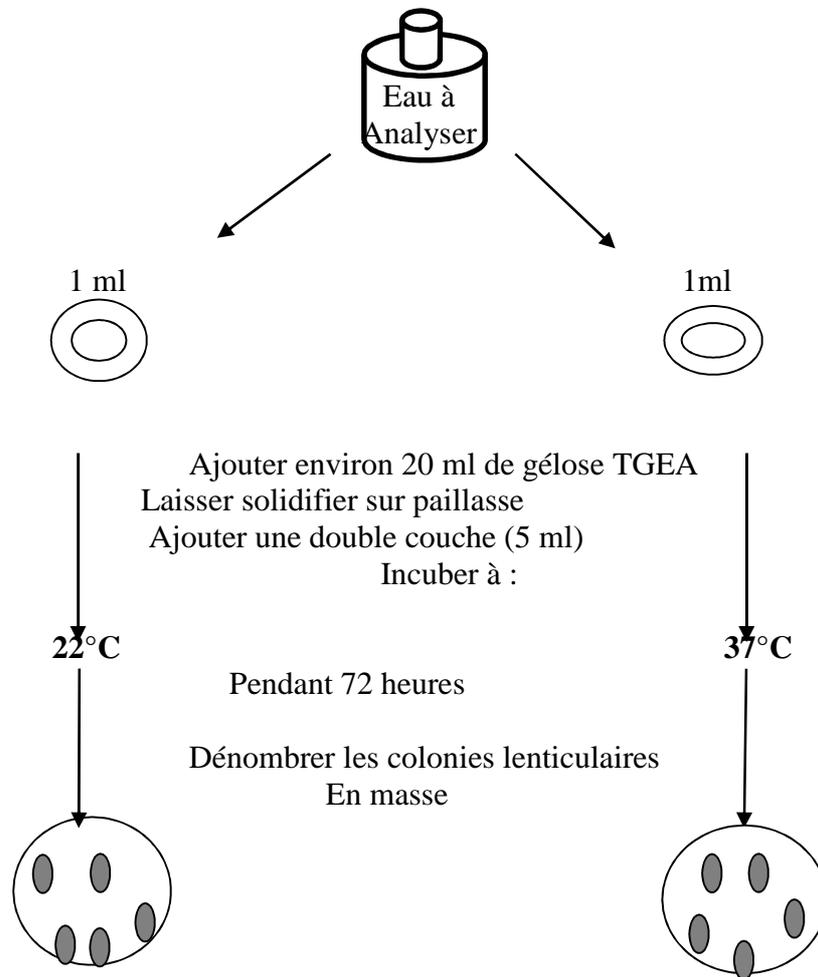


Schéma n°1

2. Colimétrie en milieu liquide

2.1. Test de présomption

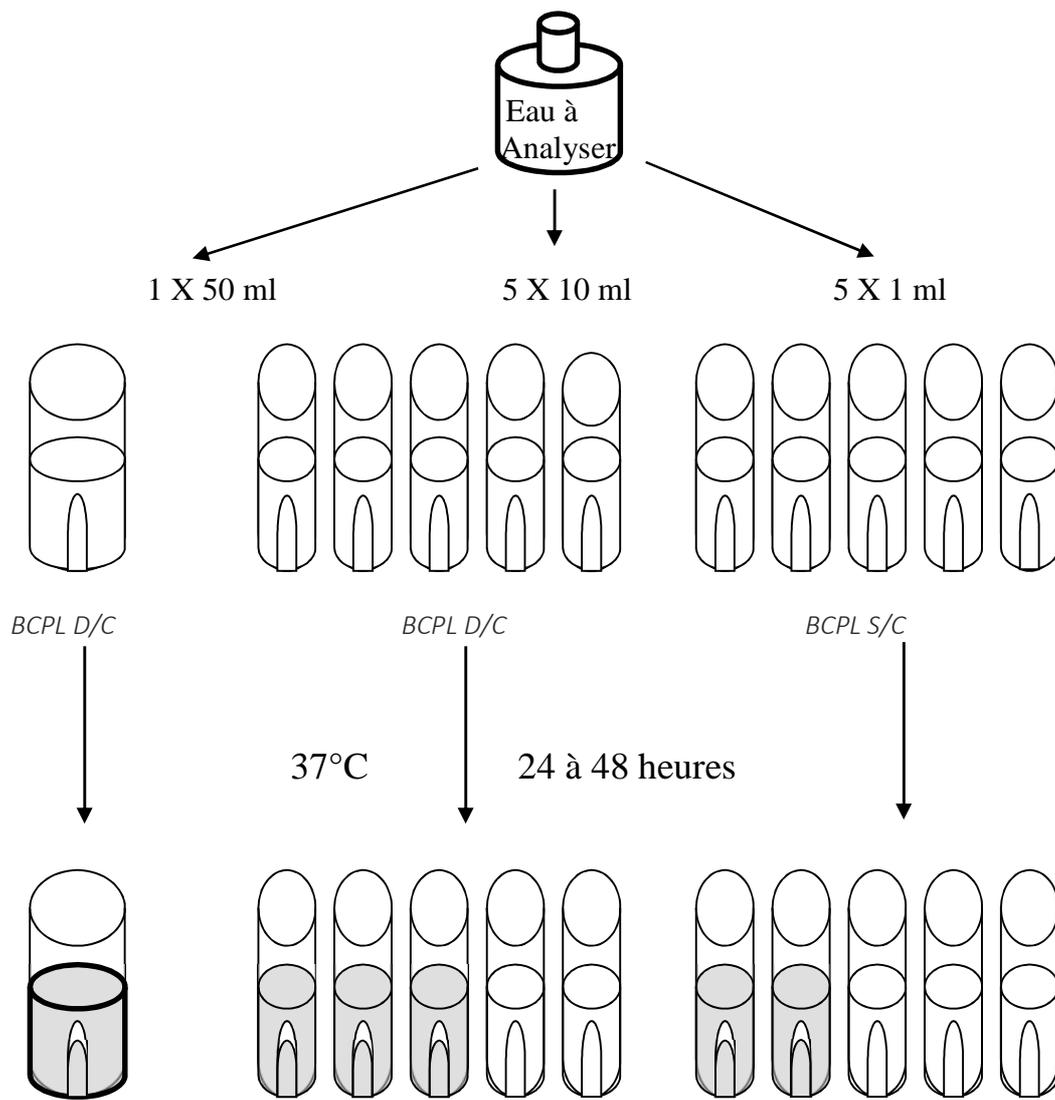


Schéma 02

2.2. Test de confirmation

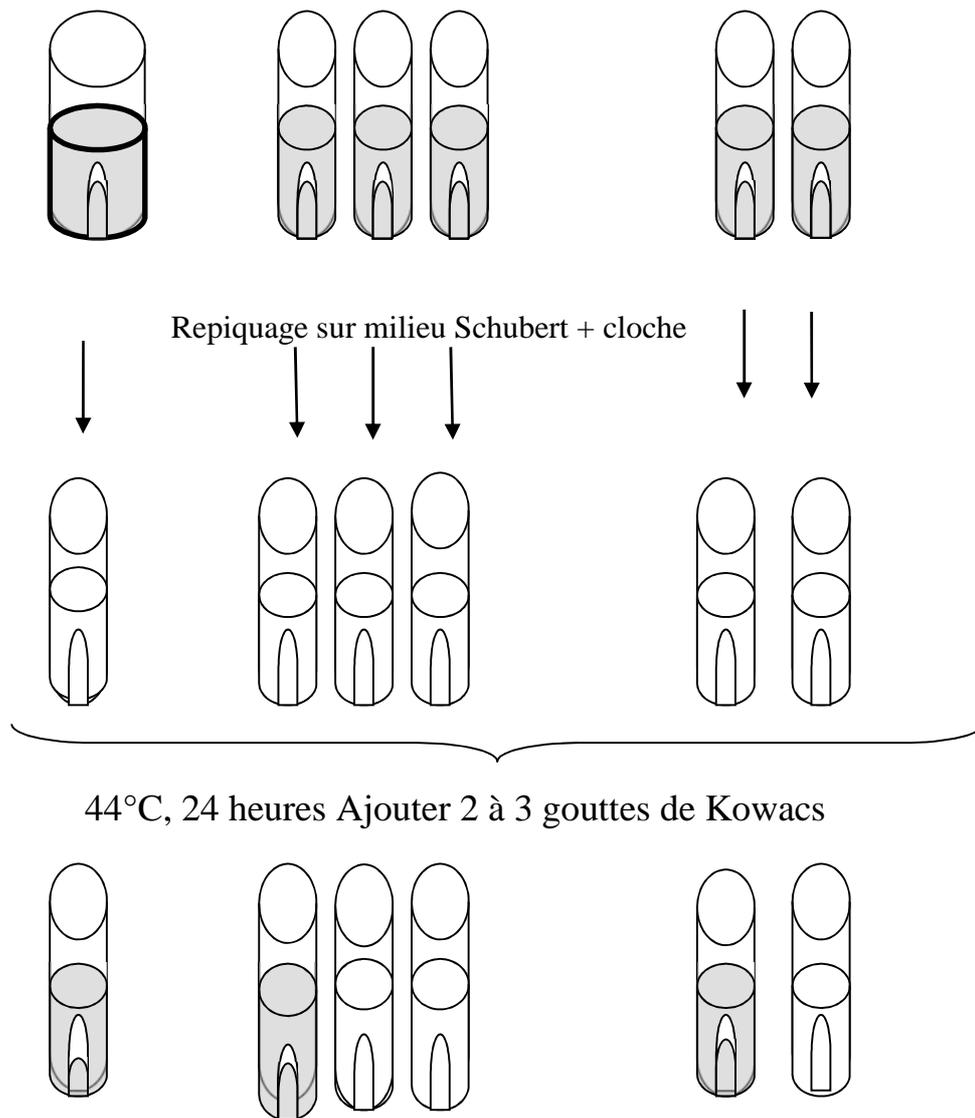


Schéma 03

3. Colimétrie par filtration

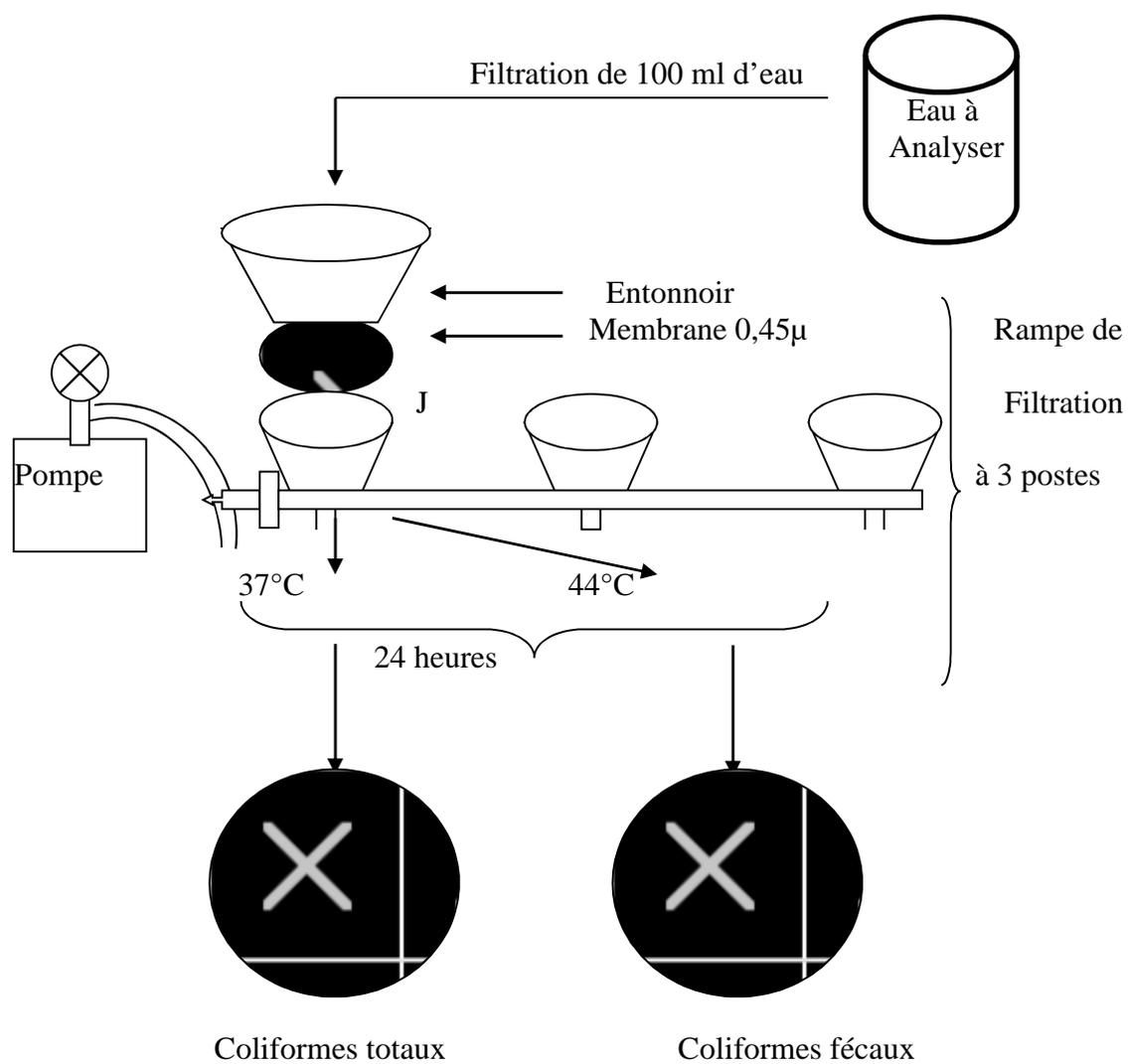


Schéma 04

4. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieu liquide

4.1. Test de Présomption

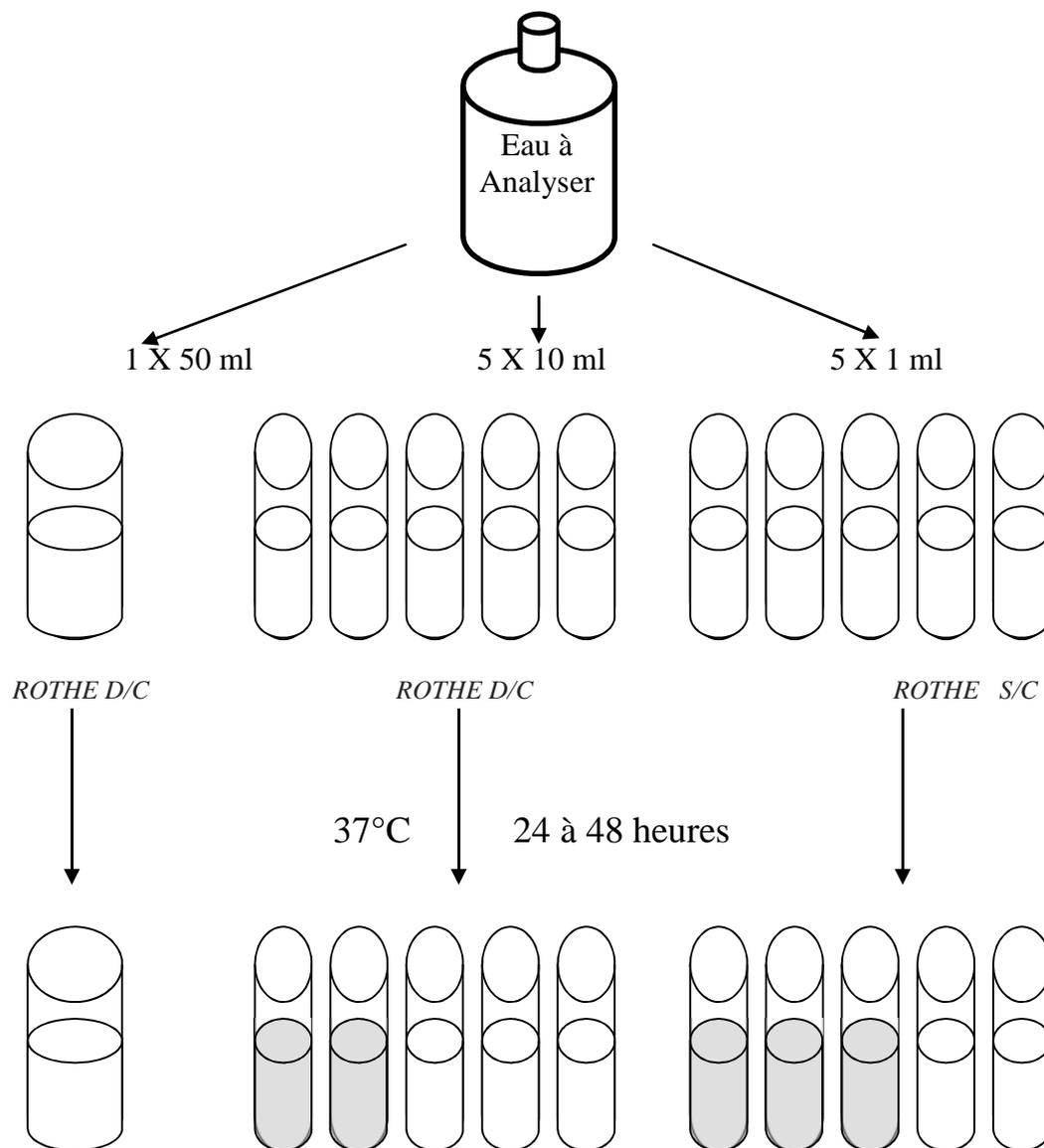


Schéma 05

4.2. Test de Confirmation

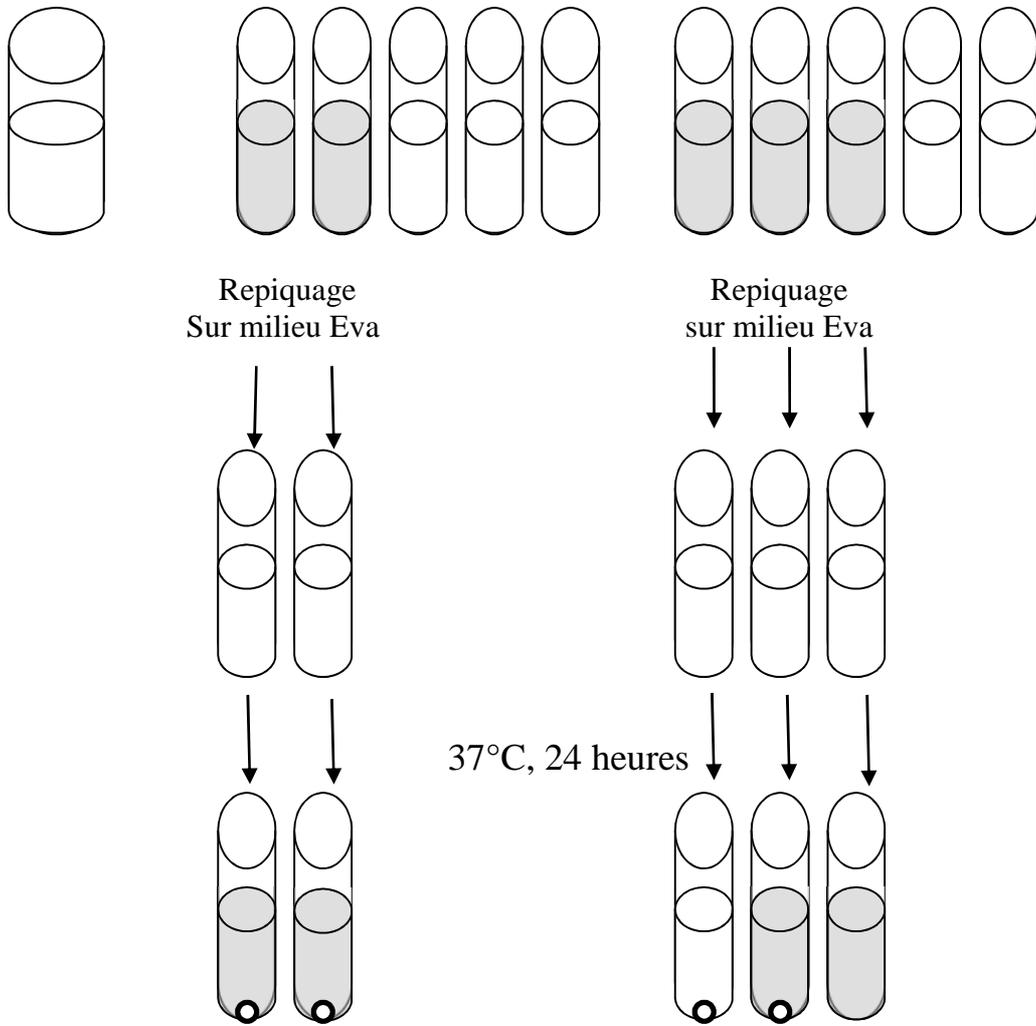


Schéma 06

5. Streptométrie par filtration

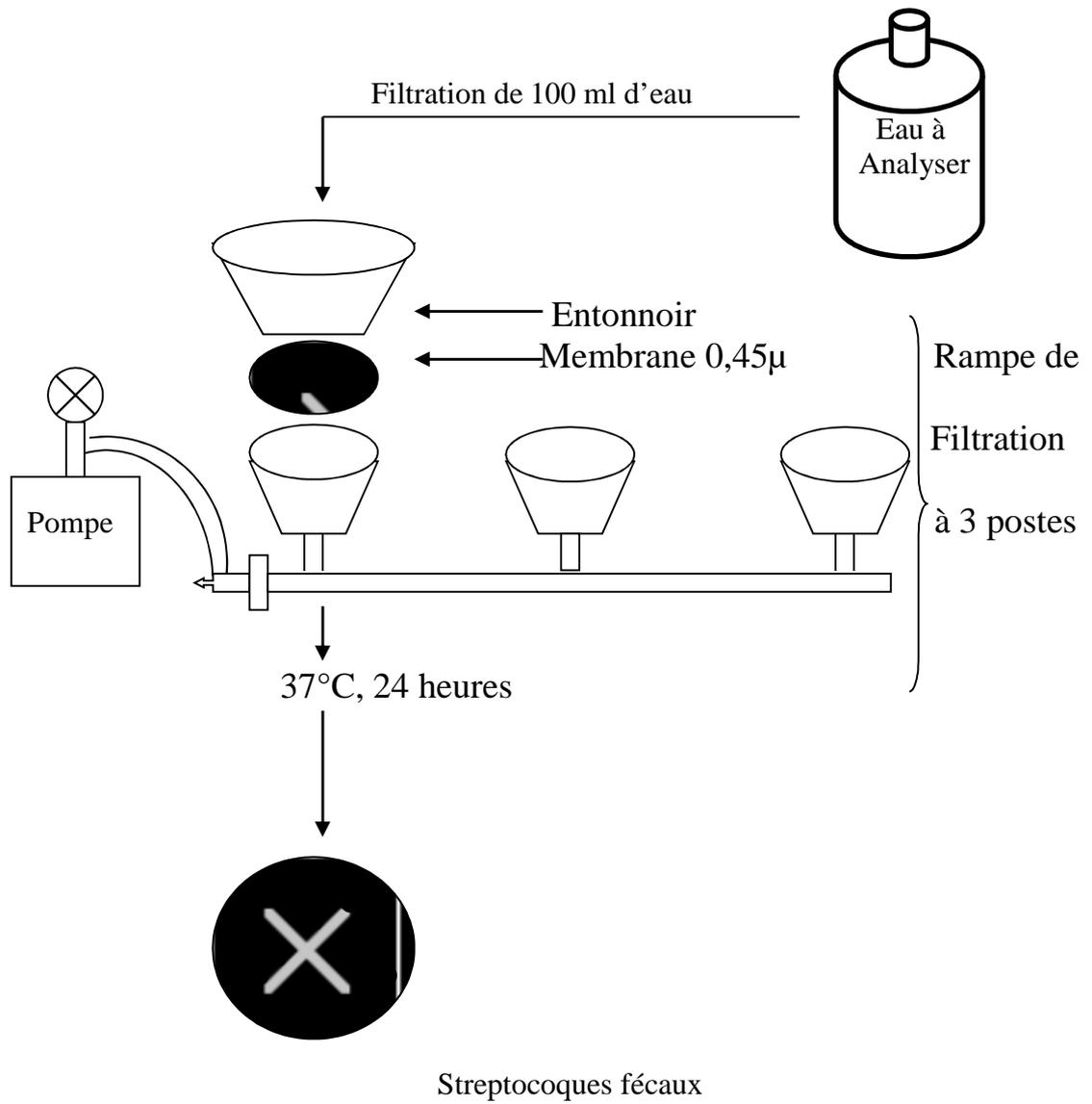


Schéma 07

6. Recherche et dénombrement des Spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs

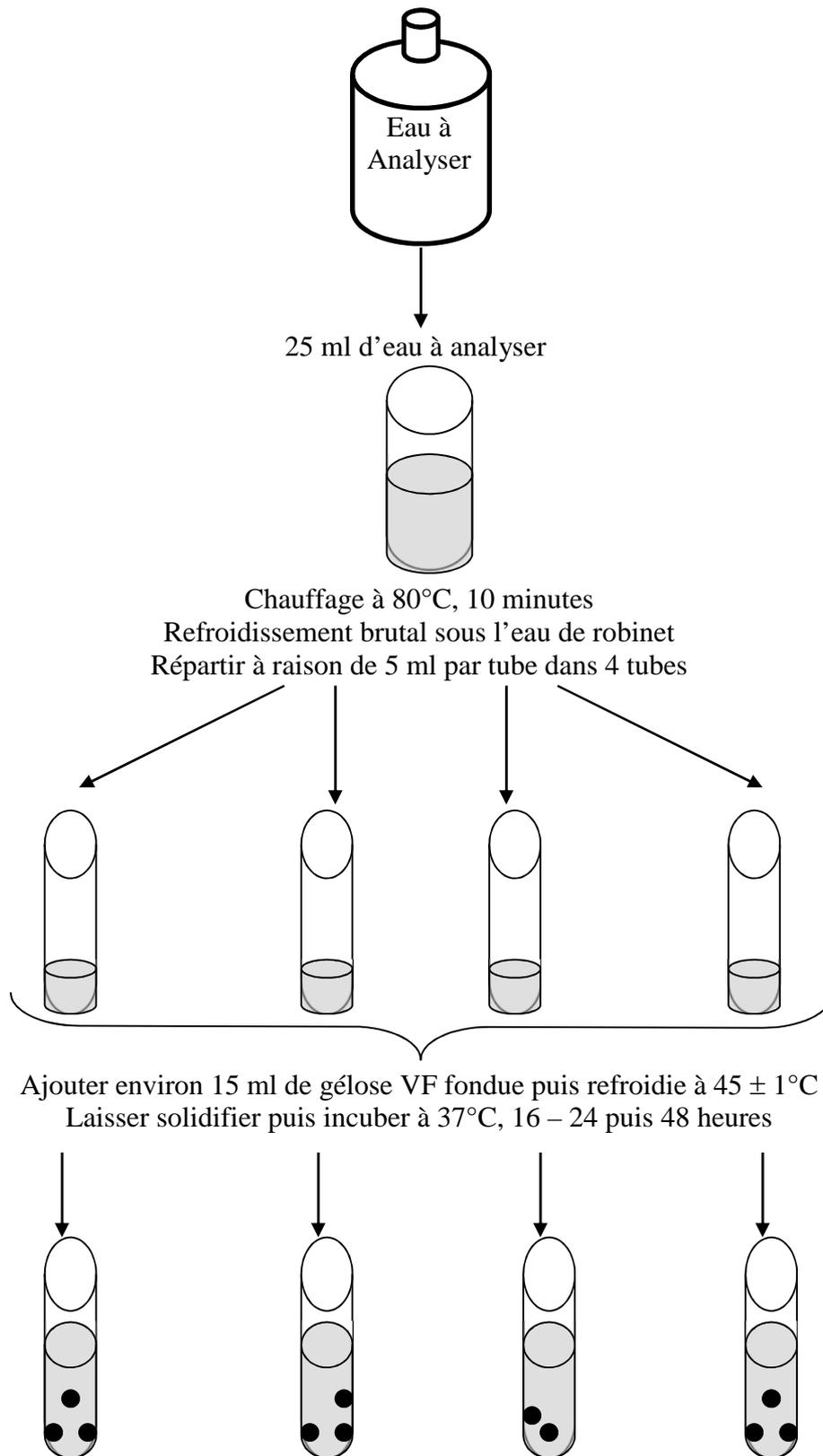


Schéma n°8

Résumé

Des études sur la qualité microbiologique de l'eau brute, l'eau traitée et l'eau de robinet ont été menées au niveau de la station de traitement SEAAL du barrage TAKSEBT à Oued Aissi ; aussi consolidées par des analyses de l'eau de distribution au niveau du laboratoire de Traitement des Eaux du Département d'Agronomie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

Les analyses microbiologiques des eaux de la station après traitement et aussi après distribution ont montrés une absence totale des germes pathogènes tout au long de la période étudiée ce qui nous a permis de juger que l'eau destiné à la consommation humaine du côté de la ville de Tizi-Ouzou desservie par la station SEAAL est de très bonne qualité de point de vue microbiologique.

Mots clés : Eau brute, Eau traitée, Eau de distribution, Qualité bactériologique,

Summary

Studies on the microbiological quality of raw water, treated water and tap water were conducted at the SEAAL treatment plant of the TAKSEBT dam at Oued Aissi; also consolidated by water supply analysis at the Water Treatment Laboratory of the Agronomy Department of Mouloud Mammeri University of Tizi Ouzou.

The microbiological analyzes of the water of the station after treatment and also after distribution showed a total absence of pathogenic germs throughout the studied period which allowed us to judge that the water intended for the human consumption on the side of the city from Tizi-Ouzou served by the SEAAL station is of very good quality from a microbiological point of view.

Key words: Raw water, treated water, tap water, bacteriological quality,