

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologique et des Sciences Agronomique
Département des Sciences Biologiques.

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en biologie.
Spécialité : Protection de l'Environnement

THEME



Présenté par :

M^{Elle} CHOUGAR Lynda

Devant le jury:

Président : M^{me} SAHMOUN F.

Promotrice: M^{me} SADOUDI D.

Examineurs: M^r ASLA T.

M^r OUJIANE A.

Copromoteur : M^{me} KLIQUI O.

2014 - 2015



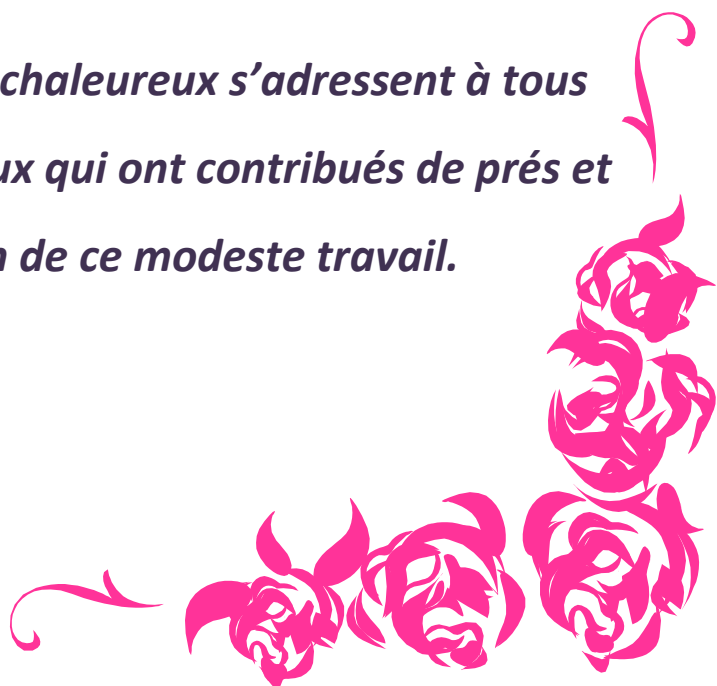
Remerciement

*Nous remercions notre DIEU qui nous à aidé à faire ce
modeste travail.*

*Je tien à remercier vivement ma promotrice M^{em} SADOUDI
et ma copromotrice M^{em} KLIQUI pour leurs encadrement et
leurs contribution à travers leurs disponibilités, leurs temps et
leurs expérience.*

*Je remercie également l'ensemble des enseignants qui ont
aidés à notre formation et ma chère maman, pour son
soutien, et ses sacrifices.*

*Mes remerciements les plus chaleureux s'adressent à tous
(tes) mes amis (es) et tous ceux qui ont contribués de près et
de loin à la réalisation de ce modeste travail.*





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

- ✓ *Mes parents qui ont fais de moi se que je suis aujourd'hui*
- ✓ *Mes très chers grands-parents*
- ✓ *Mes frères (Nordine, Juba, Aziz,)*
- ✓ *Tous mes ami(e) s*
- ✓ *Mes cousin(e)s*
- ✓ *Mon encadreur M^{em} KLIOVI O.*
- ✓ *Tous ceux qui me connaissent*

Lynda



Liste des tableaux

Tableau N° 1 : relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau.....	06
Tableau N° 2 : la minéralisation globale d'une eau	08
Tableau N° 3 : Les différents polluants de l'eau.....	12
Tableau N° 4 : Principales maladies à transmission hydrique.....	13
Tableau N° 5: Dimension de la digue du barrage Taksebt.	14
Tableau N° 6: Principales caractéristiques du barrage TAKSEBT.	15
Tableau N° 7 : Temps requis pour une particule pour se décarter.	18
Tableau N° 8 : Résumer des méthodes de traitement des eaux.	27
Tableau N° 9 : Les résultats d'un essai du Jar-Test du jeudi 15 / 12 / 2014.....	48
Tableau N° 10: Résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur l'eau du barrage	58
Tableau N° 11: Interprétation des résultats bactériologiques des eaux	59
Tableau N° 12: Résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur les eaux traité	59

Liste des figures

Figure N° 1 : Structure chimique d'une molécule d'eau.....	04
Figure N° 2 : Les trois différents états de l'eau.	05
Figure N° 3 : La localisation de la station de traitement mono Bloc de Taksebt par rapport au barrage Taksebt et de la commune de Beni Douala.	16
Figure N° 4 : Schéma des sites de distribution de la station de traitement monobloc de Taksebt.	16
Figure N° 5: Principe de la floculation péricinétique et de la floculation orthocinétique.....	19
Figure N° 6 : Bassin de décantation idéale.	21
Figure N° 7 : Schéma du décanteur lamellaire.....	21
Figure N° 8 : Schéma représentatif du décanteur lamellaire de la station de TAKSEBT.	22
Figure N° 9 : Décanteur lamellaire de la station mono-bloc de TAKSEBT.....	22
Figure N° 10 : Schéma d'un filtre à sable.	23
Figure N° 11 : Schéma représentatif du filtre à sable de la station de TAKSEBT.	24
Figure N° 12 : Filtre à sable de la station monobloc de TAKSBT.	24
Figure N° 13 : Sable utilisé dans les filtres.	24
Figure N° 14 : Buselures d'un filtre à sable.....	24
Figure N° 15 : Bac de préparation des réactifs.	26
Figure N° 16 : le jar test utilisé pour effectuer la demande en sulfate d'alumine	31
Figure N° 17 : Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.	43
Figure N° 18 : variation des valeurs moyennes de pH.....	48
Figure N° 19 : variation des valeurs moyennes de la Conductivité en ($\mu\text{S}/\text{cm}$).....	49
Figure N° 20 : variation des valeurs moyennes de la turbidité en (NTU).....	50
Figure N° 21 : variation des valeurs moyennes de la température en ($^{\circ}\text{C}$).....	50
Figure N° 22 : variation des résidus secs à 105°C le 9 juin 2014 en (mg/l).....	51
Figure N° 23 : variation des valeurs moyennes de chlore résiduel libre en (mg/l).....	52
Figure N° 24 : variation la dureté totale en (mg/l).....	53
Figure N° 25 : variation de la minéralisation globale en (mg/l).....	53
Figure N° 26 : variation des paramètres de pollutions en (mg/l).....	56
Figure N° 27 : variation des éléments indésirable en (mg/l).....	57

Sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I : aperçu bibliographique

I. Généralités sur l'eau	3
II. Propriétés de l'eau	3
1. Structure	3
2. Propriétés organoleptiques	4
3. Propriétés chimiques	4
4. Propriétés physiques	5
5. Paramètres de minéralisation	7
6. Les éléments indésirables	8
7. Paramètres de pollution de l'eau.....	9
8. Les paramètres bactériologiques.....	10
III. La pollution de l'eau	11
1. Les différents polluants de l'eau	12
2. Principales maladies à transmission hydrique	12

Chapitre II : Matériels et méthodes

I. Localisation et description de la station de traitement	14
1. Présentation du barrage de Taksebt	14
2. Présentation de la station de traitement	15
II. Méthode de traitement	17
1. Le dégrillage	17
2. Le tamisage	17
3. La coagulation et la floculation	17
4. La décantation	20
5. La filtration	22
6. La désinfection	25
III. Préparation des réactifs chimiques du traitement	26
IV. Méthode de prélèvement des échantillons	28

V. Tests relatifs aux traitements physico-chimiques	30
1. Le degré chlorométrique	30
2. La demande en chlore	30
3. La demande en sulfate d'alumine (Essai Jar Test)	31
VI. Méthodes d'analyses physico-chimiques	32
1. Méthode électrométrique	32
2. Méthodes spectrophotométriques	32
3. Méthodes volumétriques	36
4. Méthode photométrique pour le potassium et le sodium	38
VII. Méthodes d'analyse bactériologique	39
1. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables	40
2. Recherche et dénombrement des coliformes et coliformes thermo-tolérants	41
3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	44
4. Recherche et dénombrement bactéries anaérobies sulfito-réductrices	46

Chapitre III : Résultats et discussions

I. Tests relatifs aux traitements physico-chimiques	47
1. La demande en chlore	47
2. La demande en sulfate d'alumine	47
II. Analyses physico-chimiques	48
III. Analyses de la minéralisation globale	52
IV. Analyses des paramètres de pollution	55
V. Analyses des éléments indésirables	57
VI. Analyses bactériologique	58
Conclusion générale	60



Introduction

Générale



Introduction

L'eau potable est un bien nécessaire mais limitée. Bien que l'eau soit la matière la plus abondante et commune de notre planète, seulement 0,8 % représente l'eau douce disponible pour être utilisée. A la fin du siècle dernier, le nombre de personnes qui n'avaient pas accès à l'eau potable était estimé à 1,1 milliards soit 1/6 de la population mondiale (Holt et *al.*, 2005).

Les besoins en eau potable augmentent régulièrement avec l'accroissement démographique et l'industrialisation. Souvent réputée être liée au tiers monde, la problématique de l'eau potable s'est généralisée au point que les pays développés comme les Etats-Unis et l'Australie commencent à ne plus négliger la préservation de cette ressource naturelle. Le principal problème de l'accès à l'eau potable est dû à une mauvaise répartition dans le monde mais aussi à une pollution continue des ressources en eau par l'industrie, l'agriculture et les rejets urbains (Khemis, 2005). Ces rejets se retrouvent invariablement dans le milieu naturel sous forme de gaz, de déchets solides et dans de très nombreux cas sous formes dissoutes par les eaux (Benyoub et El-Magroud, 2014). C'est pour cela que les eaux de retenue des barrages, les rivières, les lacs et les nappes phréatiques sont les plus polluées (Fent, 1996). Leur impact sur l'environnement se traduit par des dysfonctionnements des processus naturels et par conséquent sur la vie et le confort des individus (Benyoub et El-Magroud, 2014).

Pour cela plusieurs efforts d'investissement de notre pays, fournis durant cette dernière décennie, ont permis l'émergence de très nombreuses stations de traitement, d'épuration urbaines et industrielles. Cela démontre le noble objectif poursuivi, à savoir la préservation de la santé publique et du milieu naturel ainsi que la protection des ressources en eaux potable tant superficielles que souterraines (Lakhdari, 2011). Parmi ces station, citant la station de traitement « mono-bloc de Taksebt » dont le rôle est de traiter les eaux du barrage Taksebt pour desservir la commune de Béni douala en eau potable.

Cette commune est située en haut d'une colline isolée du massif kabyle par une énorme crête ce qui rend l'axe à l'eau naturelle difficile. Pour cela, elle a toujours eu le problème d'alimentation en eau potable. De ce fait et après la construction du barrage Taksebt en 2007, la station « mono-bloc de Taksebt » est chargée par l'ADE de Tizi Ouzou pour fournir de l'eau potable à cette commune.

L'objet de notre travail consiste en l'étude et le suivi de la qualité de l'eau consommée par les habitants de la commune de Béni douala.

Les traitements physico-chimiques ont été effectuée durant les trois dernier mois de l'année 2014 et les analyses bactériologiques on été effectuées durant deux périodes, période sèche (9 juin 2014) et période pluviale (1^{er} mars 2015).

Notre travail consiste dans un premier lieu à suivre les étapes de traitement de l'eau consommé par cette région. En deuxième lieu à caractériser et évaluer les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de cette eau. En dernière partie, proposer des recommandations afin d'améliorer les processus de traitements. Notre mémoire est scindé en trois chapitres qui sont :

➤ **Chapitre I : Aperçu bibliographique**

Elle traite des généralités sur les eaux naturelles ainsi que leurs propriétés et les problèmes de pollution qui menacent la qualité de ces eaux.

➤ **Chapitre II : Matériel et méthode**

Elle fait référence à :

- La localisation et la description de la station de traitement
- Les différentes étapes de traitement physico-chimiques de l'eau
- Les méthodes d'analyses chimique et bactériologique qui permettent de suivre et d'évaluer les étapes de traitements.

➤ **Chapitre III : Résultats et discussions**

Elle porte sur la présentation et l'interprétation des résultats obtenus.

Enfin nous terminerons notre étude par une conclusion générale et quelques perspectives de recherche.



Partie

I



Partie
bibliographique

I. Généralités sur l'eau

L'eau est un facteur essentiel pour la vie, c'est un composé essentiel pour tous les organismes. Elle représente chez les végétaux 50 à 60 % de leur masse et chez les animaux 65 à 75 % de leur corps. C'est l'une des matières premières les plus utilisées (Degremont, 2005).

1) Définition de L'eau

L'eau est un liquide incolore, transparent et inodore. On distingue plusieurs types d'eau

a) Eau brute

L'eau brute désigne l'eau qui n'a subi aucun traitement, présente dans le milieu naturel sous forme d'eau de surface qui peut alimenter une station de production d'eau potable (Bouziani, 2000 et Recyconsult, 2011).

b) Eau potable

C'est l'eau traitée destinée à la consommation. Elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé. Elle ne doit pas contenir d'agents pathogènes ou toxiques, ni d'éléments chimiques indésirables. Elle ne présente pas un danger microbien (bactéries, virus, parasites). De surcroît, elle doit être limpide, agréable à boire (Potelon, 1998).

2) Répartition de l'eau sur le globe

La terre est appelé « planète bleu » parce que 70.8 % de sa surface est recouvert par l'eau qui constitue l'hydrosphère sous forme d'océans (97.3%), de glace (2.1 %) et de cours d'eau. On la retrouve sur le globe occupant un volume de 1370 millions de km³ par les eaux superficielles, 08 millions de km³ par les eaux souterraines et pour la vapeur atmosphérique on trouve celle qui occupe 50 000 km³ (Abd Errahmani, 2010 ; Holt et *al.*, 2005).

II. Propriétés de l'eau

1. Structure

La molécule d'eau est composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène. Soumise à des liaisons covalentes en forme de "V" avec un angle H-O-H de 105° et une distance $d_{O-H} = 0.96 \text{ \AA}$. L'eau est une molécule très polaire due à l'importante différence d'électronégativité entre l'oxygène et l'hydrogène, qui confère un caractère ionique de 33% à la liaison O-H (Boislève, 2010).

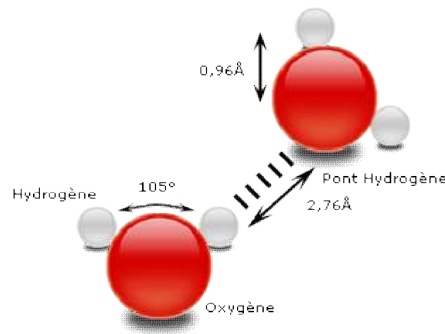


Figure N° 1 : Structure chimique d'une molécule d'eau (Smirnov et *al.*, 1993).

2. Propriétés organoleptiques

a) La couleur

La couleur des eaux est due généralement à la présence de substances colorées provenant essentiellement de la décomposition des matières végétales, des algues, des substances minérales (en particulier le fer et le manganèse) et des rejets industriels (teintures). Elles doivent être éliminées pour rendre l'eau agréable à boire (Degremont, 1989).

b) L'odeur et la saveur

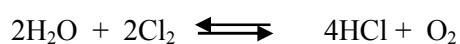
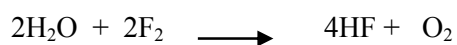
Toute eau destinée à la consommation doit être inodore, toute présence d'odeur est un signe de pollution ou de présence de matière organique en décomposition. Les principaux corps chimiques pouvant donner une saveur désagréable à l'eau sont le fer, le manganèse, le chlore actif, les polyphénols et les chlorophénols (Rodier, 2005 et Dupont, 1986).

Même si l'eau est (ou devrait toujours être) un liquide inodore, incolore et sans saveur, d'autres propriétés physiques ou chimiques lui confèrent des qualités qu'il faut connaître pour mieux comprendre le rôle fondamental que joue cette molécule sur notre planète aussi bien comme facteur essentiel pour les écosystèmes que comme élément vital pour les êtres vivants (Rodier, 2009).

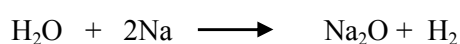
3. Propriétés chimiques

a) Réaction d'oxydoréduction

Oxydation de l'eau : Cette réaction est catalytique à 400°C

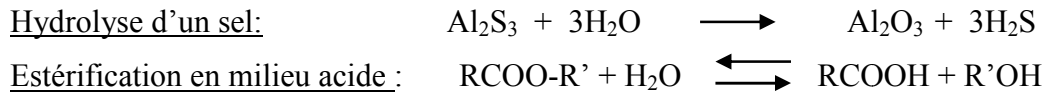


Réduction de l'eau :



b) Réaction d'hydrolyse : c'est l'action de dissociation des éléments dans l'eau

La propriété la plus remarquable de l'eau est son aptitude à dissoudre d'autres substances. C'est cette propriété de dissolution qui rend la vie possible sur terre; l'eau véhicule les éléments nutritifs indispensables aux animaux et aux plantes (Rodier, 2009).



c) Réaction d'hydratation : Les hydratés sont des composés définis peu stables thermiquement dont la couleur et les propriétés physiques vont dépendre des complexes formés (Rodier, 2009).

4. Propriétés physiques

a) Les différents états de l'eau

L'eau se rencontre sous trois états : solide (glace), liquide et gazeux (vapeur). Le passage d'un état à l'autre dépend des conditions de température et de pression. L'eau coexiste sous les trois formes dans une seule situation : à une température de 0,01°C et une pression de 611,2 Pa, c'est le point triple de l'eau. Le point de congélation de l'eau est de 0°C et son point d'ébullition est de 100°C à pression atmosphérique. Ces températures peuvent varier selon les différentes pressions. L'eau bout à 80°C en montagne, mais reste liquide à 300°C à la sortie des cheminées volcaniques au fond des océans (Boislève, 2010).

L'une des propriétés physiques les plus particulières de l'eau c'est qu'elle commence à geler par le fond avant la surface. Cela est dû au fait que l'eau est plus dense sous forme liquide que sous forme solide (C.I.E., 2012).

La densité est le rapport de la masse par rapport au volume :

Densité de l'eau : 0,997 g/cm³. Densité de la glace : 0,920 g/cm³.

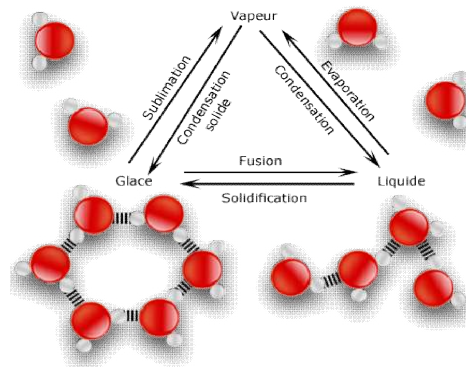


Figure N° 2 : Les trois différents états de l'eau (Smirnov et *al.*, 1993).

b) la conductivité

L'eau a une très bonne conductivité thermique, à peu près quatre fois supérieure à celle des autres liquides. La conductivité est proportionnelle au degré de minéralisation, la nature des ions dissous et leurs concentrations. Elle varie aussi en fonction de la température (C. I. E., 2012).

Selon Rejsek (2002), la conductivité constitue un critère d'appréciation de la minéralisation globale d'une eau. Le tableau suivant (Tableau N°1) résume la relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau.

Tableau N° 1 : relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau (Rejsek, 2002).

C = conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation
$C > 100$	Très faible
$100 < C < 200$	Faible
$200 < C < 333$	Moyenne
$333 < C < 666$	Moyenne accentuée
$C > 1000$	Elevée

c) Le potentiel hydrogene (le pH)

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau, c'est-à-dire de la concentration en ions hydrogène (H^+). L'échelle de pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin); la valeur médiane « 7 » correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés (eaux basiques) augmentent les concentrations d'ammoniac, qui est toxique (O.D.E, 2005).

d) la Température

Selon Rodier (2005) et Gaujous (1995) la température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz, ainsi que leur dissociation, ce qui influence sur la conductivité électrique et la détermination du pH. Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes entraînant des goûts et des odeurs désagréables.

e) La turbidité

La turbidité a pour origine la présence de matière en suspension qui donne un aspect trouble à l'eau. Autrement dit, c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute. La turbidité d'une eau doit être inférieure à cinq NTU pour qu'elle soit admise dans la catégorie des eaux pures (Rodier, 2009 et Rejsek, 2002).

5. Paramètres de minéralisation

a) La salinité

Selon Dégrimonis (2005) et Ramade (2000) La salinité totale d'une eau correspond à la somme des cations et des anions présents dans cette eau exprimée en mg/l.

b) L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité de réagir avec les ions hydrogène H^+ qui sont formés en présence des ions hydrogénocarbonate HCO_3^- , carbonate CO_3^{2-} et hydroxyde OH^- ou la capacité de neutralisation des acides (Rejsek, 2002).

c) L'oxygène dissout (O_2)

L'oxygène dissout conserve ces propriétés oxydantes soit par une réaction purement chimique, soit par des phénomènes de corrosion. La teneur en oxygène des eaux de surface est quasiment saturée, sous une température de 20°C et sous une pression normale, contient 9.1 mg/l d'oxygène. La solubilité de l' O_2 est proportionnelle à la température, la pression partielle de l'atmosphère et à la salinité de l'eau (Rodier, 2005).

d) Les matière en suspension (MES)

La MES contenues dans les eaux résiduaires constituent un paramètre important, qui marque le degré de pollution des effluents urbains ou industriels. La connaissance de ce paramètre renseigne sur la possibilité épuratoire de certains ouvrages de traitement, décanteur par exemple et elle intervient dans l'évaluation de la production des boues. Elle représente la cause de la turbidité des eaux (Ramade, 1998).

e) La dureté totale (TH)

La dureté totale ou le titre hydrotimétrique d'une eau correspond essentiellement à la présence de sels de calcium et de magnésium. Elle est directement liée à la nature géologique des

terrains traversés. Ainsi un sol calcaire ou crayeux - contient de la craie - donne une eau dure, dans le cas où elle traverse un sol cristallin comme le sable, elle sera douce. (Rodier, 2009 et Potelon, 1998)

f) Autres minéraux

Le tableau suivant (tableau N°2) regroupe et résume les minéraux les plus fréquents dans une eau ainsi que leurs caractéristiques et leurs propriétés.

Tableau N ° 2 : la minéralisation globale d'une eau

Les minéraux	Les ions	Caractéristique et propriété
Le calcium (Potelon, 1998)	Ca^{++}	*Métal alcalino-terreux *Détermine la dureté d'une eau *Répandu sur les roches calcaires sous forme de Carbonate : $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \longleftrightarrow \text{CaH}_2(\text{CO}_3)^{2-}$
Le sodium (Dégrimon, 2005)	Na^+	*Provient des formations géologiques contenant du Cl SO_4^- et des sels minéraux *Eau riche en Na^+ est inconsommable et présente un goût désagréable
Le magnésium (Potelon, 1998)	Mg^{++}	*Métal alcalino-terreux *Détermine la dureté d'une eau. *Donne un goût amer à l'eau à partir d'une certaine teneur et présente un effet laxatif.
Le potassium (Ramade, 2000)	K^+	*Elément indispensable aux êtres vivants. Maintient l'équilibre ionique des cellules. *Sa teneur est peut concentrée dans les eaux naturelles, elle varie de 10 à 15 mg/l cela s'explique par la difficulté de mobilité de ces ions.
Le chlorure (Ramade, 2000 ; Rodier, 2009)	Cl^-	*Sa teneur dans les eaux naturelles varie de 10 à 20 mg/l. *A concentration élevée confère à l'eau un goût salé. *Il use les réseaux de distribution *Il est nocif pour les plantes.
Le sulfate (Potelon, 1998)	SO_4^-	*composé naturel de l'eau, la plus part des sulfates sont solubles dans l'eau. *Souvent associé au calcium, magnésium et au sodium. *Résulte de la décomposition des roches évaporables comme le gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) et de la matière organique d'origine fécale.
Le bicarbonate (Ramade, 1998)	HCO_3^-	*responsable de la dureté temporaire de l'eau.

6. Les éléments indésirables

a) Le fer (Fe^{2+})

Le fer est un des métaux les plus abondants de la croûte terrestre. Il est présent dans l'eau sous trois formes : le fer ferreux Fe^{2+} , le fer ferrique Fe^{3+} et le fer complexe à des matières organiques (acides humiques, fulviques, ...) et minérales (silicates, phosphates, ...). Dans les eaux bien aérées, le fer ferreux est oxydé en fer ferrique qui précipite sous forme d'hydroxyde,

$\text{Fe}(\text{OH})_3$. Il attribue à l'eau une saveur désagréable, une coloration et permet la prolifération des ferrobactéries (Rejsek, 2002). Au contact de l'air, il y aura précipitation du fer due à son oxydation (Potelon, 1998). Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à 0.5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine le lessivage des sols, les rejets industriels et la corrosion des canalisations métalliques (Dégrimon, 1989).

b) L'aluminium

Il est présent dans l'eau sous forme de sels solubles, de colloïdes, et de composés insolubles. Il peut avoir pour origine les rejets industriels, l'érosion, les lessivages des sols, la poussière atmosphérique et les précipitations (Potelon, 1998).

7. Paramètres de pollution de l'eau

a) Les nitrites (NO_2^-)

Ils sont présents dans l'eau en faible concentration. Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils proviennent soit d'une oxydation de l'ammoniac ou d'une réduction des nitrates. Leur présence dans l'eau est liée à la détérioration de la qualité microbiologique (Potelon, 1998).

b) Les nitrates (NO_3^-)

Ils correspondent au stade final de l'oxydation de l'azote organique et présentent une forte abondance dans les eaux naturelles (Rodier, 2005). La présence de nitrates dans l'eau est principalement attribuable aux activités humaines par l'utilisation de fertilisants synthétiques et de fumiers. La décomposition de la matière végétale et animale, peuvent aussi être une source de nitrates dans l'eau (Levallois et Phaneuf, 1994). La toxicité des nitrates pour l'homme est due principalement à leur réduction en nitrites (Vilagines, 2003).

c) Les phosphates (PO_4^{3-})

Ils font partie des anions facilement fixés par le sol. Leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés, à la décomposition de la matière organique et aux rejets de lessivage. Les phosphates sont responsables du développement des algues et de l'eutrophisation (Gaujous, 2005).

d) L'azote ammoniacal

Selon Cardot (1999) le terme « ammoniac » désigne à la fois la forme non ionisée NH_3 et le cation ammonium NH_4^+ . Les eaux naturelles contiennent de l'azote ammoniacal produit naturellement de la biodégradation incomplète de la matière organique. Cependant sa teneur devrait être relativement faible puisque l'ammonium est oxydé graduellement en nitrite NO_2^- puis en Nitrate NO_3^- . Il favorise le développement des bactéries dans les réseaux de distribution d'eau potable. La présence de l'ammoniac est un signe de pollution par les eaux usées et les rejets phytosanitaire.

8. Les paramètres bactériologiques

L'eau est un milieu favorable pour la prolifération d'un certain nombre de bactérie et de micro-organismes qui proviennent de différentes origines. Les principaux types de micro-organismes rencontrés dans l'eau sont :

a) Les bactéries revivifiables

D'après Roussel (1999), les bactéries revivifiables représentent toutes les bactéries aérobies, les levures et moisissures capables de former des colonies sur milieu nutritif gélosé. On distingue deux catégories différentes :

- Micro-organismes se développant à 22°C : représentent les saprophytes présents naturellement dans l'eau.
- Micro-organismes se développant à 37°C : sont ceux qui proviennent de l'homme et des animaux endothermes en général.

b) Les coliformes totaux

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, aérobies ou anaérobies facultatifs. Ils se caractérisent par leur aptitude à fermenter le lactose en présence de sels biliaires avec production de gaz après incubation à 37°C durant 24h à 48h (Delarras, 2007).

c) Les coliformes thermo-tolérants

Appelés aussi coliformes fécaux, sont capables de se développer à 44°C . La principale bactérie conforme est *Escherichia coli*. Ce germe est capable de produire de l'indole à partir du tryptophane à 44°C après 24h d'incubation (Potlon, 2010).

d) Streptocoques fécaux

Sont des cocci à Gram positif, regroupés en chainettes. Ils sont généralement pris en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal. On les trouve plus chez les animaux que chez l'Homme (Delarras, 2007).

e) Clostridium sulfito-réducteurs

Représentent les bacilles anaérobies stricts, à Gram positif, formant des endospores. On les rencontre dans le tube digestif de l'Homme et des animaux endothermes. Ils survivent plus longtemps que les coliformes dans l'eau et ils résistent à la désinfection. Son absence dans une eau est signe d'efficacité de la filtration sur sable (Rodier, 1984).

Remarque : Les coliformes, les streptocoques et les clostridium sont des germes indicateurs de contamination fécale.

III. La pollution de l'eau

L'eau est une substance unique parce qu'elle se renouvelle et se nettoie naturellement en permettant aux polluants de s'infiltrer ou de se détruire, en diluant les polluants au point qu'ils aient des concentrations qui ne sont pas nuisibles. Cependant, ce processus naturel prend du temps et devient très difficile lorsqu'il y a une quantité importante de polluants dans l'eau. La pollution peut, dans certaines circonstances, être causée par la nature elle-même, comme lorsque l'eau coule par un sol qui a un taux élevé d'acidité. Par contre, la plupart du temps, ce sont les actions humaines qui polluent l'eau, on utilise de plus en plus de matières qui polluent nos sources d'eau potable.

Il y a 2 sources principales de pollution. Les sources précises et les sources non-précises (Ramade, 2000).

- a.** Les sources précises : incluent les usines, installations de traitements d'eaux usées et d'autres sources qui déversent très clairement des polluants dans les sources d'eaux.
- b.** Les sources non-précises : sont plus difficiles à trouver car on ne peut pas les retracer jusqu'à un emplacement particulier. Elles incluent les écoulements de sédiments, engrais, produits chimiques, déchets d'animaux de ferme, champs, chantiers et mines.

1. Les différents polluants de l'eau

Le tableau suivant (tableau N°3) résume les différents polluants de l'eau, leurs natures chimiques ainsi que leurs sources et/ou leurs causes.

Tableau N° 3 : Les différents polluants de l'eau (Ramade, 1992. modifié)

Type de pollution		Nature chimique	Source ou agent causal
Physique	*Pollution thermique *Pollution radioactive	*Rejets d'eau chaude *Radioisotopes	*Centrales électriques *Installations nucléaires
Chimique	*Pollution par les fertilisants. *Pollution par des métaux et métalloïdes toxiques. *Pollution par les produits pesticides. *Pollution par les détergents. *Pollution par les hydrocarbures. *Pollution par des composés organochlorés. *Pollution par les autres composés organiques de synthèse.	*Nitrates-phosphates *Mercure, Cadmium, Arsenic, etc ... *Insecticides, Herbicides, Fongicides. *Agents tensioactifs *Pétrole brut et ses dérivés. *PCB, insecticides, solvants chlorés. *Très nombreux (plus de 70 000 molécules).	*Agriculture (lessives) *Industrie, agriculture, pluies acides. *Agriculture. *Effluents domestiques. *Industrie pétrolière, transports, industries. *Industrie (Usage dispersifs pour certains).
Matière organique	Fermentescibles	Glucides, lipides, protides.	Effluents domestiques, agricoles, Industries agro-alimentaire du bois (papèteries).
Micro - biologique		Bactéries, virus entériques, Champignons.	Effluents urbains, élevages, secteur agro-alimentaire.

2. Principales maladies à transmission hydrique

Elles apparaissent lors de la dégradation des conditions d'hygiène et des contrôles sanitaires. Ces maladies peuvent être causées par un bon nombre de micro-organismes : « les bactéries, les virus, les protozoaires et les vers parasites » (Roland, 2003). Ces maladies humaines d'origine hydrique et leurs agents responsables sont présentés dans le tableau suivant (Tableau N°4).

Tableau N° 4 : Principales maladies à transmission hydrique (khimoud et khennane, 2011; Lekhal et Mazouzi, 2009 ; Roland, 2003).

Organismes			Maladies	Principaux sites atteints
bactéries	<i>Shigella</i>		Shigellose (dysenterie bacillaire)	Système gastro-intestinal
	<i>Salmonella typhi</i>			Intestin
	<i>Salmonella choleraesuis</i>		Fièvres typhoïdes	Système gastro-intestinal
	<i>Salmonella enteritidis</i>		Fièvres entériques	
	<i>Escherichia coli</i>		(inflammation de la muqueuse intestinale)	Système gastro-intestinal
	<i>vibrio cholérae</i>		Gastro-entérites	Intestin
	<i>Francisella tularensis</i>		Choléra	Système respiratoire, foie, rate.
	<i>Leptospira</i>		Tularimie	Ganglions lymphatiques (foie).
	<i>icterohaemorrhagiae</i>		Leptospirose	
virus	Entéroviru	<i>Poliovirus</i>	Poliomyélite méningite aseptique	Moelle épinière, méninges.
		<i>Coxsackievirus</i>	Myocardites méningite	Cœur, muscles.
		<i>Echovirus</i>	Aseptique épidémie myalgie	Méninges
	Adénovirus	<i>Réovirus</i>	Méningite aseptique	Intestin
		<i>Virus A de l'hépatite</i>	Gastro-entérite	Pharynx
		<i>Virus gastro-entérique</i>	Pharyngite	Appareil respiratoire et digestif
protozoair	<i>Entramoeba histolytica</i>		Amibiase	Système gastro-intestinal.
	<i>Naeglera grubera</i>		Méningite encéphalique amibienne	Système nerveux central.
	<i>Giardia lamblia</i>			Intestin.
Vers parasites	<i>Ascaris lumbricoide</i>		Acariose	Tube digestif
	<i>Schistosoma mansoni</i>			
	<i>Schistosoma japonica</i>		Schistosomiose	Reins, intestin, foie.
	<i>Schistosoma haematobium</i>			
	<i>Necator americanus</i>		Ankylostomiose	Système gastro-intestinal.
	<i>Ankylostoma duodenale</i>		Diphyllobothriose	Système gastro-intestinal.
	<i>Diphyllobothrium latum</i>		Echinococcose	Foie et poumons
	<i>Echinococcus</i>			
	<i>Echino granulosus</i>		Anisakiose	Système gastro-intestinal.
	<i>Anisakis Sp</i>			



Partie

II



*Partie matériel et
méthode*

I. La localisation et la description de la station de traitement

1. Présentation du barrage de Taksebt

C'est un grand barrage hydraulique dont la mise en œuvre a débuté en 2001 sur la rivière de Takhoukhth, d'Ait Aïssi dite Oued Aïssi, situé à environ 10 Km au sud-est du chef lieu de la wilaya de Tizi Ouzou, et à 100 Km à l'Est de la ville d'Alger la capitale. Son inauguration et sa mise en service se sont effectuées le 3 juillet 2007. Son débit d'exploitation est de 180 millions de m³ destinés à l'alimentation en eau potable. Ce débit est réparti comme suit : 57 million de m³/an c'est-à-dire 1/3 de son volume revient à la wilaya de Tizi Ouzou tandis que 123 millions de m³/an sont pour les wilayas d'Alger, Blida et Boumerdès (Foual et Cherifi, 2012). Ce barrage est formé grâce à une digue aux dimensions suivantes (Tableau N°5) :

Tableau N° 5: Dimension de la digue du barrage Taksebt (Foual et Cherifi, 2012)

Longueur en crête	515 m	
Longueur à la base	465m	
Largueur en crête	8.60 m	
Niveau crête	171.50 m	
Hauteur	Au dessus du fond de la vallée	76 m
	Au dessus des fondations	94 m

a. Délimitation du bassin versant du Oued Aïssi

Le barrage de Taksebt est entouré principalement de cinq grandes daïras à savoir Tizi Ouzou, At Douala, Ouadhias, At Yenni et Larbaa Nath Irathen (Foual et Cherifi, 2012). Il est délimité comme suit :

- A l'Oust par la commune d'Irdjen, la daïra de Ait Aïssi, At Douala et la dépression de Ouadhias.
- Au Nord par la vallée du Sebaou.
- Au Sud la daïra d'Ait Mahmoud.
- A l'Est par le massif de Ain El Hemmam et de Larbaa Nath Irathen.

b. La retenue du barrage Taksebt

Il inonde la partie aval de l'Oued Aïssi. Sa rive gauche se trouve sur le territoire rural des communes d'Irdjen et de Larbaa Nath Irathen. Sa rive droite se trouve sur le territoire d'Ath Aïssi, d'Ath Douala et d'Ath Mahmoud. Le tableau ci-dessous (Tableau N°6) représente les principales caractéristiques de rétention du barrage Taksebt (Khimoud et Khennane. 2012).

Tableau N° 6: Principales caractéristiques du barrage TAKSEBT (Foual et Cherifi, 2012).

Capacité brute	175 hm ³	Cote de la retenue maximum	169.62 m
Capacité utile	164 hm ³	Volume annuel régularisable	180 hm ³
Aire inondée	550 ha	Cote de la retenue normale	165 m
Superficie	470 ha	Cote de la retenue minimum	110 m
Apport annuel de sédiments	265000m ³		

c. Le climat du barrage Taksebt

Le barrage Taksebt se situe dans la partie septentrionale du nord de l'Algérie qui répond à un climat de type méditerranéen. Caractérisé, à l'échelle annuelle, par une opposition thermique et pluviométrique nettement distinguée ; une saison hivernale humide avec des pluies torrentielles à grande irrégularité, une saison sèche et chaude en été (ONM, 2009).

Sa position entre la chaîne côtière au Nord et le versant nord du Djurdjura au Sud ainsi que l'effet de l'altitude et enfin l'augmentation de l'Ouest en Est de la pluviosité font d'elle l'une des régions les plus arrosées du nord de l'Algérie (Chala, 2002).

2. Présentation de la station de traitement

Les eaux brutes alimentant le barrage de Taksebt proviennent du bassin versant de l'Oued Aissi qui ne compte pas d'activité industrielle importante, mais cela n'exclut pas la pollution d'origine domestique ou d'activités artisanales, ce qui rend nécessaire la mise en place d'une station de traitement.

La station mono-bloc de TAKSEBT c'est une unité de traitement préfabriquée installée à 200m en aval du barrage (figure N°3). Elle est gérée par l'ADE de Tizi Ouzou et chargée de traiter l'eau du barrage en vue de sa consommation. Elle a une capacité de traitement de 350m³/h ou 7000m³/J. 4800m³ sont destinés à la daïra de Béni- Douala chaque jour. Cette unité de traitement est composée de :

- Un laboratoire équipé.
- Une chambre de dosage.
- Une chambre de pompage.
- Deux filiales de traitement, chacune est composé de :
 - Trois décanteurs, chaque'un est composé de :
 - ✓ Un compartiment de floculation
 - ✓ Un compartiment de décantation
 - ✓ Un compartiment de réception de l'eau décantée
 - trois filtres

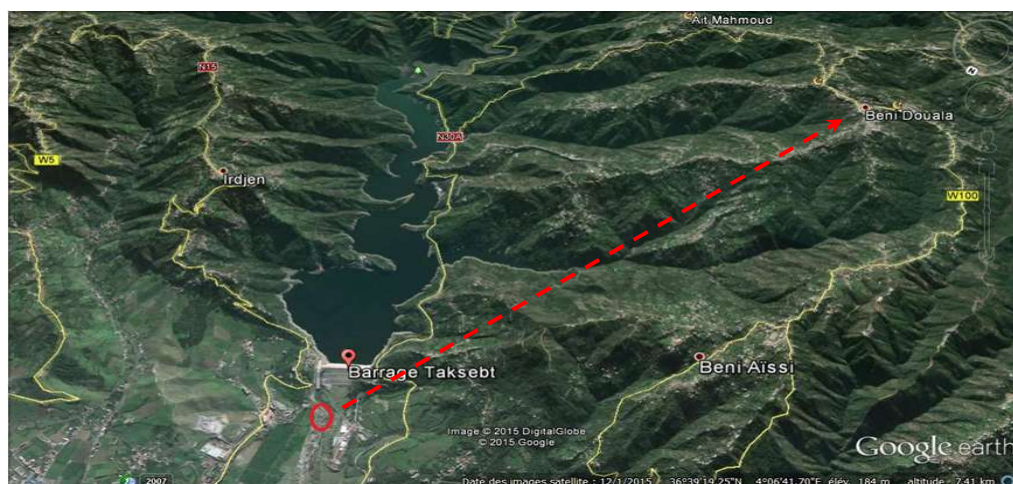


Figure N° 3 : La localisation de la station de traitement mono Bloc de Taksebt par rapport au barrage Taksebt et de la commune de Beni Douala.

Une fois que l'eau est traitée, elle est stockée dans un réservoir d'eau de 1000m^3 avant d'être distribuée dans les réservoirs d'eau des régions de consommation. Le schéma suivant (figure N°4) résume les sites de distribution au niveau de la commune de Béni-Douala

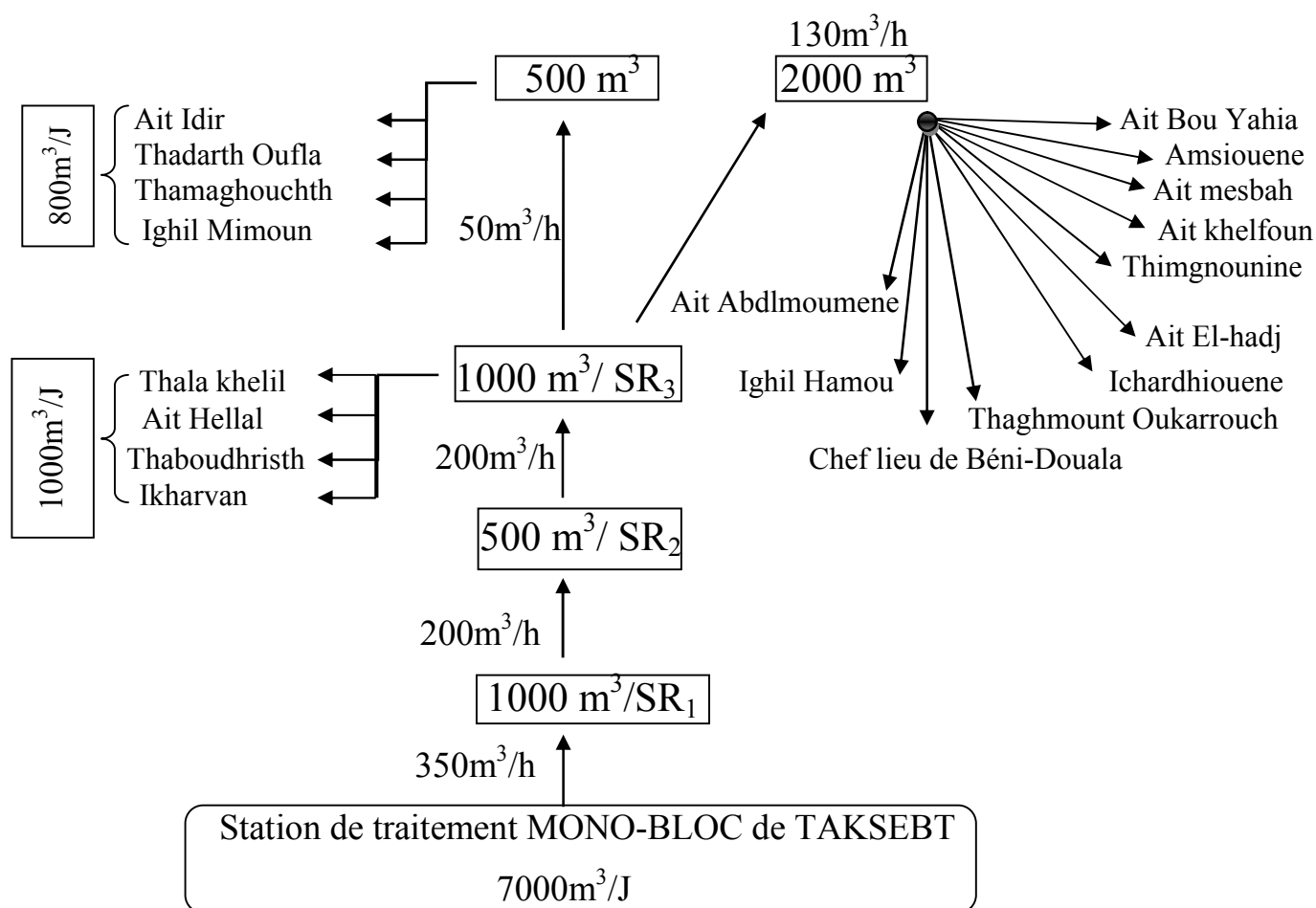


Figure N° 4 : Schéma des sites de distribution de la station de traitement mono-bloc de Taksebt (ADE de Tizi-Ouzou₁, 2014).

II. Méthode de traitement

Pour rendre l'eau potable, on lui applique des traitements variés qui obéissent tous au même principe : éliminer les éléments indésirables contenus dans l'eau par étapes successives, jusqu'aux organismes microscopiques comme les virus et les microbes (Sturzenegger, 2010).

1. Le dégrillage : Dès la prise d'eau, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les corps flottants et les gros déchets.

2. Le tamisage : C'est un filtrage plus fin, à travers des tamis destinés à arrêter les déchets plus petits.

3. La coagulation et la floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont dues aux particules colloïdales présentes dans l'eau et vu qu'elles sont maintenues en suspension elles n'ont pas tendance à s'accrocher les une aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédures de coagulation et floculation (Desjardins, 1997 ; Cardot, 1999).

3.1. La coagulation

La coagulation c'est un processus unitaire du traitement de l'eau. Elle résulte de l'addition de réactifs chimiques dans des dispersions aqueuses afin d'assembler, en agrégats plus gros, les fines particules dispersées pour faciliter leur agglomération ou leur floculation (Sturzenegger et *al.*, 2010).

L'élimination des particules en suspension par coagulation/floculation dépend de leur taille (densité et diamètre). Le tableau suivant résume les différentes classes de ces particules en fonction de leur taille, indiquant le temps nécessaire à des particules de densité et de diamètre différents pour chuter de 1 m dans une eau de 15°C.

Tableau N° 7 : Temps requis pour une particule pour se décanner (Desjardins R., 1997).

Type de particule	Diamètre en mm	Temps de chute de 1m dans une eau à 15°C		
		Densité de 2.65	Densité de 2.0	Densité de 1.1
Gravier	10.0	0.013 s	0.02 s	0.20 s
Sable grossier	1.0	1.066 s	2.0 s	20.90 s
Sable fin	0.1	126.66 s	3.48 mn	34.83 mn
Glaise	0.01	3.52 h	5.80 h	58.0 h
Bactéries	0.001	14.65 j	24.19 j	41.9 j
Colloïdales	0.0001	4.12 a	6.66 a	66.59 a
Colloïdales	0.000 01	412.2 a	665.9 a	6 659 a
Colloïdales	0.000 001	41 222.7 a	66 590 a	665 905 a

Paramètres affectant la coagulation

Le processus de coagulation est complexe et peut être influencé par plusieurs facteurs. Nous aborderons brièvement les effets des paramètres suivant (Desjardins Christian, 1999).

a. Le pH

Le pH est un des paramètres qui affecte le plus la coagulation-floculation. Chaque eau contient sa propre plage de pH pour laquelle la coagulation aura lieu rapidement. Celui ci se situe souvent dans la plage où la solubilité du coagulant utilisé est minimale, ce qui permet une meilleure précipitation et permet aussi d'améliorer la coagulation lorsque la température de l'eau est faible.

b. La température

Une température basse ralentit la cinétique des réactions chimiques et entraîne une augmentation de la viscosité, ce qui diminue la vitesse de décantation des floes.

c. Les sels dissouts

Ils modifient la plage du pH optimal, la quantité de coagulants requis, la quantité résiduelle de coagulant dans l'effluent et modifient aussi le temps requis pour la floculation.

d. La dose du coagulant

Il est nécessaire d'avoir une concentration optimale du coagulant. Cela s'effectue au laboratoire avec l'expérience du jar-test (qu'on verra ultérieurement) qui détermine la bonne concentration du coagulant à utiliser car l'excès de ce dernier changera les charges ionisées des

particules en suspension, ce qui induira la répulsion entre ces particules. Dans le cas contraire, c'est-à-dire la faible concentration du coagulant, il y aura une limitation du taux des colloïdes neutralisés.

b. la turbidité

Lorsque la turbidité est élevée, la quantité de coagulation est importante car il est plus probable d'avoir une collision entre les particules que lorsque la turbidité est faible.

La coagulation est plus facile si la turbidité est due à des particules de diamètres variés (CEAEQ, 2009).

3.2. La floculation

Après déstabilisation des particules colloïdales, celles-ci s'agglomèrent et rentrent en contact les unes avec les autres. Vient ensuite la floculation pour augmenter la probabilité de contact entre ces particules. Selon Jakohide Sants (1999), la différence de vitesse de liaison entre ces particules dépend de deux mouvements :

1. Floculation péricinétique, celle-ci est due au mouvement Brownien des particules. Le contact entre les particules est causé par leur mouvement aléatoire comme le montre le principe « A » de la figure 5.
2. Floculation orthocinétique, le contact entre les particules est induit par des gradients de vitesse provoqués par l'agitation de l'eau qui augmente la probabilité de collision entre les particules. Voir le principe « B » de la figure N°5.

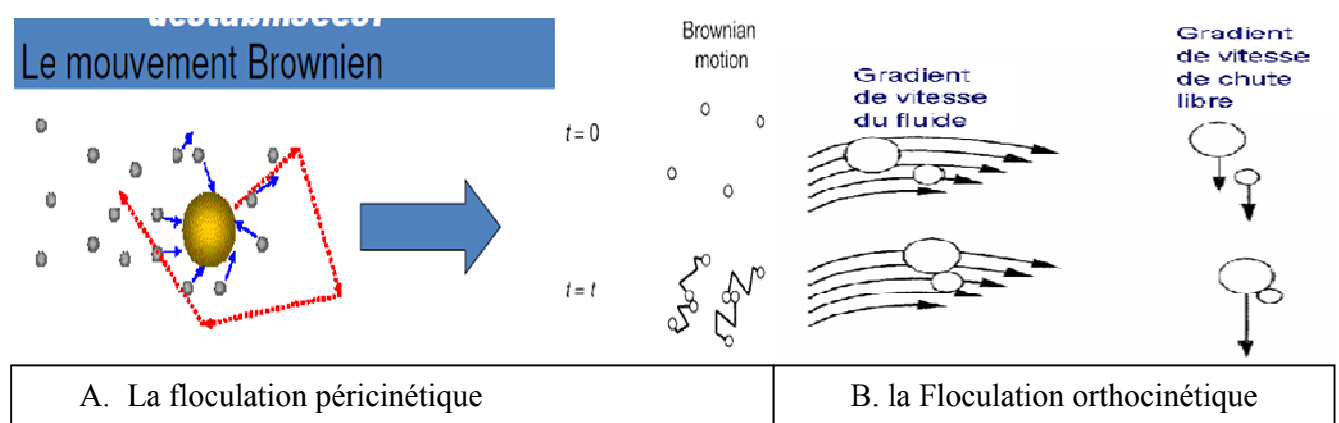


Figure N° 5: Principe de la floculation péricinétique et de la floculation orthocinétique (Metcalf et Eddy Inc., 2003).

4. La décantation

Il s'agit d'un procédé de séparation solide/liquide basé sur la pesanteur. Elle a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement (quand la turbidité est élevée). L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration (Edeline, 1998)

A. Mécanisme de décantation

Une particule présente dans l'eau est soumise à deux forces. L'une est la force de pesanteur F_g , l'autre est la force de résistance F_f . La première permet la chute des particules alors que la deuxième s'oppose à celle-ci. La force résultante est la différence entre les deux et elle détermine la direction de décantation des particules (Frédéric Élie, mai 2014)

Frédéric Élie (2014) a rapporté que STOKES a établi une loi qui permet de calculer la vitesse de chute des particules. Elle est donnée par l'équation suivante :

$$V_0 = \frac{(\rho_p - \rho_l) g \cdot d^2}{18\eta}$$

Où :

ρ_p = masse volumique de la particule (Kg/m³)

ρ_l = masse volumique du liquide (Kg/m³)

g = accélération de la pesanteur (m/s²)

d = diamètre de la particule

η = coefficient de viscosité du liquide (Pa.s)

Remarque : La vitesse de décantation est proportionnelle au diamètre de la particule.

Selon l'IHQE (2003) les particules à petite vitesse de décantation nécessitent une longue distance « L » pour arriver au fond du bassin. Pour ce fait, les études ont montré que pour augmenter la surface de décantation il faut ; diminuer la hauteur « H » du bassin de décantation, ainsi les particules décantées atteindront le fond plus rapidement (figure 6) et aussi ajouter des plaques (lamelles) au décanteur, qui seront disposées parallèlement avec un angle α par rapport à l'horizontale comme le montre la figure 7.

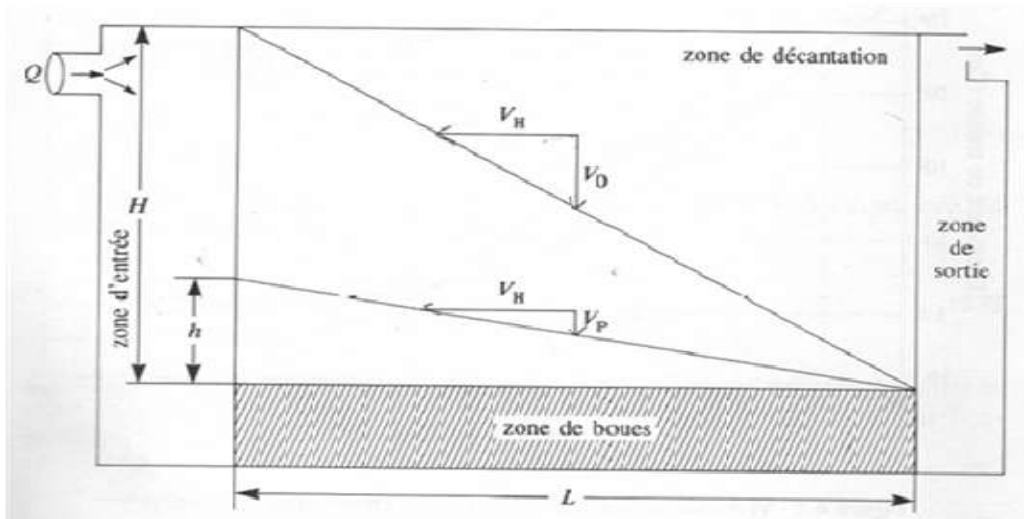


Figure N° 6 : Bassin de décantation idéale (R, Desjardins, 1997).

B. Décanteur lamellaire

Le décanteur est constitué d'un empilement de plaque inclinée de 35° par rapport à l'horizontale (figure 7). Les floccs s'accumulent sur la plaque inférieure et glissent jusqu'au fond du bassin de décantation, tandis que l'eau clarifiée reste en surface pour qu'elle soit acheminée vers l'unité de filtration (Mc Givney et Kawamura, 2008).

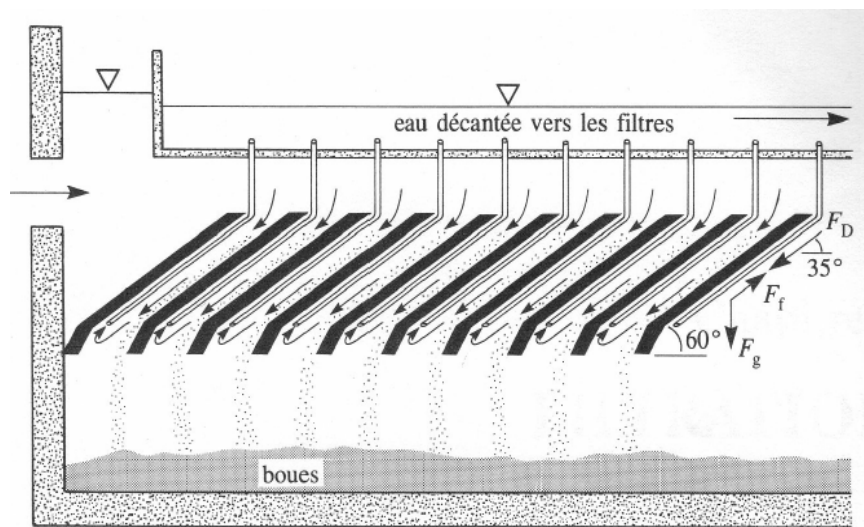
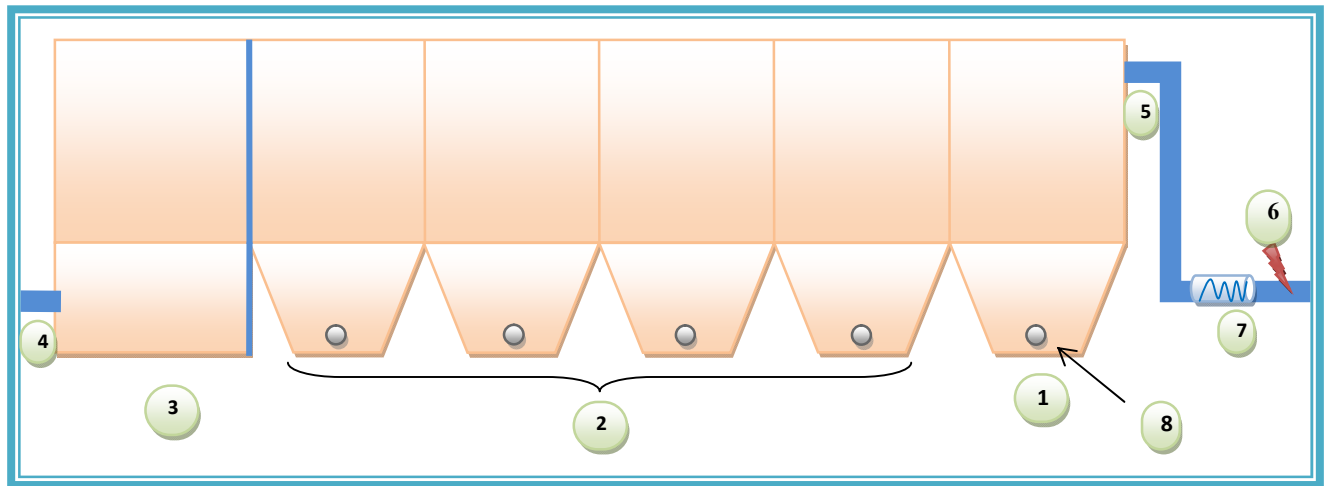


Figure N° 7 : Schéma du décanteur lamellaire (vue de profil) (R. Desjardins, 1997).

La station où notre travail a été effectué est munie d'une unité de traitement combiné, les bacs de coagulation-floculation-décantation sont attachés (figures 8 et 9). Le décanteur est similaire à celui étudié.



- 1- Bac de coagulation, floculation
- 2- Bac de décoration
- 3- Bac de l'eau décantée
- 4- Sortie de l'eau décantée
- 5- Entrée de l'eau brute
- 6- Point d'injection du sulfate d'alumine et du chlore (préchloration)
- 7- Mélangeur
- 8- Vanes d'évacuation de la boue

Figure N° 8 : Schéma représentatif du décanteur lamellaire de la station de TAKSEBT (Chougar, 2014)



Figure N° 9 : Décanteur lamellaire de la station monobloc de TAKSEBT (Chougar, 2014)

Remarque : Les trois bacs d'eau décantée sont reliés entre eux avec des connexions (manches) de 200 mm de diamètre (ADE de Tizi-Ouzou₁, 2014).

5. La filtration

La filtration est une technique physique de séparation et de fractionnement de substances solides en suspension. Plus particulièrement, elle sépare la phase liquide de la phase solide, en faisant passer l'eau à travers un milieu poreux destiné à la clarifier. Cette étape est importante dans le traitement de l'eau (Metahri, 2012).

5.1. Les principaux éléments d'un filtre

D'après Desjardins (1997) et selon la figure 10, un filtre à sable est composé de trois principaux éléments qui sont :

a. Le fond du filtre : structure qui sépare le milieu filtrant de l'eau filtrée. Il doit être suffisamment solide pour supporter le milieu filtrant. Il devrait aussi permettre de :

- Collecter et évacuer les eaux filtrées.
- Distribuer uniformément l'eau de lavage (on verra le lavage des filtres ultérieurement)

b. Le gravier de support : situé juste après le fond du filtre, il a pour rôle :

- Retenir le sable du milieu filtrant
- Améliorer la répartition de l'eau de lavage dans le filtre

c. Le milieu filtrant : les matériaux filtrants les plus utilisés sont le sable et l'anthracite

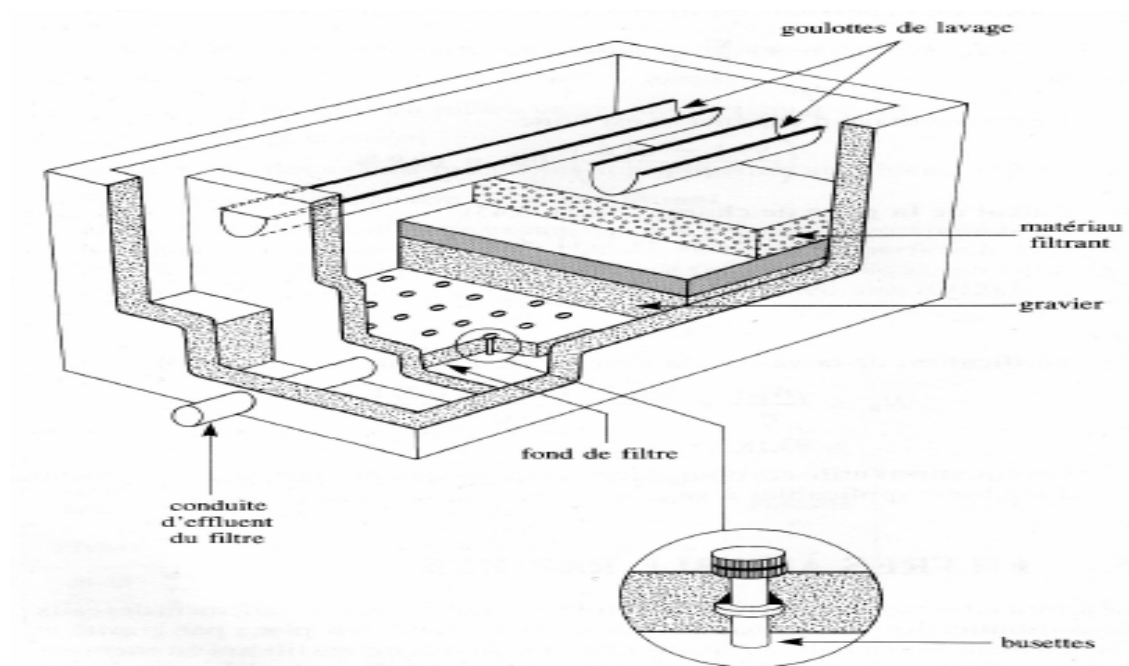
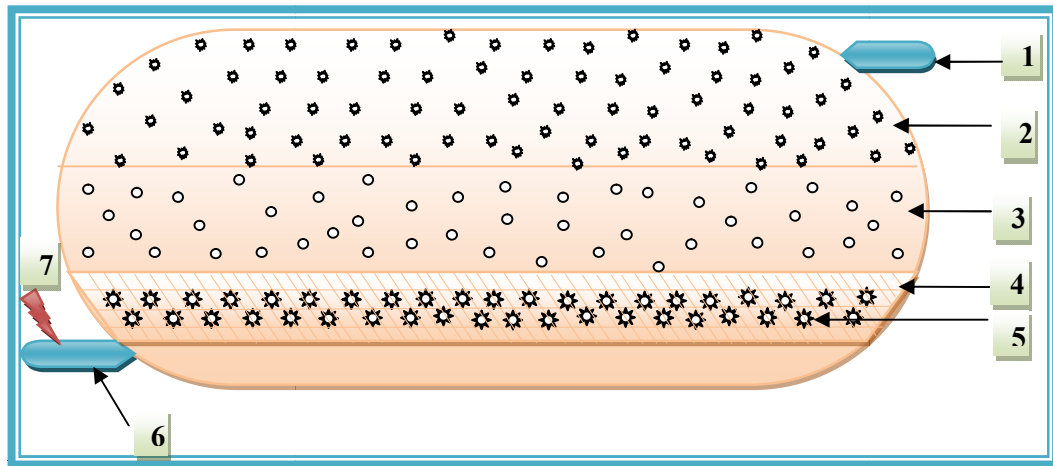


Figure N° 10 : Schéma d'un filtre à sable (Cheremisinoff, 2002).

La station où notre travail a été effectué est munie d'un filtre à sable similaire qui est schématisé dans les figures 11 et 12.



- 1- Entrée de l'eau décantée
- 2- Sable fin (figure 13 boîte « A »)
- 3- Sable grossier (figure 13 boîte « B »)
- 4- Plancher
- 5- Buselures ou les Busettes (figure 14)
- 6- Sortie de l'eau filtrée
- 7- Poste chloration

Figure N° 11 : Schéma représentatif du filtre à sable de la station de TAKSEBT (Chougar, 2014)



Figure N° 12 : Filtre à sable de la station mono-bloc de TAKSBT (chougar, 2014).



Figure N° 13 : Sable utilisé dans les filtres



Figure N° 14 : Buselures d'un filtre à sable

5.2. Fonction des filtres

L'eau venant des décanteurs ou des flocculateurs est répartie en 3 filtres à sable de granulométrie homogène où elle sera filtrée gravitairement. En filtration, des conduites sous pression permettent l'équi-répartition du débit d'eau entre les 3 filtres, qui est ensuite filtrée par gravité à travers la couche de sable. L'eau filtrée est collectée par les buselures traversant la dalle planchée (figure 9) qui supporte les matériaux filtrants. Une fois l'eau arrivée au fond du filtre, des conduites à vannes régulatrices acheminent l'eau vers le réservoir de stockage après avoir été désinfectée.

5.3. Lavage des filtres

La rétention des matières solides contenues dans l'eau provoque une obstruction progressive des interstices existant entre les éléments constitutifs de la matière filtrante, ce phénomène est désigné sous le nom de « colmatage du filtre » (Mc Givney et Kawamura, 2008).

Mécanisme de lavage : l'eau de lavage est injectée par le bas, à contre-courant, le milieu filtrant prend de l'expansion et libère les particules emprisonnées dans le filtre. Cependant, la plupart des impuretés sont adhérentes aux grains de sable, c'est pourquoi elles ne peuvent être éliminées avec un simple lavage, pour les dissocier il faut injecter de l'air. Celui-ci augmentera la turbulence dans le filtre, favorise le frottement des grains de sables entre eux, libérant ainsi les impuretés. Pour terminer, il faut laver les filtres à l'eau suivie d'une pression d'air pour diminuer la pression de l'eau des filtres (ADE de Tizi Ouzou₁, 2014).

Remarque :

- * Il est important de maîtriser la vitesse d'injection de l'eau de lavage car si elle est injectée brusquement, il y aura risque de soulever la totalité du gravier au-dessus de la couche de sable, ce qui provoquera la perte du sable.
- * La pression de l'air utilisée varie entre 5 et 8 bar.
- * La quantité de l'eau utilisée pour laver un filtre est de 145 m³/h soit 2417 l/mn.

6. La désinfection

Une grande partie des maladies sont causées par des micro-organismes présents dans l'eau de consommation. La désinfection est le processus de destruction de ces organismes afin d'empêcher toute contamination (Reed, 2013). On procède à la désinfection de l'eau par l'injection du chlore (Cardot, 1999).

III. Préparation des réactifs chimiques du traitement

La station de traitement contient une chambre de dosage où sont préparés les réactifs chimiques (le chlore et le sulfate d'alumine). Elle est munie de quatre bacs de 4000 litres chacun. Chaque bac contient un agitateur ayant une capacité de rotation qui diffère selon le réactif à mélanger (figure 15) (ADE de Tizi Ouzou₂, 2014).

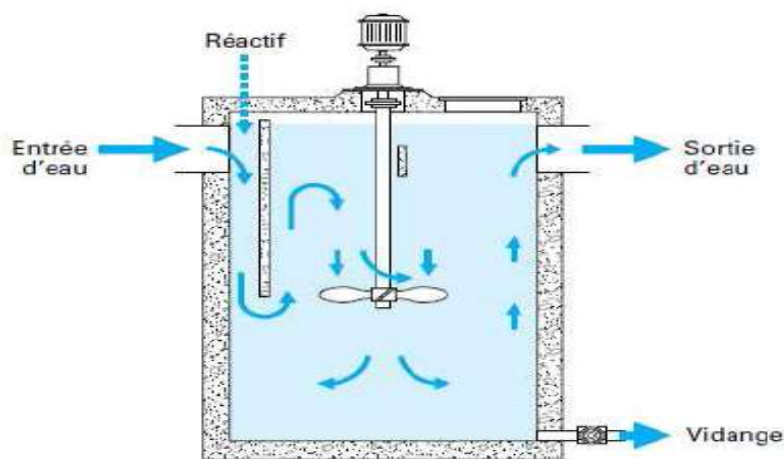


Figure N° 15 : Bac de préparation des réactifs (Jestin, 2010).

1. Préparation du chlore

Il faut d'abord remplir le bac de 2000 litres d'eau et injecter 200 à 300 litres d'eau de Javel, puis mélanger durant 15 min avec un agitateur de capacité de 79 tr/mn, ensuite laisser décanter pendant 30 min.

2. Préparation du sulfate d'alumine

Le bac doit d'abord être rempli de 2000 litres d'eau. On met en marche le mélangeur puis on y injecte 50 à 100 Kg du sulfate d'alumine et on complète le remplissage du bac jusqu'à 4000 litres avec de l'eau. Le temps de mélange est de 2 heures à une vitesse de 168 tr/min on le laisse décanter pendant 6 heures.

Remarque : Une fois les réactifs prêts à être utilisés, deux pompes sont mises à disposition pour aspirer les réactifs jusqu'à leur point d'injection.

❖ Résumé des étapes de traitement

Pour mieux comprendre les étapes de traitement d'une eau naturelle et la rendre potable, un résumé de l'essentiel de ces étapes est fourni dans le tableau suivant :

Tableau N° 8 : Résumé des méthodes de traitement des eaux (Desjardins, 1997).

Etapes de traitement	Fonction	Commentaire
Prise d'eau	La station achemine l'eau à traiter avec une conduite de 300 mm de diamètre.	Aucune matière flottante, ni vase n'est entraînée vers la station.
Grillage	Arrête les impuretés grossières	Installé au niveau du barrage.
Pompe de refoulement	Refoule l'eau du barrage vers la station de traitement	Capacité de refoulement= 350 m ³ / h
Tamissage	Arrête les petites particules en suspension	Installé dans la station, son nettoyage s'effectue manuellement.
Prédésinfection ou préoxydation	Oxyde la matière organique et réduit la concentration des micro-organismes	Injection du chlore.
Coagulation	Déstabilise les particules en suspension et amorce la formation d'un floc	Injection du sulfate d'alumine à l'eau, mélangée avec un mélangeur statique pour homogénéiser.
Floculation	Agglutine les particules colloïdales et augmente la densité des floes	L'eau du bac de floculation doit être stable pour éviter la cassure des floes.
Décantation	La densité des floc est plus élevée que celle de l'eau alors ils décantent	Le liquide surnageant est acheminé vers la filtration. La boue est évacuée vers les égouts.
Filtration	Arrête les petites particules de floc acheminées dans l'effluent du décanteur	Dernière étape pour rendre l'eau limpide
Désinfection	Détruit les micro-organismes nuisibles à la santé	Injection de chlore
Réservoir	Conserve l'eau à traiter jusqu'à son utilisation	Situé dans la station
Pompe à haute pression	Refoule l'eau traitée vers les consommateurs (village de Béni-Douala)	Capacité = consommation horaire maximale = 350 m ³ /h

IV. Méthode de prélèvement des échantillons

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons en verre lavés avec une solution détergente et rincés à l'eau distillée est exigé.

1. Méthode d'échantillonnage pour les analyses physico-chimiques

Pour faire une analyse complète, il faut disposer d'un échantillon qui représente chaque étape du traitement, eau brute, eau décantée, eau traitée et comme échantillon de comparaison on prend l'eau de la SEAAL. Le site de prélèvement pour chaque échantillon est le suivant :

- a. **Eau brute** : Prélèvement d'un robinet disposé juste à l'arrivée de l'eau acheminée du barrage vers la station, après l'étape du dégrillage et de tamisage.
- b. **Eau décantée** : Prélèvement sur site, d'un robinet installé après le bac de décantation.
- c. **Eau traitée** : Prélèvement sur site, d'un robinet dérivé de la conduite de refoulement.
- d. **Eau de la SEAAL (comme échantillon de comparaison)** : Cette eau arrive au laboratoire de la station par une conduite dérivée de la conduite principale de la SEAAL. L'échantillonnage s'effectue d'un robinet disposé au sein du laboratoire.

Au moment du prélèvement, l'eau doit s'écouler quelques minutes pour ne pas prélever celle restée dans les tuyaux d'adduction. Puis, les flacons sont rincés 3 fois avec l'eau à prélever. Ensuite, ils sont remplis jusqu'au bord et fermés à bouchon d'une manière à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air à l'intérieur.

Remarque : Les récipients servant à l'échantillonnage doivent être propres, mais il n'est pas indispensable qu'ils soient stériles.

2. Méthode d'échantillonnage pour les analyses bactériologiques

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un flacon stérile selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle.

Le prélèvement s'effectue seulement après avoir flambé l'orifice du robinet à l'aide d'une tige métallique enrobée de coton imbibé d'alcool enflammé, pendant au moins une minute. On laisse couler l'eau jusqu'à remplir les flacons aux $\frac{3}{4}$ de leurs volume, pour ne pas détruire les germes aérobies et pour pouvoir agiter l'échantillon avant l'analyse.

Les échantillons composés d'eau brute et d'eau traitée sont transportés au laboratoire central de l'ADE de Tizi-Ouzou dans une glacière à 4°C pour assurer leur conservation et empêcher toute prolifération des germes. Les analyses s'effectueront le même jour.

Remarque : La stérilisation des flacons se fait par la chaleur, soit à l'autoclave à 120°C pendant une heure, soit au four pasteur à 180°C pendant une heure et 30 minutes.

V. Tests relatifs aux traitements physico-chimiques

1. Le degré chlorométrique

Pour pouvoir déterminer la demande en chlore de l'eau il faut en premier lieu avoir le degré chlorométrique de la solution d'hypochlorite de sodium. L'essai s'effectue comme suit :

Rapporter 10ml de chlore dilué du bac et l'injecter dans 90 ml d'eau distillée, agité jusqu'à homogénéisation. Extraire 10 ml du mélange dans un bécher, ajouter 3 g de bicarbonate de sodium et 2 ml d'empois d'amidon, mélanger le tout à l'aide d'un mélangeur muni d'une barre magnétique. Pour le titrage, on utilise de l'iodure de potassium qu'on injectera goutte à goutte à l'aide d'une pipette jusqu'à que la couleur transparente du mélange vire au violet, puis on rapporte la valeur indiquée sur la pipette.

Pour avoir le degré chlorométrique, on multiplie la valeur obtenue du titrage à une constante qui est de 1,12.

2. La demande en chlore

Le chlore se combine aisément aux substances, micro-organismes et matières organiques présents dans l'eau. Ces composants épuisent le chlore et sont responsables de la demande en chlore du système de traitement. Il est important d'ajouter suffisamment de chlore à l'eau pour satisfaire la demande en chlore et pour assurer une désinfection résiduelle (Turkeys, 2012). Pour déterminer la demande en chlore, on a recours à la méthode suivante :

Rapporter 10ml de chlore dilué du bac et l'injecter dans 90 ml d'eau distillée, agité jusqu'à homogénéisation. Extraire 3 ml du mélange dans un litre d'eau brute, agiter et laisser le temps de réaction pendant 15 min réagîtes et laissé encore 15 min (ADE de Tizi-Ouzou₂, 2014).

Déterminer le chlore résiduel libre : Prendre un échantillon de cette eau dans un tube à essai, ajouter une pastille de DPD (diethyl paraphenylene diamine) qui réagit avec le chlore présent dans l'eau pour former une teinture rouge. L'intensité de la couleur est comparée visuellement à celle d'une échelle de couleur, Plus la couleur est foncée, plus la teneur de l'eau en chlore résiduel est élevée. Afin de déterminer la concentration en chlore on utilise un comparateur colorimétrique (Reed, 2013).

Remarque : la même technique pour la déterminer le chlore résiduel libre est appliquée sur les eaux à analyser aussi bien l'eau décantée, l'eau traité que l'eau traitée par la SEAAL.

Une fois le taux du chlore résiduelle libre (Ch.R.L) obtenu, on effectue les calculs suivants afin de déterminer la demande en chlore.

$$\text{Demande en chlore} = \text{Taux de chlore injecté (mg/l)} - \text{le chlore résiduel libre (mg/l)}$$

3. La demande en sulfate d'alumine (Essai Jar-Test)

La demande en sulfate d'alumine s'effectue au laboratoire à l'aide du Jar-Test (figure 16) ayant pour but de déterminer la dose du sulfate d'alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ à injecter à l'eau brute pour avoir une meilleure coagulation. L'essai s'effectue comme suit :



Figure N° 16 : le jar test utilisé pour effectuer la demande en sulfate d'alumine (chougar, 2015)

Prendre les 5 cinq béchers du Jar-Test remplis d'un litre d'eau brute; injecter à chacun du sulfate d'alumine dilué (extrait du bac du sulfate d'alumine) à des doses comprises entre 0.10 et 0.50 ml, avec une différence de 0.10 ml chacune. Agiter à l'aide du Jar-Test (il contient autant d'agitateurs que de béchers) qui est réglé à une vitesse de 200 Tr/mn pour une durée de 3 minutes ; puis baisser la vitesse d'agitation à 40 Tr/mn pour une durée de 15 mn (agitation lente). Arrêter l'agitation et laisser décanter pendant 30 mn. On filtre l'eau décantée de chaque bécher à l'aide d'un papier filtre et puis on fait passer chaque échantillon à l'analyse.

Remarque: Il faut respecter les temps et la vitesse d'agitation.

VI. Méthodes d'analyses physico-chimiques

1. Méthode électrométrique

a) Le potentiel hydrique (le pH)

La détermination électrométrique du pH s'effectue par la mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongée dans l'eau à analyser.

b) La conductivité

La conductivité électrique de l'eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration, la nature des ions, la température et la viscosité de la solution à analyser.

Autrement dit, la conductivité est la détermination des sels présents dans l'eau au passage d'un courant électrique.

L'unité de la conductivité électrique est le Siemens par mètre (S/m), généralement exprimée en micro-Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

c) La turbidité

La mesure de la turbidité permet la détection des matières non dissoutes présentes dans l'eau par transmission de rayons lumineux car les particules non dissoutes atténuent la radiation incidente et les particules insolubles diffusent la radiation de façon inégale (CEAEQ, 2009).

La longueur d'onde de la radiation incidente est de 860 nm afin d'éviter l'influence des matières dissoutes absorbant la lumière. Cette méthode est recommandée par ISO 7027.

Les résultats sont exprimés en NTU (Unités Néphélométriques de Turbidité).

2. Méthodes spectrophotométriques

a) Test d'ammonium (NH_4^+)

Les mesures spectrophotométriques du composé vert formé par la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate en présence de nitroprussiate de sodium s'effectuent comme suit :

Prendre quatre fioles de 50 ml, verser 40 ml d'eau à analyser dans chacune d'elles (eau distillée, eau brute, eau traitée et l'eau traitée par la SEAAL) et injecter 4 ml de chacun des réactifs suivants : Réactif chloré et dichloro-iso-cyanurate de sodium (annexe 3). Il faut

compléter chaque fiole à 50 ml avec de l'eau distillée, agiter pour homogénéiser puis laisser 30 mn le temps de réaction avant d'effectuer la lecture spectrophotométrique à longueur d'onde de 655 nm. Une coloration verdâtre se développera en présence de NH_4^+ . Les résultats seront exprimés en mg/l d'ammonium (ADE de Tizi-Ouzou, 2015 selon ISO 7150/1 et ISO 5667).

b) Test de nitrite NO_2^-

Les ions nitrites présents dans une eau de pH acide réagissent avec le sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque. Ce dernier réagit avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1)diamino-1,2 éthane (ajouté avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) pour former un complexe de coloration rose. Le mode opératoire qui met en évidence cette réaction est comme suit :

Prendre trois fioles, ajoutées à chacune d'elles 50 ml d'eau à analyser (eau distillée, eau brute, eau traitée et l'eau traitée par la SEAAL) et 1 ml du réactif « A » préparé au laboratoire (le mode opératoire de sa préparation est donné dans le point qui va suivre). Laisser les fioles de coté pendant 20 minutes, le temps de réaction, puis faire la lecture au spectromètre UV-Visible à la longueur d'onde de 540 nm. L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- . Les résultats sont exprimés en mg/l de nitrite (ADE de Tizi-Ouzou, 2015 selon ISO 6777 et ISO 5667).

Le mode opératoire de la préparation du réactif « A » est comme suit :

Dissoudre 40 g d' amino-4 benzène sulfonamide dans 100 ml d'acide orthophosphorique plus 500 ml d'eau ; ajouter 2 g de dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 et compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée.

c) Test de nitrate NO_3^-

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique (Rodier, 1978). Le mode opératoire du test est comme suit :

Prendre trois fioles de 50 ml chacune, verser 10 ml d'eau à analyser (eau distillée, eau brute, eau traitée et l'eau traite par la SEAAL), injecter 3 gouttes de chacune des solutions suivantes : solution d'hydroxyde de sodium NaOH à 30% et la solution de salicylate de sodium à 0.5 %. Mettre à évaporer dans l'étuve à 75 - 88°C. Retirer les fioles de l'étuve, laissé refroidir puis reprendre les résidus avec 2 ml de H_2SO_4 , laissé reposer 10 mn. Pour terminer ajouter 15 ml d'eau distillée et 15 ml de la solution de tartrate double de sodium et de potassium. Effectuer la

lecture au spectromètre UV-Visible à la longueur d'onde de 415 nm. Les résultats sont donnés en mg/l de NO_3^- (ADE de Tizi Ouzou, 2015 in Norme Afnor T90-012).

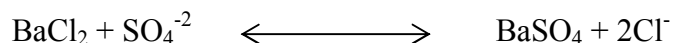
d) Test de phosphate PO_4^{3-}

C'est une réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine (annexe 3) pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate coloré en bleu. Le test de détermination du phosphate est comme suit :

Prendre 3 fioles jaugées de 50 ml, introduire 40 ml d'eau à analyser (eau distillée, eau brute, eau traitée), ajouter à chacune d'elles 1 ml d'acide ascorbique, 2 ml de réactifs mixtes (Solution de molybdate acide). Compléter le volume avec de l'eau distillée. Après un laps de temps compris entre 10 et 30 min, mesurer l'absorption avec un spectromètre UV-Visible à longueur d'onde de 880 nm. Les résultats sont donnés en mg/l (ADE de Tizi-ouzou, 2015 in ISO 6878/1 et ISO 5667).

e) Test de sulfate SO_4^{2-}

Selon Rodier (2005), les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de chlorure de baryum (BaCl_2), suivant la réaction :



Le mode opératoire pour la détermination du sulfate dans l'eau :

Prendre 3 fioles jaugées de 50 ml, introduire à chacune 100 ml d'eau à analyser (eau distillée, eau brute, eau traitée), ajouter 5 ml de solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum (BaCl_2) 0.01N. Bien agiter le mélange. Enregistrer la gamme dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm. Les résultats sont exprimés en mg/L (ADE de Tizi-Ouzou, 2015 in Norme ISO 5667, 2004).

f) Test de fer Fe^{2+}

Les ions de fer III sont réduits en fer II par le chlorhydrate hydroxylamine et forment un complexe rouge orangé en présence de phénantroline -1.10 qui est stable dans l'intervalle de pH de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer. Le mode opératoire pour déterminer la présence du fer dans l'eau est comme suit :

Prendre 3 fioles de 100 ml, introduire 50 ml d'eau à analyser (eau distillée, eau brute, eau traitée), ajouter 1 ml de la solution tampon acétate pour éviter les interférences chimiques et 5 ml

de la solution peroxydisulfate pour oxyder le Fe^{2+} en Fe^{3+} . Sur une plaque chauffante sous une haute, chauffer à 105°C pendant 20 mn, compter 3mn après ébullition, et ajouter :

1 ml de la solution tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5.

2 ml du chlorhydrate hydroxylamine pour faire réduire le Fe^{3+} en Fe^{2+} .

2 ml de la solution phynantroline, une coloration rouge apparait en présence de Fe

Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible à 510 nm. Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du fer (ADE de Tizi Ouzou, 2015 in ISO 6332 et ISO 5667).

g) Test d'aluminium Al^{3+}

Il consiste en la réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine à un pH de 5.9 en présence de l'acétate d'ammonium (ADE de Tizi Ouzou, 2014).

1^{ère} étape : Préparer la solution fille d'eriochrome cyanine de 10 g/l (solution mère)

On prend 24.5ml d'eau distillée, on leur ajoute 0.25 ml de d'eriochrome cyanine. Bien agiter pour avoir la solution fille d'eriochrome cyanine de 10 g/l.

2^{ème} étape : La prise d'essayage

Prendre quatre fioles de 50 ml, introduire 25 ml d'eau à analyser (eau distillée, eau brute, eau traîée), ajouter à chacune d'elles des réactifs à dose différente

Les réactifs utilisés sont les suivants :

R_1 = Solution de thiosulfate de sodium 0.028N

R_2 = Acide ascorbique à concentration de 10 g/l

R_3 = Acide sulfurique 0.04N

R_4 = Solution tampon pH 6.2

R_5 = Solution fille d'eriochrome cyanine

Les doses des réactifs à injecter :

Dosage d'aluminium R_1 = 0.5 ml.

Dosage d'aluminium R_2 = 1 ml.

Dosage d'aluminium R_3 = 1 ml.

Dosage d'aluminium R_4 = 10 ml.

Dosage d'aluminium R_5 = 5 ml.

Compléter chaque fiole à 50 ml avec de l'eau distillée. Homogénéiser et laisser le temps de contact 10 mn puis analyser les 4 échantillons à l'aide d'un spectrophotomètre à 540 nm.

3. Méthodes volumétriques

a) Test de calcium Ca^{+2}

Il consiste en le titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA (Ethylène-Diamine Titra-Acétique) à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide qui forme un complexe violet avec le calcium. Le mode opératoire qui met en évidence cette réaction est comme suit :

Prendre 3 fioles de 100 ml, introduire 50 ml d'eau à analyser (eau distillée, eau brute, eau traitée), ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium 2 N et une pincée d'indicateur. Bien mélanger le tout et titrer avec la solution d'EDTA en versant lentement. Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette (Tizi-Ouzou, 2015 in ISO 6058 et ISO 5667). La teneur en calcium est exprimée en mg/l,

b) Test de chlorure

La méthode utilisée dans le dosage du chlorure est celle du titrage au nitrite d'argent avec du chromate comme inducteur. Le mode opératoire pour déterminer cette réaction est comme suit :

Prendre 3 fioles, introduire 100 ml d'eau à analyser (eau distillée, eau brute, eau traitée), ajouter à chacune 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer par addition goutte à goutte de la solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre. Après addition d'une goutte de solution de chlorure de sodium cette coloration doit disparaître (ADE de Tizi-Ouzou, 2015 in ISO 9297 et ISO 5667-3, 2003).

c) Test de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

Le principe est de déterminer la dureté totale (la somme des concentrations en calcium et magnésium dans les eaux) par la méthode de titrimétrie à l'EDTA (Ethylène-Diamine Titra-Acétique). Lors du titrage l'EDTA à pH 10 réagit avec les ions calcium et magnésium libres en solution puis il réagit avec ceux combinés à l'indicateur utilisé, le noir ériochrome T (mordant noir), ce qui provoque un changement de couleur du bordeaux au bleu. Le mode opératoire pour établir cette réaction est comme suit :

Prendre 3 fioles, introduire 50 ml d'eau à analyser (eau distillée, eau brute, eau traitée), ajouter à chacune d'elle 4 ml de la solution tampon à pH 10 et une pincée d'indicateur de mordant noir 11, bien mélanger (La solution doit se colorer en rose), titrer immédiatement avec

la solution d'EDTA, en versant lentement jusqu'au virage au bleu (ADE de Tizi-Ouzou, 2015 in ISO 6059).

La dureté s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO_3 .

d) Test du bicarbonate

Pour une eau dont le pH est inférieur à 8.5 (ce qui est le cas de nos échantillons), la teneur en carbonates CO_3^{2-} et les ions d'hydroxydes est négligeable. Le dosage des bicarbonates passe donc par la détermination du titre alcalimétrique complet. Celui-ci se base sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (Rodier *et al.*, 2005).

e) Détermination de l'alcalinité, titre alcalimétrique simple (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide fort en solution diluée (Acide chlorhydrique à 0.01 N), aux niveaux de pH 8.3 et 4.3. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA) et la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

1) Détermination du titre alcalimétrique (TA)

- Prélever dans une capsule 100 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénolphthaléine (annexe 3), une couleur rose apparaît. Dans le cas contraire le TA est nul, c'est le cas quand une eau a un pH inférieur à 8.3
- A l'aide d'une burette, verser doucement l'acide chlorhydrique en agitant constamment jusqu'à décoloration complète de la solution (pH 8.3)

2) Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

- Utiliser l'échantillon traité du TA
- Ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange (voir annexe 3).
- Titrer à l'acide chlorhydrique jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH 4.3)

4. Méthode photométrique

La méthode d'analyse photométrique est réalisée par un photomètre à flammes pour le dosage du potassium (K^+) et du sodium (Na^+). Lorsque les atomes de l'un de ces éléments sont excités par une flamme, ils émettent des radiations de longueur d'onde déterminée mesurée par spectrophotométrie à émission de flamme (ADE de Tizi Ouzou, 2015).

Le mode opératoire pour mettre en évidence cette méthode est la suivante :

Dans un petit bécher verser l'eau à analyser.

- Pour le dosage du sodium, adapter un phototube sensible aux radiations comprises entre 400 et 625 nm.
- Pour le dosage du potassium, adapter un phototube sensible aux radiations comprises entre 625 et 1 000 nm.

Les résultats sont affichés directement par le photomètre en mg/l.

❖ Détermination des résidus secs

Premièrement: Préparation de la capsule

Nettoyer la capsule creuse en porcelaine à l'acide chlorhydrique (HCl), puis à l'eau distillée. Faire sécher la capsule à l'étuve, la calciner dans le four réglé à 525 °C puis laisser refroidir, ensuite la placer dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et peser.

Deuxièmement : Examen de l'échantillon

- Evaporer au bain marie dans la capsule 500 ml d'eau. Il est recommandé de ne remplir celle-ci qu'à mi-hauteur.
- Laver la fiole jaugée qui a servi à mesurer la prise d'essai avec de l'eau permutée et verser les eaux de lavage dans la capsule.
- Une fois l'eau évaporée, place la capsule dans l'étuve, réglée à 105°C durant 4 heures.
- Laisser refroidir ¼ d'heure dans un dessiccateur et peser.

Le résidu sec à 105°C, sera exprimé en mg/l.

VII. Méthodes d'analyse bactériologique

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence de bactéries dans une eau. En d'autres termes, elle consiste en la recherche et le dénombrement de la flore totale de l'eau, en particulier la flore pathogène d'origine fécale (Djafour et Khacef.2008 in Roux, 1987).

Pour l'étude de la qualité d'une eau potable destinée à la région de Béni-Douala, nous avons pratiqué une analyse complète, comportant :

- Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 22 et à 37 °C.
- Recherche et dénombrement des coliformes, Coliformes thermo-tolérants et *E. coli*.
- Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux (streptocoques fécaux).
- Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de clostridium sulfito-réducteurs.

Ces déterminations qualitatives et quantitatives sont établies à partir de deux méthodes et le choix de la méthode dépendra de la nature de l'échantillon mais aussi de la sensibilité et de la précision souhaitées (Rodier, 2005 ; Rodier 2009).

A. Méthode de dénombrement sur membrane filtrante

Le dénombrement est basé sur une filtration d'un volume donné d'échantillon d'eau à travers une membrane filtrante de porosité de 0.45 µm susceptible de retenir les bactéries. Ensuite, elle sera placée sur un milieu gélosé et incubée à une température appropriée, puis on procède au comptage direct.

Son domaine d'application privilégié est les eaux claires ne contenant pas de matières en suspension susceptibles de colmater les filtres (Rodier, 2009).

B. Méthode de dénombrement par inoculation sur milieu liquide

Cette méthode repose sur le principe de la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP), qui consiste en l'ensemencement de nombreuses prises d'essai d'un même échantillon dans des tubes à essais où le milieu de culture est liquide.

Après incubation, chaque tube ayant reçu un ou plusieurs organismes avec l'inoculum, présentera une croissance qui va provoquer ou non des modifications dans le milieu (trouble ou virage de couleur). Vu que certains tubes peuvent être négatifs (ne présentent pas de changement), le NPP de micro-organismes dans une quantité spécifiée d'échantillon peut être estimé à partir du nombre et de la répartition des tubes positifs (Rodier, 2009).

- ❖ **Le choix du système NPP à utiliser**, c'est porté sur le système N°3 pour la détermination du nombre des micro-organismes dans les eaux brutes et traitées (Voir la table du système en annexe 4). (S/C : simple concentration et D/C : double concentration)

3em système : 5 tubes D/C inoculum 10 ml
 1 tubes S/C inoculum 01 ml
 1 tubes S/C inoculum 0.1 ml

1. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 et à 37°C

À l'aide d'une pipette Pasteur, prélever aseptiquement 1 ml de l'eau à analyser et l'incorporer dans le milieu gélosé T.G.E.A (2 séries de boîtes de Pétri contentent le même milieu sont préparées). Faire des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose (ADE de Tizi-Ouzou, 2015). Puis, incuber les boîtes retournées et partagées en deux séries distinctes à l'étuve

- La première série sera incubée à 22°C pendant 72 heures, pour les germes saprophytes
- La seconde série sera incubée à 37°C pendant 48 heures. pour les germes pathogènes

a) Milieu de culture

T.G.E.A = Gélose Tryptone de levure Agare - Gélose à l'extrait de levure- (voir annexe 3)

b) Méthode de comptage et d'expression des résultats

Examiner les boîtes aussitôt qu'elles sont retirées de l'étuve, il faut compter les colonies présentes dans chaque boîte de Pétri, si nécessaire utiliser un grossissement (une loupe). Les colonies des germes totaux apparaissent en masse sous-forme lenticulaire et bien distinctes.

Si les boîtes de Pétri ne présentent pas de colonies, exprimer les résultats comme étant non détectés dans le milieu en nombre d'unité de colonies formées par millilitre d'échantillon (UFC/ml).

Si elle présente un nombre supérieur à 300 colonies, exprimer les résultats approximativement (>300).

Les boîtes contenant moins de 300 colonies, au niveau de deux dilutions successives, elles doivent contenir au moins 15 colonies.

Les résultats seront exprimés en nombre d'unité de colonies formées par millilitre d'échantillon (UFC/ml) pour chaque température d'incubation.

2. Recherche et dénombrement des coliformes, coliformes thermo-tolérants et *Escherichia coli*

A. Méthode de dénombrement par inoculation en milieu liquide

Cette méthode consiste en l'ensemencement de l'eau à analyser (l'eau brute) dans des séries de tubes contenant du bouillon lactosé et une cloche de Durham permettant de mettre en évidence la fermentation de lactose avec production de gaz.

Dans un deuxième temps, on effectue un repiquage à partir des tubes positifs, sur milieu Schubert muni d'une cloche de Durham pour mettre en évidence la présence des *E.coli*.

a) Milieu de culture

Pour le milieu d'inoculation on utilise le B.C.P.L = bouillon au pourpre de bromocrésol (annexe 3).

Pour le milieu de confirmation, on utilisera le Milieu de Schubert (annexe 3) ainsi que le réactif de Kowacs.

b) Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo-tolérants et *Escherichia coli* dans les eaux en milieu liquide par la technique du NPP (système N°3), se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes.
- Le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermo-tolérants et *Escherichia coli*.

→ Test de présomption

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

- 10 ml dans 5 flacons contenant 10 ml de milieu BCPL D/C
- 1 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C
- 0.1 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C

Chasser l'air présent dans les cloches de Durham, bien mélanger le milieu et l'inoculum puis incuber les tubes à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10^{ème} 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).

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP (système N°3) qui figure en annexe.

→ Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la recherche des coliformes thermo-tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les coliformes thermo-tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes, feront l'objet d'un repiquage de quelques gouttes à l'aide d'une pipette dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz et un trouble microbien.
- 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 du NPP (système N°3) en tenant compte du fait que *Escherichia coli* est à la fois productrice de gaz et d'indole à 44°C.

B. Méthode de dénombrement par filtration sur membrane

a) Matériel utilisé

L'appareil est un simple système de filtration fonctionnant sous pression réduite (pompe à vide), il contient un support à filtre qui reçoit la membrane de filtration et un flacon pour récupérer l'eau filtrée (voir figure N°17). Les membranes utilisées ont un diamètre de 0,45 µm (rabehi et Rahel, 2011).



Figure N° 17 : Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane (Chougar, 2015).

b) Mode opératoire

La recherche des bactéries coliformes par filtration sur membrane nécessite plusieurs étapes qui se déroulent comme suit, devant un bec bunsen et sur une paillasse javellisée :

- Lavage et stérilisation de l'équipement de filtration par flambage au bec bunsen et mise en place de la pompe à vide.
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on dispose d'une quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane d'une porosité de $0,45\mu\text{m}$ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérilisée par flambage à la flamme.
- Placer l'entonnoir sur le support et le fixer fermement, verser aseptiquement dans chaque entonnoir un volume de 100 ml de l'échantillon (eau traitée) bien homogénéisé.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber ou/et filtration totale de l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stériles, sur la surface d'une plaque de gélose TTC (chlorure de 2,3,5 -triphényltétrazolium) préalablement préparée (c'est une gélose lactosée, voir la préparation en annexe 3) .
- Inscrire sur la boîte de Pétri le numéro de l'échantillon et la date de filtration.
- Cette dernière sera incubée couvercle en bas à température adéquate.
- Flambage du dispositif par le bec bunsen après chaque échantillon filtré, afin d'éviter toute contamination possible.

Préparer deux boîtes avec les mêmes étapes pour chacune;

- ❖ Incuber la 1^{ère} à 37°C pendant 24 heures, pour le dénombrement des coliformes totaux.
- ❖ Incuber la 2^{ème} à 44°C pendant 24 heures, pour le dénombrement des coliformes fécaux.

Après la période d'incubation spécifiée, dénombrer les colonies et exprimer les résultats selon les prescriptions de la table du NPP (système N°3).

c) Test de confirmation

1. Milieu de culture

- Le bouillon lactosé au vert brillant (B.L.V.B) pour confirmer la présence des coliformes (voir annexe 3).
- Le milieu de Schubert et le Kowacs comme réactifs pour confirmer la présence des *E.coli*.

2. Mode opératoire

→ Pour les bactéries coliformes, la confirmation est basée sur la recherche de l'enzyme oxydase

Pour les besoins de ce test, effectuer tout d'abord un repiquage de 5 à 10 colonies et les introduire dans un bouillon lactosé bilié au vert brillant (B.L.V.B) muni d'une cloche de Durham, puis l'incuber à 37 °C durant 24 heures.

→ Pour les *E.coli*, la confirmation est basée sur la production d'indole et sa mise en évidence.

Pour cela, il faut transférer chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10 colonies) dans un tube du milieu Schubert.

Ensuite, bien triturer la colonie dans le milieu puis incuber à 44°C pendant 22 heures. Après incubation, rechercher la production d'indole en ajoutant deux à trois gouttes du réactif de Kowacs, la coloration rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu.

3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

A. Méthode de dénombrement par inoculation en milieu liquide

a) Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux en milieu liquide par la technique NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption : réservé à la recherche présomptive des streptocoques.
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux.

b) Milieu de culture

Milieu de Rothe normal qui est un bouillon gélosé à l'azide de sodium (voir annexe 3).

Milieu Litsky qui est une solution d'éthyl violet et azide de sodium (EVA) (voir annexe 3).

→ Test de présomption

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

- 10 ml dans 5 flacons contenant 10 ml de milieu Rothe D/C
- 1 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu Rothe S/C
- 0.1 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu Rothe S/C

Bien mélanger le milieu et l'inoculum puis incubé à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Seront considérés comme présomptifs, les tubes présentant un trouble microbien.

→ Test de confirmation

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage dans les tubes contenant le milieu Litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incuber à 37°C pendant 24 heures.

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois un trouble microbien et une pastille violette au fond des tubes.

Les résultats de dénombrement des streptocoques fécaux sont exprimés en nombre de germes par 100 ml selon la table du NPP.

B. Méthode de dénombrement par filtration sur membrane

a) Mode opératoire

Le dénombrement des streptocoques fécaux est basé sur la filtration de 100 à 250 ml d'eau à échantillonner (eau traitée) à travers une membrane filtrante. La recherche des entérocoques intestinaux ou streptocoques fécaux par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes effectuées lors de la recherche et le dénombrement des coliformes sauf que la membrane est introduite dans une boîte Pétri contenant un milieu de Slanetz et Bartley préalablement préparé (annexe 3). Cette dernière sera incubée, couvercle en bas à 37°C pendant 48 heures.

b) Lecture et interprétation

Après la période d'incubation, les streptocoques et les entérocoques intestinaux apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées de rouge, marron ou rose.

Les résultats du dénombrement sont exprimés en nombre de germes par 100 ml

4. Recherche et dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par la méthode de filtration.

a) Mode opératoire

Le dénombrement de spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de *Clostridium* sulfito-réducteurs est basé sur la filtration de 100 ml d'eau à échantillonner à travers une membrane filtrante. Une préparation au préalable du matériel est nécessaire, il s'effectue comme les deux manipulations précédentes sauf qu'on a besoin d'une membrane de porosité de 0,22µm et que, une fois retirée de l'entonnoir, la placer dans une boîte Pétrie quadrillée de façon à ce que la face adhère au fond de la boîte puis verser au-dessous la gélose TSN, fondue et refroidie à 48°C (annexe 3). Après solidification sur paillasse, cette boîte sera incubée couvercle en bas à 37°C pendant 24 heures puis 48 heures.

b) Lecture et interprétation

Elles consistent à :

- Compter les colonies caractéristiques noires aussi bien après la première période d'incubation, soit après 24 heures, qu'après la seconde période d'incubation, soit après 48 heures.
- Considérer comme résultant d'une spore de bactéries anaérobies sulfito-réductrices toute colonie entourée d'un halo noir de 0,5 mm de diamètre
- Rapporter le nombre total de colonies à 100 ml d'eau à analyser.

Remarque : Il est indispensable de procéder à une lecture dès la 24^{ème} heure car très souvent les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont envahissantes et une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme de la boîte et tout dénombrement devient impossible à la 48^{ème} heure. Par contre, s'il y a une faible quantité de colonies à la première lecture et si les colonies sont petites, il peut y avoir un développement de nouvelles colonies dans les 24 heures suivantes.

Partie
III



*Partie résultats et
discussions*

Les résultats interprétés ci-dessous sont obtenus après une série d'analyses physico-chimiques et bactériologiques réalisées sur les eaux du barrage Taksebt par l'Algérienne Des Eaux de Tizi-Ouzou dans le but d'alimentation en eau potable la commune de Béni-Douala.

I. Tests relatifs aux traitements physico-chimiques

1. La demande en chlore

Le degré chlorométrique de la solution d'hypochlorite est de 7.72° (test effectué le 23/10/2014). Ces valeurs sont obtenues après multiplication par 1.12 de la valeur obtenue par la dose de l'iodure de potassium (KI) utilisé pour le test qui est de 6.9 ml.

Une autre méthode que celle du break-point, une méthode plus facile et plus rapide, en plus elle nous permet de minimiser l'utilisation de l'eau (12 litre) et des réactifs (chlore). Elle se fait avec la valeur du degré chlorométrique de la solution d'hypochlorite qui nous permet de calculer le taux du chlore injecté qui est de 7.34mg/l, on soustrait de cette valeur le chlore résiduelle libre qui est de 2.2 mg/l ainsi la demande en chlore du 23 octobre 2014 est de 5.14 mg/l

Le traitement a besoin de 5.14 mg de chlore pour traiter 1 litre d'eau brute (eau du barrage Taksebt soit durant la 3^{ème} semaine du mois d'Octobre)

Remarque : l'utilisation des concentrations élevées du chlore peut entraîner des effets secondaires indésirables. Comme le chlore réagit avec la matière organique de l'eau, il peut créer des substances cancérigènes ou des odeurs désagréables et un goût amer (Desjardins, 1997 ; Bob Reed, 2013).

2. La demande en sulfate d'alumine

Pour respecter la norme de résidu d'aluminium dans l'eau traitée on choisit la dose la plus petite qui nous donnera la turbidité la plus faible (la norme fixée par la CMA est de 0.2 mg/l). Dans ce cas le choix de la dose s'est porté sur la première valeur correspondant au volume de 0.10 ml (tableau N°9), elle répond largement à la demande exigée soit 0.5 mg/l (norme NA). Les doses supérieures nous donnent de bons résultats et très rapidement mais sans faire une grande différence pour les résultats de la turbidité (tableau N° 9).

Les caractéristiques de l'eau brute avant traitement sont :

- turbidité = 2.1 NTU
- le pH = 8.06 à 17.1 °C
- la conductivité = 427 μ S/cm à 17.1 °C

Tableau N° 9 : Les résultats d'un essai du Jar-Test (le jeudi 15 / 12 / 2014)

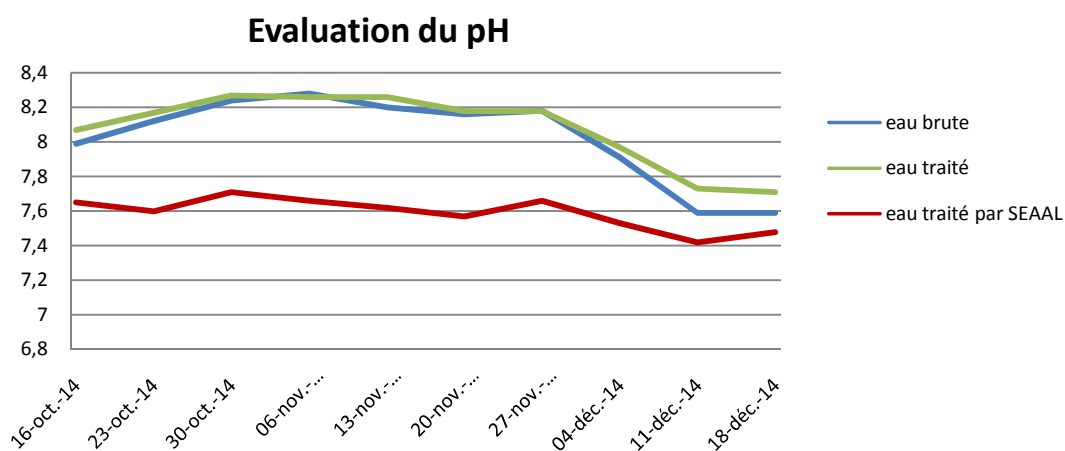
Paramètre	Volume de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ injecté (ml)	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
pH		7.74	7.83	7.79	7.78	7.73
Turbidité		0.8	0.6	0.40	0.40	0.30
Conductivité		432	429	429	430	430
Température		18.2	18.1	18.2	18.2	18.3

II. Analyses physico-chimiques

1. Le pH

Le graphe suivant (figure N° 18) montre que l'eau brute du barrage Taksebt présente un pH assez stable, allant de 7.5 à 8.2. Cette stabilité est due à la présence de CO_2 dans l'eau. Toutes les eaux analysées présentent des pH proches de la neutralité et se situent dans les limites requises pour les eaux de consommation (selon les normes du NA et OMS : 6.6 et 8.5).

Pour les eaux de la SEAAL, on remarque une forte diminution du pH qui est due probablement aux fortes doses de sulfate injectées.

**Figure N° 18** : variation des valeurs moyennes de pH

2. La conductivité

La conductivité dépend en partie du pH, de la température et de la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, lequel peut d'ailleurs être dissout dans l'eau pour former des ions. La conductivité dépend aussi des ions chlorure, sodium et ammonium (R.A.S., 2004).

Les légères augmentations de la conductivité de l'eau brute aux fil des mois d'étude peuvent être liées à l'augmentation des minéraux dans l'eau du barrage, qui proviennent du

charriage des eaux de pluies d'hiver. Pour les eaux traitées l'augmentation est due aux réactifs utilisés pour le traitement de l'eau du barrage.

D'autre part, nous constatons que les valeurs de la conductivité se situent entre 412.67 et 456.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (voir figure N° 19). Cet intervalle qualifié cette eau selon Rejsek (2002), d'eau de minéralisation moyenne accentuée.

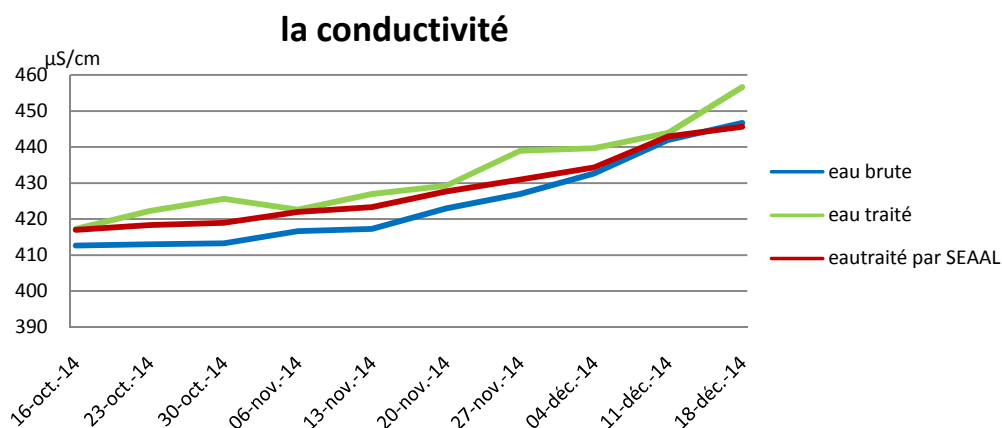


Figure N° 19 : variation des valeurs moyennes de la Conductivité en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

3. La turbidité

La turbidité a une importance sur les autres paramètres définissant la qualité de l'eau, tant du point de vue bactériologique que physico-chimique. Les éléments à l'origine de la turbidité augmentent la demande en chlore de l'eau (Potelon et Zysman, 1998).

Les valeurs de la turbidité de l'eau du barrage Taksebt varient entre 1.6 et 3.3 NTU du mois d'octobre au mois de décembre (voir annexe 1). Ces variations sont dues aux changements climatiques où l'eau est plus turbide en hiver qu'en été.

Dans les tests du 27 novembre (voir figure N° 20), nous remarquons une légère augmentation de la turbidité de l'eau traitée par rapport à l'eau brute (qui est de l'ordre de 0.1 NTU) cela est due au fait que les filtres sont encrassés et qu'ils nécessitent d'effectuer un lavage de ces derniers. Ce qui s'est fait le 22 décembre. Pour les valeurs obtenues par les tests du 11 décembre nous remarquons une élévation de la turbidité des eaux traitées de 0.4 NTU par rapport à celle de l'eau brute. Cette différence est due au bouleversement du mécanisme des filtres qui est survenue suite à un arrêt brusque dû à une coupure d'électricité.

Par ailleurs, la SEAAL arrive à réduire la turbidité de l'eau du barrage de 3.3 à 0.3 NTU en raison du matériel sophistiqué et neuf dont elle se dispose et qui lui permet ainsi de respecter la norme NG.

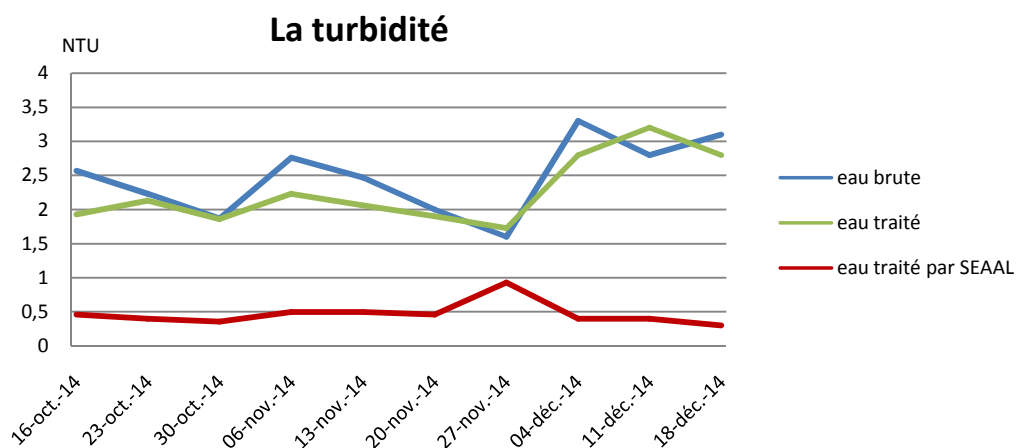


Figure N° 20 : variation des valeurs moyennes de la turbidité en (NTU)

La norme algérienne selon Rodier (1996), l'eau claire est celle qui présente une turbidité inférieure à 5 NTU. Cela nous permet de classer tous les eaux analysées comme étant des eaux consommables.

4. La température

Les différentes analyses montrent une palette de température comprises entre 12.7 et 20.7°C (figure N°21). Cette diminution progressive des températures est due au courant hivernal, surtout que la température des eaux est influencée par la température de l'air. Toutefois, les valeurs des températures enregistrées répondent aux normes requises pour les eaux de consommation de l'ordre de 25°C.

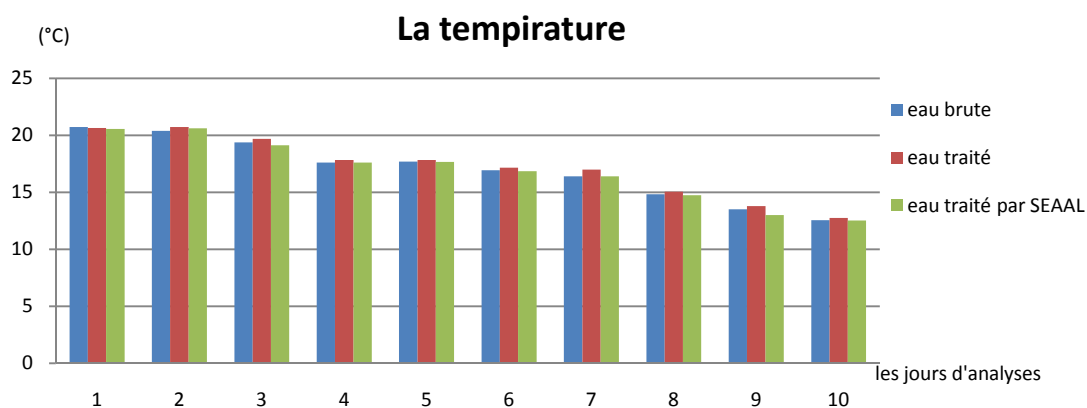


Figure N° 21 : variation des valeurs moyennes de la température en (°C)

La température n'a pas d'influence directe sur la santé de l'homme, cependant son élévation ou sa diminution ont diverses conséquences.

Si elle est élevée:

- Elle favorise la prolifération bactériologique et intensifie l'odeur et la saveur de l'eau dans les canalisations (guraud, 1998).
- Elle favorise la corrosion dans la station de traitement
- Elle diminue le pH optimal pour la coagulation

Si elle diminue, elle entraîne une augmentation de la viscosité de l'eau et réduit la vitesse de sédimentation, de la filtration et l'efficacité du traitement de désinfection.

5. Résidus secs

La détermination du résidu sec de l'eau brute permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes en suspension non volatil. Elle permet ainsi d'évaluer la minéralisation d'une eau.

Les résultats indiqués ci-dessous (figure 22) révèlent une légère augmentation des résidus secs à 105°C, entre l'eau brute et l'eau traitée, qui varie de 202 à 204 mg/l. Cette élévation est due probablement aux minéraux rapportés au cours du traitement. Ces valeurs traduisent une minéralisation moyenne de cette eau.

L'eau traitée est considérée comme étant d'excellente qualité car l'OMS définit ainsi tout eau ayant un taux de résidus secs inférieure à 300 mg/l.

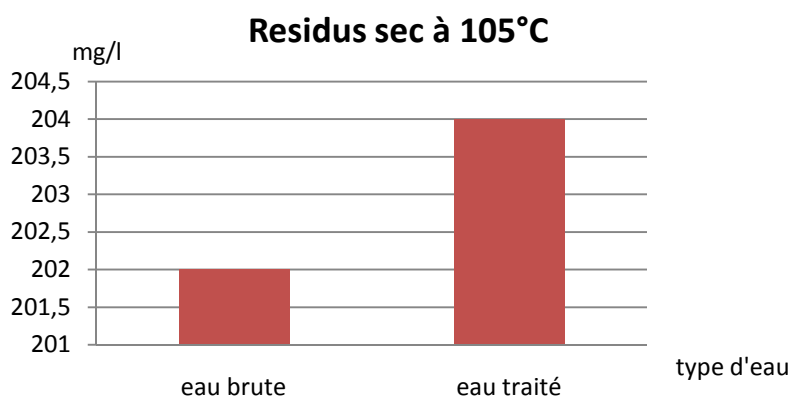


Figure N° 22 : variation des résidus secs à 105°C le 9 juin 2014 en (mg/l)

6. Chlore résiduel libre (Ch.R.L)

Lorsque le chlore est ajouté à l'eau, il détruit la matière organique et les bactéries. Si suffisamment de chlore est ajouté, une partie restera dans l'eau une fois que tous les organismes sensibles au chlore soient éliminés. Ce qui reste est appelé chlore résiduel libre (Bawa et al., 2008). Le chlore résiduel libre restera dans l'eau jusqu'à ce qu'il se dissipe ou jusqu'à ce qu'il soit mobilisé pour éliminer une nouvelle contamination. Par conséquent, si l'eau testée contient

du chlore résiduel libre, cela prouve que les organismes les plus dangereux ont été éliminés et qu'elle peut être consommée (Bob Reed, 2013).

Nous constatons d'après la figure N° 23 qu'après décantation le chlore injecté est presque consommé en son intégralité et le peu qui reste signifie que tous les contaminants et/ou les organismes sensibles au chlore ont été mobilisés et détruits. À souligner que la pompe de préchloration est tombée en panne, ce qui fait qu'il n'y a pas eu d'injections de chlore avant le traitement, ceci explique l'absence du ChRL à partir du 27 novembre.

Pour les valeurs du chlore résiduel libre obtenues par les analyses de l'eau traitée de la station mono bloc et celle de la SEAAL, elles sont largement supérieures à la norme algérienne qui limite la valeur à 0.6 mg/l, elles sont comprises entre 0.6 et 1 mg/l. Cela est dû à l'injection de la solution d'hypochlorite dans la phase de désinfection, la dose est aussi élevée pour permettre un acheminement sans risque de contamination dans les conduites jusqu'à leur lieu de stockage.

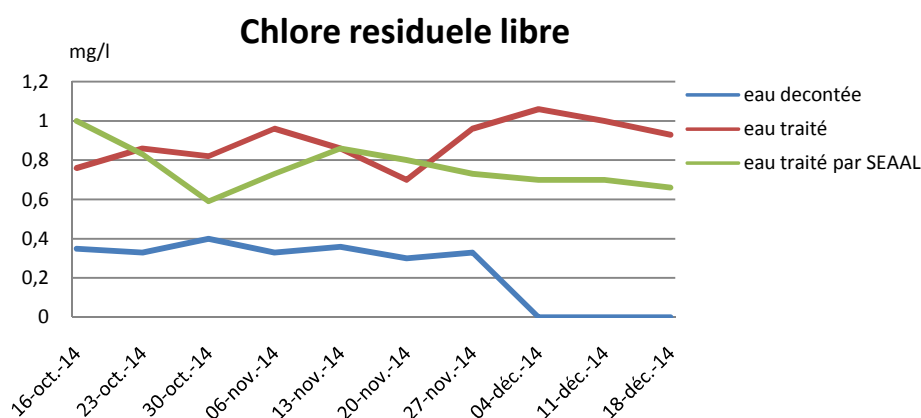


Figure N° 23 : variation des valeurs moyennes de chlore résiduel libre en (mg/l)

III. Analyses de la minéralisation globale

1. La dureté totale (TH)

Ce sont essentiellement des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} qui sont responsables de la dureté. Selon les résultats obtenus (figure N° 24), nous remarquons une élévation de ces minéraux après traitement ce qui explique la légère augmentation du TH aussi après traitement qui est de l'ordre de 194 pour les eaux du mois de juin et de 240 mg/l (CaCO_3) pour les eaux du mois de mars. Notre eau présente une forte concentration en ces sels minéraux, elle est alors classée dans la catégorie des eaux dures selon la norme algérienne NA (voir annexe2).

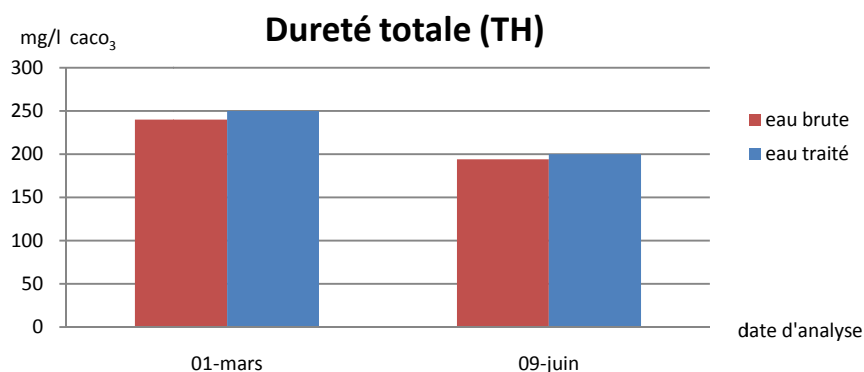


Figure N° 24 : variation la dureté totale en (mg/l)

En général, ce type d'eau accélère l'entartrage des conduites et réagit mal au savon et provoque la formation des dépôts de calcaire. Par contre une eau dure, par son apport en calcium et en magnésium, est bonne pour la santé. A l'inverse, une eau trop douce a tendance à corroder les canalisations.

2. La minéralisation globale d'une eau

La figure 25 résume l'intégralité des paramètres de minéralisation effectués sur les eaux brutes et traitées de la station mono bloc de Taksebt le 9 juin 2014 et le 1^{er} mars 2015.

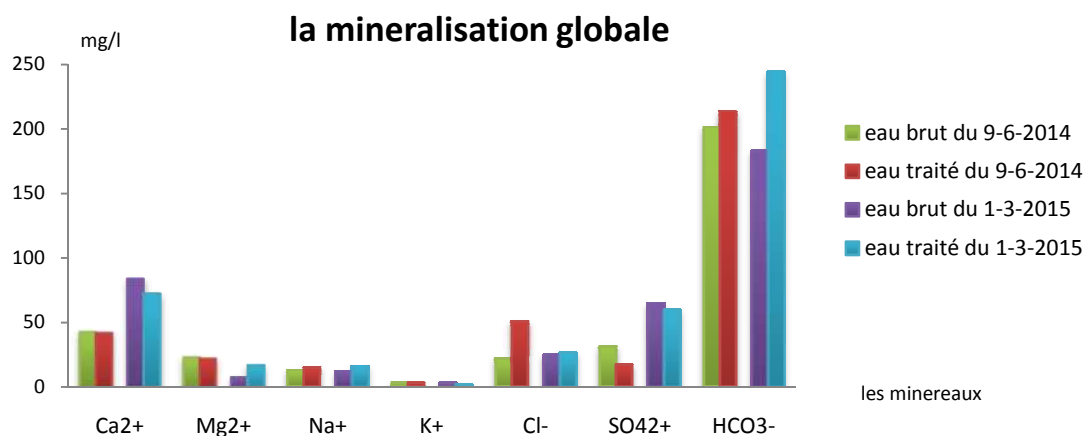


Figure N° 25 : variation de la minéralisation globale en (mg/l)

La teneur en **calcium** de notre eau brute du mois de mars est plus élevée par apporté au mois de juin, cela est du au charriage de ces dernies par les averses d'hiver. Selon la norme NA, la concentration de calcium dans l'eau ne doit pas dépasser 200 mg/l.

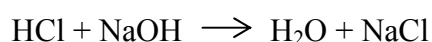
Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il est obtenu par l'attaque de roches calcaires par l'anhydride carbonique dissous. L'influence du Calcium sur la santé du consommateur a été souvent discutée, mais il n'a pas été démontré de relation Dose-Effet pour cet élément (Didane et Ferradji, 2009)

La teneur en **magnésium** est de 7.78 mg/l au mois de mars et de 22.85 mg/l au mois de juin, Cette grande différence est due à la diminution du débit d'eau du barrage en été.

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature dans de nombreux minéraux et dans les calcaires (2,1 % de l'écorce terrestre). Le magnésium dans l'eau provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution de magnésium sous forme de carbonates (MgCO_3) et de bicarbonates (Mg_2HCO_3). La plupart des eaux naturelles présentent des teneurs comprises entre 5 et 10 mg/l.

Cependant, **le calcium et le magnésium** se rencontrent dans presque toutes les eaux Naturelles et ils contribuent à la dureté de l'eau (Potelon et Zysmane, 1998).

Les teneurs en **sodium** de l'eau du barrage est très faible (12 et 13 mg/l) par rapport à la norme algérienne qui est de 200 mg/l. Une légère augmentation survient après traitement suite à la réaction du sodium avec l'acide chloridrique injecté durant le traitement. Comme le montre la réaction suivante :



Le sodium est omniprésent dans l'eau cela est due au drainage de ce dernier par les pluies et à sa forte solubilité dans l'eau selon la réaction suivante :



Les valeurs des échantillons pour **le potassium** sont de 3 mg/l elles sont très inférieures à la concentration maximale admissible.

Le Potassium est un élément naturel dans les eaux. Sa concentration dépend de la géologie des terrains traversés et il provient des lessivages des sols contenant des engrais et l'érosion des minéraux contenant du potassium comme le feldspath. Dans l'eau, le potassium n'a ni odeur ni couleur, mais peut procurer un goût salé à des doses élevées mais généralement elle ne dépasse pas 12 mg/l si celle-ci est élevée, elle représente une source de pollution. Le potassium est jugé sans effets physiologiques pour l'Homme mais comme nutriment indispensable (Ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse au 2008).

L'eau du barrage présente une concentration très faible en **chlorure** (21.98 et 24.82 mg/l) et après traitement nous remarquons une légère augmentation de la concentration de ce dernier. Cela est dû à l'injection de l'acide chlorhydrique dans la phase de désinfections. Mais les valeurs observées restent au-dessous de la limite exigée par la norme algérienne (200 mg/l)

Les chlorures, très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl₂) et des ions chlorures (Cl⁻). De façon générale, l'ion chlorure est présent dans toutes les eaux et à des concentrations variables.

La toxicité du chlore est intimement liée à ses propriétés d'oxydant puissant. Cette toxicité permet d'obtenir une eau potable en détruisant les bactéries. Toutefois cette substance est également toxique pour l'Homme et la principale voie d'exposition au chlore gazeux est via le système pulmonaire (Lefebvre Luc, 2008).

Les sulfates sont présents dans l'eau du barrage à des doses très faibles par rapport à la limite donnée par la norme algérienne (400 mg/l) et ces doses sont le résultat des rejets domestiques.

Pour le traitement chimique, la station de traitement Taksebt utilise le Sulfate d'alumine, cela doit conduire à une augmentation de la teneur des Sulfates dans les eaux traitées. Par contre, nous constatons que celle-ci présente une diminution. Cela s'explique par la réaction qui survient entre le sulfate présent dans l'eau avec les cations majeurs Ca²⁺, Mg²⁺ et Na²⁺. A titre d'exemple, la réaction de l'acide sulfurique avec l'hydroxyde de sodium donne de l'eau et du sulfate de sodium.

Nous remarquons que les valeurs **des bicarbonates** sont les plus élevées par rapport aux autres minéraux. Cela est dû au terrain calcaire de la chaîne Djurdjura traversé par cette dernière. Pour les eaux traitées nous remarquons une légère élévation des doses des bicarbonates résultant de l'injection des réactifs chlorés. D'après les analyses de l'eau traitée $TH > HCO_3^-$ ceci donne une eau hydrogène-carbonaté calcique.

Les bicarbonates et les ions d'hydroxyde ont une teneur négligeable dans les eaux, dont le pH est inférieur à 8.5. La présence de bicarbonates dans l'eau dépend de plusieurs facteurs, le pH, la température, le TH et le CO₂. La valeur des bicarbonates traduit l'alcalinité d'une eau, c'est un paramètre important pour l'eau distribuée dans la Canalisation, car elle donne une idée sur le caractère agressif d'une eau.

Concernant ce paramètre, nous constatons qu'il n'existe pas de normes algérienne ni internationale (OMS). car le HCO₃⁻ présent dans l'eau n'a aucun effet sur la santé humaine.

IV. Analyses des paramètres de pollution

La figure 2 résume l'intégralité des paramètres de pollution étudiés dans les eaux brute et traitée de la station mono bloc de Taksebt le 9 juin 2014 et le 1^{er} mars 2015.

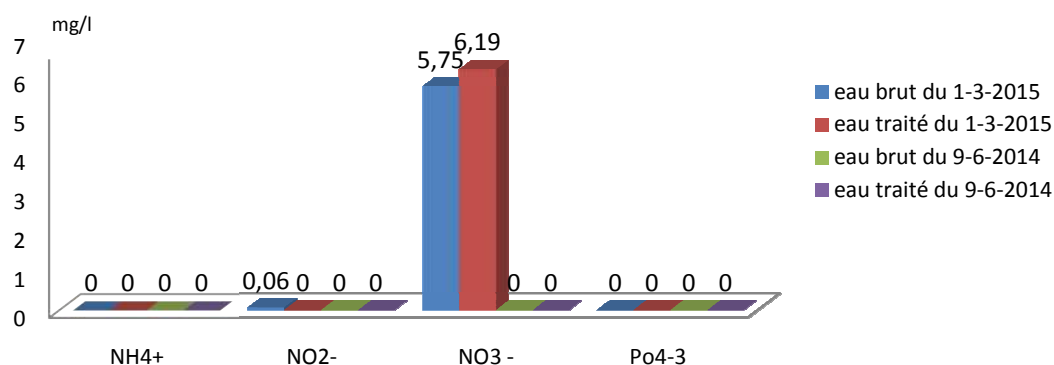


Figure N° 26 : variation des paramètres de pollutions en (mg/l)

L'eau étudiée ne présente pas d'**ammonium** ce qui exclut la présence de pollution.

L'ammonium NH_4^+ , c'est la forme réduite de l'azote. Il provient principalement de la décomposition des protéines naturelles contenues dans le phytoplancton et les micro-organismes. Il peut être aussi issu de l'apport d'effluents urbains épurés et des rejets agricoles. Il se trouve dans les eaux naturelles à des concentrations qui peuvent varier de 0,1 à plus de 10 mg/l. Les ions ammonium ne présentent pas un caractère nocif pour la santé, mais sa présence, en particulier dans les eaux de surface peut être considérée comme un indicateur de pollution. Cependant, il constitue un élément gênant, car il interfère avec la chloration pour former des chloramines modifiant l'odeur et le goût de l'eau, d'autre part, c'est un élément nutritif pour certaines bactéries qui peuvent ainsi proliférer dans les réseaux de distribution (GLS, 2006).

L'absence de **nitrite** après traitement est due à l'oxydation de ce dernier en nitrate par le chlore injecté. Ce qui fait que les doses du **nitrate** augmentent après traitement de 5.75 à 6.19 mg/l mais elle reste au-dessus de la limite admissible établie par les normes NA (10 mg/l).

Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, il est oxydé en nitrites par les bactéries du genre *Nitrosomonas* puis en nitrates par les bactéries du genre *Nitrobacter* (Ministère de la Santé Canada, 2003).

La toxicité des nitrates résulte de leur réduction en nitrites et de la formation de méthémoglobine, d'une part et de leur contribution à la synthèse endogène de composés N-nitrosés d'autre part (INSPQ, 2003 in Fan et al., 1987). Pour le nitrite, les données scientifiques actuelles justifient le maintien de la méthémoglobinémie comme effet cible préoccupant dans l'eau potable (Comité fédéral sur la santé et l'environnement du Canada, 2013). La concentration maximale acceptable est de 0.2 mg/L pour le nitrite dans l'eau potable. La dose traduite par nos analyses est de 0.06 mg/l pour l'eau brute ce qui éloigne tout apport de pollution.

Tous les résultats d'analyse montrent une absence totale de **phosphate** car dans les conditions naturelles, le phosphore est présent en très faible quantité dans les eaux de surface. Ainsi, lorsque du phosphore est acheminé vers le milieu aquatique, il est directement capté par les algues et les plantes pour leurs propres besoins (AGIR, 2011).

Le phosphore est un constituant essentiel de la matière organique et un nutriment indispensable pour les organismes vivants. Cependant, il doit être considéré comme un polluant lorsqu'il est présent à de fortes concentrations dans l'environnement. Des teneurs dans l'eau supérieures à 5 mg/l doivent constituer un indice de pollution (Rodier J. *et al.*, 2009). Les rejets de phosphore dans les écosystèmes aquatiques constituent l'un des plus sérieux problèmes environnementaux car ils contribuent à accélérer l'eutrophisation de ces milieux.

V. Analyses des éléments indésirables

La figure N° 27 illustre les deux paramètres indésirables étudiés sur les eaux brute et traitée de la station mono bloc de Taksebt effectuée le 1^{er} mars 2015.

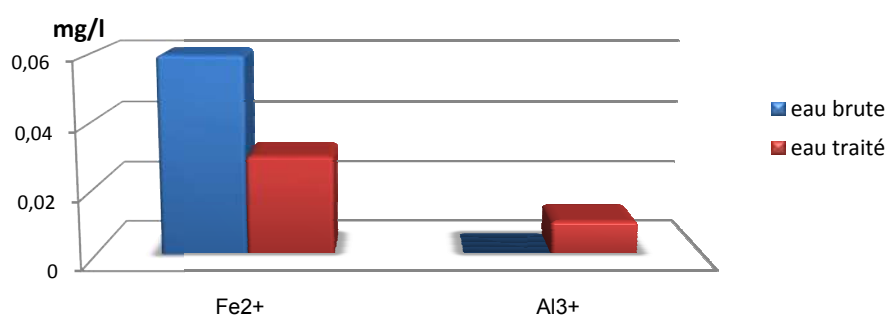


Figure N° 27 : variation des éléments indésirable en (mg/l)

L'eau brute ne présente pas **d'aluminium** mais après traitement, nous remarquons une légère apparition de cet élément cela est due à l'utilisation des sulfates d'alumine dans le traitement.

Le fer, est présent sous forme de trace dans l'eau brute. Cela est due au lessivage des sols traversés et la corrosion des canalisations métalliques qui draine l'eau du barrage vers la station. Après traitement, nous remarquons une diminution de cette dose qui est probablement liée à son oxydation par l'air ou par l'acide chlorhydrique injecté selon la réaction suivante :



Le fer est un oligoélément indispensable à la santé humaine. Les Concentration maximale suggérées sont pour des raisons esthétiques (0.3 mg/l).

Les doses des éléments indésirables dans l'eau étudiée sont quasiment nulles par rapport à la limite exigée par la norme algérienne.

VI. Analyses bactériologique

1. Eau du barrage Taksebt

Les résultats d'analyses bactériologiques de l'eau du barrage Taksebt sont présentés dans le tableau N° 10.

Tableau N° 10: Résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur l'eau du barrage Taksebt

Dates d'analyses de l'eau brute	Germe revivifiables (UFC/ml)		Coliformes Totaux/100ml	E.coli/100ml	Streptocoques fécaux/100ml	CSR 25ml
	22°C	37°C				
09/06/14	>300	>300	96	absence	05	absence
01/03/15	>300	>300	58	07	18	absence

CSR : *Clostridium* sulfite-réducteurs.

Les résultats d'analyses bactériologiques du barrage Taksebt témoignent d'une grande présence bactérienne au mois de juin cela est due probablement à l'élévation de la température durant cette période. Durant le mois de mars nous constatons une nette présence des germes revivifiables, des coliformes totaux avec présence des *Escherichia coli* et des streptocoques fécaux. Cela est dû probablement à un éventuel entraînement des germes par ruissellement des eaux de pluies.

Les analyses montrent que l'eau du barrage comporte des **coliformes** et notamment *Escherichia coli* (07 colonies/100ml). La présence de ces germes dans les prélèvements effectués s'explique par une contamination fécale d'origine animale.

Concernant les **streptocoques fécaux**, nous remarquons qu'ils sont nettement présents. Ceci serait dû à une contamination par les rejets domestiques et/ou décomposition de la matière organique.

Cependant, cette eau est exempte de ***Clostridium* Sulfite-Réducteurs** pour tous les prélèvements effectués. Ce qui traduit l'absence de contamination fécale ancienne.

Le tableau 11 donne la classification des eaux en fonction des résultats bactériologiques.

Tableau N° 11: Interprétation des résultats bactériologiques des eaux
(Institut Pasteur d'Algérie, 1977).

Coliformes	<i>E.coli</i>	Streptocoques fécaux	Conclusion
-	-	-	Eau de bonne qualité bactériologique : potable
+	+	+	Eau de mauvaise qualité bactériologique: non potable
+	+	-	Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable
+	-	+	Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable
+	-	-	Eau de qualité bactériologique suspecte : consommation déconseillée

(-) : absence ; (+) : présence

Les résultats d'analyses bactériologiques obtenus montrent que l'eau du barrage Taksebt contient des coliformes notamment *Escherichia coli* et des streptocoques fécaux. Elle est donc de mauvaise qualité bactériologique et de ce fait, elle est non potable.

2. Eau de distribution

Les résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur l'eau de consommation traitée par la station mono bloc de Taksebt sont représentés dans le tableau N° 12.

Tableau N° 12: Récapitulatif des résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur les eaux traitées (eau potable)

Dates d'analyses de l'eau traitée	Germs revivifiants (UFC/ml)		Coliformes Totaux/100ml	<i>E.coli</i> /100ml	Streptocoques fécaux/100ml	CSR 25ml
	22°C	37°C				
09/06/14	< 01	< 01	absence	absence	absence	absence
01/03/15	< 01	< 01	absence	absence	absence	absence
Normes NA	NG : 100	NG : 10	CMA : 0	CMA : 0	CMA : 0	CMA : 0

Les résultats obtenus montrent l'absence totale de germes témoins de contamination fécale et de germes pathogènes malgré la mauvaise qualité microbiologique de l'eau brute.

L'absence de germes s'explique par l'efficacité du traitement appliqué (chloration) pour cette eau. En effet, les mesures de chlore résiduel qui ont été effectuées pour chaque échantillon montrent que les doses de chlore appliquées sont suffisamment élevées pour éliminer ces germes.

Conclusion

Générale

Conclusion

Notre travail avait comme objectif de suivre le processus de traitement et d'étudier les qualités physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la commune de Béni Douala issues du barrage Taksebt. A la fin de notre travail, nous sommes parvenues aux conclusions énumérées ci-dessous.

L'eau du barrage Taksebt a des propriétés physico-chimiques, en général, stables. La teneur en paramètre de pollution est largement au-dessous de la norme fixée pour l'eau potable. De même, la turbidité est inférieure à la norme de l'eau traitée. Par contre pour les paramètres bactériologique, nous avons constaté la présence de germe revivifiables, de coliforme totaux avec présence des *Escherichia coli* et des streptocoques fécaux dans l'eau brute, ce qui fait que du Barrage n'est pas potable.

Une fois l'eau du barrage Taksebt (eau brute) est passée par les différentes étapes de traitement, soit la coagulation-floculation, la filtration et la désinfection, les paramètres physico-chimiques se rapprochent plus des normes fixées par l'OMS ou les normes algériennes (NA). Pour les paramètres bactériologiques nous avons constaté une élimination totale de toutes les bactéries présentes dans l'eau brute. Ainsi nous pouvons dire que les réactifs utilisés et la technique de traitement sont parfaitement adaptés pour répondre aux exigences d'une eau de consommation pure et saine, sans risque de contamination.

L'Algérie surveille le traitement des eaux en suivant les normes algériennes qui sont tirées des normes de l'OMS et si elle devait travailler par rapport aux normes européennes qui fixent la turbidité de l'eau potable à 1 NTU voire à 0.5 NTU, alors la station de traitement Mono-bloc de Taksebt devrait subir une rénovation qui consiste en un changement des buses, remplissage des filtres en sable fin et changement des régulateurs pour éviter des perturbations au niveau des décanteurs et des filtres.



Bibliographie



Listes des références bibliographie

Abd Errahmani.B. , 2010. Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source en kabylie. Mém ing. Bio option Ecologie et environnement de l'université Mouloud Mammeri de tizi ousou.. P : 23-44.

ADE de Tizi Ouzou₁ (2014), Service technique de la station mono bloque de Taksebt. Lavage des filtres.

ADE de Tizi Ouzou₂ (2014). Laboratoire du mono bloque de Taksebt. Testes physico-chimiques.

ADE de Tizi Ouzou (2015). Laboratoire centrale de l'unité de Tizi Ouzou. Testes bactériologiques.

Anonyme (2015). Département hydraulique de la daïra de Beni Douala .

Azzoug.D, Boussad.S, Hammoum.N. ,2012. Contribution à l'étude de quelques paramètres de traitement des eaux de la STEP Est de Tizi ousou et de la station de traitement TAKSEBT, Mém. Ing.bio. En écologie végétale et environnement, de l'université Mouloud Mammeri de Tizi ousou. P : 65-53.

Bawa L.M., Tchakala I., Djanéyé-Bouindjou G. , 2008. détermination de la demande en chlore des eaux. Détermination de la demande en chlore des eaux de puits et de forages d'un quartier périurbain de la ville de Lomé : incidence sur la désinfection. Journal des Sciences et Technologie, *J. Sci. Technol*, Vol.7, n° 2 pp. 19– 24.

Benyoub A., El-Magroud F.Z., 2014. Traitements des eaux usées urbaines par coagulation-floculation et décantation. Mémoire master en génie chimique. Option: ingénierie des procédés de l'environnement. Université des sciences et de la technologie d'Oran "Mohamed Boudiaf

Boislève.B. , 2010. Structure et propriété de l'eau. Edition Jacques. P : 22.

Bouziani M., 2000. L'eau, de la pénurie à la maladie. Edition Ibn Khaldoun.

Bob Reed ,2013. Mesurer les niveaux de chlore dans les systèmes d'approvisionnement en eau, Préparé pour l'OMS (Organisation mondiale de la santé) par le WEDC (developing knowledge and capacity in water and sanitation), fiches techniques eau, hygiène et assainissement en situation d'urgence. La fiche technique N°11.

Cardot C., 1999. Génie de l'environnement, les traitements de l'eau procédés physico-chimique et biologique, Cours et problèmes résolus. Edition Ellipse

CEAEQ : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec. Détermination de la turbidité dans l'eau, méthode néphélométrique, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2009, 10 p.

Chala Z., 2002. Dimensionnement d'un système de transfert. Cas : Taksebt , Freha/Azazga. Mém. Ing. D'état en Agronomie. Hydrolique agricole. UMMTO.

Cheremisinoff Nicolas P., 2002. Handbook of water and wastewater treatment technologie.edi. Butterwather-heinemann. P : 654.

Dégrimons, 1989. Mémento technique de l'eau, tome 1. 3eme édition. Edition Lavoisie, paris.

Dégrimons, 2005. Mémento technique de l'eau, 10eme édition. Edition Lavoisie, paris.

Delerras C., 2007. Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Edition Lavoisier, paris.

Desjardins Raymond ., 1997. le traitement des eaux, 2ème édition. Edition de l'école polytechnique de Montréal, canada.

Desjardins Christian., 1999. simulation et étude en laboratoire de la floculation lestée à l'aide d'une procédure modifiée de Jar Test. Diplôme Genis Civil, géologie et des mines, option maîtrise de sciences appliquées, Ecole polytechnique de Montréal

Didane, S et Ferradji, M 2009: Contribution à l'étude physico- chimique et bactériologique de deux sources d'eaux souterraines de la région des Ouadia de TO. Mémoire d'ingéniorat CQA. U.M.M.T.O

Dupont André., 1986. Hydraulique urbain, hydrologie et traitement de l'eau. 6ème édition Tome1. Edition Eyrolles.

Edline F., 1998. l'épuration physico-chimique des eaux, théorie et technologie, 4ème édition, édition cebedoc.

Fent K., 1996. organotin compounds in municipal wastewater and sewage sludge: contamination fate in treatment process and ecotoxicological consequences, the science of the total environment p: 185.

- Gaujous .D.** , 1995 .La pollution des milieux aquatique : aide mémoire 2ème édition, technique et documentation de l'école polytechnique de Montréal. Lavoisier, paris.
- Holt P.K., Bartom GW., Mitchell C.A.**, 2005. The future for electocoagulation as a localised 2 water traitment technology, chemosphere 59. P: 355-367.
- Jakohide Sants.** , 1999. kurita Handbook water treatment, second english edition , kurita water industries LTD. edi. Kurita
- Jestin Emanuel.** , 2010. Agence de l'eau seine – Normandie, revue de la direction des bocages normands. P : 34
- Khemis.** ,2005 Etude théorique et expérimentale du procédé d'électrocoagulation : application au traitement des effluents liquides hautement charges en impuretés organiques et minérales, thèse de doctorat INPL, Nancy.
- khimoud. R, khennane.H.** ,2012. Analyses physico-chimiques et bactériologique de l'eau brute et de l'eau traitée du barrage TAKSEBT de Tizi Ouzou et détection des métaux lourds, Mém.ing. bio. en écologie végétale et environnement, de l'université Mouloud Mammeri de tizi ousou. P : 157, 10.
- Lakhdari Bouazza .** , 2011. Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz, mémoire magister en chimie, option chimie inorganique et environnement de l'université Abou Bakr Belkaid Tlemcen.
- Lekhal.H, Mazouzi.N.** ,2009 .Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau du barrage de DRAA EL MIZAN, Mém. Ing.bio. En écologie végétale et environnement, de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou,. P : 78, 32.
- Levallois, P. et Phaneuf, D.** , 1994.La contamination de l'eau potable par les nitrates : analyse des risques à la santé, revue canadienne de santé publique
- Metahri M.S.** ,2012.Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usée traitées par des procédés mixtes, cas de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou. Thèse de doctorat. Spécialité Agronomie option génie des procédés de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.
- Metcalf & Eddy Inc.**, 2003. waste water engineering, treatment, disposal, reuse. Third edition. Edition, Wiley-Vch

Mc Givney William.,Kawamura Susumu., 2008. Cost Estimating Manual for Water Treatment Facilities. John Wiley & Sons, Inc. P: 199.

ODE : Observatoire des Données de l'Environnement (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général. Fiche 2 Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement.

Potelon J. et Zysmane K. ,1998 .le guide des analyses d'eau potable. Édition la lettre du cadre territorial science, paris.

Rabehi Walid, Rahal Fatiha., 2011. Aménagement du port d'El Djamila, avantages et inconvénients et comportements des structures. Ingénieur d'état en science de la mer spécialité aménagement du littoral. Ecole nationale supérieure des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral Algérie.

Ramade et Bachc., 1998. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Edition science internationale paris.

Ramade F., 2000. Dictionnaire encyclopédique de pollution de l'environnement à l'homme, édition Edi Science, parie.

Rejsek F., 2002. Analyse des eaux, aspect réglementaire et technique. Edition : centre régionale de documentation pédagogique CRDP, d'aquitaine, France. 849.

Roland.V. ,2003. Eau, environnement et santé publique, introduction a l'hydrologie 2^{ème} édition, Lavoisier.

Rodier.J., 2005. Analyses de l'eau : eau naturel, eaux résiduaire, eau de mer. 8em édition DUNOD, paris.

Rodier.J, Legube.B, Merlet.N et ol., 2009. L'analyse de l'eau. 9em édition Dunod, paris. P : 1511, 03.

Smirnov, Braun, Charles L.; Sergei N., 1993. "Why is water blue?". *J. Chem. Educ.* 70 (8): 612.

Sturzenegger Matthias., 2010. (EAWAG), avec la collaboration de Markus Boller, Thomas Egli, Wouter Pronk et Pierre Studer Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable, Edition, Office fédéral de la santé publique, P : 107.

Les sites internet consultés

- 1. AGIR** : alliance pour une gestion intégrée et responsable du bassin versant de la rivière du diable canada, 2011 disponible sur http://www.agirpouurladiable.org/html/do_phosphore.html
- 2. C.I.E.** : Centre d'information sur l'eau, 2012. Les propriétés de l'eau, disponible sur site internet, URL : <http://www.cieau.com>
- 3. Frédéric Élie**, mai 2014. décantation et filtration: aspects hydrodynamiques. p :16. Voir <http://fred.elie.free.fr>.
- 4. GLS**, 2006. L'élimination de l'ammonium dans l'eau potable Memo tec n° 11 disponible sur www.gls.fr
- 5. Hybrid Turkeys**, 2012. Pour une chloration efficace. A Hendrix Genetics Company, Canada. Fiche d'information. P : 4. disponible sur : www.hybridturkeys.com
- 6. IHQE** : Guide en l'information Haute Qualité Environnementale, 2003. Technique classique de dépollution des eaux pluviales, les décanteurs. Chambéry métropole, communauté d'agglomération. Disponible sur : www.racc-biblio-guide-chambery-decateur-13.pdf
- 7. INSPQ** : l'Institut national de santé publique du Québec, 2003. Groupe scientifique sur l'eau, Fiche Nitrates/Nitrites, Juillet 2003 p 12 présent sur <file:///C:/Users/Lyly/Downloads/Nitrates.%20Groupe%20scientifique%20sur%20l'eau..pdf>
- 8. Ministère de la Santé Canada**, 2003. Questions et réponses sur les dispositifs de traitement de l'eau de consommation, Accessible à: www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/dpc/eau_qualite/faq_dtep.htm,
- 9. Lefebvre Luc**, 2008. Les propriétés toxicologiques et les effets sur la santé du chlore t Bureau des mesures d'urgence Direction de santé publique de l'Agence de la santé et services sociaux de Montréal Le 2 Avril 2008. P : 23
- 10. R.A.S.** : Radiometer Analytical SAS (2004), Conductivité Théorie et Pratique. France. Disponible sur : www.radiometer-analytical.com/pdf/conductivite_usp.pdf
- 11. RECYCONSULT**, 2011. Définition de l'eau brute. Disponible sur site Internet, URL : <http://www.dictionnaire-environnement.com>

12. Roussel F., 1999. Bactériologie de l'eau. Disponible sur internet : URL : www.pascal.def.chez.tiscali.fr.

13. Santé Canada, Juin 2013. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada: Document technique - Le nitrate et le nitrite Préparé par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable du Comité fédéral-provincial-territorial sur la santé et l'environnement Santé Canada Ottawa. P 123. Présent sur :

http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/water_eau/nitrate_nitrite/nitrate_nitrite_2014-fra.pdf

http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/nitrate_nitrite/index-fra.php

Les normes utilisées par l'ADE

1. Norme Afnor NA 2364/1994 – Qualité de l'eau— dosage spectrométrique du phosphore en utilisant le molybdate d'ammonium
2. Norme ISO 5667 : 2004(F) Qualité de l'eau - échantillonnage
3. Norme ISO 6058 -1984 (F) Qualité de l'eau – Dosage du calcium – Méthode titrimétrique à l'EDTA.
4. Norme ISO 6332, Qualité de l'eau – Dosage du fer – Méthode spectrométrique à la phénantroline - 1,10
5. Norme ISO 6777 NA 1657. Dosage des nitrites- Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire.
6. Norme ISO 6878/1 : 1998 (F) Qualité de l'eau — dosage spectrométrique du phosphore en utilisant le molybdate d'ammonium
7. Norme ISO 7027:1999 (F) Qualité de l'eau — Détermination de la turbidité (troisième édition).
8. Norme ISO 7150/1 – Qualité de l'eau – Dosage de l'ammonium – Méthode spectrométrique manuelle.



Annexes



ANNEXE 1

Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau effectuée chaque jeudi des trois dernier mois de l'année 2014

1. Résultat des tests du Chlore résiduel libre

Horaire des Date des analyses	Eau décantée			Eau traitée			Eau traitée par SEAAL		
	08h00	11h00	15h00	08h00	11h00	15h00	08h00	11h00	15h00
16-oct-14	0.4	0.25	0.4	0.7	0.7	0.9	1	1	1
23-oct-14	0.1	0.5	0.4	0.4	1.2	1	0.9	0.8	0.8
30-oct-14	0.3	0.2	0.7	0.7	0.6	1.15	0.9	0.7	0.17
06-nov-14	0.5	0.4	0.4	1.1	1.1	1	0.6	0.7	0.7
13-nov-14	0.4	0.4	0.3	0.9	0.9	0.8	0.8	1	0.8
20-nov-14	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	0.8	0.7	0.9
27-nov-14	0.3	0.4	0.3	1	1	0.9	0.7	0.7	0.8
04-janv-15	0	0	0	1.2	1.2	0.8	0.7	0.7	0.7
11-janv-15	//	//	0	//	//	1	//	//	0.7
18-janv-15	0	0	0	0.8	1	1	0.7	0.7	0.6

2. Résultats des tests de conductivité

Horaire des Date des analyses	Eau brute			Eau traité			Eau traité par SEAAL		
	08h00	11h00	15h00	08h00	11h00	15h00	08h00	11h00	15h00
16-oct-14	411	412	415	414	418	420	416	417	418
23-oct-14	412	413	414	416	426	425	419	418	418
30-oct-14	414	410	416	422	424	431	420	420	417
06-nov-14	416	416	418	424	423	421	422	422	422
13-nov-14	419	416	417	427	427	427	422	424	424
20-nov-14	423	423	423	428	430	430	429	428	426
27-nov-14	427	425	429	435	443	439	430	431	432
04-janv-15	433	432	433	439	440	440	434	435	434
11-janv-15	//	//	442	//	//	444	//	//	443
18-janv-15	447	446	447	455	457	458	447	445	445

3. Résultats des tests de la turbidité

Horaire des analyses	Eau brute			Eau traitée			Eau traitée de SEAL		
Date des analyses	11h00	15h00	08h00	11h00	15h00	08h00	11h00	15h00	08h00
16-oct-14	2.4	3.2	2.1	2	2	1.8	0.4	0.5	0.5
23-oct-14	2.5	2.1	2.1	2.5	2	1.9	0.4	0.4	0.4
30-oct-14	2	1.6	2	1.9	2	1.7	0.4	0.4	0.3
06-nov-14	2.5	2.7	3.1	2.4	2.3	2	0.5	0.5	0.5
13-nov-14	2.5	2.8	2.1	1.8	2.5	1.9	0.5	0.5	0.5
20-nov-14	2	1.9	2.1	1.9	1.9	1.9	0.4	0.5	0.5
27-nov-14	1.7	1.6	1.5	1.9	1.7	1.6	0.4	2	0.4
04-janv-15	3.7	3.5	2.7	2.7	2.5	3.2	0.4	0.4	0.4
11-janv-15	//	//	2.8	//	//	3.2	//	//	0.4
18-janv-15	3.6	3	2.7	3.2	2.5	2.7	0.3	0.3	0.3

4. Résultats des tests de la température

Horaire des analyses	Eau brute			Eau traitée			Eau traitée de SEAL		
Date des analyses	08h00	11h00	15h00	08h00	11h00	15h00	08h00	11h00	15h00
16-oct-14	19.9	21.2	21.1	19.8	20.9	21.3	20	20.4	21.3
23-oct-14	20.1	20.6	20.5	20.4	21	20.8	20.5	20.5	20.9
30-oct-14	18.7	19.6	19.8	19.1	19.8	20.2	18.4	19.5	19.5
06-nov-14	17.9	17.4	17.5	18.2	17.6	17.7	18	17.5	17.3
13-nov-14	17.2	17.8	18.1	17.4	17.9	18.2	17.3	17.4	18.3
20-nov-14	16	17.3	17.5	16.4	17.4	17.7	16.4	17.1	17.1
27-nov-14	15.9	17	16.3	16.4	17.3	17.3	16.5	16.4	16.3
04-janv-15	14.4	15	15.1	14.6	15.2	15.4	14.4	14.8	15.1
11-janv-15	//	//	13.5	//	//	13.8	//	//	13
18-janv-15	12.8	12.3	12.6	12.6	12.6	13.1	12.5	12.6	12.5

5. Résultats des tests du pH

Horaire des analyses	Eau brute			Eau traitée			Eau traité de SEAL		
Date des analyses	08h00	11h00	15h00	08h00	11h00	15h00	08h00	11h00	15h00
16-oct-14	8.08	8	7.91	8.14	8.08	7.98	7.67	7.68	7.6
23-oct-14	8.17	8.1	8.08	8.16	8.19	8.18	7.6	7.59	7.61
30-oct-14	8.35	8.21	8.17	8.37	8.29	8.16	7.76	7.74	7.63

Annexes

06-nov-14	8.31	8.29	8.24	8.29	8.27	8.22	8.23	8.28	8.22
13-nov-14	8.21	8.21	8.19	8.28	8.26	8.23	7.59	7.64	7.64
20-nov-14	8.16	8.18	8.14	8.18	8.18	8.19	7.56	7.56	7.59
27-nov-14	8.15	8.2	8.2	8.24	8.19	8.1	7.6	7.71	7.66
04- déc-15	7.89	7.94	7.9	7.98	7.97	7.97	7.52	7.54	7.52
11- déc-15	//	//	7.59	//	//	7.73	//	//	7.42
18- déc-15	7.63	7.6	7.55	7.68	7.71	7.74	7.51	7.45	7.47

Résultats des analyses complètes de l'eau effectuée le 9 juin 2014 et le 1mars 2015

1. Résultats d'analyses des paramètres de minéralisation

Date des Analyses la minéralisation globale en mg/l	le 9 juin 2014		le 1mars 2015	
	eau brut	eau traité	eau brut	eau traité
Ca ²⁺	42.48	41.68	83.37	72.14
Mg ²⁺	22.85	21.88	7.78	17.02
Na ⁺	13	15	12	16
K ⁺	3	3	3	2
Cl ⁻	21.98	50.77	24.82	26.52
SO ₄ ²⁺	31.2	17.2	64.6	59.6
HCO ₃ ⁻	201.3	213.5	183	244

2. Résultats d'analyses des paramètres de pollution

Date des Analyses paramètres de pollution en mg/l	le 9 juin 2014		le 1mars 2015	
	eau brut	eau traité	eau brut	eau traité
NH ₄ ⁺	0	0	0	0
NO ₂ ⁻	0	0	0.06	0
NO ₃ ⁻	0	0	5.75	6.19
Po ₄ ³⁻	0	0	0	0

3. Résultats d'analyses des paramètres indésirables

éléments indésirables du 1mars 2015	eau brute	eau traité
Fe ²⁺	0.06	0
Al ³⁺	0	0.01

ANNEXE 3

I. Composition des principaux milieux de cultures utilisés en bactériologie

1. Gelose tryptone-glucose à extrait de levure (T.G.E.A)

Tryptone.....	5g
Glucose.....	1g
Extrait de levure	2,5g
Gelose	15g
Eau distillée.....	1000ml

PH=7

Autoclave : 20 minutes à 115°C

2. Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (B.C.P.L)

2.1. A double concentration D/C

Peptone.....	10g
Extrait de viande	6g
lactose	10g
Pourpre de bromocrésol.....	0,05g
Eau distillée.....	1000ml

PH = 6,9

Autoclave : 20 minutes à 115°C

2.2. A simple concentration S/C

peptone.....	5g
Extrait de viande.....	3g
Lactose.....	5g
Pourpre de bromocrésol.....	0,025g
Eau distillée.....	1000ml

PH = 6,9

Autoclave 20 minutes à 115°C

3. Bouillon lactosé bilié au vert brillant (B .L.B.V.B.)

Peptone.....	10g
Lactose.....	10g
Bile de bœuf.....	20g
Vert brillant.....	0,0133g

PH final 7,2

Autoclave 20 minutes à 115°C

4. Milieu indole mannitol (milieu de Schubert)

Tryptophane.....	0,2g
------------------	------

Acide glutamique.....	0,2g
Sulfates de magnésium.....	0,7g
Sulfates d'ammonium.....	0,4g
Citrates de sodium.....	0,5g
Chlorures de sodium	2g
Tryptone oxide.....	10g
Mannitol.....	7,5g
Eau distillée.....	500ml
Tampon phosphate.....	500ml

PH = 7,6

Autoclave 10 minutes à 115°C

Préparation tampon phosphate

500 ml d'eau distillée

1.44g de phosphate mono sodique

9.21 g de phosphate dissodique

5. bouillon glucosé à l'azide de sodium (milieu de Rothe)

a) A double concentration D/C

Peptone.....	40 g
Glucose.....	10g
Chlorure de sodium.....	10g
Phosphate bipotassique.....	5.4 g
Phosphate monopotassique.....	5.4 g
Azide de sodium.....	0.4 g
Eu distillée.....	1000 ml

pH = 6.8 à 7

Autoclave 20 min 115°C

b) A simple concentration S/C

Peptone	20 g
Glucose	5 g
Chlorure de sodium	5 g
Phosphate bipotassique	2.7 g
Phosphate monopotassique	2.7 g
Azide de sodium	0.4 g
Eau distillée.....	1000 ml

pH = 6.8 à 7

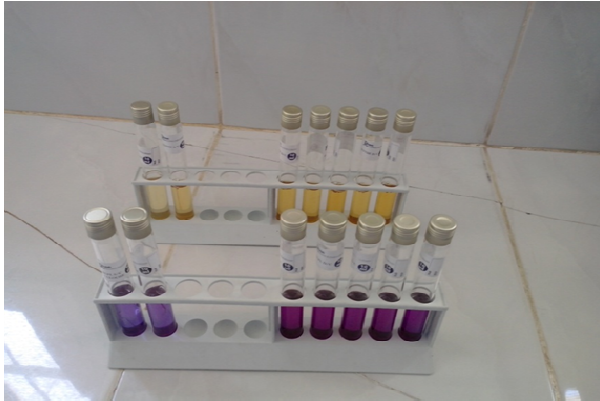
Autoclave 20 min 115°C

6. bouillon glucosé à l'éthyle violet et azide de sodium E.V.A ou milieu de litsky

Peptone	20 g
---------------	------

Annexes

Glucose.....	5 g
Chlorure de sodium	5 g
Phosphate bipotassique	2.7 g
Phosphate monopotassique	2.7 g
Azide de sodium	0.3 g
Ethyle violet	0.0005
Eau distillée	1000 ml
pH = 6.8 à 7	
Autoclave 20 min 115°C	



Milieu de Rothe & BCPL



E.V.A ou milieu de litsky & vert brillant (V.B. L.)

7. Gélose chlorure de 2,3,5 -triphényltétrazolium (TTC)

Pour 1 litre de milieu :

Peptone pancréatique de viande	10,0 g
Extrait de viande	5,0 g
Extrait autolytique de levure.....	6,0 g
Lactose	20,0 g
Tergitol 7	0,1 g
Bleu de bromothymol	50,0 mg
Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium	25,0 mg
Agar agar bactériologique.....	10,0 g
pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,2 ± 0,2.	

8. Milieu de Slanetz et Bartley

Pour 1 litre de milieu :

Tryptose	20,0 g
Extrait autolytique de levure.....	5,0 g
Glucose.....	2,0 g
Phosphate dipotassique.....	4,0 g
Azide de sodium	0,4 g
Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium	0,1 g
Agar agar bactériologique.....	10,0 g
pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,2 ± 0,2.	

9. Gélose Tryptone-Sulfite-Néomycine (TSN)

Pour 1 litre de milieu :

Tryptone	15,0 g
Extrait autolytique de levure	10,0 g
Sulfite de sodium.....	1,0 g
Citrate ferrique ammoniacal	0,5 g
Sulfate de Néomycine	50 mg
Sulfate de Polymyxine B	20 mg
Agar agar bactériologique	13,5 g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : $7,2 \pm 0,2$.

II. Composition des principaux réactifs utilisés dans le dosage des paramètres physico-chimiques

1. Dosage chlorur

- solution de nitrate d'argent N 50
Nitrate d'argent..... 4.791 g
Eau distillée 1000 ml
- Solution de chromate de potassi
Chromate de potassium K_2CrO_4 10 g
Eau distillée.....1000 ml

2. Dosage de l'ammonium

- Réactif chloré
Salicylate de sodium 13 g
Citrate trisadique déshydraté.....13g
Sodium nitropentacyanoferrate 3 déshydraté.....0.097g
Eau distillée.....100 ml
- Dichloro-iso-cyanurate de sodium
Hydroxyde de sodium 3.2 g
Eau distillée 50 ml
Dichloro-iso-cyanurate dihydraté.....0.2 g
Eau distillée100 ml

3. Dosage des ions nitrates

- Mélange acide
Acide sulfurique.....500 ml
Acide orthophosphorique 500 ml
Acide amidosulfonique 0.04 g

- Diméthyle -2,6 phénol solution à 1.2 g/l
Diméthyle -2,6 phénol solution ((CH₃)₂C₂H₃ OH)1.2 g
Acide acétique (CH₃COOH).....1000 ml

4. Dosage du phosphate

- Réactif mélange
13 g d'heptamolybdate d'ammonium.....10ml d'eau distillée
0.35g de tartre d'amtrmoine.....100 ml d'eau distillée
150 ml d'acide sulfurique concentré300 ml d'eau distillée
- Solution d'acide ascorbique
10 g d'acide ascorbique100 ml d'eau distillée

5. Dosage du bicarbonate

- Solution alcoolique de phénolphtaléine à 0.5 %
Phénolphtaléine 5 g
Alcool éthylique 500g
Eau distillée500 ml
- Solution de méthylorange à 0.5 %
Méthylorange0.5 g
Eau distillée100 ml

6. Dosage du calcium Ca⁺²

- Hydroxyde de sodium, solution 2 N
Hydroxyde de sodium (NaOH)8 g
Eau distillée 100 ml
Conserver dans une bouteille en polyéthylène.
- EDTA, solution titrée 0,01 mol/l
Sécher une portion d'EDTA à 80°C pendant 2 heures à l'étuve,
Dissoudre ensuite 3,72 g du sel sec dans de l'eau distillée et diluer à 1000 ml.
Conserver la solution d'EDTA dans une bouteille en verre.

7. Dosage du sulfate

- Solution de chlorure de baryum stabilisée
Chlorure de baryum 10 g
Tween₂₀ 20 ml
eau distillée 80 ml

8. Dosage du fer

- Tampon d'acétate
 - Acétate d'ammonium ($\text{CH}_3 \text{COO NH}_4$) 40 g
 - Acide acétique cristallisable ($\text{CH}_3 \text{COOH}$) 50ml
 - Eau distillée 100 ml

- Chlorhydrate d'hydroxylamine
 - Chlorhydrate d'hydroxylamine ($\text{NH}_2 \text{OH-OH}$) 10 g
 - Eau distillée 100 ml

- Solution de phénanthroline-1.10
 - phénanthroline-1.10 monohydrate ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{H}_2\text{O}$).....0.42g
 - Eau distillée100 ml
 - Acide chlorydrique 2 gouttes

ANNEXE 4
NOMBRE LE PLUS PROBABLE ET INTERVALLE DE
CONFIANCE
DANS LE CAS DU SYSTEME D'ENSEMENCEMENT
N°3

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P dans 100 ml	Limite de confiance à 95 %	
5 tubes de 10 ml	1 tubes de 1 ml	1 tubes de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0	2	0	5,9
0	1	0	2	0,050	13
1	0	0	2,2	0,050	13
1	1	0	4,4	0,52	14
2	0	0	5	0,54	19
2	1	0	7,6	1,5	19
3	0	0	8,8	1,6	29
3	1	0	12	3,1	30
4	0	0	15	3,3	46
4	0	1	20	5,9	48
4	1	0	21	6,0	53
5	0	0	38	6,4	330
5	0	1	96	12	370
5	1	0	240	12	3 700

ANNEXE 2

NORMES ALGERIENNES

Le Tableau indiquant les concentrations maximales admissibles algériennes
(Chimiques et bactériologiques) pour des eaux différentes.

Facteurs	Paramètres		Unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
Physico-chimiques	pH		-	6.5 à 8.5	-
	turbidité		NTU	-	5
	Conductivité		µs/cm	-	2800
	température		°C	<25	-
	Résidu sec à 105°C		mg/l	500	2000
Paramètres de pollution	Ammonium		mg/l	0,05	0,5
	Nitrites.		mg/l	-	0.2
	Nitrates.		mg/l	-	50
	Phosphore		mg/l	-	0.5
Paramètres de minéralisation	Calcium		mg/l	75	200
	Magnésium		mg/l	-	150
	Sodium.		mg/l	-	200
	Potassium		mg/l	12	20
	Chlorures		mg/l	200	500
	Sulfates.		mg/l	200	400
	Dureté total		mg/l CaCO_3	200	500
	Titre alcalimétrique complet		mg/l CaCO_3	-	500
Paramètres indésirables	Fer total		mg/l	-	0.3
	Manganèse		mg/l	-	0.5
	Aluminium		mg/l	-	0.2
	Fluor F		mg/l	0.3	02
Paramètres bactériologiques	Germes aérobies revivifiables	à 22 °C	UFC/ml	100	-
		à 37 °C	UFC/ml	10	-
	Coliformes totaux		Nbr/100 ml	-	< 10
	Escherichia coli		Nbr /100 ml	-	00
	Streptocoques fécaux		Nbr /100 ml	-	00
	Bactéries sulfito-réductrices		Nbr /100 ml	-	00

Normes-Union-Européenne

**Décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées
à la consommation humaine,
Paramètres indicateurs de qualité témoins du fonctionnement des installations de
production et de distribution d'eau**

Facteurs	Paramètres	Références de qualité	Unité
physico-chimiques	pH	6,5 - 8,5	
	Température	25	°C
	Conductivité.	180 à 1 000	µS/cm à 20 °C
	Turbidité	0,5 à 1	NFU
	Matières en suspension	25	mg/l
paramètres de pollution	Ammonium	0,1	mg/l
	Nitrites.	0,1 à 0,5	mg/l
	Nitrates.	50	mg/l
	Phosphore	0,4	mg/l
paramètres de minéralisation	Sodium.	200	mg/l
	Chlorures	250	mg/l
	Sulfates.	250	mg/l
paramètres indésirables	Fer total.	0.3	mg/l
	Manganèse.	0.05	mg/l
	Aluminium	0.5	mg/l
	Fluor F	0.7 à 1,5	mg/l
Paramètres bactériologiques	Germes aérobies revivifiables à 22 °C	100	Nbr/ml
	Germes aérobies revivifiables à 37 °C	20	Nbr /ml
	Coliformes totaux 37 °C	50	Nbr /ml
	Escherichia coli	20	Nbr /100 ml
	Entérocoques	20	Nbr /100 ml
	Salmonelles	Abs	Nbr /5 000 ml
	Bactéries sulfito-réductrices	Abs	Nbr /50 ml