

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU



**FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET
DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Agronomie

Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

**Thème. Contribution à l'étude de la
qualité des eaux du sous bassin
hydrographique de Souk El Djemaa
(W.Tizi-Ouzou)**

Réalisé par : MEGDOUL Karim

ILOURMANE Aissa

Devant le jury :

Président Dr METAHRI M. S.

M. C. A.

U. M. M.T. O.

Promotrice Dr BOUDIAF NAIT KACI M.

M. C. A.

U. M. M. T. O.

Examineurs Dr MERROUKI K.

M. C. B.

U. M. M. T. O.

Mme BERROUANE N.

M. A. A.

U. M. M. T. O.

Soutenu le 21 – 07 - 2016

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à témoigner notre profonde gratitude et nos vifs remerciement à :

notre promotrice Mme Boudiaf Nait Kaci M., pour son soutien et ses conseils ;

au personnel du complexe de Souk El Djemaa pour leur accueil chaleureux, de nous avoir encadré et orienté durant la prospection et la réalisation du stage ;

Mr Metahri M.S., pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury et tout ce qu'il a fait pour nous durant notre formation ;

Mme Berouane N. et Mr Merrouki K., pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Tous ceux qui de prêt ou de loin, nous ont aidé dans la réalisation de cette étude, sans oublier tous ceux qui ont contribué à notre formation.

Dédicaces

*Nous dédions ce travail à nos chers parents, pour
leur soutien moral et financier ainsi que leurs
sacrifices pour nous.*

*A nos frères et sœurs qui nous sont chers en
leur souhaitant réussite et bonheur.*

A nos amis (es).

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans la
réalisation de ce travail qu'ils trouvent ici notre gratitude
et reconnaissance.*

Karim, Aissa.

UCV : Unité de couleur vraie.

NTU : Néphélémétrie turbidity unit.

JTU : Jackson turbidity unit.

FTU : Formazine turbidity unit.

MES : Matière en suspension.

MVS : Matières volatiles sèches.

MMS : Matières minérales en suspension.

pH : Potentiel hydrogène.

°F : Degré français.

DBO : Demande biochimique en oxygène.

DCO : Demande chimique en oxygène

TAC : Titre alcalimétrique complet.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

AEP : Alimentation en eau potable.

GEP : Groupe électro-pompes.

TDS : Taux de sels dissous

DPD : Diéthyl-p-phénylénediamine.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

EB : Eau brute.

EC : Eau clarifiée.

EF : Eau filtrée.

ET : Eau traitée.

.

Figure1. Chaîne de traitement.

Figure 2. Double couche d'une particule colloïdale.

Figure 3. Schéma de la Coagulation –Floculation.

Figure 4. Schéma d'un décanteur horizontal.

Figure 5. Décanteur lamellaire.

Figure 6. Les différentes formes du chlore dans l'eau pure.

Figure 7. Courbe de break-point.

Figure 8. Vue générale de la station de traitement.

Figure 9. Délimitation du bassin hydrographique de souk el djemaa

Figure 10. Chaîne d'AEP de la station souk El djemaa.

Figure 11. L'arrivée d'eau (régulateur de débit).

Figure 12. Dégrilleur grossier.

Figure 13. Galerie et ces vannes de vidange.

Figure 14. Salle d'exhaure.

Figure 15. Bassin d'injection des réactifs de traitement.

Figure 16. Décompteur lamellaire.

Figure 17. Filtres à sables fin.

Figure 18. Cuve et turbidimètre.

Figure 19. Conductimètre et PH -mètre.

Figure 20. Procédure (Jar test).

Figure 21. Flacons d'eau et tubes à réactions.

Figure 22. Comparateur de chlore.

Figure 23. Variation de la turbidité en (NTU) en fonction du temps.

Figure 24. Variation de la conductivité en fonction du temps.

Figure 25. Variation de la salinité en fonction du temps.

Figure 26. Variation du TDS en fonction du temps.

Figure 27. Variation du PH en fonction du temps.

Figure 28. Variation de la Températures en fonction du temps.

Figure 29. Variation de PH et la turbidité en fonction de la dose de sulfate d'aluminium

Figure 30. Variation du chlore résiduel en fonction du chlore ajouté.

Figure 31. Variations temporelles du chlore résiduel.

.

Tableau 1. Qualité de l'eau en fonction de la DBO₅.

Tableau 2. Qualité physico-chimique de l'eau de boisson.

Tableau 3. Qualité bactériologique de l'eau de boisson.

Tableau 4. Classification des désinfectants en fonction de leurs principes actifs.

Tableau 5. Réaction du chlore avec les composés organiques.

Tableau 6. Valeurs de la turbidité obtenus.

Tableau 7. Résultats de seuil de gout.

Tableau 8. Valeurs de la conductivité parvenue de notre analyse.

Tableau 9. Valeur obtenues de la salinité.

Tableau 10. Résultats de TDS obtenus.

Tableau 11. Résultats du PH obtenus.

Tableau 12. Résultats de températures obtenus.

Tableau 13. Résultats obtenus du Jar test.

Introduction

Chapitre I. Synthèse bibliographique

I. Eaux naturelles	1
II. paramètres de qualité.....	2
II.1. Définition d'une eau potable.....	2
II.2. paramètres globaux de qualité.....	2
II.2.1. paramètres organoleptiques.....	2
II.2.2. paramètres physiques.....	3
II.2.3. paramètres chimiques.....	4
III. Pollution des eaux.....	7
III.1. Définition de la pollution.....	7
III.2. Différents types de polluants.....	8
III.2.1. Pollution physiques des eaux.....	8
III.2.1.1. Pollution thermique des eaux.....	8
III.2.1.2. Pollution radioactive des eaux.....	8
III.2.2. Pollution chimique des eaux.....	9
III.2.3. Pollution biologique des eaux.....	9
III.2.4. Pollution organique des eaux.....	9
IV. Normes de potabilité.....	9
V. filières de traitement des eaux de surface.....	12
V.1. Définition du traitement.....	12
V.2. Définition des objectifs exacts du traitement.....	12
V.3. Etapes de traitement.....	12
V.3.1. Prétraitement.....	13
V.3.2. Traitement physicochimique.....	14
V.3.2.1. Clarification.....	14
V.3.2.1.1. Coagulation floculation.....	15
V.3.2.1.2. Décantation.....	17

V.3.2.1.3. Flottation.....	19
V.3.2.1.4. Filtration.....	19
V.3.2.2. Désinfection.....	20
V.3.2.2.1. Désinfection par le chlore et dérivés.....	22
V.3.2.2.2. Désinfection par le dioxyde de chlore.....	28
V.3.2.2.3. Désinfection par l’ozone	28
V.3.2.2.4. Désinfection par irradiation UV.....	29
Conclusion.....	30

Chapitre II. Etude du milieu

I. Présentation de la zone d’étude.....	31
I.1. La situation géographique.....	33
I.2. Chaîne d’alimentation de la station.....	34
II. Description et fonctionnement de la station.....	35
II.1. Les étapes de réception d’eau brute.....	35
II.2. Ouvrage de traitement.....	37
II.2.1. La pré-chloration.....	37
II.2.2. Coagulation floculation.....	37
II.2.3. La décantation.....	38
II.2.4. La filtration.....	38
II.2.4.1. Lavage des filtres.....	39
II.2.5. Poste- chloration.....	39

Chapitre III. Matériels et méthode.

I. Prélèvement et échantillonnage.....	40
I.1. Lieu de prélèvements.....	40
I.2. Les analyses effectuées.....	41
I.3. Les Objectifs convoités par les analyses.....	41
I.4. Analyses des paramètres organoleptiques.....	41
I.4.1. Détermination de la turbidité.....	41
I.4.2. Seuil de gout.....	42
I.5. Analyses des paramètres physico-chimiques.....	43
I.5.1. Mesure de la conductivité électrique, salinité, TDS, température et pH.....	43
I.5.2. Test d'ammonium.....	43
I.5.3. Jar test.....	44
I.5.4. La demande en chlore.....	44
I.5.5.Détermination du degré chlorométrique.....	45
I.5.6. Test chlore.....	45

Chapitre IV. Résultats et discussions

I. Etudes des paramètres organoleptiques	47
I.1. La turbidité.....	47
I.2. Seuil de gout.....	48
II. Etudes des paramètres physico-chimiques	48
II.1. Conductivité électrique.....	48
II.2. Salinité.....	49
II.3. TDS.....	50
II.4. pH.....	51
II.5. La Température.....	52
II.6. Test d'Ammonium.....	53

II.7. Jar test.....	53
II.8. Le degré chlorométrique.....	54
II.9. La demande en chlore.....	55
II.10. Le chlore résiduel.....	56
Conclusion.....	57
Conclusion et perspective.....	58
Références bibliographiques.	

L'utilisation intensive et abusive des ressources en eaux et l'augmentation des rejets liquides, solides et gazeux dans le milieu naturel, contribuent à détériorer notre environnement et présentent un impact néfaste sur la santé, l'économie et les espèces vivantes (EDE4, 2013). En méditerranée le stress hydrique est un problème environnemental majeur. La protection de l'environnement, le traitement des eaux usées, la gestion des déchets sont devenus des enjeux vitaux pour la nature et la qualité de vie. Nous devrions prendre des mesures urgentes et concertées sur la connaissance, l'inventaire des ressources et des bassins versants en maîtrisant les plans scientifique et législatif pour apporter des solutions concrètes à tout problème d'érosion, de perte de biodiversité et surtout de pollution.

Cependant, il est important de savoir traiter et gérer toutes ces ressources. Toutefois, l'évaporation par l'énergie solaire, les précipitations et l'écoulement en surface et sous terre constituent les étapes du cycle de l'eau. Le problème majeur de l'eau est de pouvoir cerner sa quantité et sa qualité. Plusieurs études ont pris comme objet les bilans hydrogéologiques avec l'estimation de leurs ressources hydriques. Néanmoins, l'eau contient des substances organiques et minérales ainsi que des micro-organismes qui peuvent être indispensables, indésirables, voire toxiques pour l'homme.

L'eau naturelle n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation à cause des concentrations en éléments dissous, telles que les nitrates, les matières organiques, les pesticides et certains pathogènes. La qualité des eaux de surface, souvent polluées, très variable et ne peut être traitée qu'au cas par cas par des traitements appropriés à sa nature et à son degré de pollution (LOUNNAS, 2009).

La station de traitement des eaux de Souk El Djemaa est l'une des plus anciennes en Algérie en plus de l'importance de sa capacité et sa place dans la région du Djurdjura. Elle traite les eaux superficielles issues des oueds des Ait Ouabane et Ait Allaoua. Elle dessert les régions de Ain El Hammam, Iboudrarene, Larba Nath Irathen et Mekla. Elle fonctionne sur les bases de procédés physico-chimiques de coagulation - floculation. A cet effet, la nature des eaux brutes dépend des saisons et du régime pluvieux.

L'objectif de ce travail est de faire un suivi de traitement des eaux. Le travail est scindé en plusieurs parties. Dans un premier temps une revue bibliographique, qui consiste à déterminer les principales causes de la pollution des eaux ainsi que la caractérisation des

paramètres physico-chimiques des eaux naturelles. Nous présentons la région et la station, puis un quatrième chapitre qui détaille les résultats des analyses des eaux brutes comparées à celles des eaux traitées dans cette station. Une conclusion vient clore le travail avec des perspectives.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I.1. Eaux naturelles

Dans la nature l'eau se présente sous trois états physiques :

- Solide (sous forme de glace et de neige)
- Liquide (caractérise les océans, mers, rivières, lacs,.....).
- Gazeux (vapeur, masse nuageuses).

Elle suit un cycle au cours duquel elle passe d'un état à un autre.

Les principales étapes qui constituent ce cycle sont l'évapotranspiration, la condensation, les précipitations, le ruissellement et l'infiltration. Ce phénomène permet la constitution des réserves d'eau superficielles ou souterraines

I .1.1. Eaux souterraines

Ce sont les eaux des nappes phréatiques qui correspondent à 22% des réserves d'eaux douces, soit environ 1000 milliard de m³. Leur origine est représentée par l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et de la structure géologique du sol (Aissaoui, 2013). Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas canalisée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain. L'eau souterraine est une composante importante du cycle hydrologique; l'eau provenant des précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers la zone naturelle de résurgence (les cours d'eau) située en aval (Myrand, 2007).

I .2. Eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on utilise lorsqu'il n'y a pas moyen d'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leur concentration élevée en sels dissous.

La salinité de la plus part des eaux de mer varie de 30 g/l a 40 g/l (Desjardin, 1997).

I.3. Eaux superficielles

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. Les eaux de surface sont moins stables, et contiennent

des matières minérales et organiques en suspension qui peuvent engendrer désagréments olfactifs et gustatifs. Elles nécessitent un traitement physico-chimique parfois complexe dans des infrastructures (Sari, 2014)

II. Paramètres de qualités

Dans tous les cas, l'eau mise à la disposition du consommateur, doit être traitée quel que soit son usage, l'eau traitée au robinet doit être potable c'est-à-dire que l'ensemble des qualités citées ci-dessous doivent être conformes à ceux définies par la réglementation en vigueur, appelé normes de potabilité données dans les tableaux (2) et (3).

II.1. Définition d'une eau potable

Une eau est dite potable lorsqu'elle satisfait à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine. Elle doit répondre à des normes établies soit au niveau national, ou international. C'est une eau qui ne doit pas porter atteinte à la santé humaine. La définition de ces eaux destinées à la consommation humaine est fournie par la directive 98/83 du 3 novembre 1998, traduite en droit français dans le Code de la Santé publique (Sari, 2014).

II.2. Paramètres globaux de qualité

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres organoleptiques, physico-chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques.

II.2.1. Paramètres organoleptiques

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais, par leur dégradation, peuvent constituer des facteurs d'alerte pour une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution (Lounnas, 2009).

II.2.1.1. Couleur de l'eau

Les eaux naturelles sont toujours plus ou moins colorées. Leur couleur varie du jaune pâle à peine perceptible au brun rougeâtre, selon la nature et la concentration des matières colorantes. Ces matières sont le plus souvent d'origine naturelle et proviennent de la

dégradation de matières végétales. Le degré de couleur dépend non seulement de la concentration en matières colorantes, mais aussi du pH et de la turbidité.

La mesure de la couleur d'une eau naturelle se fait par comparaison avec une échelle artificielle de couleur. La substance de référence choisie est le Chloroplatine de potassium (K_2PtCl_6) dans une solution de Chlorure de Cobalt ($CoCl_2$). L'unité de couleur est le Hazen correspondant à 1mg/l de platine sous forme de ($K_2 Pt Cl_6$). On l'appelle aussi unité Platino-Cobalt ou unité de couleur vraie (Ucv). Pour une eau potable, le degré de couleur maximale est de 15 Ucv (Alapha, 2005).

II.2.1.2. L'odeur et le gout

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances. D'autre part le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Sari, 2014).

Dans le cas d'une eau potable, l'apparition ou le changement de goût et d'odeur peuvent être signe d'activité microbienne et de lacune dans le traitement ou de contamination dans le réseau de distribution. Par ailleurs, une eau traitée peut avoir un goût plus prononcé qu'une eau non potable du fait du chlore résiduel (Lounnas, 2009).

II.2.2. Paramètres physiques

II.2.2.1. Température de l'eau

La température est un paramètre physique clé, dans le sens qu'elle agit de manière déterminante sur les processus chimiques et plus encore, biologiques au sein des cours d'eau. IL est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques. Et d'une façon générale, la valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduelles chaudes. (Ghazali et al, 2013).

II.2.2.2 Turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre le plus indiquant la présence de matière organique ou minérale sous forme colloïdal. (Metahri, 2012).

Elle est due à des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière, qui sont d'origine diverse telles que : érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspension grossières. Les eaux convenablement filtrées et désinfectées ont des turbidités inférieures à 0,5 NTU

La turbidité est mesurée par trois unités qui sont équivalentes :

Unité J.T.U (Jackson turbidity unit) = Unité F.T.U (Formazine turbidity unit)=Unité N.T.U (Néphélémétrie turbidity unit). La turbidité doit être éliminée pour permettre une désinfection efficace et améliorer l'aspect de l'eau.

II.2.2.3. Les matières en suspension

Les matières en suspensions représentent la quantité de pollution organique ou minérale non dissoute dans l'eau, c'est-à-dire les matières non décantables et colloïdales (Aif, 1993). Constituées par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS). Elles représentent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'une eau. (Metahri, 2012).

II.2.3. Paramètres chimiques

II.2.3.1. pH

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). L'échelle des 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 notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. On admet généralement qu'un pH naturel situé entre 6,5 et 8,5 caractérise des eaux où la vie se développe de manière optimale (Anonyme 3, 2005).

II.2.3.2. Conductivité

Désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique et elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. (Haddad et al. 2014).

La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli-siemens par mètre (mS/m) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Anonyme 3, 2005).

II.2.3.3. Salinité

La salinité d'une eau correspond à la teneur global en cations (H^+) et en anions (OH^-). Elle s'exprime en mg/l. Dans la nature la salinité croît sur les plans d'eau qui fond objet d'une forte évaporation et décroît sur ceux qui sont sensibles ; les basses eaux et les étiages ont les teneurs les plus fortes, car les eaux proviennent des nappes ou elles sont séjournées longtemps au contact de la roche. Les haute eaux et les crues ont les teneurs plus faibles, les eaux de ruissellement mettent moins de temps à exercer leurs action corrosive (Loup.J, 1974).

II.2.3.4. La dureté

Selon Belghiti et al, (2013), La dureté est Produite par les sels de calcium et de magnésium contenus dans l'eau. On distingue: une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres sels.

Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses : Le calcium dérive de l'attaque du CO_2 dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés.

Une eau est dite « dure » lorsqu'elle est fortement chargée en Ions calcium (Ca^{++}) et magnésium (Mg^{++}). A l'inverse, elle est dite « douce » lorsqu'elle contient peu de ces ions. Cette dureté s'exprime en degrés français (df ou °F), un degré français de dureté correspondant à une teneur en calcium et magnésium

Équivalente à 10 mg de carbonate de calcium (CaCO_3) par litre.

II.2.3.5. Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous, constituent avec les valeurs de pH, l'un des Plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface, provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques (Anonyme 3, 2005).

II.2.3.6. Demande biochimique en oxygène (DBO)

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation d'oxygène ; le milieu exerce donc une certaine demande biochimique d'oxygène. La mesure de cette DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et donc, dans une certaine mesure, sa qualité ou son degré de pollution. La dégradation complète des matières organiques peut être relativement longue (plusieurs semaines). D'autre part, l'oxydation des dérivées ammoniacaux et des nitrites en nitrates (nitrification) absorbe également de l'oxygène. Cette nitrification, dans les eaux naturelles, ne débute qu'au bout d'une dizaine de jours. Pour ces deux raisons, on mesure la DBO en 5 jours, ou DBO₅, c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommée ; pendant ce laps de temps, pour l'oxydation partielle des matières organiques biodégradables sous l'action des microorganismes (Lounnas, 2009).

Tableau 1. Qualité de l'eau en fonction de la DBO₅ (Loup.j.1974).

DBO ₅	Qualification de l'eau
DBO ₅ < 1 mg/l d'O ₂	Excellente qualité
DBO ₅ = 2 mg/l d'O ₂	Bonne qualité
DBO ₅ = 3 mg/l d'O ₂	Qualité moyenne
DBO ₅ = 5 mg/l	Eau moyennement polluée
DBO ₅ > 10 mg/l	Eau polluée

II.2.3.7. Demande chimique en oxygène

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le

sulfate de fer et d'ammonium. La DCO est exprimée en mg/l d'O₂ consommé par les matières oxydables dans un litre d'eau (Melghit, 2011).

II.2.3.8. Alcalinité

Correspond à la capacité d'une eau à réagir avec les ions hydrogène (H) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO₃⁻), carbonate (CO₃²⁻) et hydroxyde (OH⁻). Autrement dit, on est amené à considérer deux types d'alcalinité qui correspondent, encore une fois à deux bornes de pH :

- alcalinité au virage du rouge de méthyle : elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions HCO₃⁻, CO₃²⁻ et OH⁻. Cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet TAC.
- alcalinité au point de virage de la phénophtaléine (alcalinité composite) : elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH⁻ et à la moitié des ions CO₃²⁻. Cette alcalinité composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8,3. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique (TA) (Lounnas, 2009).

V. Pollution des eaux

Pendant longtemps, les hommes se sont peu préoccupés de leur milieu naturel, s'ingérant dans la nature et usant d'elle sans compter, aménageant à tour de bras, et rejetant largement effluents et déchets de toutes sortes. Le constat aujourd'hui est dramatique. Des régions entières ont été dévastées et nombre de cours d'eau, lacs et nappes souterraines sont aujourd'hui pollués de par le monde, une pollution que la nature a du mal à résorber.

Quand y a-t-il pollution de l'eau ? D'où viennent les différents polluants ?

V. 1. Définition de la pollution

Pollution ou contamination de l'eau peut être définie comme la Dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels. Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines:

- Urbaine (activités domestiques; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
- Agricole (engrais, pesticides)
- Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...) (Mekhalif, 2009).

V.2. Différents types de polluants

Les polluants sont émis dans l'atmosphère, évacués dans les eaux usées ou épandus sur les sols, sous forme de gaz, de substances dissoutes ou de particules. La plupart finissent par rejoindre les milieux aquatiques.

V.2.1. Pollution physiques des eaux

La pollution physique peut paraître anodine au regard des pollutions chimiques, compte tenu de la toxicité et des effets à long terme de certaines molécules. Pourtant, cette pollution physique peut être tout autant nocif, c'est le cas de:

V.2.1. 1. Pollution thermique des eaux

La pollution thermique des eaux est l'augmentation de la température causée par des rejets d'eaux de refroidissement, en particulier des centrales thermiques et nucléaires. Elle peut causer des dommages importants à la faune des cours d'eau. Le réchauffement climatique provoqué par les gaz à effet de serre est une autre forme de pollution thermique qui concerne la terre toute entière (Dictionnaire Environnement et Développement Durable ,2010).

V.2.1. 2. Pollution radioactive des eaux

Parmi les différents types de pollution du milieu, la pollution radioactive est incontestablement celle qui est la plus mal connue, et cependant c'est aussi celle qui a suscité les mesures de protection à la fois les plus sévères et les plus scientifiquement établies. Certes, la pollution radioactive a ses propres caractéristiques, mais du point de vue de l'homme et de l'écologie, c'est une pollution parmi les autres et les risques qui en résultent devraient être évalués sur les mêmes bases.

Pour des raisons de commodité et aussi par mesure d'économie, beaucoup d'établissements industriels se débarrassent de leurs déchets en les rejetant dans le milieu ambiant, le plus souvent d'ailleurs sur les lieux mêmes ou à proximité du lieu de production. Les effluents gazeux et les aérosols sont rejetés dans l'atmosphère, les effluents liquides dans le sol, dans les rivières ou dans la mer. Quant aux déchets solides, le plus souvent ils sont déposés sur le sol (Lacourly, 1971).

V.2.2. Pollution chimiques des eaux

La pollution chimique peut être chronique, accidentelle ou diffuse. Le risque chimique est lié à la présence de constituants géologiques ou de contaminants issus des activités humaines (aménagement, industrie, agriculture).

L'utilisation excessive d'engrais pour l'agriculture et l'élevage apporte une présence d'azote et de phosphore en quantité excessive dans les cours d'eau. Les algues de surface prolifèrent rapidement entraînant une diminution de la luminosité et surtout une consommation importante d'oxygène dissous dans l'eau ; c'est le phénomène d'eutrophisation. L'oxygène n'est alors plus en quantité suffisante pour les organismes supérieurs (Haddou, 2010).

V.2.3. Pollution biologiques des eaux

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes tels que les bactéries comme (*Salmonella*), les virus (hépatite A) et les protozoaires (*Toxoplasma*, *Cryptosporidium*) (Haddou, 2010). Les pollutions biologiques se rencontrent dans les aquifères à perméabilité de fissure (craie, massifs calcaires), dans lesquelles la fonction épuratrice du sous-sol ne peut s'exercer et dans lesquelles la matière organique est dégradée partiellement (Dictionnaire Environnement et Développement Durable, 2010).

V.2.4. Pollution organique des eaux

Désigne la pollution qui provient des matières qui constituent les organismes vivants ou morts, ou produites par des organismes vivants. Elle est formée de molécules organiques (composées de carbone). L'élimination de cette pollution passe par le traitement biologique. (Dictionnaire Environnement et Développement Durable, 2010).

IV. Normes de potabilité

L'approvisionnement en eau potable se fait soit à partir d'eaux souterraines par le biais d'ouvrages tels que les forages, les puits et les sources soit à partir d'eaux de surface par le biais de retenues d'eau ou barrages avec acheminement de l'eau dans un réseau de canalisations. Son accessibilité est variable d'une région à l'autre du fait des phénomènes climatiques, géographiques, socioculturels et économiques. Ce qui peut amener les populations à utiliser des eaux de qualité douteuse. D'où l'intérêt d'une surveillance et d'un contrôle codifié et rigoureux de la qualité de l'eau de consommation depuis la source d'approvisionnement, quel qu'en soit le type, au consommateur.

Les tableaux 2 et 3 illustrent les normes de qualité physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de boisson.

Tableau 2. Qualité physico-chimique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS 2002).

Elément	Valeurs indicatives en mg/l
Cuivre.....	1 mg/l
Cyanure.....	0,07 mg/l
Fluorures.....	1,5 mg/l
Manganèse.....	0,1 mg/l
Mercure.....	0,001 mg/l
Nitrates.....	50 mg/l
Nitrites.....	3 mg/l
Ammoniac.....	15 mg/l
Plomb.....	0,01 mg/l
Chlore.....	5 mg/l
Couleur.....	15 UCV (unité de couleur vraie)
Turbidité.....	5 UTN (unité de turbidité néphélométrie)
Aluminium.....	0,2 mg/l
Chlorure	250 mg/l
Dureté.....	-
Fer.....	0,3 mg/l
pH.....	6,5-8,5
Sodium.....	200 mg/l
Sulfate.....	250 mg/l
Solides totaux en solution.....	1000 mg/l
Zinc.....	3 mg/l

Tableau 3. Qualité bactériologique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS 2002).

Organismes	Les valeurs indicatives	Remarque
A-/ Toutes les eaux destinées à la consommation : E. Coli ou bactéries coliformes Thermotolérantes	0 0	Non détectables dans un échantillon de 100 ml
B-/ Eaux traitées a l'entrée du réseau de distribution : E. Coli ou bactéries coliformes Thermotolérantes Coliformes totaux	0 0 10	Non détectables dans un échantillon de 100 ml Non détectables dans un échantillon de 100 ml
B-/ Eaux traitées dans le réseau de distribution : E. Coli ou bactéries coliformes Thermotolérantes Coliformes totaux	0 0 10	Non détectables dans un échantillon de 100 ml Non détectables dans un échantillon de 100 ml Dans les installations importantes lorsqu'un nombre suffisant d'échantillons sont examinés, on ne doit pas trouver de coliformes dans 95% des échantillons prélevés sur une période de 12 mois

V. Les filières de traitement des eaux de surface

V.1. Définition de traitement

La production d'eau potable peut être définie comme l'exploitation d'une source d'eau en vue d'obtenir une qualité satisfaisante pour le consommateur.

V.2. Définition des objectifs exacts du traitement

Ceux-ci peuvent être répartis en trois groupes:

*La santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques ;

*L'agrément du consommateur, qui est différent du premier point car une eau peut être agréable à boire tout en étant dangereuse (source polluée...) il s'agit des qualités organoleptiques. Autre ce qui est perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir couleur, Odeur et goût, ainsi l'objectif d'une station de production d'eau potable est de fournir un produit de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur (Hernandaise, 2006).

*La protection du réseau de distribution, et aussi des installations domestique (robinetteries, chauffe-eau,...) contre l'entartage et/ou la corrosion.

V.3. Etapes de traitement

Les étapes de traitement sont représentées dans la figure N° 1

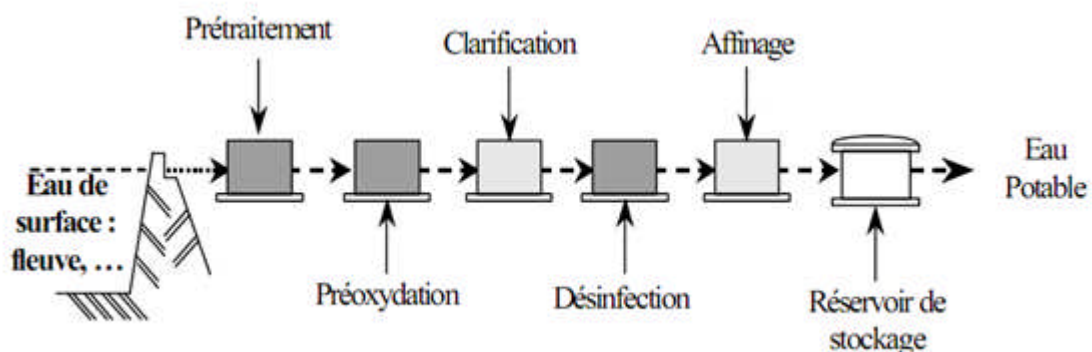


Figure 1. Chaîne de traitement (Valentine, 2000).

V.3.1. Prétraitement

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement comportant un certain nombre d'opérations physiques ou mécaniques. Il est dessiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments, dont la nature où la dimension constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs (Harat, 2013).

V.3.1.1. Dégrillage

Premier poste de traitement, permet de protéger les ouvrages avals de l'arrivée de gros objets charriés par l'eau brute susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement qui pourraient nuire pour la suite des opérations (Valentin, 2000).

V.3.1.2. Dessablage

Après le dégrillage, il reste encore dans l'eau les fragments qui peuvent décanter facilement, mais dont la dureté et la taille sont relativement importantes supérieures à 0,2 mm de diamètre, et qui pourraient conduire à l'abrasion de certains éléments de la station, particulièrement les pompes, on élimine ces matériaux facilement décantables dans de petits bassins rectangulaires ou circulaires (Belahmadi, 2011).

V.3.1.3. Débourbage

Le traitement d'une eau chargée nécessite généralement une double clarification, dont la première consiste en un débourbage de l'eau brute après addition du coagulant approprié. La deuxième clarification consiste en une coagulation-floculation-décantation et filtration. Le seuil de concentration de MES dans l'eau brute, à partir duquel le débourbage devient nécessaire, est fonction du type de décanteur utilisé en deuxième clarification. Ce seuil est d'environ 2 g/l en amont de décanteurs non raclés et d'environ 5 g/l en amont d'appareils raclés. Suivant la qualité de l'eau à traiter, il sera fait recours à ce stade d'un coagulant et/ou d'un floculant. Dans ce cas, le manipulateur doit prévoir un mélangeur rapide avant le débourbeur et ce en vue d'une première coagulation (Onep, 2010).

V.3.1.4. Micro-tamissage

C'est une technique de séparation physique des particules présentes dans l'eau à traiter. Grâce à une membrane poreuse ou une toile de fils ou de fibres, le micro-tamis est capable de retenir le plancton, les grosses particules et les particules de matières organiques et les MES.

Cependant le micro-tamis ne peut pas intercepter ni les éléments minéraux fins, ni les éléments colloïdaux minéraux et organiques, ni les substances dissoutes (Meziani, 2013).

V.3.1.5. Dégraissage et déshuilage

Les opérations de dégraissage-déshuilage consistent à séparer de l'effluent brut, les huiles et les graisses par flottation. Ces derniers étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau. L'injection des micro bulle d'air permet d'accélérer la flottation des graisses.

D'après Metahri, (2012) le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses.)

Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans l'eau qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique.

V.3.1.6. Aération

En fonction des teneurs des différents gaz dissous dans l'eau brute, notamment celles de l'oxygène dissous, du gaz carbonique et de l'hydrogène sulfuré, une installation d'aération qui permettra d'une part, la désorption des gaz indésirables (H₂S par exemple) et d'autre part, une oxygénation de l'eau brute tel que le taux de saturation en oxygène dans cette eau soit au minimum de 80 % à la température moyenne de ladite eau (Onep, 2010).

V.3.1.7. Pré-chloration

La Pré-chloration ou pré désinfection ou encore pré oxydation est une étape qui permet d'éliminer l'ammoniaque et de réduire la concentration des microorganismes (les bactéries fécales et les organismes pathogènes), détruire la faune et la flore, et oxyder l'azote ammoniacal, le fer et le manganèse de façon à faciliter leur élimination. Les quantités résiduelles de chlore combiné et libre inhibent de façon efficace les processus microbiens, tels que la prédation par les protozoaires, la nitrification, ainsi que la croissance des micro-organismes lors de la filtration subséquente (Samake, 2002).

V.3.2. Traitement physicochimique :

V.3.2.1. Clarification

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension (MES) d'une eau brute ainsi que la majeure partie des matières organiques.

Elle comprend les opérations de coagulation, de floculation et de filtration (Valentin, 2000).

Suivant les concentrations des différents polluants, on peut être amené à pratiquer des

opérations de plus en plus complexes qui vont de la simple filtration avec ou sans réactif jusqu'à la coagulation – floculation – décantation ou flottation – filtration (Hernandez, 2006).

❖ Théorie de la double couche

Lorsqu'une particule colloïdale est suspendue dans un milieu qui contient des ions, elle attire d'une manière électro-statique des ions de charge opposée. Il s'ensuit qu'aux abords de la particule chargée, les charges électriques portées par des ions se répartissent en deux couches, comme illustré par la figure N° 2 ci-contre :

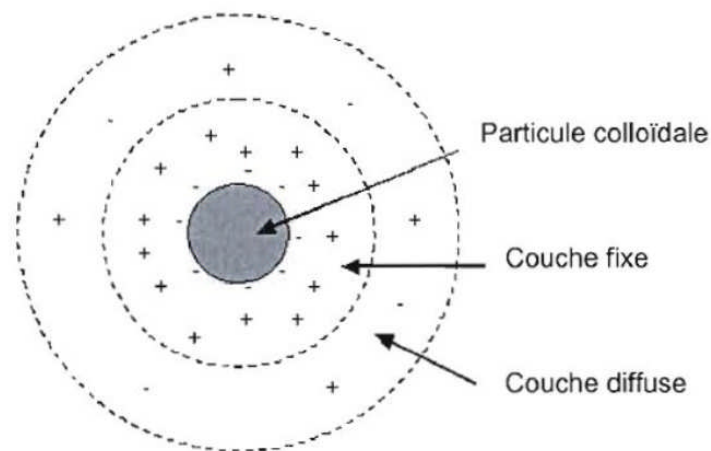


Figure 2. Double couche d'une particule colloïdale (Assaad, 2006).

Les différentes espèces présentes dans la solution se rencontrent dans l'ordre suivant:

- ✚ La particule, souvent chargée négativement dans la nature;
- ✚ Une couche fixe d'ions de signe contraire (couche de STERN) ;
- ✚ Une couche diffuse de contre ions, se raréfiant avec la distance, déformable et mobile (couche de GOUY-CHAPMAN) ;
- ✚ La masse du liquide environnant. (Assaad, 2006).

V.3.2.1.1. Coagulation floculation

Le procédé de coagulation floculation consiste à ajouter à l'eau un électrolyte permettant de transformer la suspension colloïdale en particules plus importantes et aptes à sédimenter. Cette transformation est le résultat de deux actions distinctes :

- ✓ La déstabilisation des particules par neutralisation de leurs charges électriques, connue sous le nom de « coagulation »
- ✓ La formation de flocons, dépendante du transport et de la mise en contact des

particules déstabilisées constitue « la floculation » (Harat, 2013)

La coagulation-floculation se fait en deux étapes :

Etape a) : Coagulation

La coagulation est l'une des étapes les plus importantes dans le traitement des eaux de surface. 90 % des usines de production d'eau potable sont concernées. La difficulté principale est de déterminer la quantité optimale de réactif à injecter en fonction des caractéristiques de l'eau brute. Le but de la coagulation-floculation est d'enlever les particules contenues dans l'eau et dont la taille varie du visible au microscopique. (Valentine, 2000).

❖ **Choix des réactifs**

Les produits utilisés pour cette neutralisation sont appelés coagulants. Il en existe de différents types, c'est la raison pour laquelle un certain nombre de paramètres doivent être pris en compte pour le choix du coagulant tels que :

- ✚ La température de l'eau, le pH surtout pour les sulfates d'alumine
- ✚ Caractéristiques des eaux brutes (dont l'équilibre calco-carbonique),
- ✚ Paramètres physico-chimiques à inclure ou éliminer prioritairement (turbidité et/ou Matières Organiques, par exemple),
- ✚ Gestion de l'exploitation (stocks, automatisme, etc.),
- ✚ Coût du produit,
- ✚ Disponibilité... (Hernandez, 2006).

Etapes b) : Floculation

La floculation est le phénomène de formation de flocons de taille plus importante (Agglomération des colloïdes déchargés dans un réseau tridimensionnel). On utilise, pour se faire, des flocculant ou adjuvants de floculation. Contrairement à l'étape de coagulation, la floculation nécessite une agitation lente. Les flocculants ou adjuvants de floculation sont, dans leur grande majorité, des polymères de poids moléculaire très élevé. Ils peuvent être de nature minérale, organique naturelle ou organique de synthèse (Valentin, 2000).

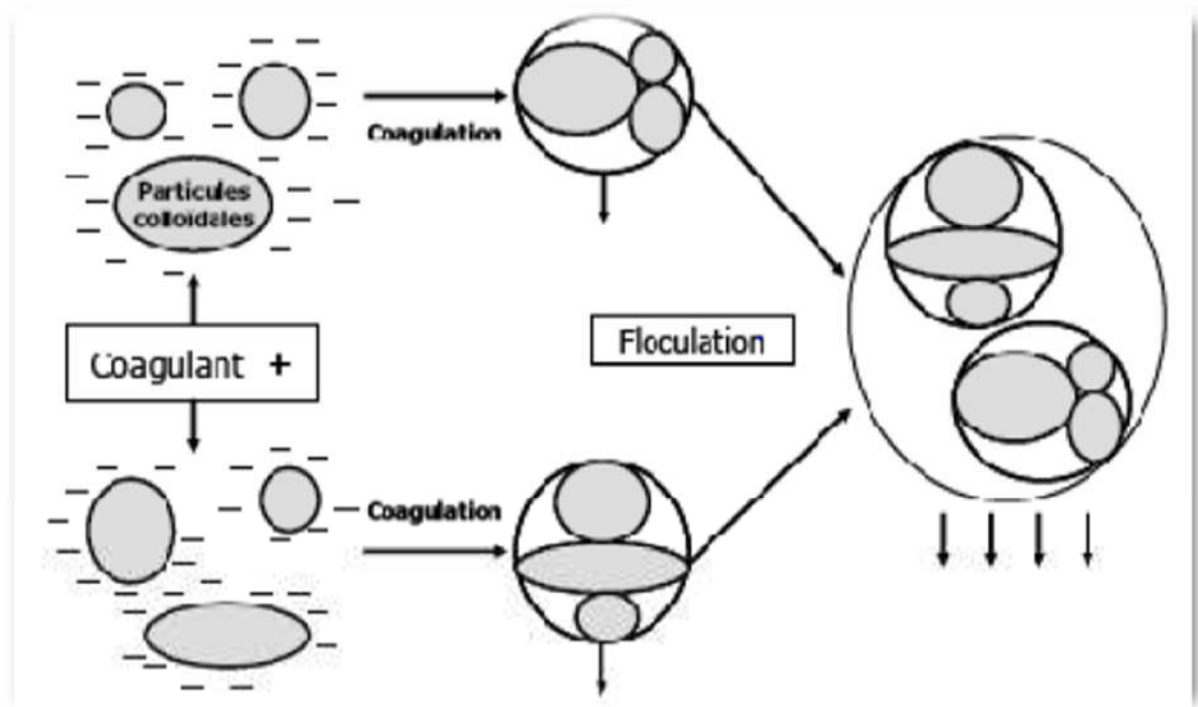


Figure 3. Coagulation –Floculation (Harrat, 2013).

V.3.2.1.2. Décantation

La décantation est la méthode de séparation la plus fréquente des MES et des colloïdes (rassemblés sous forme de floc après une étape de coagulation floculation) .Il est bien connu que les particules en suspension sédimentent en fonction de leur taille, donc pour obtenir une bonne décantation, il est nécessaire d’augmenter le diamètre des particules d’où l’utilité impérieuse du phénomène de coagulation- floculation. (Lounnas, 2009).

✚Quelques types de décanteur

a) Décanteur horizontal

Le décanteur horizontal est constitué d'une cuve parallélépipédique : l'eau chargée de MES pénètre dans une extrémité et l'eau décantée ressort de l'autre suivant un écoulement horizontal. Elle nécessite une surface de bassin de décantation importante avec une vitesse de sédimentation généralement faible. Théoriquement, l'efficacité d'un décanteur horizontal ne dépend que de sa vitesse et non de sa hauteur ou de son temps de rétention (soit de 0,5 à 1,5 m/h). Pendant leur parcours dans les plus petites particules peuvent s'agglutiner entre elles, c'est le phénomène de coalescence. Leur taille, ainsi que la vitesse de sédimentation augmente

avec le temps. La trajectoire devient de ce fait curviligne et l'efficacité de la décantation dépend donc aussi du temps de rétention (Lutz, 2010).



Figure 4. Schéma d'un décanteur horizontal (Lutz, 2010).

b) Décanteur lamellaire

Les décanteurs lamellaires sont des ouvrages destinés au traitement des eaux de ruissellement polluées. Le procédé de traitement est la séparation gravimétrique entre deux lames juxtaposées et inclinées par rapport à un plan horizontal. Dans ce type de décanteur, l'effluent brut pénètre horizontalement sur l'un des flancs du bloc lamellaire. L'eau circule horizontalement entre les lames tandis que les particules plus denses chutent. Les eaux claires sortent de l'autre côté de la structure lamellaire (Vazquez *et al.* 2010).

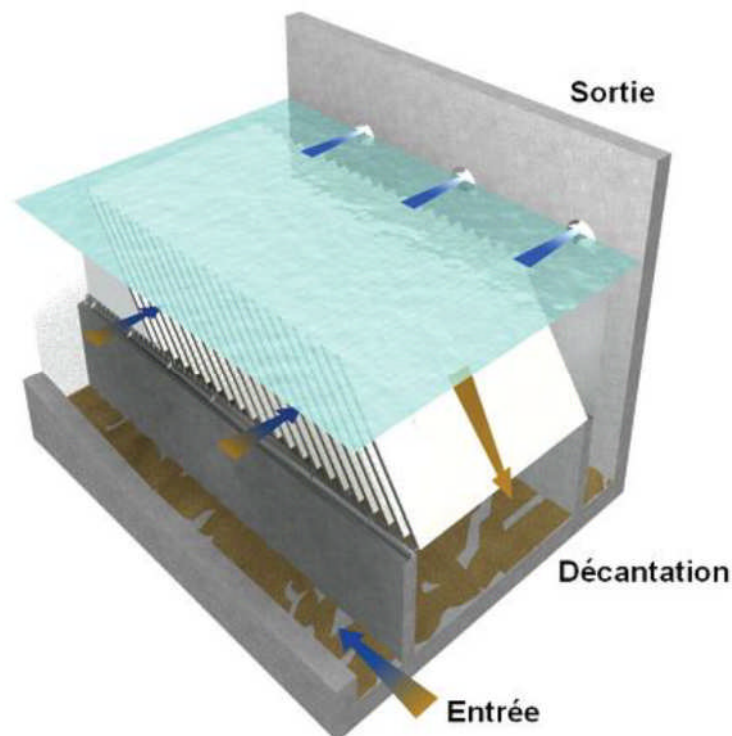


Figure 5. Décanteur lamellaire (Vazquez *et al.* 2010).

Ces décanteurs lamellaires sont adaptés au piégeage de particules fines, et sont donc efficaces sur la pollution pluviale chronique à condition d'être surveillés et entretenus plusieurs fois par an. Une de leur limite réside toutefois dans leur coût, de l'ordre de dix fois supérieur à celui d'un séparateur (Lutz, 2010).

V.3.2.1.3.Flottation

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide qui s'applique à de petites particules de faible masse volumique. Dans la technique de flottation, on agit indirectement sur la différence de densité entre les phases. On génère au sein du liquide des bulles d'air, qui au cours de leur ascension à travers la phase aqueuse, interagissent avec les particules en suspension. L'effet de séparation est obtenu par association d'une particule solide et d'une ou plusieurs bulles d'air qui forment un complexe bulle-particule ayant comme conséquence de diminuer la densité apparente de la particule solide et par conséquent de la faire flotter (Zodi, 2012).

V.3.2.1.4.Filtration

C'est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. En effet, il subsiste de très petites particules présentes à l'origine dans l'eau brute ou issues de la floculation. La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériau utilisé. L'espace inter-granulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre se colmate. Les pertes de charge augmentent fortement. Il faut alors déclencher le rétro-lavage. La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité (Hernandez, 2006).

V.4.1.4.1. Type de filtres sur sable

a) Filtre à sable rapide

La vitesse est de 4 à 25 m/h, c'est le type de filtre le plus utilisé dans le traitement des eaux. Le matériau filtrant est maintenu par gravité et l'écoulement de l'eau à lieu de haut en bas. Les principaux éléments d'un filtre rapide sont le fond du filtre, le gravier de support et le milieu filtrant. Les matériaux les plus utilisés sont le sable et l'antracite. Il en existe deux catégories :

- Les filtres ouverts ou filtres rapides gravitaires où la couche d'eau à filtrer est de 0,5 m ;

➤ Les filtres sous pression, ils fonctionnent selon les mêmes principes que les filtres à sable rapides, sauf que leurs couches de sable et de gravier, ainsi que leur réseau de drainage, sont situés dans des cylindres horizontaux ou verticaux.

b) Filtre à sable lent

Il possède une vitesse de 1 à 2 m/h, il doit être construit de telle sorte que l'eau traverse lentement une couche de sable fin et que les particules les plus grosses soient arrêtées près de la surface du sable. Ces particules forment une couche poreuse très fine, dont la surface totale de veinules ou de pores est très grande, ce qui facilite l'absorption des impuretés par cette couche ou par le sable sous-jacent. Cette couche poreuse est constituée de bactéries, d'algues et de protozoaires. La filtration lente combine donc les effets de processus physique et de processus biologique (Mekhalif, 2009).

V.3.2.2. Désinfection

Revêt une importance incontestable dans la salubrité d'un approvisionnement. La destruction des agents pathogènes microbiens est une opération capitale, qui fait très souvent appel à des réactifs chimiques tels que le chlore. Elle constitue une barrière efficace contre de nombreux agents pathogènes (en particulier des bactéries) lors du traitement de l'eau de boisson et doit être pratiquée sur les eaux de surface et les eaux souterraines susceptibles de contamination fécale. On emploie des concentrations résiduelles de désinfectant comme mesure de sauvegarde partielle contre les contaminations de faible ampleur et le développement bactérien dans les réseaux de distribution (OMS, 2004).

Le but de la désinfection est d'éliminer tous micro-organismes pathogènes présents dans l'eau et maintenir le Chlore résiduel dans les conduites afin d'empêcher le développement de maladies hydriques. Divers agents désinfectants peuvent être utilisés tels que le chlore et ses dérivées, l'ozone, les rayons ultra-violet. Mais le chlore est l'agent le plus utilisé comme désinfectant final, avant refoulement de l'eau dans le réseau ; il permet d'achever la désinfection de l'eau et du réseau contre les développements bactériens vu son effet rémanent (Lounnas, 2009).

a) Choix du désinfectant

Le choix est fonction de critères techniques (désinfection simple ou poussée) et économiques, et doit répondre aux conditions suivantes:

- Il doit détruire assez rapidement les germes indicateurs de pollution fécale, les germes pathogènes, les virus et les spores quel que soit leur nature et leur quantité ;
- Ajouté à l'eau dans des proportions exigées, il ne doit avoir aucun effet toxique ;

- Doit être peu onéreux, fiable et facile à manipuler;
- Sa concentration dans l'eau doit être déterminée très facilement et très rapidement avec le maximum de précision ;
- Doit être suffisamment stable dans l'eau afin de conserver dans le temps tout son effet persistant ;
- Ne doit pas se désagréger très rapidement, ni s'allier à certains composants de l'eau, ce qui risquerait en fin de compte d'engendrer des combinaisons dont l'effet protecteur est réduit ou nul (Desjardins, 1997).

b) Mode d'action des désinfectants

On a constaté que la résistance des organismes était principalement liée à la composition de la membrane cytoplasmique qui est à la fois un obstacle physique et chimique. Les Désinfectants, pour être efficaces, doivent donc être en mesure de s'attaquer à la membrane cytoplasmique ou au contenu de la cellule. Ces modes d'action sont basés sur les interactions moléculaires entre les désinfectants et les composantes cellulaires en présence. Il ne faut pas oublier que la membrane cytoplasmique possède une partie qui aime l'eau (polaire), dite hydrophile, et une partie composée de lipides, dite hydrophobe, (qui n'aime pas l'eau ou non polaire). Cette dernière nécessite l'utilisation de désinfectants qui attaquent les graisses (lipides). Il existe trois modes d'action possibles des désinfectants : destruction de la membrane cytoplasmique, réduction des échanges avec le milieu extérieur et destruction par oxydation du matériel cellulaire (Massicotte, 2009).

c) Différentes classes de désinfectants

Il existe différentes classifications des désinfectants. Le tableau 4 énumère les principales classes employées dans le réseau de la santé. Cette classification est essentiellement basée sur le principe actif dominant. Il peut aussi y avoir des combinaisons de ces atomes actifs. Par exemple, plusieurs substances peuvent contenir à la fois du chlore et de l'oxygène. Dans certains cas c'est l'oxygène qui domine, dans d'autres c'est le chlore (Massicotte, 2009).

Tableau 4. Classification des désinfectants en fonction de leurs principes actifs.

Halogénés à base de chlore
Aldéhydes*
Alcools
Oxydants
Phénols
Ammoniums quaternaires

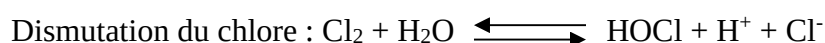
* **Les aldéhydes** : les produits contenant des aldéhydes sont à éviter en raison de leur toxicité

V.3.2.2.1. Désinfection par le chlore et dérivés

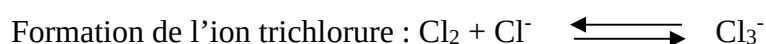
Désinfecter l'eau est une priorité pour la santé publique. Le chlore est l'un des rares composés pouvant être utilisé à cette fin et le seul dont l'effet est rémanent. Une petite quantité de chlore protège l'eau des contaminations de façon permanente, depuis la station de production d'eau potable, via le réseau de distribution et jusqu'au robinet. Le chlore, sous forme de chlore gazeux ou d'hypochlorite de sodium, est de loin le biocide le plus ancien et le plus utilisé. Les principaux éléments qui déterminent la bonne désinfection de l'eau sont la précision du dosage en réactif chimique biocide ainsi qu'un temps de contact suffisamment long (Houtmeyers, 2004).

a) Chlore gazeux

Le chlore gazeux (Cl_2) est un gaz jaune-vert soluble dans l'eau qui s'hydrolyse presque instantanément dans l'eau pour former l'acide hypochloreux (HOCl) selon l'équilibre :



La constante d'hydrolyse varie de manière significative avec la température. Le chlore peut former l'ion trichlorure (Cl_3^-) par réaction avec les ions chlorure selon l'équilibre :



L'acide hypochloreux est un acide faible en équilibre avec l'ion hypochlorite ClO^-



L'ensemble de ces espèces (Cl_2 , Cl_3^- , HOCl , ClO^-) est communément appelé chlore libre par opposition au chlore combiné, le chlore total est la somme du chlore libre et du chlore combiné. On peut néanmoins citer les formes minoritaires du libre tel que l'hémioxyde de

chlore (Cl_2O) formé à partir de l'acide hypochloreux, ainsi que les entités électrophiles Cl^+ et H_2ClO^+ , intermédiaires réactionnels dans les réactions d'halogénations. La figure 6 présente le diagramme de spéciation simplifié du chlore en milieu aqueux et résume les différentes réactions possibles dans l'eau pure (Cimetiere, 2009).

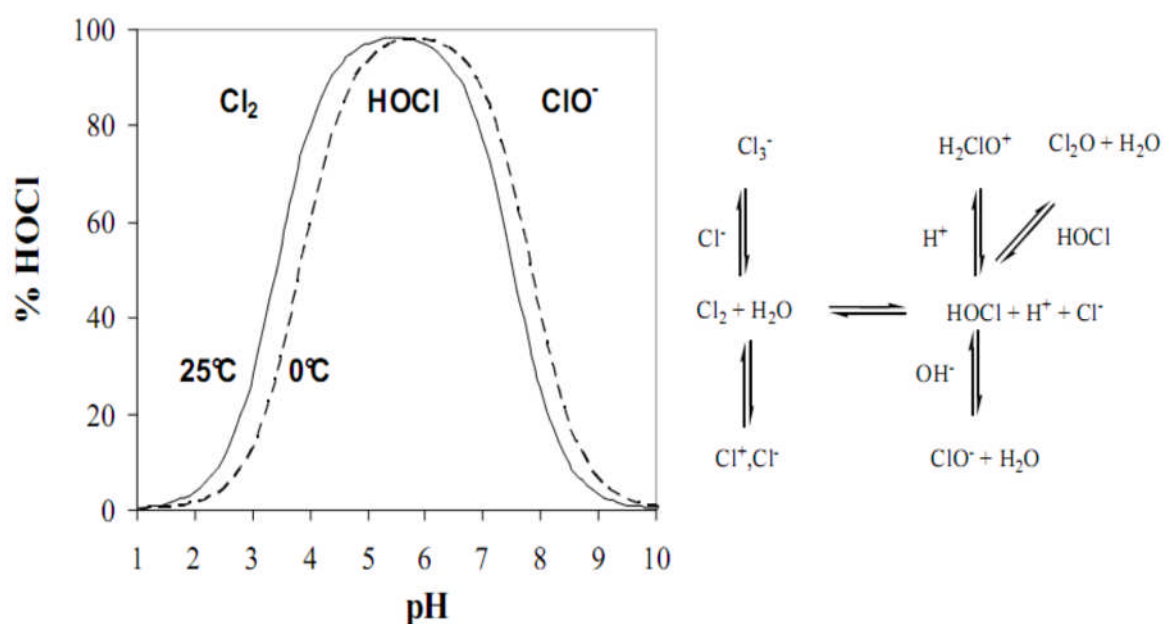


Figure 6. Les différentes formes du chlore dans l'eau pure (Cimetiere, 2009).

En pratique, pour définir les concentrations en chlore, on doit déterminer:

- ✓ le degré chlorométrique d'une solution d'hypochlorite qui correspond au nombre de litres de chlore gazeux libérés par un litre de solution d'hypochlorite. Un degré chlorométrique équivaut à 3,17 g/l de chlore libre.
- ✓ La concentration de l'hypochlorite qui peut être exprimée en chlore libre: un gramme d'hypochlorite de sodium (NaOCl) équivaut à 0,96 gramme de chlore libre (Cl_2).

Le chlore est un gaz toxique. Il se caractérise par une odeur piquante perceptible dès 1mg/m³

b) Hypochlorite de sodium (NaOCl)

L'hypochlorite de sodium de formule NaClO est un désinfectant pouvant se présenter sous forme liquide, il est appelé solution d'hypochlorite de sodium il est d'un léger reflet jaune vert sentant le chlore et parfaitement solubles dans l'eau. L'hypochlorite de sodium est à base de chlore et en a l'odeur caractéristique. Il s'agit d'un oxydant chloré. La solution d'hypochlorite de Sodium est un produit chimique très courant, que l'on trouve presque dans

tous les foyers. C'est un produit universel, l'un des désinfectants les plus actifs (Diakite, 2008).

✚ Elimination de l'azote ammoniacal

L'ammoniac consomme le chlore de la désinfection et favorise la prolifération bactérienne. Il donne lieu à l'apparition de mauvais goûts. Dans les eaux souterraines, la présence d'ammoniaque à des concentrations comprises entre 0 et 25 mg/l.

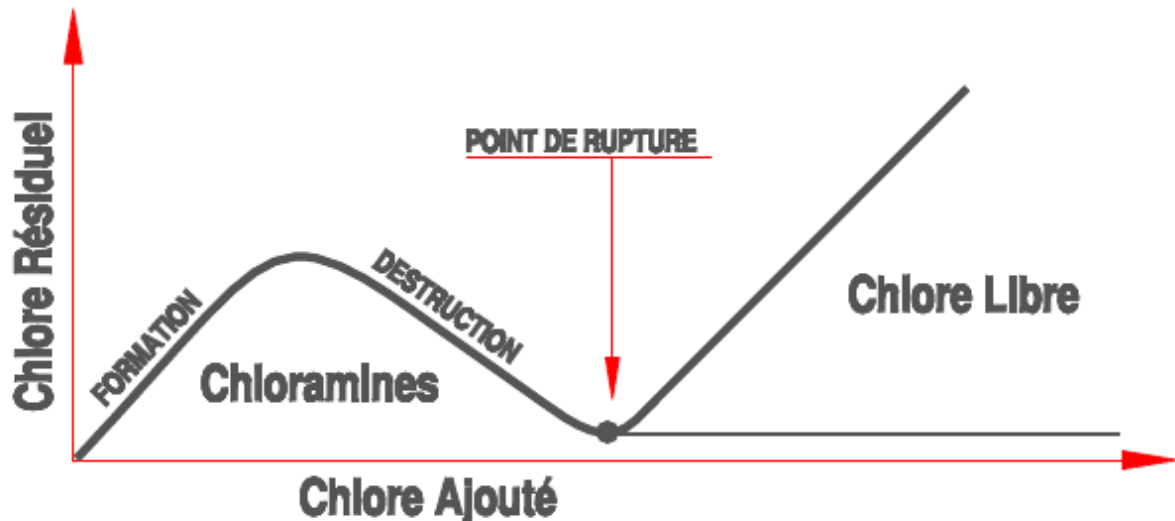
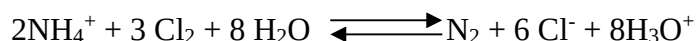


Figure 7. Courbe de break-point (Anonyme, 1998).

Phase I : Le chlore se combine à l'ammoniaque pour donner des chloramines, que l'on désigne sous le nom de « chlore combiné ». La courbe présente la teneur en chlore combiné.

Phase II : Un excès de chlore détruit les chloramines jusqu'au stade d'azote gazeux. A la fin de cette étape, il n'y a plus ni ammoniaque ni chlore combiné dans l'eau.

Phase III : tout le chlore introduit dans l'eau à partir de ce point est sous forme de chlore libre, donc désinfectant. Ce point minimum de la courbe est appelé point critique (ou break point). Il correspond à la dose de chlore suffisants pour éliminer l'ammoniaque et pour qu'apparaisse un résiduel de chlore la réaction globale mise en jeu est :



Le chlore reste un réactif de choix pour l'élimination de l'azote ammoniacal présent dans l'eau soit sous forme moléculaire NH_3 , soit sous forme ionique NH_4^+ . En solution aqueuse, le chlore libre (HClO et ClO^-) oxyde l'ammoniaque en azote gazeux par une suite de réactions qui conduisent.

 Interprétation de la courbe

L'expression internationale "break-point" a l'avantage d'être concise et imagée. C'est le "point bas" de la courbe obtenue en portant en ordonnées les teneurs résiduelles de chlore total et en abscisses les quantités de chlore ajouté, point à partir duquel apparaît une teneur résiduelle en "chlore libre".

Ce point est appelé en France « point de rupture ».

Cela se produit lors d'une chloration destinée à éliminer l'azote minéral et organique (matières organiques) d'une eau. Cette pollution azotée, lors d'une chloration à taux réduit, donc insuffisant, donne des Chloramines au goût désagréable et ne permet pas de maintenir dans les réseaux de distribution d'eau potable, un résiduel de chlore efficace.

La première partie de la courbe correspond à la formation de mono, di et trichloramines. Leur destruction par le chlore ajouté apporte un affaiblissement de la teneur en chlore total, d'où affaissement de la courbe jusqu'au point de rupture précité, à partir duquel tout chlore ajouté se transforme en chlore libre, disponible pour la désinfection. L'écart entre la droite des abscisses et le point de rupture correspond à la présence de trichloramines non réductibles par le chlore. Un excès témoigne d'une très mauvaise qualité de l'eau brute. Le point de rupture est donc d'autant plus bas que les impuretés de l'eau ont été oxydées par le chlore. Cette courbe montre qu'il faut bien ajouter du chlore pour faire baisser la teneur en Chloramines. Les trichloramines sont éliminables par aération de l'eau. Une autre solution est d'éviter leur formation en remplaçant le chlore par le bioxyde de chlore pour la désinfection de l'eau, dans la mesure où la quantité d'azote ammoniacal ne dépasse pas 0,5 mg/l (seuil maxi toléré en France). La chloration au breakpoint peut être automatiquement réglée par un calculateur "Micreau" de CIFEC en partant des informations données par un analyseur continu de chlore libre résiduel, sans interférences des Chloramines (analyseur BS 13 ou BS 23).

La définition du matériel nécessaire et l'estimation de sa valeur d'achat, nécessite une parfaite connaissance du contexte et des paramètres du traitement utilisé auparavant.

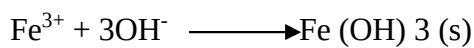
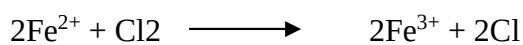
En effet, les réactions conduisant au break-point demandent pour l'atteindre entre 1 minute et 3 heures et plus selon le produit azoté à oxyder, sa concentration, le pH et la température du milieu. C'est cette connaissance qui détermine l'importance de la chambre de contact ou du décanteur à installer. S'il est calculé au plus juste, par économie d'investissement et de surface, il faut suivre attentivement chacun de ces paramètres. Calculer, construire et conduire une station de "break-point" est bien une affaire de spécialistes et nécessite une bonne formation et un bon pilotage technique des exploitants. Le résultat le mérite, car une eau sans

azote a des avantages sur tous les plans : hygiène du stockage, goût et saveur de l'eau pour le consommateur, stabilité du résiduel de chlore, etc.

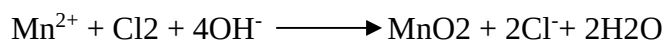
Le break-point consomme 8 à 10 fois en chlore, la quantité d'azote à détruire. Il est donc intéressant d'abaisser la teneur en azote avec des filtres biologiques et de terminer l'élimination avec le break-point. (Annonyme, 1998).

a) Action sur les autres composés inorganiques

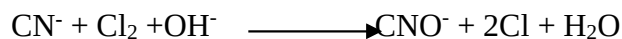
➤ **Précipitation du fer** : le fer présent sous forme d'ions ferreux, est transformé en ions ferrique rapidement hydrolysés en hydroxyde ferrique:



➤ **Précipitation du manganèse** : le manganèse précipite sous forme de dioxyde de manganèse suivant la réaction :



➤ **Oxydation des cyanures** : les cyanures sont oxydés par le chlore sous forme de cyanates :



➤ **Oxydation des nitrites** : l'oxydation des nitrites par le chlore implique l'acide hypochloreux



(Degremont, 2005 ; Duguet *et al*, 2006).

b) Action du chlore sur les matières organiques

Tableau 5. Réaction du chlore avec les composés organiques (Duguet *et al*, 2006).

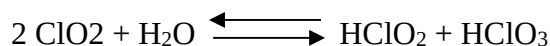
Composés organiques	Sous produits de chloration
Alcools	Aldéhydes, acides et cétones chlorés
Aldéhydes et cétones	Chlorocétones, Chloroforme, Chloroacides
Thiols	Disulfures
Sulfures	Sulfoxydes, sulfones
Amines	Chloramines
Aminoacides	Carbonyles, amines, nitriles
Composés aromatiques	Chloroaromatiques

Le tableau ci-dessous représente la réaction de chlore sur certains composés organiques:

La réaction du chlore sur les polluants organiques est relativement sélective. Sa réactivité porte sur des sites d'attaques privilégiées (réducteurs, insaturés et nucléophiles) et entraîne des modifications de structure avec formation de composés plus oxydés et/ou substitués (organochlorés). Il en résulte que la chloration des eaux en vue de la production d'eau de consommation peut produire des composés gênants du point de vue goût et odeur, toxiques et/ou potentiellement cancérigènes. Ces sous produits indésirables se forment surtout en présence de chlore libre, donc pour un taux de traitement supérieur au point critique (Degremont, 2005).

V.3.2.2.2. Désinfection par le dioxyde de chlore

Le dioxyde de chlore est un gaz orange de formule ClO_2 deux fois et demie plus dense que l'air. Il est toxique et devient explosif si sa concentration dépasse les 10%. Il est très soluble dans l'eau. La réaction de sa mise en solution dans l'eau s'écrit :



En milieu basique, ClO_2 se dismute en donnant un chlorite – ClO_2^- et un chlorate ClO_3^- :



Ces composés sont problématiques. Ils ont été reconnus comme potentiellement cancérogènes. Ils peuvent apparaître lors de la préparation du dioxyde de chlore en cas de mauvais dosage, mais également lors de l'utilisation de l'oxydant pour la désinfection par réaction sur les matières organiques (HERNANDEZ, 2006).

V.3.2.2.3. Désinfection par l'ozone

Depuis la découverte de son pouvoir oxydant germicide dans l'eau, l'ozone est souvent décrit comme solution alternative au chlore pour la désinfection de l'eau.

Le pouvoir oxydant puissant de l'ozone est dû à la grande réactivité de l'oxygène avec divers substances, dont les composés organiques. L'ozone agit principalement sur la guanine et la thymine des acides nucléiques. La mort des microorganismes est rapide et souvent attribuée aux changements de la perméabilité cellulaire suivis d'une lyse cellulaire.

L'ozonation ne nécessite aucun transport des produits chimiques et est plus sécuritaire pour le personnel de la station de traitement que la chloration. Les inconvénients de l'ozonation des eaux sont essentiellement d'ordre économique, le procédé entraîne des coûts élevés d'investissement d'exploitation. L'ozone est injecté sous forme de bulles d'air à la base de bassins ou circule l'eau. Au contact de l'ozone, les bactéries sont détruites et les virus deviennent inactifs (Milous, 2011).

V.3.2.2.4. Désinfection par irradiation UV

L'effet bactéricide des rayonnements UV est provoqué par le peroxyde d'hydrogène ou les radicaux d'oxygène produits par les réactions photochimiques pendant l'irradiation des substances présentes dans l'eau. L'avantage de l'irradiation UV est qu'elle n'entraîne pas la formation de sous-produits de désinfection ou de résidus. L'effet germicide optimum correspond au spectre d'UV allant de 245 à 285 nm. Cependant les rayons UV se dissipent rapidement dans l'eau pour être absorbés ou réfléchis par les substances qui s'y trouvent. Comme l'ozone, ils ne présentent pas d'effet rémanent, ce qui implique un emploi réservé à la désinfection d'eau dont le réseau est court et bien entretenu. Dans d'autre cas, il est nécessaire de compléter la désinfection par injection d'un désinfectant (chlore, dioxyde de chlore ou CHLORAMINES) ce qui réduit considérablement leurs avantages en tant que bons agents bactéricides (Gauthier, 2002).

Conclusion

L'exploitation des données bibliographiques actualisées nous a permis d'appréhender les différents critères de qualité de potabilisation, ainsi nous pouvons conclure que toute eau brute ne peut être utilisée directement pour produire de l'eau potable. Des catégories sont définies, pour s'assurer que la matière première de l'eau potable est de qualité suffisante.

Différentes étapes de traitement sont alors agencées en filières de potabilisation (prétraitement, clarification, désinfection).

Il s'avère nécessaire de s'intéresser également aux étapes de traitement en amont et en aval de la coagulation- floculation car celles-ci peuvent conditionner l'efficacité de la clarification et donc l'optimisation du traitement des eaux.

Chapitre II

Etude du milieu

I. Présentation de la zone d'étude

La forêt des Ait Ouabane est une forêt primaire où se trouve une cédraie et des espèces rares. Ce massif est classé comme réserve naturelle (PND, 2010). La flore et la géologie sont particulières dans la chaîne du Djurdjura avec la présence des formes d'endémisme (Véla et Benhouhou, 2007). Nous trouvons les calcaires, les schistes et les grès (Yakoub, 1996).

Cette forêt s'étend du col de Tizi n'Kouilal jusqu'à celui de Tirourda sur le flanc Nord du Djurdjura avec une altitude qui peut atteindre 1800m. Le climat est de type méditerranéen avec une saison sèche de plus de 3 mois. Les précipitations sont en moyenne de 1000 mm. Le climat est humide et frais. La topographie est très accidentée avec des traces d'érosion hydrique importante (Djema, 1985 ; Yakoub, 1986). Néanmoins, ce sous bassin versant est un écosystème fragile et menacé par les différentes actions anthropiques, parmi lesquelles le surpâturage et les incendies répétitifs. L'impact de cette anthropisation serait le facteur décisif sur la qualité des eaux superficielles qui arrivent dans la station de Oued El Djamaa. La protection de ce sous bassin versant est soumise à une meilleure compréhension des relations entre le substrat géologique, la topographie, le sol et la végétation sans oublier la sensibilisation des populations. La connaissance de ces relations est fondamentale afin de mieux protéger l'environnement et son impact sur la production d'une eau de qualité.

L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité des eaux naturelles en relation avec celle d'un écosystème fragilisé. La station de traitement des eaux de Souk El Djamaa est construite par la société française PUECH CHABAL, et mise en service en 1960. La chaîne de potabilisation comprend une série unitaire composée essentiellement d'une clarification par un ensemble de processus physico-chimiques.

Elle est située à 45 km au sud-est de la wilaya de Tizi Ouzou, à 15km de Ain El Hammam et à 2km de la commune de Yatafen. Elle traite les eaux de surface du bassin versant d'Ait Ouabane, alimenté par des sources karstiques et deux rivières ; celle d'Ait Ouabane et celle d'Ait Allaoua ces eaux prennent source de la fonte des neiges du massif du Djurdjura (Benali, 2015).



Figure 8. Vue générale de la station de traitement.

I.1. La situation géographique

Le terrain de la station de traitement occupe une partie de la berge de Oued EL Djamaa présentant une forte pente (fig.9).



Figure 9. Délimitation du bassin hydrographique de Souk El Djamaa.

I.3. Chaîne d'alimentation de la station

La station est conçue pour l'alimentation en eau potable de plusieurs communes de la région de la kabylie (fig.10).

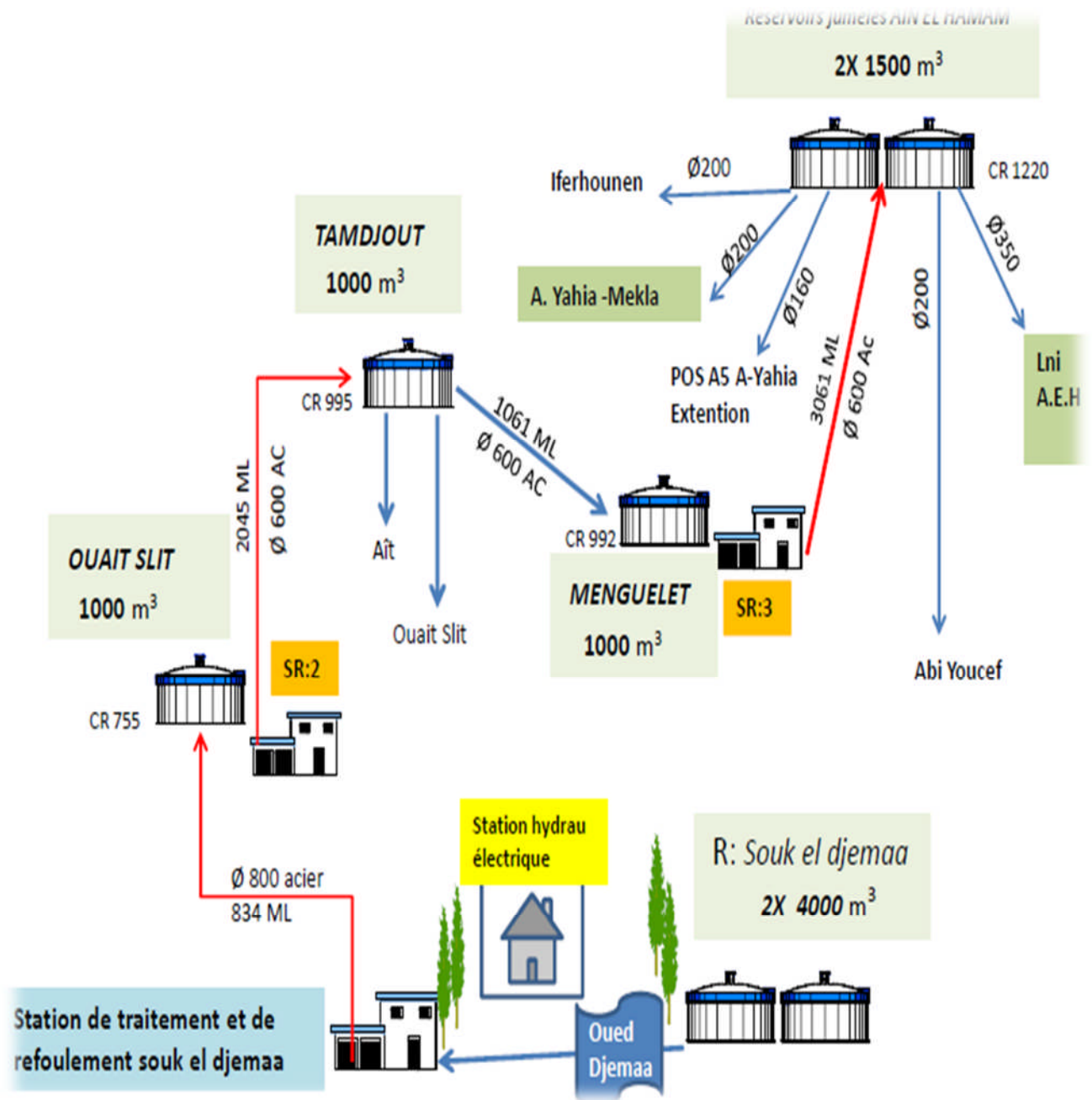


Figure 10. Chaîne d'AEP de la station Souk El Djemaa.

II. Description et fonctionnement de la station

Les eaux brutes arrivent à la station ne sont pas polluées car il n'existe aucune source de contamination à proximité des cours d'eaux. Elles peuvent être chargées en période de crue en matières en suspension et leur teneur peut atteindre 10g/l.

II.1. Les étapes de réception d'eau brutes

L'arrivée : L'eau brute passe par une sorte de régulateur de débit pour évacuer le surplus d'eau, ensuite rentre à l'intérieur de la station (fig.11)



Figure 11. L'arrivée d'eau (régulateur de débit).

Dégrillage grossier : Qui consiste à faire passer l'eau brute par des grilles pour une première filtration pour l'élimination de déchets les plus volumineux (fig.12).



Figure 12. Dégrilleur grossier.

Ouvrage de réception d'eau brute (Galeries) : dont le rôle est de l'évacuation et transfert des eaux à travers un canal donnant sur une galerie d'une capacité de 8000m^3 (divisé en deux galeries : 2000m^3 et 6000m^3 , ces compartiments sont sous terrain d'une longueur de 140m et de largeur de 31m (fig.13).



Figure 13. Galerie et ces vannes de vidange.

Station de refoulement d'eau brute (Exhaure) : La Station d'exhaure ou pompes de reprise d'eau brute, vers laquelle est acheminée l'eau stockée dans les galeries par une conduite de diamètre 1000, et équipé de (05) GEP de capacité de $800\text{m}^3/\text{h}$.



Figure 14. Salle d'exhaure.

II.2. Ouvrage de traitement

Le traitement consiste à suivre différentes étapes pour rendre l'eau le plus claire possible.

II.2.1. La pré-chloration

C'est l'injection de l'hypochlorite de sodium (eau de javel) pour éliminer les micro organisme pathogènes.

II.2.2. Coagulation floculation

L'élimination des matières en suspension se fait par injection des adjuvants chimiques comme (les sulfates d'aluminium, et les poly-électrolytes) dans les bassins de coagulation, floculation qui sont munis de deux agitateurs de 50 à 80 tr/min.

Les floculateurs ont une longueur de 5,88 m et une largeur de 8,72 m avec un temps de séjour de 15 min.



Figure 15. Bassin d'injection des réactifs de traitement.

II.2.3. La décantation

Les décompteurs permettant d'avoir une eau transparente au moyen des lamelles qui permettant de décompter les boues. La station est équipée de deux décompteurs lamellaires de volume de 400m^3 . Cependant les dimensions des décompteurs ont 20m de longueur et de 4.30 de largeur avec une profondeur de 4,60m

Le font incliné des décompteurs permet la vidange des boues au moyen de quatre vannes de vidange, ces derniers sont lavées par alternance après chaque période de crue.



Figure 16. Décompteur lamellaire.

II.2.4. La filtration

Passage des eaux au niveau des filtres à sables pour avoir une eau filtrée du chlore résiduel ($0,1\text{mg/l}$).

La station contient six filtres à sables (fig.6) chaque filtre est composé d'une couche de sables fin qui repose sur un fond filtrant, avec les démentions de 32m^2 de surface unitaire et une capacité totale de 800m^3 .

II.2.4.1. Lavage des filtres

Le lavage des filtres s'effectue lorsque le niveau d'eau dépasse 50cm au dessus du sable.

L'opération de lavage dure une demi-heure. Après isolation du filtre concerné puis fermeture de la vanne de sortie de l'eau filtrée, et on ouvre la vanne d'air de lavage afin de déclencher la pompe d'air de lavage puis d'eau de lavage.



Figure 17. Filtres à sables fins.

II.2.5. Post-chloration

Consiste à ajouter un traitement en chlore (hypochlorite de sodium NaClO) au canal des eaux filtrées pour avoir une eau traitée de chlore résiduel 0,6 mg/ ainsi que l'hexa méta – phosphate de sodium (NaPO_3)₆ qui permet de protéger les conduites eaux contre les corrosions.

Les eaux traitées sont acheminées vers deux châteaux d'eau de 4000m³ chacun est pompé par des groupes GEP vers Ain El Hammam.

Chapitre III

Matériels et méthodes

Ce chapitre est consacré à la présentation des différents réactifs utilisés, de l'appareillage et de la méthodologie expérimentale adoptée. Dans tout les cas, l'eau mise à la disposition du consommateur doit être traitée quelque soit son usage, l'eau arrivant au robinet doit être potable, cela en passant par différents procédées de traitement et analyses physico-chimiques.

Ainsi pour déterminer la qualité du traitement de la station de Souk El Djemaa on a été amené à faire une étude des performances de cette dernière.

I. Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement est l'opération qui consiste à prendre des volumes d'eau brute, eau clarifiée, eau filtrée et l'eau traitée trois fois par jours et faire passer des échantillons d'un volume déterminé dans différents matériaux comme le pH mètre, le conductimètre, turbidimètre la machine jar test, permettant d'évaluer plusieurs paramètres.

Notamment, y'a des analyses qui sont effectués qui consistent a prélever pendant chaque 1 heure, un volume déterminé d'eau traitée et filtrée pour faire un test chlore, et aussi pour connaitre la dose de sulfate d'aluminium et poly-électrolyte (coagulant , floculant) a utiliser on procède a un jar test 1 foie par jour on effectuant un prélèvement de 6 échantillons.

Afin d'obtenir des résultats fiables nous avons pris en considération un certain nombre de recommandation qui sont les suivantes :

- ✓ Rincer les préleveurs plusieurs fois avec de l'eau à prélever ;
- ✓ Rincer les flacons d'échantillonnages plusieurs foi avec de l'eau à prélever ;
- ✓ Essuyer la surface de la cuve et vérifier si elle n'a pas des bulles d'air avant de la mètre dans le turbidimètre ;
- ✓ L'étiquetage des flacons (eau brute, eau clarifié, eau filtré et eau traité).

I.1. Lieux de prélèvements

Il existe quatre points de prélèvement, il s'agit des eaux brutes (entré), eaux filtrées (a l'aval des filtres), eaux clarifiées (a l'aval des décanteurs) et eau traitée (sortie).

I.2. Les analyses effectuées

I.2.1. Analyses quotidiennes

- Détermination des paramètres physico-chimiques tel que le pH, la salinité, la turbidité, TDS, la Température, dose de coagulant flocculant ;
- Détermination de la présence ou absence de l'Ammonium dans l'eau brute ;
- Détermination du chlore résiduel dans l'eau traité et filtré.

I.2.1. Analyses mensuels

- Le degré chlorométrique.
- Analyse de la qualité de l'eau traitée : seuil du gout.

I.3. Les objectifs convoités par les analyses

- ✚ Estimation de l'efficacité du traitement ;
- ✚ Protection des réseaux d'AEP contre la corrosion ;
- ✚ Préservation de la santé publique.

I.4. Analyses des paramètres organoleptiques

I.4.1. Détermination de la turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau.

Pour déterminé la turbidité on prend 4 flacons d'eau, eau traitée, eau brute, eau filtrée, eau clarifiée. Prélever un échantillon dans une cuve de chaque flacon et la mettre dans le turbidimètre, puis cliquer sur le bouton enter pour obtenir les résultats en NTU (fig.18)

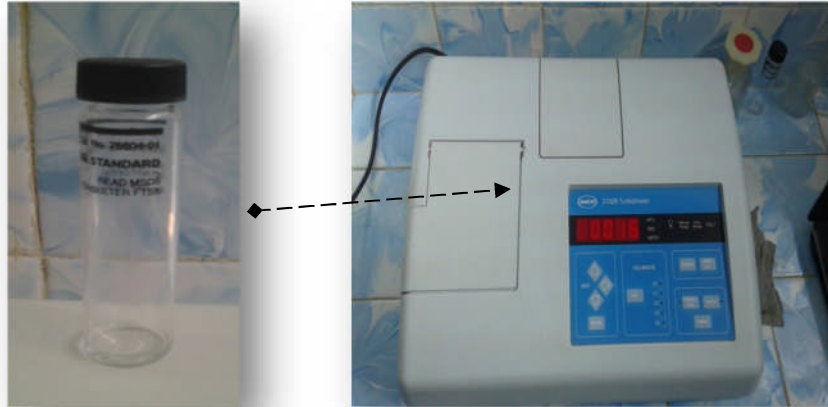


Figure 18. Cuve et turbidimètre.

I.4.2. Seuil du gout

Ce critère nous permet de déterminer la qualité et le gout de l'eau après traitement.

Le travail consiste à prendre 1 litre d'eau d'une bouteille de référence (Lalla khedidja) avec 1 litre d'eau traité de la station dans lequel on injecte une solution de 0.35g/l Thiosulfate ($S_2O_3^{2-}$) dans 100 ml d'eau pour éliminer le chlore résiduel.

Sachant que 2ml de cette solution de Thiosulfate élimine 1mg de chlore

$$\left. \begin{array}{lcl} 2\text{ml} & \longrightarrow & 1\text{mg} \\ X & \longrightarrow & 0.6\text{mg} \end{array} \right\} X = 2 \times 0.6 / 1 = 1.2 \text{ ml}$$

- injecter 1.2 ml de thiosulfate dans 1l d'eau traiter pour éliminer 0.6 mg de chlore
- laisser un temps de 5 min ;
- on fait un test chlore pour s'assurer de la disparition de tout le chlore résiduel ;
- on désigne 3 personne comme dégustant suivant des conditions qu'ils ne soient pas fumeurs, chiqueur ni avoir pris de boisson;
- le premier va déguster l'eau de référence pour garder le gout ;
- on prend le premier échantillon préparé selon le tableau du seuil de gout, il répète sa de l'échantillon 7 vers l'échantillon 0 selon le tableau 7
- on fait le calcul du seuil du gout suivant l'équation :

$$S = \sqrt[3]{N1 \times N2 \times N3}$$

S : seuil de gout total

N : seuil de gout de chaque personne selon le tableau de ce dernier.

I.5. Analyses des paramètres physico-chimiques

I.5.1. Mesure de la conductivité électrique, salinité, TDS, température et pH :

A l'aide d'un tube à réaction, prélever un échantillon de chaque flacon d'eau brute, eau clarifiée, eau filtrée, eau traitée et mettre les bras de conductimètre et de pH-mètre dans ce tube qui contient un volume d'eau à analyser. On clique sur les boutons de conductimètre pour faire la lecture, puis attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise dans le pH-mètre pour déterminer le pH.



Figure 19. Conductimètre et pH-mètre.

I.5.2. Test d'ammonium

Ce teste consiste à prendre 40 ml d'eau brute et de l'eau traitée dans des erlenmeyers, puis ajouter 4 ml de NH_4 coloré et non coloré dans chaque erlenmeyer, on fait une dilution pour chaque erlenmeyer avec de l'eau brute et de l'eau traitée jusqu' à 50 ml, laisser à l'abri de la lumière pendant 30 min. Si la couleur ne change pas (reste jaune) y'a absence d'ammonium, par contre si la couleur vert foncée apparait y'a présence d'ammonium.

I.5.3. Jar test

Ce test détermine la nature et la dose du coagulant et floculant à utiliser pour assurer la coagulation floculation et la clarification d'une eau ainsi que leur concentration.

- Prendre 6 litres d'eau brute les verser dans 6 béchers de 1 litre ;
- Injecter dans chaque bécher des doses croissantes de coagulants (sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) de 0,1 ml, 0,2ml, 0.3 ml, 0.4ml, 0.5ml, 0.6ml respectivement.
- On fait un calcul 1000ml d'eau brute dans 150000gde sulfate d'aluminium).
- Mettre dans la machine Jar test pour agitation à une vitesse de 150 tr/min pendant 3 min (fig.20)
- On injecte des doses de 0.1 ml de poly électrolyte (polymère ionique) dans chaque bécher on agite à une vitesse de 50 tr/min pendant 30 min ;
- On laisse décanter pendant 30min ;
- On procède à la filtration de chaque bécher en utilisant un papier filtre, puis
- On mesure la turbidité et le pH de l'eau filtré.

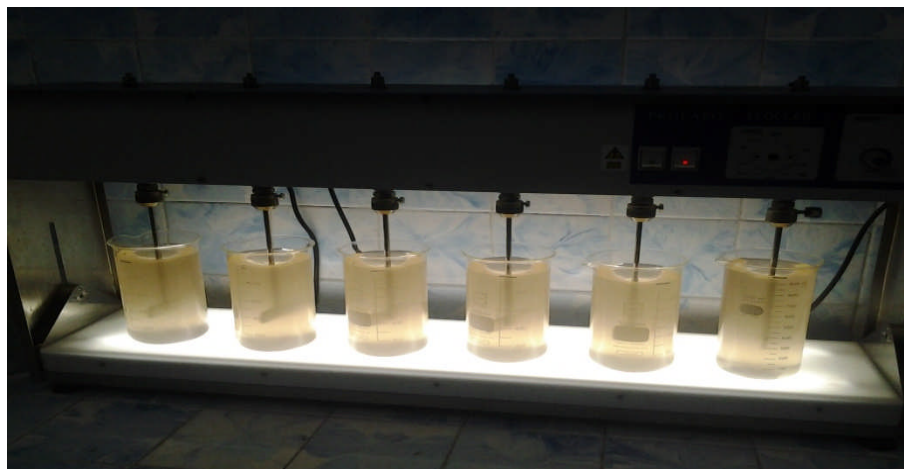


Figure 20. Procédure (Jar test).

I.5.4. La demande en chlore

Elle détermine la dose de chlore nécessaire à éliminer tous les micro-organismes présent dans l'eau. A l'aide d'une pipette graduée on injecte des doses croissantes de l'eau de javel de 0.1mg/l jusqu'à 1mg/l dans 10 flacons de 1litre d'eau (fig.21), Laisser ces flacons à l'abri de la lumière pendant 2heures, Agiter les solutions chaque 30 minutes, puis prélever des échantillons dans chaque flacon et les mettre dans des tubes à réactions.

On ajoute dans chaque tube un comprimé de DPD₄ (petit comprimé) pour déterminer le chlore total par la variation la couleur rose.

Les résultats sont mis dans une courbe de break- point.



Figure 21. Flacons d'eau et tubes à réactions.

I.5.5. Détermination du degré chlorométrique

Ce critère de classification d'une eau potable est déterminé en prenant 10ml d'eau de javel pure et mettre dans un bécher, puis diluer jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée. Prélever 10ml de cette solution aux quels on ajoute 2ml de l'empois d'amidon ($S_2O_3^{2-}$) et 3g de bicarbonates de sodium($NaHCO_3$). Agiter la solution et injecter le KI (indicateur coloré) jusqu'au changement de couleur. Calculer le degré chlorométrique suivant l'équation.

$$\text{Le degré chlorométrique} = V_{KI} \times 1.12$$

I.5.6. Test chlore :

Ce test consiste à déterminer le chlore résiduel de l'eau traitée. Prendre un échantillon d'eau traité dans un tube a réaction, mettre un comprimé de DPD₁ (Diéthyl-p-phénylénediamine ; réactif pour chlore libre) dans le tube puis, agiter la solution jusqu'à l'apparition d'une couleur rose qui est signe de présence de chlore. A l'aide d'un comparateur de chlore, comparer la couleur obtenu à celle du comparateur (fig.22).



Figure22.Comparateur de chlore.

Chapitre IV

Résultats et discussion

I. Etude des paramètres organoleptiques.

I.1. La turbidité

Les données de l'analyse de la turbidité varient dans le temps (Tab.6, Fig.23).

Tableau 6. Valeurs de la turbidité obtenus.

Date	Turbidité (NTU)			
	EB	EC	EF	ET
08/04/2016	12.16	4.12	2.7	2.69
09/04/2016	180.5	12.8	3.42	3.45
10/04/2016	18.3	5.3	3.52	3.52
11/04/2016	63.65	9.66	3.49	3.49
12/04/2016	10.9	4.25	2.46	2.63

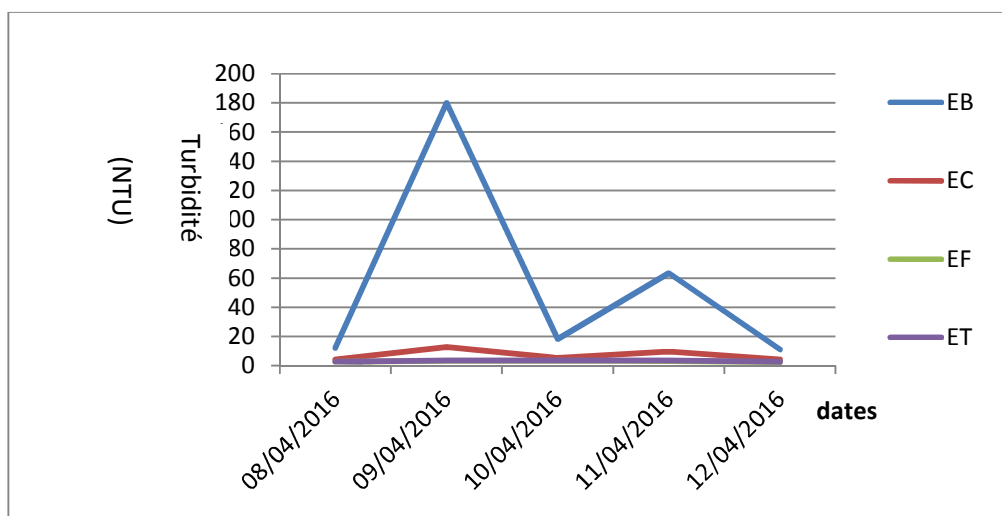


Figure 23. Variation de la turbidité en (NTU) en fonction du temps.

Les valeurs moyennes de la turbidité des eaux traitées sont conformes à la norme de l'OMS. Cependant une augmentation brusque de la turbidité des eaux brutes est observée. Cette variation qui est due à la période des crues. On remarque aussi la diminution de la turbidité au fur et à mesure, cela reflète l'efficacité de la chaîne du traitement.

Selon le journal algérien n° 18 23 de 2011 la norme fixée pour la turbidité est de 5 NTU, la turbidité de l'eau de Souk EL Djemaa répond donc à la norme.

I.2. Seuil de gout

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 7.

Tableau 7. Résultats de seuil du gout.

Personne	Changement de gout		
	Ilourmane	Megdoul	Ben Ahmed
07	-	-	-
06	-	-	-
05	-	-	-
04	-	+	-
03	+	+	+
02	+	+	+
01	+	+	+
0	+	+	+

Le seuil de gout = $3.55 < 4$

Une eau potable de bonne qualité doit avoir une saveur agréable, le traitement de l'eau par le chlore est à l'origine de la plus part des problèmes organoleptiques.

Notre eau a un bon gout selon les normes Algérienne de seuil de gout fixé à (04).

II. Etudes des paramètres physico-chimiques.

II.1. Conductivité électrique

Les données de l'analyse de la conductivité varient dans le temps (tab.8, fig.24)

Tableau 8. Valeurs de la conductivité électrique.

Date	Conductivité µs/cm		
	EB	EF	ET
08/04/2016	626	630	614
09/04/2016	702	766	768
10/04/2016	579	605.33	621
11/04/2016	590	600.66	615.33
12/04/2016	664.5	676	707

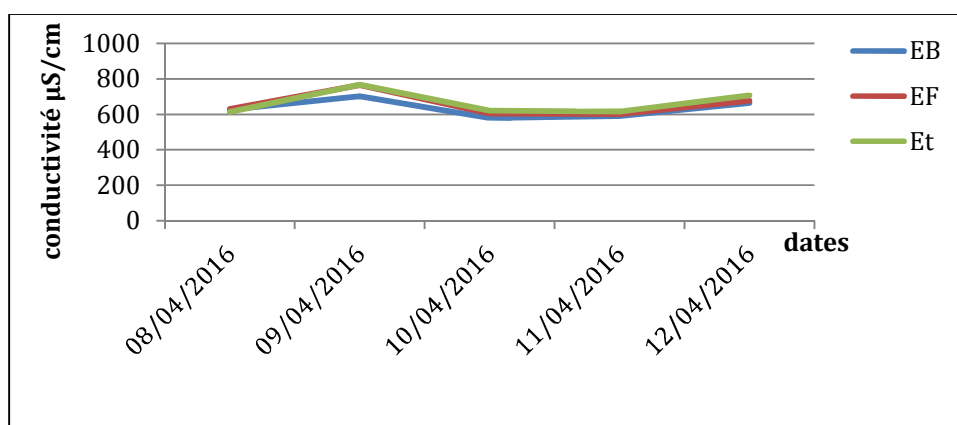


Figure 24. Variation temporelle de la conductivité électrique.

Les valeurs moyennes de la conductivité électrique sont respectivement de l'ordre de 632.5 $\mu\text{S/cm}$ et 665.06 $\mu\text{S/cm}$ pour les eaux brutes et traitées. Selon le Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire la norme fixée pour la conductivité est de 2800 $\mu\text{S/cm}$. La conductivité éclectique de l'eau de Souk El Djemaa répond à la norme.

II.2. Salinité

Les résultats de la salinité obtenu sont représentés dans le (tab. 9, fig25)

Tableau 9. Variation temporelle de la salinité.

Date	Salinité (mg/l)		
	EB	EF	ET
08/04/2016	0.27	0.26	0.26
09/04/2016	0.32	0.32	0.32
10/04/2016	0.28	0.28	0.27
11/04/2016	0.26	0.26	0.26
12/04/2016	0.28	0.29	0.3

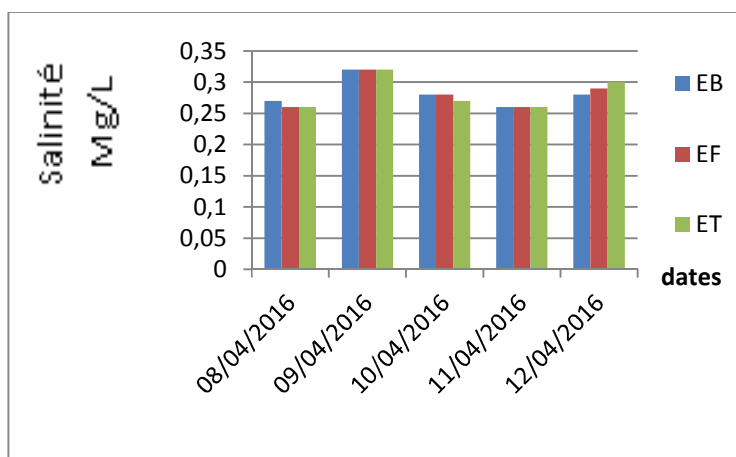


Figure 25. Variation de la salinité en fonction du temps.

Les valeurs moyennes de la salinité sont respectivement de l'ordre 0.28 mg/l et 0.47mg/l mg/l pour les eaux brutes et les eaux traitées.

La salinité des eaux de Souk EL Djemaa répond aux normes de L'OMS.

II.3. TDS

Les résultats de TDS obtenues sont représentés dans le (tab. 10, fig. 26)

Tableau 10. Résultats de TDS obtenus.

Date	TDS mg/l		
	EB	EF	ET
08/04/2016	311.66	317.66	306.33
09/04/2016	375.5	372	375.5
10/04/2016	290.66	287.66	310.33
11/04/2016	299.66	305.66	307.66
12/04/2016	346	347.5	354

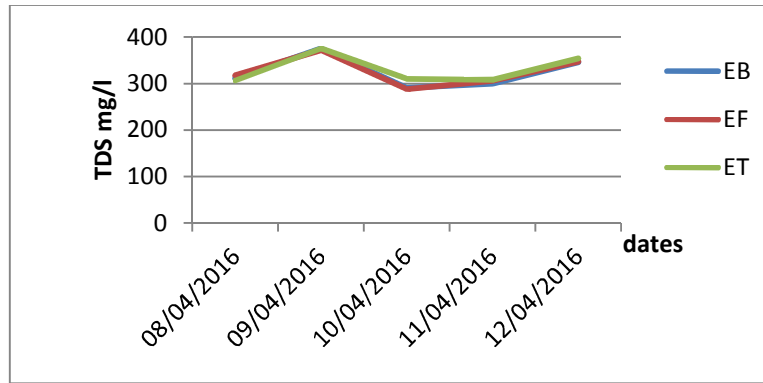


Figure 26. Variation du TDS en fonction du temps.

Les valeurs moyennes de TDS sont respectivement de l'ordre 324,69 mg/l et 330,76 mg/l pour les eaux brutes et les eaux traitées, les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable le TDS n'as pas de valeurs guide optimum en dessous de 1000 mg/l.

Le TDS des eaux de Souk EL Djamaa répond aux normes.

II.4. pH

Les résultats de PH obtenues sont représentés dans le (tab 11, fig.27)

Tableau 11. Résultats du PH obtenus.

Date	pH			
	EB	EC	EF	ET
08/04/2016	7.99	7.92	7.80	7.9
09/04/2016	7.62	7.58	7.5	7.51
10/04/2016	7.84	7.85	7.88	7.77
11/04/2016	7.84	7.81	7.8	7.82
12/04/2016	7.82	7.82	7.88	7.72

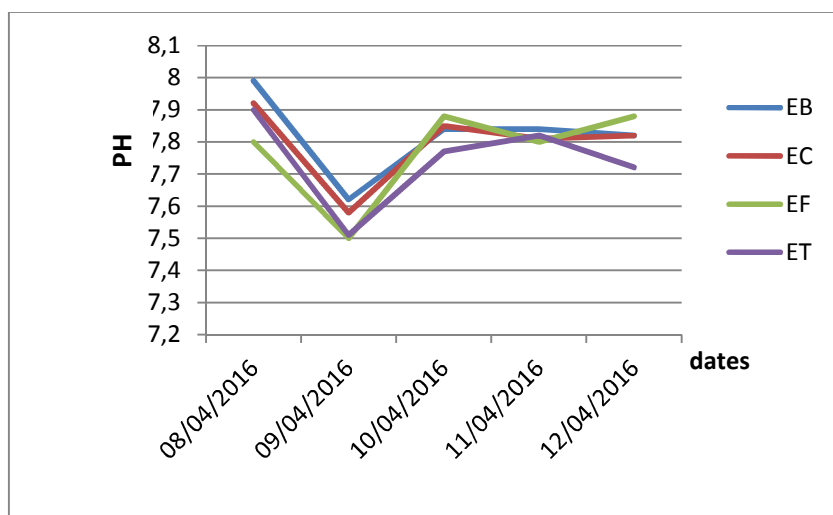


Figure 27. Variation du pH en fonction du temps.

Les valeurs moyennes de pH sont respectivement de l'ordre de 7.82 et 7.74 pour les eaux brutes et l'eau traitées, selon les normes de l'OMS utilisés en Algérie situées entre 6,5-9. Donc Les eaux Souk El Djemaa répondent à la norme.

II.5. La Température

Les résultats obtenus sont représentées dans le (tab.12, fig.28)

Tableau 12. Résultats des températures obtenues.

DATE	Température (°C)			
	EB	EC	EF	ET
08/04/2016	12.36	12.33	11.8	12.7
09/04/2016	11.65	11.3	11.25	12.75
10/04/2016	12.23	11.7	11.36	12.76
11/04/2016	14.56	14.33	14.2	15.26
12/04/2016	14.6	14	14	16.8

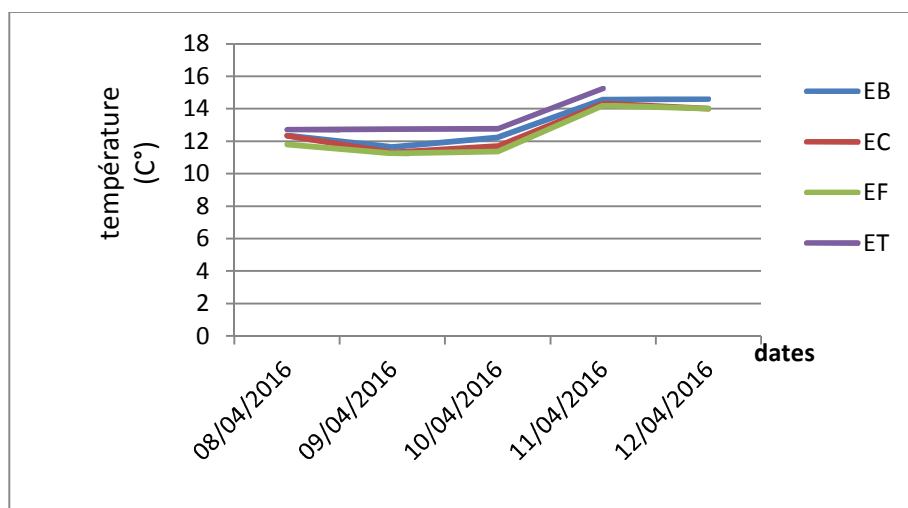


Figure 28. Variation de la Températures en fonction du temps pou.

Les températures moyennes sont respectivement de l'ordre 13.08°C et 14.07°C pour les eaux brutes et traitées, ces valeurs sont conformes aux normes de l'OMS (25°).

II.6. Test d'Ammonium :

L'absence du changement de couleur jaune vers la couleur verte nous révèle l'indemnité des eaux brute de l'ammonium.

L'eau de la station Souk EL Djemaa ne présente aucune pollution organique.

II.7. Jar test

Les Résultats obtenues sont représentés dans le (tab.13, fig.30).

Tableau 13. Résultats obtenus du Jar test.

Sulfate d'aluminium (mg)	15	30	45	60	75	90
PH	7.94	7.94	7.78	7.65	7.52	7.45
Turbidité (NTU)	12.5	6.81	3.15	1.66	1.12	0.27

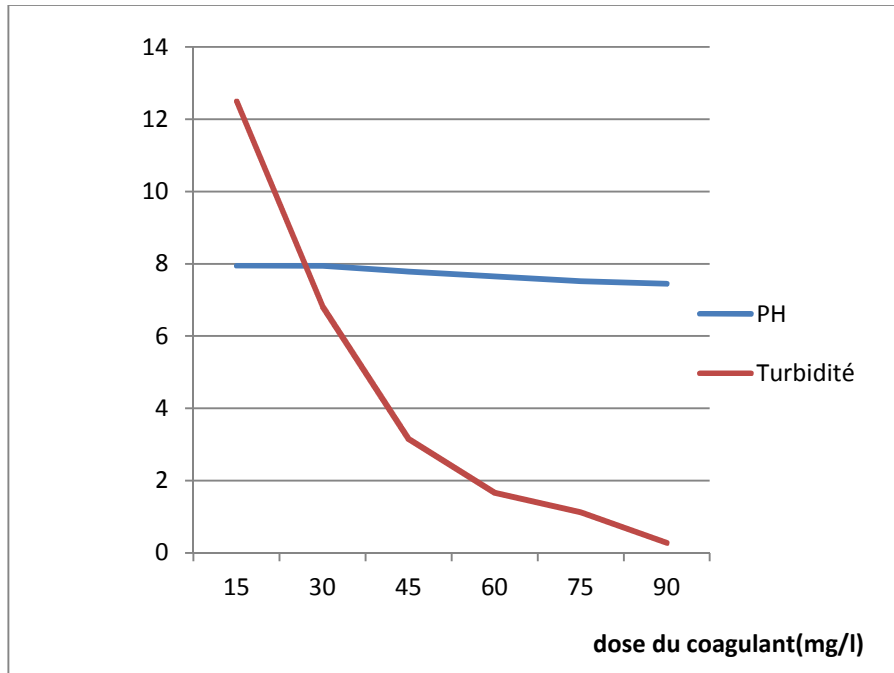


Figure 29. Variation de pH et la turbidité en fonction de la dose de sulfate d'aluminium.

La baisse de pH, s'explique par la nature des coagulants employés qui sont des sels d'acides fort ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), pour se placer au pH optimal. Une augmentation des doses de sulfate d'aluminium injecté dans les eaux brutes entraîne une diminution de la turbidité ce qui reflète l'efficacité de coagulant jusqu'à l'obtention d'une valeur conforme aux normes fixées par l'OMS.

II.8. Le degré chlorométrique

Les résultats obtenus sont les suivants :

On a trouvé le $V_{KI} = 41.7$

Selon l'équation $Cl^\circ = V_{KI} \times 1.12 = 47^\circ$ qu'on va utiliser dans la demande en chlore pour savoir la dose qu'il faut diluer pour déterminer le break point.

II.9. La demande en chlore

Les résultats obtenus sont illustré dans la fig.30.

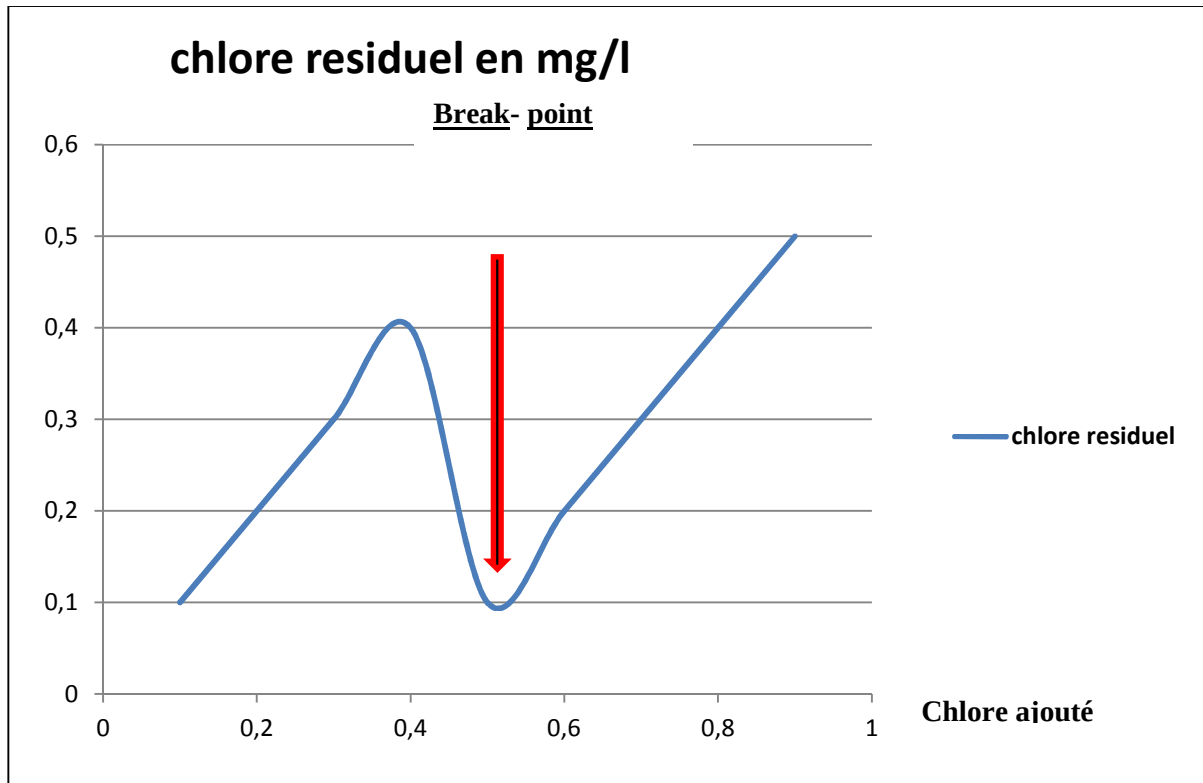


Figure 30. Variation du chlore résiduel en fonction du chlore ajouté.

On remarque l'augmentation du chlore totale jusqu'au 4eme flacon ou il commence a diminuer brusquement signe d'oxydation de la matière organique et des micro organisme présent dans l'eau jusqu'a sa disparition(break point), cependant tout le chlore ajouté a partir de se point est sous forme de chlore libre maintenu par la station a 0.6mg/l, qui par sa rémanence va prévenir une éventuel contamination microbienne ou de pollution dans les réseaux d'AEP.

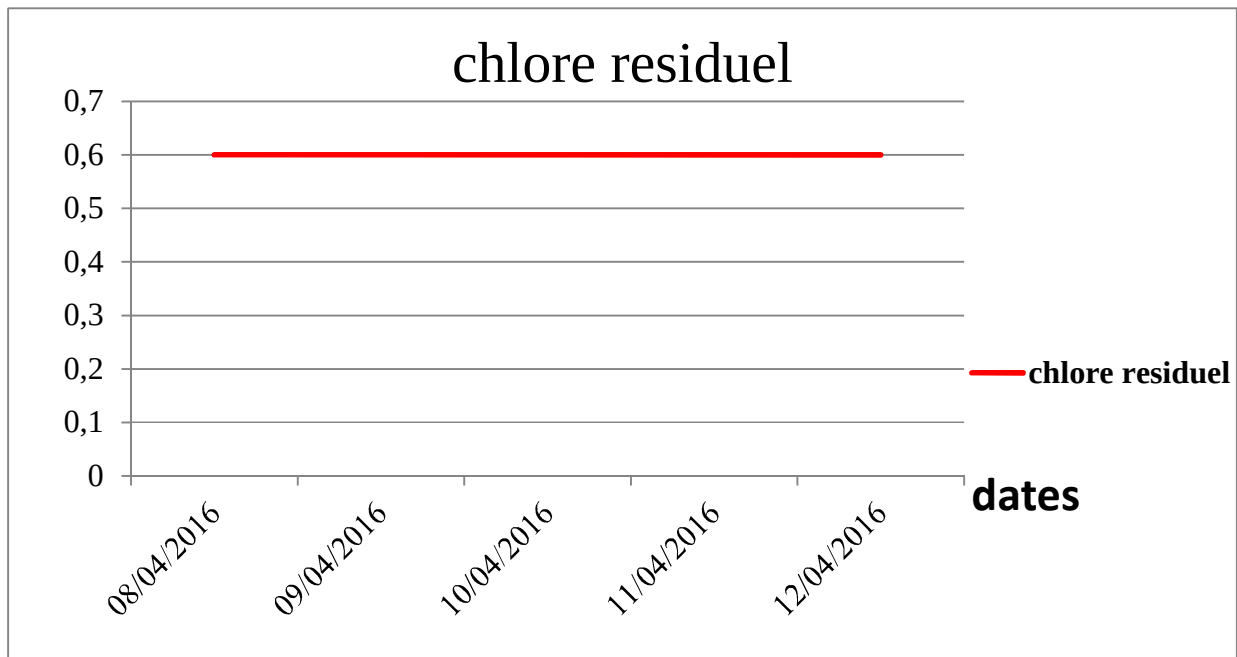
II.10. Le chlore résiduel

Figure 31. Variations temporelles du chlore résiduel

Les eaux traitées de la station de Souk EL Djamaa sont caractérisées par une bonne désinfection, de chlore résiduel admissible aux normes le L'OMS 0.6 mg/l qui permet de réduire la concentration des micro-organismes dans l'eau est apte à être consommée.

Conclusion

L'eau potable est une eau qui est apte à être consommée par l'être humain, cette dernière peut contenir des substances polluantes, c'est pourquoi, elle a besoin d'être protégée, traitée et économisée.

Notre étude a portée sur la contribution à la qualité de l'eau du sous bassin hydrographique de Souk EL Djamaa en caractérisant les différents paramètres organoleptique et physico-chimiques de l'eau brute et l'eau traitée a révélé que ces différentes concentrations correspondent aux normes fixées par L'OMS.

Le traitement des eaux est une discipline expérimentale par excellence qui exigera toujours, surtout dans un contexte environnemental évolutif, des données issues du terrain pour progresser dans la compréhension des processus tant quantitatifs que qualitatifs du cycle de l'eau. Ce travail devrait pouvoir apporter une contribution significative dans le domaine de protection des ressources hydriques au bénéfice de la recherche scientifique et des projets de mise en valeur des sous bassins versants afin de préserver la santé publique et déterminer un vaste programme de surveillance tant à l'échelle régionale et nationale.

L'étude de la qualité de l'eau du sous bassin hydrographique de Souk El Djamaa nous a permis de bien observer les différentes étapes de traitement de la station, avec un suivi régulier des analyses quotidiennes et mensuelles effectuées pour la caractérisation des paramètres physico-chimiques des eaux brutes et des eaux traitées. Une comparaison de ces résultats par rapport aux normes données par l'OMS et utilisées en Algérie nous permet de dire que les rendements sont satisfaisants pour l'élimination des matières en suspension en accord avec les normes de potabilité.

Les eaux traitées sont caractérisées par un pH correct et une absence de pollution organique. Les valeurs de TDS et la salinité sont respectivement satisfaisantes. Cependant, la conductivité électrique et la température cadrent largement avec les normes de potabilisation. A cela, s'ajoute le taux de chlore résiduel dans les eaux traitées (0.6 mg/l) qui répond à la norme fixée par l'OMS pour la réduction des concentrations en micro-organismes dans l'eau traitée qui puisse être distribuée aux populations.

Dans le contexte Algérien, où la demande d'information hydrologique est intimement liée aux impératifs de développement, les études menées sur des sous bassins versants ont essentiellement une finalité pratique. Elles doivent permettre, à partir de courtes périodes d'observation mettant en évidence les mécanismes de l'écoulement, de préciser certaines données ou d'améliorer certaines extrapolations. Les exemples sont nombreux et concernent des aménagements très divers:

- Protection des forêts contre les incendies et le surpâturage.
- Protéger et conserver les sols (bio-épurateurs) avec un meilleur usage en favorisant l'agroforesterie et l'agro écologie.

- Eliminer et interdiction des décharges sauvages et anarchiques de déchets ménagers et cadavres d'animaux.
- Gérer les eaux usées qui se déversent dans le réseau hydrographique, la centrale hydro-électrique et le complexe des eaux de Souk El Djamaa ; Entretien et suivi des fausses septique.
- Rénover et protéger les équipements de la centrale hydro-électrique et ceux du complexe des eaux de Souk El Djamaa.

ALAPHA, (2005).Qualité organoleptique de l'eau de de concentration produite et distribuer par L'EDMSA dans la ville de Bamako Doctorant en pharmacie, université de Bamako.

ANONYME 1. (2005). Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles", 2005. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général, 2015.

ANONYME 2. (2008). Institut national de sante publique, 2008). Rapport sur la surveillance de la qualité de l'eau potable en Algérie.

ANONYME 3. (2013). L'ammoniac dans l'eau potable. Document de consultation publique Établi par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable.

ANONYME 4. (2013). L'ammoniac dans l'eau potable. Document de consultation publique Établi par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable.

ANONYME 5. (1998). "Break-point" ou « Chloration au point de rupture » Notice 1578 – Janv. 98.

ASSAAD E. (2006). Etude du processus de coagulation-floculation du système montmorillonite-chitosane dans l'élimination de métaux de transition, mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en chimie. Université du Québec à Montréal

AIF, (1993). Recherche et quantification des paramètres caractéristique de l'équivalent habitant.

BALASKA A. (2005). traitement de l'eau usée de la laiterie edough – annaba par des procédés physicochimiques et biologiques. Thèse de magister en génie des procédés. UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA.

BEHLOUL S. (2009). Evaluation de la matiere organique dans l'eau du barrage de TIMGAD. Mémoire de magister En Chimie de l'Eau / Dessalement et Environnement. Faculté des sciences département de chimie. Université el hadj Lakhdar Batna.

BELGHITI M.L., CHAHLAOUI A., BENGLOUMI D., EL MOUSTAINE R. (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe.

plio-quaternaire dans la région de MEKNES (MAROC) larhyss journal, issn 1112-3680, n°14, juin 2013, pp. 21-364.

BELAHMADI M S A (2011). Etude de la biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le micro biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'ibn Ziad.

CIMETIERE N. (2009). Etude de la décomposition de la monochloramine en milieu aqueux et réactivité avec des composés phénoliques. Docteur de l'université de Poitiers spécialité : chimie et microbiologie de l'eau.

DAGOT Christophe & LAURENT Julien. (2014). Module d'enseignement ASTEP. Version 1.0.

DEGREMONT, (1978). Mémento technique de l'eau : 8ème édition .Edition Technique et documentation.

DESJARDINS R., (1997). Le traitement de l'eau. Edition de l'école polytechnique de Montréal.

DIAKITE SIAKA. (2008). Utilisation des solutions d'hypochlorite de sodium au CHU du point-G. Faculté de Médecine, de Pharmacie et D'Odontostomatologie. UNIVERSITE DE BAMA

Djemai M. (1985). Hydrologie du bassin versant du haut - sebaou. Hydrologie des formations alluviales . Thèse de 3^{ème} cycle université scientifique et médicale de Grenoble: 261 p .

DUGUET J-P, BERNAZEAU F, CLERET D, GAID A, LAPLANCHE A, MOLES J, MONTIEL A, RIOU G, SIMON P, (2006). Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement).

EDE4, (2013). Publication des actes de la 4ème édition du congrès international eaux, déchets et environnement

GAUTHIER F. (2002). Biofilms et qualité biologique de l'eau potable au cours de sa distribution. Qualité et Gestion de l'Eau. Réalisé à l'Université de Picardie – Amiens.

GHAZALI D.,Z A. (2013). Etude de la qualite physico-chimique et bacteriologique des eaux de la source ain SALAMA-JERRI (REGION DE MEKNES –MAROC). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp. 25-36 © 2013 Tous droits réservés.

HADDAD H., GHOUALEM H. (2014). Caractérisation physico-chimique des eaux du bassin hydrographique COTIER ALGEROIS. larhyss journal, issn 1112-3680, n°18, juin 2014, pp. 155-167.

HADDOU M. (2010). Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène et hétérogène : procédés Fenton, photo-Fenton et photocatalyse. Thèse de doctorat Toulouse, Délivré par l'Université Toulouse III - Paul Sabatier Discipline ou spécialité : chimie macromoléculaire et supramoléculaire.

HARRAT N. (2013). Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eaux de surface .thèse de doctorat. Université Mohamed Khider – Biskra. Faculté des Sciences et de la technologie; département : génie civil et hydraulique.

HERNANDEZ DE LEON HECTOR RICARDO. (2006). Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable. Thèse Préparée au Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes du CNRS En vue de l'obtention du titre de Docteur de l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse Spécialité Systèmes Automatiques.

HOUTMEYERS J. (2004). Livre blanc du chlore.

KAHOUL M., TOUHAMI M. (2014). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, Septembre 2014, pp. 129-138 © 2014 Tous droits réservés Larhyss/Journal n° 19, Septembre 2014 Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'annaba (algerie).

LACOURLY G. (1971). pollutions radioactives que faut-il en penser ? section de protection de l ' Environnement au commissariat à l 'énergie atomique association EURATOM – CEA Centre d ' Etudes nucléaires. Class. Oxford U 628 .55.

MASSICOTTE RICHARD. (2009). Désinfectants et désinfection en hygiène et salubrité: principes fondamentaux. Édition La Direction des communications du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec. Archives nationales du Québec, 2009 Bibliothèque et Archives Canada, 2009.

M^{eme} koudri NEE BELALA Z ,2006. Etudes de traitement de l'eau de barrages djorf el torba de la wilaya de bachar par filtration sur sables. Mémoire de magister. Université Hassiba Benbouali de chlef .facultés des science et des sciences de l'ingénieur, département de génie des procédés option : Eau et environnement.

MELGHIT M. (2013). Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Béni

Haroun. Thèse Magistère en Ecologie. Option: Gestion des déchets. Université Mentouri de Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département d'Ecologie et Biologie végétale.

METAHRI M.S, (2012) : Elimination de la pollution azoté et phosphaté des eaux usées traité par procédés mixtes (thèses de doctorat).

MEKHALIF F. (2009) : Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de Magister. Université du 20 Août 1955 SKIKDA. Faculté des Sciences Département des Sciences Fondamentales.

MEZIANI KARIM. (2013). Microtamisage de l'effluent d'un bioréacteur à lit mobile (mbbr). Diplôme de maîtrise ès sciences appliquées. Département des génies civil, géologique et des mines école polytechnique de Montréal.

MILOUS H. (2011). Modélisation par la méthode numérique de la dynamique des fluides du procédé de désinfection des eaux par les rayonnements ultraviolets (UV). Thèse de magistère en chimie. Option chimie analytique et physique. Université Mentouri Constantine.

MYRAND D. (2007). guide technique captage d'eau souterraine pour des résidences isolées mise à jour janvier 2008. Développement durable environnement et parc.

Nicolas lutz. (2010). études de technique alternative de gestion des eaux pluviales et usées en aménagement. Mémoire de projet de fin d'études. Spécialité Génie Civil, Option Aménagement du Territoire

OMS. (2004). fiches techniques eau, hygiène, et assainissement en situation d'urgence. Mesurer les niveaux de chlore dans les systèmes d'approvisionnement en eau

ONEP., (2010). Cahier des clauses techniques générales relatives aux marchés de travaux d'eau potable. Tome 6 : Traitement, Version 3 (Octobre 2010).

(PND, 2010). Parc national du DJURDJURA

RODIER.j ,(2005): l'analyse de l'eau 8^{ème} édition.

SAMAKE H. (2002) : analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de BAMAKO durant la période 2000 et 2001. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'odonto – stomatologie.

SARI H. (2014). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source. Mémoire de Magister option sciences des aliments. Université Abou Baker Belkaid Tlemcen.

VALENTIN NICOLAS. (2000). Construction d'un capteur logiciel pour le contrôle automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable.

VAZQUEZ JOSE; MORIN ANTOINE; DUFRESNE MATTHIEU, WERTEL hydrodynamique 3D A CFD approach for shape optimization of lamellar settlers. NOVATECH.

VELA E. & BENHOUHOU S., 2007. Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord). C.R.Biol., 330, 589- 605.

Yakoub B, (1996). Le problème de l'eau en Grande Kabylie. Le Bassin Versant du Sebaou et de la Wilaya de Tizi-Ouzou. Ed. U.M.M.T.O., 210 p

ZODI S. (2012). Étude de l'épuration d'effluents de composition complexe par électrocoagulation et des couplages intervenants entre le traitement électrochimique et l'étape de séparation : application à l'industrie textile et papetière. DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE LORRAINE Spécialité : Génie des Procédés et des Produits.

.

.