

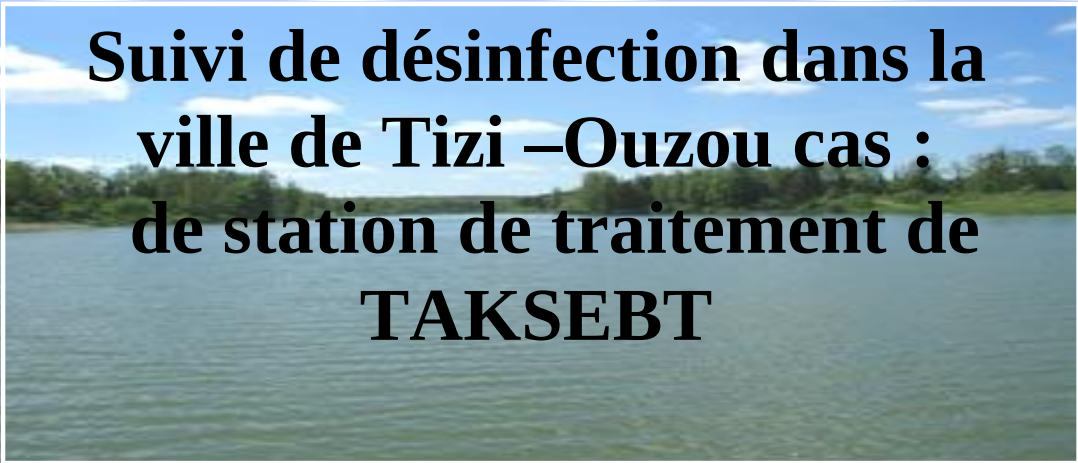


MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Spécialité Traitement et valorisation des ressources hydriques

Thème



**Suivi de désinfection dans la
ville de Tizi –Ouzou cas :
de station de traitement de
TAKSEBT**

Réalisé par:

M^{me} **Mous Lydia**

M^r **Amenouche Mohand**

Présenté devant le jury:

Président :	M ^{me} NAIT KACI. M	M.C.A	UMMTO
Promoteur:	M ^r METAHRI. M.S	M.C.A	UMMTO
Examinatrice :	M ^{me} BERROUANE. N	chargé de cours	UMMTO

On remercie tout d'abord Dieu, le tout puissant pour la volonté et le courage qu'il nous a donné pour mener à terme ce travail.

*Nos profonds remerciements s'adressent particulièrement à notre promoteur Mr **METAHRLMS** pour son aide et ses conseils, et à notre Co-promotrice **M^{ME} BERROUANE. N** de nous avoir prodiguée tout au long de notre travail et notre cursus, sans oublier **M^{ME} BACHATENE**. Nous tenons à remercier de nous avoir fait l'honneur de présider le jury **M^{ME} NAITKAC MALIKA***

*On remercie également l'ensemble de personnel au laboratoire SEAAL (**M^{ME} CHIKHI. A**, **M^R HADDADI.N**, **M^{ME} KHEIALI. M**) de nous avoir aidée et guidée tout au long de notre stage pratique*

LYDIA ET MOHAND



Dédicace

Avant tout, je tiens à remercier le DIEU le tout puissant qui ma donné la santé, la volonté, la patience et ma guidé à réaliser ce travail malgré tout les obstacles.

Je dédie ce modeste travail :

Aux deux être les plus chers au monde, mon père Ahmed et ma mère Ouzna, source intarissable d'amour, de tendresse et de sacrifice, que dieu les protège et les entourent de sa bénédiction sans oublier ma grand mère.

A ma chère sœur : Assia ;

A mes chers frères : Yacine, Samir, Aziz, Nassim;

A mon mari « Kamel », mon trésor et ma moitié ;

Ames beaux, pères, Lhaj Hachimi et Lhaja Djéjigua ;

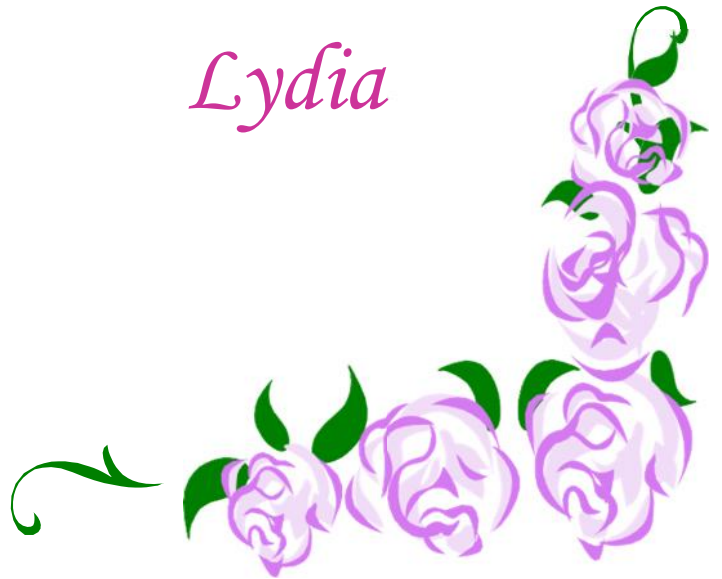
A ma belle sœur Nadia et ces enfants Tiziri Didoucha et nany ;

A toutes mes amies : Kika, Bina, Nadouche, Dalila, Nassima ;

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment ? et toute la section TVRH 2017 ;

A mon binôme : Monad ;

Lydia



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

- ✧ *A ma très chère maman qui a consacrée tout son temps pour notre bien.*
- ✧ *A mon très cher papa à qui je dois tous et je ne rendrais assez jamais. et leur soutien tout au long de mes études, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui et j'espère qu'un jour je serai capable de leur donner au moins le minimum car quoiqu'on face on arrivera jamais à leurs rendre tout.*
- ✧ *A mes très chers frères et chères sœurs qui m'ont aidé énormément, je souhaite le succès dans leur vie.*
- ✧ *A mes chers amis (es).*
- ✧ *A toute la section TVRH (2017)*
- ✧ *En fin à tous (e) qui me connaisse de prés et de loin et à tout (e) qui sont chers a moi.*

Mohand

Listes des abréviations

µg/l :	microgramme par litre
µl :	microlitre
µm :	micromètre nm : nanomètre
ADE :	Algérienne des eaux.
ADN :	Acide désoxyribonucléique.
AEP :	Alimentation en Eau Potable.
ANBT:	Agence Nationale des Barrages et de Transfert.
ASR:	Anaérobie sulfito-réducteurs.
CAG :	Charbon actif en grain.
CAP :	Charbon actif en poudre.
D/C :	double concentration.
DBK :	Draa Ben Kheda.
DBO:	Demande biologique en oxygène.
DCO:	Demande chimique en oxygène.
DDT :	Dichlorodiphényltrichloroéthane.
E. coli :	Escherichia coli
EB :	Eau brute
EDTA :	Éthylène Diamine-Tétra Acétique.
ET :	Eau traité
ETHR :	Entreprise des Travaux Hydrauliques de Rouiba.
EVA :	Ethyle Violet Azide de sodium.
H₂S:	Acide sulfurique.
ISO:	International Standards Organization.
LDC :	Lysine décarboxylase.
M³/j :	mètre cube par jour
MES :	Matières en suspension.
MTH :	Maladies à transmission hydrique.
NPP:	Nombre le plus probable.
NTU :	Néphélométrique.
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé.

ONPG :	Orthonitrophénolgalacto-pyranoside.
ONU :	l'organisation des nations unis
PE :	Poly électrolyte
pH :	Potentiel d'hydrogène.
Ptmb :	Pression transmembranaire.
PZ :	Potentiel Zêta.
q.s.p:	quantité supplémentaire pour.
S/C:	Simple concentration.
SA :	Sulfate d'alumine
SEAAL:	Société des eaux et de l'assainissement d'Alger.
SPD :	Sous-produits de désinfection
SPD:	Sous produits de désinfection
TA :	Titre Alcalimétrique.
TAC :	Titre Alcalimétrique Complet.
TDS:	Solides totaux dissous.
TH :	Titre Hydrotimétrique.
THM :	Trihalométhanes.
UFC :	Unité formant colonies
UNESCO:	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
UV:	Ultra violet
UVC :	Ultraviolet (200nm – 280nm).
Ψ_0 :	Potentiel de surface.

Introduction générale

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités, qualité des potabilités et procédés de traitement des eaux de surface

A. Généralités sur les eaux

Introduction.....	1
1. Ressource en eau en Algérie	2
2. Les ressources eaux	2
2.1. Ressources en eau	3
2.1.1. Eaux superficielles	3
a. Eaux de rivières.....	3
b. Réservoirs d'eaux superficielles	3
Etangs et lacs	3
Barrage et réservoirs	3
2.1.2. Eaux souterraines	4
a. Nappes.....	4
Nappes libres.....	4
Nappes captives	4
b. Puits	4
c. Sources	4
2.2. Réservoirs en eau non conventionnelles	5
a. Eau usées	5
b. Eau de mer.....	5
3. Pollution des eaux naturelles.....	5
3.1. Différentes types de polluants	5
a. Polluants physiques	5
b. Polluants chimiques.....	6
c. Polluants organiques.....	6
d. Polluants biologiques	7
Conclusion.....	7
B. Qualité des eaux potables	
Introduction	7
1. Normes de potabilité	7

2. Critères de potabilités.....	8
Qualité Microbiologique	8
Qualité chimique	8
Qualité physique et gustative	8
3. Paramètres globaux de la qualité de l'eau.....	8
3.1. Paramètres organoleptiques.....	8
a. Couleur	8
b. Gout	8
c. Odeur	8
d. Turbidité	9
3.2. Paramètres physico-chimiques.....	9
a. Température.....	9
b. Conductivité	9
c. Potentiel d'hydrogène.....	9
d. Matière en suspension	9
e. Minéralisation globale	9
La dureté.....	10
L'alcalinité	10
Sodium	10
Potassium	10
3.3. Paramètre indésirable	10
a. Fer	10
b. Aluminium	10
c. Cuivre	11
d. Manganèse	11
e. Zinc	11
3.4. Paramètre de toxicité.....	11
a. Arseni.....	11
b. Cadmium	11
c. Mercure.....	11
d. Plomb.....	11
3.5. Paramètres de pollution organique	12
a. Demande biochimiques oxygènes	12
b. La demande chimique en oxygène	12

c. L'oxydabilité permanganate de potassium	12
d. Phosphates	12
e. Nitrite.....	12
f. Nitrate	12
3.6. Paramètre bactériologique	13
4. Analyse bactériologique.....	13
a. Coliformes	13
b. totauxColiformes fécaux.....	13
c. Streptocoques fécaux	13
d. Clostridium sporulés.....	14
e. Microorganismes revivifiabiles	14
Conclusion	14
Procédés de traitement d'une eau de surface	
Introduction	15
1. Qualité requise des eaux superficielles destinées a la potabilisation	15
2. Importance du traitement	16
3. Procédés de traitement de potabilisation.....	16
3.1. Prétraitement de clarification	17
3.1.1. Séparation mécanique préalable.....	18
a. Emplacement et aménagement	18
b. Dégrossissage.....	18
c. Dégrillage	18
d. Macro tamisage	19
e. Dessablage.....	19
f. Débourbage.....	19
g. Micro tamisage.....	20
e. Dégraissage déshuilage	20
f. Aération	20
g. Pré chloration	20
2.1.2. Traitement de clarification (traitement physicochimique)	21
a. Coagulation	21
b. Flocculation	21
c. Décantation	21
d. Flottation	22

e. Filtration	22
f. Désinfection.....	23
Conclusion.....	23
Chapitre II : Désinfection	
Introduction	24
1. Choix de désinfectant	24
2. Mode d'action de désinfectants	25
3. Effet bactérienne et effet rémanent	25
a. Effet germicide	25
b. Effet rémanent	25
4. Procédées de désinfection	26
1. Ozonation.....	26
2. Désinfection par le permanganate de potassium.....	27
3. Désinfection par les ultraviolets	27
4. Désinfection par chlore	28
4.1. Demande en chlore actif.....	30
4.2. Propriétés de chlore et ses dérivés.....	31
a. Chlore gazeux (Cl ₂)	31
b. Dioxyde de chlore (ClO ₂).....	31
c. Hypochlorite de sodium (NaOCl)	32
4.3. Chloration au break-point	32
4.4. Principe de fonctionnement des produits chlores.....	33
4.5. Action du chlore sur les micro-organismes.....	34
4.6. Dose de chlore nécessaire pour d'une bonne désinfection.....	35
4.7. Réactions des produits chlorés dans l'eau	36
4.8. Effet et conséquence du chlore	37
4.9. Trihalométhanes (THM)	38
4.10 Maladies à transmission hydrique	39
4.11. Stockage du chlore	39
5. Comparaison de différents procédés de désinfection.....	39
Conclusion.....	40

Chapitre III : Matériels et méthodes

Introduction	41
1. Présentation de la station TAKSEBT	42
1.1. Description et fonctionnement de la station.....	43
1.2. Présentation de la station de traitement Taksebt	43
1.3. Capacité de la station.....	43
1.4. Qualité de l'eau à l'entrée de la station	44
1.5. Chaine de traitement.....	44
1.6. Présentation des procédés de traitement	44
1.7. Qualité de d'eau a la sortie de la station.....	56
2. Analyse et interprétation	56
2.1. Objectif	56
2.2. Echantillonnage	57
2.3. Matériels et produits	58
2.4. Méthode expérimentales et analytiques.....	59
1. Mesure de la demande en chlore	59
Interprétation	60
2. Dosage du chlore libre.....	60
3. Mode opératoire du dosage du chlore	61
Chapitre IV : Résultat et discussion	
1. Interprétation des résultats	62
a. Analyses physico-chimiques	6
Température	62
pH.....	62
Turbidité.....	62
b. Chlore Eau traitée.....	63
Température	63
PH Turbidité.....	63
Chlore.....	63
2. Suivie du chlore dans les différents ouvrages de traitement	63
Conclusion générale	71
Perspectives	
Annexes	
Références bibliographiques	

Sommaire

Figure 01 : chaine de traitement	15
Figure 02 : Schéma synoptique de la filière de traitement	15
Figure 03 : Dé grilleur	17
Figure 04 : Dessableur	17
Figure 05 : Débourbeur	18
Figure 06 : Décanteur	20
Figure 07 : Filtres à sable	21
Figure 08 : Concentrations relatives en acide hypochloreux	26
Figure 09 : différentes formes du chlore	27
Figure 10 : Break point	29
Figure 11 : Désinfection par chloration	30
Figure 12 : Localisation du Barrage de TAKSEBT	37
Figure 13 : barrage de TAKSEBT	38
Figure 14 : Localisation de la station de traitement Taksebt.	37
Figure 15 :	41
Figure 16 :	43
Figure 17 :	44
Figure 18 : Schéma Générale de l’usine de traitement d’eau potable	45
Figure 19 : Les robinets des prélèvements.....	47
Figure 20 : Appareil de jar-test.....	62
Figure 21 : Appareil de turbidimètre.....	Annexe
Figure 22 : Appareil de PH mètre.....	Annexe
Figure 23 : Rampe de filtration.....	93
Figures 24 : Etuve.....	94
Figure 25 : mesure de l’UV par le spectrophotomètre	95
Figure 26 : Réactifs pour l’aluminium.	95

Figure 28 : Variation de la turbidité de l'eau brute et de l'eau traitée Boudouaou.	97
Figure 29 : Evaluation du seuil du gout de l'eau traitée Taksebt.....	98
Figure 30 : Evaluation du seuil du gout de l'eau traitée Boudouaou	98
Figure 31: Variation de bactéries « coliformes totaux » en variation du temps Taksebt.....	99
Figure 32: Variation de bactéries « coliforme fécaux » en variation du temps Taksebt.....	99
Figure 33 : Variation de bactéries « germes totaux » à 37°C en variation du temps Taksebt ..	100
Figure 34 : Bilan mensuelle d'analyse des « coliformes totaux » de la station Boudouaou ..	100
Figure 35: Bilan mensuelle d'analyse des « coliformes fécaux » de la station Boudouaou .	100
Figure 36 : Bilan mensuelle d'analyse des « germes totaux » de la station Boudouaou.....	101

Tableau 01 : Principales différences entre les eaux de surface et souterraines .	4
Tableau 02 : Les maladies d'origine hydriques et leurs agents responsable	7
Tableau 03 : Comparaison des principaux modes de désinfection des eaux.	26
Tableau 04 : Temps de décantation de différentes particules	28
Tableau 05 : Caractéristiques de la station de traitement de Taksebt.	37
Tableau 06 : Les norme OMS	annexe 01
Tableau 07 : Les normes algériene	annexe 02
Tableau 08 : Résultats de premier essaie de jar-test	annexe 03
Tableau 09 : Résultats de deuxième essais de jar-test.	annexe 03
Tableau 10 : Résultats de 3 ^{ème} essais de jar-test .	annexe 04
Tableau 11 : Résultats de 4 ^{ème} essais de jar-test.	annexe 04
Tableau 12 : Résultats de 5 ^{ème} essais de jar-test.	annexe 05
Tableau 13 : Résultas de 6 ^{ème} essais de jar-test.	Annexe 05
Tableau 14 : Résultats de 7 ^{ème} essais de jar-test.	Annexe06

Introduction générale

Y aura-t-il demain assez d'eau pour tous sur notre planète ? Telle est la question posée par l'organisation des nations unies (ONU) dans son bilan annuel 2015 sur l'eau bleue. Toujours selon la même organisation, le stress hydrique commence lorsque la disponibilité en eau est inférieure à $1700 \text{ m}^3/\text{an}/\text{personne}$. Pour les pays tels que l'Algérie, les quantités d'eau sont bien au-dessus du seuil de pénurie établi à $1000 \text{ m}^3/\text{an}/\text{personne}$ (AROUYA, 2011).

Bien que cette ressource précieuse soit mal répartie à travers le pays ou que la pluviométrie moyenne varie de 0 à 600 mm/an en allant respectivement du sud vers le nord, elle est aussi soumise à ces limites aussi bien qualitatives que quantitatives d'où la nécessité de faire appel à tous les dispositifs disponibles dans le domaine de traitement des eaux pour parvenir à une eau de qualité irréprochable répondant aux normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), ainsi qu'aux exigences du consommateur.

Comme nous le savons en pratique, ce sont les produits chimiques et plus particulièrement le chlore, qui sont les plus utilisés, vu qu'ils offrent une sécurité satisfaisante ainsi qu'une grande facilité de mise en œuvre (DOU ET KICHE ; 2005)

Pour ce faire, l'objectif de notre travail consiste à faire évaluer les paramètres physiques et chimiques et les concentrations en chlore dans les différents ouvrages du traitement des eaux de surface au niveau de la station SEAAL de Taksebt, de l'entrée à la sortie du réservoir. Ce modeste travail est structuré autour de deux parties principales suivies d'une conclusion générale.

La première partie se résume en une recherche bibliographique et est divisée en deux chapitres : le premier concerne les généralités sur les eaux superficielles, les normes de qualité ainsi que les étapes de traitement. Le deuxième chapitre porte sur la désinfection par les différentes méthodes notamment le chlore.

La seconde partie est dédiée à l'expérimentation notamment les analyses physico-chimiques de l'eau d'entrée et de sortie avec une focalisation sur la teneur en chlore dans les différents ouvrages de la station. Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale.

Introduction générale

A. Généralités sur les eaux

Introduction

L'eau est une ressource vitale pour l'homme, il est donc essentiel de la préserver pour sa survie, son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, industrielles et touristiques et la qualité de son environnement en dépend. Cependant elle est le réceptacle universel de tout type de pollution (METAHRI, 2008).

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel, les polluants peuvent être transportés par l'eau à toutes les étapes du cycle de l'eau (RAMADE, 1998).

La valeur de l'eau est inestimable, première ressource minérale du monde, sa protection et sa gestion sont indispensables (ROUX, 1995).

1. Ressources hydriques en eau en Algérie

L'Algérie est un pays semi-aride, voire même aride sur la majeure partie du territoire, dont la pluviométrie moyenne annuelle varie de 0 à 800mm respectivement du sud vers le nord. Il en découle alors que les ressources en eau sont faibles, irrégulières et inégalement réparties. Elles sont principalement localisées dans la bande côtière. La moyenne nationale des précipitations est de l'ordre de 1 mm/an. L'apport total des précipitations serait de l'ordre 100 milliards de m³ d'eau par an, dont 12 milliards de m³ en écoulement superficiels (KETTAB, 2001).

L'Algérie comme tous les pays hydro sensibles souffre ces dernières années d'un stress hydrique chronique sans précédent. Les aléas climatiques persistants, doublés d'une forte croissance de la population dans les grands centres urbains ont largement contribué à l'actuelle carence de ressources mobilisables pour les besoins élémentaires du pays. Les politiques publiques de ces dernières années ne cessent de rattraper les déficits. (ROUX, 1995).

2. Ressources en eaux

Les ressources en eau conventionnelles et les ressources en eau non conventionnelles.

2.1. Ressources en eaux conventionnelles

Elles représentent les eaux superficielles et les eaux souterraines.

2.1.1. Eaux superficielles

Ce type d'eau englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivière, lacs, barrage). La composition chimique des eaux superficielles dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants, dans la plus part des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact sans aucun traitement. (SALGHI, 1997).

a. Eaux de rivières

Les rivières sont des cours d'eau qui s'écoulent dans un lit naturel et sont alimentés par des eaux de surface ou des eaux souterraines (ASSOULINE, 2007). La qualité des eaux de la partie amont d'une rivière diffère de celle de la partie aval.

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, où la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes, leurs principales caractéristiques ont une turbidité élevée, une contamination bactérienne faible, et une température froide.

Les eaux de la partie aval habituellement de moins bonne qualité et plus difficile à traiter leurs principales caractéristiques ont une contamination bactérienne élevée, et une contamination organique et inorganique élevée (ASSOULINE, 2007).

b. Réserves d'eaux superficielles

Elles peuvent être naturelles (lacs), ou artificielles (barrages):

➤ Etangs et lacs

Se sont des réservoirs naturels de décantation, alimentés par les eaux de pluie, les eaux de surface (fleuves, rivières, ruissellement) et les eaux souterraines dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante (GENIN, 2003 ; ASSOULINE, 2007).

➤ Barrages et réservoirs

Construction de terre ou de béton destinée à barrer un cours d'eau afin de constituer une retenue hydraulique destinée à divers usages: régularisation du cours afin de prévenir des inondations catastrophiques (RAMADE, 1998).

2.1.2. Eaux souterraines

Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles forment de grands réservoirs naturels dénommés aquifères (CARDOT, 1999).

2.1.2.1. Nappes

On distingue deux catégories principales: les nappes libres et les nappes captives.

➤ Nappes libres

Les nappes libres sont directement alimentées par les eaux de ruissellement. Très sensibles à la pollution, elles sont à l'origine des sources et des forages (LOUP, 1974).

Ces nappes peuvent être soit des nappes phréatiques soit des nappes alluviales. On trouve deux types de nappes : Les nappes phréatiques, Les nappes alluviales)

➤ Nappes captives

Les nappes captives sont emprisonnées entre deux couches de terrains imperméables. Il y règne une certaine pression. Leur niveau piézométrique se situe généralement entre leurs toits imperméables et la surface du sol. D'où un jaillissement de l'eau lors d'un forage (DEGREMONT, 2005).

La qualité naturelle n'est pas toujours excellente: les nappes les plus profondes, eaux très anciennes, présentent souvent des minéralisations excessives en nombreux éléments majeurs (chlorure et sulfate) et oligo-éléments (fer, fluor, etc.). Les nappes de moyenne profondeur (quelques centaines de mètres) ne présentent en général pas ces inconvénients et sont d'excellente qualité, à tel point que beaucoup d'entre elles sont embouteillées et vendues comme eau de table (COLLIN, 2004).

2.2.2. Puits

Sont des forages creusés verticalement dans le sol pour atteindre la nappe phréatique afin de disposer d'eau à des fins domestiques ou agricoles. Il existe plusieurs types de puits: (Puits artésien, Puits Filtrant...). (GAUJOUS, 1995).

2.2.3. Sources

Les sources résultent d'une nappe phréatique ; plus rarement d'une nappe profonde.une eau de source est une eau d'origine souterraine microbiologiquement saine et protégée contre le risque de pollution, apte à la consommation humaine sans autre traitement que décantation, filtration et/ou aération et/ou adjonction de gaz carbonique (GROSCLAUDE et COORD, 1999).

2.2. Ressources en eaux non conventionnelles

2.2.1. Eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux utilisées pour les activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (DUGNIOLLE, 1980 ; GLANIC ET BENNETON, 1989).

.2.2.2. Eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Elles représentent 70% de la surface du globe terrestre. Son volume est de 1300 millions de Km³. Elles sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous appelées salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer est de 33 000 à 37 000 mg/l (DESJARDINS, 1997).

3. Pollution des eaux naturelles

Du fait qu'elle est le solvant universel, qu'elle dilue ce qui est toxique et quelle déplace ce qui flotte, l'eau accède un statut peut enviable de véhicule privilégié de la pollution.

On appelle pollution toute modification défavorable des caractéristiques physique, chimique ou biologique d'un milieu naturel, le rendant impropre à sa vocation établie. Les eaux sont, de ce fait les plus atteintes en particulier les eaux de surface et par suite les eaux souterraines. (HADDOU ; 2010).

3.1. Différents types de polluants

Tout facteur susceptible de provoquer un déséquilibre dans l'eau et qui altère sa qualité est appelé polluant, on distingue : (RAMADE, 1998).

a. Polluants physiques

Ils sont essentiellement industrielles, secondairement domestiques. On peut distinguer trois types de polluants ayant un caractère physique : les polluants mécaniques, les polluants thermiques, et les polluants atomiques (AROUYA, 2011).

b. Polluants chimique

Il s'agit des éléments chimiques minéraux et organiques dissous et des micros polluants, est due essentiellement au déversement des polluants organiques et sels de métaux lourds par les unités industrielles (FESTY B ET AL ; 2003).

- **Métaux lourds**

Parmi ceux-ci, figurent le plomb et le chrome qui affectent les propriétés organoleptiques de l'eau ils sont dangereux même à l'état de trace, car ils s'accumulent dans la chaîne alimentaire par leur ingestion répétée et provoquent de graves altérations chez l'organisme humain (TARDAT BEAUDRY, 1984).

- **Pesticides**

Parmi les pesticides organiques de synthèse on distingue : **DDD** (DICHLORE DIPHENYLE DICHLOROETHANE), et **DDT** (DICHLORE DIPHENYLE TRICHLOROETHANE).

- **Détergents**

Ils inhibent les processus d'auto épuration, limitent le développement des micro-organismes et bloquent la ré oxygénation du milieu. Les détergents peuvent perturber la flottation et la décantation si leur concentration est élevée (DEGREMENT ,1984).

- **Hydrocarbures**

Les hydrocarbures créent d'aspect désagréable, formant un film qui empêche la ré-oxygénation naturelle de l'eau et inhibent le pouvoir auto épurant du milieu (METAHRI MS, 2002).

- **Pluies acides**

Dans l'atmosphère, les gazs sont oxydés et convertis en acide sulfurique et nitrique ce qui contribue à acidifier les précipitations. Ces pluies acides causent des dommages aux forêts et acidifient le système aquatique (LEVÊQUE, 1996).

c. Polluants organiques

L'eau se charge en matières biodégradables ou non, constitue un milieu nutritif favorable au développement des micros organismes notamment pathogènes, comme les huiles et les graisses, (MIZI ; 2006)

d. Polluants biologiques

La pollution biologique peut être de nature virale, parasitaire ou bactérienne, ces micro organismes sont nuisibles pour la santé de l'homme. Et provoquent des maladies mortelles comme la typhoïde, le cholera.... (YAHY, 1999).

Conclusion

Dans la nature une concentration infime de substance dangereuse peut polluer et limiter des milliers de m³ d'eau. La pollution générée aujourd'hui pourrait persister durant des générations dans les différents compartiments de l'eau car le temps de demi-vie de certains polluants dans le sol ou dans l'eau est de l'ordre séculaire ou même millénaire.

B. Qualité des eaux potables

Introduction

L'eau potable est une eau qui doit répondre aux exigences d'hygiène, écartant tout risque menaçant la sante publique (GGOSCLAUDE ; 1999).

L'eau potable doit être :

- ✓ Claire, inodore et saveur agréable.
- ✓ Exempte d'organismes pathogènes susceptibles de provoques des maladies.
- ✓ Elle ne doit pas contenir qu'un certains nombre d'éléments minéraux et aucune substance toxique ou indésirable.
- ✓ Elle ne doit pas avoir de propriétés agressives vis-à-vis des canalisations (ciments, métaux...).
- ✓ être conformes aux limites de qualité définies par les normes.

1. Normes de potabilité

En général, on adopte les normes de l'OMS (l'organisation mondiale de la sante Genève 1986). Mise à jour en 2006 sont la référence en ce moment ce qui concerne la qualité de l'eau potable. (Voir annexe).

Ces normes sont assez tolérantes vis-à-vis de certains critiques.il importe a chaque pays d'établir sa propre législation, en fonction des critères locaux et du degré de son développement. Pour apprécier la potabilité d'une eau, il convient de déterminer ses caractéristiques physicochimique et bactériologique (SARDI K ; 2014).

2. Critères de potabilités

Pour être consommée, l'eau doit rependre a des critères de qualité très stricte, fixes par le Ministère de la sante, critères d'une eau propre a ma consommation, ils portent sur :

➤ La qualité Microbiologique

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactéries pathogènes.

➤ La qualité chimique

Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet des normes très strictes. Ces substances sont dites indésirables ou toxiques, leur présence est tolérée tant que leur concentration reste inférieure à un certain seuil (le fluor et les nitrates par exemple, tandis que les substances aux effets toxiques comme le plomb et le chrome sont tolérées à des teneurs extrêmement faibles).

➤ **La qualité physique et gustative**

L'eau doit être limpide, claire aérée et ne présente ni saveur ni odeur désagréable (SARDI ; 2014).

3. Paramètres globaux de la qualité des eaux

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux règlements généraux d'hygiène et à toutes les mesures propres à préserver la santé de l'homme (REJSEK, 2002).

3.1. Paramètres organoleptiques

a. Couleur

La couleur d'une eau est due, le plus souvent, à la présence des matières organiques dissoutes ou colloïdales. Les eaux chargées prennent souvent une coloration jaune verdâtre, avec présence d'acide humique qui s'élimine difficilement à la filtration (BOUZIANI, 2000).

b. Gout (saveur)

C'est un critère d'appréciation gustative de la qualité de l'eau, une eau potable de bonne qualité a un bon gout. La saveur dépend essentiellement de la qualité et la nature des corps dissous (RODIER, 2009).

c. L'odeur

Les odeurs résultent de la présence dans l'eau de substance volatile (qui peut être minérales ou organiques), en solution telles que (NH_3 , H_2S ...). L'odeur est généralement l'indice de fermentation microbienne et signe de pollution (YAHY, 2000).

d. Turbidité

C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée dans les eaux par la présence de matières en suspension fines comme les argiles, les limons, les grains de silice et les micro-organismes (REJSEK, 2002).

2.2 Paramètres physico-chimiques

a. Température

La température est un critère physique important dans l'appréciation d'une eau. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et d'autres matières ; Solubilité des gaz ; Elle favorise le développement des parasites et des algues. Les eaux souterraine ont généralement une température constante, mais celle de surface varie selon plusieurs facteurs saisonniers (BOUZIANI ; 2000).

b. Conductivité

La conductivité constitue un critère d'appréciation de la minéralisation globale d'une eau. (RODIER, 1978).

c. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est l'un des paramètres d'appréciation de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau, il indique la concentration en ion H_3O^+ présent dans l'eau. **$pH = -\log [H^+]$**

Le pH dépend de l'origine des eaux et de la nature géologique des terrains des bassins versants (DEGREMENT, 1989).

d. Matières en suspensions

Ce paramètre englobe tous les éléments en suspensions dans l'eau. Ce sont des substances non solubles dans l'eau (minérale ou organique). Leur concentration dépend de la nature des terrains traversés, de l'activité humaine (rejet domestique et industriel) et de la vitesse du cours d'eau (YAHY & METAHRI, 2002).

e. Minéralisation globale

Elle nous renseigne sur la concentration des éléments minéraux (cation et anion) présents dans l'eau. Les principaux ions sont : (REJSEK, 2002).

- Les cations : Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , K^{+}
- Les anions: SO_4^{-2} , CO_3^{-2} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , OH^{-} .

❖ Dureté

La dureté ou titre hydrométrique (TH) d'une eau est principalement due à la présence de sels de calcium et de magnésium. Elle provient essentiellement des roches sédimentaires et des sols. Elle est directement liée à la nature des terrains traversés (REJSEK, 2002).

❖ Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogénocarbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^{2-}), d'ions hydroxydes (OH^-) et d'une façon plus limitée, aux ions silicates (HSiO_3^{2-}), phosphates (PO_3^{4-}) ou encore aux espèces moléculaires des acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité, exprimée en HCO_3 (RODIER *et al*, 2005).

❖ Sodium (Na^+)

Le sodium est un élément naturel présent dans l'eau à des concentrations variables. Il provient des échanges de base qui s'effectuent au niveau de certains minéraux (argiles sodiques), et de l'emploi de composés sodés contre la corrosion.

La présence de sodium en excès constitue un danger pour les malades hypertendus (BELHTOU & MALLAM, 1990).

❖ Potassium (K^+)

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours du potassium, qui provient de certains rejets industriels (les mines de potasse, usine d'engrais,...) (BOUBEKHER. & MOKDES, 1999).

3.2. Paramètres indésirables

a. Fer (Fe)

La présence du fer résulte de l'altération des roches contenant du fer, ou des rejets domestiques et industriels. Sa présence dans l'eau à des doses élevées provoque une mauvaise qualité organoleptique de l'eau mais aussi un risque de corrosion des conduites, (TAZIBT S, OUAZAR A, 2011).

b. Aluminium (Al^{3+})

Lorsqu'il est en solution et en milieu acide, il précipite sous forme de tri hydroxyde $\text{Al}(\text{OH})_3$ qui se dissout sous forme d'aluminate AlO_2^- (RODIER *et al*, 2005).

À des concentrations supérieures à 30 $\mu\text{g/l}$ en aluminium, l'eau peut être considérée comme dangereuse lorsqu'elle est utilisée pour la dialyse rénale (VILAGINES, 2003).

c. Cuivre (Cu)

Le cuivre peut se rencontrer à des teneurs inférieures à 1 mg/l sous forme ionique ou de complexes (cyanures, ammoniacale, produits organiques, etc.). (GRAINDORGE J et LANDOT E, 2005).

Avec certaines eaux douces, des concentrations voisines de 0,5 mg/l peuvent colorer le linge (RODIER *et al*, 2005).

d. Manganèse (Mn^{2+})

Au point de vue gustatif, le manganèse peut donner un goût désagréable à l'eau. Même à des doses faibles (0,02 mg/l), Dans les stations de traitements des eaux, il favorise la croissance de bactéries du groupe des SIDEROBACTERIALES (*Gallionella*) perturbant le fonctionnement des filtres à sable et pouvant amener la formation de dépôts dans les canalisations (RODIER et al, 2005).

e. Zinc (Zn^{2+})

La présence de zinc dans les eaux de surface doit être rattachée à des activités industrielles. Par contre, le zinc retrouvé dans les eaux de distribution à des teneurs pouvant dépasser 1mg/l (RODIER et al, 2005).

3.4. Paramètre de toxicité

a. Arsenic (As)

Il est présent à concentration faible dans les eaux de surface. Sa présence dans l'environnement est reliée à certains nombre de pollutions: utilisation d'engrais phosphatés, d'herbicides, d'insecticides et de détergents (RODIER *et al*, 2005).

b. Cadmium (Cd)

La présence de cadmium comme contaminant dans les engrais et les boues des stations d'épuration utilisées en agriculture peut contribuer à un accroissement de la pollution des eaux (RODIER *et al*, 2005).

Le cadmium s'accumule principalement dans le foie et dans les reins entraînant à long terme des atteintes rénales, un ralentissement de l'élimination urinaire et d'éventuels effets hypertensifs (VILAGINES, 2003).

c. Mercure (Hg)

Il s'agit d'un élément susceptible de modifier la structure et l'activité fonctionnelle des protéines et des acides nucléiques (VILAGINES, 2003).

d. Plomb (Pb)

Provient essentiellement des industries d'extraction et de traitement des minerais de plomb, des fabriques de colorants, des fabriques de poudre et d'explosifs, ou à l'action de l'eau sur les canalisations en plomb (GRAINDORGE et LANDOT, 2005).

3.5. Paramètres de pollution organique

a. Demande biochimique en O_2 (DBO_5)

Indique la quantité d'O₂ nécessaire à la dégradation des matières organiques d'une eau, par l'intermédiaire des micros organismes. Elle est évaluée pendant 5 jours à 20°C à l'obscurité, elle s'exprime en mg /l O₂ (METAHRI, 2002).

b. Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la quantité d'oxygène consommée par voie chimique, par les matières réductrice présentes dans une eau. L'oxydation affecte pratiquement la totalité des matières organique biodégradable ou non (RODIER, 1984).

c. Phosphates (PO₃⁴⁻)

Une eau riche en phosphore (élément nutritif) favorise le développement du phytoplancton (l'eutrophisation) entraînant des dépôts de matières organiques dans les réseaux de distribution et conférant à l'eau un goût et une odeur désagréables (YAHY, 1999).

d. Ammonium (NH₄⁺)

Les eaux naturelles contiennent de l'azote ammoniacal, produit normal de la biodégradation incomplète de la matière organique, cependant sa teneur devrait être relativement faible puisque l'ammonium est oxydé graduellement en nitrites (NO₂⁻) puis en nitrates (NO₃⁻) (YAHY, 1999).

e. Nitrite (NO₂⁻)

Une eau contenant des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (RODIER *et al*, 2005).

Un excès de nitrites dans les eaux de boisson peut provoquer de l'hypotension chez les humains et de méthémoglobinémie chez le nourrisson (DUGUET *et al*, 2006).

f. Nitrate (NO₃⁻)

Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3mg/l dans les eaux superficielles et quelques milligrammes par litre dans les eaux souterraines. Ils ne sont pas toxiques directement (sauf à des doses élevées de plusieurs dizaines de grammes) mais leur transformation en nitrites peut provoquer les mêmes troubles que ceux-ci (REJSEK, 2002).

3.6. Paramètres bactériologiques

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à rechercher des bactéries aérobies, c'est à dire se développant en présence d'oxygène. Cette analyse surtout significative pour l'étude de la protection des nappes phréatiques.

La présence de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination de l'eau par des matières fécales.

La présence d'autres coliformes, de *Clostridium* ou de staphylocoques laisse supposer une contamination de ce type. Dans les deux cas, des mesures doivent être prises pour interdire la consommation de l'eau ou en assurer le traitement (VILAGINES, 2003).

4. Analyse bactériologique de l'eau

L'analyse bactériologique de l'eau est indispensable afin de s'assurer de l'efficacité du traitement vis-à-vis des germes ci-dessous : (HASLAY ET LECLERC ; 2006).

- Les coliformes totaux.
- Les coliformes fécaux (et *E. Coli*).
- Les streptocoques fécaux.
- Les spores de *Clostridium* Sulfito-réducteurs.
- Les microorganismes vérifiables.

a. Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des indicateurs d'une contamination fécale. Ils sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies; ils sont capables de croître en présence de sels biliaires. Les coliformes totaux croissent en aérobiose à 37°C en milieu liquide bilié lactose au vert brillant en produisant d'acide et de gaz en 48h (SERVAIS ; 2009).

b. Coliformes fécaux

On parle aussi des Coliformes thermo tolérants, capables de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *l'Escherichia coli*, principale bactérie de contamination fécale. Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique. (SERVAIS ; 2009).

c. Streptocoques fécaux

Ce sont des bactéries de forme sphérique au coccoides, Gram+, disposées en paire ou en chaînette, dépourvues de catalase, capables de croître à 37 °C en 48h ; elles font partie de la flore intestinale normale humaine ou d'autres animaux à sang chaud. Ces bactéries

constituent un indice de contamination fécale ancienne, capables d'hydrolyser l'esculine en présence de bile (SERVAIS; 2009).

d. Clostridium sulfito-réducteurs

Sont des germes anaérobies stricts, sous formes de bâtonnet, sporulant, d'origine tellurique et très résistants aux traitements de désinfection, ils constituent un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (GADIN-GOYON, 2002).

e. Microorganismes revivifiables

La recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes dits "revivifiables" permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture et représentant la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle. Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions, ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des bactéries aérobies anaérobies facultatives, elles nécessitent essentiellement de la matière organique comme source de carbone et une température optimale située entre 20 et 45 °C (SATIN, 1999).

Conclusion

Toutes les eaux de la nature ne sont pas régulièrement bonnes à la consommation. Même une eau d'apparence limpide peut transporter en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour les organismes humains. Ces substances proviennent soit du milieu physique naturel dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités anthropiques dont l'eau est devenue le réceptacle universel. Pour qu'elle puisse être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée.

La pollution croissante des ressources en eaux rend cette opération de plus en plus délicate, complexe et onéreuse, obligeant ainsi les organismes de traitements à rester très vigilant.

C. Procédés de traitement d'une eau de surface

Introduction

Les eaux de surface contiennent de nombreuses impuretés, des composés organiques et minéraux sous forme dissoute, colloïdales et en suspension, qui proviennent de différentes origines (naturelles, rejets domestiques et industriels).

Souvent les eaux de surface ne présentent pas les qualités requises pour la consommation. Elles doivent alors être traitées avant leur utilisation par des moyens appropriés et subir des modifications physiques, chimiques et bactériologiques qui les rendent potables et conduisent à: (GANI ; 2001)

- Réduire les teneurs des s indésirables aux valeurs fixées.
- Eliminer tous les germes pathogènes.

1. Qualité requise des eaux superficielles destinées à la potabilisation :

Selon l'article R. 1321-38, du décret 2003-461 du 21 mai 2003 de la réglementation française relatif à certaines dispositions réglementaires du code de la santé publique, les eaux douces superficielles sont classées selon leur qualité dans les groupes **A1**, **A2** et **A3**, la consommation humaine est subordonnée pour les eaux classées en:

Groupe A1: à un traitement physique simple et à une désinfection, par exemple: filtration rapide et désinfection ;

Groupe A2: à un traitement normal physique, chimique, à une désinfection par exemple: pré chloration, coagulation, décantation, filtration, désinfection (chloration finale) ;

Groupe A3: à un traitement physique et chimique poussé, à des opérations d'affinage et de désinfection, par exemple: chloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, affinage (charbon actif), désinfection (ozone, chloration finale) (METAHRI, 2002).

2. Importance du traitement

Le rôle primordiale de l'installation de traitement de l'eau est de le rendre disponible et en quantité suffisante, une eau de qualité adéquate a de multiple usages et ceci a un prix raisonnable (CHEVOLET ; 1996).

L'organisation mondiale de la sante (OMS) estime que 80%des maladies qui affecte la population mondiale sont directement associées a l'eau et que les eaux polluées sont responsable de 50% des cas de mortalité infantile (DESJARDINS ; 1997).

3. Procédés de traitement de potabilisation

Les procédés de traitement d'une eau de surface comportent les phases suivantes:

- **Mécanique ou physique** (dégrillage, tamisage, micro tamisage et prés oxydation).
- **Physico chimique** (coagulation floculation, décantation, filtration et adsorption sur le charbon actif en grain et en poudre et désinfection chimique ou physique, adoucissement, technique membranaire, neutralisation ou minéralisation).

Les figures 01et 02 englobent toutes les étapes de la filière de traitement (VALENTIN, 2000), (RAYMOND; 1997).

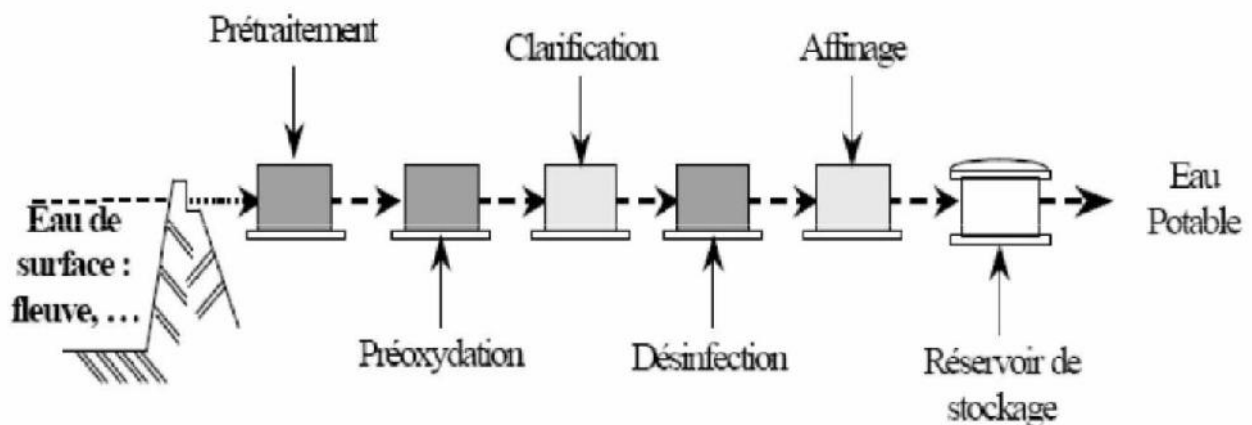


Figure 01 : chaine de traitement (VALENTIN, 2000)

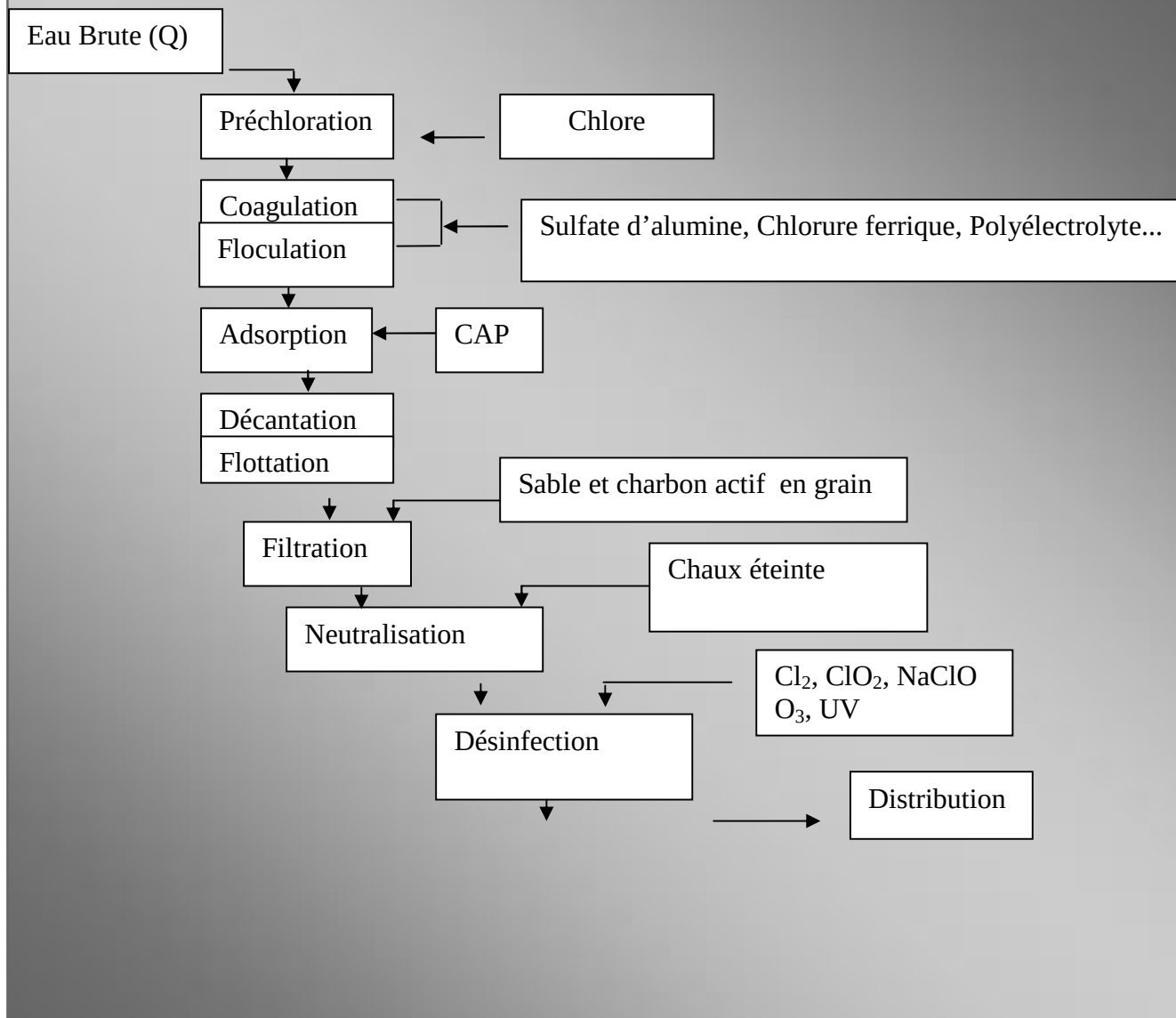


Figure 2: Schéma synoptique de la filière de traitement (RAYMOND D ; 1997).

3.1. Prétraitements

Une eau avant d'être traitée doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient un gêne pour le traitement ultérieur. Pour cela on effectue des prétraitements, qui comportant un certain nombre d'opérations physiques ou mécaniques (VALENTIN; 2000).

3.1.1. Séparation mécanique préalable

a. Emplacement et aménagement de la prise d'eau (eau de surface)

Les points et les modes (fond, milieu, berge.....) de prise sont important, une prise effectuée sur une retenue a plan d'eau variable, celle d'un barrage, par exemple, doit tenir compte des mêmes phénomènes, ce qui conduit systématiquement a concevoir des tours de prises permettant des prélèvements a des différentes hauteurs suivant les saisons (DEGREMENT ; 1978).

b. Dégrossissage

Ayant pour but d'éliminer les matières de grandes dimensions susceptibles de gêner la mise en œuvre des autres traitements. Il peut comporter:

c. Dégrillage

Cette opération est assurée par une grille métallique à commande automatique qui, par mouvement de va et viens de bas vers le haut, représenté dans la figure 3 permet :

- De protéger les ouvrages contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des colmatages dans les différentes unités de l'installation.
- De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements qui suivent, on distingue 3 types de grilleurs (KETAB ;1992).
 - ✓ **dégrillage grossier** : pour écartement supérieur à 40 mm ;
 - ✓ **le dégrillage moyen** : pour écartement de 40 à 10 mm ;
 - ✓ **dégrillage fin** : pour écartement de 10 à 6 mm,



Figure 03: Dé grilleur (MEZIANI.2013).

d. Macro tamisage

Les éléments filtrants sont constitués de tôles perforées ou, le plus souvent, de toiles à mailles croisées en acier inoxydable ou en tissu synthétique, présentant des ouvertures de 0,15 à 2 mm (DUGUET *et al*, 2006).

e. Dessablage

C'est une opération physique qui consiste à retenir les sables entraînés par l'écoulement de l'eau. Le dessablage a pour but d'éviter le colmatage des canaux au cours de l'acheminement de l'eau ; cette opération conserve les particules de granulométrie supérieure à 200 μm . représenté dans la figure 04 (UZIANI; 2000).



Figure 04 : Dessableur (MEZIANI.2013).

f. Débourbage

C'est une étape qui a pour but d'éliminer certaines matières en suspension (sables fins et le plus possible de limons). Le débourbage est mis en service lorsque le taux de MES est supérieur à 2g/l. Cette étape est précédée par l'addition d'un poly électrolyte dans le but est d'agglomérer les petites particules mises en suspension afin de faciliter leur élimination. Il est représenté par la Figure 05 (DUGUET *et al*, 2006).



Figure 05 : Débourbeur (MEZIANI.2013).

g. Micro tamisage

C'est une opération destinée à faire passer un liquide contenant des impuretés à travers une toile de fils ou de fibres ou à travers une membrane poreuse. Certains solides sont arrêtés soit directement (par les mailles du micro tamis), soit indirectement (par les matières solides accumulées sur le micro tamis). La grosseur des mailles d'un micro tamis est inférieure à $150\mu\text{m}$ (MEZIANI.2013).

h. Dégraissage et déshuilage

Consistent à séparer des produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation, naturelle ou assistée, dans une enceinte liquide de volume suffisant (DEGREMONT, 2005).

i. Aération

Elle sert à :

- ✓ Eliminer des gazes en excès (H_2S , CO_2), dans le cas des eaux souterraines principalement.
- ✓ Enrichir l'eau en oxygène.

Elle peut permettre d'éliminer l'ammoniac NH_4^+ (oxydation par développement bactérien) et le fer Fe^{2+} (oxydation en Fe^{3+}), il faut donc assurer un transfert d'oxygène (BABINEAU, 2002).

j. Pré chloration

La pré chloration a pour but d'oxyder totalement l'ammoniaque et les autres matières oxydables, et permet l'amélioration de la floculation et de la décantation. L'injection de

chlore en prétraitement permet aussi d'éviter la prolifération algale dans les bassins de décantation ou de filtration (HASLAY et LECLERC, 1993).

2.1.2. Traitement de clarification (Traitements physico-chimiques)

a. Coagulation-floculation

C'est un procédé physico-chimique qui facilite l'élimination des MES et des matières colloïdales contenant dans l'eau, par leur déstabilisation puis leur agrégation (CARDOT, 1982).

❖ Coagulation

C'est la déstabilisation des particules colloïdales par addition d'un réactif, coagulant, qui contribue à une modification des couches ionique, la charge positive de ces derniers neutralise la charge négative des particules dissoutes dans l'eau. Quand cette réaction se produit les particules se lient et forment des petits floccs qui se séparent lentement de l'eau (HECTOR ; 2006).

Les coagulants les plus utilisés en traitement des eaux sont :

- Les sulfates d'alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.
- Le chlorure ferrique FeCl_3 .

❖ Flocculation

La taille des floccs déjà formés aux cours de la coagulation n'est pas suffisante pour la décantation, alors on injecte un flocculant accompagné d'une agitation lente, l'agglomérat obtenu aura une taille satisfaisante pour sédimenter dans le bassin.

On utilise comme flocculant (RODIER ; 2009) :

- Les polymères.
- L'alginate.

❖ Décantation

La figure 6 représente, la décantation consiste à la séparation de MES qui sont rassemblés sous forme de floccs après l'étape de coagulation –floculation. Il s'agit d'un procédé de

séparation solide/liquide basé sur la différence de densité des particules, ces particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement.

L'eau clarifiée, située près de la surface est dirigée vers l'unité de filtration, comme le montre la figure 06. (DESJARDIN, 1997)



Figure 06 : Décanteur (EZIANNE, 2007).

❖ Flottation

Certains eaux (lacs, barrage) sont colorées et riches en algues ; cependant, il est difficile de réaliser leur décantation. La flottation est alors une alternative intéressante à la décantation. L'eau brute additionnée de réactif, passe d'abord dans le flocculateur avec un temps de contact de 20 à 30 mn, ensuite elle est dirigée vers une chambre de mélange où est introduite une fraction d'eau saturée en air sous une pression de 4 à 5 bars. Il y a apparition de fines bulles d'air (de 40 à 70 microns) qui se fixent sur les floccs, dont la masse volumique apparente devient inférieure à celle de l'eau (RODIER ; 2009).

❖ La filtration

La filtration consiste à faire passer l'eau à clarifier à travers un matériau poreux appelé filtre, qui retient les particules dont les dimensions sont en théorie supérieures à celles de ces pores, et laisse passer l'eau et les particules plus fines que ces pores. La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de turbidité et indirectement certains goûts et odeurs. Comme le montre la figure 07 (DESJARDINS ; 1997),



Figure 07 : Filtres à sable (EZIANNE, 2007).

❖ Désinfection

C'est l'étape finale à la station de traitement, l'objectif recherché à ce stade est la destruction des bactéries pathogènes de l'eau, notamment virus, protozoaires susceptibles de transmettre des maladies hydriques. Ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, car une eau potable n'est pas une eau stérile biologiquement par contre elle contient encore des micro-organismes non pathogènes qui ne présentent aucun danger pour la santé (CHEVAL, 1983 ; DESJARDINS, 1997).

Conclusion

L'eau doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée. Elle est une source vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution.

L'eau superficielle 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.

Introduction

La désinfection est un traitement visant à éliminer les microorganismes pathogènes, bactéries, virus et parasites ainsi que la majorité des germes banals moins résistants. C'est le moyen de fournir une eau bactériologiquement potable, tout en y maintenant un pouvoir désinfectant suffisamment élevé pour éviter les reviviscences bactériennes dans les réseaux de distribution. La désinfection est une post-oxydation. Assurée par des oxydants chimiques tels que le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone et dans certains nombre de cas, par un procédé physique comme le rayonnement UV. Le choix d'un procédé de désinfection se fait normalement en considérant les contraintes techniques, économiques et environnementales qu'il présente (MILOUS, 2011).

1. Choix de désinfectant

Le choix est en fonction de critères techniques (désinfection simple ou poussée) et économiques, et doit répondre aux conditions suivantes: (DESJARDINS, 1997).

- Il doit détruire assez rapidement les germes indicateurs de pollution fécale, les germes pathogènes, les virus et les spores quelques soient leurs nature et leurs quantités
- Ajouté à l'eau dans des proportions exigées, sans avoir aucun effet toxique
- Le désinfectant 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
- Il doit être suffisamment stable dans l'eau afin de conserver dans le temps tout son pouvoir rémanent
- Il 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

Il existe plusieurs désinfectants physiques et chimiques parmi lesquels :

- Le chlore
- Le dioxyde de chlore
- L'ozone
- Les chlora mines
- Permanganate de potassium
- Rayonnement UV (Ultraviolet)

2. Mode d'action des désinfectants

Les désinfectants oxydent les protéines de l'enveloppe et de la capsid des virus dont la perméabilité augmente brutalement. L'oxydation de l'acide nucléique est alors possible. Les cibles de la structure bactérienne sont la membrane cytoplasmique, l'ADN, etc.

L'augmentation de la perméabilité membranaire provoque une fuite d'ions responsable d'une chute de la pression osmotique qui entraîne la lyse bactérienne (CARDOT, 1999).

3. Effet bactérie et effet rémanent

La désinfection des eaux comporte deux étapes importantes correspondant à deux effets différents :

3.1. Effet germicide

C'est la capacité de détruire les germes en une étape donnée du traitement. Le chlore pénètre à l'intérieur des micro-organismes tels que bactéries, virus, protozoaires... et les détruit en inhibant certaines réactions vitales de synthèse. En présence des matières en suspension, les germes peuvent se fixer sur ces particules et diminuer ainsi l'efficacité de la désinfection ; la turbidité de l'eau, qui caractérise la concentration en M.E.S. et colloïdes, doit être la plus faible possible (CARDOT, 1999).

3.2. Effet rémanent

C'est un effet du désinfectant qui se maintient dans le réseau de distribution et qui permet de garantir la qualité bactériologique de l'eau. C'est à la fois un effet bactériostatique contre les reviviscences bactériennes et un effet bactéricide contre des polluants faible et ponctuelles survenant dans le réseau.

Pour que la désinfection soit totalement efficace, il convient de maintenir un résiduel de désinfectant dans l'eau distribuée jusqu'au robinet du consommateur. Lorsque la désinfection finale est réalisée par l'ozone (qui présente un faible pouvoir rémanent), ou par les UV, une légère injection de réactifs chlorés (chlore, eau de Javel ou dioxyde de chlore) est nécessaire (MASSACHELEIN, 1980).

4. Procédés de désinfection

1. Ozonation

C'est une désinfection de choix, d'un prix de revient certainement plus élevé que la chloration, mais d'une efficacité bien supérieure. L'ozone a une action d'oxydation par addition d'un atome d'oxygène. La dose d'ozone à mettre en œuvre est très variable suivant la qualité du traitement préalable. Ainsi sur une eau de surface très polluée et parfaitement traitée, il faut 1 à 2 g d'ozone par m³ d'eau pour obtenir un taux résiduel de 0,4 g/m³ (MASSACHELEIN, 1980) , Représenté dans le tableau 01 :

Tableau N°1 : Avantages et les inconvénients de l'Ozone. (FIGRARELLA & Guy LEYRAL, 1999)

Avantages	Inconvénients
❖ L'ozone est plus efficace que le chlore, le dioxyde de chlore, et les chloramines pour inactiver les virus, Cryptosporidium. ❖ L'ozone oxyde le fer et le manganèse ❖ L'ozone peut parfois améliorer la clarification de l'eau et de diminution de la turbidité ❖ L'utilisation de l'ozone agit sur la couleur, le goût et les odeurs ❖ En l'absence de bromure, aucun sous produit halogéné n'est formé. ❖ L'ozone est très efficace, et ne demande qu'un temps de contact très court. ❖ Au cours de la décomposition de l'ozone pur, le seul sous produit est de l'oxygène dissous. ❖ Le pouvoir de biocide n'est pas altéré par la valeur du pH de l'eau à traiter.	❖ La présence de bromure, d'aldéhyde, etc. conduit à la formation de sous produit pouvant être halogénés. ❖ Le coût d'investissement est élevé, en comparaison avec les autres procédés. ❖ L'ozone est hautement corrosif et toxique. ❖ Des filtres biologiques sont nécessaires pour récupérer le carbone organique et les sous produits de désinfection biodégradables. ❖ L'efficacité de l'ozone décroît rapidement à des valeurs de température élevées.

2. Désinfection par le permanganate de potassium

Le permanganate de potassium est un désinfectant puissant, il est livré par l'industrie sous forme de poudre cristalline foncée, presque noire à reflet métallique.

Ce désinfectant doit toujours être mis en solution avant d'être utilisé pour la désinfection. Etant long à dissoudre, il est bon de préparer à l'avance une solution concentrée par dissolution à l'eau chaude à raison de 30 à 60 g/l. le tableau suivant 02 représente les avantages et les inconvénients de permanganate de potassium (BEAUDRY, 1984).

Tableau N°2: Avantages et les inconvénients de permanganate de potassium (FIGRARELLA & GUYLEYRAL, 1999)

▪ Avantages	▪ Inconvénients
❖ Le permanganate de potassium oxyde le fer et le manganèse. ❖ Il oxyde les composés responsables de modifications du goût et des odeurs. ❖ Il est facile à transporter, à stocker et à appliquer. ❖ Un bon moyen de réduire la formation de THM et autres sous produits de désinfection. ❖ Son utilisation n'a que peu de conséquences sur les traitements postérieurs. ❖ Le permanganate est efficace contre certain virus.	❖ L'usage du permanganate de potassium nécessite un temps de contact relativement long. ❖ Le permanganate de potassium à tendance à donner une coloration rose à l'eau. ❖ C'est un produit toxique irritant pour la peau et les muqueuses. ❖ Certain dangers existent lors de la préparation des solutions. ❖ Les surdosages ont des conséquences sur la santé humaine (jaunisse, pression artérielle).

3. Désinfection par les ultraviolets

Les UV permettent d'obtenir une bonne désinfection et même une action virulicide poussée à condition d'être appliquée à une couche d'eau de faible épaisseur, sous une puissance suffisante.

L'eau doit être claire, non turbide, non colorée, dépourvue de fer, de colloïdes organiques ou de microorganismes. Ces conditions étant remplies toutes cellules vivantes actives ou sporulées, atteintes par les UV meurent ou tout au moins ne peuvent plus se reproduire ni agir sur le milieu ambiant. La longueur d'onde germicide est 253,7 nanomètres (nm).le tableau 03 montre les avantages et les inconvénients des ultraviolets (BEAUDRY ; 1984)

Tableau N°3: Avantages et les inconvénients des ultraviolets (FIGRARELLA & LEYRAL, 1999)

▪ Avantages	▪ Inconvénients
❖ Très efficace contre les bactéries et virus à faible dosage. ❖ Production minimale de sous produits de désinfection.	❖ Les eaux fortement chargées en fer, calcium, phénols, avec une turbidité élevée ne se prête pas au traitement UV. ❖ Effet non rémanent.

4. Désinfection par chlore

Le chlore ou ses dérivés sont fréquemment utilisés afin d'assurer la désinfection de l'eau potable. Malgré la production de sous-produits de désinfection (SPD) tels que les THM, la chloration représente un progrès majeur dans le traitement de l'eau et la protection de la santé publique. En effet, le chlore assure la destruction ou l'inactivation de nombreux microorganismes pathogènes.

Le chlore appartient à la famille chimique des halogènes. Les désinfectants à base de chlore sont des oxydants. En tant qu'oxydants ils captent les électrons à partir du matériel ou des enzymes cellulaires bactériennes, entraînant la mort de l'organisme. Elle est représentée dans la Figure 08.

Quelle que soit la forme sous laquelle il est introduit, une fois dans l'eau, le chlore entraîne la formation d'acide hypochloreux (HOCl) (DESJARDINS, 1990). Représenté dans la figure 08

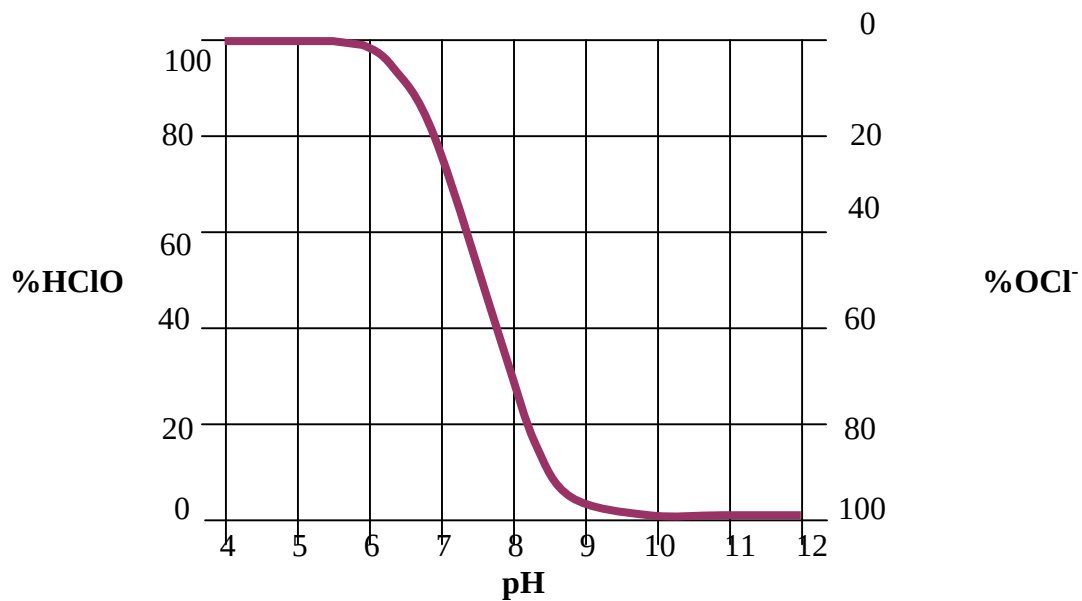


Figure 8: Concentrations relatives en acide hypochloreux et en anion hypochlorite en fonction du pH à 15°C. (CARDOT, 1999).

En tenant compte de toutes les formes de chlore présentes en solution, on a dû définir les notions de chlore total, de chlore résiduel et combiné (MASSACHELEIN, 1997), représenté en Figure 09.

- **Chlore résiduel libre** : Représente la somme des concentrations des espèces Cl_2 , OHCl et ClO^- .
- **Chlore combiné** : Est formé par les chlores amines minérales et organiques.
- **Chlore résiduel total** : Est la somme du chlore libre et combiné.

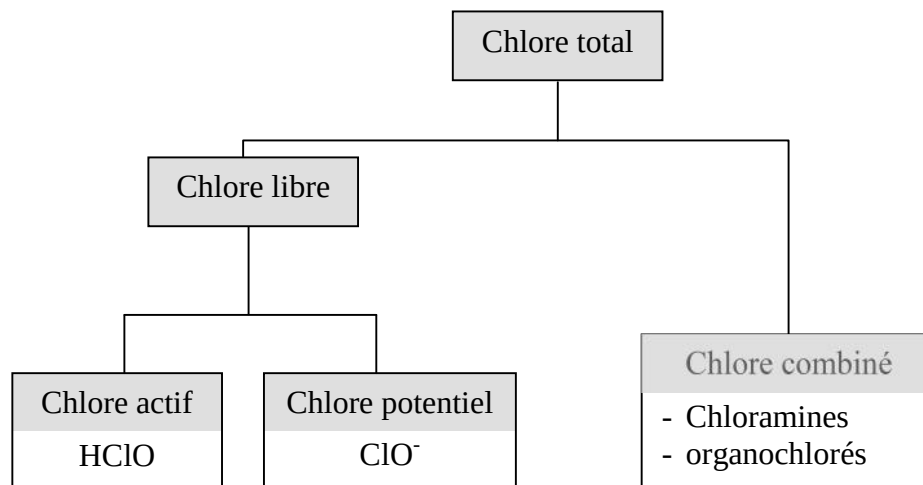


Figure 09 : différentes formes du chlore (MASSACHELEIN ,1997)

4.1. Demande en chlore actif

C'est la quantité de chlore nécessaire à introduire dans l'eau pour qu'il reste une trace de chlore libre après deux heures de contact.

La mesure s'effectue en versant dans une série de flacons de 1 litre, contenant l'eau à examiner, des doses croissantes de chlore. Après un temps de deux heures, on introduit dans chaque flacon quelques cristaux d'iodure de potassium et 2 ml d'empois d'amidon.

La dose chlore à introduire dans l'eau est celle du premier flacon qui présente une légère coloration bleue. Le chlore injecté dans l'eau se trouve sous trois formes : libre, combiné ou total.

- on appelle le chlore libre résiduel le chlore actif sous forme de chlore d'acide hypochlorite ou d'ion hypochloreux.
- On appelle le chlore actif combiné ou chlore combiné les dérivés du chlore libéraient par hydrolyse, en milieu aqueux, du chlore actif libre, en particulier les chloramines.
- Ainsi le chlore actif total ou tout simplement le chlore total, comprend le chlore libre et le chlore combiné. (HARRAT.2013).

4.2. Propriétés de chlore et ses dérivés

Le chlore existe dans la nature sous forme combinée, principalement avec le sodium sous forme de chlorure de sodium (NaCl) qui n'est autre que le sel de cuisine. En générale le chlore est préparé par l'électrodialyse du chlorure de sodium sous forme aqueuse ou fondue ; après séchage, il est liquéfié par compression et refroidissement.

Le chlore gazeux ou liquide est stable et peut être stocké dans des réservoirs en acier à température ambiante pour une longue durée. Il est maintenu liquide grâce à une interdépendance pression-température bien définie, et c'est sous cet état qu'il est transporté.

Le chlore est inflammable, non explosif et non conducteur d'électricité. Il réagit spontanément avec la plupart des éléments simples ou composés, à température ambiante. (HARRAT ; 2013).

a. Chlore gazeux (Cl_2)

Le chlore (Cl_2) est un gaz jaune verdâtre, qui se liquéfie par refroidissement et par compression. Un Kg de chlore dans les mêmes conditions de température et de pression, donne naissance à 314 litres de chlore gazeux et à un litre de chlore liquide correspond à 456 litres de gaz. ; Sa solubilité dans l'eau dépend de la température chlore par litre d'eau à 20°C.

Le chlore (Cl_2) à un fort pouvoir oxydant, il favorise la destruction des matières organiques, il a une action germicide par destruction des diastases indispensables à la vie des microbes (BOUZIANI, 2000).

b. Dioxyde de chlore (ClO_2)

Le dioxyde de chlore est un oxydant et un désinfectant puissant, efficace pour l'inactivation des bactéries, virus et protozoaires pathogènes. Cependant les mécanismes qui gouvernent son action désinfectante ne sont pas encore bien connus et ils semblent différer selon le type de microorganisme.

Le dioxyde de chlore ClO_2 présente plusieurs avantages comparativement au chlore et aux autres désinfectants. Contrairement au chlore, il demeure sous sa forme moléculaire dans les limites de pH typiques des eaux naturelles, il est plus efficace pour inactiver certaines

bactéries, telles que *B. subtilis*, *B. mesentericus*, et *B. megatherium*, et les kystes de protozoaires (BOUZIANI ;2000).

Cependant, bien que l'utilisation du dioxyde de chlore permette de réduire la formation de THM, il entraîne la formation d'autres sous-produits de désinfection, tels que les chlorites et chlorates. De plus, la désinfection au dioxyde de chlore est généralement plus cher et plus compliquée à effectuer que celle du chlore, celui-ci devant être synthétisé sur place (CAUTHIER FANNY.2002).

c. Hypochlorite de sodium (NaOCl)

L'hypochlorite de sodium en solution commerciale basique ou eau de javel, est un liquide jaune verdâtre dont le pH est compris entre 11,5 à 13, C'est la forme solubilisée du chlore gazeux dans la soude avec une quantité équimolaire d'ion chlorure et d'ion hypochlorite (à ce pH). Son titre (ou concentration) est exprimé en degrés chlorométriques ($1^\circ = 3.17\text{g Cl}_2 / \text{l}$). Pour l'eau de javel industrielle, ce titre est généralement compris entre 47 et 50° chlorométriques (soit 149 à 159 g de Cl_2 par litre d'eau de javel). L'eau de javel est relativement instable et son exposition à la lumière et /ou à la température ou encore la diminution du pH entraîne une diminution significative de son titre, sans diminuer la concentration en impuretés (LEGUBE, 2015).

4.3. Chloration au break-point

La chloration « au point de rupture » ou break point est un procédé qui permet de maintenir le taux de chlore libre à un niveau suffisamment élevé que pour permettre la conversion des chloramines et des composés organiques azotés en azote gazeux inerte, représenté dans la figure 10 (CARDOT, 1999).

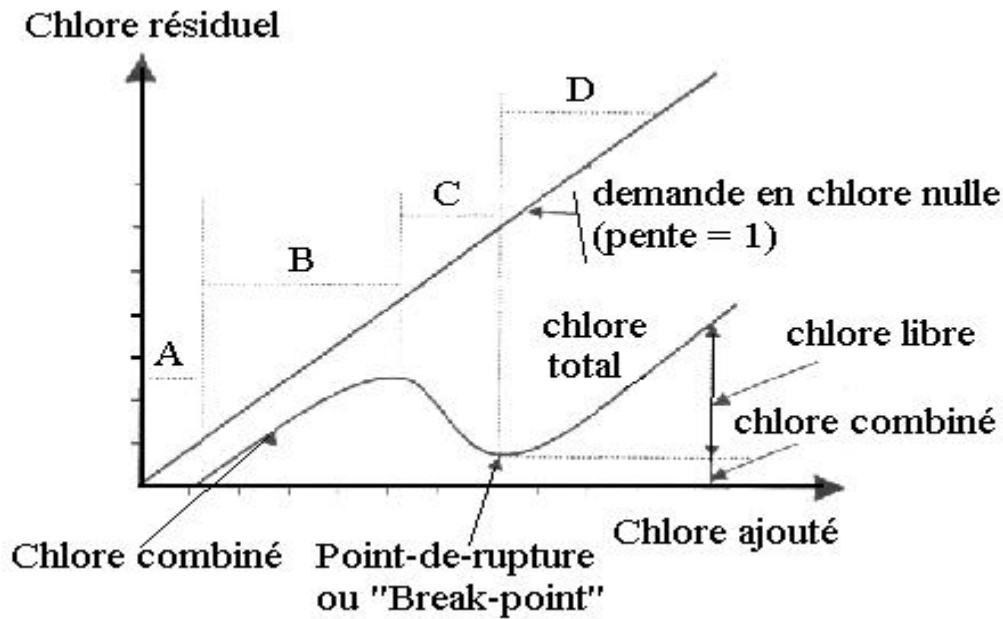


Figure 10 : Break point (HARRAT ; 2013)

Avec,

- A:** Destruction du chlore par les composés minéraux,
- B:** Formation de composés chlorés organiques et de chloramines,
- C:** Destruction des chloramines par ajout de chlore supplémentaire,
- D:** Production de chlore actif.

La Chloration au break-point entraîne la disparition totale de l'ammoniaque.

4.4. Principe de fonctionnement des produits chlorés

Les produits chlorés (eau de javel, chlore) ont un grand effet bactéricide grâce à leur pouvoir oxydant qui permet la destruction des germes pathogènes.

La désinfection à l'eau de javel est simple à mettre en œuvre. Livrée sous forme liquide, elle est stockée dans une cuve avant d'être reprise par une pompe doseuse pour être injectée dans le bassin de contact où transite l'eau à désinfecter.

Le chlore gazeux est livré et stocké sous forme liquéfiée dans des bouteilles (ou tanks) sous pression. Par connexion sur la bouteille, le chlore gazeux est soutiré pour être mélangé grâce à un hydro-éjecteur à une eau de service, ce qui permet la production d'eau chlorée.

Celle-ci est injectée dans le bassin de contact. La figure 11 présente la désinfection par le chlore (Document technique, 2006).

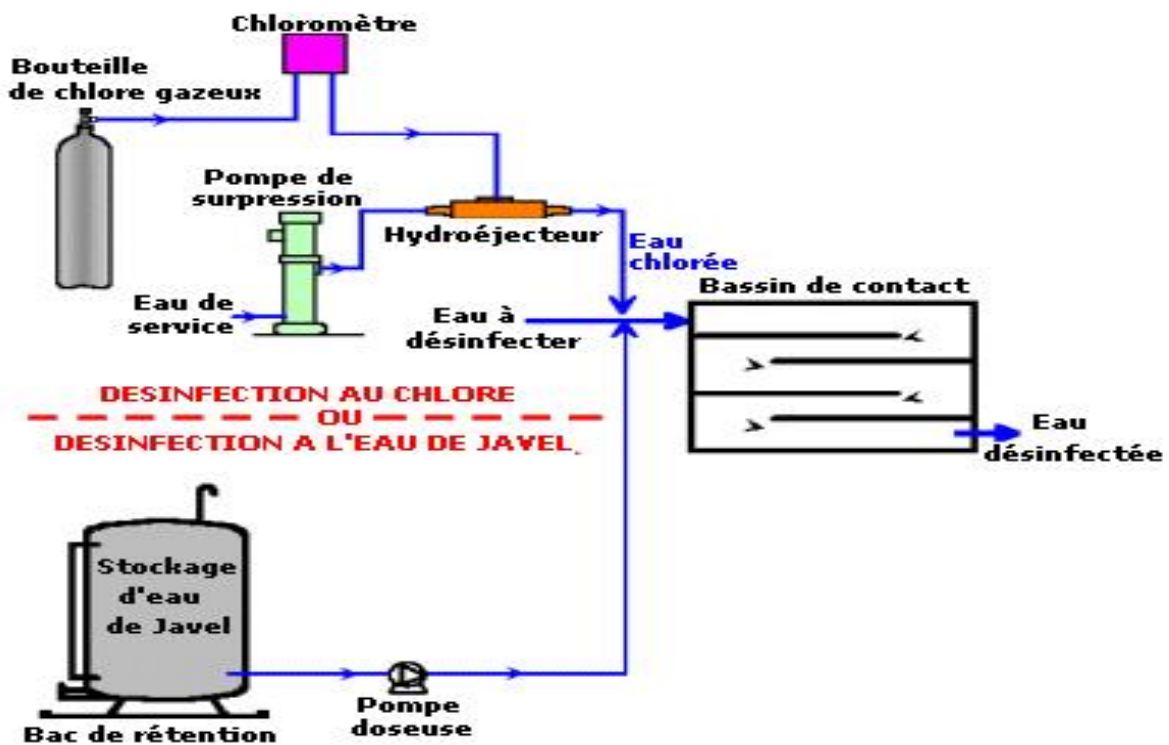


Figure 11 : Désinfection par chloration (Journée de sensibilisation sur la désinfection de l'eau et des ouvrages hydrauliques, Juin 2000).

4. 5. Action du chlore sur les micro-organismes

Le chlore particulièrement sous sa forme acide hypochloreux est un biocide puissant. L'efficacité du chlore en tant que bactéricides est reconnue de même que son action virulicide notable pour l'inactivation des entérovirus pathogènes. En revanche, son effet sur les microorganismes parasites notamment enkystés est négligeable (DEGREMEONT, 2005).

Pour le chlore, le maintien d'un taux de 0,5mg/l de chlore libre, pendant un temps de contact de 30mn, permet d'éliminer les bactéries pathogènes et les virus de la poliomyélite (DUGUET *et al*, 2006).

4. 6. La dose de chlore nécessaire pour d'une bonne désinfection

Le taux de chlore libre actif à maintenir dans l'eau est de 0,2 à 0,6g/m³ après un temps de contact supérieur à 15mn pour l'action bactéricide et un taux supérieur à 0,8g/m³ après un temps de contact supérieur à 45mn pour l'inactivation des virus. Pour assurer une présence plus ou moins durable du chlore libre dans l'eau traitée, il faut donc appliquer une dose de chlore supérieur à celle de la demande ne chlore (DUGUET *et al*, 2006).

D'une manière générale, les installations de chloration ou de javellisation doivent être réglées en rapport avec la dose à injecter et le temps de contact à respecter. Le tableau 12 représente le temps nécessaire pour la destruction des E. colis.

Tableau 12: Temps nécessaire à la destruction de 99% d'E.coli en fonction de la forme de chlore pour une même quantité de produit (CARDOT, 1999).

Forme de chlore	Temps nécessaire à l'inactivation
HOCl	1minute et 40 secondes
OCl ⁻	40 minutes
Monochloramine	Plus de 8 heures

4.7. Réactions des produits chlorés dans l'eau

Les produits chlorés comme beaucoup de désinfectants sont des oxydants très puissants; ils réagissent rapidement avec un certains nombre de matières minérales et organiques contenues dans l'eau du bassin par des réactions de chloration, d'oxydation ou des réactions biochimiques. (DEGREMEONT, 2005).

Les réactions biochimiques du chlore lui permettent de détruire les bactéries et certains virus, ainsi que d'inhiber le développement d'algues.

Les réactions d'oxydation s'effectuent, par exemple, avec des cations tels que le fer ou le manganèse ou avec des anions tels que cyanure, nitrite et sulfure. Certains ions métalliques

(Fer, manganèse,...) présents dans l'eau de distribution ou résultants de la corrosion des canalisations sont facilement oxydés : l'eau du bassin peut alors prendre une teinte brune ou noire si leur teneur dans l'eau devient trop importante. (BELLOUNDJA & OUKACI 2005).

Le chlore réagit avec les substances organiques non azotées pour donner en faible quantité, des composés haloformes dont le plus connu est certainement le chloroforme.

Le chlore réagit également avec les matières organiques, telles que les protéines, et donne des réactions de chloration avec l'ammoniaque (NH_4OH), ces réactions aboutissent à la formation de chlore combiné organique

Le développement de ces réactions dépend du rapport des réactifs mis en jeu (en pratique du rapport chlore/azote), du pH et des possibilités d'hydrolyse ou d'interaction entre les produits formés (BELLOUNDJA ; 2005)

4. 8. Effet et conséquence du chlore

Le chlore est un gaz suffocant, la présence d'une petite quantité de gaz dans l'air entraîne une irritation des muqueuses, des yeux et du système respiratoire.

Des concentrations élevées entraînent la mort par suffocation dans une atmosphère contenant du chlore gazeux, on ne doit procéder qu'à des inspirations brèves et peu profondes.

Les effets du chlore ne sont pas cumulatifs et une faible exposition ne laisse pas de séquelle. Le tableau 13 présente les avantages et les inconvénients du chlore (AUBREY, 2005).

Tableau 13 : Les avantages et les inconvénients du chlore (FIGRARELLA & Guy LEYRAL, 1999)

Avantages	Inconvénients
❖ Oxydation du fer et du manganèse. ❖ Améliore le traitement de la couleur de l'eau. ❖ Peut améliorer la coagulation, et par conséquent la filtration. ❖ Biocide efficace. ❖ Le chlore est la solution la plus facile à mettre en œuvre et la moins coûteuse, malgré la taille des systèmes. ❖ Il s'agit de la méthode la plus utilisée, et par conséquent, la plus connue. ❖ Le chlore est disponible sous formes d'hypochlorite de calcium et de sodium. Les hypochlorites sont plus faciles à utiliser que le chlore gazeux et moins dangereux. Les équipements requis sont également moins importants. ❖ Le chlore a un effet rémanent.	❖ Formation de sous produits halogénés. ❖ Après traitement, l'eau peut avoir un goût et une odeur désagréables, selon les doses utilisées. ❖ Le chlore est un gaz corrosif. ❖ Les hypochlorites sont plus chers que le chlore gazeux. ❖ L'hypochlorite de sodium doit être conservé dans un endroit sec et frais, afin d'éviter les réactions dues à l'humidité et à la chaleur. ❖ Des solutions hautement concentrées en hypochlorites sont instables et génèrent la production de chlorate. Des sous produits oxygénés biodégradables peuvent être produits, et ainsi favoriser la croissance bactériologique si le taux de chlore résiduel n'est pas maintenu.

4.9. Trihalométhanés (THM)

Les trihalomethanes résultent de la réaction de débris organiques avec le chlore ou le brome, principalement on appelle ces composés organiques des précurseurs de sous produits de désinfection. Ils causent des cancers. Il n'y a pas de méthode efficace de les éliminer. Il faut donc éliminer les précurseurs, donc éviter d'utiliser le chlore (ANNONYME 1).

Les THM (ou haloformes), surtout représentés par le chloroforme CHCl_3 , résultent d'une réaction entre le chlore libre et des « précurseurs » organiques comme les acides humiques ou les métabolites d'algues ; ils seraient cancérigènes (FIGRARELLA & Guy LEYRAL, 1999)

- le chloroforme : CHCl_3
- le dichlorobromométhane : CHBrCl_2
- le bromoforme : CHBr_3 ;
- le dibromochlorométhane : CHClBr_2

La formation de THM augmente lorsque le pH est élevé et diminue lorsqu'il est faible. (FIGRARELLA & Guy LEYRAL, 1999)

4.10. Maladies à transmission hydrique

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie, elle véhicule en particulier nombre de microorganisme, bactéries, virus et protistes en tout genre. Or tels organismes peuvent engendrer des maladies parfois graves lorsqu'ils pénètrent dans le corps humain. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégiée de ces maladies que l'on dit hydriques (AUBREY 2005).

Les maladies liées à l'eau sont une tragédie humaine. Il s'agit de plusieurs groupes d'affection qui tuent des millions d'individus (BONTOUX, 1993).

Les maladies à transmission hydrique constituent un groupe de maladies à allure épidémique (choléra, fièvre typhoïde,...) dont la symptomatologie est le plus souvent digestive (diarrhées, vomissements...) et dont la nature et la propagation sont liées à divers paramètres, comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène (AUBREY, 2005).

4.11. Stockage du chlore

Tous les produits de désinfection doivent être stockés à l'abri de :

- La lumière
- L'humidité
- La chaleur

Parmi ces produits le chlore qui doit être stockés parce qu'il est un produit corrosif et très dangereux, en raison des quantités à mettre en œuvre, à manipuler et stockée lors du traitement des eaux, son utilisation on impose l'observation des règles de sécurité.

Le stockage du chlore doit se faire loin de toute source de chaleur (radiateur) ou matériaux inflammables (DESJARDINS, 1990).

Il est conseillé d'équiper le local d'un détecteur de chlore et d'un ventilateur. En cas de fuite de chlore, le système de détection fait fonctionner automatiquement une alarme.

Le dispositif de lavage, comportant un système d'aspiration de gaz et une installation d'absorption, est alors mis en service automatiquement ou manuellement (DESJARDINS, 1990).

5. Comparaison de différents procédés de désinfection

Il existe différentes classifications des désinfectants et parmi les principaux utilisés en eau potable sont : le chlore, l'ozone et l'UV. Le tableau ci-dessous présente une comparaison entre ces trois principales désinfectantes (MILOUS, 2011). Le tableau 14 représente une comparaison entre les principaux modes de désinfection des eaux.

CONSIDERATIONS	CHLORATION	OZONATION	RAYONNEMENT ULTRAVIOLET
Inactivation bactérienne	bonne	bonne	bonne
Inactivation virale	faible	bonne	bonne
Réactivation possible	oui	non	oui
Toxicité pour la vie aquatique	élevée	faible	non
Formation de produits secondaires nuisibles	oui	faible	non
Corrosif	oui	oui	non
Risque pour la sécurité publique	oui	non	non
Risque pour le personnel exploitant	élevé	modéré	faible
Transport requis	modéré	non	non
Complexité de la technologie	modéré	élevée	faible
Facilité de contrôle du procédé	bien connue	en développement	en développement
Fiabilité des équipements	bonne	passable	bonne
Applicable à quelles stations d'épuration	toutes les tailles	grosses stations	petites et moyennes (de plus en plus pour les grosses)
Niveau de prétraitement requis	aucun(2)	secondaire	secondaires (projets en cours pour primaires)
Entretien requis	minime	élevé	variable
Coûts totaux	faibles	élevés	modérés

Tableau 14 : comparaison des principaux modes de désinfection des eaux (MILOUS, 2011)

Conclusion

La désinfection c'est l'étape ultime du traitement des eaux de consommation avant distribution. Elle permet d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes de l'eau. Ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction de tous les organismes vivant dans un milieu donné.

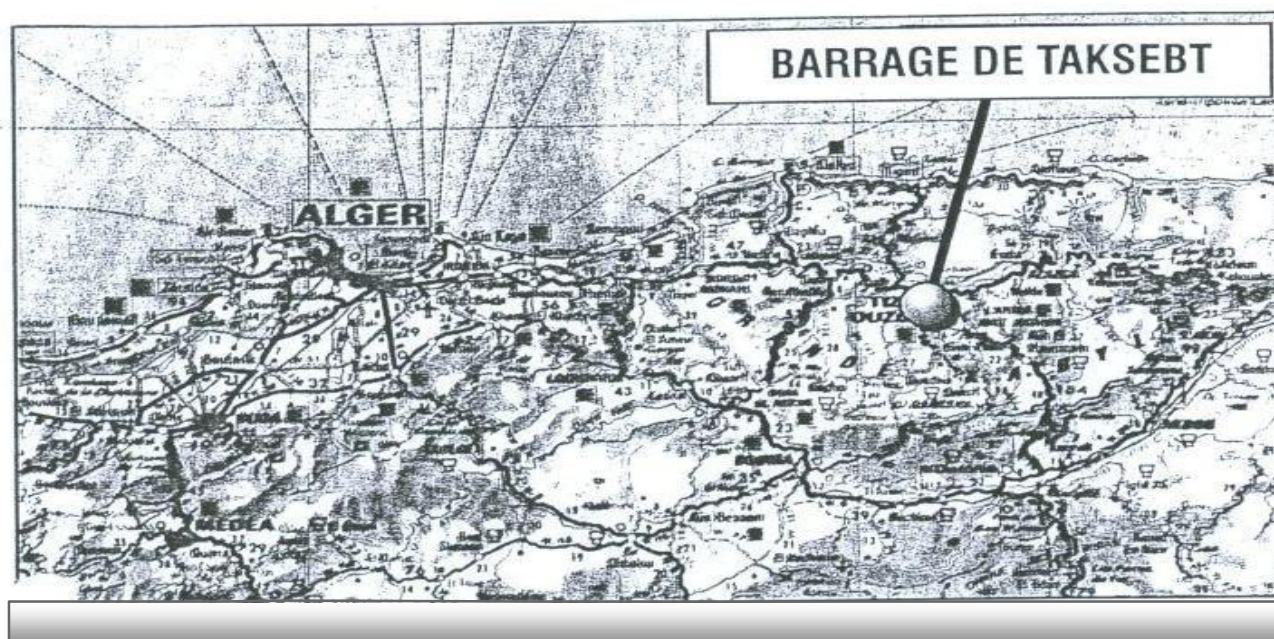
Introduction

Les eaux naturelles, s'approche actuellement de leurs limites qualitatives et quantitative, notamment l'eau de surface, qui ne peut être directement utilisable, pour la consommation humaine ou pour l'industrie. En effet, lors de sa circulation dans le sol, à travers les différents compartiments, l'eau étant un solvant universel, se charge de matière solubles ou en suspension qui peuvent être indésirables ou même toxiques. Ce constat impose de faire une analyse des différents paramètres de qualité physico-chimiques et biologiques qui nous permettront de classer les eaux en différentes catégories en fonction de leur qualité et ce afin d'établir leur usage et le type de traitement le plus adéquat (HARRAT ; 2013)

1. Présentation de la station TAKSEBT

Le barrage de TAKSEBT est situé sur l'OUED AISSI, affluent du Sébaou, à environ 7Km au sud-est de la ville de Tizi-Ouzou et 100 km à l'est de la ville d'ALGER, représenté dans la figure 12.

Figure 12 : Localisation du Barrage de TAKSEBT (Tizi-Ouzou)



La retenue créée par le barrage a une capacité de 175 millions de m^3 permettant une régularisation de 180 millions m^3 , destinée à l'alimentation en eau potable et répartie comme suite représenté en figure 13 :

- 173 000 m³ / jour pour Tizi-Ouzou
- 60 000 m³ / jour pour BOUMERDES
- 235 000 m³ / jour pour Alger



Figure 13 : barrage de TAKSEBT, (Station de traitement TAKSEBT, 2013)

1.1. Description et fonctionnement de la station

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

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

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

1.2. Présentation de la station de traitement TAKSEBT

La station de traitement des eaux de surface se situe à environ 8Km du barrage de TAKSEBT. Elle occupe une superficie de 34 Hectares. Elle est conçue pour alimenter en eau potable les communes suivantes: FREHA, AZAZGA, DRAA-BEN-KHEDDA, centre willaya de Tizi-Ouzou et le grand ALGER. Le transport se fera de façon gravitaire depuis la station de traitement jusqu'au réservoir d'eau traitée de DRAA-BEN-KHEDDA, puis l'eau continue à être transférée à travers les conduites de fonte et tunnels jusqu'au réservoir de BOUDOUAOU (SUEZ DEGREMONT). La localisation géographique de la station de traitement de TAKSEBT est représentée par la Figure 14.



Figure 14: Localisation de la station de traitement TAKSEBT. (Google Earth 2013)

1.3. Capacité de la station

La production nominale de la station de traitement de TAKSEBT est de 605 000 m³/j équivalent à 7 000 l/s, basée sur un approvisionnement en eau brute de 616 000 m³/j.

La capacité hydraulique nominale de la station est de 647 000 m³/j, prenant en compte un débit recyclé de 5% du débit d'eau brute, le tableau ci-dessous présente les différentes caractéristiques et leur capacité journalière selon le tableau 15.

1. Tableau 15 : Caractéristiques de la station de traitement de TAKSEBT (DEGREMENT).

Caractéristiques	Capacités
Débit d'eau brute	616 000m ³ /j
Volume des boues extraites des clarificateurs	7 400 m ³ /j
Volume des boues extraites des filtres	3 600 m ³ /j
Production d'eau traitée	6050m ³ /j

1.4. Qualité de l'eau à l'entrée de la station

L'eau brute alimentant le barrage de TAKSEBT provient de l'oued AISSI et de l'oued BOUGDOURA. La conception de l'usine de traitement est basée sur les valeurs du tableau présenté dans les annexes.

La qualité de l'eau peut encore évaluer, car la couleur peut s'élever par développement de plancton en période chaude, et le pH peut s'abaisser ainsi que la teneur en oxygènes, si l'eau est prise en profondeur. Il est donc important que l'eau puisse être prise à différents niveaux pour, d'une part, éviter d'entraîner les matières décanables et d'autre part ne pas utiliser l'eau de surface en période algal ou l'eau est chaude.

Des variations sont possibles au moment du remplissage de la retenue, en cas de baisse de niveau ou en cas de retour (basculement) ces phénomènes provoquent l'apparition d'eau riche en fer et en manganèse sous forme soluble (DEGREMENT ; 2005)

1.5. Chaines de traitements

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

➤ **La station de traitement comporte**

❖ **Un ouvrage d'arrivée** : (arrivée de l'eau brute).

❖ **Chambre de mélange** : (appartient à l'ouvrage d'arrivée).

❖ **02 filières de traitement comprenant**

- **08 décanteurs** : (04 pour une filière).

- **24 filtres** : (12 pour une filière).

❖ **02 réservoirs de capacités 38000 m³.**

➤ **Pour le traitement des boues**

❖ **Traitement des eaux de lavage:** dessableur ; bâches de reprise des eaux de lavage.

❖ **Épaississement:** Bassin d'équilibre, épaississeurs.

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

❖ **Bâtiment de stockage des produits chimique**

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

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

❖ **Les réactifs utilisés**

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

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

❖ Chlore

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

❖ En chloration

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

❖ En post-chloration

Cette étape est obligatoire, l'injection a eu lieu en aval de la filtration. En générale, l'eau quelle ait subi ou non un traitement préalable et, même si elle set parfaitement limpide, elle se trouve souvent contaminée par des microbes pathogènes pour l'organisme humain.

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

Le chlore gazeux est prélevé a partir des cylindre et dose dans le bâtiment de chloration.de la, il est distribue suivant les besoins :

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

schéma 15 résume toutes les étapes de traitement de la station TAKSEBT :

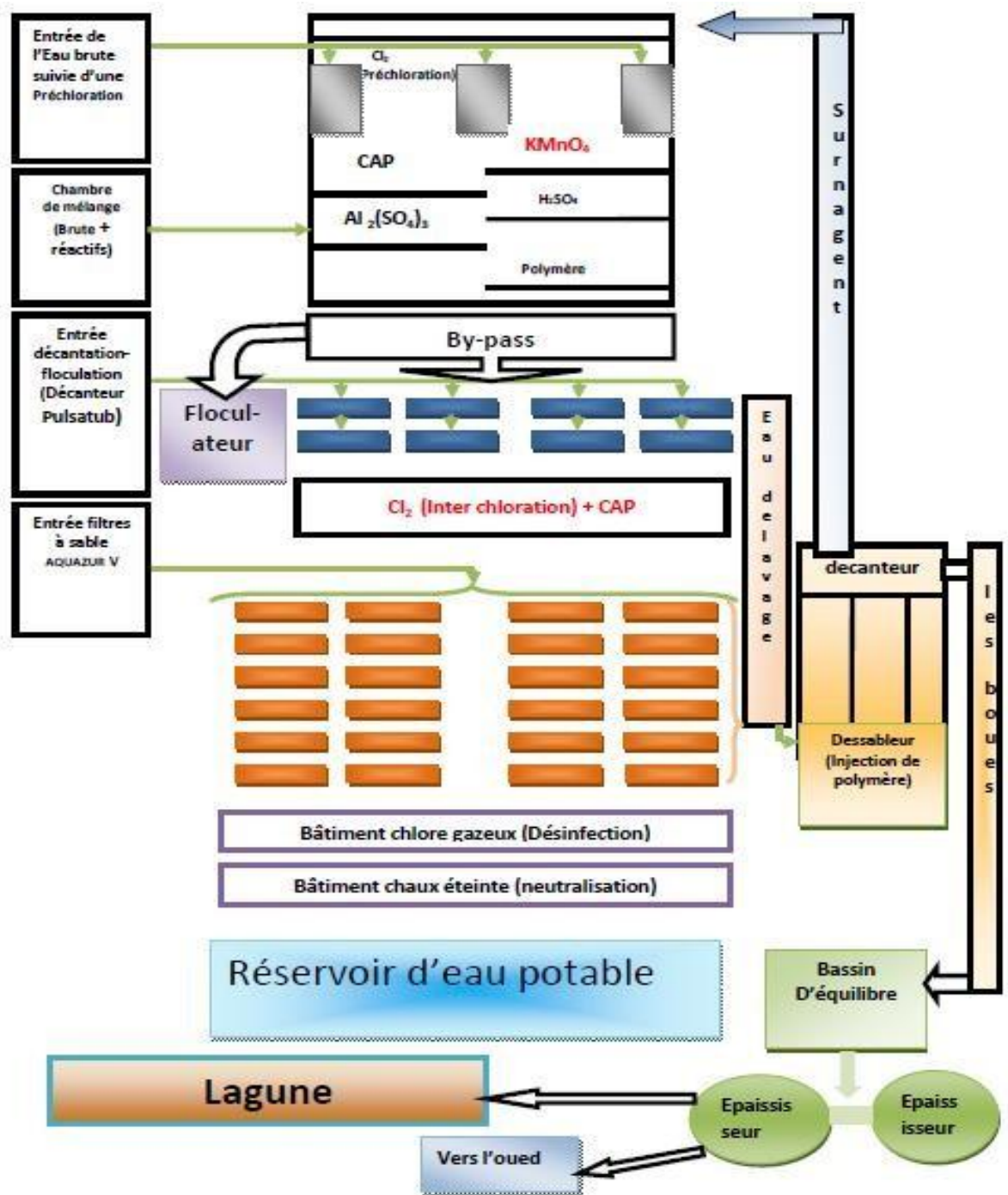


Figure 15 : Schéma générale de l'usine de traitement d'eau potable de la station TAKSEBT (Notice général d'exploitation destine au personnel de maitrise : Station de traitement des eaux. TAKSEBT).

1.6. Présentation des procédés de traitement de la station

1. Ouvrage d'entrée

L'arrivée de l'eau brute a la station de traitement de TAKSEBT se fait dans la chambre de dissipation qui possède un volume de 430 m^3 . L'eau surnageant des dessableurs est également retournée dans cette chambre. Son rôle principal est la tranquillisation de débit d'eau brute.

L'eau entrante subit une chute par-dessus un déversoir (voir la figure 16).

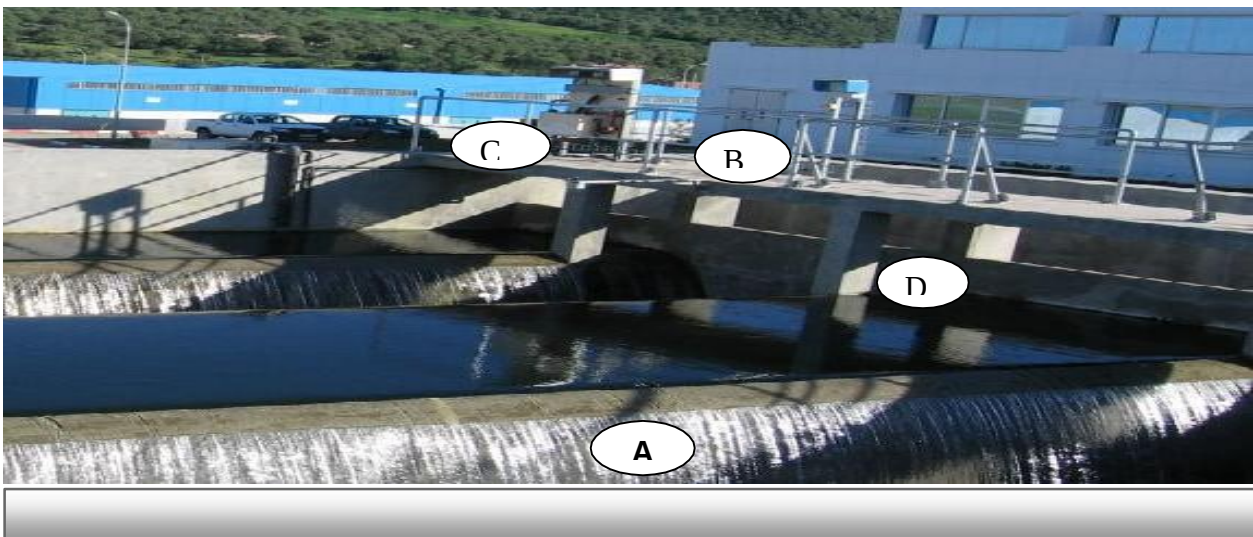


Figure 16: Chambre d'arrivée de l'eau brute

Le tableau 16 montre les indices et leurs descriptions

Tableau 16: Descriptions et leurs indices (Notice général d'exploitation destinée au personnel de maîtrise : Station de traitement des eaux. TAKSEBT).

Indices	Descriptions
A	Déversoirs d'arrivée d'eau
B	Mesure de niveau ultrasonique
C	Analyseurs de turbidité, conductivité et Ph

D	Déversoir de trop-plein
---	-------------------------

Au niveau de cette chambre s'effectue différentes injections, dans le sens du flux :

a. L'injection du chlore (pré coloration) ;(1 rampe d'injection commune pour les 2 filières)

Elle est utilisée pour limiter la présence d'organismes (algues, bactéries et planctons) susceptibles de proliférer dans les filières de traitement et les matières organiques. Cette opération oxyde une partie du fer et manganèse (Figure 17).

Le taux d'injection est déterminé par un test de « Demande en chlore » (voir annexe 1).



Figure 17: Injection de Cl_2 en pré-chloration

b. Charbon actif en poudre (CAP), (1 rampe d'injection pour chaque filière)

Il sert à contrôler le goût et l'odeur de l'eau en captant les micropolluants d'origine organique, (Figure 18).

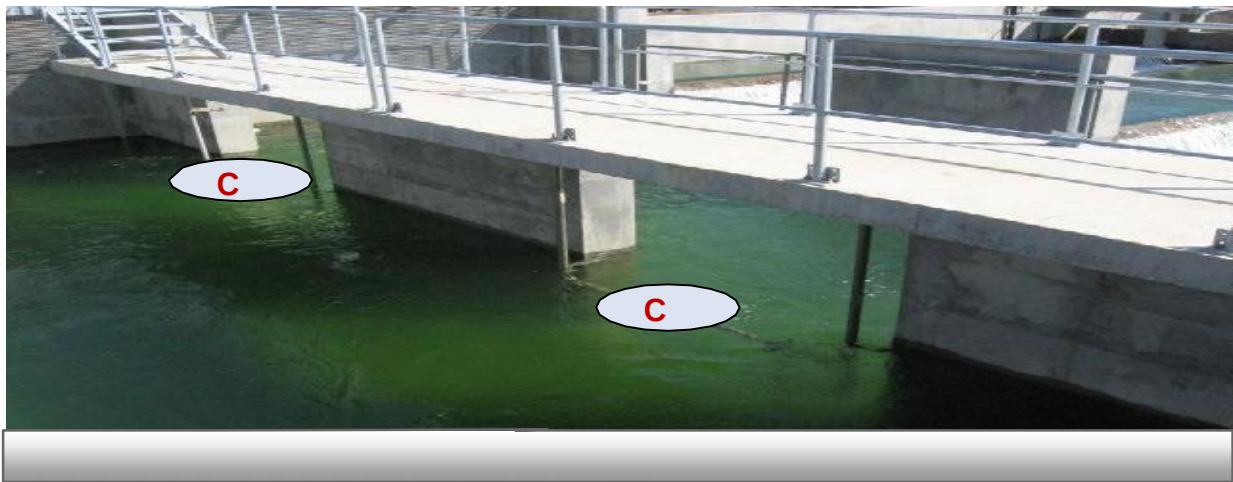
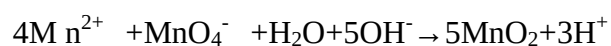


Figure 18: Injection de CAP

c. Permanganate de Potassium KMnO_4 , (1 rampe pour chaque filière)

Elle est utilisée pour la précipitation du manganèse ou contrôler la charge biologique.



Compte tenu de la qualité de l'eau brute du barrage de TAKSEBT, cette injection n'est pas effectuée car le taux de manganèse est faible varie dans la fourchette suivante :

$$0,025\text{mg/l} < \text{Mn} < 0,082\text{mg/l}$$

Toutefois, ce point d'injection est prévu en cas de détérioration de la qualité de l'eau du barrage avec le temps, (Figure 19)



Figure 19: Permanganate de Potassium

d. L'injection de Sulfate d'Alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ et Acide Sulfurique (H_2SO_4),
(1 rampe d'injection pour chaque filière)

L'injection d'acide sulfurique permet de réduire le pH pour pouvoir ajouter le sulfate d'alumine qui est utilisé pour coaguler les matières en suspension colloïdales très fines, la coagulation étant optimale à un pH proche de 6,4 à 7. Le pH de l'eau du barrage de TAKSEBT varie entre $7.50 < \text{pH} < 8,05$. Ainsi dans le cas où le pH est optimale l'ajout de l'acide sulfurique n'est pas nécessaire (Figures 20 et 21).

Le taux d'injection de l'acide sulfurique est déterminé par un test appelé : « le jars test ». Le mélange de ces produits chimiques est réalisé dans trois déversoirs vers la chambre de mélange, cette chambre qui possède un volume de 450 m^3 , permettant un mélange et un temps de contact suffisant.

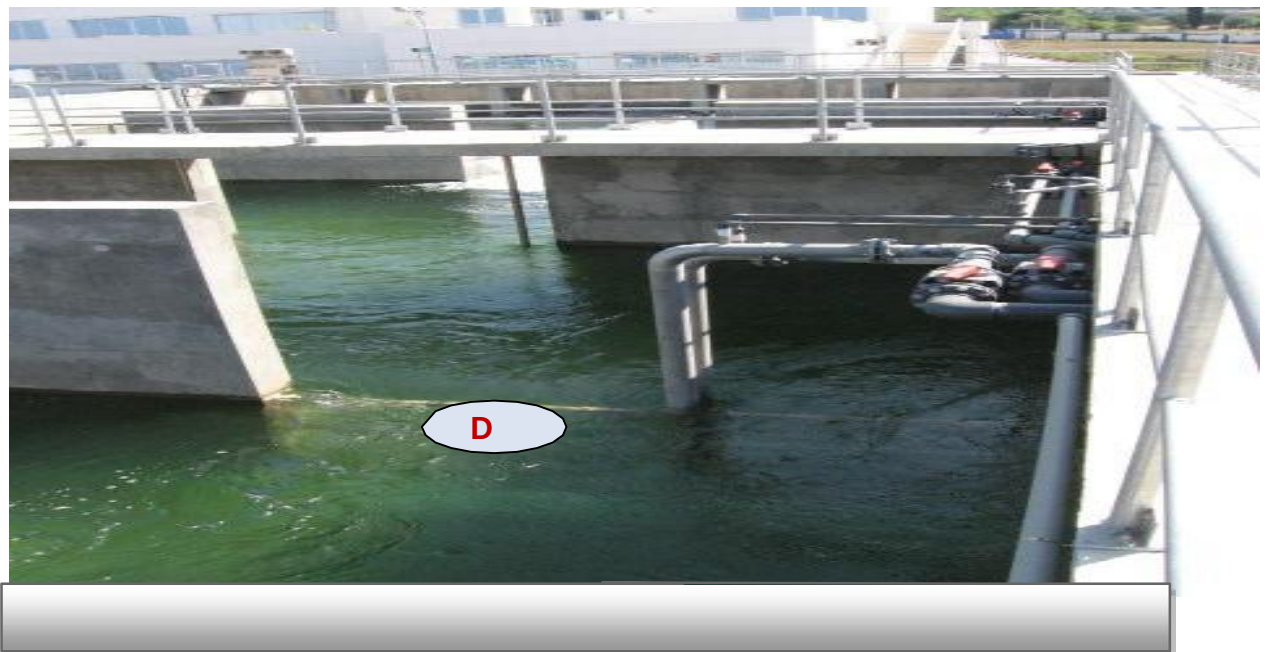


Figure 20 : Injection de Sulfate

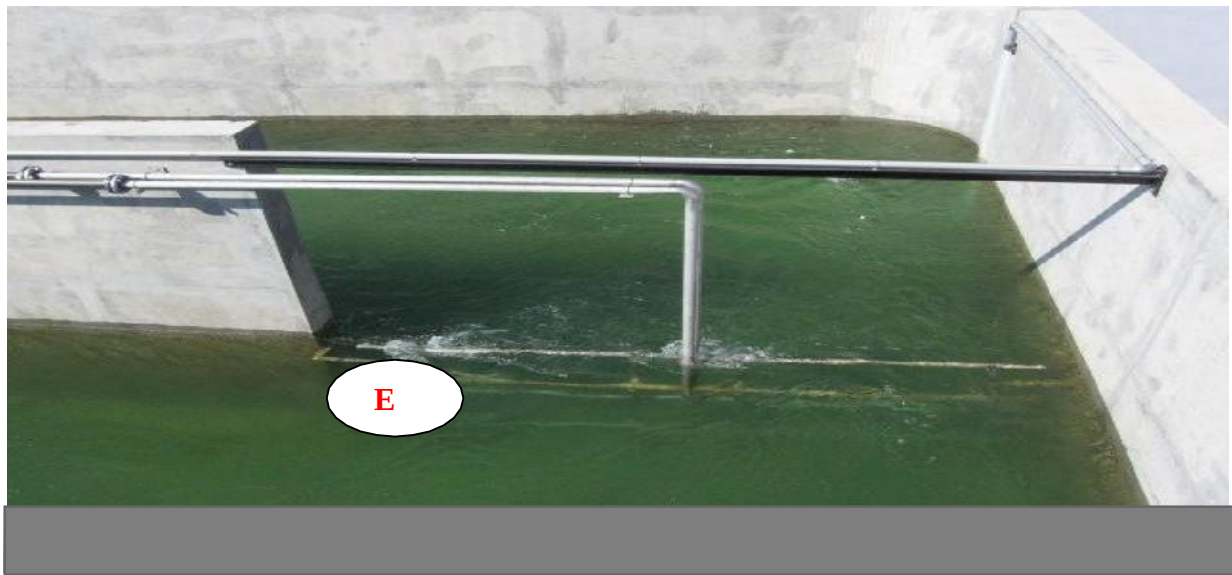


Figure 21: Injection de l'Acide sulfurique

2. Décantation

A la sortie de la chambre de mélange, il y a l'ajout de polymère (adjuvant de floculation). Pour faciliter la décantation, ensuite l'eau est répartie dans les décanteurs. La dose de polymère est déterminée par le « jar test » effectué au laboratoire.

L'objectif de la décantation est de séparer les particules floculées de l'eau clarifiée. Les particules colloïdales ne peuvent être décantées efficacement que si elles entrent en contact entre elles pour former des floccs de plus grande taille, comme le montre la Figure 22.

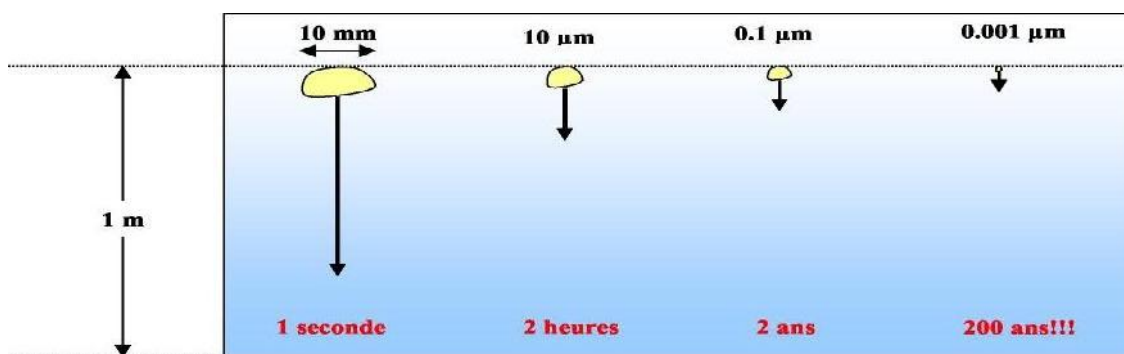


Figure 22: Schéma de la décantation naturelle.

Une partie des MES décantées est conservée au fond de l'ouvrage, formant un lit de boue. Présenté dans la figure 23.



Figure 23: Photos des Décanteurs (Pulsa tube).

3. Filtration

L'eau venant des décanteurs est répartie entre les 24 filtres à sable de granulométrie homogène (type Aquazur V), (Figure 23) Les filtres fonctionnent en alternance par groupe de 12.

Leur rôle est d'éliminer les matières en suspension par filtration. L'eau est ensuite filtrée par gravité à travers la couche de sable.

La rétention des matières solides continues dans l'eau provoque une obstruction progressive des interstices existant entre les éléments constitutifs de la matière filtrante, c'est donc le colmatage de filtre il doit être nettoyé pour le remettre en service.

Après l'injection du chlore à l'eau filtrée (post chloration), des cuve de contact débouchant sur le réservoir pour assurer un stockage avant distribution, et pour limiter le pouvoir corrosif de l'eau, de la chaux est injectée.



Figure 24 : filtres AQOUAZUR V (filtre à sable).

a. Nettoyage des filters

Avant la dégradation de l'eau filtre, (par modification de la turbidité, du pH et de la conductivité), les filtres subissent un cycle de lavage automatique pour éliminer les particules capturées.

La fréquence de ce processus dépend de la concentration en MES, du débit d'eau et la nature de la granulométrie du matériau filtrant (figure25), Ce cycle passe par 04 étapes:

1. vidange du filtre.
2. lavage avec un mélange d'eau et d'air à contre courant.
3. lavage avec de l'eau à grand débit.
4. Maturation.

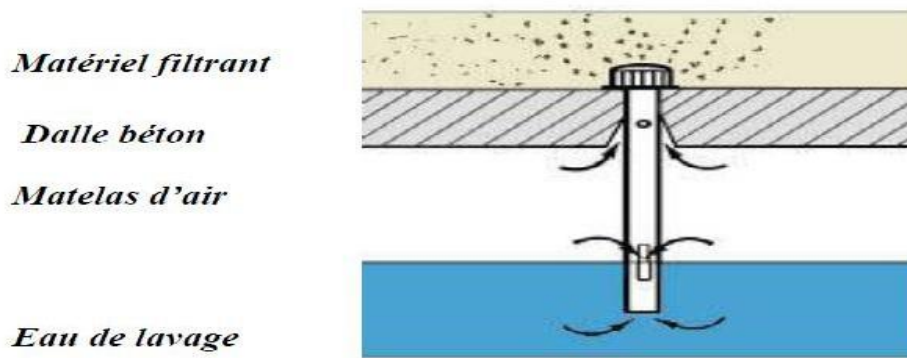


Figure 25. Fonctionnement des BUSELURES lors de la phase de lavage air+eau

b. Traitement des eaux de lavage

L'eau de lavage passe d'abord à travers deux pièges à sable, qui permettent de retenir le sable de filtration, éventuellement, emporté lors du lavage. L'eau est ensuite dirigée vers les bâches de reprise des eaux de lavage où le polymère anionique est injecté, Ces bâches fonctionnent suivant le cycle suivant:

- **Remplissage en eau sale :** c'est la seule étape pendant laquelle l'eau de lavage est admise
- **Décantation:** les boues se déposent au fond du l'ouvrage (décanteur)
- **Récupération des eaux surnageant:** l'eau est collectée vers une bache et pompée vers l'ouvrage d'entrée.

4. Épaississeurs et lagunage

Les boues du décanteur sont mélangées aux boues issues des lavages des filtres, dans le bassin d'équilibre (bassin tampons) permettant d'uniformiser le débit à acheminer vers les épaississeurs. Elles sont ensuite dirigées vers les épaississeurs afin de réduire le volume des boues rejetées par l'augmentation de leur concentration. Représente dans la Figure 26

Le tassage des boues au fond de l'ouvrage et la séparation de l'eau en surface (le surnageant) permet leur extraction vers les lagunes de stockage. Le surnageant est évacué vers le trop-plein et les boues sont évacuées vers les lagunes où elles vont se sécher naturellement.



Figure 26 : Épaisseur

5. Désinfection des réservoirs

A la sortie des filtres on trouve un point d'injection de chlore (poste chloration). Après cette opération l'eau est dirigée vers les cuves de contact où elle permet :

Un temps de contact suffisamment long entre l'eau et le chlore.

La dose de chlore initiale est appliquée dans la zone où le nombre d'organismes à estimer est le plus important.

Les cuves de contact débouchent sur les réservoirs d'eau traitée qui assurent un stockage de l'eau traitée avant distribution.

Sans oublier l'injection de l'acide ou de la chaux à la sortie des cuves de contact, avant le déversement de l'eau vers les réservoirs, afin de limiter le pouvoir corrosif de l'eau.

1.7. Qualité de l'eau à la sortie de la station

La station de traitement est conçue pour pouvoir assurer une alimentation fiable et continue en eau potable, exempte d'organismes pathogènes. Dans les conditions de qualité de l'eau contractuelles et d'une exploitation normale, la qualité finale de l'eau après traitement doit être conforme aux normes. (Voir annexe). (Notice général d'exploitation destine aux personnels de maitrise : Station de traitement des eaux. TAKSEBT).

2. Analyse et interprétation des résultats

La qualité de l'eau produite a été mise en évidence grâce aux tests organoleptiques, analyses physico-chimiques et microbiologiques.

2.1. Objectif

Notre étude est une contribution au suivie d'un des paramètres de désinfection qui est le chlore et ce, en amont et en aval de la station de traitement de TAKSEBT. Pour cela, nous avons étudié les différentes opérations de désinfection à travers les étapes mises en place à ce sujet dans la station. Comme on a aussi suivi avec précision les paramètres physicochimiques interférents de la désinfection afin de comprendre l'influence de chaque paramètre sur la qualité de l'eau. Ainsi que sur le suivie du chlore qui est notre but.

Notre stage pratique a été effectué du

La base de données utilisée comporte des valeurs enregistrées durant trois mois (Avril, Mai, Juin) 2017.

2.1. Le suivie du chlore est fait au niveau des étapes suivantes

- ❖ Eau après coagulation-floculation et décantation.
- ❖ Eau après coagulation-floculation et décantation suivie de :
 - Filtration sur sable.

- Filtration sur charbon actif.
- Filtration sur bicouche (charbon actif + sable).
- ❖ Eau après coagulation-floculation, décantation et préchloration.
- ❖ Eau après coagulation-floculation, décantation et une oxydation avec KMnO_4 .

2.3. Méthodes d'échantillonnage (prélèvement)

Au niveau de la station, le prélèvement s'effectue automatiquement à partir de plusieurs robinet (voir la figure 27), qui se trouvent dans le laboratoire d'analyse, ouvert 24h/24h pour ne pas modifier les paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques de l'eau. Les résultats d'analyse de tous les échantillons varient suivant les ouvrages du traitement des eaux.



Figure 27 : Différents points de prélèvement aux niveaux du laboratoire (TAKSEBT)

2.4. Matériels et produits utilisés au niveau de TAKSEBT

a. Matériels

- Jar-test à six béchers
- Turbidimètre HACH 2100N
- pH Mètre WTW
- Agitateur magnétique (VWR)
- Conductimètre, WTW avec terminal 740
- Spectrophotomètre HACH-LANGE DR 6000

- Rampe Santorius;
- Étuve réglable BINDER
- Balance analytique OHAUS AdventurerPro
- Micropipettes (100-1000µl)
- Filtre en acétate de cellulose (0,45µm de diamètre des pores)
- Capsule en porcelaine, dessiccateur, pissette, tubes à essai
- Verreries: béchers, pipettes, erlenmeyers
- Pissettes
- Poires
- Papier hygiénique, ciseau
- Barreau magnétique
- Chronomètre
- Distillateur

b. Produits utilisés

- Sulfate d'alumine
- Polyélectrolyte
- Charbon actif
- Acide sulfurique
- Acide acétique
- Thiodène
- Méthyle orange
- L'eau distillée
- La diethyl-p-phénylène diamine (DPD)
- Solution d'acide nitrique
- Solution de nitrate de mercure $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$
- Solution de nitrate d'argent HgNO_3
- Solution d'acide phosphorique H_3PO_4
- Solution de persulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$
- Solution mère de manganèse
- Acide chlorhydrique HCl
- Solution d'acétate d'ammonium $\text{CH}_3\text{COONH}_4$

- Solution de persulfate de potassium $K_2 S_2 O_8$
- Solution de chlorhydrate de phénanthroline $C_{12}H_9 Cl N_2$
- Solution mère de fer
- Solution d'acide oxalique
- Solution de permanganate de potassium $KMnO_4$

2.5. Paramètres analysés

❖ Demande en chlore:

Introduire dans une série de 09 flacons, 1 litre d'eau brute, traiter ces échantillons par des doses croissantes de chlore, fermer soigneusement les flacons, agiter, les conserver dans un endroit frais et sombre. Après un temps de contact variant de 15 à 30 min, mesurer la quantité de chlore résiduel dans chaque flacon.

Résultats de la détermination de la demande en chlore représenté dans le tableau 17

N° du flacon	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Volume d'eau brute en ml	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Chlore injecté en mg/l	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2
Chlore résiduel en mg/l après un temps de contact de 30 mn	0,190	0,284	0,374	0,510	0,477	0,323	0,370	0,433	0,528

Tableau 17 : Résultats de la demande en chlore

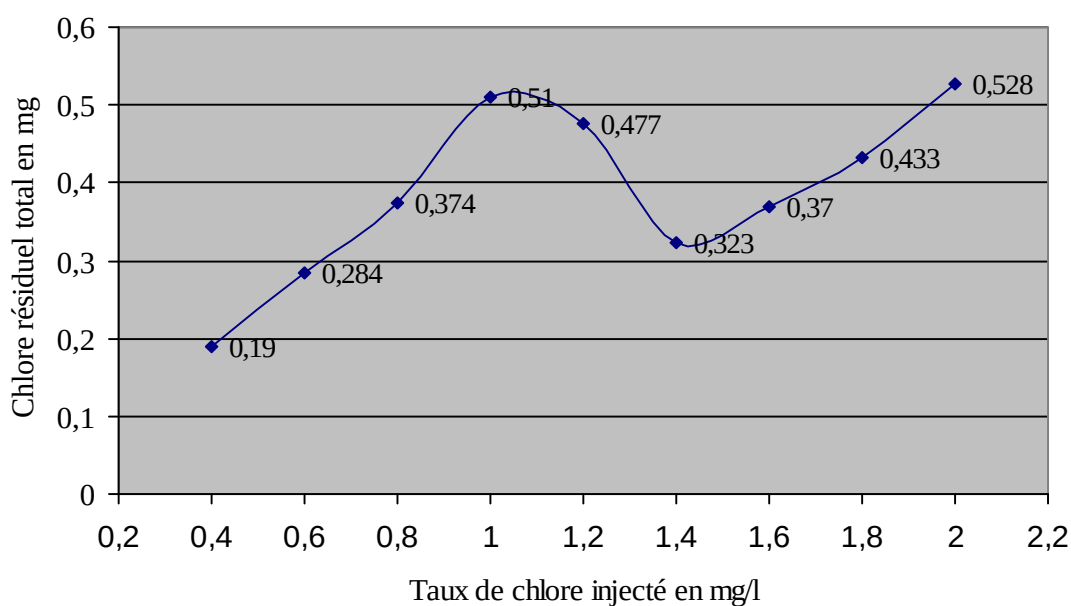


Figure 28 : Courbe de la demande en chlore.

Interprétation

Le break point correspondant est de 1,4 mg/l.

On choisirait un taux de chlore supérieur à celui du break point car c'est à partir de ce taux que le chlore apparaît et agit sur les microorganismes. Ainsi, il devrait être supérieur à 1,4 mg/l.

❖ Dosage du chlore libre

Après coagulation-floculation, on laisse décanter pendant 45 minutes puis on siphonne notre échantillon afin de ne récupérer que le surnageant.

Après le siphonage, soit on procède à la filtration ou non selon l'essai.
On injecte la demande en chlore trouvée dans la station (2,5 ppm) dans un litre d'eau siphonnée dans des flacons en verre teintés, puis on suit la rémanence après un temps de contact.

Avant l'injection de chlore, il faut vérifier le degré colorimétrique de notre eau de Javel.
Les méthodes d'analyse de chaque paramètre sont décrites dans l'**annexe N°1**.
Les résultats de l'évolution de chlore en fonction de temps sont représentés dans les tableaux dans les **l'annexes N°2**.

❖ Mode opératoire

- Remplir une cellule en verre de 10 ml avec l'échantillon
- Essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans l'appareil en dirigeant le trait de remplissage de la cellule au trait indiqué sur l'appareil
- Sélectionner (zéro) indication à l'écran : 0,00 mg /l Cl₂

❖ Préparation de l'échantillon

- Remplir une cellule de 10 ml de l'échantillon à analyser
- Transférer le contenu du réactif (DPD1) dans la cellule ;
- Agiter la cellule pendant 20 secondes pour homogénéiser. Une coloration rose apparaîtra en présence du chlore libre après l'adjonction du réactif.
- Essuyer l'extérieur de la cellule contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de la cellule, appuyer sur (Read).

❖ Expression des résultats

- Les résultats sont indiqués en mg/l Cl₂ libre.
- Dans notre étude on a injecté du chlore (2,5ppm) dans différentes eaux traitées et étudier la rémanence en fonction de temps.
- L'analyse du chlore est effectuée par méthode colorimétrique utilisant un comparateur (marque) et les comprimés de **DPD1**.

Interprétation des résultats

1. Analyses physicochimiques

Le tableau 18 représente les résultats d'analyses physico-chimique.

Moyenne	Eau brute	Chambre de mélange	Chambre de répartition	Décanteur	Filtre	Eau traite	Normes(Algérienne)
pH	8.11	8.01	7.55	7.56	7.9	7.68	5.5 - 9.5
T° (°C)	18	15.2	15.4	15	18.3	16.6	25
Turbidité (NTU)	3.91	4.32	5.04	0.55	0.34	0.30	5
Cl ₂ (mg/l)	-	1.25	0.6	0.3	0.15	0.66	0.2

Tableau18 : d'analyse physico-chimique

D'après les résultats obtenu dans le tableau on remarque que :

❖ Eau brute

a. Température eau brute

La température de l'eau brute du barrage de TAKSEBT est stable, avec une valeur moyenne de 18°C. Elle reste légèrement fraîche Car sont alimente par les eaux de surface a une profondeur importante (prise d'eau immergé).

b. pH eau brute

La valeur moyenne de pH de l'eau brute de TAKSEBT 8.11 soit légèrement alcaline, ce qui justifie l'utilisation de sulfate d'alumine comme coagulant.

c. Turbidité eau brute

La valeur moyenne de turbidité de l'eau brute du Barrage de TAKSEBT égale a 3.91 NTU cette valeur indique que l'eau du barrage de TAKSEBT est de faibles qualités, même si elles ont un temps de séjours très important qui permet une bonne sédimentation, mais le problème c'est la diminution du niveau de barrage qui arrive a ces limites.

d. Clore eau brute

Aucune trace de chlore

❖ Eau traitée

a. Température eau traitée

On constate d'après les résultats obtenu que la valeur moyenne de température est de 16.6°C, sachant que la norme Algérienne la fixe dans un intervalle de 12°C et 25°C.

b. pH eau traitée

Le pH moyen enregistré dans l'eau traitée 7.68 elle est voisine de neutralité selon la norme, les valeurs du pH d'une eau potable sont compris entre 6.5 et 8.5.

c. Turbidité eau traitée

La valeur moyenne de turbidité de l'eau traitée du barrage de TAKSEBT est réduite jusqu'à 0.30 NTU, grave aux différents traitements de clarification (coagulation-floculation, décantation et filtration) ; la norme algérienne la fixe à 5NTU, ces faibles valeurs indiquent que l'eau est de faible qualité du point de vue turbidité.

d. Chlore eau traitée

L'eau traitée du barrage TAKSEBT présente une valeur de chlore égale à 0.66 mg/l, cette valeur est inférieure aux normes Algérienne fixée à 0.2 mg/l.

2. Suivi du chlore dans les différents ouvrages de traitement

Les tableaux de l'évolution de chlore résiduel en fonction de temps des essais réalisés sont représentés dans l'annexe 2.

Dans les figures et les tableaux on désigne par

- EB : Eau brute.
- SA : sulfate d'alumine.
- PE : poly électrolyte.
- CAP : charbon actif en poudre

Les taux de traitement utilisés sont

- 60 ppm de sulfate d'alumine (doses optimal obtenu du le jar test)
- 0,075 ppm de poly électrolyte (doses optimal obtenu du le jar test)
- 1,2 ppm de Cl_2 en pré chloration. (dose obtenu de la demande en chlore)

Essai 01

Dans cet essai on n'a pas procédé à la coagulation. On a juste pris de l'eau brute avec différents pH (6, 7 et 8) et injecter 2.5ppm de chlore les résultats obtenus sont représenté dans la figure 29:

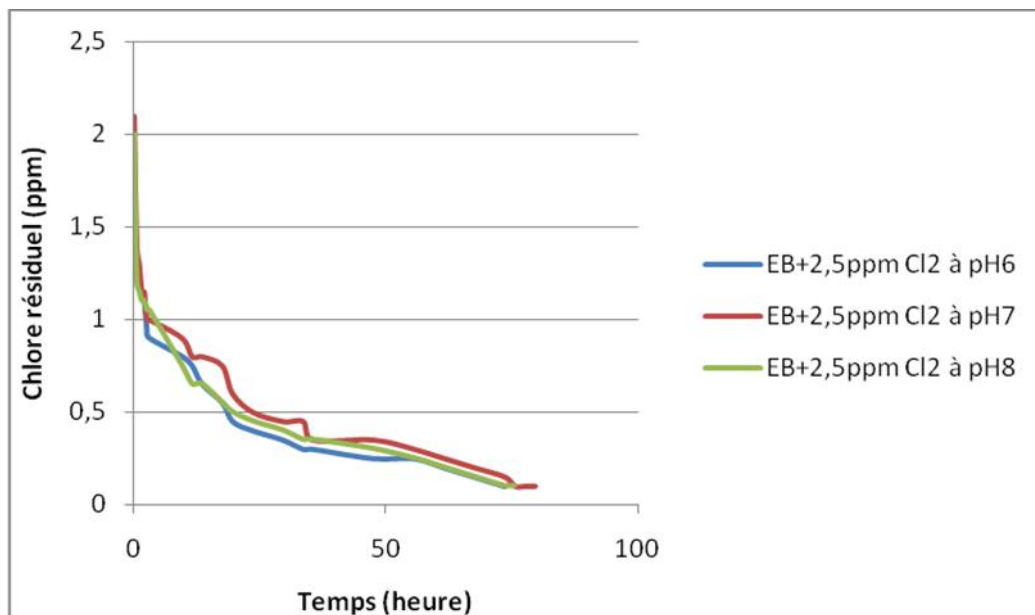


Figure 29 : Influence du pH sur la rémanence de chlore résiduel.

- La variation du pH fait varier la rémanence du chlore résiduel dans l'eau.
- Le chlore est plus rémanent dans une eau à pH neutre par rapport au pH acide et basique.
- **Il est donc impératif de contrôler de manière stricte le pH pour avoir le chlore résiduel dans l'eau**

Essai 02

On injecte 2 doses différentes de SA (60ppm et 22 ppm) avec une même dose de PE (0.075ppm), les résultats obtenus sont représentés dans la figure 30

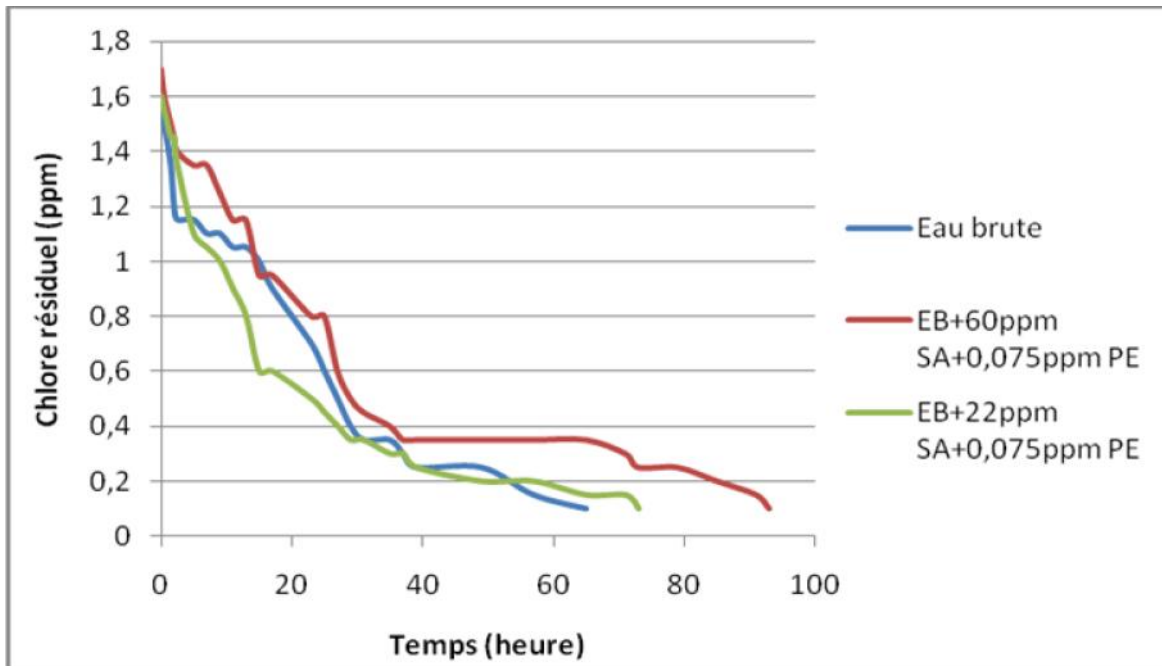


Figure 30 : Influence de la dose de sulfate d'alumine sur le chlore résiduel.

- Avec une dose de sulfate d'alumine inférieure à la dose optimale obtenue dans le jar test on a eu moins d'abattement de la matière organique et de la turbidité par conséquent une rémanence moins importante.
- Pour avoir une bonne réduction de la charge de l'eau; il est impératif d'introduire une dose égale ou supérieure à la dose optimale de coagulant, qui est 6ppm dans notre cas.

Essai 03

Afin de savoir l'effet de flocculant (PE) sur la qualité de l'eau traitée et la rémanence du chlore résiduel, on a procédé à une préchloration suivie d'une coagulation avec des mêmes doses de chacun de Cl_2 et de SA mais avec des doses différentes du flocculant (0,12ppm, 0,075ppm) figure 31.

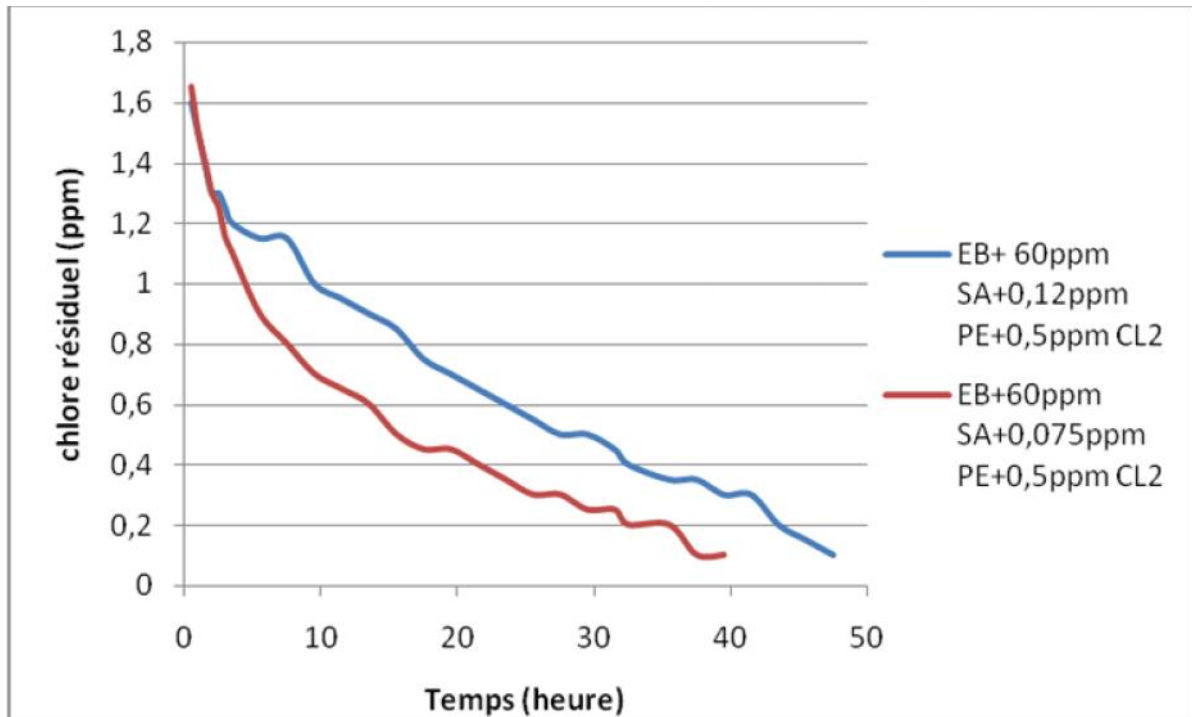


Figure 31 : l'influence se flocculant (PE) sur la remanence du chlore résiduel

- Le taux d'abattement de la turbidité et de la matière organique reste insuffisant, néanmoins la rémanence du chlore est plus importante avec (0,12ppm de PE) plus de 47 heures
- Avec l'utilisation des doses optimales de coagulant et de flocculant, on a obtenu un bon abattement en matières organiques et de la turbidité.

Essai 04

Après coagulation-floculation, avec les doses optimales de sulfate d'alumine (60ppm) et de polyélectrolyte (0.075ppm), suivie d'une filtration, on obtient les résultats de la figure 32 :

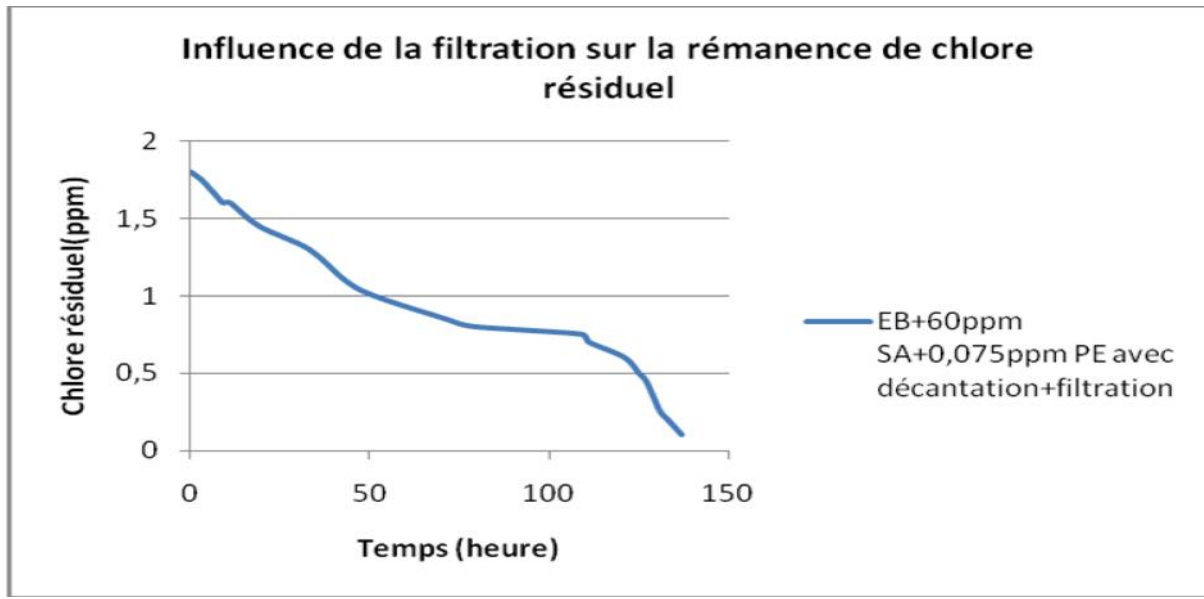


Figure 32: Influence de la filtration la rémanence de chlore résiduel.

- On constate une diminution importante de la matière organique et de la turbidité et une bonne rémanence de chlore résiduel (125heures).
- En procédant à la filtration sur un filtre bicouche (sable + charbon actif) on a eu de résultats plus intéressants et par conséquent une meilleure rémanence.
- De là on constate bien le rôle de la filtration sur bicouche après une coagulation-floculation avec les doses optimales de sulfate d'alumine et de polyélectrolyte

Essai 05

Vu le problème de la surconsommation du chlore par le CAP sans filtration, on procède à une filtration sur colonne remplie avec 1, 2 m de la hauteur de sable les résultats obtenus sont représentés dans la figure 33

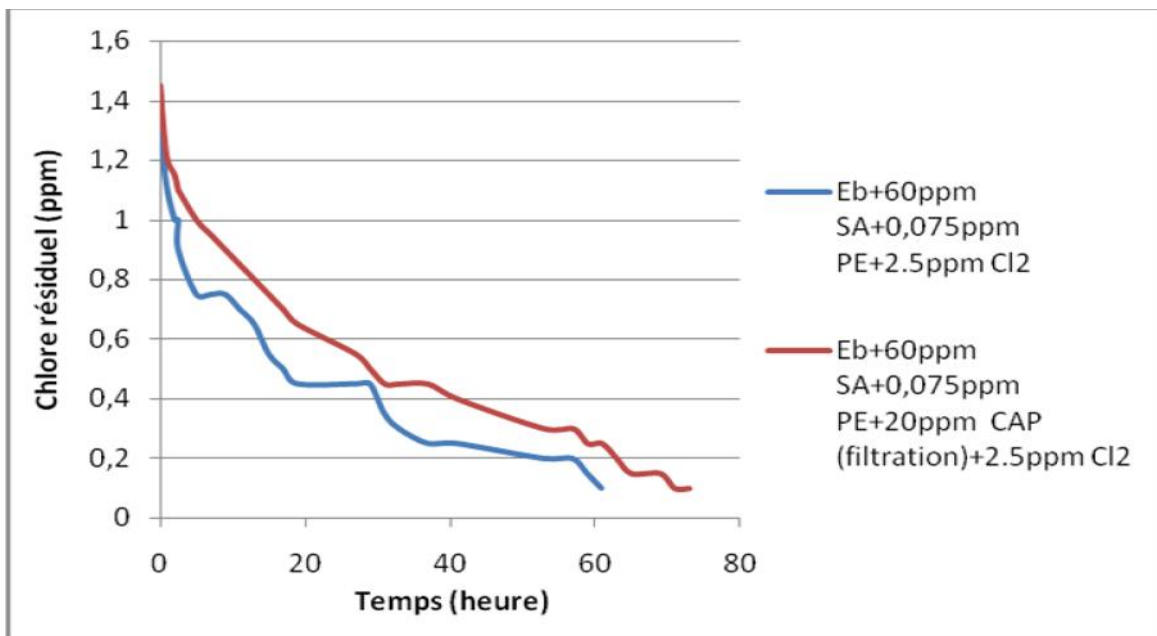


Figure 33 : La rémanence du chlore résiduel avec la filtration

- Ce qui nous a permis d'avoir un abattement appréciable de la matière organique et la turbidité, ainsi que une très bonne rémanence du chlore résiduel qui a duré plus de 73 heures.
- La filtration sur sable après l'utilisation du CAP est indispensable pour le bon rendement de la rétention des MES et de la MO, par conséquent la persistance du chlore résiduel à long terme dans le réseau afin d'éviter toute reviviscence bactérienne.

Essai 06

On injectent des doses de SA (60ppm, 60ppm et 20ppm) avec les memes doses de PE(0.075ppm), suivie des doses (0.5ppm, 1ppm et 1.6ppm) de Cl_2 , les résultats obtenus sont représenté dans la figure 34

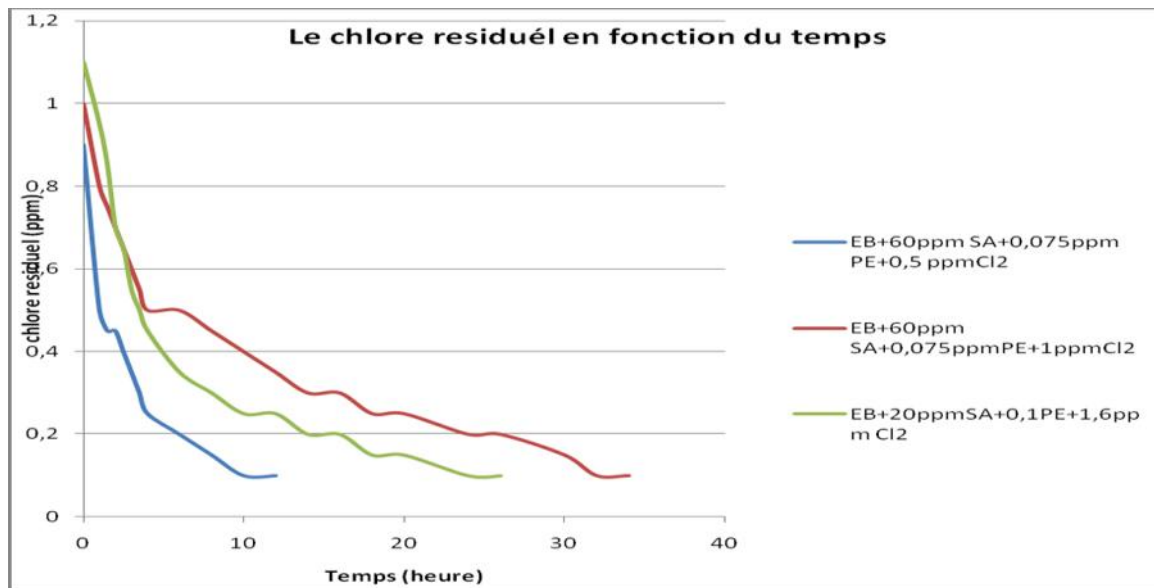


Figure 34 : Influence du pré chloration sur le chlore résiduel

- Avec 0,5 ppm de Cl_2 en préchloration et une coagulation-floculation, il y a moins d'abattement de la matière organique et de la turbidité.
- par contre avec 1ppm de Cl_2 , y a un abattement important de la matière organique donc une bonne rémanence au chlore.
- **La pré chloration est très intéressante pour le suivi de traitement de l'eau car elle permet la réduction de la matière organique, essentiellement, qui peut induire à des anomalies (, colmatage des filtres, consommation du chlore résiduel dans le réseau,...).**

Conclusion :

Nos résultats montrent que les teneurs en sortie de la station restent inférieures à la norme Algérienne de potabilité, quelque soit pour la température, ou bien pour la turbidité, le pH, mais aussi pour le chlore. (0.2 mg/l).

Dans le cas d'une bonne oxydation à l'entrée de la station (préchloration, coagulation floculation) l'appoint du chlore au post de désinfection, après filtration sera faible donc un gain économique.

Donc en cas de contamination dans le réseau, il y aura suffisamment du chlore pour la désinfection.

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la sante. Afin de la définir précisément, des normes ont été établie qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certains nombre de substances nocives et susceptible d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas quelle soit exemple de matière polluantes, mais que leurs concentration été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la sante du consommateur.

Notre étude est portée sur le suivie de la désinfection des eaux de surface à l'état brute. Nous avons également effectué les différentes analyses physicochimiques et bactériologiques qui permettent d'évaluer les caractéristiques de notre eau. qui nous a permis de révéler des résultats suivants :

- La température de l'eau brute enregistrée au niveau de la station TAKSEBT est stable, l'égerment fraiche car elle est alimente par les eaux de surface a une profondeur importante (prise d'eau immergée).
- Son pH est légèrement alcalin ce qui justifie l'utilisation de sulfate d'alumine comme coagulant.
- Les résultats de turbidité indiquent que l'eau brute du barrage de TAKSEBT est de faibles qualités, même si elles ont un temps de séjours très important qui permet une bonne sédimentation, mais le problème c'est la diminution du niveau de barrage qui arrive a ces limites.
- Dans l'eau traitée les valeurs de la température sont situées dans l'intervalle des normes des eaux potable (entre 12°C et 25°C). Son pH est proche de la neutralité, selon la norme, les valeurs du pH d'une eau potable sont très faible, sont comprises entre 6.5 et 8.5.
- Les valeurs de la turbidité sont très faible se la est due a l'efficacité du traitement qui permet l'élimination de différentes particules colloïdales par l'ajout des adjuvants chimiques, elle reste conforme a la norme algérienne fixée a 5NTU.
- L'eau traitée du barrage de TAKSEBT présente une valeur de 0.66 mg /l en chlore, elle est inferieur aux normes Algérienne fixée a 0.2mg/l.

Ces résultats obtenus nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

❖ L'eau de TAKSEBT est de bonne qualité, elle est améliorée par les traitements effecteurs au niveau de la station.

- ❖ La teneur en chlore dans l'eau traitée et les résultats des paramètres étudiés (température(C°), pH, turbidité (NTU°) sont inférieurs aux normes établies par le journal officielle de la république Algérienne de l'eau potable.

D'après les résultats de ces analyses, le problème qui se posera à l'avenir, c'est la couleur et l'odeur, c'est par rapport à la diminution du niveau du barrage. Dans ce cas la désinfection est une précaution indispensable qui visera à protéger l'eau de boisson, notre seul et unique richesse. Lors de sa distribution, contre tout risque de contamination, c'est-à-dire une qualité qui répond aux normes requises, mais la solution extrême est le fameux charbon actif qui adsorbera toutes les odeurs et la couleur.

Conclusion :

Le travail effectué nous a permis d'avoir une idée sur le contrôle et la surveillance de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et de maîtriser les techniques utilisées.

Notre étude est portée sur les eaux souterraines à l'état brute. Nous avons également effectué les différentes analyses physicochimiques et bactériologiques qui permettent d'évaluer les caractéristiques de notre eau.

D'après les résultats de ces analyses, le problème qui se pose, c la turbidité qui dépasse un peu les normes de potabilité .

Dans ce cas la désinfection est une précaution indispensable qui vise à protéger l'eau de boisson, lors de sa distribution, contre tout risque de contamination, c'est-à-dire une qualité qui répond aux normes requises.

Nous venons de voir que les eaux de distribution doivent avoir des caractéristiques physicochimiques et bactériologiques bien définies.

1. ANNONYME 1 :

WWW.OZONECH.COM

2. ANNONYME 2 :

WWW.LENTECH.COM

3. ANNONYME 3 :

RAPPORT ONU-EAU ; 2015

4. AROUYA, 2011:

Pollution des eaux, éd. Universitaires Européennes, (26 pages).

5. ASSOULINE, 2007 : Géopolitique de l'eau: nature et enjeux. Edition Studyrama perspectives.

6. AUBREY, 2005:

Médecine tropicale : les maladies liées à l'eau actualités, 2005.

7. BABINEAU, 2002 :

Le guide de conception des installations de production d'eau potable.

8. BELHTOU & MALLAM, 1990 : Contribution a l'étude de qualité des eaux du champ de captage Boghni, influence des rivières de Boghni et Mechtras. Thèse d'ingénieur, U.M.M.T.O.

9. BELLOUNDJA & OUKACI 2005) :

L'eau. Tome I: milieu naturel et maîtrise. Edition INRA, Paris

10. BOUBEKHER. & MOKDES, 1999) : Eau sol et végétation dans le sous bassin versant de l'oued Aissi (Tizi Ouzou), contrainte et recommandations, mémoire de fin d'étude d'ingénieur en agronomie, Université Mouloud Mammeri de T.O ,1999.

11. BOUZIANI, 2000:

L'eau de la pénurie aux maladies; Edition I Ben Khaldoun, Oran (247pages)

12. CARDOT, 1982:

Génie de l'environnement, les traitements de l'eau, éd. ellipses. Paris,1982.

13. CAUTHIER FANNY.2002 :

Cours d'eau et indice biologiques. Educagri 2^{ème} édition, Dijon.

14. CHEVAL, 1983 :

Désinfection des eaux d'alimentation. Ed. Lavoisier technique et documentation. Limoge, (118p).

15. CHEVOLET ; 1996 :

Processus unitaires du traitement de l'eau potable ; Edition CEBEDOC sprl Liège.

16. COLLIN, 2004 :

Les eaux souterraines: connaissance et gestion. Ed. BRGM et HERMA.

17. DEGREMENT ,1984 :

Mémento technique de l'eau, Edition : Techniques et documentation, Paris 1984

18. DEGREMENT ; 1978 :

Mémento technique de l'eau. Edition : Techniques et documentation, Paris 1978.

19. DEGREMENT, 1989 :

Mémento technique de l'eau. Edition : Techniques et documentation, Paris 1989.

20. DEGREMEONT, 2005 :

Mémento technique de l'eau. Edition : Techniques et documentation, Paris 2005.

21. DESJARDINS ,1990 : traitement des eaux 2eme édition 1990, de l'école polytechnique de Montréal. (304 pages)

22. DESJARDINS, 1997 :

Traitement des eaux 2eme édition 1997. Revu et enrichie ; presses international polytechnique. Canada. (304p).

23. DOCUMENT TECHNIQUE, 2006 :

Eau et rivière de Bretagne, analyse d'eau 2007

24. DOU ET KICHE ; 2005 :

Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine.

1^{ère} édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement).

25. DUGUET ET AL, 2006 :

Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine, 1^{ère}

édition ASTEE (association scientifique et technique pour l'environnement), (839p).

26. EZIANNE, 2007 ;

Milieux hydriques. Edition Lavoisier TEC et DOC.

27. FESTY B ET AL ; 2003 :

Environnement et santé publique, éd. Tec&Doc .Paris, pp.334, 335,336.

28. GADIN-GOYON, 2002 :

Thèse présenté à l'université de CLAUDE-BERNARD-LYON I Qualité
bactériologique de l'eau et impact en élevage bovin laitier

29. GANI ; 2001 :

Analyse et traitement des eaux du barrage de Taksebt. Mémoire de fin d'étude
d'ingénieur en agronomie, Université Mouloud Mammeri de T.O ,2001.

30. GAUJOUS, 1995 :

La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire, éd. Tec& Doc. Paris, p 58,64.

31. GENIN, 2003 ; ASSOULINE, 2007 :

Cours d'eau et indices biologiques pollution-méthodes(IBGN.2eme édition,
Educatrice,221p

32. GRAINDORGE ET LANDOT, 2005 :

La qualité de l'eau potable, techniques et responsabilités. Editions Techni-
Cités.

33. GROSCLAUDE ET COORD, 1999).

L'eau. Tome II: usages et polluants. Edition INRA, Paris.

34. HADDOU; 2010 :

Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancé
en phase homogène : procédés fenton, photo catalyse .Thèse de doctorat
TOULOUSE, Délivré l'Université TOULOUSE III–Paul Sabatier spécialité :
chimie .Macromoléculaire Supramoléculaire

35. HARRAT.2013 :

Elimination de la matière organique naturel dans une filière Conventionnel de potabilisation d'eaux de surface. Thèse présenté en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en science. Université Mohamed Khider de BESIKRA. 186 p.

36. HASLAY ET LECLERC ; 2006 :

Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable.

37. HASLAY ET LECLERC, 1993 :

Microbiologie des eaux d'alimentation, éd. Tec&Doc. Paris, 132p.

38. HECTOR ; 2006 :

Les eaux terrestres. Edition Masson et Cie. Grenoble

39. JEAN-PAUL BEAUDRY, 1984 :

Traitement des eaux Copyright 1984.

40. JEAN BONTOUX, 1993

Fondement théoriques de traitements chimiques des eaux. Volume I, édition Technique et documentation, Paris.

41. JEAN FIGRARELLA & GUY LEYRAL, 1999 :

Analyse des eaux (aspects réglementaires et techniques) Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, 2002.

42. JOURNEE DE SENSIBILISATION sur la désinfection de l'eau et des ouvrages hydrauliques, juin 2000.

43. KETTAB, 2001 :

Traitement des eaux, éd. Office Des Publications Universitaires. Place centrale de Ben-Akno un (Alger), 151p.

44. LEGUBE, 2015 :

Production d'eau potable, éd. DUNOD. Paris.

45. LEVÊQUE, 1996 :

Ecosystèmes aquatiques. Edition Hachette, Paris

46. MASSACHELEIN ,1997 :

Processus unitaires du traitement de l'eau potable. Edition CEBEDOC sprl liège.

47. MASSACHELEIN, 1980 :

l'ozonation des eaux (manuel pratique) Edition Lavoisier

48. METAHRI, 2002 :

Caractérisation de l'état de pollution et modélisation du pouvoir auto épurateur du Sébaou, par la méthode du bilan d'oxygène et évolution de la pollution par les nitrates. Mémoire de Magister, U.M.M.T.O.

49. METAHRI, 2008 :

Elimination de l'azote et du phosphore des eaux usées traitées par valorisation agricole. Cas de l'effluent de la station d'épuration est de Tizi-Ouzou Algérie (perspectives et recommandations). Thèse de doctorat. UMMTO.

50. METAHRI, 2012 :

Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, 172 p.

51. MEZIANI, 2013 :

Bactériologie médicale. Edition Masson, Paris.

52. MILOUS, 2011 :

Mémoire de magister. Modélisation par la méthode numérique de la dynamique des fluides du procédé de désinfection des eaux par les rayonnements ultraviolets (UV).

53. NOTICE GENERAL D'EXPLOITATION :

destine au personnel de maitrise Station de traitement des eaux Taksebt

54. OMS ; 1986 :

Directives de qualité pour l'eau de boisson organisation mondiale de la santé, Genève.

55. RAMADE, 1998 :

Dictionnaire encyclopédique de l'eau, éd. Edi science international, Paris.

56. RAYMOND DESJARDINS, 1990:

Traitement des eaux 2^{ème} édition de l'Ecole Polytechnique de Montréal, 1990.

57. RAYMOND; 1997 :

Les eaux courantes: géographie et environnement. Editions Belin.

58. REJSEK, 2002 :

Analyse des eaux, scén

59. RODIER ET AL, 2005 :

L'analyse de l'eau : eaux naturels, eaux résiduaires, eaux de mers ; 8eme Edition 2005, Editeur Dunod. Paris (1579pages).

60. RODIER ; 2009 :

L'analyse de l'eau, 9eme Edition 2009. Editeur Dunod. (1526pages).

61. RODIER, 1978 :

L'analyse de l'eau : eaux naturels, eaux résiduaires, eaux de mers ; Edition : Dunod

62. RODIER, 1984 :

L'analyse de l'eau : eaux naturels, eaux résiduaires, eaux de mers ; Edition : Bordas, Paris ,1984.

63. ROUX, 1995 :

Biologique de l'eau. Edition Lavoisier Technique et Documentation: Paris.

64. SALGHI ,1997 :

Différents filières de traitement des eaux. Edition ENSA, Agadir.

65. SARDI ; 2014).

Biodegradabilité des acides humiques naturels et synthétiques par le polymicrobien de la betterave rouge et les streptomycètes du sol. Usdp

66. SATIN, 1999 :

Technique de l'assainissement 2^{ème} édition. Le moniteur. Paris

67. SUEZ DEGREMONT. (2008). Notice D'exploitation Destinée Au Personnel De Maîtrise. STE TAKSEBT. Algérie

68. SERVAIS ; 2009 :

Antimicrobial resistance of fecal bacteria in waters of the seine river basin (France). Science of the total environment. 408p:365-372.

69. TARDAT BEAUDRY, 1984 :

Chimie des eaux. Edition : le Griffon d'argile Québec, 340p.

70. VALENTIN, 2000 :

Construction d'un capteur logiciel pour le contrôle automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable, Thèse de doctorat, Centre internationale de recherche sur l'eau et l'environnement, 168 p.

71. VILAGINES, 2003 :

Eau, environnement et santé publique, 2^{ème} édition. Lavoisier, Paris.

72. YAHY & METAHRI, 2002 :

Modélisation du pouvoir auto épurateur de l'oued Sébaou 2eme colloque méditerranéens sur l'eau et l'environnement, du 8 au 9 octobre 2002, Alger.

73. YAHY, 1999 :

Traitement des eaux de consommation. Cours polycopie 4^{ème} années Hydraulique U.M.M.T.O.

74. YAHY, 2000 :

L'épuration biologique des eaux. Cours polycopie, 5^{ème} Année Hydraulique U.M.M.T.O

Résumé

Ce travail consiste à caractériser et évaluer les paramètres physico-chimique et biologique de l'eau de la ville de Tizi-Ouzou d'une manière générale, Mais aussi l'optimisation et le suivie de la désinfection par le chlore, en vue de sa potabilisation ainsi le suivi des étapes et les processus de traitements au niveau de la station Sébaou. En se basant sur l'évolution des différents paramètres physico-chimique et bactériologique à tous les niveaux en vu de proposer des recommandations afin d'améliorer la qualité de l'eau.

Après classification de l'eau de la ville de Tizi Ouzou, cette dernière présente une qualité bonne du point de vue physico-chimique et bactériologique et peut être utilisée pour l'alimentation en eau potable après traitements.

La qualité de l'eau est sensiblement améliorée après traitement puisque les valeurs obtenues sont au dessous des valeurs guides données par l'OMS appliquées pour l'Algérie. Cela n'empêche pas de constater quelques insuffisances notamment, la qualité organoleptique. Afin d'améliorer les paramètres de qualité de l'eau produite au niveau de cette station, l'installation d'un bassin de décantation avant la chaine de traitement et d'un filtre constitué d'au moins de deux couches de sables de granulométrie différente avec en tête une couche de charbon actif, l'emplacement d'un mélangeur au niveau de chaque bassin de coagulation-floculation et d'un réservoir pour l'eau traitée après l'étape de désinfection s'avère nécessaire.

Mots clés: qualité, traitement, paramètres physico-chimiques, paramètres biologiques, désinfection, valeurs guides, eau potable...

ويتألف هذا العمل من وصف وتقييم المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه في مدينة أيضا تحسين ومتابعة التطهير بالكlor، بهدف ومياه الشرب، وتتبع المراحل وعمليات المعالجة في محطة سيباو. تطور مختلف المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية على جميع المستويات بهدف اقتراح توصيات من أجل تحسين نوعية المياه.

بعد تصنيف المياه في بلدة تيزي وزو، فإن هذا الأخير له جودة فيزيائية كيميائية وبكتريولوجية جيدة ويمكن استخدامه لتوريد مياه الشرب بعد العلاج.

وتحسنت نوعية المياه تحسنا كبيرا بعد العلاج لأن القيم التي تم الحصول عليها هي أقل من قيم الدليل التي قدمتها منظمة الصحة العالمية للجزائر. وهذا لا يمنع المرء من ملاحظة أوجه قصور معينة على وجه الخصوص، وهي النوعية الحسية. ومن أجل تحسين بارامترات جودة المياه المنتجة في هذه المحطة، فإن تركيب حوض تسوية قبل خط المعالجة ومرشح يتكون من طبقتين على الأقل من رمل حجم الجسيمات مختلفة مع طبقة من الكربون المنشط في الرأس، وموقع خلط في كل خزان تجلط الدم التلبد وخزان للمياه المعالجة بعد خطوة التطهير أمر ضروري.

علمات الفيزيائية والكيميائية، والمعلمات البيولوجية، والتطهير، والقيم دليل، مياه الشرب :

Recommandations

- Veiller sur la conformité de toutes les étapes de traitement au niveau de la station.
- Veiller pour que l'eau soit toujours en quantité suffisante dans le réseau.
- Pour éviter la formation des Trihalométhane (THM), il est recommandé de procéder aux pré ozonation.
- Il serait intéressant de procéder à une filtration en bicouches (le sable+charbon actif).
 - ✓ Deux filtres en parallèle, l'un à sable l'autre a charbon actif.
 - ✓ Un seul filtre composé de deux couches, l'une en sable et l'autre en charbon actif.
- Optimiser la filtration :
 - ✓ Augmenter l'épaisseur des filtres.
 - ✓ Réduire la vitesse traversant les filtres.
 - ✓ Jouer sur la granulométrie de sable.
- l Renouvellement ou nettoyage des filtres quand c'est nécessaire.
- Pour la santé des consommateurs, il est recommandé de distribuer l'eau à une concentration inférieure à 0.6ppm (valeur admissible), avec un appoint au cours de son transfert après chaque diminution.
- L'eau doit être distribuée avec une concentration en chlore conforme à la norme.
- Utiliser le charbon actif avant la préchloration.
- Nettoyage des conduites par KMnO_4 ou bien par une surdose de chlore.
- La mise en place de clapets antiretour d'eau.
- Entamer une étude de biofilm (condition de sa formation, paramètres influençant son développement,.....) afin d'éviter sa formation.

Titrage indirect d'une eau de Javel

Objectifs

- Déterminer la concentration en ions hypochlorite d'une eau de Javel commerciale, afin de déterminer la quantité d'élément chlore à utiliser dans le traitement de chloration d'une eau, pour assurer une désinfection conforme aux normes.
- Déterminer le degré chlorométrique d'une eau de Javel commerciale par titrage indirect (iodométrique). Comparaison du résultat avec les indications portées par l'étiquette du produit.

Matériel et produits

- Fiole jaugée.
- Erlenmeyer.
- Pipettes.
- Eprouvette.
- Agitateur
- Burette.
- Solution commerciale d'eau de Javel.
- Solution d'iodure de potassium.
- Acide acétique pur.
- Solution de thiosulfate de sodium de concentration molaire $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$
- Emploi d'amidon.

Le mode opératoire :

- Prendre 2ml de l'eau de Javel et compléter la fiole jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée.
- Prendre un bécher et mettre 100ml d'eau distillée sous agitation
+10ml de la dilution préparée (2ml dans 100ml)
+5ml d'acide acétique
+1 pincée de KI.
- Titrer jusqu'au virage jaune pâle avec thiosulfate de sodium.
- Ajouter le thiodène → Apparition de la couleur noire.

Annexe 1

- Titrer jusqu'à la disparition de la couleur noire

L'évolution du chlore de la chambre de mélange jusqu'aux filtres.

Temps de contact(heure)	Chambre de mélange	Chambre de répartition	Décanteur	Filtre
0	1,25	0,6	0,3	0,15
0,5	1,2	0,5	0,25	0,15
1	1,15	0,35	0,2	0,1
1,5	0,9	0,35	0,2	0,1
2	0,7	0,35	0,2	0,1
2,5	0,7	0,3	0,15	0,1
3	0,7	0,25	0,1	0,1
3,5	0,6	0,2	0,1	<0,1
5	0,5	0,2	<0,1	
5,5	0,5	0,15		
8	0,45	0,15		
14	0,4	0,1		
16	0,35	0,1		
18	0,3	0,1		
20	0,3	0,1		
22	0,25	<0,1		
24	0,2			
26	0,15			
28	0,1			
30	0,1			
32	<0,1			

L'évolution de chlore résiduel de l'eau filtrée désinfectée jusqu'à la sortie de réservoir.

Temps de contact(heure)	Eau filtrée désinfectée	Entrée de réservoir	Sortie de réservoir
0	1,2	1,2	1,2
0,5	1,2	1,1	1,1
1	0,9	1,1	1,1
1,5	0,7	0,95	0,95
2	0,65	0,9	0,9
2,5	0,6	0,9	0,9
3	0,6	0,85	0,85
3,5	0,55	0,85	0,8
5	0,55	0,8	0,75
5,5	0,5	0,75	0,7
8	0,5	0,75	0,65
10	0,45	0,7	0,6
12	0,45	0,65	0,6
18	0,3	0,6	0,5
20	0,3	0,5	0,45
30	0,3	0,45	0,35
32	0,25	0,45	0,35
38	0,2	0,4	0,35
48	0,2	0,35	0,35
56	0,2	0,3	0,3
64	0,2	0,25	0,25
66	0,1	0,25	0,2
70	0,1	0,25	0,15
72	<0,1	0,2	0,1
74		0,15	0,1
76		0,1	<0,1
78		<0,1	

**L'influence de la dose du coagulant (SA) sur la rémanence du chlore
résiduel :**

Temps de contact(heure)	EB+5ppm SA+0,075ppm PE	EB+10ppm SA+0,075ppmPE
0	1,6	1,6
0,5	1,35	1,4
1	1,3	1,35
1,5	1,3	1,3
2	1,2	1,25
2,5	1,1	1,2
3	0,95	1
3,5	0,9	0,95
5,5	0,75	0,8
7,5	0,65	0,7
9,5	0,6	0,6
11,5	0,5	0,55
13,5	0,4	0,5
15,5	0,35	0,45
17,5	0,35	0,4
19,5	0,3	0,4
21,5	0,25	0,35
23,5	0,2	0,3
25,5	0,2	0,3
27,5	0,15	0,25
29,5	0,15	0,25
31,5	0,15	0,2
33,5	0,15	0,2
35,5	0,15	0,2
37,5	0,1	0,15
39,5	0,1	0,15
43,5	<0,1	0,1
45,5		<0,1

L'influence de la dose optimale de sulfate d'alumine sur la rémanence de chlore.

Temps	Eau brute	EB+60ppm SA+0,075ppm PE	EB+22ppm SA+0,075ppm PE
0	1,6	1,7	1,6
0,5	1,5	1,6	1,55
1,5	1,35	1,5	1,45
2	1,2	1,45	1,45
2,5	1,15	1,4	1,35
5	1,15	1,35	1,1
7	1,1	1,35	1,05
9	1,1	1,25	1
11	1,05	1,15	0,9
13	1,05	1,15	0,8
15	1	0,95	0,6
17	0,9	0,95	0,6
23	0,7	0,8	0,5
25	0,6	0,8	0,45
27	0,5	0,6	0,4
29	0,4	0,5	0,35
31	0,35	0,45	0,35
35	0,35	0,4	0,3
37	0,3	0,35	0,3
39	0,25	0,35	0,25
49	0,25	0,35	0,2
57	0,15	0,35	0,2
65	0,1	0,35	0,15
71		0,3	0,15
73		0,25	0,1
79		0,25	
85		0,2	
91		0,15	
93		0,1	

L'influence de la filtration sur la rémanence du chlore résiduel :

Temps de contact (heure)	EB+60ppm SA+0,075PE+ décantation	EB+60ppm SA+0,075PE+ décantation + filtration
0	1,2	1,3
0,5	1	1,25
1	0,9	1,2
1,5	0,9	1,1
2	0,9	1
2,5	0,8	0,9
3	0,7	0,9
3,5	0,65	0,9
7,5	0,55	0,9
11,5	0,45	0,85
13,5	0,4	0,8
15,5	0,35	0,75
17,5	0,35	0,7
19,5	0,3	0,65
21,5	0,25	0,5
25,5	0,2	0,45
35,5	0,1	0,35
37,5	0,1	0,3
39,5	<0,1	0,3
41,5		0,25
43,5		0,25
45,5		0,2
47,5		0,2
49,5		0,1
51,5		<0,1

L'influence de la filtration sur un filtre bicouche après coagulation floculation

Temps de contact (heure)	EB+60ppm SA+0,075ppm PE avec décantation+filtration
0	1,8
3	1,75
5	1,7
7	1,65
9	1,6
11	1,6
19	1,45
33	1,3
43	1,1
51	1
71	0,85
79	0,8
109	0,75
111	0,7
121	0,6
125	0,45
127	0,35
129	0,25
131	0,2
133	0,15
135	0,1
137	<0.1

L'influence de la MO sur la rémanence du chlore résiduel :

Temps de contact(heure)	EBA+10ppm SA+0,075ppm PE	EBA+40ppm SA+0,075ppm PE	EBA+80ppm SA+0,075ppm PE
0	1,2	1,1	1,2
0,5	0,2	0,25	0,4
1	<0.1	0,15	0,3
1,5		<0.1	0,2
2	-	-	<0,1

L'influence de charbon actif sur la rémanence de chlore résiduel.

Temps de contact	EB+50ppm SA+0,075ppm PE	EB+50ppm SA+0,075ppm PE +10ppm CAP	EB+50ppm SA+0,075ppm PE +10ppm CAP
0	1,6	1,65	1,65
0,5	1,5	1,6	1,6
1	1,45	1,45	1,5
1,5	1,45	1,4	1,35
2	1,4	1,35	1,25
4	1,35	1,3	1,2
6	1,3	1,25	1,15
8	1,15	1,25	1,1
10	1	1,2	1,05
12	1	1,2	1,05
14	0,9	1,15	1,05
16	0,85	1,1	1
18	0,85	0,9	0,8
20	0,75	0,75	0,7
22	0,65	0,75	0,65
24	0,65	0,7	0,6
26	0,6	0,65	0,6
28	0,45	0,6	0,5
30	0,45	0,5	0,4
32	0,4	0,5	0,4
34	0,3	0,5	0,4
38	0,3	0,45	0,3
40	0,3	0,4	0,3
44	0,25	0,4	0,25
46	0,25	0,35	0,25
48	0,2	0,3	0,2
50	0,2	0,3	0,15
52	0,2	0,3	0,15
58	0,15	0,2	0,15
60	0,15	0,2	0,15
62	0,15	0,15	0,15
74	0,1	0,15	0,1
78		0,15	
80		0,1	

L'influence de charbon actif sur la rémanence du chlore résiduel avec la filtration

Temps de contact (Heure)	Eb+60ppm SA+0,075ppm PE	Eb+60ppm SA+0,075ppm PE+20ppm CAP (filtration)
0	1,45	1,45
0,5	1,2	1,3
1	1,1	1,2
2	1	1,15
2,5	1	1,1
2,5	0,9	1,1
5	0,75	1
7	0,75	0,95
9	0,75	0,9
11	0,7	0,85
13	0,65	0,8
15	0,55	0,75
17	0,5	0,7
19	0,45	0,65
27	0,45	0,55
29	0,45	0,5
31	0,35	0,45
33	0,3	0,45
37	0,25	0,45
41	0,25	0,4
53	0,2	0,3
57	0,2	0,3
59	0,15	0,25
61	0,1	0,25
63	<0,1	0,2
65	-	0,15
69	-	0,15
71	-	0,1
73	-	0,1
75	-	<0,1

L'influence de flocculant (PE) sur la rémanence du chlore résiduel :

Temps de contact (heure)	EB+ 60ppm SA+0,12ppm PE+0,5ppm CL2	EB+60ppm SA+0,075ppm PE+0,5ppm CL2
0,5	1,6	1,65
1	1,5	1,5
1,5	1,4	1,4
2	1,3	1,3
2,5	1,3	1,25
3	1,25	1,15
3,5	1,2	1,1
5,5	1,15	0,9
7,5	1,15	0,8
9,5	1	0,7
11,5	0,95	0,65
13,5	0,9	0,6
15,5	0,85	0,5
17,5	0,75	0,45
19,5	0,7	0,45
21,5	0,65	0,4
23,5	0,6	0,35
25,5	0,55	0,3
27,5	0,5	0,3
29,5	0,5	0,25
31,5	0,45	0,25
32,5	0,4	0,2
35,5	0,35	0,2
37,5	0,35	0,1
39,5	0,3	0,1
41,5	0,3	<0.1
43,5	0,2	-
45,5	0,15	-
47,5	0,1	-
49.5	<0.1	-

L'influence de la préchloration sur le chlore résiduel

Temps de contact(heure)	EB+60ppm SA+0,075ppm PE+0,5 ppmCl ₂	EB+60ppm SA+0,075ppmPE+1ppm Cl ₂	EB+60ppmSA+0,075PE+ 1,6ppm Cl ₂
0	0,9	1	1,1
1	0,5	0,8	0,95
1,5	0,45	0,75	0,85
2	0,45	0,7	0,7
2,5	0,4	0,65	0,65
3	0,35	0,6	0,55
3,5	0,3	0,55	0,5
4	0,25	0,5	0,45
6	0,2	0,5	0,35
8	0,15	0,45	0,3
10	0,1	0,4	0,25
12	0,1	0,35	0,25
14	<0,1	0,3	0,2
16		0,3	0,2
18		0,25	0,15
20		0,25	0,15
24		0,2	0,1
26		0,2	0,1
30		0,15	<0,1
32		0,1	
34		0,1	
36		<0,1	

Influence du pH sur la rémanence de chlore résiduel.

Temps de contact (heure)	pH 6	pH 7	pH 8
0	1,8	2,1	2
0,5	1,3	1,4	1,2
1	1,2	1,3	1,15
1,5	1,15	1,15	1,1
2	1,1	1,15	1,1
2,5	0,95	1	1,09
3	0,9	1	1,05
9,5	0,8	0,9	0,75
11,5	0,75	0,8	0,65
13,5	0,65	0,8	0,65
17,5	0,55	0,75	0,55
19,5	0,45	0,6	0,5
23,5	0,4	0,5	0,45
29,5	0,35	0,45	0,4
33,5	0,3	0,45	0,35
35,5	0,3	0,35	0,35
47,5	0,25	0,35	0,3
55,5	0,25	0,3	0,25
61,5	0,2	0,25	0,2
67,5	0,15	0,2	0,15
73,5	0,1	0,15	0,1
75,5	< 0,1	0,1	0,1
77,5	-	0,1	< 0,1
79,5	-	0,1	-
81,5	-	< 0,1	-

L'influence de l'oxydant (KMnO₄) sur la rémanence de chlore résiduel

Temps de contact (heure)	EB+60ppm SA+ 0,075ppm PE	EB+60ppm SA+0,075ppm PE+0,6ppm KMnO ₄	EB+60ppm SA+0,075ppm PE 1ppm KMnO ₄
0	1,6	1,7	1,7
0,5	1,5	1,7	1,6
1	1,35	1,5	1,55
1,5	1,3	1,4	1,5
2	1,25	1,3	1,5
2,5	1,1	1,25	1,35
3	1	1,25	1,3
3,5	0,9	1,1	1,3
4	0,9	1	1,3
6	0,9	0,95	1,3
8	0,9	0,95	1,3
10	0,75	0,8	1,25
12	0,75	0,8	1,25
14	0,7	0,75	1,2
16	0,65	0,75	1,15
18	0,5	0,6	0,9
20	0,45	0,5	0,9
22	0,4	0,5	0,75
24	0,4	0,45	0,65
26	0,4	0,45	0,6
28	0,3	0,3	0,4
32	0,25	0,25	0,4
44	0,2	0,25	0,35
48	0,15	0,25	0,35
50	0,15	0,2	0,3
56	0,1	0,15	0,3
58	0,1	0,15	0,25
60	<0.1	0,15	0,2
62	-	0,1	0,15
78	-	0,1	0,15
80	-	<0.1	0,1
84	-	-	<0,1

D'après le journal officiel de république algérienne démocratique et populaire correspond au 19 juin 2011.

Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations.

Les normes algériennes

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Echelle Pt	200	20
	Odeur (taux dilution à 25°)	—	20	3
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l	600	500
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité de Ph	≥6,5 et ≤ 9	≥6,5 et ≤ 9
	Conductivité	μs/cm à 20°C	2800	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O2	7	< 3
	Demande chimique en oxygène(DCO)	mg/l O2	30	—
	Matières en suspension	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/l SO4	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O2	30	> 70
	Température	°C	25	25
	Ammonium	mg/l	4	0,5
Paramètres chimiques	Baryum	mg/l	1	0,7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0,3
	Fluor	mg/l	2	1,5
	Manganèse	mg/l	1	0,05
	Nitrates	mg/l NO3	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
	Arsenic	μg/l	100	10
	Cadmium	μg/l	5	5
	Chrome	μg/l	100	50
	Cuivre	mg/l	2	0,05
	Cyanures	μg/l	100	50
	Mercure	μg/l	10	6
	Plomb	μg/l	50	10
	Sélénium	μg/l	50	10

Annexe 3

	Zinc	mg/l	5	5
	Hydrocarbures	µg/l	1	0,2
	polycycliques aromatiques			
	Hydrocarbures dissous	µg/l	1000	10

2				
	Phénols	µg/l		0,5
	Agents de surfaces	mg/l	0,5	0,2
	Azote kjeldhal	mg/l	3	1
	Pesticides	µg/l	1	0,5
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100 ml	20	20
	Entérocoques	n/100 ml	10	20
	Salmonelles	–	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml

Les normes de potabilité selon l’OMS en 2006

Tableau 06 : Les normes OMS

GROUPE DE PARAMETRE	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physiques	PH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
	Conductivité		pas de norme
	Température		Acceptable
	Turbidité		Non mentionnée
Paramètres organoleptiques	Couleur		Pas de valeur guide
	Goût et odeur		Acceptables
Eléments toxiques	Arsenic (As)	mg/l	0.01
	Cadmium(Cd)	mg/l	0,003
	Chrome Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	mg/l	chrome total : 0,05
	Cyanure (CN ⁻)	mg/l	0,07
	Mercure (Hg)	mg/l	inorganique : 0,006
	Sélénium(Se)	mg/l	0,01
	Plomb(Pb)	mg/l	0,01
	Antimoine(Sb)	mg/l	0.02
	Fer(Fe)		Pas de valeur guide
	Manganèse(Mn)	mg/l	0 ,4
Eléments indésirables	Aluminium(Al)	mg/l	0,2
	Cuivre (Cu ²⁺)	mg/l	2
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.5
	Argent		Pas de valeur guide
	Fluorures	mg/l	1,5
	Zinc(Zn)	mg/l	3
	Bore(B)	mg/l	0.5
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P ₁ 3	µg/l	0.1
	Pesticides	mg/l	0.0001

Propriétés des désinfectants :

Désinfectant	Usage du désinfectant	% Pureté du désinfectant	Avantages	Inconvénients
Chlore gazeux	-Désinfection de l'eau de consommation.	100%	-Très efficace. -Utilisable à grande échelle (grande quantité d'eau).	-Nécessite un grand investissement. -Equipement. -Personnel qualifié.
Hypochlorite de sodium	-Désinfection de l'eau de consommation. -Ouvrages hydrauliques.	15%	-Efficace. -Manipulation facile. -Se trouve aisément dans le commerce. -Pouvoir antiseptique élevé. -Dissolution rapide.	-Perte de degré chlorimétrique. -Perte de 1/10° chlorimétrique.
Hypochlorite de calcium	-Désinfection de l'eau de consommation. -Ouvrages hydrauliques (puits, réservoirs, châteaux et réseaux).	60-70%	-Efficace. -Facilité de stockage. -Pouvoir antiseptique élevé. -Dissolution rapide.	-Manipulation difficile.
Chlorure de chaux	-Ouvrages hydrauliques (puits et réservoirs).	25-35%	-Efficace. -Disponible dans le commerce. -Pouvoir antiseptique élevé. -Dissolution rapide.	
Ozone	-Désinfection de l'eau de consommation.	100%	-Très efficace.	-Produit des dérivés toxiques très sensibles aux perturbations. -Met le personnel en danger. -Très coûteux. -Entretien intensif.

Annexe 5

Ultraviolets	-Désinfection de l'eau de consommation.	100%	-Ne modifie pas la composition de l'eau. -Fonctionnement très fiable. -Peu d'entretien -Non polluant	-Met le personnel en danger.
Filtration				-Désinfection insuffisante (virus et certaines bactéries ne sont pas retenus). -Entretien important (nettoyage, remplacement du filtre).