



N° Ref :.....

Centre Universitaire de Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de sciences et Technique

**Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme
LICENCE ACADEMIQUE
en Hydraulique
Spécialité : Sciences Hydrauliques**

Thème

Les procédés physico chimique dans le traitement des eaux au niveau de station de traitement d'Ain Tinn

Préparé par :

Bouizar Bisma.

Boufelghour Amal.

Lekehal Hala.

Moulakmin Imane.

Dirigé par :

ALLIA Z.

Année universitaire : 2013/2014

REMERCIEMENTS

Nous tiens tout d'abord à remercier Madame Allia.Z professeur de faculté des sciences et de technologie de centre universitaire de Mila qui nous 'a offert cette chance formidable de travailler avec elle sur un sujet très important. Grâce à ces suggestions et à son suivi continu. Nous vous exprimons toute notre respect et que Allah vous protège tes beaux enfants. Nous remercions également monsieur Kémoukh.Schéf de département de science et technologie qui travaille beaucoup pour nous et favorise tous les conditions favorable d'étudier et augmenter la science.

Nos remerciements vont aussi à toute les enseignants d'institut de science et technologie madame Chebbah.L ; Benchaiba.L ; à monsieur Guettiche.A ; Tourki.MKabour.A ; Atamna.A et monsieur Koussa.M. Nous souhaitons aussi exprimer nos profonds remerciements aux les deux secrétariats Hadjer et Selma.

Nos profonde respect et les vifs remerciements au chef de la station de traitement d'Ain Tinn monsieur Bouafia.N qui nous 'a accueillie avec bienveillance dans son entreprise. Que n'oublions jamais nos sincère gratitude à toute l'équipe de la station de traitement de l'eau d'Ain Tinn et l'ADE de nous avoir aidé pour notre travail.

Nos remerciements vont à tous mes amis (es) de la promotion de licence d'hydraulique 2013-2014.

En fin, que toutes les personnes qu'ils m'ont idées de près ou de loin pour l'élaboration de ce travail soient vivement remerciées.

...

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents .Ma tendre mère qui m'a toujours inondé de sa tendresse, qui m'a encouragé dans tout ce que j'ai entreprise. je lui dois une fière chandelle.

Mon cher père qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici. J'espère toujours rester fidèle aux valeurs morales que vous m'avez apprises.

A mon frère Mohamed et ma sœur Abir

*A toute la famille *bouizar* et *bouhenouna**

Surtout : les petits enfants que je l'aime beaucoup Anes et Sadja à mes meilleurs amis : Hanane, Khaoula, Zina et imanque je n'oublie jamais les collègues de ce travail hala, Imane et Amal, que dieu vous protège.

A tous les gens que j'aime ...

BESMA



*Je dois remercier au premier lieu ...
Et avant tout mon dieu ...
Qu'il a donné la puissance ...
À traverser cette longue distance ...
Et je veux faire une dédicace ...
Pour ceux qu'ils ont aidé à être dans cette place ...
Commençants par mes parents ...
Que je n'oublie jamais mes deux sœurs Hayat et Dalila ...
Qu'ils ont donné le don du soi ...
Et ils ont m'encouragés plusieurs fois ...
Sans oublier mes enseignants ...
Une autre dédicace pour mes camarades et mes amies ...
Hala, Bisma et Imane*

Merci

Amal

*Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité
d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller
jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel
et de dire "Ya Kayoum "*

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le
symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma
réussite, à ma chère mère et mon cher père Hocine*

A mes adorables sœurs Selma Roukja et Marwa

A mes beaux-frères Mohamed et Yacine

A l'enfant Mohamed et son père Nadjibe

A mes grandes mères

A toute La famille : Lekehal et Herimi

A mes amis Loubna et Merieme

A mes chères amis Imane Besme et Amal

A tous mes professeurs

Je dédie ce travail.

HALA

Au tout puissant Allah

A toi louange ; Q la lumière des cieux ; de la terre et de ce qu'ils renferment Gloire à toi nous avoir assisté de ta lumière et en toute circonstance matin et soir.

A qui me soutien toutes ma vie et, mon chemin elle est la plus chère chose dans ma vie ; ma mère qui dieu te protège »Sabah ».

Pour qui n'élevés avec patience et me montre le bon chemin de ma vie et me donner tous confiance et sécurité pour le cher père »Nouar » .

Ames frères : Amine ; Mouhammad.

A ma sœur : Manal.

A toute la famille : Moulakmin.

Que je n'oublie jouais mes deux grandes mères.

A tout mes amis en particulier : Loubna ; Meriem ; Sara ; Habiba ; Wissam ; Farida.

Pour mes trois chères amies : Besma ; Hala et Amel.

Et à tous mes collègues de la promotion 2013-2014

Imane

Sommaire

- Introduction générale

1- Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'eau

Introduction.....	01
I-1- Définition et composition d'eau.....	01
I-1-1- La structure de molécule d'eau.....	01
I-1-2- Qu'est-ce que le cycle de l'eau?.....	02
I-2- Différentes sources des eaux brutes.....	03
I-2-1- Eaux de pluie.....	03
I-2-2- Eaux de surface.....	04
a- Eaux de rivière (partie amont).....	04
b- Eaux de rivière (partie aval).....	04
c- Eaux de lac.....	04
I-2-3- Eaux de mer.....	05
I-2-4- Eaux souterraines.....	05
I-1-3- Pollution de l'eau.....	06
a- Les différentes pollutions de l'eau.....	06
a-1- Pollutions chimiques.....	06
a-2- Pollutions biologiques.....	06-07
a-3- Pollutions physiques.....	07
a-4- La pollution radioactive de l'eau	07-08
Conclusion.....	08

Chapitre II : Paramètre de qualité de l'eau

Introduction.....	09
II-1- Les paramètres de qualités.....	09
II-1-1- Les paramètres organoleptiques.....	09
II-1-2- Les paramètres en relation avec la structure de l'eau.....	09
II-1-3- Les paramètres indésirables.....	09
II-1-4- Les paramètres toxiques.....	10

II-1-5- Les paramètres microbiologiques.....	10
II-1-6- Les paramètres concernant les pesticides et les produits apparentés.....	10
II-2- Contrôle des paramètres de qualité.....	10
II-2-1- Les paramètres organoleptiques.....	11
a- Couleur et turbidité.....	11
a-1- Couleur	11
a-2- Turbidité.....	11
b- Saveur et odeur.....	12
II-2-2- Les paramètres physico-chimiques.....	12
a- Température.....	12
b- Ph.....	12-13
c- Conductivité.....	13
d- Oxygène dissous.....	13
e- Matières en suspension.....	13
f- Résidu sec.....	13
II-2-3- La minéralisation globale.....	14
a- Dureté totale.....	14
b- Titre alcalimétrique (TA).....	14
c- Titre alcalimétrique complet (TAC).....	14
d- Chlorures.....	14
e- Calcium.....	15
f- Sodium.....	15
g- Potassium.....	15
h- Magnésium.....	15-16
i- les sulfates.....	16
II-2-4- Les paramètres indésirables.....	16
a- Fer et manganèse.....	16
b- Aluminium.....	16-17
II-2-5- Les paramètres de pollution.....	17
a- Les matières organiques.....	17
b- La demande biologique en oxygène (DBO5)	17
c- La demande chimique en oxygène (DCO)	17
d- L'azote ammoniacal.....	17-18
e- Nitrates et Nitrites (NO_3^- et NO_2^-).....	18
f- Phosphates.....	19
II-2-6- Les paramètres bactériologiques.....	19
Conclusion.....	20

Chapitre III : Les procédés de traitement des eaux potable

Introduction.....	21
III- 1- Les procédés physiques et chimiques.....	21
III-1-1- Le prétraitement (Préoxydation).....	21
a- Le prétraitement chimique.....	21
b- Le prétraitement physique.....	21
III-2- La clarification.....	21
III-2-1- La coagulation.....	21
a- Le procédé de la coagulation.....	21-22
a-1- Les colloïdes.....	22
a-2- Les réactifs utilisés.....	22-23
a-3- L'ensemble des paramètres influençant le bon fonctionnement du procédé de coagulation.....	23
1- Influence du Ph.....	23
2- Influence de la dose du coagulant.....	23
3- Influence de la température.....	23
4- Influence de la turbidité.....	23
III-2-2- Le procédé de floculation.....	23-24
a- Les paramètres influençant sur le bon fonctionnement sur la floculation	24
b- Floculants (adjuvants de coagulation) et processus de floculation.....	24
b-1- Le charbon actif en poudre (CAP)	25
b-2- La silice activée	25
b-3- Les poly électrolytes.....	25
III-2-3- Le procédé de la décantation.....	25
a- Classification des matières décantables	25
b- Types de décantation.....	25-26
b-1- Décantation de particules discrètes.....	26
b-2- Décantation de particules floculantes.....	26
b-3- Décantation freinée.....	26
b-4- Décantation en compression de boues.....	26
III-2-4- Le procédé de filtration	26
a- Matériaux filtrants.....	26-27
b- La filtration biologique.....	27
b-1- Biofor (Biological Filtration Oxygenated Reactor).....	27
c- Adsorption sur charbon actif.....	27-28
d- Le filtre à charbon actif	28
d-1- Principe de fonctionnement des filtres CAG	28
1- Les mesures de perte de charge.....	28

2- Lavages des filtres	28
III-2-5- Le procédé de désinfection	29
a- Les désinfectants	29
a-1- Le chlore	29
1- Les avantages du chlore.....	29
2- les désavantages du chlore	29
a-2- l’ozone	29
1- Les avantages de l’ozonisation	30
2- les désavantages de l’ozonisation	30
a-3- Le rayonnement UV.....	30
1- Les avantages de l’ultraviolet.....	30
2- Les désavantages de l’ultraviolet.....	30
Conclusion.....	30

2- Partie expérimentale

Chapitre I : Présentation de la station de traitement

Introduction.....	31
I-1- Définition de station d’épuration.....	31
I-2- Définition de station de traitement d’eau potable.....	31
I-3- L’objectif du traitement.....	31
I-4- La station de traitement d’AIN TINN.....	31
I-5- Qualités de l’eau brute à traiter.....	32
I-6- Les critères de choix de l’eau à traiter.....	32
I-7- La chaine de traitement.....	32-33
Conclusion.....	33

Chapitre II: Les étapes de la Station de traitement D’Ain Tinn

Introduction.....	34
II-1- Brise charge et régulation de débit.....	34
a- Chambre brise charge.....	34
b- Mesure et régulation du débit d’eau brute.....	35
c- Ajustement du débit d’eau brute.....	35
II-2- Bassin d’aération de l’eau brute.....	35
II-3- Préozonation.....	35-36

II-4- La coagulation / floculation.....	36-37
a- Bassin de mélange rapide.....	37
b- Dosage des réactifs.....	37
b-1- Dosage du sulfate d'aluminium.....	38
b -2- Dosage de l'a acide sulfurique.....	38
1- Principe de l'abaissement du pH par ajout d'acide.....	38
b-3- Dosage de l'a hydroxyde de calcium (chaux hydratée).....	38
1- Principe de l'abaissement du pH par ajout d'acide.....	38
b-4- Dosage du permanganate de potassium.....	39
1- Principe de l'oxydation du manganèse	39
b-5- Dosage de polymère.....	40
1- Principe de la floculation.....	40
II-5- La décantation.....	40
a- Description des décanteurs.....	41
II-6- La filtration biologique.....	41
a- Le biofor.....	42
a-1- Description de biofor.....	42-43
1- Les matériaux support.....	43
2- Description technique de la biolite.....	43
a-2- Le colmatage.....	44
b- l'objectif de lavage.....	44
c- Types de lavages utilisés.....	44
II-7- La Post-ozonation.....	44-45
II-8- La filtration.....	45
a- Filtres à charbon actif.....	45
b- Description des filtres CAG.....	46-47
c- Description du charbon actif en grain.....	47-48
II-9- Désinfection finale.....	48
a- Bâtiment de chloration.....	48
b- Désinfection à l'eau de javel	49
c- Principe	49
Conclusion.....	49

Chapitre III : Présentation de matérielle de labo

Introduction.....	50
III-1- Présentation générale d'un laboratoire d'analyse.....	50

III-2- Matérielle de laboratoire physico- chimique.....50

- Conclusion général

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est un fluide indispensables à la vie largement répandue à la surface de la terre et jouant un rôle essentiel dans la structure organique des êtres vivants et des végétaux.

Elle a aussi une importance industrielle considérable liée à son abondance relative, son prix de revient peu <<onéreux >> et surtout à ses propriétés physico _ chimiques particulièrement intéressante.

L'eau est présente sur terre sous ses trois états (vapeur, liquide et glace) et elle se trouve engagée dans un mouvement cyclique d'évaporation et de précipitation qui soumet les terres émergées à un lessivage et donc à une extraction de divers corps soluble.

L'eau se comporte donc comme un solvant et un véhicule de substances en suspension, colloïdales ou dissoutes d'origine naturelle ou liée à l'activité humaine (domestique, industrielle et agricole).

La présence des matières organiques d'origine naturelle est la caractéristique des eaux brutes. Les substances humiques constituent généralement la catégorie la plus importante, dans ces eaux et à des concentrations car elles peuvent détériorer la qualité organoleptique de l'eau et conduisent par chloration à des à des composés.

Le traitement varie en fonction de la qualité de l'eau captée, il comprend au minimum une stérilisation ce pondent une usine d'eau potable se présente généralement en différent étapes faisant intervenir différent procédés physiques et chimiques.

L'objet du traitement est de procéder à une élimination partielle ou totale de ses composés de façon à fournir une eau potable sans risque pour la santé du consommateur.

On peut diviser cette étude comme suit :

D'abord on commence le mémoire par une introduction générale.

Dans la premier partie, nous décrivons des généralités sur l'eau et sa pollution son traitement, les paramètres de qualité et à une description des différents procédés de traitement des eaux potable

Ensuite la deuxième partie consacrée à une présentation de la station de traitement d'Ain Tinn (w-Mila).

A la fin de ce travail, nous allons présenter une conclusion générale sur ce travail, avant de lister les références bibliographiques se rapportant à cette étude.

PARTIE I

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

Chapitre I Généralités sur l'eau

Introduction

L'eau est un composé chimique simple, mais il a des propriétés complexes du fait de sa polarisation. Sa formule chimique est H₂O. L'eau lourde est un composé constitué d'un atome d'oxygène et deux atomes de l'hydrogène.

L'eau peut être trouvée presque partout sur la terre et est un composé essentiel pour tous les organismes vivants connus. Le corps humain est constitué de 72% d'eau.

L'eau est (sauf exceptions très notables): incolore, insipide, inodore, et ainsi de suite.

Avec une température ambiante (environ 1 bar), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 ° C, solide au-dessous de 0 ° C et liquide dans les conditions normales de température et de la pression.

Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau (97% d'eau salée et 3% d'eau douce). Un plan d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, rivières petites ou grandes, d'un ruisseau ou d'un canal. La circulation de l'eau dans les différents compartiments de la terre est décrite grâce à son cycle biogéochimique.[01]

I-1-Définition et composition d'eau



Figure 1 : l'eau

L'eau est un composé chimique qui résulte de la combinaison de 2 atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène pour former le réactif bien connu <<H₂O>>



Les 2 atomes d'hydrogène sont situés sous un angle de 104,45°, formant une molécule dissymétrique chargée positivement du côté de l'hydrogène et négativement du côté de l'oxygène. (Molécule bipolaire).

I-1-1- La structure de molécule d'eau

La composition chimique et la masse molaire de l'eau ne peuvent pas expliquer ses propriétés spécifiques.

Chapitre I Généralités sur l'eau

Caractéristiques géométriques:

- la molécule H-O-H est coudée.
- angle de valence de $104,45^\circ$.
- distance internucléaire H-O = $95,84 \text{ pm}$ $0,985 \text{ \AA}$.

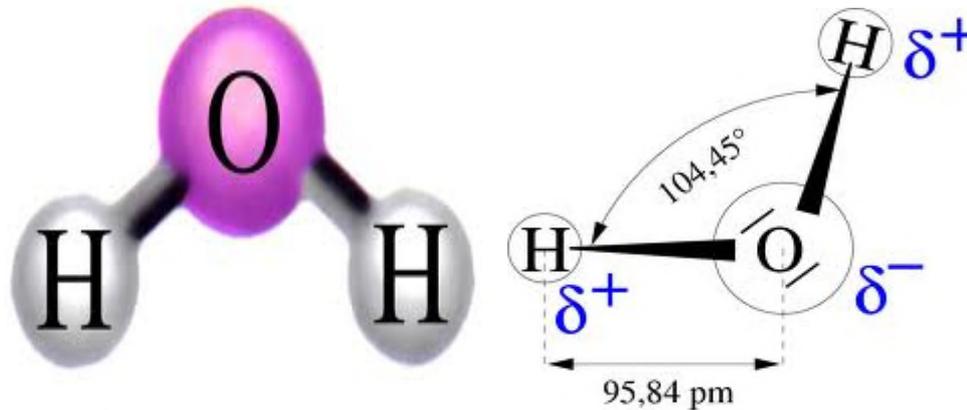


Figure 2 : la structure de molécule d'eau

La différence d'électronégativité entre l'oxygène et l'hydrogène confère à la molécule d'eau un moment dipolaire $\mu=1,86 \text{ D}$ (gaz) et $\mu=2,01$ à $3,0 \text{ D}$ (liquide).

L'eau molécule polarisée et pouvoir dissolvant la molécule H₂O est polarisée:

L'atome d'oxygène est chargé négativement tandis que les deux atomes d'hydrogène sont chargés positivement. Les forces électrostatiques qui résultent sont responsables des propriétés physico-chimiques de l'eau. [02]

I-1-2-Qu'est-ce que le cycle de l'eau?

C'est l'ensemble des processus qui permettent le réapprovisionnement en eau douce de la planète pour les besoins de l'homme et des êtres vivants en général.

Jour après jour, l'eau poursuit inlassablement le même chemin. Commençons par l'évaporation, particulièrement intense au niveau des océans, qui y contribuent à 85% car leur surface est à saturation. Chaque jour, 500 milliards de tonnes d'eau sont renvoyées vers l'atmosphère sous l'effet du rayonnement solaire l'air se charge en eau, qui diffuse dans l'atmosphère et s'élève, par convection ou parce que le relief l'y oblige, par exemple pour franchir une montagne la température diminuant suite à la détente, l'air peut contenir de moins en moins de vapeur d'eau et se sature. L'eau se condense et des gouttelettes ou des cristaux de glace apparaissent qui forment les nuages, ou le brouillard si la condensation a lieu au voisinage immédiat du sol. Les nuages à leur tour donnent naissance à des précipitations : neige, pluie ou grêle.

Chapitre I Généralités sur l'eau

Si le sol est imperméable, l'eau ruisselle le long des pentes et alimente directement les cours d'eau, les lacs et les océans. S'il est poreux, l'eau s'infiltrate et approvisionne les nappes aquifères. Une circulation souterraine s'établit des régions de haute pression et forte altitude vers les régions de basse pressions et faible altitude. L'eau finit par rejoindre les cours d'eau, qui à leur tour regagnent la mer. Et le cycle commence.

Une molécule d'eau reste en moyen dix jours dans l'atmosphère, cent ans sur les continents et quarante mille ans au sein des océans.[03]

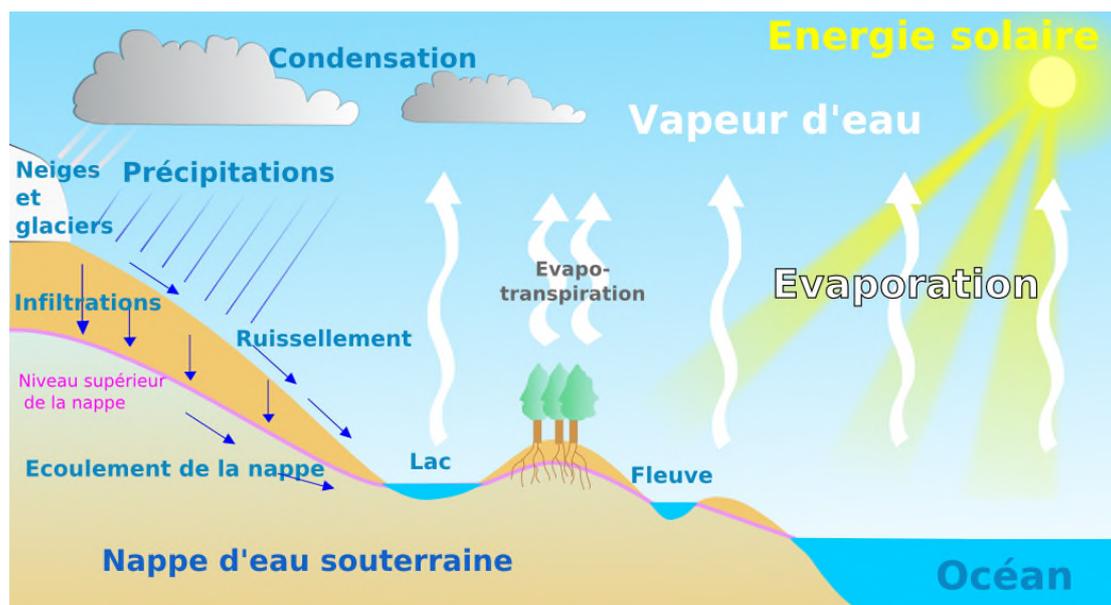


Figure 3 : Cycle de l'eau

I-2-Différentes sources des eaux brutes

On retrouve quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.[02]

I-2-1-Eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous.

Comme les sels de magnésium et de sodium. Elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau.[02]

I-2-2-Eaux de surface

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée.[02]

a- Eaux de rivière (partie amont)

L'amont d'une rivière est en générale situé dans une région montagneuse, ou la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- Turbidité élevée. Le régime des rivières étant torrentiel les eaux transportent de grandes quantités de matières en suspension.
- Contamination bactérienne faible. La pollution causée par l'humain ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante.
- Température froide. Ces eaux proviennent soit de sources, soit de la fonte des neiges et des glaciers.
- Indice de couleur faible. Ces eaux n'ont eu le temps de dissoudre des matières végétales, principales sources de couleur.[02]

b- Eaux de rivière (partie aval)

L'aval d'une rivière est en général situé une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- Contamination bactérienne élevée. Cette contamination est surtout imputable au déversement des égouts domestique et agricoles.
- Contamination organique et inorganique élevée. Les eaux usées domestiques, agricoles et industrielle contiennent de grandes quantités de matières organiques et inorganiques.
- Indice de couleur pouvant être élevée. Dans beaucoup de cas, les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales. Qui les colorent. Signalons que le débit et la quantité des eaux de rivières (amont et aval) peuvent varier en peu complexes pour réagir rapidement à toute modification des caractéristiques des eaux de rivière.[02]

c- Eaux de lac

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristique des eaux de lac varient très lentement au cours de périodes, la différence de température entre les eaux de

Chapitre I Généralités sur l'eau

surface et les eaux profondes peut provoquer un renversement des eaux du lac et en augmenter ainsi brusquement la turbidité on peut expliquer le renversement d'un lac de la façon suivant :

- En été, à la surface d'un lac la couche d'eaux exposée au rayonnement solaire et à l'atmosphère se réchauffe rapidement. Par contre, au fond d'un lac profond, l'eau se réchauffe beaucoup plus lentement.
- A l'automne, les eaux de surface qui se refroidissent que les eaux profondes, deviennent plus denses. En effet lorsque la température diminue, la densité de l'eau augmente pour atteindre un maximum à 4°C les eaux de surface plus denses deviennent alors instables et ont tendance à «couler», ce qui provoque un brassage spontané.
- Au printemps, après la fonte des glaces un phénomène similaire se produit. Les eaux de surface se réchauffent rapidement et atteignent plus froides.

Les substances nutritives (phosphore et azote) présentes dans les eaux de ruissellement et dans les eaux usées domestiques favorisent la croissance d'algues et de plantes aquatiques, ce qui accélère l'eutrophisation du lac. Durant l'été, ces algues et ces plantes aquatiques entraînent la dégradation des caractéristiques chimiques et physiques de l'eau : la turbidité, l'indice de couleur, les goûts et les odeurs augmentent. Par ailleurs, la respiration des algues et des plantes aquatiques modifie continuellement la teneur de l'eau en oxygène dissous. De plus, les algues mortes se déposent au fond du lac, ce qui augmente l'épaisseur de la couche de vase. [02]

I-2-3- Eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leur concentration en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000. [02]

I-2-4- Eaux souterraines

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps, les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous :

- Contamination bactérienne faible. Le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- Turbidité faible. Les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- Température constante. Les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.

Chapitre I Généralités sur l'eau

- Indice de couleur faible. Les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales. Source de couleur.
- Débit constant. Contrairement à celles des eaux de rivières, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constant durant toute l'année.
- Dureté souvent élevée. Les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalent (Mg_2 , Ca_2 , etc.) responsables de la dureté.
- Concentration élevée de fer et de manganèse. Ces métaux souvent présents dans le sol. Sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous.[02]

I-1-3- Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques; elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique.[04]

a- Les différentes pollutions de l'eau

La pollution aquatique a pour origines principales :

- l'activité humaine : pollution domestique.
- les industries : pollution industrielle.
- l'agriculture : pollution agricole.

Les origines de la pollution des eaux sont variées et intimement liées aux activités humaines : pollutions domestiques, urbaines, industrielles et agricoles.

Il existe différentes natures de pollution :

- La pollution chimique, présence de substances dissoutes.
- La pollution biologique, présence de bactéries, virus et autres champignons.
- La pollution physique, présence de matières en suspension.
- La pollution radioactive.[04]

a-1 - Pollutions chimiques

Ce sont des pollutions dues au déversement de substance chimiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les biocides (pesticides) et métaux lourds.[04]

a-2 - Pollutions biologiques

Il peut s'agir de pollution par micro-organisme : les germes (bactéries, virus,

Chapitre I Généralités sur l'eau

champignons, etc.) provenant des égouts peuvent proliférer à leur arrivée dans le milieu marin, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes.

Il peut également s'agir de l'introduction d'une espèce marine dans une zone où elle est normalement absente et dans laquelle elle a un impact non négligeable.

En eau douce, l'exemple de la jacinthe d'eau est frappant : introduite par l'homme, elle a depuis colonisé une grande partie des cours d'eau de la zone intertropicale, éliminant la majorité des espèces de plantes aquatiques indigènes et affectant profondément les écosystèmes limniques (rivières et lacs). [04]

a -3- Pollutions physiques

On parle de pollution physique lorsque le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs.

Il peut s'agir :

- d'un rejet d'eau douce qui fera baisser la salinité d'un lieu.
- d'un rejet d'eau réchauffée ou refroidie (par une centrale électrique ou une usine de regazéification de gaz liquide).
- d'un rejet de liquide ou solide de substance modifiant la turbidité du milieu (boue, limon, ...) d'une source de radioactivités.

La plupart du temps, un rejet n'est jamais une source unique et les différents types de pollution sont mélangés et agissent les uns sur les autres. Ainsi un égout rejette des déchets organiques, des détergents dont certains s'accompagnent de métaux lourds (pollution chimique), des micro-organismes (pollution biologique), le tout dans de l'eau douce (pollution physique).[04]

a-4- La pollution radioactive de l'eau

La radioactivité des eaux naturelles peut être d'origine naturelle (uranium, radium,...) ou artificielle (énergie nucléaire).

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde) ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques, des champs de rayonnements d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations centrales nucléaires.

Dans la nature la radioactivité ne peut se détruire que spontanément (après plusieurs décennies) et le traitement des rejets radioactifs dans la nature consiste à extraire, puis à les concentrer pour les évacuer par la suite vers des sites réservés à cet effet.

Chapitre I Généralités sur l'eau

Les conséquences d'une contamination radioactive sont graves et imprévisibles, surtout lorsqu'il s'agit de produits à très longue durée de vie. On admet que toute exposition aux rayonnements ionisants entraîne un risque d'effets nocifs.[04]

Conclusion

Pendant des siècles, les hommes ont utilisé l'eau de la rivière, à la source ou au puits. Dans certaines régions, les habitants recueillaient dans des cuves l'eau de pluie qui s'écoulait des toitures.

Mais dès le 17^{ème} siècle, certaines villes commencent des travaux pour amener les eaux de la source à un réservoir afin d'alimenter les fontaines publiques.

Au 19^{ème} siècle, les municipalités captent des sources, pompent dans les nappes phréatiques pour alimenter par canalisation, les premiers abonnés et pour l'industrie, le commerce, pour le lavage des rues et l'arrosage des espaces verts et les fontaines.

Pour permettre ceci l'eau doit être filtrée et traitée afin de permettre une bonne consommation.

CHAPITRE II

Chapitre II Paramètre de qualité d'eau

Introduction

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

Dans ce chapitre nous allons présenter les principaux paramètres physico-chimiques qui caractérisent la qualité des eaux.

II-1- Les paramètres de qualités

Une eau de bonne qualité est essentielle à la santé humaine et à celle des ressources biologiques ainsi qu'à la pratique d'activités récréatives sécuritaires. Les organismes nationaux responsables de la qualité de l'eau établissent des normes de concentration pour les différents éléments pouvant être présents dans l'eau. Des limites étant fixées, il devient relativement facile de définir une eau de qualité. Elle devrait présenter un goût agréable, ne pas dégager d'odeur déplaisante avoir un aspect esthétique acceptable et être dépourvue d'agents physiques, chimiques ou biologiques nocifs. Certaines eaux ne satisfont pas toujours à l'ensemble de ses critères.

II-1-1- Les paramètres organoleptiques

Ces paramètres concernent la couleur, la transparence, la saveur et l'odeur de l'eau. Cependant ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe. Une eau peut être trouble colorée ou avoir une odeur particulière et néanmoins être consommable.

II-1-2- Les paramètres en relation avec la structure de l'eau

Ils s'agissent de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau ils n'ont pas de signification sanitaire mais, par leur dégradation, peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. [05]

II-1-3- Les paramètres indésirables

Sont dites indésirables certaines substances qui peuvent créer soit un désagrément pour le consommateur : goût (matières organiques, phénols, fer, manganèse...), soit causer des effets gênants pour la santé (nitrate, fluor). On surveille donc prioritairement la contamination des eaux par des matières organiques (mesurée par l'oxydabilité au permanganate de potassium, la concentration en ammonium, témoin d'une pollution récente d'origine industrielle ou humaine, la présence de nitrites et de nitrate et la concentration en fer. [05]

Chapitre II Paramètre de qualité d'eau

II-1-4- Les paramètres toxiques

Une pollution industrielle du captage ou une dégradation des réseaux de distribution peut entraîner la présence d'éléments toxiques dans l'eau dangereux pour la santé en cas de consommation régulière.

Ils sont essentiellement représentés par les métaux lourds (plomb, nickel, mercure, chrome, cadmium, arsenic...) et par le cyanure.[05]

II-1-5- Les paramètres microbiologiques

Les paramètres microbiologiques sont des germes témoins de contamination fécale qui ne sont pas dangereux en eux-mêmes, mais dont la présence peut s'accompagner de celle de germes pathogènes. Le risque sanitaire augmente avec le niveau de contamination de l'eau par ces indicateurs de pollution.

Trois germes sont recherchés en routine et permettent le classement des eaux de baignade :

- Les coliformes totaux.
- Les coliformes fécaux ou Escherichia coli.
- Les streptocoques fécaux ou entérocoques intestinaux.

Dans certaines circonstances, en cas de pollutions par des rejets particuliers par exemple, la recherche d'autres germes peut être opérée (salmonelles et entérovirus).[05]

II-1-6- Les paramètres concernant les pesticides et les produits apparentés

D'origine agricole ils sont destinés à la protection, à l'amélioration de la production végétale et à la préservation des récoltes. Ils sont entraînés par les eaux de pluie ou de ruissellement. Ce sont des produits toxiques et peuvent affecter le goût et l'odeur à une certaine dose. La limite de qualité pour les pesticides est 0,1 µg/l par substance (ou par produit de dégradation de ce pesticide), et de 0,5 µg/l pour le total des substances.

II-2- Contrôle des paramètres de qualité

Les paramètres à évaluer dans les analyses physico-chimiques sont présentés dans ce qui suit :

II-2-1- Les paramètres organoleptiques

a- Couleur et turbidité

La couleur et la turbidité sont des conditions qu'on trouve généralement dans l'eau brute et qui ne peuvent être modifiées que par traitement.

Le consommateur exige ainsi que l'eau n'ait ni goût ni odeur pouvant être décelées.

❖ Couleur

Une eau naturelle même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (Si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV.

Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire. L'élimination de la couleur s'accompagne également de celles de certaines matières organiques indésirables (précurseurs de composés haloformes). Cette élimination devra alors être effectuée à l'usine de traitement avant l'entrée de l'eau dans le réseau.

Malheureusement la mesure de ce paramètre n'a pas été effectuée à cause du manque de réactif et de matériel d'analyse dans le laboratoire central eau EDM.SA. [06]

❖ Turbidité

La turbidité traduit la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau et éveille la méfiance et la répugnance du consommateur. En outre elle nuit à la filtration et risque de diminuer l'efficacité de la désinfection, le contact entre les germes pathogènes et l'agent désinfectant étant défavorisé. L'un des buts primordiaux du traitement est de réduire la turbidité.

L'effet bactéricide est neutralisé et l'acide hypochloreux (HClO) ne se forme pas dans le cas d'une turbidité élevée et contenant des matières organiques.

D'après les normes la turbidité maximale acceptable est de 5 NTU (car elle est alors perceptible), et l'objectif est égal ou inférieur à 1. Les eaux convenablement filtrées et désinfectées ont des turbidités inférieures à 0,5 NTU.

Dans le réseau, une turbidité élevée de l'eau révèle les problèmes suivants :

- Précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau.
- Des précipités formés par l'effet de post-floculation dans le réseau (effort persistant du floculant et polymérisation non achevée), dégradent la qualité organique. [07]

Chapitre II Paramètre de qualité d'eau

Si :

- NTU < 5 = eau claire
- NTU < 30 = eau légèrement trouble
- NTU sup 50 = eau trouble

b- Saveur et odeur

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur « nondésagréable ». La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur.

Ces deux propriétés purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère.

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre (SO_2) ou le sulfure d'hydrogène (H_2S) ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution. [06]

II-2-2- Les paramètres physico-chimiques

a- Température

Pour l'eau potable la température maximale acceptable est de 15°C , car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au-dessus de 15°C , il y a un risque de croissance accélérée de micro-organismes d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité.

Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles. [06]

Une température élevée peut favoriser des goûts et des odeurs désagréables. De plus elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques.

Les acteurs des eaux peuvent difficilement agir sur la température de l'eau. Les efforts doivent donc se porter sur d'autres paramètres qui évoluent en fonction de la température.

b- Ph

Le pH ou potentiel Hydrogène de l'eau mesure sa concentration en ion H^+ . Il permet d'avoir une idée globale de la physico-chimie de l'eau. Il traduit son caractère

Chapitre II Paramètre de qualité d'eau

acide ou basique (RODIER, 1975). Le pH de l'eau influe sur la vie des bactéries (acidophiles, neutrophiles et basophiles). L'eau potable doit avoir un pH compris entre 6,5 et 8,5 (normes OMS).[08]

Deux méthodes sont utilisées pour mesurer le pH: la méthode colorimétrique à l'aide des tiges est utilisée pour déterminer le pH afin de comparer les valeurs trouvées avec celles affichées par le multimètre à sonde, et à l'aide d'un pH mètre.

c- Conductivité

Ce paramètre conservatif présente un intérêt pour déterminer des échanges entre masses d'eau, des dilutions ou des concentrations liées à des confinements. C'est un processus du transfert d'électricité dans l'eau, mesuré en $\mu\text{s}/\text{cm}$.[29]

d- Oxygène dissous

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est liée à plusieurs facteurs en particulier: la température, la pression atmosphérique et la salinité. L'oxygène dissous est aussi fonction de l'origine de l'eau, les eaux superficielles en contiennent des quantités relativement importantes alors que les eaux souterraines n'en contiennent que quelques mg. L'oxygène dissous est influencé par la présence de végétaux les matières organiques, des organismes et des germes aérobies...etc. L'oxygène dissous se mesure au multimètre à sonde, après sélection de l'option DO.

e- Matières en suspension

On appelle matières en suspension les très fines particules en suspension (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluants, micro-organismes...), qui donnent un aspect trouble à l'eau, (turbidité) et s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique. En trop grande quantité elles constituent donc une pollution solide des eaux.

f- Résidu sec

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.[29]

II-2-3-La minéralisation globale

a- Dureté totale

La dureté d'une eau (ou titre hydrotimétrique TH) traduit sa teneur globale en ions calcium (Ca_2^+) et magnésium (Mg_2^+). La dureté d'une eau de rivière dépend essentiellement des terrains qu'elle traverse. Si une eau a une dureté élevée on retrouvera rapidement des dépôts de calcaire. La dureté peut également être en relation avec la pollution des cours d'eau, et une eau trop dure incompatible avec la vie aquatique.

Le titre hydrotimétrique TH (°f) traduit la dureté d'une eau :

Dureté Faible	Dureté Moyenne	Dureté Forte
<5 °F	5 à 20 °F	>20 °F

Tableau 1

b- Titre alcalimétrique(TA)

Le titre alcalimétrique TA témoigne de l'alcalinité d'une eau en prenant en compte la concentration en carbonates et hydroxydes dans l'eau :

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2[\text{CO}_3^{2-}] \text{ en méq/l}$$

c- Titre alcalimétrique complet(TAC)

Rend compte de l'alcalinité totale d'une eau en tenant compte en plus de la teneur en bicarbonates :

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] \text{ en méq/l}$$

Pour déterminer le TA et le TAC d'une eau, on utilise des méthodes volumétriques à savoir des dosages acides bases.

Pour les ph inférieur à 8,3 la teneur et ions OH^- et CO_2 est négligeable(TA=0).[05]

d- Chlorures

La présence de chlorures dans l'eau de boisson peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux d'égouts et aux effluents industriels, à la pollution provenant du salage des routes et à des intrusions salines.

Une concentration élevée de chlorures affecte le goût de l'eau et, accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau.[10]

e- Calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme de carbonates.

Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonate et en quantité moindre sous forme de sulfates, chlorure...etc. Les eaux de pluies de citernes n'en renferment que des traces.

Les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg en $(CaCO_3)$. Les eaux qui dépassent 500 mg/l de $(CaCO_3)$ présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières. [05]

Certaines eaux minérales en contiennent plusieurs centaines de milligrammes par litres.

f- Sodium

Le sodium est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre. Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques contenant du chlorure de sodium et de la décomposition des sels minéraux.

Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau, il n'y a pas de valeur limite standard, cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtre et prennent un goût désagréable. [11]

g- Potassium

La teneur du potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l à telles valeurs, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus.

Certains rejets industriels peuvent augmenter la teneur en potassium dans les eaux ; on cite en particulier les mines de potasse et les usines d'engrais qui peuvent entraîner des quantités relativement importantes de potassium. [11]

h- Magnésium

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre, élément indispensable pour la croissance il intervient comme élément plastique dans l'OS comme élément dynamique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux.

Chapitre II Paramètre de qualité d'eau

Son abondance géologique et sa grande solubilité ainsi que sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à plusieurs centaines de milligramme par litre.

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau. [05]

i- les sulfates

Les sulfates sont naturellement présents dans divers minéraux et ont de nombreuses applications commerciales, principalement dans l'industrie chimique. Leur présence dans l'eau peut provenir des effluents industriels et de dépôts d'origine atmosphérique, mais les concentrations les plus élevées se rencontrent généralement dans les eaux souterraines et sont d'origine naturelle.

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toute fois des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale. La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui communiquer un goût perceptible et contribuer à la corrosion du réseau de distribution.

Les doses de 1 à 2g de sulfates provoquent des effets purgatifs légers chez l'adulte et, chez l'enfant et le nourrisson la dose est de 21mg/kg. L'organisme humain s'adapte à des concentrations plus élevées en sulfates de l'eau de boisson.

Les seuils de détection gustative sont de 200-250 mg/l pour Na_2SO_4 , 250-900mg/l pour CaSO_4 , 400-600 mg/l pour MgSO_4 . [12]

II-2-4-Les paramètres indésirables

a- Fer et manganèse

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Ces métaux peuvent provoquer une coloration et sont à l'origine de dépôts dans les réseaux. Des corrosions peuvent en résulter. Par ailleurs ils affectent les paramètres organoleptiques comme d'autres métaux cuivre, aluminium, zinc.

Dans les eaux de surface, le fer et le manganèse se trouvent en général à l'état oxydé et précipité ; ils sont donc éliminés par les traitements classiques de clarification. [10]

b- Aluminium

En général l'aluminium susceptible d'être retrouvé dans l'eau de distribution ne présente pas de caractère de toxicité pour les populations. Lorsqu'il est en solution et en milieu acide, il existe sous forme d' Al^{3+} , dans une solution dont on élève le pH

Chapitre II Paramètre de qualité d'eau

progressivement, il précipite sous forme de tri hydroxyde AL (OH)₃ qui se dissout sous forme d'aluminate AL(OH)₄⁻.

La directive des communautés européennes indique comme teneur de l'aluminium dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 0.05 mg/l et une concentration maximale admissible de 0.2 mg/l. L'OMS retient même valeur limite de 0.2 mg/l. [05]

II-2-3-Les paramètres de pollution

a- Les matières organiques

D'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux et animaux vivant à la surface du bassin versant ou dans la rivière et qui se décomposent après leur mort.

Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne, le contenu en éléments organiques carbonés est aujourd'hui considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité microbiologique de l'eau dans le réseau. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur. [07]

Leur teneur est appréciée, le plus souvent, par des tests tels que la réduction du permanganate de potassium en milieu acide et en milieu alcalin. Les très pures ont généralement en oxygène inférieure 1 mg/l.

b- La demande biologique en oxygène (DBO5)

C'est la quantité d'oxygène exprimée mg/l, en nécessaire aux microorganismes pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée. Par convention la DBO est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation à 20°C⁴⁶.

c- La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO est un moyen d'apprécier la teneur en matière oxydable dans l'eau usée. Ces matières sont d'origines organiques ou minérales, elles sont oxydées en présence d'un oxydant dans des conditions bien déterminées.

Pour les eaux usées urbaines le rapport DCO/DBO est le plus souvent de 2 à 2,5 plus le rapport est élevé et moins la pollution organique est biodégradable.

d- L'azote ammoniacal

Cette forme d'azote est assez souvent rencontrée dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Certaines eaux profondes peuvent être riches en azote ammoniacal sans être pour cela

Chapitre II Paramètre de qualité d'eau

nécessairement des eaux polluées. Dans ce cas, l'ammonium (NH_4^+) peut provenir d'une dénitrification biochimique due aux micro-organismes réducteurs.

Par contre, si l'ammonium est trouvé dans une eau de surface (rivières ou lac) ou dans une eau d'origine souterraine peu profonde, son origine doit être recherchée dans les déjections animales.

En générale l'ammoniac se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation, la mise en évidence, dans l'eau de teneurs importantes en azotes ammoniacal implique généralement une contamination récente par les matières organiques en décomposition. A ce stade une contamination est la craindre. [29]

e- Nitrates et Nitrites (NO_3^- et NO_2^-)

Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique et les nitrites de l'oxydation incomplète. Les principales sources de pollution sont l'utilisation des engrais, la fabrication d'explosifs, l'industrie chimique et alimentaire. La teneur en nitrates de l'eau est généralement plus élevée que celle des nitrites. Une forte concentration en nitrites indique une pollution bactériologique par suite de l'oxydation de l'ammoniac. Aucun traitement classique de l'eau ne modifie considérablement la teneur en nitrates.

L'exposition à des fortes teneurs en nitrate augmente la concentration des nitrites salivaires. La réduction des nitrates en nitrites est optimale à $\text{pH} > 4,6$. Cette plage s'obtient chez les enfants et les malnutris.

Les nitrites jouent un rôle très important dans le cycle de l'azote. Sous l'action de bactéries de type nitrobacter (autotrophes et strictement aérobies), les nitrites sont rapidement oxydés en nitrates. Ces derniers sont donc le produit final de l'oxydation des dérivés azotés.

En plus de ces effets sur la qualité organoleptique, il a été reconnu que l'eau chargée en nitrates employée pour des biberons de lait en poudre était susceptible de faire apparaître chez les nourrissons une cyanose liée à la formation de méthémoglobine. Cette intoxication provoquée par l'absorption de petites doses de nitrates est en réalité due aux nitrites formés par réduction des nitrates sous l'influence d'une action bactérienne. Cette intoxication se traduit par une anoxie dont l'importance est fonction de la quantité de nitrites formés.

Quant aux nitrites, la toxicité est très significative en raison de leur pouvoir oxydant. Les nitrites peuvent entraîner une méthémoglobinémie comme cela a été indiqué à propos des nitrates. Les nitrites inhiberaient l'activité biologique de certaines vitamines (A, E, B6...). [13]

f- Phosphates

Les phosphates sont des anions facilement qui s'attache très minéraux du sol, leur présence dans les eaux naturelle est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de a matière organique.

On retrouve assez souvent des phosphates dans les eaux et habituellement la quantité ne dépasse pas 1mg/l en PO_4^{-3} .

Le phosphore joue un rôle important dans les réservoirs, les grosses canalisations et les eaux des lacs, ou il contribue à l'eutrophisation. [30]

II-2-6-Les paramètres bactériologiques

La recherche de la qualité d'une eau de consommation repose sur l'étude des éléments minéraux dissous et sur le dénombrement et la connaissance de la charge bactérienne se développant dans l'eau.

On ne peut déclarer une eau comme potable que lorsque les tests microbiologiques sont négatifs, c'est-à-dire, qu'il y'a aucun danger pour la santé humaine. Un ensemble de micro-organismes peuvent se développer dans l'eau .Ils sont d'origines diverses la présence de germes fécaux dans l'eau peut suspecter la présence de germes pathogènes d'où risque certain pour la santé humaine.

Pour l'étude de la qualité d'une eau, il y'a lieu de choisir le type d'analyse adéquant à savoir :

❖ Analyse réduite(B1), comporte les phases suites

- Recherche et numération des coliformes avec identification des E-Coli.
- Recherche et numération des streptocoques fécaux.

❖ Analyse sommaire(B2), comporte les phases suites

- Numération « totale » des germes à 37et 22 C°.
- Recherche et numération des coliformes avec identification des E-Coli.
- Recherche et numération des streptocoques fécaux.

❖ Analyse complète(B3)

- Numération « totale » des germes à 37 et 22 C°.
- Recherche et numération des coliformes avec identification des E-Coli.
- Recherche et numération des streptocoques fécaux.
- Recherche et numération de clostridium sulfite-réducteurs.

Conclusion

La qualité de l'eau est indispensable pour notre santé et pour cette raison les stations de traitement basée sur des études bien précis des paramètres de qualité.

Nous avons essayé dans ce chapitre de donner un aperçu sur les différents paramètres de qualités de l'eau qui sont généralement les paramètres organoleptiques, les paramètres en relation avec la structure de l'eau, indésirables, toxiques, microbiologiques et les paramètres concernant les pesticides et les produits apparentés.

CHAPITRE III

Introduction

La présence de nombreuses impuretés de différentes natures impose le traitement des eaux avant utilisation pour les rendre aptes aux applications envisagées, ou après utilisation pour éviter tout dommage à notre environnement. Dans ce chapitre nous allons présenter les différents processus de traitement d'eau potable.

III- 1-Les procédés physiques et chimiques

III-1-1-le prétraitement (Préoxydation)

Dans les processus de traitement des eaux, le prétraitement représente la première phase, ils servent à :

Soulager le traitement l'éliminer des particules les plus grossières et indésirables comme plancton en excès protéger les ouvrages de sables, algues, corrosion.

Il existe deux types :

- a- Le prétraitement chimique :** Préoxydation (par le chlore, les chlora mines, le dioxyde de chlore, l'ozone ou préozonation et par le permanganate de potassium).
- b- le prétraitement physique :** devant deuxième cas, on distingue le dégrillage, dessablage, flottation, sédimentation....etc.

III-2- La clarification

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les MES d'une eau brute ainsi que la majeure partie des matières organiques la clarification comprend les opérations de coagulation, de floculation et de filtration. [14]

III-2-1- La coagulation

La coagulation est la première étape dans le processus de traitement physico-chimique des eaux, elle consiste essentiellement à neutraliser ou à diminuer la charge électrique et favoriser ainsi le rapprochement des particules en vue de leur agglomération.

La coagulation résulte de l'addition de réactifs chimiques dans les dispersions aqueuses afin d'assembler en agrégats plus gros, les fines particules dispersées.[15]

a- Le procédé de la coagulation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes de temps, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, du fait de leur grande stabilité, elles n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour éliminer ces particules, on a recours

Chapitre III Les procédés de traitement des eaux potable

aux procédés de coagulation et defloculation. La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération.

En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques[16]

a-1-Lescoïdes

Les colloïdes sont des macromolécules organiques ou minérales qui, placées dans l'eau sous les trois groupes suivants :

- Matières en suspension qui regroupe les plus grosses particules ces matières sont d'origine minérale ou organique et possèdent un diamètre supérieur à 1µm.
- Matières colloïdales sont des MES de même origine mais de diamètre inférieur à 1micron.
- Les matières dissoutes, sont généralement des cations ou anions de quelques nanomètres de diamètre.[17]

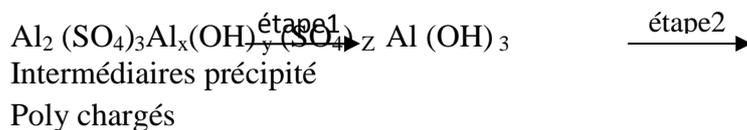
a-2- Les réactifs utilisés

L'efficacité de la clarification dépend d'abord du coagulant utilisé. Les plus efficaces sont des sels de métaux, à base d'aluminium ou de fer. Ils sont cités dans le tableau suivant :

Sels d'aluminium	Formule Chimique	Sels de fer	Formule chimique
Sulfate d'aluminium	Al ₂ (SO ₄) ₃	Sulfate ferrique	Fe ₂ (SO ₄) ₃
Chlorure d'aluminium	AlCl ₃	Chlorure ferrique	Fe ₂ Cl ₃
Aluminate de sodium	NaAlO ₂	Sulfate ferreux	FeSO ₄

Tableau 2 : Dérivés des sels d'aluminium et de fer.

La mise en solution d'un coagulant se déroule en deux étapes: (le cas du sulfate d'aluminium est très significatif). La réaction est présentée de la façon suivante:

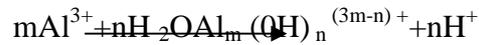


L'étape 1 est une phase d'hydrolyse. Des intermédiaires poly chargés positifs se forment pour neutraliser la charge primaire négative des colloïdes. C'est la véritable forme coagulante qui déstabilise les particules chargées négativement.

L'étape 1 dépend de la température et nécessite un pH compatible avec l'existence de ces intermédiaires poly chargés. Le temps de formation de ces composés est de l'ordre de 0,5 s.

Chapitre III Les procédés de traitement des eaux potables

L'étape 2 permet la formation du précipité $Al(OH)_3$. Elle dépend de l'agitation du milieu. Ce précipité est l'élément qui assure le pontage et la coalescence entre les colloïdes déstabilisés : c'est la forme floculante.



Les sels d'aluminium ou de fer réagissent avec l'alcalinité de l'eau et produisent des hydroxydes insolubles

a-3- L'ensemble des paramètres influençant le bon fonctionnement du procédé de coagulation

1- Influence du Ph

L'ajout d'un coagulant modifie souvent le pH de l'eau. En effet, une coagulation réalisée à un pH non optimal peut entraîner une augmentation significative du temps de coagulation. [19]

2- Influence de la dose du coagulant

Une dose de coagulant excessive entraîne une augmentation du coût d'exploitation, tandis qu'un dosage insuffisant conduit à une qualité de l'eau traitée insuffisante. [20]

3- Influence de la température

Une basse température, entraînant une augmentation de la viscosité de l'eau, alors le floc se décante plus difficilement et a tendance à pénétrer plus profondément dans les filtres. La coagulation et la décantation du floc sont ralenties et la plage de pH optimal diminue. Pour éviter ces difficultés, une solution consiste à changer de coagulant en fonction des saisons. [20]

4- Influence de la turbidité

Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie d'une augmentation de la dose de coagulant.

Quand la turbidité de l'eau est trop faible, on peut augmenter la concentration en particules par addition d'argile ou de la silice activée. [20]

III-2-2- Le procédé de floculation

La floculation est le processus de grossissement et d'uniformisation des petits flocons formés lors de l'introduction du coagulant. Elle a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur agglomération, pour

accroître son volume, sa masse et sa cohésion. Une bonne floculation est favorisée par:

- Une coagulation préalable aussi parfaite que possible.
- Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau.
- Un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau.
- L'emploi de certains produits appelés flocculant ou adjuvants de coagulation.

[22]

a- Les paramètres influençant sur le bon fonctionnement sur la floculation

Comme pour la coagulation, il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte pour le bon fonctionnement de ce procédé.

Le mélange doit être suffisamment lent afin d'assurer le contact entre les flocons engendrés par la coagulation. En effet, si le mélange dépasse une certaine puissance les flocons risquent de se briser. Il faut également un temps de séjour minimal pour que la floculation ait lieu.

La durée du mélange se situe entre 10 et 60 minutes. Les temps d'injection de la coagulation et du flocculant sont en général espacés de 1 à 3 minutes, cette durée étant fonction de la température de l'eau.

Les boues formées pendant la coagulation-floculation aboutissent après décantation dans des concentrateurs. Des flocculants de masse molaire importante permettent l'obtention de boues ayant une vitesse d'épaississement plus grande, et donc un volume de boues final réduit.

Les boues purgées de décanteurs sont plus concentrées dans ce cas, ce qui conduit à une perte d'eau réduite. L'emploi de flocculant de synthèse, combiné à des méthodes modernes de séparation, peut permettre la production de boues très concentrées, traitables directement par une unité de déshydratation. Dans les autres cas, on passe d'abord par un épaississement avant l'unité de déshydratation. [16]

b- Flocculant (adjuvants de coagulation) et processus de floculation

On injecte les flocculants à la suite du coagulant. Leur rôle est d'accélérer la floculation ou d'améliorer la consistance et la densité des flocons.

Les adjuvants les plus communément utilisés sont: flocculants minéraux (l'asilex) ou des flocculants organiques (polymères à haut poids moléculaires) naturels tel que l'alginate extrait des algues marines ou synthétiques (poly-électrolytes anioniques, cationiques ou non ioniques). Ils se définissent par leur poids moléculaire qui est caractéristique de polymères à longue chaîne, et également par leur densité de charge. [21]

On peut employer :

Chapitre III Les procédés de traitement des eaux potable

b-1- Le charbon actif en poudre (CAP)

Cher, mais employé pour son action sur les micropolluants.

b-2- La silice activée

Préparée par neutralisation de silicate de soude. La préparation est assez délicate, et doit être de préférence faite en continu pour éviter la prise en gel.

b-3- Les poly électrolytes

Ce sont des macromolécules à longue chaîne (association de monomères Simple) Possédons dans charges électriques ou des groupements ionisés.

III-2-3- le procédé de la décantation

La décantation qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, c'est un procédé de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc dont la densité est supérieure à celle de l'eau, elle s'effectue selon un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue. Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée.

Elle est dirigée vers un autre stade d'épuration. La décantation a un rôle épuratoire non négligeable. Il apparaît néanmoins vis-à-vis des MES, DCO et DBO5.[31]

a- Classification des matières décantables

On distingue deux types de matières décantables :

- Les particules grenues, qui conservent les mêmes dimensions au cours de leur chute ; elles sédimentent indépendamment les unes des autres avec une vitesse de chute constante.
- Les particules coalescentes s'agglomèrent pendant la sédimentation, on distingue : la décantation diffuse et la décantation en piston
- La décantation diffuse : lorsque la concentration en MES est faible ; le floc dispersé décante comme s'il était seul, sa vitesse de chute augmente au fur et à mesure que d'autres particules plus fines s'y agglomèrent.
- La décantation en piston : lorsque la concentration en MES est élevée, on a une décantation d'ensemble des floccs qui sont freinés au cours de leur chute.

[23]

b- Types de décantation

Le phénomène de sédimentation peut se manifester différemment selon la concentration de la suspension, les caractéristiques propres des particules et les interactions possibles entre elles.[24]

Chapitre III Les procédés de traitement des eaux potables

On distingue quatre types de décantation :

b-1- Décantation de particules discrètes

Elle est caractérisée par le fait que les particules conservent leurs propriétés physiques initiales (forme, dimension et densité) au cours de leur chute.

b-2- Décantation de particules floculantes

Elle est caractérisée par l'agglomération des particules au cours de leur chute. Leurs propriétés physiques sont donc modifiées pendant le processus.

b-3- Décantation freinée

Ce processus de sédimentation se produit pour des concentrations en matières solides floculées supérieures à 500 mg/l par suite d'interférence mutuelle entre les particules et la vitesse ascensionnelle du fluide déplacé au cours de la décantation.

Ce qui entraîne la formation d'une couche de particules et par conséquent, l'apparition d'une démarcation nette entre les solides décantés et le liquide surnageant.

b-4- Décantation en compression de boues

Dans ce type de décantation, les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures. Dans cette zone, le phénomène de consolidation est relativement lent. On retrouve ce type de décantation dans les épaisseurs de boues gravité.

III-2-4- Le procédé de filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Si ces matières à retenir sont de dimensions supérieures à celle des pores de filtre, elles sont retenues à la surface et la filtration est dite « en surface », ou en « gâteau » ou en encore « sur support ».

Habituellement le procédé des traitements de filtration, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs. [25]

a- Matériaux filtrants

Selon le type de filtre adopté, on recourt à divers matériaux filtrants, on utilise:

- Des tissus de fibres, des toiles métalliques ou des pierres poreuses à interstices très fins. Ces matériaux retiennent les solides en surface; on ne les utilise jamais pour traiter des quantités d'eau importantes.
- Des granules libres qui n'adhèrent pas les unes aux autres. Ces matériaux sont insolubles et inattaquables par le liquide filtré ou par les solides qui s'y déposent. La filtration a lieu soit en surface, soit en profondeur, selon les caractéristiques granulométriques du matériau filtrant et selon la grosseur et la cohésion des solides en suspension. Le sable, l'antracite et l'ilménite sont couramment utilisés dans les usines de traitement des eaux.[26]

b- La filtration biologique

Le rôle des filtres biologique est l'élimination de l'azote ammoniacale de l'eau brute par un processus biologique qui assure la transformation des ions ammoniums en ions nitrates au moyen de bactéries dites nitrifiantes qui se développent en milieu aérobie.

b-1- Biofor (Biological Filtration Oxygenated Reactor)

Le biofiltre Biofor c'est un procédé aérobie, permettant l'élimination de la DCO et de la DBO₅ des effluents et/ou la nitrification des substances adoptées.

Ce procédé est utilisé soit traitement secondaire complet, le plus souvent en substitution des procédés à boues activées, soit en traitement tertiaire.

Ce bio-filtre est destiné au traitement des eaux résiduaires urbaines et peut être positionné en série (pour la nitrification) ou en parallèle (pour un traitement secondaire).

Il existe plusieurs types de Biofor:

- Biofor première génération.
- Biofor plus C pour l'élimination de la DCO et de la DBO₅.
- Biofor plus N pour la nitrification des substances azotées.
- Biofor plus C-N pour le traitement simultané de la pollution carbonée et des substances azotées (par nitrification).
- Biofor plus pré-DN pour l'élimination des nitrates en pré dénitrification sans apport de substrat carboné externe.
- Biofor plus DN pour l'élimination des nitrates en dénitrification finale avec apport de substrat carboné externe.

c- Adsorption sur charbon actif

Le charbon actif fait partie d'une gamme de substance présentant une très grande porosité et une surface spécifique importante de l'ordre de 500 à 1500 m² par gramme de charbon. Ces qualités confèrent au charbon actif un grand pouvoir d'adsorption. Ce processus physico chimique est utilisé dans les filières d'eau pour fixer les substances

Chapitre III Les procédés de traitement des eaux potable

difficile à éliminer par un traitement classique et pour éliminer les substances humiques (responsable de la couleur), les goûts, les odeurs, les phénols, et les crésols, ainsi que plusieurs substances toxiques non biodégradables. Les composés retenus sont les adsorbats et le charbon actif est l'adsorbant.[27]

d- Le filtre à charbon actif

Les filtres à charbon actif, communément désigné sous le terme de filtres CAG, constituent la dernière étape de la chaîne de traitement.

Les filtres CAG remplissent deux fonctions principales:

- Enlèvement par captage des matières en suspension et de la turbidité résiduelle des eaux décantées et biofiltrées.
- Rabattement par adsorption du goût et l'odeur occasionné par la présence de composés organiques.

d-1- Principe de fonctionnement des filtres CAG

Le captage des matières en suspension est fonction de la granulométrie du charbon actif. Sur les filtres CAG la granulométrie est uniforme avec une taille effective moyenne de 1mm millimètre et un coefficient d'uniformité égal ou inférieur à 1,7.

Cette granulométrie permet d'assurer des espaces interstitiels entre chaque grain uniforme et optimisés pour permettre le captage de matières en suspension et de particules fines.

1- Les mesures de perte de charge

La mesure de perte de charge est très importante pour la conduite du procédé de filtration.

Elle se ramène toujours à des mesures de pression. On peut utiliser des capsules manométriques différentielles soumises aux pressions régnant de part et d'autre du lit granulaire du filtre, la différence représente alors la perte de charge.

2- Lavages des filtres

Lorsque la perte de charge, la turbidité, ou les deux, atteignent leurs valeurs maximales, on lave les filtres en injectant l'eau à contre-courant, c'est-à-dire si lors du traitement à filtres l'eau passe de bas en haut, donc le lavage s'effectue de haut en bas. Le lavage peut se faire avec de l'eau seulement, ou par l'eau et à l'air en même temps.[28]

III-2-5- Le procédé de désinfection

La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les microorganismes susceptible de transmettre des maladies ; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qu'est la destruction de tous les organismes vivant dans un milieu donné.[01]

a- Les désinfectants

a-1- Le chlore

Le chlore est l'oxydant le plus communément utilisée dans le traitement de l'eau il est employé sous forme gazeuse (Cl_2), liquide (hypochlorite de sodium) ou solide (hypochlorite de calcium)

C'est le plus connu et le plus universel. En solution, le chlore réagit avec l'eau pour former deux composés, l'acide hypochloreux (HClO) et des ions hypochlorites (ClO^-). L'acide hypochloreux a un effet bactéricide plus important que l'ion hypochlorite.

1- Les avantages du chlore

- L'investissement est plus faible que pour un système d'ozonisation.
- Le système est très simple : il suffit d'utiliser une pompe à injection ou un injecteur venturi pour mélanger du chlore avec l'eau.

2- les désavantagesdu chlore

- Le chlore dans un gout caractéristique à l'eau.
- Certains dérivés chlorés sont dangereux.
- L'installation nécessite le transport et le stockage de produit toxique.
- L'efficacité du chlore dépend du ph de l'eau.

a-2- l'ozone

L'ozone est un gaz extrêmement instable et un oxydant très puissant. Il n'a pas de pouvoir rémanent et donc ne dispense pas d'un ajout de chlore sur le réseau pour une action bactériostatique.

L'ozone est certainement l'oxydant le plus efficace sur les virus, le fer et le manganèse. Il ne donne pas de gout à l'eau, contrairement au chlore, et oxyde fortement les matières organiques. Pour obtenir un effet désinfectant, le temps de contact doit être suffisamment long, d'où la nécessité d'ouvrages adaptés (tours de contact par exemple).

1- Les avantages de l'ozonisation

- L'ozone se décompose en oxygène, sans de produits dérivés dans l'eau.
- L'ozone est produit sur place (pas de transport de produits toxiques ni de consommable à changer régulièrement).

2- les désavantages de l'ozonisation

- La production d'ozone consomme de l'énergie.
- Le système est assez complexe.
- Certains matériaux ne sont pas résistants à l'ozone.
- Ce système demande un investissement de départ important.

a-3- Le rayonnement UV

L'irradiation par une dose suffisante de rayonnement UV permet la destruction des bactéries, virus, germes, levures, champignons, algues, etc.

Les rayonnements UV ont la propriété d'agir directement sur les chaînes d'ADN des cellules et d'interrompre le processus de vie et de reproduction des micro-organismes. Comme pour l'ozone, elle n'est pas caractérisée par un effet rémanent.

Chacun de ces produits possède un pouvoir désinfectant différent que l'on peut classer dans cet ordre :

UV >Ozone>Chlore

1- Les avantages de l'ultraviolet

Le système est bon économique à l'investissement et à l'utilisation il n'y a pas de stockage de produit chimique ; le traitement ne laisse aucun dérivé dans l'eau.

2- Les désavantages de l'ultraviolet

Les UV inactive mais n'élimine pas les bactéries. L'eau doit donc être consommée directement après traitement.

Les particules dans l'eau stoppent les rayons UV et diminuent l'efficacité du traitement.

Conclusion

L'objectif principal du traitement est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement. À cet égard, le traitement des eaux résiduaires le plus approprié est celui qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux.

PARTIE II

ETUDE DE CAS

CHAPITRE IV

Introduction

Le but principale des stations de traitement des eaux est de rendre potable, parmi ces stations on choisit la station de traitement d'Ain Tinn dans ce chapitre nous allons présenter une idée générale sur cette station.

I-1- Définition de station d'épuration

Une station d'épuration est une usine qui « nettoie » les eaux usées et les eaux pluviales. Elle fait partie du réseau d'assainissement des eaux. Constitué d'une succession de dispositifs Ou l'eau est progressivement débarrassée de ses substances polluantes, la station rejette au Final dans la nature une eau propre mais non potable. Les résidus de traitement sont récupérés Sous forme de boues.

I-2- Définition de station de traitement d'eau potable

Une station de traitement est un établissement imposant dans lequel on fait subir à l'eau brute une série de traitements complexes qui comprennent la filtration et l'ajout de produits Chimiques qui accroissent le caractère sécuritaire de l'eau en éliminant les micro-organismes En particulier les bactéries, les virus et les parasites, peuvent transmettre des maladies aux humains. Les procédés de traitement permettent aussi d'améliorer l'apparence, le gout et L'odeur de l'eau.

I-3-L'objectif du traitement

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre à trois principaux objectifs qui Sont : la santé publique, l'agrément du consommateur et la protection des infrastructures.

I-4- La station de traitement d'Ain Tinn

La station d'Ain Tin est alimentée gravitaire ment en eau brute soit par le bassin tampon d'AinTinn ($V = 17\ 500\ m^3$), soit par retour à partir du barrage d'Ain Tin exclusivement alimenté par le barrage de Béni Haroun situé à environ 20 kilomètres en amont de la station et composée de 21 ouvrages :

- La capacité nominale de la station est de $64\ 500\ m^3/j$
- Approvisionnement en eau brute de $67\ 725\ m^3/j$
- Approvisionnement en eau brute de $67\ 725\ m^3/j$
- La station d'Ain Tin fonctionné de 19 heures par jour

Chapitre IV Présentation de la station traitement D'Ain Tinn



Figure 4: la station de traitement D'Ain Tinn

I-5- Qualités de l'eau brute à traiter

Les exigences contractuelles de la qualité de l'eau traitée en sortie de station sont indiquées dans la table 1 ci-après.

Il est important de noter que la limite maximale de garantie de 50 mg/l en nitrates pourra ne pas être respectée dans les cas où la concentration en ammonium est élevée. En effet la nitrification (élimination) de 15 mg/l d'ammonium produit des nitrates qui, s'ajoutant à ceux de l'eau brute, sont susceptibles de dépasser la valeur maximale de 50 mg/l.

I-6- Les critères de choix de l'eau à traiter

Le choix de l'eau à traiter avant distribution dépend de plusieurs facteurs.

Pour chacune des ressources dont on dispose (eau souterraine, eau de surface courante ou stockée), on évalue :

La quantité, la qualité et l'économie

I-7-La chaîne de traitement

Afin d'assurer une production d'eau potable continu et respectant les exigences contractuelles telles que définies dans la Table 1 ci-après, la chaîne de traitement de la station d'Ain Tin est constituée des installations et des équipements suivants :

Chapitre IV Présentation de la station traitement D'Ain Tinn

- Une (1) chambre de dissipation d'énergie gravitaire de l'eau brute en provenance du bassin tampon d'Ain Tin.
- Un (1) débitmètre pour la mesure et la régulation du débit d'eau brute.
- Un (1) bassin d'aération pour l'oxygénation de l'eau brute et avec possibilité d'ajout depermanganate de potassium pour la précipitation du manganèse.
- Deux (2) bassins de pré-ozonation pour la destruction des algues, planctons et autresorganismes aquatiques
- Un (1) bassin de mélange hydraulique rapide avec possibilité d'ajout d'acide sulfuriquepour la régulation du pH et de sulfate d'aluminium pour la coagulation des particulescolloïdales.
- Un (1) bassin de mélange hydraulique lent avec possibilité d'ajout d'un adjuvant à lacoagulation ou polymère.
- Trois (3) chambres de répartition du débit vers les décanteurs.
- Trois (3) décanteurs de type PULSATOR.
- Six (6) filtres nitrificateurs de type NITRAZUR.
- Deux (2) bassins de post-ozonation pour la désinfection des eaux nitrifiées.
- Six (6) filtres à charbon gravitaires de type CARBAZUR pour l'élimination des matières en suspension et des matières organiques biodégradables.
- Deux (2) cuves de contact permettant une désinfection finale au chlore gazeux ou à l'hypochlorite de sodium.
- Deux (2) répotable en cas d'arrêts de production ponctuels de courtes durées servent de voir le stockage de l'eau traitée pour assurer une distribution continue d'eau.

Conclusion

La station d'Ain Tinn est très vaste avec ses différents ouvrages, elle travaille en tous les jours 24 heures sur 24 heures dans le but d'assurer l'eau potable aux consommateurs.

CHAPITRE V

Introduction

Une station ordinaire de traitement de l'eau contient des installations et matériels afin de traiter les eaux brutes et ce dernier se diffère d'une station à une autre selon l'importance de la ville et les provenances des eaux.

Dans ce chapitre nous allons présenter en détail les différentes étapes de traitement dans la station d'Ain Tinn-Mila-.

IV-1- Brise charge et régulation de débit

Une vanne de régulation de pression réduit la pression de 4 bars à 1.1 bars environ.

L'obturateur à disque permet de dissiper l'énergie excédentaire de l'eau brute et de cette façon assurer un équilibre hydraulique d'arrivée d'eau.

Une vanne de régulation de débit (vanne papillon automatique) permet d'ajuster le débit suivant une consigne fixée.

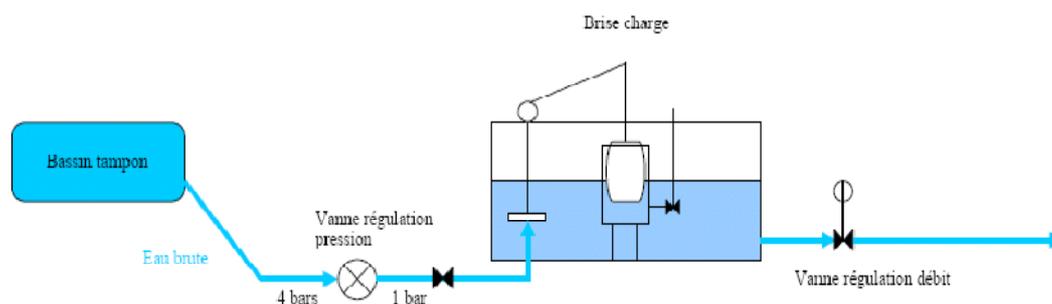


Figure 5: schéma Brise charge et régulation de débit

a- Chambre brise charge

L'utilisation d'une chambre brise charge est nécessaire afin de dissiper l'énergie gravitaire excédentaire provoquée par l'importante différence entre les élévations du plan d'eau du bassin tampon d'Ain Tin et celui de la station de traitement.

La fonction d'une chambre brise charge est donc d'ajuster le débit d'arrivée en provenance du bassin tampon d'Ain Tin proportionnellement au débit de soutirage aval correspondant au débit d'eau brute à traiter, et ce, indépendamment de la colonne d'eau dans le bassin.

Il est toutefois important de noter que le brise charge n'est pas l'organe de régulation du débit de l'eau brute cette fonction étant assurée par l'ensemble débitmètre-vanne de régulation situé immédiatement en aval.

b- Mesure et régulation du débit d'eau brute

La mesure et la régulation du débit d'eau brute ont pour fonction d'ajuster la production d'eau potable au même niveau que la demande d'eau traitée en sortie de station. Il a été mentionné au chapitre précédent qu'un brise charge n'est pas un organe de régulation du débit et cette fonction doit donc être assurée par un autre système situé en aval. Sur la station d'Ain Tin la régulation du débit d'eau brute est assurée par un ensemble débitmètre électromagnétique et une vanne de régulation motorisée interconnectée et contrôlée par un automate.

c- Ajustement du débit d'eau brute

Le débit d'eau brute entrant à la station est ajusté de manière à assurer la demande de consommation en eau traitée à la sortie de la station et maintenir un niveau minimal d'urgence dans les réservoirs d'eau traitée, et ce tout en ne dépassant pas le débit maximal d'approvisionnement de la station sur une base de 20 heures de fonctionnement par jour soit 3.565 m³/h.

IV-2-Bassin d'aération de l'eau brute

Le bassin d'aération est situé immédiatement à l'aval de la vanne de régulation du débit d'eau brute et constitue la première étape de traitement de l'eau brute.

Un bassin d'aération de 270 m³ a été aménagé en aval du brise charge permettant un temps de contact d'au moins 3 minutes comme spécifié au Cahier des Charges.

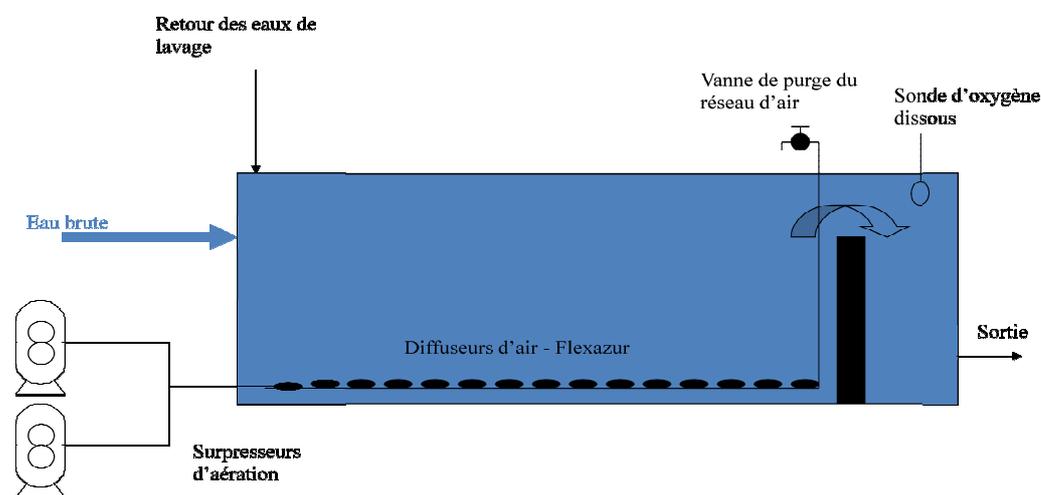


Figure 6: Schéma bassin d'aération

IV-3-Préozonation

Dans cette étape de traitement, l'ozone agira principalement sur l'oxydation des matières organiques du fer et de la magnésium. Il est également probable, pour le type d'eau brute à traiter, que cela conduise à une amélioration de la décontraction.

Ceci ne pourra être confirmé que par des tests réalisés avant la mise en route de la station de traitement, ces tests permettront de définir les doses optimales d’ozone qui dépendent de la demande réelle en ozone. En effet, la dose à prévoir sera égale à environ 85 à 90 % de la demande en ozone. Il n’y aura pas de résiduel d’ozone à la sortie des tous de contact.

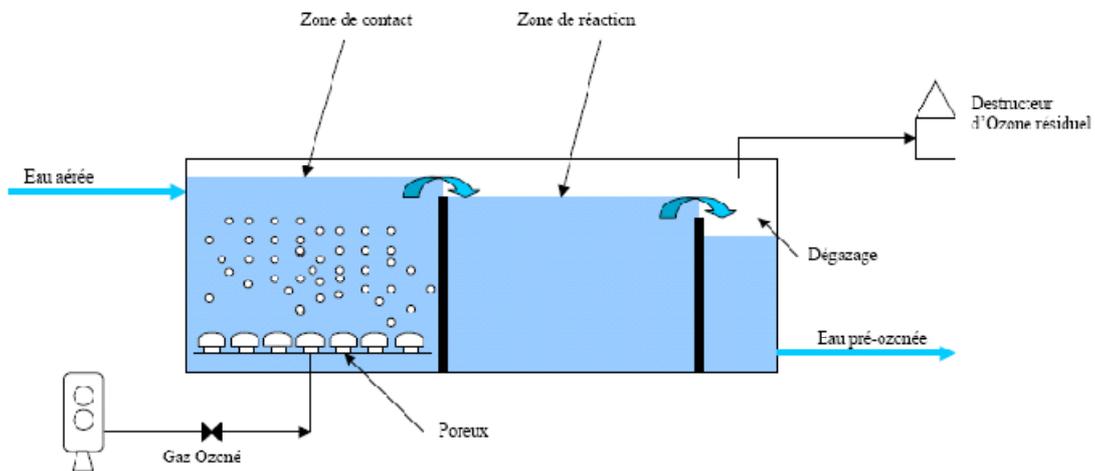


Figure 7:Schéma préozonation

IV-4-La coagulation / floculation

L’agglomération des particules colloïdales neutralisées est appelée la floculation. Les micros floccs s’agrègent ensuite en flocons plus volumineux et décantables.

Cette floculation est améliorée par l’ajout d’un réactif « adjuvant de floculation ».

Dans le cas de la station d’Ain Tin, l’adjuvant utilisé est un polymère anionique, injecté après la cuve de coagulation.

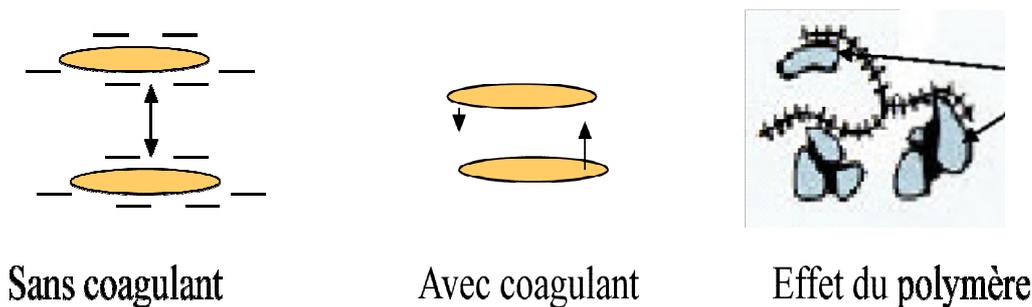


Figure 8 : coagulation / floculation

Les concentrations en sulfate d’alumine et polymère sont déterminées en laboratoire (Jar Test) afin d’obtenir le meilleur rendement (amélioration de la turbidité).

Le pH joue aussi un rôle très important sur l’efficacité de la coagulation / floculation. Le pH optimum est compris entre 6,5 et 7,4.

Bien que le sulfate d'alumine fasse naturellement baisser le pH, un ajout d'acide sulfurique (baisse du pH) ou de lait de chaux (augmentation du pH) s'avère nécessaire dans certains cas. Les concentrations sont déterminées en laboratoire, suivant la qualité de l'eau brute à traiter.

L'ajout éventuel de Permanganate de Potassium est aussi nécessaire dans certains cas, notamment pour oxyder les matières organiques ou le manganèse non oxydé par l'ozone en pré-ozonation.

a- Bassin de mélange rapide

Les bassins de mélange ont pour fonction d'assurer la dissolution des différents réactifs nécessaires pour assurer l'efficacité de la chaîne de traitement de la station d'Ain Tin ainsi que pour maintenir la qualité de l'eau traitée à l'intérieur des prescrites caractérisant une eau potable.

Les réactifs injectés dans la bassine de mélange sont :

- Le permanganate de potassium pour la précipitation du manganèse contenu dans l'eau brute.
- Le sulfate d'aluminium pour la coagulation des matières colloïdales en suspension contenues dans l'eau brute.
- L'acide sulfurique pour l'abaissement du pH de coagulation.
- La chaux pour le rehaussement du pH de coagulation.
- Le polymère, injecté en sortie des bassins de mélange, pour la floculation des particules coagulées.

La fonction et le mode d'injection de chacun de ces réactifs sont détaillés au chapitre suivant. Les bassins de mélange des réactifs sont localisés en aval des bassins de pré-ozonation de en amont des chambres de répartition du débit vers les décanteurs.

b- Dosage des réactifs

Le dosage des réactifs au niveau des bassins de mélange est l'un des éléments les plus importants de la chaîne de traitement de la station de traitement d'Ain Tinn.

Un dosage de réactifs bien ajusté permet d'optimiser les performances de tout le traitement aval tout en assurant le maintien d'une qualité d'eau traitée en tout temps conforme aux normes de qualité caractérisant une eau potable.

En contrepartie un dosage de réactifs inapproprié est la cause première d'une dégradation de l'efficacité de traitement.

b-1-Dosage du sulfate d'aluminium

Le sulfate d'aluminium est un sel cationique, de charges positives, qui permettent la coagulation des particules colloïdales en suspension contenues dans l'eau brute.

b-2-Dosage de l'acide sulfurique

L'acide sulfurique est un acide fort qui permet d'abaisser le pH de l'eau brute dans le cas où ce dernier est supérieur au pH optimal de coagulation-floculation fixé à 7,2.

1- Principe de l'abaissement du pH par ajout d'acide

Le pH définit le degré d'acidité d'une eau selon l'équation chimique de dissociation suivante :



Le pH définit la concentration d'ions H^+ contenu dans une eau par rapport à celle des ions OH^- .

Cette proportion est exprimée sous une échelle inversement logarithmique, le pH, de la forme suivante:

$$pH = - \log (\text{Concentration } H^+)$$

L'échelle inversement logarithmique du pH permet de représenter la concentration en ions H^+ sur une échelle de 1, degré d'acidité maximale ou concentration maximale en H^+ , à 14, degré d'acidité minimal ou concentration minimale en ions H^+ . Un pH de 7, point médian de l'échelle, représente le pH dit d'équilibre ou neutralité. À pH 7 les concentrations en ions H^+ et en ions OH^- sont théoriquement égales.

L'ajout d'acide sulfurique à une eau permet d'augmenter la concentration en ions H^+ , et conséquemment d'abaisser la valeur du pH selon la réaction d'équilibre chimique suivante:



b-3-Dosage de l'hydroxyde de calcium (chaux hydratée)

L'hydroxyde de calcium, communément appelé sous le terme de chaux, est une base forte qui permet de relever le pH de l'eau brute dans le cas où ce dernier est inférieur au pH optimal de coagulation-floculation fixé à 7,2.

1- Principe de l'abaissement du pH par ajout d'acide

Tel que vu dans le chapitre précédent sur le dosage l'acide sulfurique, le pH définit le degré d'acidité d'une eau selon l'équation chimique de dissociation suivante:

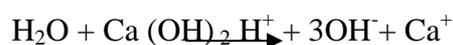
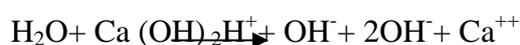


Le pH définit la concentration d'ions H^+ contenu dans une eau par rapport à celle des ions OH^- -cette proportion est exprimée sous une échelle inversement logarithmique, le pH de la forme suivante:

$$pH = - \log (\text{concentration } H^+)$$

L'échelle inversement logarithmique du pH permet de représenter la concentration en ions H^+ sur une échelle de 1, degré d'acidité maximale ou proportion maximale en H^+ , à 14, degré d'acidité minimal ou proportion minimale en ions H^+ . Un pH de 7, point médian de l'échelle, représente le pH dit d'équilibre ou de neutralité. A pH 7 les concentrations en ions H^+ et en ions OH^- sont théoriquement égales.

L'ajout de chaux à une eau permet d'augmenter la proportion en ions OH^- , et conséquemment d'augmenter la valeur du pH selon la réaction d'équilibre chimique suivante:



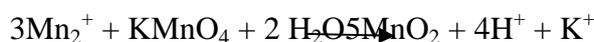
b-4-Dosage du permanganate de potassium

Le permanganate de potassium est un oxydant qui permet la précipitation et le rabattement du manganèse contenu dans l'eau brute à une concentration résiduelle inférieure à 0,5 mg/l dans l'eau traitée.

Le permanganate de potassium est également reconnu comme une oxydante efficace la prolifération des algues.

1- Principe de l'oxydation du manganèse

L'enlèvement du manganèse contenu dans les eaux brutes est réalisé par oxydation et précipitation. Le permanganate de potassium ($KMnO_4$) est l'oxydant utilisé sur le traitement d'Ain Tinn. La réaction d'oxydation du manganèse (Mn) est la suivante:



Le MnO_2 résultant, appelée oxyde de manganèse, est sous forme de précipiter décantables. La proportion théorique est 1,9 gramme de $KMnO_4$ par gramme de manganèse à oxyder. En pratique ce rapport est cependant plus élevé en raison de la réaction du permanganate avec le contenu organique de l'eau brute.

Le pH optimal pour l'oxydation du manganèse est identique pH optimal de coagulation soit d'environ 7,2 à 7,3.

b-5- Dosage de polymère

Un polymère est un adjuvant à la coagulation, un flocculant. Plus précisément, l'utilisation de polymère permet d'améliorer la coagulation-floculation des particules colloïdales contenues dans l'eau brute. Combiné au dosage du sulfate d'aluminium un polymère permet d'améliorer la formation des floccs et d'optimiser la sédimentation des particules.

1- Principe de la floculation

Il n'existe pas d'équations chimiques qui définissent la réaction du polymère avec les particules colloïdales préalablement neutralisées par l'ajout de coagulant ou de sulfate d'alumine. Le principe de la floculation s'explique par les caractéristiques d'un polymère.

Un polymère est en fait constitué de longues chaînes moléculaires à les quelles s'attachent ou s'agglomèrent les particules colloïdales neutralisées ainsi que les matières en suspension.

L'agglomération permet la formation de particules plus grosses et plus facilement décantables. Ces particules sont appelées floccs.

Plusieurs types de polymère sont disponibles pour une multitude d'application. Ils peuvent être de type à ionique, cationique, neutre, organique ou inorganique.

La station de traitement d'Ain Tin utilise un polymère inorganique faiblement anionique.

IV-5-La décantation

Les floccs obtenus en phase de coagulation / floculation vont naturellement décanter du fait de leur poids plus important. La vitesse de décantation varie en fonction de la taille des floccs ainsi que du type de décanteur prévu (statique ou dynamique).

Les décanteurs sont des ouvrages spécialement conçus pour permettre aux floccs d'être récupérés et concentrés afin d'être ultérieurement évacués.

Sur la station d'Ain Tinn, des décanteurs de type PULSATOR ont été mis en place et permettent une vitesse de décantation de 2.46 m/h.

Ces décanteurs sont à lit de boue pulsée et permettent des rendements 2 à 3 fois supérieurs que pour un décanteur statique.

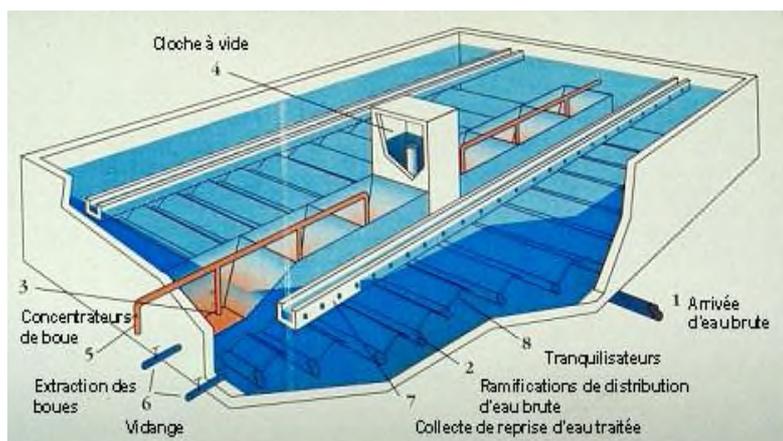


Figure 9: Vue en coupe d'un PULSATOR

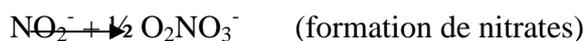
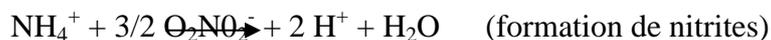
a- Description des décanteurs

Les PULSATOR sont dimensionnés afin de limiter la vitesse d'écoulement ou de passage à un maximum de 2.66 m/h répartis sur 3 décanteurs pour un débit maximal horaire sur une base de 20 heures de 3565 m3/h.

- Débit d'eau à traiter : 3 565 m3/h.
- Nombre de décanteur : 3.
- Débit unitaire à traiter par appareil : 1 220 m3/h.
- Hauteur d'eau : 4.5 m.
- Dimensions : 32.65 x 15.375 m.
- Surface unitaire totale : 502 m2.
- Surface unitaire calculée à -1.25 mètres sous le niveau de l'eau : 495 m2.
- Vitesse avec 3 décanteurs en service : 2.46 m/h.
- Temps de contact avec 3 décanteurs : environ 2 h.

IV-6-La filtration biologique

Les filtres biologiques installés sur la station d'Ain Tinnpermettent la nitrification de l'ammonium présent dans l'eau (transformation en nitrates) par voie biologique selon les réactions suivantes :



Cette nitrification se réalise sous l'influence de bactéries spécifiques. Ces bactéries sont aérobies (elles nécessitent de l'oxygène) pour pouvoir se développer. Elles se développent autour de petites billes d'argile expansée (la biolite - 2.7 mm de diamètre) de grande superficie spécifique (de l'ordre de 700 m²/m³).

a- LeBiofor

Le Biofor est un équipement recourant à des cultures biologique fixées .en pratique,l'eau passe à travers un filtre sur lequel se développent des bactéries fixées sur des billes d'argile expansée, en proférant, celle-ci contribuent à l'élimination de la pollution carbonée et azotée tandis que le filtre retient des matières en suspension.

Cette technologie a pour principal avantage de supprimer l'étape de la décantation secondaire. L'une des prouesses réalisées par degremont réside dans la conception d'un procédé de nettoyage du filtre, qui permet à la fois de restaurer son efficacité et de fixer la biomasse.

a-1-Description de Biofor

Il s'agit d'un système de filtration biologique aérobie en flux d'air et d'eaux ascendantes (figure 10). L'oxygénation est donc réalisée par introduction d'air à co-courant.

Une installation BIOFOR comporte principalement (figure 10)

- une batterie de réacteurs identiques construits généralement en béton fonctionnant en parallèle (ou éventuellement deux batteries en série, dans le cas d'un couplage élimination de pollution carbonée-nitrification).
- un ouvrage de répartition de l'eau à traiter.
- une galerie d'accès aux vannes automatiques et réseaux de conduites, aux fonds de filtres, vidanges...
- un local pour les différents suppresseurs et compresseurs d'air.
- une bache d'eau traitée pour eau de lavage.
- éventuellement, une bache de stockage des boues de lavage avec pompes d'évacuation.

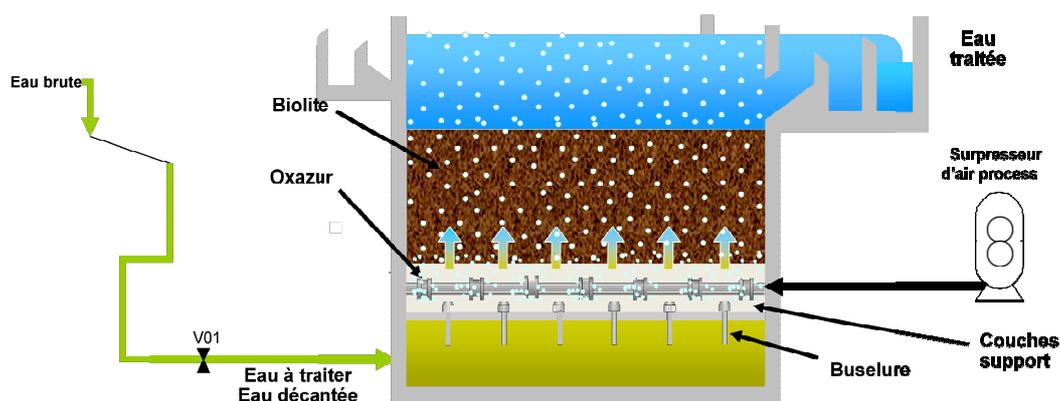


Figure 10:Schéma de la configuration de Biofor

Chaque réacteur, constitué d'un cuvelage rectangulaire en béton, comporte :

- un puits d'alimentation d'eau à traiter équipé d'un tamis de protection.

- un plancher support des matériaux granulaires, en dalles préfabriquées.
- deux déversoirs frontaux, avec plan incliné amont pour la reprise de l'eau traitée et de l'eau de lavage. Ces déversoirs sont protégés par un piège à matériau constitué d'une hers de tranquillisation éliminant les turbulences, en particulier en séquence de lavage air + eau du cycle de lavage.
- une goulotte frontale de collecte des eaux traitées, propre à chaque réacteur, et une partie du canal de collecte des eaux sales, commun à la batterie de réacteur.

1- Les matériaux support

● les graviers

- Protéger les buselures et les Oxazur.
- Améliorer la répartition de l'air.

● La Biolite

- Excellente capacité à fixer les bactéries.
- Grande capacité de rétention des MES.
- Granulométrie spécifique à l'application (P 3.5).
- Matériau indéformable et facile à stocker.

2- Description technique de la biolite

La BIOLITE est un matériau servant de support pour les bactéries impliquées dans le processus dénitrification de l'eau brute. Les caractéristiques principales de la biolite utilisée sur la station de traitement d'Ain Tin sont les suivantes :

- Matériau constituant: **Argile expansée**
- Taille effective des grains: **2.7 mm**
- Coefficient d'uniformité: **< 1.7 mm**
- Masse volumique des particules: **1.5 g/cm³**
- Porosité des particules: **50%**
- Surface spécifique: **500 à 900 m²/m³**



Figure11: Vue rapprochées d'échantillons de biolite

a-2-Le colmatage

Le processus de dépollution s'accompagnant d'une croissance de la biomasse et de l'accumulation de MES sur la Biolite, le filtre a tendance à se colmater et la perte de charge augmente.

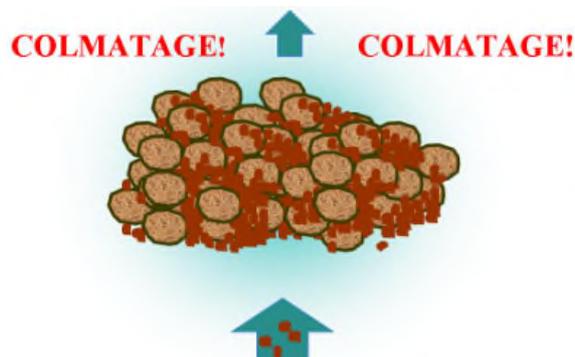


Figure 12: Le colmatage de biolite

Ce phénomène induit la nécessité d'un lavage régulier, dont les séquences sont optimisées.

b- l'objectif de lavage

- Extraire les bactéries excédentaires et les MES.
- Rétablir la perte de charge initiale.
- Conserver assez de bactéries pour un redémarrage quasi-instantané du filtre.

c- Types de lavages utilisés

- Le lavage normal (environ 50 minutes toutes les 72 heures OU sur perte de charge maxi).
- Le lavage énergétique (environ 40 minutes tous les mois).

IV-7-La Post-ozonation

La post-ozonation est utilisée pour oxyder les matières organiques non oxydées lors des phases précédentes et notamment les composés organiques responsables des goûts et des odeurs, certains pesticides et autres toxines algales.

Aussi, le temps de contact en post-ozonation est supérieur à celui de la pré-ozonation (10 minutes environ contre 3 minutes en pré-ozonation) afin d'assurer une désinfection quasi-complète de l'eau.

L'efficacité de l'ozone dépend du pH de l'eau (elle diminue si le pH augmente) et de la température (elle augmente lorsque la T°C augmente).

Les matières organiques contribuent à la demande en ozone et entrent en compétition avec les micro-organismes + bactéries. C'est pourquoi il est nécessaire d'avoir un résiduel d'ozone (entre 0.2 et 0.4 ppm) pour s'assurer d'une bonne désinfection.

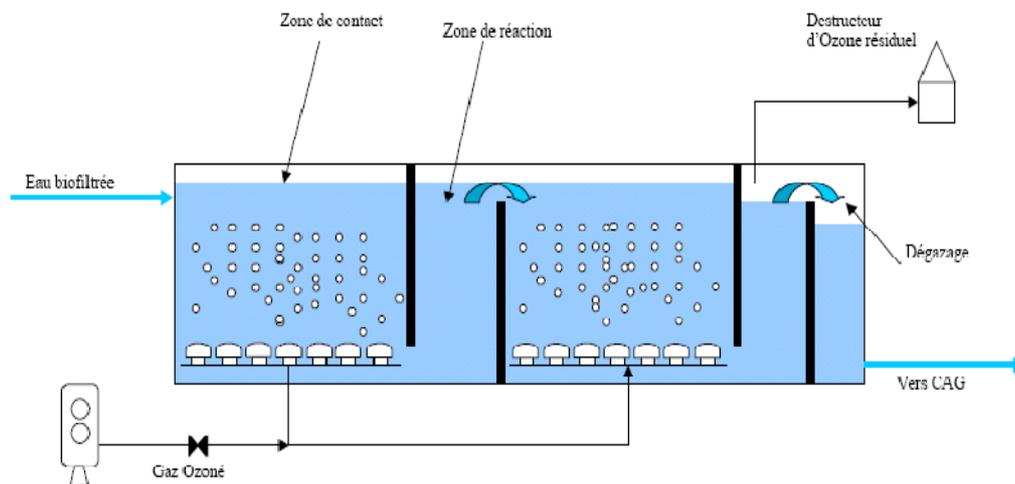


Figure 13: Schéma post- ozonation

IV-8- La filtration

a- Filtres à charbon actif

Les filtres à charbon actif, communément désigné sous le terme de filtres CAG, constituent la dernière étape de la chaîne de traitement. Les filtres CAG remplissent deux fonctions principales :

Enlèvement par captage des matières en suspension et de la turbidité résiduelle des eaux décantées et biofiltrées.

Rabattement par adsorption du goût et de l'odeur occasionné par la présence de composés organiques.

Les filtres CAG installés sur la station d'Ain Tin sont de type CARBAZUR® à courant descendant.

Chaque filtre est constitué d'une cellule contenant un volume monocouche de charbon actif en grain.

Tout comme la Biolite le charbon actif possède une grande surface spécifique pour l'adsorption des composés organiques à l'intérieur de chaque grain.

L'implantation générale de l'ensemble est constituée d'une batterie de 6 filtres CAG sur une seule ligne devant laquelle est disposée une galerie technique où sont installées les tuyauteries et les vannes de façade des filtres. Etant situé immédiatement en aval de la post-ozonation, les filtres sont couverts par une couverture de béton étanche qui permet d'éviter tout dégagement d'ozone dans l'atmosphère.

b- Description des filtres CAG

Les filtres CAG sont dimensionnés afin d’assurer le meilleur compromis possible entre la vitesse de Filtration, la hauteur de couche et le temps de contact. Les principales caractéristiques des filtres CARBAZUR® installés sur la station d’Ain Tin sont les suivantes:

- Débit total d’eau à traiter: **3430 m3/h**
- Nombre de filtre: **6**
- Nombre de cellule par filtre: **1**
- Largeur de cellule: **7.36 m**
- Longueur de cellule: **10.59 m**
- Surface filtrante de chaque filtre: **77.9 m2**
- Matériau filtrant: **Charbon actif en grain**
- Hauteur de matériau filtrant: **1.5 m**
- Volume unitaire de matériau filtrant: **117 m3**
- Hauteur d’eau sur le matériau filtrant: **1.2 m**
- Encrassement disponible du matériau filtrant: **1.5 m**
- Débit unitaire avec 6 filtres en service: **572 m3/h**
- Vitesse d’écoulement avec 6 filtres en service: **7.3 m/h**
- Débit unitaire avec 1 filtre en lavage: **639 m3/h**
- Vitesse d’écoulement avec 1 filtre en lavage: **8.2 m/h**

La configuration des CARBAZUR® tels qu’installés sur la station de traitement d’Ain Tin est schématisée à la Figure 1 ci-dessous (ATTENTION : le schéma ci-dessous représente un filtre double cellule).

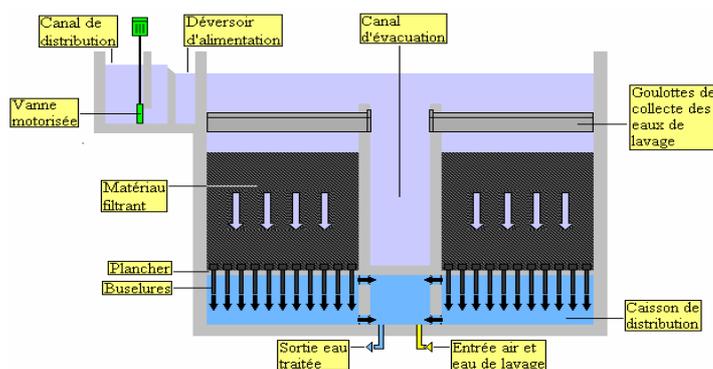


Figure 14: Schéma configuration d’un CAG

Un CARBAZUR est constitué de :

- Un déversoir d’alimentation en eau brute desservie par un canal de distribution commun aux 6 CARBAZUR qui équipent la station.
- Deux vannes murales motorisées permettant d’isoler séparément chaque filtre tel que lors des lavages.
- Un plancher monolithique pour le support du milieu filtrant.

- Une série de bosselures ou crépines assurant la collecte des eaux filtrées et la répartition uniforme de l'air et des eaux de lavage des filtres. La disposition est de 50 crépines par mètre carré de surface filtrante.
- Une couche de 1.5 mètres de matériau filtrant constitué de charbon actif en grain à surface spécifique élevée.
- Un caisson de distribution situé sous le plancher et couvrant toute la surface du filtre. Le caisson inclut une chambre commune pour l'évacuation des eaux traitées et l'alimentation en air et en eau de lavage. Une série de goulottes de collecte des eaux de lavage. Les goulottes sont réparties de manière à assurer une collecte uniforme des eaux de lavage au-dessus de toute la surface filtrante.
- Un canal d'évacuation des eaux sales de lavage situé longitudinalement au centre de chaque filtre. Le canal scinde la surface filtrante totale en deux cellules de surface identique.

En addition la batterie de filtres CAG est également équipée d'un ensemble d'installation commune aux 6 CARBAZUR et qui est constitué de :

- Un canal de distribution ou de répartition des eaux à traiter.
- Un canal de collecte des eaux traitées en sortie de filtres.
- Un canal de collecte des eaux de lavage en sortie de filtres.
- Une galerie commune pour l'arrivée des conduites d'air et d'eau de lavage sur chaque filtre à charbon.
- Des pompes et des supprimeurs pour le lavage des filtres.
- Une bêche pour l'alimentation des filtres en eau de lavage.
- Deux bêtes de récupération des eaux de lavage.
- Les eaux de lavage sont recyclées en tête du bassin d'aération de l'eau brute.

c- Description du charbon actif en grain

Le charbon actif en grain utilisé sur la station d'Ain Tinn assure la double fonction de rétention des particules en suspension et de rabattement du goût et de l'odeur de l'eau à traiter.

La rétention des particules en suspension est assurée par une granulométrie calibrée alors que le rabattement du goût et de l'odeur sont réalisés suivant des principes d'adsorption qui autorise la surface spécifique élevée des grains de charbons. Les caractéristiques principales du charbon actif sont les suivantes :

- Nombre d'iode minimal: 1 000 mg d'iode enlevé par gramme de charbon.
- Indice de dureté minimal: 90.
- Teneur maximale en eau à l'emballage: 3% P/P.
- Pourcentage maximal de grains de diamètre supérieur à 2.36 mm: 15%.
- Pourcentage maximal de grains de diamètre inférieur à 0.6 mm: 3%.
- Densité apparente: 420 kg/m³.

- Diamètre moyen des grains: 1.3 à 1.8 mm.
- Surface spécifique: 1 000 m²/g.

IV-9- Désinfection finale

La désinfection finale est réalisée par injection de chlore dans un canal de contact situé à la sortie ou en aval des filtres à charbon actif et en amont des réservoirs d'eau traitée. Le dimensionnement des installations de chlore est conçu pour assurer les critères de base suivants :

- Débit extension future: **86 000 m³/j**
- Dosage moyen: **1.5 mg/l**
- Dosage maximal: **3.0 mg/l**
- Autonomie de stockage au dosage moyen: **60 j**
- Capacité de stockage requis au dosage moyen: **8 tonnes**
- Format de livraison: **Cylindres de 1 000 kg.**

Selon les critères de garanties contractuelles la teneur résiduelle en chlore dans les eaux traitées en sortie de station doit être maintenue à 1 mg/l.

a- Bâtiment de chloration

Les installations et les équipements de stockage et de dosage du chlore gazeux sont situés dans un bâtiment spécifique et séparé des autres bâtiments. Le bâtiment est constitué de trois zones séparées : la zone d'entreposage, la salle des chlorométries et la zone de neutralisation.

La salle d'entreposage permet de protéger un total de 12 cylindres de chlore d'une capacité de 1 tonne chacun et reposant sur des supports fixes les maintenant immobile. La salle permet la disposition des cylindres selon la configuration suivante:

- Un cylindre en service.
- Un cylindre en réserve connecté sur un second collecteur commun.
- Un espace pour l'entreposage de dix cylindres supplémentaire.

La capacité totale de stockage permet une autonomie de deux mois à un dosage moyen de 1.5 mg/l au débit de production de la phase finale soit de 86 000 m³/j.

La manutention des cylindres à l'intérieur de la salle d'entreposage est réalisée à l'aide d'un palan électrique sur portique d'une capacité de 2.5 tonnes.

Le palan est équipé d'une balance dynamométrique d'une portée de 2000 kg ainsi que d'une traverse pour le soulèvement horizontal des fûts.

Dans la salle d'entreposage toutes les conduites de transport du chlore gazeux sont en pression positive et l'étanchéité des installations est donc primordiale afin d'éviter les situations de fuite de chlore.

En raison des risques de fuite élevée et du très fort degré de toxicité du chlore gazeux, la porte d'accès de la salle d'entreposage est maintenue verrouillée en tout temps et seul le personnel ayant reçu une accréditation sécurité spécifique au chlore gazeux est autorisé d'accès.

La salle des chlorométries est complètement isolée de la salle d'entreposage afin d'éviter la propagation des fuites de chlore d'une salle à l'autre.

b- Désinfection à l'eau de javel

Dans la station de traitement d'Ain tin est utilisé à l'eau de javel comme d'infectant :

d- Principe

L'eau de javel est produite par électrolyse du chlorure de sodium. Cette réaction conduit à la formation de chlore gazeux et d'hydroxyde de sodium qui lui-même peut réagir avec le chlore pour donner de l'hypochlorite selon la formule :



L'eau de javel se décompose plus rapidement sous l'effet de la chaleur, et par conséquent d'avantage en été qu'en hiver, lorsque sa concentration en chlore est importante.

L'hypochlorite se décompose alors en chlorate, chlorure et oxygène perdant ainsi sous effet désinfectant.

L'hypochlorite de calcium peut être obtenu de la même façon par réaction avec une eau ou un lait de chaux. Cependant, ces solutions d'hypochlorites de calcium sont moins employées dans le traitement des eaux.

Conclusion

La station d'Ain tinnest un vrai progrès dans le domaine du traitement vue les différentes étapes et processus utilisés qui sont sophistiqué et développé, l'eau à traiter passe par les étapes suivantes:

Brise charge et régulation de débit, bassin d'aération de l'eau brute, Préozonation, La coagulation / floculation, Principe de la floculation, la décantation, la filtration biologique, la Post ozonation, la filtration et la désinfection finale.

CHAPITRE VI

Introduction

La station d'Ain tin possède un laboratoire d'analyse qui permet de faire tous les analyses d'eau dans les différentes étapes de traitement, dans ce chapitre nous allons présenter ce laboratoire et les matériels à utiliser.

V-1- Présentation générale d'un laboratoire d'analyse

Le laboratoire d'analyse constitué de trois salles :

- ◆ La première salle laboratoire des analyses physico chimique.
- ◆ La deuxième salle laboratoire des analyses bactériologique.
- ◆ La troisième salle pour stockée les réactif chimique il consiste à des matérielle et des appareille de mesure.

V-2- Matérielle de laboratoire physico- chimique



► Figure 15 : Jar-test



► Figure 16 : PH- mètre

Définition

Le jar-test consiste en une rangée de béchers alignés sous un appareillage permettant de tous les agiter à la même vitesse en même temps. Les différents béchers ont reçus une dose différente de réactifs et à la fin de l'expérimentation, on détermine quel sont les quantités de réactifs à injecter sur le procès (sulfate, polymère, acide, KMnO_4 ...etc.)

Définition

La mesure du pH (potentiel Hydrogène) traduit l'acidité ou l'alcalinité d'un milieu, la neutralité étant à pH 7 Température °C
 $\text{PH} = - \log (\text{H}^+)$

- Gamme 0,00 à 14,00 unités pH.
- Température : -10 à 125°C
- Résolution 0,01 unité
- PH Précision $\pm 0,01$ pH
- Température : $\pm 0,4^\circ\text{C}$
- Compensation de température Automatique.



► **Figure 17 : Turbidimètre**



► **Figure 18 : Conductimètre**



► **Figure 19 : Spectromètre**

Définition

La turbidité désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Elle est causée par des particules en suspension qui absorbent ou réfléchissent la lumière.

Mode opératoire

- Faire un prélèvement représentatif.
- Remplir la cuve d'analyse après rinçages à l'eau à analyser.
- Mettre la cuve dans le bon sens dans le turbidimètre.
- Faire la lecture après un temps de stabilisation.

Définition

La conductivité détermine l'ensemble des minéraux (cations + anions) présents dans une solution elle traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant. L'unité de mesure est le micro siemens/cm ($\mu\text{s/cm}$).

Le spectromètre

- Mesure des ammoniums, nitrites, nitrates, Aluminium.
- Magnésium, sodium, potassium, chlorure, sulfate, bicarbonate, phosphate, DBO5, Fer et Manganèse.



► **Figure 20 : Verrerie**



► **Figure 21 : La hotte d'aspiration**



► **Figure 22 : Autoclave**



► **Figure 23 : Agitateur**



► **Figure24 : Appareil de filtration sous vide**

Conclusion

Ces différents appareils travaillent selon le type de traitement physio chimique toujours dans le but de rendre l'eau potable aux consommateurs.

Conclusion générale

Les eaux de surface sont généralement des eaux qui présentent différents aspects de qualité selon leur situation pour cela elles nécessitent des traitements spécifiques dans le but de maintenir ou de corriger cette qualité.

Notre étude consiste à déterminer l'efficacité des procédés physique et chimique (peroxydation, Les eaux de surface sont généralement des eaux qui présentent différents aspects de selon coagulation, floculation, décantation et désinfection). Pour l'élimination des matières organiques et minérales qui se trouvent dans l'eau ou l'amélioration de qualité de cette eau.

A la fin de ce modeste travail on a pu tirer les informations suivantes:

- ❶ La coagulation par les sels d'aluminium et de fer élimine très bien l'argent, le plomb, le cuivre, la teneur en vanadium et en mercure est abaissée de 50% environ, la teneur en zinc et en nickel est surtout diminuée en présence de chlore.
- ❷ La filtration sur CAG permet une réduction suffisante des ions indésirables ou toxiques. L'argent et le mercure sont complètement éliminés, les teneurs en plomb, cuivre... sont inférieures aux niveaux guides.
- ❸ Cette procédé de la désinfection est destinée à améliorer les qualités organoleptiques de l'eau : elle permet également (inactivation des virus, l'oxydation des polluants organiques pour leur élimination biologique.

Espérons que ce travail sert à l'élaboration d'autres mémoires comme un document de base.

Liste des figures

- ❖ **Figure 1** : l'eau
- ❖ **Figure 2** : la structure de molécule d'eau.
- ❖ **Figure 3** : Cycle de l'eau.
- ❖ **Figure 4** : la station de traitement D'Ain Tinn.
- ❖ **Figure 5** : schéma Brise charge et régulation de débit.
- ❖ **Figure 6** : Schéma bassin d'aération.
- ❖ **Figure 7** : Schéma préozonation.
- ❖ **Figure 8** : coagulation / floculation.
- ❖ **Figure 9** : Vue en coupe d'un PULSATOR.
- ❖ **Figure 10** : Schéma de la configuration de biofor.
- ❖ **Figure 11** : Vue rapprochées d'échantillons de biolite.
- ❖ **Figure 12** : Le colmatage de biolite.
- ❖ **Figure 13** : Schéma post- ozonation.
- ❖ **Figure 14** : Schéma configuration d'un CAG.
- ❖ **Figure 15** : Jar test.
- ❖ **Figure 16** : PH- mètre.
- ❖ **Figure 17** : Turbidimètre.
- ❖ **Figure 18** : Conductimètre.
- ❖ **Figure 19** : Spectromètre.
- ❖ **Figure 20** : Verrerie.
- ❖ **Figure 21** : La hotte d'aspiration.
- ❖ **Figure 22** : Autoclave.
- ❖ **Figure 23** : Agitateur.
- ❖ **Figure 24** : Appareil de filtration sous vide.

Liste des abréviations

$\mu\text{g/l}$: microgramme par litre.

$\mu\text{s/cm}$: micro siemens par centimètre.

$^{\circ}\text{F}$: degré française.

$^{\circ}\text{C}$: degré su suce.

D : diamètre.

DBO5: demande biochimique en oxygène en cinq jours.

DCO : demande chimique en oxygène.

H^+ : atome d'hydrogène.

H_2O : molécule d'eau.

H_2S : sulfure d'hydrogène.

m/h : mètre par heure.

m^3 : mètre cube.

m^3/h : mètre cube par heure.

m^3/j : mètre cube par jour.

me /l : milli équivalent par litre.

MES : matière en suspension.

mg /l : milligramme par litre.

mg : milligramme.

MO : matière organique.

NH_4 : Ammoniac.

NO_2^- : Nitrite.

NO_3 : Nitrate.

NTU : unité néphélobométrique de turbidité.

O^- : atome d'oxygène.

OMS : organisation mondial de la santé.

PH : potentiel d'hydrogène.

Pm : unité de distance internucléaire.

Q: Débit.

SO₂ : bioxyde de soufre.

T: Température.

TA : titre alcalimétrique.

TAC : titre alcalimétrique complet.

TH : titre hydrotimétrique (dureté de l'eau).

UCV : unité de couleur vrai.

Bibliographie

- [1] : génie de l'environnement, le traitement de l'eau, memento technique de l'eau, l'eau potable et l'assainissement
- [2] : le traitement des eaux, Reynold Desjardins, professeur à l'école poly de Montréal
- [3] : l'eau en 150 questions, Marie-Christine de la souchère
- [4] : l'eau de la pénurie aux maladies Mostapha Bouziani édition IBN-KHALDOUN septembre 2000.
- [5] : Jean Rodier, l'analyse de l'eau 8^{ème} édition.
- [6] : Monique Henry, les eaux naturelles et les eaux de consommation 1991.
- [7] : Jean Juc Celleric, la dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau 2002.
- [8] : norme OMS
- [9] : Site internet [www.aquawal.be/XML/Liste IDC 109 html](http://www.aquawal.be/XML/Liste_IDC_109_html)
- [10] : ISO 6060
- [11] : TOML 9^{ème} édition 1984
- [12] : control des paramètres physique-chimique et bactériologiques d'une eau de consommation (formation contenue en entreprise)
- [13] : OMS, directives de la qualité pour l'eau de boisson Genève 1985
- [14] : OMS, nitrates, nitrites et composés N_Nitriso OMS série critères d'hydrogène de l'environnement
- [15] : site internet : www.lennetch.com
- [16] : construction d'un capteur « logiciel pour le contrôle automatique de la procédé de coagulation en traitement d'eau potable » valentin Nicolas Décembre 2000
- [17] : "processus unitaire du traitement de l'eau potable " édition Cebedoc MASSCHLEIN.W.J
- [18] : génie de l'environnement, traitement de l'eau, procédé physio- chimique et biologique cours et problèmes résolus
- [19] : dégréement mémento technique de l'eau 1990

- [20] M.H.ERNEST. Dans **fundamental problems instatistical mechanics**. Vol. VI.Édité par E. G. D. Cohen. Noeth Holland Publishing Company. Amsterdam. 1985
- [21] AMIRTHARAJAH, A., O'MELLA, C.R. **Coagulation Processes: Destabilization, Mixing, and Flocculation**. 1990
- [22] TCHOBANOGLOUS, G., S O E D E R, E.D. **Water Quality**. 1 987
- [23] Jean Paul. BEADRY- **Traitement des eaux**. Les éditions le griffon d'argile. Québec. Canada .1984
- [24] R. C. KLIMPEL et R. OGG. **Clloids surf**. 1991
- [25] **Traitement des eaux**. www.univ-ubs.fr
- [26] MOHAND-SAID OUALI, "**Traitement des eaux**", office des publications universitaires, 2001
- [27] Christian Desjardins. **Simulation et étude en laboratoire de la floculation lestée**. Mémoire de maîtrise des sciences appliquées. École polytechnique de Montréal 1999
- [28] COIN. L,"**La pratique de l'eau, usages domestiques collectifs et industriels**. Edition du Moniteur, 1981
- [29] DESJARDINS.R,"**Le traitement des eaux, 2eme édition revue de l'école polytechnique de Montréal**, 1990
- [30] **MANUEL GENERAL D'EXPLOITATION STATION DE TRAITEMENT AIN TINN**
- [31] JEAN LUC LAURENT. **L'assainissement des agglomérations techniques d'épuration actuelles et évolutions**. Les agences de l'eau et le ministère de l'environnement. France. Avril 1994
- [32] **Eaux usées et assainissement. Les traitements adaptés**. C.C.I TROYES 2002.
- [33] **Pathologie de la faune et de l'environnement**. Faculté de Médecine Vétérinaire. Université de Montréal. 2001. (Internet)