

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



UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

## **Mémoire de fin d'étude**

**En vue d'obtention du diplôme de Master en agronomie**

**Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques**

# **Evaluation de la qualité Physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de TAKSEBT de la ville de TIZI OUZOU**

**Réalisé par :**

**ARAB Lynda**

**OUDAFAL Nassima**

**Devant la commission d'examen :**

**Président Mr SI TAYEB Hachimi**

**Maitre de conférences à l'UMMTO**

**Promoteur Mr METAHRI Med Said**

**Maitre de conférences à l'UMMTO**

**Examineur Mr MERIDJA Samir**

**Maitre de conférences à l'UMMTO**

**Examinatrice M<sup>me</sup> LAKABI Lynda**

**Maitre de conférences à l'UMMTO**

## **Introduction**

### **Première partie : Synthèse bibliographique**

#### **Chapitre I : Généralité sur les eaux**

1- Les ressources en eaux.....	1
1-1 Les ressources en eau conventionnelles.....	1
1-2 Les ressources en eau non conventionnelles.....	2
2- Pollution des eaux .....	3
2-1 Définition de la pollution .....	3
2-2 Différents types de polluants .....	3
2-2-1 Pollution physiques des eaux .....	4
2-2-1-1 La pollution thermique diffuse des eaux .....	4
2-2-1-2 Pollution radioactive des eaux .....	4
2-2-2 Pollution chimique des eaux .....	5
2-2-3 Pollution biologiques des eaux .....	5
2-2-4 Pollution organiques des eaux .....	6
II Paramètres de qualité des eaux .....	6
1- Paramètres organoleptiques .....	6
2- Paramètres physico-chimiques .....	8
3- Paramètres indésirables .....	11
4- Paramètres de toxicité .....	14

5- Paramètres organiques .....	16
6- Paramètres bactériologiques .....	18
7- Normes de qualité des eaux potables.....	20
7-1 Introduction.....	20
7-2 Définition des eaux potables .....	20
7-3 Normes de potabilité.....	21

### **Chapitre II : Traitement des eaux superficielles**

Introduction .....	23
1-Définition du traitement.....	23
2-Définition des objectifs exacts du traitement.....	23
3-Etapes de traitement.....	24
3-1 Prétraitement .....	24
3-2 Traitements physicochimiques.....	26
3-2-1 Clarification .....	26
3-2-1-1 Coagulation floculation .....	28
3-2-1-2 Décantation .....	29
3-2-1-4 La filtration .....	31
3-2-2 Désinfection .....	32
3-2-2-1 Désinfection par le chlore et dérivées .....	34
3-2-2-2 Désinfection par l’ozone .....	40

3-2-2-3 Désinfection par l'Ultra violet .....40

**Deuxième partie : étude expérimentale.**

Matériels et méthodes

Introduction.....41

1-Définition d'un barrage .....41

2-Présentation et objectif du barrage de Taksebt ..... 41

3-Conduite de traitement.....43

4- Identification des ouvrages de traitement .....44

5- Etapes de traitement de l'eau .....44

5-1 Ouvrage d'entrée : Dissipation, mélange et répartition .....44

5-2 Décantation .....45

5-3 Filtres.....46

5-4 Désinfection et stockage d'eau traitée .....47

6- Techniques d'analyse des paramètres de qualité de l'eau au laboratoire .....47

6-1 Méthodes d'échantillonnage .....47

6-2 Matériel utilisé .....48

6-3 Méthode d'analyses.....49

6-3-1 Titrage volumétrique.....49

6-3-2 Spectrophotométrie d'absorption moléculaire .....50

6-3-3 Analyse bactériologique .....51

7- Analyse des résidus secs .....53

8-Fréquence d'analyse .....53

**Résultats et interprétation**

1-Résultats

1-1 Résultats des paramètres de l'eau d'entrée (eau brute) ..... 54

1-2 Résultats des paramètres de l'eau traitée .....56

2-Interprétation des résultats

2-1 Interprétation des résultats des paramètres organoleptiques.....58

2-2 Interprétation des résultats des paramètres physico-chimiques ..... 60

2-3 Interprétation de la minéralisation globale ..... 71

2-4 interprétations des paramètres bactériologiques ..... 74

**Conclusion**

## **Remerciements**

*Au terme de ce travail, il nous tient à cœur d'adresser nos remerciements les plus distingués aux personnes qui ont contribué de près ou de loin à ce que ce travail soit à la hauteur.*

*Nous tenons tout particulièrement à remercier :*

*Notre promoteur, Mr METAHRI Mohammed Said, maître de conférences à la faculté de sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir proposé ce thème, pour son aide précieuse, ses conseils avisés, ses encouragements. Qu'il trouve ici nos sentiments de gratitude et de déférence.*

*Mr SI TAYEB Hachimi Tahar, maître de conférences à la faculté de sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour nous avoir fait l'honneur de présider notre jury.*

*Mr MERIDJA Samir, maître de conférences à la faculté de sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour ses conseils avisés, sa disponibilité et d'avoir bien voulu lire et juger notre travail.*

*M<sup>me</sup> LAKABI Lynda maître de conférences à la faculté de sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, d'avoir bien voulu lire et juger notre travail.*

*Le directeur, ainsi que toute l'équipe du laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage Taksebt pour leur aide.*

*Un grand merci à nos familles, pour leurs sacrifices, leurs aides et leur présence à nos côtés.*

# *Dédicaces*

*On dédie ce travail :*

*A nos parents qui ont fait de nous ce que nous sommes  
aujourd'hui, nul sentiment ne peut exprimer l'amour qu'on vous  
porte.*

*A nos familles, amis et à toutes les personnes que nous aimons.*

*A toute la promotion TVRH 2014-2015.*



*Lynda, Nassima.*

## *Liste des figures*

Figure 1: Chaîne de traitement. ....	24
Figure 2: Double couche d'une particule colloïdale. ....	27
Figure 3 : Schéma d'un décanteur horizontal. ....	30
Figure 4 : Décanteur lamellaire ..... 30	30
Figure 5 : Les différentes formes du chlore dans l'eau pure ..... 35	35
Figure 6 : Courbe de break-point. .... 36	36
Figure 7 : Localisation du barrage de TEKSEBT ..... 36	36
Figure 8 : Schéma Général de la Station de Traitement d'Eau Potable "TAKSEBT" ..... 43	43
Figure 9 : Ouvrage d'entrée..... 45	45
Figure 10 : Les deux filières de décanteurs. .... 46	46
Figure 11 : Les deux filières de filtre à sable. .... 46	46
Figure 12 : Cuve de contact pour la post-chloration ..... 47	47
Figure 13 : Robinets ouverts 24h/24. .... 48	48
Figure 14 : spectrophotomètres type DR 6000 (HACH LANGE) ..... 51	51
Figure 15: Variation de la Couleur (PtCo) de l'eau brute et traitée en fonction du temps ..... 42	42
Figure 16: Variation de la Turbidité (NTU) pour l'eau brute et traitée en fonction du temps . 43	43
Figure 17: Variation du pH pour l'eau brute et traitée en fonction du temps. .... 45	45
Figure 18: Variation de la Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ ) pour l'eau brute et traitée en fonction du temps. .... 46	46
Figure 19: Variation de la Température de l'eau brute et traitée en fonction du temps..... 46	46
Figure 20: Variation de l'oxygène dissous pour l'eau brute et traitée en fonction du temps ... 47	47
Figure 21: Variation de l'UV pour l'eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps..... 48	48
Figure 22: Variation du traitement Chlore Pré-chloration et Post-chloration et leur résultat d'analyse $\text{Cl}_2$ Libre en fonction du temps ..... 64	64
Figure 23: Variation de la concentration de l'aluminium dans l'eau traitée en fonction du temps. .... 65	65
Figure 24: Variation de la concentration du fer dans l'eau traitée et brute en fonction du temps. .... 65	65
Figure 25: Variation de la concentration du manganèse dans l'eau traitée et brute en fonction du temps. .... 66	66
Figure 26: Variation de la concentration de l'ammonium pour l'eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps. .... 67	67
Figure 27: Variation de la concentration des nitrites pour l'eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps. .... 68	68

Figure 28: Variation de la concentration des ortho-phosphates pour l'eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps. ....	69
Figure 29: Variation de la concentration des ortho-phosphates pour l'eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps. ....	69
Figure 30: Variation des résidus secs pour l'eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps. ....	70
Figure 31: Variation de bactéries « coliformes totaux » en fonction du temps.....	74
Figure 32: V Variation de bactéries « streptocoque fécaux » en fonction du temps.....	74
Figure 33: Variation de bactéries « germes totaux » en fonction du temps .....	74
Figure 34: Variation de bactéries « coliformes fécaux » en fonction du temps.....	74

Tableau 1 : Qualité physico-chimique de l'eau de boisson. ....	21
Tableau 2 : Qualité bactériologique de l'eau de boisson .....	22
Tableau 3: Classification des désinfectants en fonction de leurs principes actifs.....	33
Tableau 4: Réaction du chlore avec les composés organiques.....	39
Tableau 5: Résumé le matériel utilisé lors des différents prélèvements et analyses .....	48
Tableau 6: Tableau récapitulatif des différentes analyses physicochimiques de l'eau brute sur une durée d'un mois.....	54
Tableau 7: Tableau récapitulatif des différentes analyses microbiologiques de l'eau brute sur une durée d'un mois.....	55
Tableau 8: Tableau récapitulatif des différentes analyses physicochimiques de l'eau traitée sur une durée d'un mois.....	56
Tableau 9: Tableau récapitulatif des différentes analyses microbiologiques de l'eau traitée sur une durée d'un mois.....	57
Tableau 10: Tableau récapitulatif des résultats des différentes analyses de la minéralisation globale de l'eau brute et traitée réalisées une fois par mois.....	71
Tableau 11: Valeurs comparatives des espèces carbonatées .....	73

## Liste des abréviations

AFNOR : Association française de normalisation

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

CEE : Communauté économique européenne

coli fec : *Coliforme fécaux*

coli tot : *Coliforme totaux*

DBO : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

FEPS : Fondation for European Progressive Studies.

ISO : International Organization for Standardization

Max : Maximum

MES : Matières En Suspension

Min : Minimum

Moy : Moyenne

MSDA : *Minnesota Security Dealers Association*

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OSEC : Office suisse d'expansion commerciale

pH : potentiel d'Hydrogène.

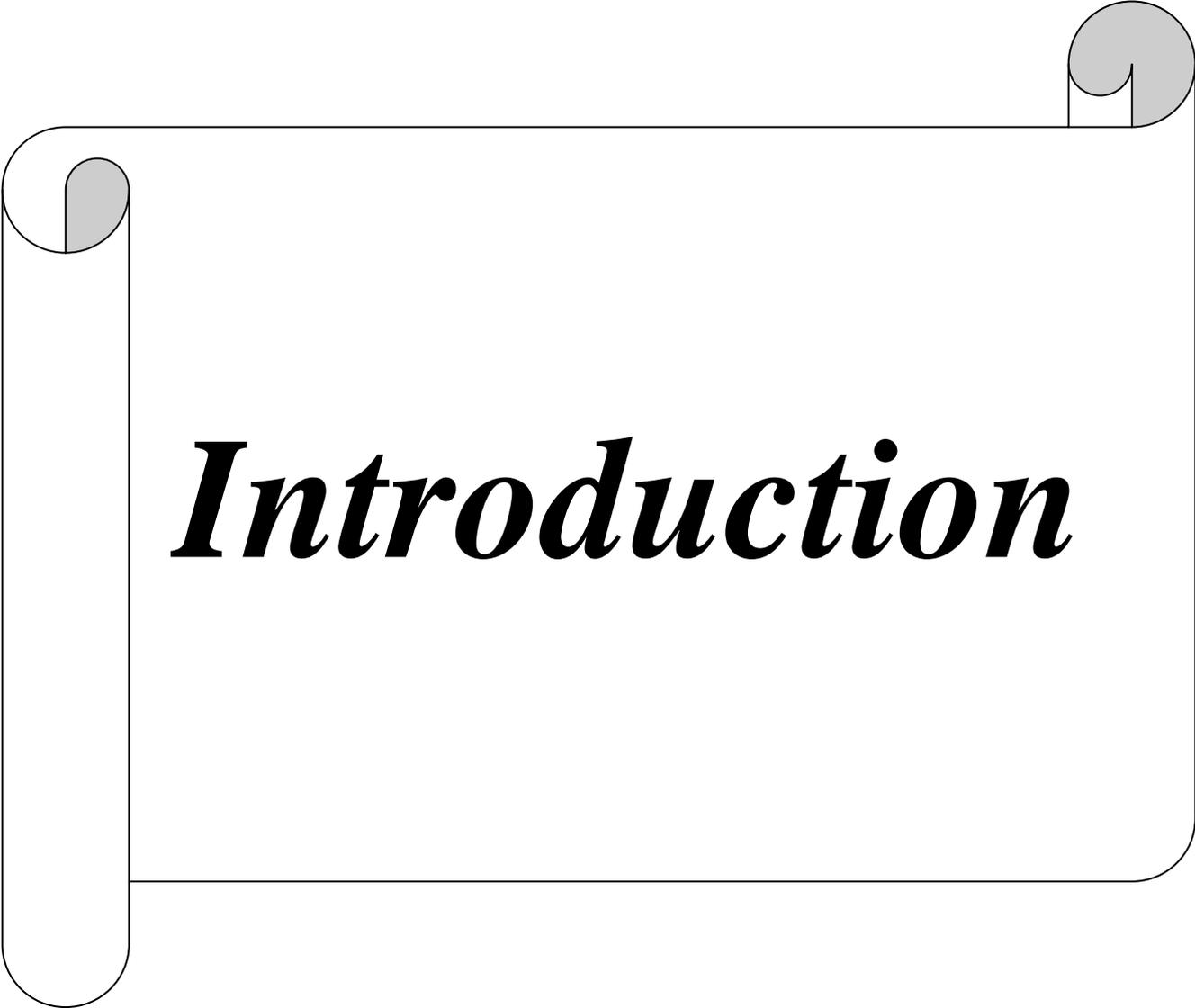
strept f : *Streptocoque fécaux*

sulf réducteur : *Clostridies sulfito réducteur*

Ucv : Couleur vraie.

UE : Union Européen

Ufc : Unité formant colonies



# ***Introduction***

### **Introduction**

Quoi de plus naturel qu'une cascade bondissant du haut d'une falaise, qu'un lac paisible somnolant au fond d'une dépression, qu'une rivière prisonnière de ses rives glissant le long des pentes ? Pourtant... notre planète est la seule du système solaire à posséder de l'eau liquide. Présente sur Terre depuis sa formation, en mouvement permanent entre ses différents réservoirs, indispensable à l'éclosion de la vie et à son maintien au sein des écosystèmes aquatiques et sur les continents, nécessaire à nombre d'activités et de réalisations humaines, l'eau est une substance essentielle à la survie et au développement de l'humanité.

Quoi de plus facile aujourd'hui que d'ouvrir un robinet ? Quoi de plus normal que de prélever sans compter à cette manne quotidienne pour la satisfaction de tous nos besoins ? L'eau est probablement l'une des ressources les plus abondantes de la Terre. Mais son exploitation sans mesure ni prudence, fait que l'eau est de plus en plus polluée, et la production d'eau potable de plus en plus complexe et coûteuse. De plus elle est très inégalement répartie sur la surface du globe et seule une part limitée de toute cette eau est réellement directement disponible pour notre consommation. Ceci est d'autant plus vrai en Algérie qui est un pays hydro-sensible, en effet qui d'entre nous ne s'en souvient pas ? En 2002, le manque en eau potable en Algérie, avait atteint un seuil tel qu'un grand nombre d'Algériens, robinets de toutes les salles d'eau ouverts, passaient leurs nuits à guetter le moindre bruit pouvant présager l'arrivée du liquide devenu alors très rare. On est encore loin de l'éradication totale de ces images qui interpellent aujourd'hui encore nos consciences dans certaines bourgades et autres régions reculées où des enfants et les femmes transportent à longueur de journée des jerricans d'eau sur de longues distances.

Pour lutter contre le manque d'eau la stratégie du secteur en Algérie repose sur plusieurs actions menées simultanément, Il s'agit entre autre d'augmenter la capacité de mobilisation des eaux superficielles par la construction de nouveaux barrages là où les sites s'y prêtent.

**TAKSEBT** est actuellement un grand barrage hydraulique dans la wilaya de Tizi-Ouzou , mis à l'eau en 2007, sa capacité est de 180 millions mètres cubes. Et il alimente la wilaya de Tizi Ouzou à raison de 20 000 m<sup>3</sup>/jour, ce barrage alimente également les wilayas d'Alger, Blida et Boumerdès.

Le procédé de traitement des eaux de TAKSEBT est de type conventionnel adapté aux eaux superficielles. La chaîne de potabilisation comprend une série d'opérations unitaires composée essentiellement d'une clarification (coagulation, floculation et décantation) par injection de sulfate d'alumine, puis d'une filtration rapide sur sable et enfin d'une désinfection par injection du chlore gazeux. Les boues chimiques résultantes sont épaissies puis stockées dans les lagunes.

L'objectif de ce travail est d'évaluer les performances de la station par l'évaluation de la qualité de l'eau brute et traitée.

Pour mieux cerner notre étude, nous l'avons organisée selon deux niveaux, Le premier consiste à analyser les paramètres devant faire l'objet d'un suivi marqué. Les recherches bibliographiques ont permis de mettre en lumière que la bactériologie, les micropolluants organiques et minéraux ainsi que les sels dissous, étaient les principaux paramètres à considérer, vu les risques qu'ils présentaient pour l'Homme et l'Environnement, ceci étant réalisé après un avant propos qui traite des généralités sur les eaux de surface. Notre travail se poursuit par un état de l'art des différentes technologies et procédés de traitement des eaux de surface, Un deuxième niveau plus ardu, concerne la partie expérimentale, qui porte sur la mise au point du matériels et des méthodes, d'analyse des différents paramètres de qualité des eaux ainsi que l'interprétation des résultats obtenus en se référant aux normes des eaux potables.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and rounded corners. The scroll is partially unrolled, with three circular sections of the scroll's edge visible, shaded in light gray. The text is centered within the main rectangular area of the scroll.

# *Chapitre I*

*Généralités sur les  
eaux de surface*

## **I- Généralités sur les eaux de surface**

### **1- Ressources en eaux**

La diversité des ressources nous permet de les diviser en deux grands groupes ; les ressources en eaux conventionnelles et les ressources en eaux non conventionnelles (KINDLER *et al.*, 1989). Les ressources en eau d'un pays sont fonction des paramètres climatiques tels que les pluies de ce lieu (BOKO, 2009).

#### **1-1 Ressources en eaux conventionnelles**

Constituent les eaux superficielles et les eaux sous terraines.

##### **a) Eaux superficielles**

Proviennent surtout des pluies, et sont constituées d'un mélange d'eau de ruissèlement, elles comprennent des eaux des grands cours d'eau, des étangs et des lacs, ainsi que des petits ruisseaux des hauts pays alimentés par des sources et qui recueillent les eaux de ruissèlement et des bassins versants (MARGAT *et al.*, 1999).

La qualité des eaux brutes de surface dépend fortement des phénomènes saisonniers (prolifération des algues et des planctons, etc.) et des événements météorologiques. Leur capacité d'adsorption très limitées et l'absence de mécanismes de filtration permettent aux solides, dissous ou non, de se propager très rapidement : d'où la qualité très fluctuante des eaux superficielles. Leur pollution microbiologique est généralement très importante. Les dangers proviennent des eaux de ruissèlement sur les surfaces d'exploitation agricole et forestière (pesticides, fertilisants, engrais de ferme), des déversements d'eaux usées, de la sédimentation des polluants de l'air (AUCKENTHALER *et al.*, 2010).

##### **b) Eaux sous terraines**

Ce sont les eaux des nappes phréatiques qui correspondent à 22% des réserves d'eaux douces, soit environ 1000 milliard de m<sup>3</sup>. Leur origine est représentée par l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et de la structure géologique du sol (AISSAOUI, 2013). Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas canalisée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain. L'eau souterraine est une composante importante du cycle hydrologique; l'eau provenant des précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers la zone naturelle de résurgence (les cours d'eau) située en aval (MYRAND, 2007).

Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elle est donc d'excellente qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface (AISSAOUI, 2013).

### **1-2 Ressources en eaux non conventionnelles**

Elles constituent les eaux usées et les seaux de mers :

#### **a) Eaux usées**

Sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance.

Le recours en eaux usées épurées devient une alternative incontournable afin de garantir la satisfaction des besoins en eau des populations, particulièrement, dans les pays arides et semi arides (METAHRI ,2008).

#### **b) Eaux de mers**

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates) (TATA-DUCRU, 2009).

Compte tenu de la situation actuelle de pression démographique et de réchauffement climatique, le dessalement est une technique intéressante au vu de l'abondance de la matière première : l'eau de mer et les eaux saumâtres. On assiste d'ailleurs à une très forte augmentation (+10% par an) du volume d'eau produit par dessalement, il est actuellement autour de 45 millions m<sup>3</sup>/jour. Les usines de dessalement se multiplient dans de nombreux pays (Libye, l'Australie, la Grande Bretagne); surtout dans les pays en prise à des pénuries d'eau (Algérie, Libye, pays du golfe) mais aussi dans les pays d'Europe du sud (Espagne, Italie, Grèce) et aux États-Unis (TATA-DUCRU, 2009).

### **2- Pollution des eaux**

Pendant longtemps, les hommes se sont peu préoccupés de leur milieu naturel, s'ingérant dans la nature et usant d'elle sans compter, aménageant à tour de bras, et rejetant largement effluents et déchets de toutes sortes. Le constat aujourd'hui est dramatique. Des

régions entières ont été dévastées et nombre de cours d'eau, lacs et nappes souterraines sont aujourd'hui pollués de par le monde, une pollution que la nature a du mal à résorber.

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

### **2-1 Définition de la pollution**

La pollution peut-être définie de plusieurs façons. La pollution de l'eau survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en dégrade la qualité. La pollution dans l'eau inclut toutes matières superflues qui ne peuvent être détruites par l'eau naturellement. Autrement dit, n'importe quelles matières ajoutées à l'eau qui est au-delà de sa capacité à le détruire est considérée comme de la pollution. La pollution peut dans certains circonstances, être causée par la nature elle-même comme lorsque l'eau coule par des sols qui ont un taux élevé d'acidité. Par contre, la plupart du temps ce sont les actions humaines qui polluent l'eau (FEPS, 2011).

### **2-2 Différents types de polluants**

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle (chimie, papeterie, industrie agroalimentaire, etc.), urbaine (usages domestiques, commerce, entretien des rues), ou agricole (utilisation d'engrais et de pesticides), produit quantité de substances polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollutions : des pollutions organiques (essentiellement d'origine animale), chimiques (fertilisants, pesticides, métaux, détergents...), biologiques (bactéries, virus et autres champignons), radioactives ou acides.

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

#### **2-2-1 Pollution physiques des eaux**

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

### **2-2-1-1 Pollution thermique diffuse des eaux**

Peut avoir des effets locaux importants, en particulier sur les écosystèmes aquatiques. La pollution thermique est une modification de la température du milieu, le plus souvent à la hausse. En général, ce type de pollution est causé par les mécanismes de roidissement des industries et centrales énergétiques qui se traduisent par des rejets d'eau chaude dans l'environnement. Toutefois, les rejets d'eau usée urbaine et les drainages agricoles peuvent aussi être responsables d'une élévation de la température des eaux. L'élévation de température d'un milieu a deux effets notables :

- Réduction de la quantité d'oxygène dissous dans les milieux aquatiques ;
- Augmentation de l'activité métabolique des organismes (jusqu'à un certain seuil) et donc leur consommation en oxygène.
- Il semble aussi que l'augmentation de la température accroisse la sensibilité des organismes aux substances toxiques (FUTURA-SCINECE, 2010).

### **2-2-1-2 Pollution radioactive des eaux**

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

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

### **2-2-2 Pollution chimiques des eaux**

Peut être chronique, accidentelle ou diffuse. Le risque chimique est lié à la présence de constituants géologiques ou de contaminants issus des activités humaines (aménagement, industrie, agriculture). L'utilisation excessive d'engrais pour l'agriculture et l'élevage apporte une présence d'azote et de phosphore en quantité excessive dans les cours d'eau. Les algues

de surface prolifèrent rapidement entraînant une diminution de la luminosité et surtout une consommation importante d'oxygène dissous dans l'eau ; c'est le phénomène d'eutrophisation. L'oxygène n'est alors plus en quantité suffisante pour les organismes supérieurs (HADDOU, 2010).

### **2-2-3 Pollution biologiques des eaux**

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes tels que les bactéries comme (*Salmonella*), les virus (hépatite A) et les protozoaires (*Toxoplasma*, *Cryptosporidium*).

La pollution microbiologique a souvent pour source des eaux usées improprement traitées ou des eaux de ruissellement provenant d'installations d'élevage et se déversant dans les cours d'eau. Des épidémies peuvent émerger et limiter les usages que l'on peut faire de l'eau. Par exemple, à Milwaukee, en 1993 (Etats Unie), plus de 400 000 personnes ont souffert de symptômes gastro-intestinaux après avoir été en contact avec de l'eau potable contaminée par le protozoaire *Cryptosporidium* (HADDOU, 2010).

Dans le monde, environ 2,3 milliards de personnes souffrent de maladies liées à l'eau. Ces maladies sont variées. Il y a :

- les maladies d'origine hydrique (causées par les organismes fécaux oraux et des substances toxiques, ... Plus de 12 millions de personnes meurent chaque année de maladies hydriques dans le monde, 1,8 million d'enfants meurent chaque année de diarrhées et de maladies véhiculées par l'eau non potable) ;
- les maladies à support hydrique (transmises par les vecteurs liés à l'eau) ;
- et les maladies liées au manque d'hygiène (BOKO, 2009).

### **2-2-4 Pollution organique des eaux**

Cette forme de pollution constitue la fraction la plus importante. En effet, elle résulte de l'introduction dans le milieu de substances organiques provenant de diverses activités : industrielles (hydrocarbures), agricoles (engrais azotés et phosphatés) et domestiques (phosphates, matières fermentescibles). La pollution organique de l'eau provenant des eaux domestiques et des industries agroalimentaires provoque une surconsommation de l'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique et peut entraîner par conséquent la mort de la vie aquatique (MELGHIT, 2013).

## **II- Paramètre de qualité de l'eau**

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

### **1-Paramètres organoleptiques**

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

#### **1-1Couleur de l'eau**

Les eaux naturelles sont toujours plus ou moins colorées .Leur couleur varie du jaune pâle à peine perceptible au brun rougeâtre, selon la nature et la concentration des matières colorantes. Ces matières sont le plus souvent d'origine naturelle et proviennent de la dégradation de matières végétales. Le degré de couleur dépend non seulement de la concentration en matières colorantes, mais aussi du pH et de la turbidité.

La mesure de la couleur d'une eau naturelle se fait par comparaison avec une échelle artificielle de couleur. La substance de référence choisie est le chloroplatine de potassium ( $K_2 PtCl_6$ ) dans une solution de chlorure de Cobalt ( $Co Cl_2$ ). L'unité de couleur est le Hazen correspondant à 1mg/l de platine sous forme de ( $K_2 Pt Cl_6$ ). On l'appelle aussi unité platino-cobalt ou unité de couleur vraie (Ucv). Pour une eau potable, le degré de couleur maximale est de 25 Ucv (BEHLOUL, 2009).

#### **1-2 Odeur et goût**

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

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

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

### **1-3 Turbidité**

La norme ISO 7027 (AFNOR, 1999 b) définit la turbidité comme la « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes » (AMINOT *et al.*, 2002).

La turbidité d'une eau est une mesure globale qui prend en compte toutes les matières, soit colloïdales, soit insolubles, d'origine minérale ou organique. Des particules en suspension existent naturellement dans l'eau, comme le limon, l'argile, les matières organiques et inorganiques en particules fines, le plancton et d'autres microorganismes (BEN THAYER *et al.*, 2007).

Cette turbidité doit être éliminée pour améliorer l'aspect esthétique de l'eau de consommation mais aussi pour permettre une désinfection efficace et éviter les dépôts dans l'usine ou dans le réseau. En effet, les MES peuvent servir de support aux microorganismes qui seront ainsi partiellement protégés de l'action des désinfectants et qui pourront ensuite se développer dans les réseaux et entraîner des problèmes sanitaires (ANONYME, 2013).

## **2- Paramètres physico-chimiques**

### **2-1 Température de l'eau**

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

## **2-2 Le pH**

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène ( $H^+$ ). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. On admet généralement qu'un pH naturel situé entre 6,5 et 8,5 caractérise des eaux où la vie se développe de manière optimale (ANONYME 3, 2005).

## **2-3 Conductivité électrique ( $\sigma$ )**

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

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

## **2-4 MES (matières en suspension)**

Sont constituées de toutes particules organiques ou minérales véhiculées par les eaux. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachés par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riche en MES, d'êtres vivants planctoniques notamment les algues... (GIRGENTI, 2011).

## **2-5 Dureté totale**

Produite par les sels de calcium et de magnésium contenus dans l'eau. On distingue: une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français); 1°F correspond à 10 mg de carbonate de Calcium dans 1 litre d'eau. Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses : Le calcium dérive de l'attaque du  $CO_2$  dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés. (BELGHITI *et al.*, 2013).

### 2-6 Alcalinité

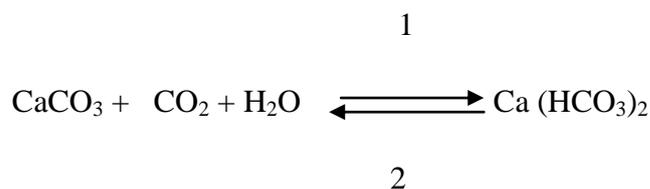
Correspond à la capacité d'une eau à réagir avec les ions hydrogène (H) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et hydroxyde ( $\text{OH}^-$ ). Autrement dit, on est amené à considérer deux types d'alcalinité qui correspondent, encore une fois à deux bornes de pH :

- alcalinité au virage du rouge de méthyle : elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{OH}^-$ . Cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet TAC.

- alcalinité au point de virage de la phénophtaléine (alcalinité composite) : elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions  $\text{OH}^-$  et à la moitié des ions  $\text{CO}_3^{2-}$ . Cette alcalinité composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8,3. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique (TA) (LOUNAS, 2009).

### 2-7 Equilibre calco-carbonique

La réaction chimique prépondérante est la suivante:



L'équilibre entre le carbonate de calcium et le bicarbonate de calcium est fonction de la teneur en  $\text{CO}_2$  dans l'eau définie comme concentration en  $\text{CO}_2$  équilibrant. Deux cas peuvent se présenter :

Si la concentration en  $\text{CO}_2$  libre est supérieure à celle de  $\text{CO}_2$  équilibrant, le sens (1) est prédominant en vertu de la loi de l'action de masse. Le  $\text{CO}_2$  excédentaire attaque la couche calcaire présente dans les canalisations. L'eau est donc agressive. Dans le cas contraire, le manque de dioxyde de carbone favorise le sens (2). Une partie de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  se dépose en calcaire et augmente la teneur en  $\text{CO}_2$  libre. L'eau est entartrante ou incrustante (CARDOT, 1999 ; DEGREMONT, 2005).

### **2-8 Chlorures**

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieure à 25 mg/L, mais dans certaines régions, la traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles de 1000 mg/L. Le grand inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils transmettent à l'eau à partir de 250 mg/L, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (BEER, 2010).

### **2-9 Sodium**

Le sodium est un métal alcalin que l'on trouve dans des sels sous forme d'ion  $\text{Na}^+$ . Il est très soluble dans l'eau et se trouve à concentrations plutôt faibles dans les eaux brutes. Plusieurs sources anthropogènes alimentent en sodium les eaux souterraines et superficielles : (sel de déneigement, eaux usées, jus de décharges, etc.). Sa concentration peut augmenter sensiblement lors du processus d'échange d'ions en station de traitement. Il affecte les qualités organoleptiques de l'eau lorsque sa concentration dépasse 200 mg/l. L'UE fixe son taux maximal à 200 mg/l dans l'eau potable (BEER, 2010).

### **2-10 Potassium**

Se trouve sous forme de cation monovalent ( $\text{K}^+$ ) en milieu naturel. Il s'agit d'un métal essentiel pour l'organisme, notamment par son rôle dans la régulation du potentiel membranaire. On le trouve dans les eaux brutes non polluées à des concentrations généralement faibles. Il y parvient principalement via des infiltrations de mica et de feldspath potassique ou de sels potassiques. Une part anthropogène peut provenir de l'utilisation d'engrais et de jus de décharge (BEER, 2010).

### **2-11 Sulfates**

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques, notamment le gypse ( $\text{CaSO}_4$ ), mais également de la pyrite ( $\text{FeS}$ ) est plus rarement de roches magmatiques (galène, blende) (GHAZALI, 2013). 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.

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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 250- 900mg/l pour CaSO<sub>4</sub>, 400-600 mg/l pour MgSO<sub>4</sub> (MAIGA, 2005).

### **3- Paramètres indésirables**

#### **3-1 Fer**

Elément assez abondant dans les roches (quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. La craie contient des nodules de marcasite (sulfure); les terrains jurassiques présentent un niveau d'oolithes en oxydes de fer. Le fer est soluble à l'état d'ion Fe<sup>++</sup> (ion ferreux) mais insoluble à l'état Fe<sup>+++</sup> (ion ferrique). Le fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations (BELGHITI *et al.*, 2013).

La concentration maximale de fer acceptable dans une eau de boisson a été fixée à 0,3 mg/L par l'OMS (2008). Cette norme a été définie pour répondre plus à des critères esthétique et organoleptique qu'à des critères sanitaires. En effet, l'ingestion de fer semble plus nécessaire à l'homme. Cet élément est généralement conseillé aux hommes qui ont une carence en fer. Toute fois Les fortes teneurs en fer confèrent à l'eau un goût métallique désagréable, un aspect et une couleur rouge brun (AMADOU *et al.*, 2014).

#### **3-2 Aluminium**

C'est le métal le plus abondant de la croûte terrestre. Il ne se trouve jamais dans la nature sous forme native, mais généralement sous forme de silicates et d'oxydes (par exemple la bauxite). Il est mobile en sols acides et peut être lessivé dans les eaux souterraines. L'aluminium n'est pas un élément essentiel pour l'organisme humain. A haute dose, il perturbe le métabolisme, notamment l'absorption d'autres métaux tels que le magnésium et le fer. L'aluminium (AL(III)) est souvent utilisé comme flocculant dans le processus de traitement de l'eau, ce qui peut entraîner une hausse malvenue de sa teneur dans l'eau potable.

L'OSEC fixe à 0.2 mg/l la valeur de tolérance de l'aluminium dans l'eau potable. L'objectif de qualité du MSDA est moins de 0.05 mg/l dans l'eau brute (HARRAT, 2013).

### **3-3 Cuivre**

Le cuivre est souvent présent dans les nappes phréatiques à l'état naturel, mais à des concentrations généralement très faibles. Les sources synthétiques de cuivre courantes sont les engrais, les systèmes septiques, les déchets industriels et les déchets provenant de la transformation des aliments. Dans les maisons d'habitation, les tuyaux et les robinets sont souvent faits en cuivre. La présence de cuivre dans l'eau potable provient donc avant tout de la corrosion des tuyaux. La concentration de cuivre dans l'eau dépend de certains facteurs comme le pH, la température et l'alcalinité de l'eau, ainsi que de la longueur des tuyaux et du temps pendant lequel l'eau stagne à l'intérieur de ces derniers. Selon les recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, l'objectif esthétique pour le cuivre est inférieur ou égal à 1 milligramme par litre (mg/L).

Tous les organismes vivants, dont les êtres humains, ont besoin de cuivre pour vivre; toutefois, à des concentrations élevées, le cuivre présent dans l'eau peut être nocif pour la santé. La consommation d'eau contenant du cuivre à des concentrations supérieures aux limites recommandées a des effets immédiats comme la nausée, les vomissements, la diarrhée et les crampes d'estomac. Ces effets peuvent être ressentis à partir de 4 mg/L (MOLINIE, 2009).

### **3-4 Manganèse**

Présent dans plus d'une centaine de composés de sels et de minéraux communs que l'on retrouve dans les roches, les sols et au fond des lacs et des océans. Le plus souvent, on trouve le manganèse sous forme de dioxyde, de carbonate ou de silicate de manganèse. On peut le trouver à l'état d'oxyde à des valences allant de -3 à +7.

Le manganèse est un élément essentiel à la vie des humains et des animaux, il joue un rôle de premier plan dans la constitution d'enzymes et de métallo-enzymes. Pour des raisons d'ordre organoleptique, l'objectif pour le manganèse dans l'eau potable a été fixé à 0,05 mg/L soit 50 µg/L. À ce niveau, on considère que le manganèse ne présente pas de risque pour la santé. À des concentrations supérieures à 0,15 mg/L, le manganèse tache les éléments de plomberie et les tissus; de plus, en fortes concentrations, il donne mauvais goût aux boissons. Comme le fer, il peut causer des problèmes dans les réseaux de distribution en y favorisant la croissance de microorganismes (BEER, 2010).

### **3-5 Zinc**

C'est un métal de couleur bleu gris Son état d'oxydation le plus commun est +2 (appelé ion zincique) (MELGHIT, 2011).

Il provient de l'altération des roches (56%), le volcanisme (22%) et la végétation. Cependant ces sources naturelles ne représentent qu'environ 7% des émissions totales de cet élément dans l'environnement, étant donné que la production et le traitement de minerai et les activités industrielles représenteraient 75% et 18% respectivement, des émissions du Zn dans le milieu naturel. Le zinc est un élément essentiel pour la croissance et la survie du corps humain. Il est nécessaire pour de nombreux processus métaboliques structural et catalytique, en revanche des fortes concentrations en zinc affectent le métabolisme des lipoprotéines qui augmentent les risques cardiovasculaires des personnes. D'après l'Organisation mondiale de la santé (1965), la concentration maximum acceptable est de 5 mg/L, et la maximum admissible est de 15mg/L (KADOUCHE, 2013).

### **4- Paramètres de toxicité**

Une quantité importante de métaux lourds est introduite dans l'environnement par l'intermédiaire de sources naturelles et humaines. Cette contamination a plusieurs origines telles que la combustion de fossiles, les gaz d'échappement des véhicules, l'incinération, l'activité minière, l'agriculture et les déchets liquides et solides. Mais elle peut également être d'origine naturelle via les volcans, l'activité des sources thermales, l'érosion, l'infiltration, etc. D'autre part, le cadmium, l'arsenic, et surtout le mercure et le plomb sont introduits dans l'environnement, de façon quasi exclusive par l'homme.

#### **4-1 Arsenic**

Sa présence dans l'environnement et par voie de conséquence dans l'eau est à relier à un certain nombre de pollutions : rejets d'eaux résiduaires industrielles, traitement de minerais arsenicaux (cuivre...), combustion du charbon ou de déchets, dépôts de résidus industriels, utilisation d'engrais phosphatés, d'herbicides, d'insecticides et de détergents (les eaux de blanchisserie peuvent en contenir quelques microgrammes par litre). Dans certains cas, des teneurs de quelques microgrammes par litre sont retrouvées dans les eaux de surface, les eaux

profondes et les eaux de pluie (dissolution des roches et des minerais). Dans des eaux minérales ; l'arsenic d'origine naturelle atteint quelquefois des teneurs de 10 mg/L.

Du fait de l'accumulation de l'arsenic dans l'organisme, de sa toxicité à faible dose et de son éventuelle action cancérigène, les teneurs limites sont sévères. Étant donné les risques de cancers cutanés, l'OMS recommande une valeur guide provisoire de 0,01 mg/L pour l'eau destinée à la consommation humaine (RODIER *et al.*, 2009).

#### **4-2 Cadmium**

Les mines et les fonderies de métaux non ferreux représentent une source importante de contamination des milieux aquatiques : eaux de drainage, rejets aqueux et lessivage des sols industriels par l'eau de pluie. Les quantités de cadmium rejetées dépendent des procédés de fabrication mais également des caractéristiques géographiques et climatiques locales. La fabrication d'engrais phosphatés peut également être à l'origine de contaminations hydriques. Le cadmium rejeté dans l'eau est rapidement absorbé à la surface des particules qui peuvent alors rester en suspension ou se déposer sous forme de sédiments.

Cette caractéristique explique que les concentrations en cadmium dissout peuvent être faibles dans des cours d'eau transportant néanmoins de grandes quantités de ce métal sous forme sédimentaire. Par ailleurs, l'acidification des sols mobilise le cadmium de ceux-ci et peut conduire à une augmentation des concentrations dans les eaux souterraines et de surface. Enfin, la concentration dans l'eau de boisson peut être augmentée lors de la corrosion des canalisations par des eaux acides. Dans les eaux naturelles non polluées, les concentrations en cadmium dissout sont généralement inférieures à 1 µg/l (BEER, 2010).

#### **4-3 Plomb**

Existe majoritairement sous forme inorganique, par opposition à sa forme organique notamment le plomb tétra-éthyl qui provient le plus souvent de la combustion des carburants et dont la toxicité est plus importante pour les organismes aquatiques. Le plomb est en effet responsable de nombreuses atteintes néfastes chez l'homme (troubles de cerveau, de reproduction et de métabolisme). La toxicité du plomb est induite par les ions de plomb réagissant avec certains groupes de protéines, telles que les enzymes. Celles-ci sont alors inhibées. Le plomb peut également interagir avec d'autres ions métalliques (DEMBA N'DIAYE *et al.*, 2013).

L'OMS, indique une concentration maximale admissible de 0,05 mg/L. Elles précisent que dans le cas de canalisations en plomb, la teneur en plomb ne devrait pas être supérieure à

0,05 mg/L dans un échantillon prélevé après écoulement. Si l'échantillon est prélevé directement ou après écoulement et que la teneur en plomb dépasse fréquemment ou sensiblement 0,1 mg/L, des mesures appropriées doivent être prises afin de réduire les risques d'exposition du consommateur. La réglementation algérienne retient cette même valeur de 0.05 mg/L (CARTIER, 2012).

#### **4-4 Mercure**

Métal de couleur blanc argent, dont le point de fusion est situé à -38,9°C. Il est présent dans l'écorce terrestre à la teneur moyenne de 0,08 mg/kg. Son principal minéral est le cinabre.

Le mercure est un élément toxique qui n'accomplit aucune fonction physiologique utile chez l'homme; en conséquence, on a fixé une concentration maximale acceptable de 0,001 mg/L (1 µg/L) de mercure dans l'eau potable. La contamination de l'eau par le mercure cause de sérieuses préoccupations en raison de sa bioaccumulation sous forme organique. (ARMSTRONG, 1981. ANONYME 4, 1986).

#### **4-5 Chrome**

Le chrome existe sous plusieurs états d'oxydation depuis Cr (0), la forme métallique, jusqu'à Cr (VI) (AKSAS, 2013).

ANSES estime que la limite de qualité relative au chrome dans les eaux destinées à la consommation humaine devrait être révisée rapidement en raison des effets cancérigènes du chrome VI. Bien que les mécanismes de cancérogénicité du chrome VI par voie orale ne soient pas complètement élucidés (...), un mécanisme d'action sans seuil ne peut pas être écarté". Or, la limite de qualité actuelle est fixée à 50 µg/l par l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites de références des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (ANSES, 2012).

### **5- Paramètre organiques**

#### **5-1 Demande biochimique en oxygènes (DBO 5)**

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation d'oxygène ; le milieu exerce donc une certaine demande biochimique d'oxygène. La mesure de cette DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et donc, dans une certaine mesure, sa qualité ou son degré de pollution.

La dégradation complète des matières organiques peut être relativement longue (plusieurs semaines). D'autre part, l'oxydation des dérivés ammoniacaux et des nitrites en nitrates (nitrification) absorbe également de l'oxygène. Cette nitrification, dans les eaux naturelles, ne débute qu'au bout d'une dizaine de jours. Pour ces deux raisons, on mesure la DBO en 5 jours, ou DBO<sub>5</sub>, c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommée ; pendant ce laps de temps, pour l'oxydation partielle des matières organiques biodégradables sous l'action des microorganismes (LOUNNAS, 2009).

### **5-2 Demande chimique en oxygène (DCO)**

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium. La DCO est exprimée en mg/l d'O<sub>2</sub> consommé par les matières oxydables dans un litre d'eau (MELGHIT, 2011).

### **5-3 Phosphate**

Le phosphore naturel est extrait des sols (gisements miniers) sous forme de phosphates de calcium dont l'apatite Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>F et l'hydroxyapatite Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>(OH) (DERONZIER *et al.*, 2002).

Les phosphates font partie des anions assimilables par le corps de l'être humain. Quelle que soit leur origine (domestique, industrielle ou agricole), leur présence dans les eaux à fortes concentrations (teneurs supérieures à 0,2 mg/l) favorise le développement massif d'algues, lesquelles conduisent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau. La directive des communautés européennes (CEE) indique comme teneur du phosphore dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 0,4 mg/l et une concentration maximale admissible de 5 mg/l, aucune valeur indicative n'est recommandée par l'OMS (YOUCEF, 2005).

### **5-4 Azote ammoniacal**

Constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau. Il existe en faible proportion, inférieure à 0,1mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Il constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière

organique azotée et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère (MAKHOUKH *et al.*, 2011).

L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg NH<sub>3</sub>/l (MERABET, 2010).

### **5-5 Nitrates**

Constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification. En milieu naturel, sa concentration dépasse rarement 0,45 mg/l. Des valeurs supérieures indiquent des rejets d'eaux usées dans les milieux aquatiques superficielles et souterraines, et surtout une utilisation excessive de fertilisants utilisés en agriculture (DERWICH *et al.*, 2010)

Les nitrates ne sont guère toxiques, mais ce n'est qu'à deux conditions que peut se révéler leur toxicité : s'il y a ingestion vraiment massive de ces composés ou s'ils sont transformés en nitrites par la microflore digestive au sein de l'organisme. La méthémoglobinémie (ou syndrome du bébé bleu) est un problème de santé associé à l'ingestion des nitrites et des nitrates (IDRISSI, 2006).

A cet effet, l'Organisation mondiale de la Santé a fixé à 50 mg/l la valeur guide à ne pas dépasser pour la consommation d'eau de boisson. Cette teneur maximale a été reprise par la Communauté européenne dans sa directive 98/83/CE du 3 novembre 1998 (ALOUANE, 2011).

### **5-6 Nitrites**

Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) proviennent de l'oxydation complète des composés de l'azote. Les principales sources de rejet des nitrates sont les aérosols d'acide nitrique ou de nitrates d'ammonium provenant d'usines d'acide nitrique ou de fertilisants et les effluents de certaines industries alimentaires (salaison, etc.). Les nitrates sont aussi largement utilisés comme agent oxydant dans l'industrie chimique. La présence de nitrites dans les effluents industriels est surtout liée à leur utilisation comme inhibiteur de corrosion (ANONYME 5, 2014).

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote amoniacal, ce qui explique les faibles quantités rencontrées en milieu aquatique. la norme de l'OMS (2002) pour les nitrites est de (0.1 mg/L) (ABBOUDI *et al.*, 2014).

## **6- Paramètres bactériologiques**

La contamination des eaux de surface par des microorganismes d'origine fécale existe depuis longtemps, dès que l'eau a été utilisée comme vecteur d'élimination des déchets. Avec le développement de l'urbanisation, les problèmes d'hygiène et de santé publique liés à la contamination bactérienne de l'eau sont devenus de plus en plus critiques. Des contrôles bactériologiques stricts des eaux de surface et des eaux destinées à la consommation humaine ont permis l'éradication presque complète dans le monde occidental des plus graves de ces maladies, qui restent cependant un fléau dans de nombreux pays en voie de développement.

### **6-1 Coliformes totaux**

Sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives. La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (CHEVALIER, 2003).

### **6-2 Coliformes fécaux**

Ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*). Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire. L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales. Par ailleurs, puisque les coliformes fécaux ne prolifèrent habituellement pas dans un réseau de distribution, ils sont utiles pour vérifier son étanchéité, permettant de détecter une contamination fécale découlant par exemple d'infiltrations d'eau polluée dans les canalisations. Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est moins élevé

que celui des coliformes totaux, ces derniers leur sont préférables pour cette fonction (PAINCHAUD, 1997).

### **6-3 Streptocoques fécaux**

Anciennement la législation parlait de « streptocoques fécaux », sous cette dénomination générale, il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque), antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal. Ils sont présent dans le tube digestif et constituent une population importante, ils présentent l'avantage sur les coliformes de ne pas pouvoir se multiplier dans l'eau. On dit maintenant recherche des entérocoques intestinaux. Les dénombrements des entérocoques présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements de coliformes et coliformes thermo tolérants présumés. Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieurs à celles des coliformes fécaux (RODIER, 2009). Norme : absence dans 100ml d'eau (GADIN-GOYON, 2002).

### **6-4 Clostridies sulfito-réductrices**

Ne sont pas seulement d'origine fécale, mais sont des germes ubiquistes, dont la présence dans l'eau est souvent révélatrice d'infiltration telluriques, ou de matières organiques en putréfaction, bien que *C. perfringens* soit un indicateur assez spécifique de la pollution liée aux déjections animales. La présence de ces spores permet donc de détecter une contamination ancienne ou intermittente. Leur absence indique une bonne protection des nappes. Norme :  $\leq 1$  dans 20 ml d'eau (GADIN-GOYON, 2002).

## **III- Normes de qualités des eaux potables**

### **1- Introduction**

L'accès à une eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé, un droit humain élémentaire et une composante clé des politiques efficaces de protection sanitaire. L'usage de l'eau à des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique. L'eau distribuée par réseau constitue un des produits alimentaires les plus contrôlés. Ses analyses sont réalisées depuis son origine jusqu'au robinet. L'eau de distribution doit répondre aux exigences de qualité. Ainsi, elle ne doit contenir aucun micro-organisme, aucun parasite ni aucune substance constituant un danger potentiel

pour la santé des personnes ; elle doit également être conforme vis-à-vis d'un ensemble de normes de potabilité (KAHOUL *et al.*, 2014).

Avant de parler de ces normes, il est nécessaire de donner une définition des eaux potables.

## **2- Définition des eaux potables**

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé selon l'organisation mondiale de la santé. C'est une eau exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands. Ses caractéristiques de potabilité répondent à des normes établis soit au niveau national, ou international (ANONYME 6, 2008).

## **3- Normes de potabilité**

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

Les tableaux 1 et 2 illustrent les normes de qualité physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de boisson voir.

**Tableau 1** : Qualité physico-chimique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS 2002)

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

**Tableau 2** : Qualité bactériologique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS 2002).

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



# *Chapitre II*

*Traitement des eaux de  
surface*

## **Introduction**

Qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Même une eau d'apparence limpide transporte en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu physique dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau est devenue le réceptacle comme on vient de le voir dans le chapitre précédent.

L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies. Pour pouvoir être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée. Mais la pollution croissante des réserves rend cette opération de plus en plus délicate, obligeant les traiteurs d'eau à constamment innover. Les techniques ont d'ailleurs beaucoup évolué, faisant aujourd'hui du traitement de l'eau une industrie de pointe.

Nous étudierons dans un premier temps le procédé de prétraitement permettant d'éliminer l'ensemble des éléments de nature à perturber les traitements ultérieurs. Nous évoquerons le procédé de pré-oxydation constituant la première barrière face aux matières organiques en solution. Ensuite, nous aborderons la clarification qui représente l'étape la plus importante de la chaîne de traitement et que l'on va retrouver dans la majorité des usines de traitement d'eau potable. Nous présenterons également l'étape de désinfection qui permet l'élimination des derniers micro-organismes pathogènes présents dans l'eau.

### **1- Définition du traitement**

La production d'eau potable peut être définie comme la manipulation d'une source d'eau pour obtenir une qualité de l'eau qui satisfait à des buts spécifiés ou des normes érigées par la communauté au travers de ses agences régulatrices (HERNANDAISE, 2006).

### **2- Définition des objectifs exacts du traitement**

Ceux-ci peuvent être répartis en trois groupes:

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

\*L'agrément du consommateur, qui est différent du premier point car une eau peut être agréable à boire tout en étant dangereuse (source polluée...) il s'agit des qualités organoleptiques. Autre ce qui est perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir couleur,

odeur et goût, ainsi l'objectif d'une station de production d'eau potable est de fournir un produit de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur (HERNANDAISE, 2006).

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

## 2- Etapes de traitement

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

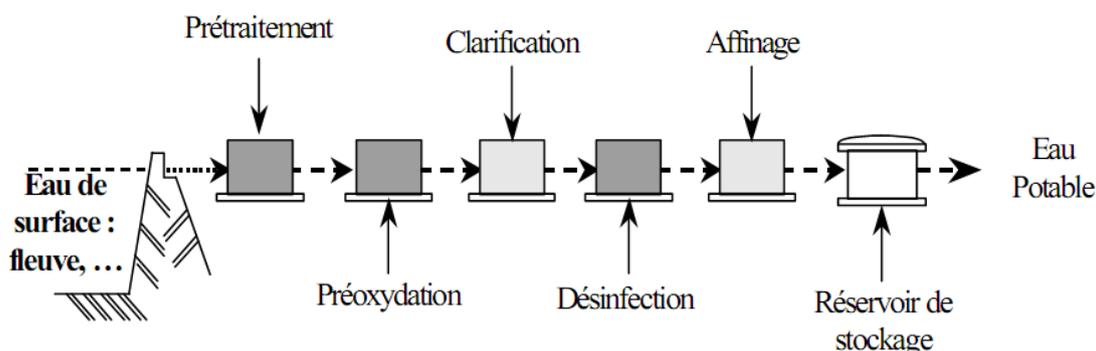


Figure 1: Chaîne de traitement (VALENTIN, 2000).

### 3-1 Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface. Dans le cas d'une eau potable, les prétraitements sont principalement :

#### 3-1-1 Dégrossissage

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

##### 3-1-1-1 Dégrillage

Premier poste de traitement, permet de protéger les ouvrages aval de l'arrivée de gros objets charriés par l'eau brute susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants (VALENTIN, 2000).

### **3-1-1-2 Macro-tamissage**

Les éléments filtrants sont constitués de toiles perforées ou le plus souvent, de toiles à mailles croisées en acier inoxydable ou en tissu synthétique, présentant des ouvertures de 0,15 à 2 mm. Les tamis sont réalisables sous forme de tambours de 1,5 à 6 m de diamètre ou de bandes de 1 à 3 m de longueur et dont la hauteur de 3 à 15 m est adaptée aux rivières à niveau variable (BALASKA, 2005).

### **3-1-1-3 Dessablage**

Le dessabler est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0,3 m/s, et dont la dureté et la taille sont relativement importantes, supérieurs à 0,2 mm de diamètres vont pouvoir se déposer, Il s'agit principalement des sables, et qui pourraient conduire à l'abrasion de certains éléments de la station et particulièrement les pompes (BELAHMADI, 2011).

### **3-1-1-4 Débourbage**

Le débourbage est une étape de séparation solide – liquide qui précède la clarification des eaux de surface particulièrement chargées. Le but de cette pré-décantation est d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute (BALASKA, 2005).

### **3-1-1-5 Micro-tamissage**

Est une technique de séparation physique des particules présentes dans l'eau à traiter. Grâce à une membrane poreuse ou une toile de fils ou de fibres le micro-tamis est capable de retenir le plancton, les grosses particules et les particules de matières organiques et les MES. Cependant le micro-tamis ne peut pas intercepter ni les éléments minéraux fins, ni les éléments colloïdaux minéraux et organiques, ni les substances dissoutes (MEZIANI, 2013).

### **3-1-1-6 Dégraissage et déshuilage**

Le déshuilage est une extraction liquide-liquide tandis que le dégraissage est une extraction solide-liquide. On peut considérer que le déshuilage dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de nature très diverses (huiles, hydrocarbures, graisses...). Elles peuvent former une émulsion stable entretenue par le brassage de l'eau ou constituer une phase indépendante non émulsionnée (MEKHALIF, 2009).

### **3-1-2 Aération**

Permet de mélanger l'air à l'eau pour favoriser les réactions d'oxydation, enlever les gaz dissous ou éliminer les goûts et odeurs, elle peut être installée en tête de la chaîne de traitement de l'eau comme étape de pré-oxydation. Cette aération est nécessaire lorsque l'eau présente une carence en oxygène et permet alors, soit :

- D'oxyder des éléments réduits, tels les ions ferreux;
- D'augmenter la teneur en oxygène dans l'eau (améliorer le goût, éviter la corrosion des conduites métalliques en formant une couche protectrice);
- D'éliminer des gaz indésirables ( $H_2S$ ,  $CO_2$  libre, sursaturation en oxygène, composés organiques volatils, etc.). (BABINEAU, 2002).

### **3-1-3 Pré-chloration**

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

## **3-2 Traitement physicochimique :**

### **3-2-1 Clarification**

La clarification est l'élimination des matières non dissoutes mais ne sédimentant pas ou peu de façon spontanée comme les colloïdes. Certains éléments en suspension dont la décantation est trop lente sont aussi visés. En pratique la quasi-totalité des eaux superficielles est concernée (ANONYME 2, 2008).

Suivant les concentrations des différents polluants, on peut être amené à pratiquer des opérations de plus en plus complexes qui vont de la simple filtration avec ou sans réactif jusqu'à la coagulation – floculation – décantation ou flottation – filtration (HERNANDEZ, 2006)

**a) Propriétés des colloïdes**

Les particules colloïdales sont caractérisées par deux points essentiels : d'une part, elles ont un diamètre très faible (de 1 nm à 1  $\mu$ m), d'autre part, elles ont la particularité d'être chargées électro-négativement, engendrant des forces de répulsions inter-colloïdales. Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation extrêmement faible (que l'on peut même considérer comme nulle dans le cadre du traitement de l'eau (TIR, 2009).

**b) Théorie de la double couche**

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

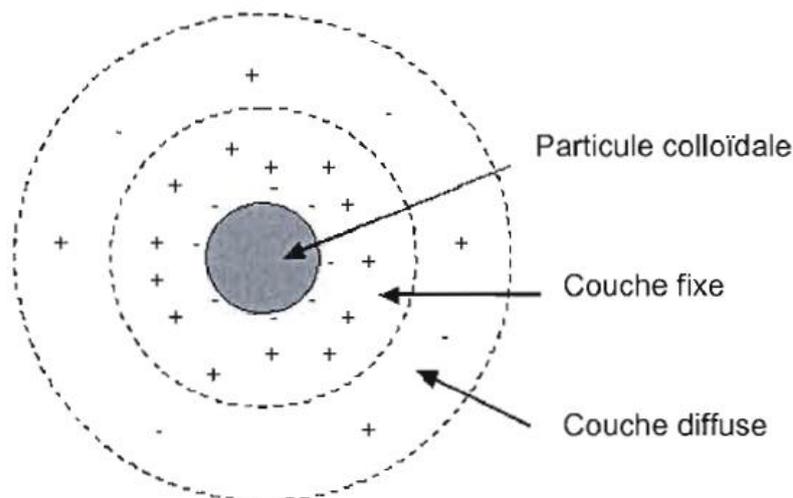


Figure 2: Double couche d'une particule colloïdale (ASSAAD, 2006)

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

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

- La masse du liquide environnant. (ASSAAD, 2006).

### 3-2-1-1 Coagulation floculation

Elle apparaît de plus en plus comme non seulement un procédé de clarification mais également comme un traitement d'élimination spécifique capable, dans une certaine mesure, de rivaliser avec des traitements plus coûteux comme l'adsorption sur charbon actif ou l'oxydation par l'ozone (ACHOUR *et al.*, 2005).

L'efficacité de ce procédé dépend de la composition des milieux aqueux, de la nature du coagulant introduit ainsi que de la structure des composés organiques à éliminer (HECINI *et al.*, 2012).

La coagulation-floculation se fait en deux étapes. La première étape :

#### a) **Coagulation**

Consiste à déstabiliser les particules, par action des réactifs chimiques « coagulants » qui annulent les forces répulsives ou agissent sur l'hydrophile des particules colloïdales.

#### ➤ **Choix des réactifs.**

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

- ✓ la température de l'eau,
- ✓ Caractéristiques des eaux brutes (dont l'équilibre calco-carbonique),
- ✓ Paramètres physico-chimiques à inclure ou éliminer prioritairement (turbidité et/ou Matières Organiques, par exemple),
- ✓ gestion de l'exploitation (stocks, automatisme, etc.),
- ✓ coût du produit,
- ✓ disponibilité... (HERNANDEZ, 2006).

La seconde étape correspond à la :

#### **b) Floculation :**

Qui a pour but d'agglomérer les colloïdes « déchargées » en précipités décantables appelés « flocs » par suite de contacts, entre les particules, favorisés par un processus mécanique (agitation, brassage). Cette floculation peut être améliorée par ajout d'un autre

réactif appelé « adjuvant de floculation » qui permet le grossissement plus rapide des floes. (RAKOTOMARIA *et al.*, 2011).

### **3-2-1-2 Décantation**

La décantation est le déplacement, dans un milieu fluide (liquide ou gazeux), de particules solides sous l'action d'un champ d'accélération (gravitaire ou centrifuge). C'est la méthode de séparation liquide-solide la plus souvent mise en œuvre pour la séparation des MES et des floes de la phase liquide.

Les produits décantables sont les matières en suspension (MES), les matières colloïdales floculables et les liquides non miscibles de densités différentes, les particules ayant une vitesse de décantation supérieure à 5m/h (DAGOT & LAURENT, 2014). 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 à un rôle épuratoire non négligeable (LOUNNAS, 2009).

- **Quelques types de décanteurs**

- a) **Décanteur horizontal**

Le décanteur horizontal est constitué d'une cuve parallélépipédique : l'eau chargée de MES pénètre à une extrémité et l'eau décantée ressort à l'autre suivant un écoulement horizontal. Elle nécessite une surface de bassin de décantation importante avec une vitesse de sédimentation généralement faible.

Théoriquement, l'efficacité d'un décanteur horizontal ne dépend que de sa vitesse et non de sa hauteur ou de son temps de rétention (soit de 0,5 à 1,5 m/h). Pendant leur parcours dans l'ouvrage les plus petites peuvent s'agglutiner entre elles, c'est le phénomène de coalescence. Leur taille, et donc la vitesse de sédimentation augmente avec le temps. La trajectoire devient de ce fait curviligne et l'efficacité de la décantation dépend donc aussi du temps de rétention (LUTZ, 2010).

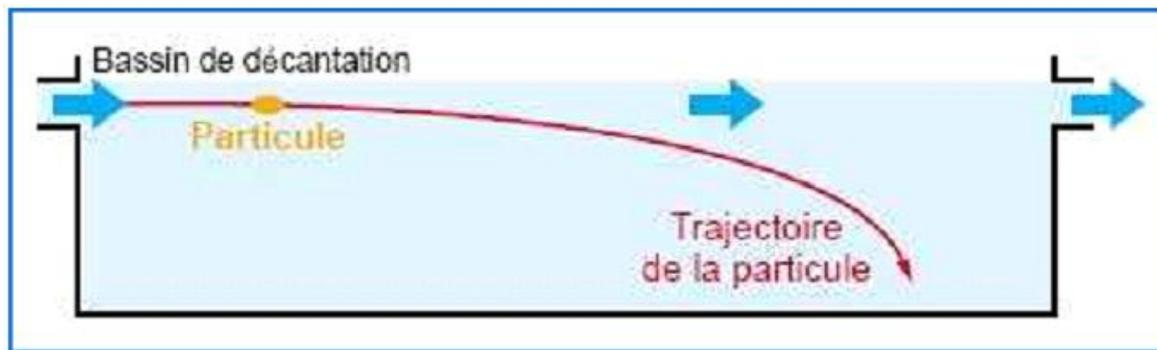


Figure 3 : Schéma d'un décanteur horizontal (LUTZ, 2010).

### b) Décanteur lamellaire

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

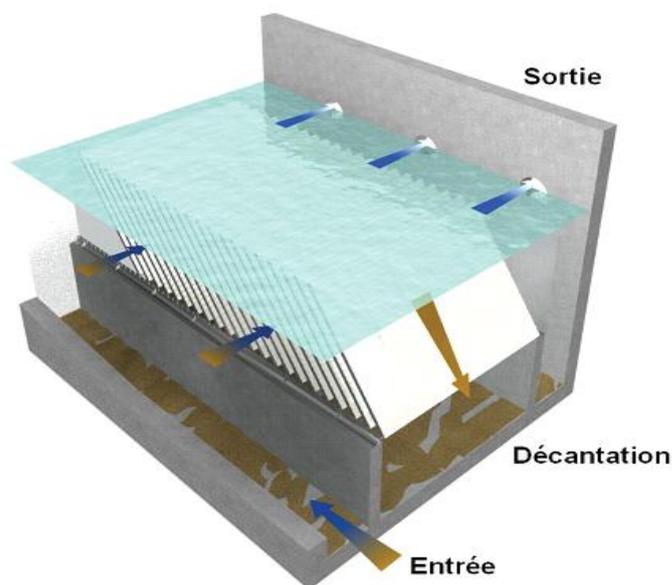


Figure 4 : Décanteur lamellaire (VAZQUEZ *et al.*, 2010).

Les décanteurs lamellaires présentent l'avantage d'être à la fois des ouvrages compacts comparativement aux bassins de retenues, mais également, d'offrir des performances élevées du fait de leur surface de décantation très étendue. (MORIN *et al.*, 2009).

### **3-2-1-3 Flottation**

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

### **3-2-1-4 Filtration**

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

#### **➤ Types de filtres**

Pour le traitement des eaux potables, on utilise principalement:

- a) Des filtres à sable rapides;
- b) Des filtres à sable lents.

Il existe deux types de filtration: la filtration lente laquelle les vitesses normales sont de 2 à 7 m/jour, et la filtration rapide dont les vitesses peuvent atteindre de 3 à 20 m/h.

Dans le premier type, il y a formation à la surface des filtres une membrane biologique qui concourt d'une façon très importante à l'épuration de l'eau tout en retenant la plupart des micro-organismes et les particules colloïdales (GHERAIRI, 2008).

Le filtre s'encrasse peu à peu jusqu'au moment où il est nécessaire de le nettoyer, l'opération se fait par un retour d'eau et d'air.

### **3-2-2 Désinfection**

Revêt une importance incontestable dans la salubrité d'un approvisionnement. La destruction des agents pathogènes microbiens est une opération capitale, qui fait très souvent appel à des réactifs chimiques tels que le chlore.

Elle constitue une barrière efficace contre de nombreux agents pathogènes (en particulier des bactéries) lors du traitement de l'eau de boisson et doit être pratiquée sur les eaux de surface et les eaux souterraines susceptibles de contamination fécale. On emploie des concentrations résiduelles de désinfectant comme mesure de sauvegarde partielle contre les contaminations de faible ampleur et le développement bactérien dans les réseaux de distribution (OMS, 2004).

Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposé contaminée. Cette définition fait apparaître trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contact et la concentration en désinfectant. Les trois principaux désinfectants utilisés en eau potable sont les suivants : le chlore, l'ozone et le rayonnement par l'ultraviolet (HADJALI, 2012).

#### **a) Choix du désinfectant**

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

- Il doit détruire assez rapidement les germes indicateurs de pollution fécale, les germes pathogènes, les virus et les spores quelques soient leur nature et leur quantité ;
- Ajouté à l'eau dans des proportions exigées, il ne doit avoir aucun effet toxique ;
- Doit être peu onéreux, fiable et facile à manipuler;
- Sa concentration dans l'eau doit être déterminée très facilement et très rapidement avec le maximum de précision ;

- Doit être suffisamment stable dans l'eau afin de conserver dans le temps tout son pouvoir rémanent ;
- Ne doit pas se désagréger très rapidement, ni s'allier à certains composants de l'eau, ce qui risquerait en fin de compte d'engendrer des combinaisons dont l'effet protecteur est réduit ou nul (DESJARDINS, 1997).

**b) Mode d'action des désinfectants**

Le mécanisme d'action des produits varie d'une famille d'antiseptiques à l'autre : coagulation des organites intracellulaires, altération de la membrane,... Selon leur nature et leur concentration, les antiseptiques et désinfectants ont une ou plusieurs cibles à l'intérieur de la cellule. Ils doivent donc traverser la paroi cellulaire pour exercer leur action (BILLAST *et al.*, 2000).

**c) Différentes classes de désinfectants**

Il existe différentes classifications des désinfectants. Le tableau 3 énumère les principales classes employées dans le réseau de la santé. Cette classification est essentiellement basée sur le principe actif dominant. Il peut aussi y avoir des combinaisons de ces atomes actifs. Par exemple, plusieurs substances peuvent contenir à la fois du chlore et de l'oxygène. Dans certains cas c'est l'oxygène qui domine, dans d'autres c'est le chlore. (MASSICOTTE, 2009).

Tableau 3: Classification des désinfectants en fonction de leurs principes actifs

**Classes**

**Halogénés à base de chlore**

**Aldéhydes\***

**Alcools**

**Oxydants**

**Phénols**

**Ammoniums quaternaires**

---

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

### 3-2-2-1 Désinfection par le chlore et dérivés

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

#### 3-2-2-1-1 Chlore gazeux

Le chlore gazeux ( $\text{Cl}_2$ ) est un gaz jaune-vert soluble dans l'eau qui s'hydrolyse presque instantanément dans l'eau pour former l'acide hypochloreux (HOCl) selon l'équilibre :



La constante d'hydrolyse varie de manière significative avec la température. Le chlore peut former l'ion trichlorure ( $\text{Cl}_3^-$ ) par réaction avec les ions chlorure selon l'équilibre :



L'acide hypochloreux est un acide faible en équilibre avec l'ion hypochlorite  $\text{ClO}^-$



L'ensemble de ces espèces ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Cl}_3^-$ , HOCl,  $\text{ClO}^-$ ) est communément appelé chlore libre par opposition au chlore combiné, le chlore total est la somme du chlore libre et du chlore combiné. On peut néanmoins citer les formes minoritaires du libre tel que l'hémioxyde de chlore ( $\text{Cl}_2\text{O}$ ) formé à partir de l'acide hypochloreux, ainsi que les entités électrophiles  $\text{Cl}^+$  et  $\text{H}_2\text{ClO}^+$ , intermédiaires réactionnels dans les réactions d'halogénations. La figure suivante présente le diagramme de spéciation simplifié du chlore en milieu aqueux et résume les différentes réactions possibles dans l'eau pure (CIMETIERE, 2009).

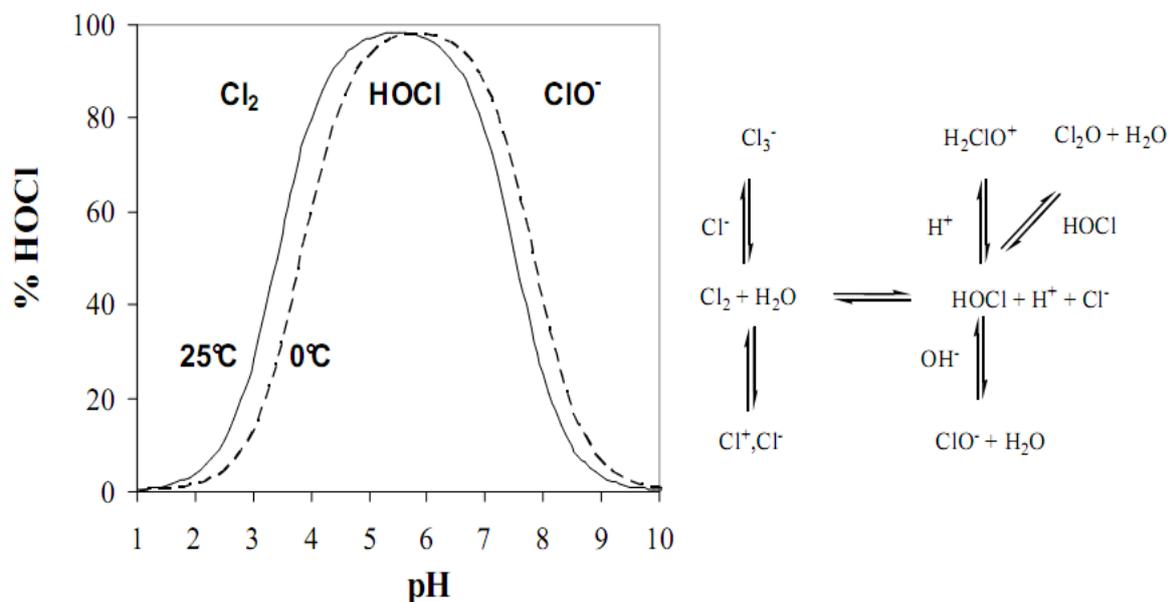


Figure 5 : Les différentes formes du chlore dans l'eau pure (CIMETIERE, 2009).

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

- ✓ le degré chlorométrique d'une solution d'hypochlorite qui correspond au nombre de litres de chlore gazeux libérés par un litre de solution d'hypochlorite.

Un degré chlorométrique équivaut à 3,17 g/l de chlore libre.

- ✓ la concentration de l'hypochlorite qui peut être exprimée en chlore libre: un gramme d'hypochlorite de sodium (NaOCl) équivaut à 0,96 gramme de chlore libre (Cl<sub>2</sub>).

Le chlore est un gaz toxique. Il se caractérise par une odeur piquante perceptible dès 1mg/m<sup>3</sup>

### 3-2-2-1-2 Hypochlorite de sodium (NaOCl)

L'hypochlorite de sodium de formule NaClO est un désinfectant pouvant se présenter sous forme liquide, il est appelé solution d'hypochlorite de sodium il est d'un léger reflet jaune vert sentant le chlore et parfaitement solubles dans l'eau. L'hypochlorite de sodium est à base de chlore et en a l'odeur caractéristique. Il s'agit d'un oxydant chloré. La solution d'hypochlorite de Sodium est un produit chimique très courant, que l'on trouve presque dans tous les foyers. C'est un produit universel, l'un des désinfectants les plus actifs (DIAKITE, 2008).

a) **Elimination de l'azote ammoniacal**

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

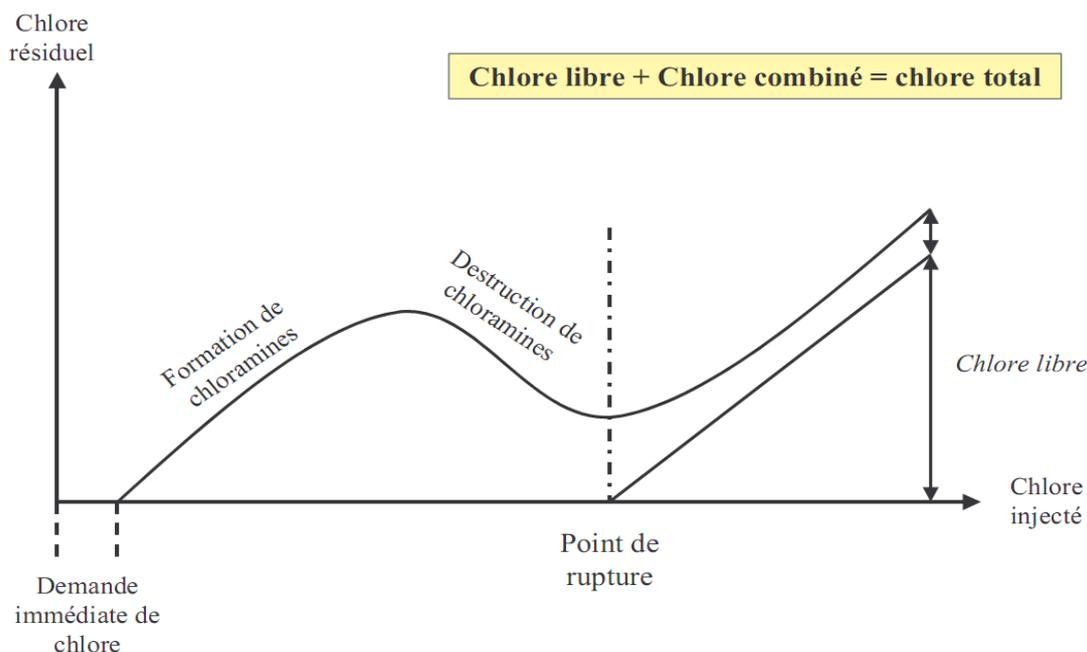
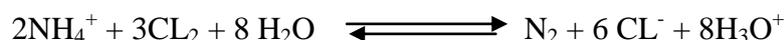


Figure 6 : Courbe de break-point (ANNONYME, 2013).

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

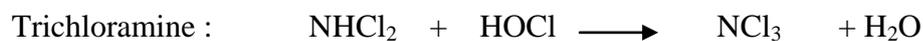
**Phase II :** Un excès de chlore détruit les chloramines jusqu'au stade d'azote gazeux. A la fin de cette étape, il n'y a plus ni ammoniaque ni chlore combiné dans l'eau.

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



Le chlore reste un réactif de choix pour l'élimination de l'azote ammoniacal présent dans l'eau soit sous forme moléculaire  $\text{NH}_3$ , soit sous forme ionique  $\text{NH}_4^+$ . En solution aqueuse, le chlore libre ( $\text{HClO}$  et  $\text{ClO}^-$ ) oxyde l'ammoniaque en azote gazeux par une suite de

réactions qui conduisent dans un premier temps à la formation de chloramines (JUSTIN, 2000). :



➤ Interprétation de la courbe

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

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

La première partie de la courbe correspond à la formation de mono, di et trichloramines. Leur destruction par le chlore ajouté apporte un affaiblissement de la teneur en chlore total, d'où affaissement de la courbe jusqu'au point de rupture précité, à partir duquel tout chlore ajouté se transforme en chlore libre, disponible pour la désinfection. L'écart entre la droite des abscisses et le point de rupture correspond à la présence de trichloramines non réductibles par le chlore. Un excès témoigne d'une très mauvaise qualité de l'eau brute. Le point de rupture est donc d'autant plus bas que les impuretés de l'eau ont été oxydées par le chlore. Cette courbe montre qu'il faut bien ajouter du chlore pour faire baisser la teneur en chloramines.

Les trichloramines sont éliminables par aération de l'eau. Une autre solution est d'éviter leur formation en remplaçant le chlore par le bioxyde de chlore pour la désinfection de l'eau, dans la mesure où la quantité d'azote ammoniacal ne dépasse pas 0,5 mg/l (seuil maxi toléré en France).

En effet, les réactions conduisant au breakpoint demandent pour l'atteindre entre 1 minute et 3 heures et plus selon, le produit azoté à oxyder, sa concentration, le pH et la température du milieu. Le résultat donne une eau sans azote avec des avantages sur tous les plans : hygiène du stockage, goût et saveur de l'eau pour le consommateur, stabilité du résiduel de chlore, etc...

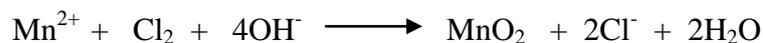
La théorie d'oxydation de 1 mg d'ammoniaque nécessite 7,6mg de chlore. Mais en pratique, le chlore réagit avec d'autres composés, et la quantité de chlore nécessaire se situe plutôt entre 8 et 15 mg par gramme d'ammoniaque. Il reste également dans l'eau au delà du point critique, du chlore combiné (chloramines) et du chlore libre ( $\text{Cl}_2$  et  $\text{HClO}$  à  $\text{pH} < 6$  et  $\text{HClO}$  et  $\text{ClO}^-$  à  $\text{pH} > 6$ ) qui forment le chlore total. C'est le chlore libre qui permet la désinfection efficace de l'eau. Il est donc intéressant d'abaisser la teneur en azote avec des filtres biologiques et de terminer l'élimination avec le breakpoint (ANNONYME, 2013 ; ANNONYME, 1998).

**a) Action sur les autres composés inorganiques**

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



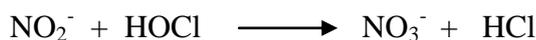
- **Précipitation du manganèse** : le manganèse précipite sous forme de dioxyde de manganèse suivant la réaction :



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



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



(DEGREMONT, 2005 ; DUGUET *et al*, 2006).

**b) Action du chlore sur les matières organiques**

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

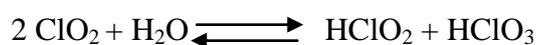
**Tableau 4:** Réaction du chlore avec les composés organiques (DUGUET *et al*, 2006).

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

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

**3-2-2-1-3 Désinfection par le dioxyde de chlore**

Le dioxyde de chlore est un gaz orange de formule  $\text{ClO}_2$  deux fois et demie plus dense que l'air. Il est toxique et devient explosif si sa concentration dépasse les 10%. Il est très soluble dans l'eau. La réaction de sa mise en solution dans l'eau s'écrit :



En milieu basique,  $\text{ClO}_2$  se dismute en donnant un chlorite –  $\text{ClO}_2^-$  et un chlorate –  $\text{ClO}_3^-$  :



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

### **3-2-2-2 Désinfection par l'ozone**

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

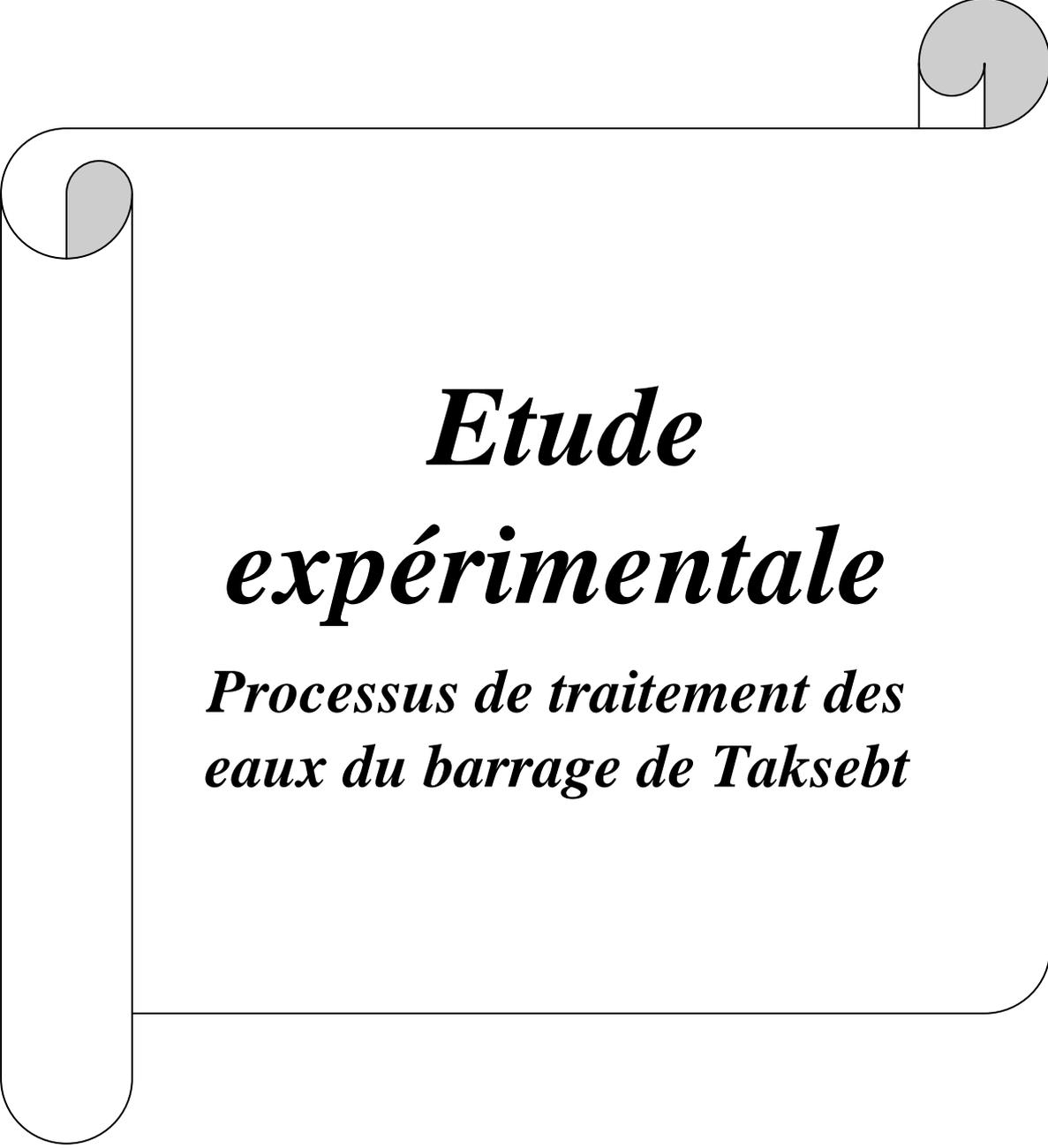
Le pouvoir oxydant puissant de l'ozone est dû à la grande réactivité de l'oxygène avec divers substances, dont les composés organiques. L'ozone agit principalement sur la guanine et la thymine des acides nucléiques. La mort des microorganismes est rapide et souvent attribuée aux changements de la perméabilité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

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

### **3-2-2-3 Désinfection par irradiation UV**

L'effet bactéricide des rayonnements UV est provoqué par le peroxyde d'hydrogène ou les radicaux d'oxygène produits par les réactions photochimiques pendant l'irradiation des substances présentes dans l'eau. L'avantage de l'irradiation UV est qu'elle n'entraîne pas la formation de sous-produits de désinfection ou de résidus. L'effet germicide optimum correspond au spectre d'UV allant de 245 à 285 nm.

Cependant les rayons UV se dissipent rapidement dans l'eau pour être absorbés ou réfléchis par les substances qui s'y trouvent. Comme l'ozone, ils ne présentent pas d'effet rémanent, ce qui implique un emploi réservé à la désinfection d'eau dont le réseau est court et bien entretenu. Dans d'autre cas, il est nécessaire de compléter la désinfection par injection d'un désinfectant (chlore, dioxyde de chlore ou chloramines) ce qui réduit considérablement leurs avantages en tant que bons agents bactéricides (GAUTHIER, 2002).



# ***Etude expérimentale***

***Processus de traitement des  
eaux du barrage de Taksebt***

## **Introduction**

Si la quantité globale d'eau douce disponible chaque année sur l'ensemble de la planète est importante, localement les situations sont très contrastées car l'eau douce est répartie de manière très inégale sur notre globe. Dans certaines régions, l'eau coule d'abondance, pour le régal des riverains, dans d'autres cependant la sécheresse domine.

Au cours des dernières années, l'Algérie a connu une forte demande en eau potable, amplifiée par une forte croissance démographique dans les grands centres urbains. Cette problématique de l'eau a été résolue par de gros investissements mettant en service d'importantes infrastructures de production et de distribution d'eau potable. Etant donné que le traitement des eaux est une étape indispensable et réglementée, les stations de traitement de l'eau potable figurent parmi les infrastructures auxquelles une grande importance a été donnée.

### **1- Définition d'un barrage**

Ouvrage artificiel coupant le lit d'un cours d'eau et servant soit à en assurer la régulation, soit à pourvoir à l'alimentation des villes ou à l'irrigation des cultures, ou bien à produire de l'énergie (GAUTHIER, 2002).

### **2- Présentation et objectif du barrage de Taksebt**

Le barrage de **TAKSEBT** est réalisé dans la région de l'Oued Aissi, affluent du Sebaou dans la wilaya de Tizi-Ouzou, à environ 7 km au sud-est de la ville de Tizi-Ouzou et 100 km à l'est de la ville d'Alger (figure 7). Il a été inauguré le 2002, pour alimenter en eau potable des wilayas de Tizi-Ouzou, Boumerdes et Alger.

Parmi ses objectifs, l'augmentation de la qualité, la quantité et la fiabilité de l'approvisionnement en eau potable des villes d'Alger et de Tizi-Ouzou, ainsi que le couloir Taksebt – Alger,

Contribuer à une gestion durable de la ressource en eau des régions d'Alger et de la Kabylie.



Figure 7 : Localisation du barrage de TEKSEBT

3- Conduite de traitement

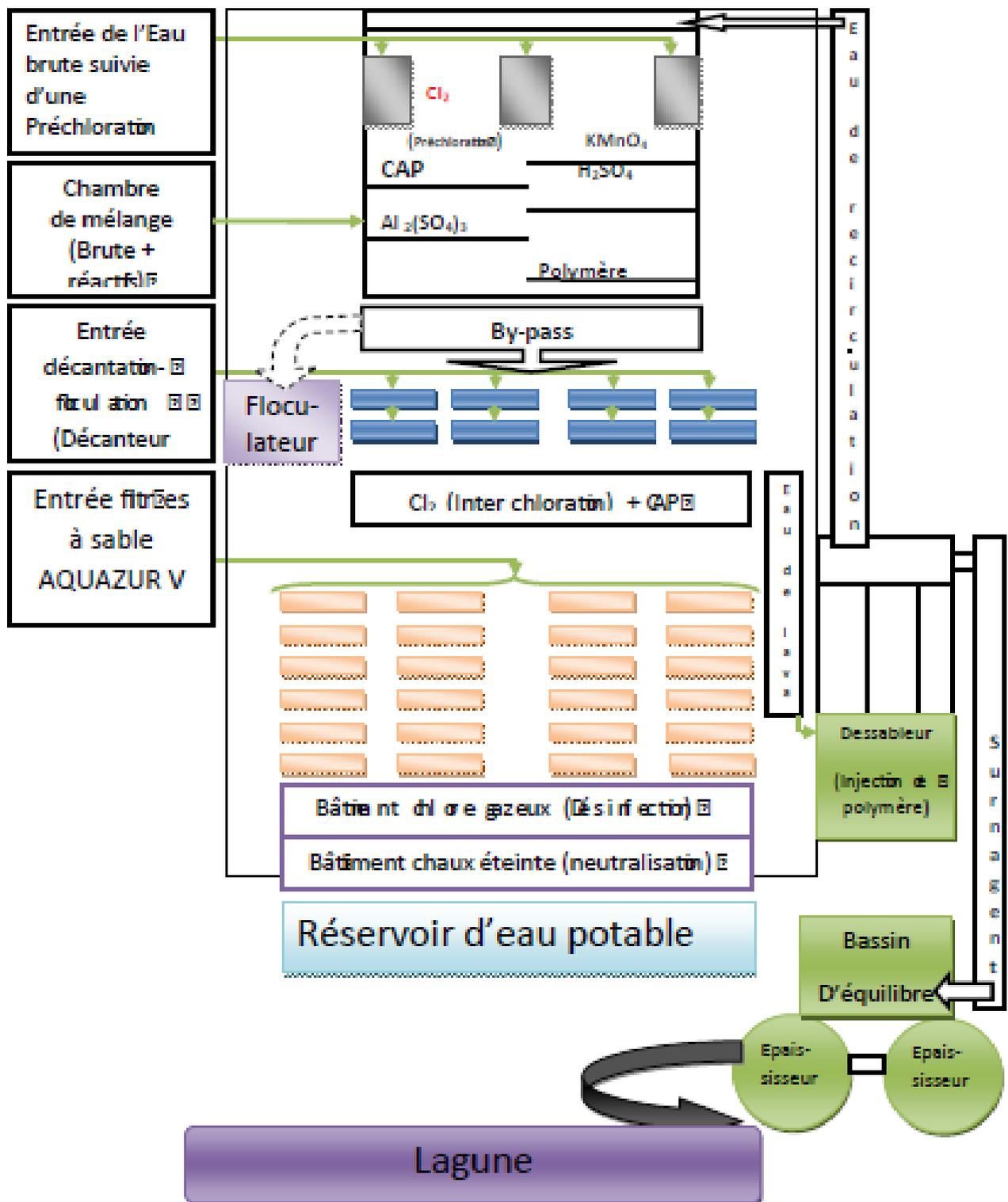


Figure 8 : Schéma Général de la Station de Traitement d'Eau Potable "TAKSEBT"

## **Etude expérimentale Processus de traitement des eaux du barrage de Taksebt**

La production nominale de la station de traitement de Taksebt est de 605 000 m<sup>3</sup>/j (7 000 l/s) basée sur un approvisionnement en eau brute de 616 000 m<sup>3</sup>/j. cet approvisionnement ce fait à partir du barrage après son passage à travers un système de dégrillage pour éliminer les objets volumineux puis pompé par 6 pompes dont deux servent de secours en cas de panne, et acheminé vers la station de traitement.

### **4- Identification des ouvrages de traitement**

Chambre de Dissipation

Chambre de Mélange

Canal de Répartition vers les Décanteurs

Canaux de By-pass des Décanteurs

Filières de Décanteurs 1/2

Filières de Filtres 1/2

Bâtiment d'Exploitation des Filtres

- Production d'Eau de Lavage
- Production d'Air de Lavage et d'Air Comprimé

Cuves de Contact

Réservoirs d'Eau Traitée, incluant la Production d'Eau de Service

Chambre Sulfate d'alumine

Chambre Permanganate de potassium

Bâtiment Acide sulfurique

Bâtiment Chaux

Bâtiment Chlore

Bâtiment CAP

Polymère Ligne Eau

Dessablage et Reprise des Eaux de Lavage

Bassin d'Equilibre

Polymère Ligne Boues

Epaississeurs

### **5- Etapes de traitement de l'eau**

La partie expérimentale a été réalisée au niveau de la station de Taksebt gérée par l'entreprise SEEAL, durant une période allant de mi avril a mi mai.

### 5-1 Ouvrage d'entrée : Dissipation, mélange et répartition

L'arrivée d'eau brute à la station de traitement se fait dans la chambre de dissipation qui est un ouvrage de tranquillisation et pré-chloration.

Le mélange hydraulique des réactifs avec addition de sulfate d'aluminium se fait dans la chambre de mélange.

Compte tenu de la qualité de l'eau brute du barrage de TAKSEBT, l'injection de permanganate, d'acide sulfurique et du charbon actif en poudre, n'est pas effectuée, toutefois, les points d'injection sont prévus en cas de détérioration de la qualité de l'eau du barrage avec le temps (figure 9). Ces réactifs sont dosés en fonction des besoins déterminés par le débit et la qualité de l'eau brute.

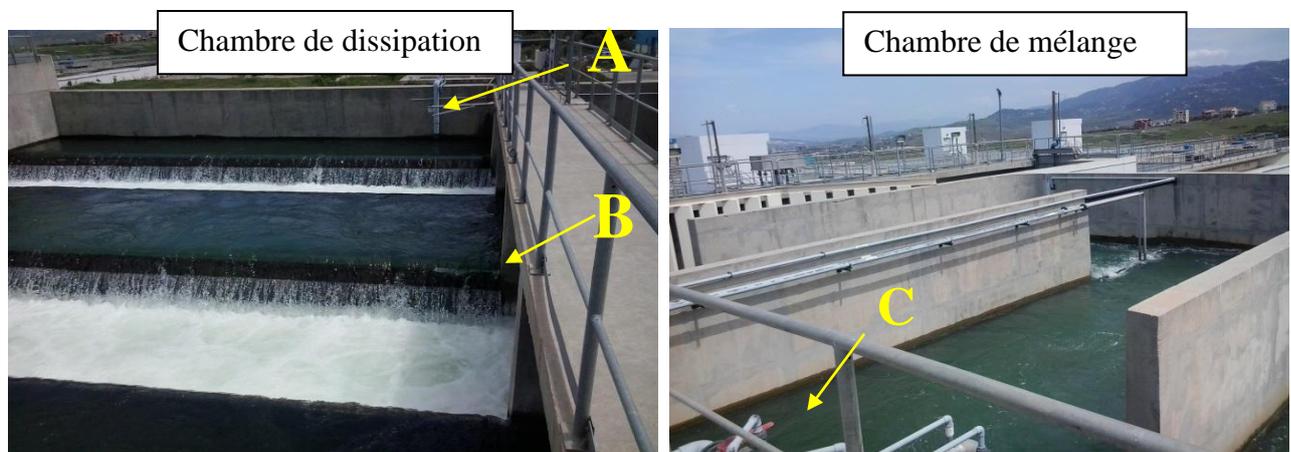


Figure 9 : Ouvrage d'entrée

- A : point d'injection du chlore pour la pré-chloration
- B : déversoir d'arrivée d'eau
- C : point d'injection du sulfate d'alumine

Ensuite, l'ouvrage de répartition permet de diriger le débit soit :

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

### 5-2 Décantation

C'est des décanteurs lamellaires à lit de boue appelés Pulsa-tube (figure 10).

Injection possible de chlore après les clarificateurs (inter-chloration) pour le contrôle biologique.



Figure 10 : Les deux filières de décanteurs.

### **5-3 Filtres**

Filtration sur filtres à sable gravitaires type Aquazur V pour éliminer les matières en suspension (figure 11). L'eau et l'air sous pression nécessaires au lavage sont produits dans le bâtiment d'exploitation des filtres.



Figure 11 : Les deux filières de filtre à sable.

#### **5-4 Désinfection et stockage d'eau traitée**

La désinfection finale de l'eau traitée est faite dans des cuves de contact, après injection de chlore (figure 12).



Figure 12 : Cuve de contact pour la post-chloration

Les réservoirs d'eau traitée permettent de stocker l'eau avant distribution au réseau.

Un point d'injection de la chaux est prévu pour contrôler le pouvoir corrosif de l'eau dans le cas nécessaire.

Le réseau d'eau de service de la station est alimenté depuis le réservoir d'eau traitée.

#### **6- Techniques d'analyse des paramètres de qualité de l'eau au laboratoire**

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

##### **6-1 Méthodes d'échantillonnage :**

Le prélèvement s'effectue à partir d'un robinet, qui se trouve dans le laboratoire d'analyse, ouvert 24h/24h pour ne pas modifier les paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques de l'eau (figure 13).

## Etude expérimentale Processus de traitement des eaux du barrage de Taksebt



Figure 13 : Robinets ouverts 24h/24.

Au niveau des points de prélèvement (Taksebt, Bastos, Tizi-Ouzou Ouest, DBK 2000, DBK5000, Tirmithine, Freha, Naceria, Cap Djenet, Boudouaou), le préleveur doit mesurer sur place la température, la conductivité, le pH, et le taux de chlore libre).

### 6-2 Matériel utilisé

Tableau 5: résume le matériel utilisé lors des différents prélèvements et analyses

<b>Matériels</b>			
<b>De prélèvement</b>		-Flacons en verre ou en plastique pour les analyses physicochimiques ;  -Flacons en verre stériles pour les analyses bactériologiques ;  -Flacons en verre opaque pour les analyses de la chlorophylle (analyse effectuée au laboratoire central SEAAL d'Alger) ;  -Glacière pour le transport de l'échantillon du point de prélèvement vers le laboratoire d'analyse.	
<b>D'analyse</b>	<b>volumétrique</b>	-Burettes -Erlenmeyers -Pipettes,	-Flacons pour les réactifs ; -Compte-gouttes ; -Réactifs

Etude expérimentale Processus de traitement des eaux du barrage de Taksebt

		-Béchers -Eprouvettes -Pissettes d'eau distillée	
	<b>colorimétrique</b>	-Spectrophotomètre -Cuves	
	<b>bactériologique</b>	-Dispositif de filtration avec pompe sous vide ; -Papier filtre stérile d'un diamètre de 45 $\mu$ pour les cellules végétatives et 22 $\mu$ pour les spores de <i>clostridium sulfitoréducteur</i> ; -Bec bunsun ; -Bain marie ; -Etuves ; -Réfrigérateur ; -Autoclave ; -Hotte ; -Compte colonies ; -Boîtes de pétri stériles ; -Pipettes pasteurs stériles ; -Pince stérile ; -Anse à boucle pour le repiquage ; -Gel désinfectant pour les mains.	
	<b>Résidus secs et MES</b>	-Dispositif de filtration avec pompe sous vide -Filtre -Capsule -Etuve à 105°C -Four à moufle à 525 °C -Balance de précision	

	<b>Paramètres de table</b>	-pH-mètre ; -Conductimètre ; -Turbidimètre ; -Oxymètre ; -Chloromètre de terrain
--	----------------------------	--

### 6-3 Méthode d'analyses

#### 6-3-1 Titrage volumétrique

C'est une technique d'analyse quantitative qui permet de déterminer la quantité d'une substance nécessaire pour effectuer complètement une réaction chimique donnée. Le titrage consiste à verser à partir d'une burette un volume précis d'une solution dont la concentration est connue dans une solution contenant la substance à doser, de concentration inconnue. La substance contenue dans le titrant réagit de façon continue avec la substance à analyser. Le point atteint quand on a ajouté suffisamment de titrant pour que la totalité de la substance à analyser réagisse est appelé **point d'équivalence**. On identifie souvent ce point à l'aide du changement de couleur d'un produit chimique appelé indicateur. Cette méthode nous permet d'analyser :

- **Titre hydrotimétrique (TH)** : titré avec la Solution d'E.D.T.A à 0.01 mol/l.
- Quelques paramètres de la minéralisation globale ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ).
- **Titre alcalimétrique et le titre alcalimétrique complet (TA, TAC)** : titrer avec le  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 0.02N.
- **Les chlorures** : Titrer avec  $\text{Ag NO}_3$  à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre,
- **L'indice de permanganate IMn** : titrage avec le permanganate de potassium à 2mmol/l.

#### 6-3-2 Spectrophotométrie d'absorption moléculaire

C'est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance  $A$  ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution à l'aide d'un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de la substance à étudier. Ceci permet d'établir expérimentalement la courbe  $A = f(C)$  reliant l'absorbance et la concentration de la substance étudiée, en effectuant les mesures de  $A$  pour diverses concentrations. Cette courbe est une courbe d'étalonnage qui permet ensuite de

## Etude expérimentale Processus de traitement des eaux du barrage de Taksebt

déterminer la concentration inconnue d'une solution de cette substance par simple mesure de son absorbance et report sur le graphe  $A=f(C)$ .

Dans notre étude l'appareil utilisé est un spectrophotomètre de type DR 6000 qui est fourni avec un ensemble complet de programmes d'application et un support multilingue [Mode d'emploi HACH LANGE] (figure 14). Ce système de menus peut être utilisé pour générer des rapports et des évaluations statistiques, la réalisation des contrôles de diagnostic de l'appareil, ainsi que des courbes d'étalonnage pour chaque paramètre à analyser ce qui permet de fournir des mesures numériques en unités directes de concentration, d'absorption ou de pourcentage de transmission.



Figure 14 : spectrophotomètres type DR 6000 (HACH LANGE)

Cette méthode nous a permis d'analyser les paramètres suivants (couleur, UV, aluminium, fer, ammonium, nitrates, manganèse, ortho phosphates).

### 6-3-3 Analyse bactériologique

#### a) Méthode par filtration

On procède à la filtration sur membrane de 100 ml d'eau puis la membrane est mise en culture sur une gélose nutritive (figure 15), avant d'être incubée pour une durée et à température idéale suivant le germe.

## Etude expérimentale Processus de traitement des eaux du barrage de Taksebt

Cette méthode nous a permis de dénombrer les entérocoques intestinaux, les coliformes, *E.coli*, et les spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices.

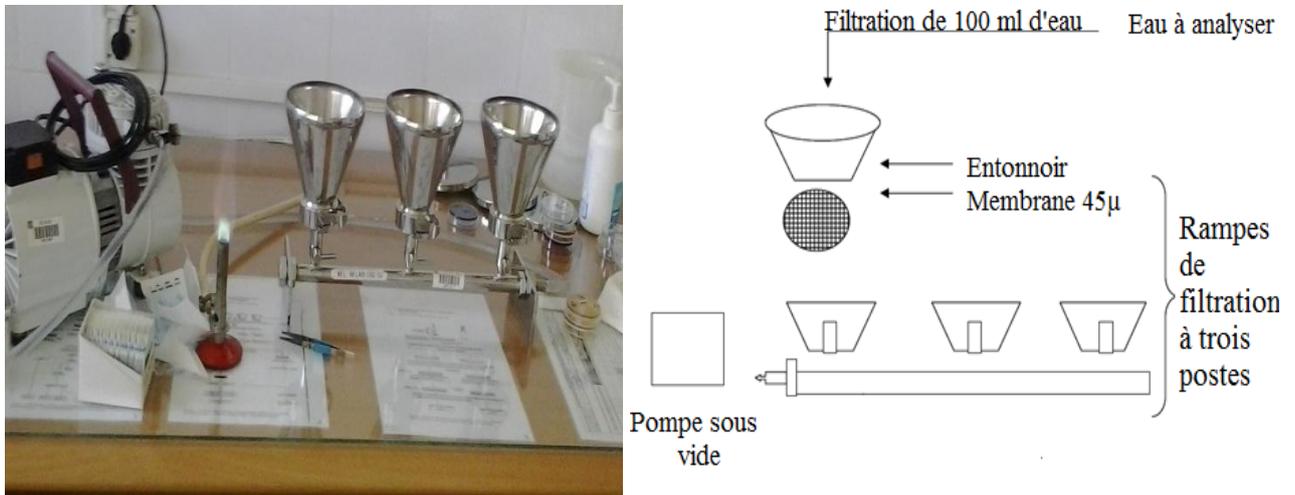


Figure 15 : dispositif de filtration

### **b) Méthode par incorporation**

Mise en boîte d'un échantillon d'eau d'un volume de 1ml, auquel on ajoute 15 à 20 ml de la gélose fondue, mélanger et laisser solidifier (figure 16). Le comptage des colonies se fait après incubation pour une durée et à température idéale suivant le germe.

Cette méthode est utilisée pour l'ensemencement des germes revivifiables.



Figure 16 : Ensemencement par incorporation

**7 Analyse des résidus secs**

- À 105°C : prendre 250 ml de l'échantillon, le filtrer puis placer le filtrer dans une capsule et l'incuber dans une étuve à 105°C pendant 24h, puis le placer dans un dessiccateur avant de le pesé.

**8- Fréquence d'analyse**

La fréquence d'analyse est différente selon les paramètres de qualité à évaluer, elle est:

Quotidienne:

- À raison de deux fois par jours (matin et soir) pour les paramètres de table à savoir (couleur, turbidité, pH, température, conductivité, chlore libre, oxygènes dissous, UV),
- À raison d'une fois par jours pour les paramètres physicochimiques suivants : ammonium, nitrate, aluminium, ainsi que pour les paramètres bactériologiques comme les coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques.

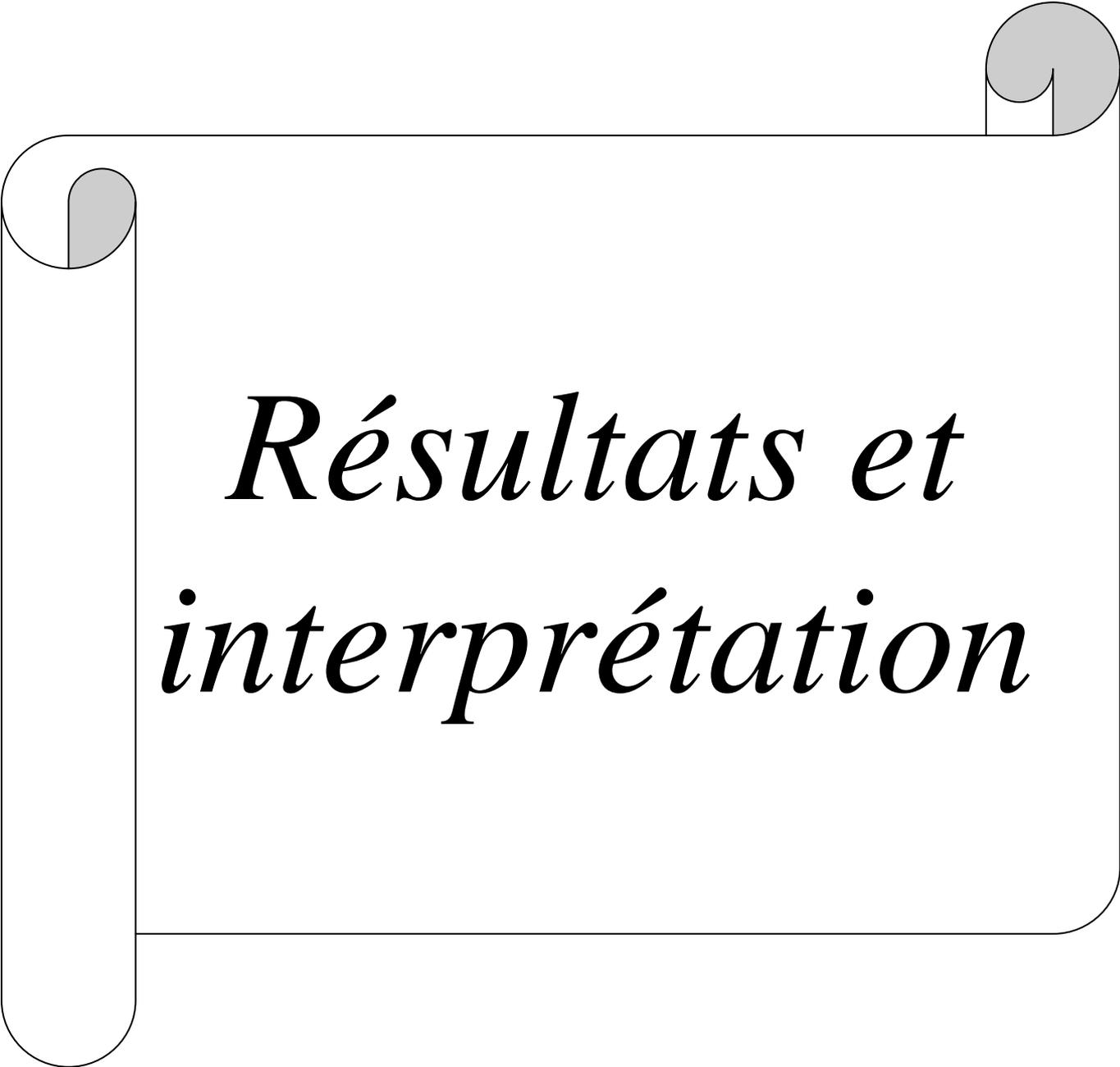
Hebdomadaire:

- Pour les paramètres physicochimiques tel que le fer, manganèse, ortho-phosphate, MES et résidus sec,
- Pour les paramètres bactériologiques (spores de clostridie sulfito-réductrice, les germes totaux à 22°C et à 37°C).

Mensuelle:

- Pour les paramètres physicochimiques déterminés par la méthode volumétrique (TH, TAC, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>2</sub> libre, les chlorures, IMn)

À défaut de moyen, certains paramètres sont analysés au laboratoire central SEEAL d'Alger, il s'agit entre autre: DBO, DCO, algues, mineralization globale, COT, métaux lourds, Chlorophylle A, Hydrogènes Sulfuriques H<sub>2</sub>S, Cuivre, Zinc, Sodium, Potassium, Silice, Staphylocoques 4 fois par an.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the rolled-up ends. The scroll is oriented vertically, with the top edge at the top of the page and the bottom edge at the bottom. The text is centered within the scroll's body.

*Résultats et  
interprétation*

**1- Résultats****1-1 Résultats des paramètres de l'eau d'entrée (eau brute)**

Situé dans une région à forte pluviométrie, le barrage de Taksebt qui s'étend sur une surface de 550 ha, se trouve à 10 km à l'est de la ville de Tizi Ouzou, est alimenté principalement par le ruissèlement des pluies des massifs autour et de la fonte du manteau neigeux du Djurdjura.

Les différentes analyses réalisées (physico-chimiques et bactériologiques) sur les eaux du barrage nous ont révélé les résultats illustrés dans les tableaux 6 et 7:

Tableau 6: Tableau récapitulatif des différentes analyses physicochimiques de l'eau brute sur une durée d'un mois.

	Date		
	Min	Max	moy
<b>paramètres physique</b>			
<b>Ph</b>	7,52	8.08	7,80
<b>Température</b>	14,30	19,15	16,62
<b>Conductivité</b>	339	405,00	402,00
<b>Turbidité</b>	1,6	3.62	2.61
<b>paramètres physico-chimique + minéralisation globale</b>			
<b>Couleur</b>	3	22	12.5
<b>UV abs/254</b>	0.044	0.061	0.052
<b>Titre Hydrotimétrique °F</b>	Valeur unique		17,40
<b>Titre Alcalimétrique Complet °F</b>	Valeur unique		16,50
<b>Ca<sup>2+</sup> mg/l</b>	Valeur unique		42,40
<b>Mg<sup>2+</sup> mg/l</b>	Valeur unique		16,52
<b>Cl<sup>-</sup> mg/l</b>	Valeur unique		30,77
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/l</b>	Valeur unique		180.4
<b>O2 dissous mg/l</b>	5,98	6,57	6,27

paramètres de pollutions			
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	0,0019	0,006	0,0039
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	0,015	0,03	0,022
Matière Organique mg/l	1,14	1,62	1,38
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	0,25	0,25	0,25
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	0,10	0,30	0,20
Fe <sup>2+</sup> mg/l	0,02	0,13	0,075
Mn <sup>2+</sup> mg/l	0,016	0,08	0,048

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des différentes analyses microbiologiques de l'eau brute sur une durée d'un mois

Date	Paramètres bactériologiques					
	Coliforme totaux /100 ml	Coliforme fécaux /100 ml	streptocoque /100 ml	Spore de Clostridium /100 ml	Germes totaux	
					22 C°	37 C°
07/04/2015	14	10	11	73	Ind(>300)	54
14/04/2015	44	06	23	Ind(>300)	Ind(>300)	75
21/04/2015	68	05	17	09	Ind(>300)	148
28/04/2015	27	04	06	Ind(>300)	168	87
05/05/2015	61	01	26	Non effc	80	44
12/05/2015	00	00	00	14	Ind(>300)	54
19/05/2015	42	17	00	Non effc	Ind(>300)	60
26/05/2015	00	Ind (>300)	04	Non effc	Ind(>300)	Ind(>300)

Ind : indénombrables.

Non effc : non effectuer car dans le programme leurs réalisations se fait deux fois par mois.

**1-2 Résultats des paramètres de l'eau traitée**

La large gamme de technologie dont la station de traitement dispose ainsi que le savoir faire de son personnel dans le secteur de l'eau permet le traitement nécessaire de l'eau pour la rendre potable.

Les résultats d'analyses effectués sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur l'eau traitées nous ont permis la conception des tableaux 8 et 9.

Tableau 8: Tableau récapitulatif des différentes analyses physicochimiques de l'eau traitée sur une durée d'un mois.

	Date		
	Min	Max	moy
paramètres physique			
Ph	7,31	7,82	7.56
T°	15.80	21,95	18,87
Conductivité	388	419	403.5
Turbidité	0.1	0.5	0.3
paramètres physico-chimique + minéralisation globale			
Couleur	0	2	1
UV abs/254	0,028	0,038	0,033
Titre hydrotimétrique °F	Valeur unique		17,00
Titre Alcalimétrique Complet °F	Valeur unique		14,80
Ca <sup>2+</sup> mg/l	Valeur unique		42,40
Mg <sup>2+</sup> mg/l	Valeur unique		15,55
Cl <sup>-</sup> mg/l	Valeur unique		31,76
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	Valeur unique		140
O <sub>2</sub> dissous mg/l	7.71	8.67	8.19

paramètres de pollutions			
NO <sub>2</sub> - mg/l	0,000	0,00	0,00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	0,000	0,000	0,000
Matière Organique mg/l	0,440	1,030	0,735
NO <sub>3</sub> - mg/l	0,000	0,000	0,000
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	0,070	0,090	0,080
Al <sup>3+</sup> mg/l	0,007	0,0081	0,044
Fe <sup>2+</sup> mg/l	0,0	0,070	0,035
Mn <sup>2+</sup> mg/l	0,00	0,070	0,035

Tableau 9: Tableau récapitulatif des différentes analyses microbiologiques de l'eau traitée sur une durée d'un mois

Date	Paramètres biologiques					
	coli tot 37°C ufc/100 ml	coli fec 44°C ufc/100ml	strept f 37°C ufc/100ml	germe totaux 22°C ufc/100ml	germe totaux 37°C ufc/ml	sulf réducteur 37°C ufc/100ml
Du 25-04-2015 Au 26-04-2015	0	0	0	-	-	-
28-04-2015	0	0	0	0	0	0
Du 29-04-2015 Au 04-05-2015	0	0	0	-	-	-
05-05-2015	0	0	0	0	0	0
Du 06-05-2015 Au	0	0	0	-	-	-

11-05-2015						
12-05-201	0	0	0	0	0	0
Du 13-05-2015 Au 18-05-2015	0	0	0	-	-	-
19-05-2015	0	0	0	0	0	0
Du 20-05-2015 Au 24-05-2015	0	0	0	-	-	-

## 2- Interprétation des résultats

On comparant les résultats portés sur les tableaux 6 et 7 à ceux des tableaux 8 et 9, on constate une nette évolution des paramètres de la qualité de l'eau traité par rapport à ceux de l'eau brute. Cette évolution est due aux traitements effectués, elle est vérifié en comparant les chaque paramètre analysé entre les deux eaux.

### 2-1 Résultats et interprétation des paramètres organoleptiques

#### a) Couleur de l'eau

La coloration d'une eau potable pose surtout un problème esthétique entraînant de nombreuses plaintes des consommateurs. De plus une eau colorée est souvent riche en acides humiques et fulviques, qui forment des composés organo-halogénés potentiellement dangereux.

Les variations de la couleur enregistrées pour l'eau brute et l'eau traitée durant la période d'analyse sont illustrées dans la figure 15.

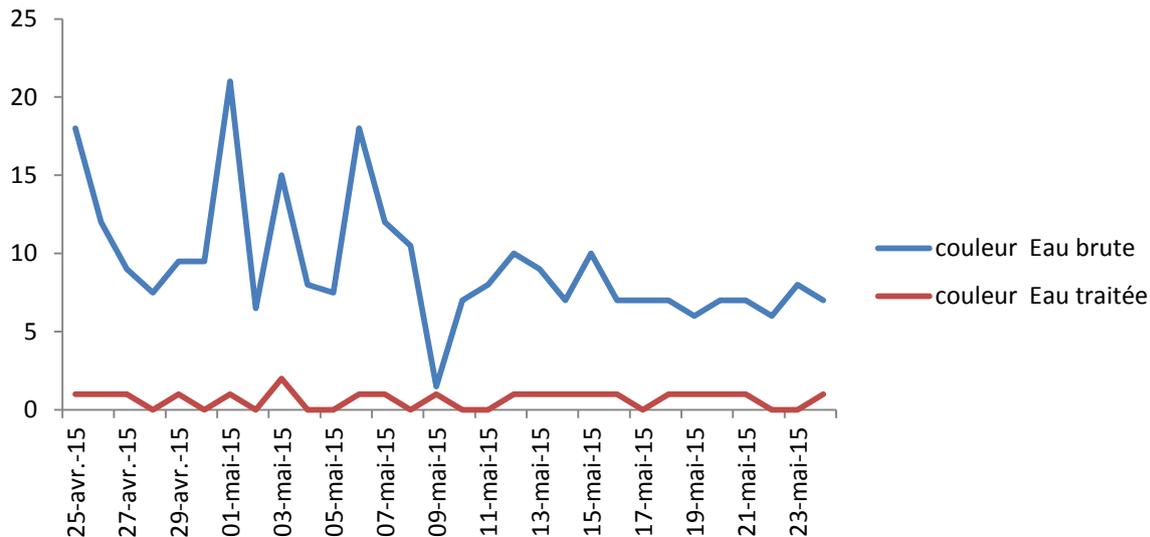


Figure 15: Variation de la Couleur (PtCo) de l'eau brute et traitée en fonction du temps

L'eau brute présente une couleur entre 3 et 22 unités de Hazen, ces valeurs traduisent une eau qui contient des substances dissoutes et MES, responsables de sa coloration.

L'eau traitée de Taksebt présente une couleur qui varie entre 0 et 2 Hazen valeur très inférieurs à la norme d'eau potable qui est de 15 Hazen fixées par le journal algérien n° 18 23 de 2011, ce qui s'explique par une bonne clarification lors du traitement qui élimine la couleur.

#### **b) Goût et odeur**

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

Après avoir goûter a l'eau traitée de la station de traitement, on constate une eau avec un léger goût et odeur de chlore.

#### **c) Turbidité**

Les résultats obtenus pour la turbidité de l'eau sont représentés dans la figure 16.

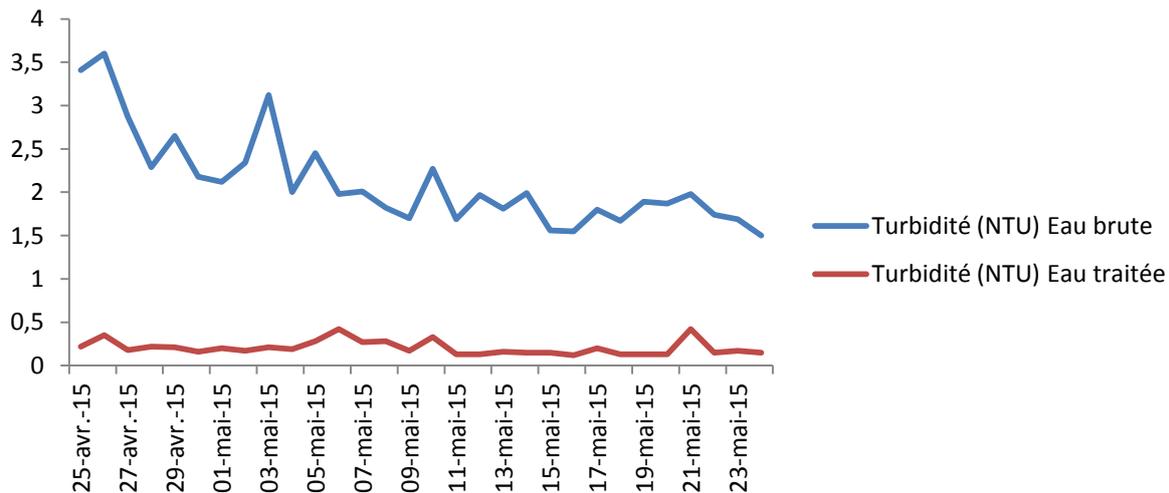


Figure 16: Variation de la Turbidité (NTU) pour l'eau brute et traitée en fonction du temps

La figure 16 montre que les valeurs de turbidité pour l'eau brute sont comprises entre 1.6 et 3.62 NTU dues à la présence de MES, les valeurs pour l'eau traitée sont de 0.1 et 0.5 NTU, ce qui montre une nette évolution due au traitement appliqué. La courbe pour l'eau brute montre des pics de turbidité ceci correspond aux journées où la station effectue le lavage des filtres.

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

### 2-2 Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques

#### a) pH

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans les réactions avec le dioxyde de carbone et l'alcalinité.

Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations avec entraînement de plomb par exemple. Un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution.

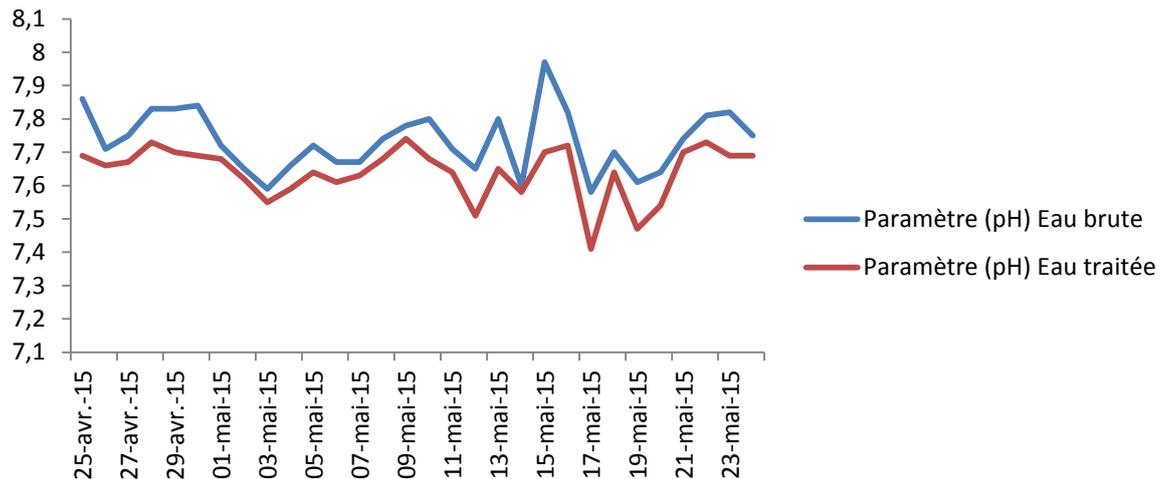
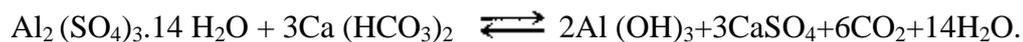
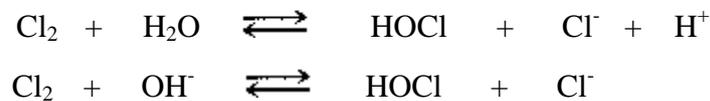


Figure 17 : Variation du pH pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

La figure 17 montre une légère baisse du pH de l'eau traitée par rapport à l'eau brute. Cette variation peut être expliquée par l'utilisation de différentes doses de coagulant lors du traitement qui consomme le TAC et réduisent ainsi le pH selon la réaction suivante :



Par ailleurs la chloration peut également entraîner une diminution du pH, comme le montre la réaction suivante :



La figure 17 montre que le pH de l'eau traitée varie entre 7.31 et 7.82, on constate ainsi que le pH des eaux du barrage de Taksebt ont un pH voisin de la neutralité et répondent aux normes fixées par l'OMS qui sont de 6.5 et 8.5 en 2002 et les normes du journal algérien n° 18 23 de 2011 pour l'eau potable, qui sont comprises entre 6,5 et 9.

L'eau du barrage ne nécessitant donc pas une neutralisation et un recours à la chaux ou à l'acide pour corriger le pH.

### **b) Conductivité**

Les résultats obtenus pour la conductivité de l'eau sont représentés dans la figure 18.

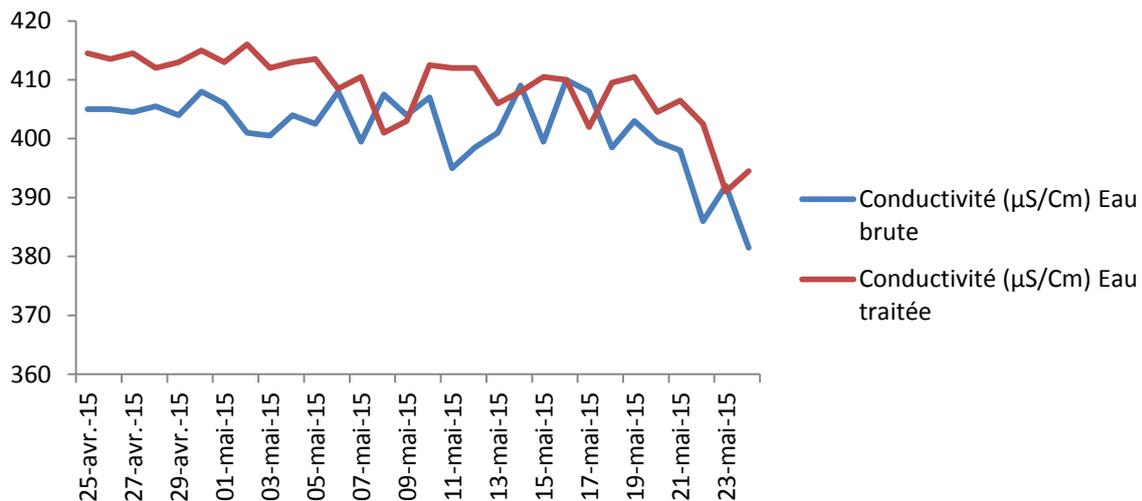


Figure 18: Variation de la Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ ) pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

On remarque d'après la figure 17, l'absence de différence significative entre la conductivité de l'eau brute et celle de l'eau traitée, on déduit alors que l'eau brute ne contient pas de charge polluante très élevée et une faible utilisation de produits chimiques lors du processus de traitement.

Selon Rodier (2009), La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante : Conductivité égale à  $0.05\mu\text{S}/\text{cm}$ : eau déminéralisée ; Conductivité de 10 à  $80\mu\text{S}/\text{cm}$ : eau de pluie; Conductivité de 80 à  $100\mu\text{S}/\text{cm}$  : eau peu minéralisée ; Conductivité de 300 à  $500\mu\text{S}/\text{cm}$ : eau moyennement minéralisée ; Conductivité de 1000 à  $3000\mu\text{S}/\text{cm}$  : eau saline ; Conductivité supérieure à  $3000\mu\text{S}/\text{cm}$ : eau de mer. Les valeurs de la conductivité électrique de l'eau traitée du barrage, sont comprises entre 388 et  $419\mu\text{S}/\text{cm}$  et s'avèrent donc selon ce classement, moyennement minéralisées, ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne qui est de  $2800\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### c) Température

Les résultats obtenus pour la température de l'eau sont représentés dans la figure 19.

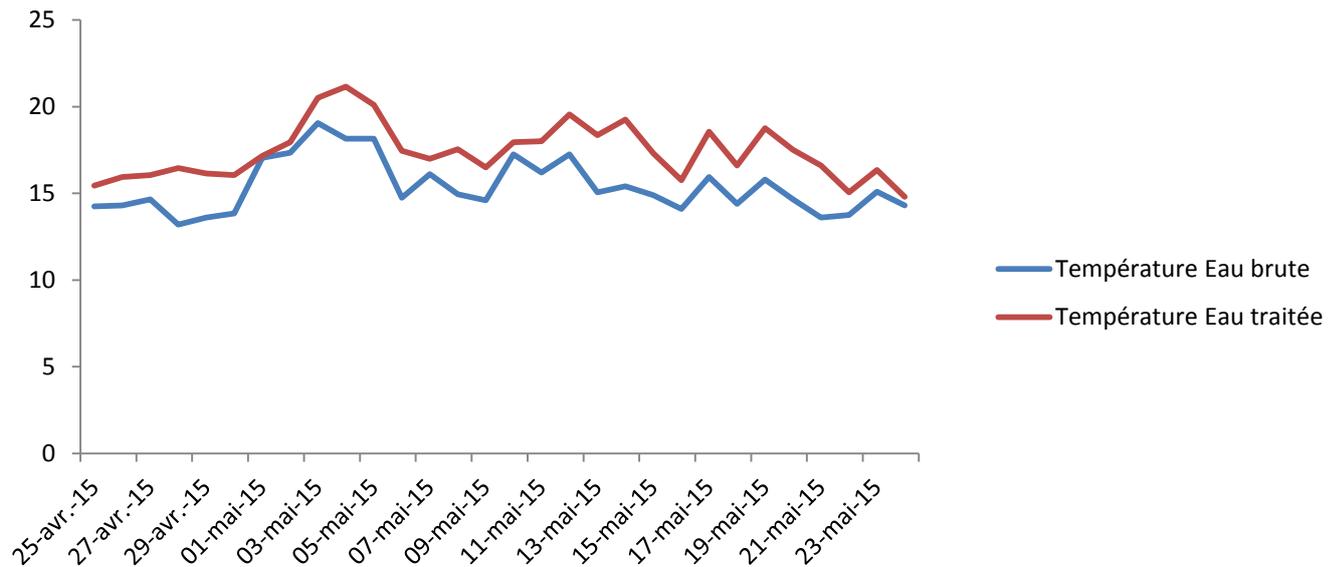


Figure 19: Variation de la Température de l'eau brute et traitée en fonction du temps

Les températures enregistrées sont comprises entre 14,30 et 19,15°C pour l'eau brute et entre 15,80 et 21,95°C pour l'eau traitée, ces valeurs sont inférieures à la norme fixée par le journal algérien qui est de 25°C.

En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixées par l'OMS (1994), l'eau est : excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C ; passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25°C ; médiocre lorsqu'elle est comprise entre 25 et 30°C (KAHOUL *et al.*, 2014). La température mesurée dans les échantillons d'eau de Taksebt varie entre 15,80 et 21,95°C (Figure 19), la moyenne de ces valeurs est inférieure à 20°C, ceci pourrait signifier comparativement à ces normes, que les eaux analysées ne sont pas excellentes mais plutôt bonnes.

#### d) Oxygène dissous

Les résultats obtenus pour l'oxygène dissous de l'eau sont représentés dans la figure 20.

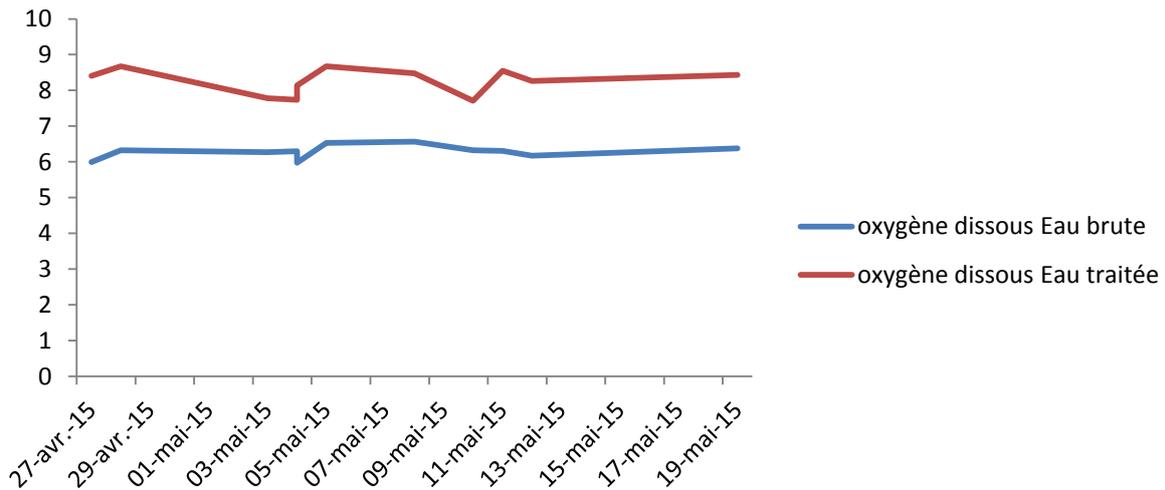


Figure 20: Variation de l’oxygène dissous pour l’eau brute et traitée en fonction du temps

L’oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l’eau (Rodier ,2009) il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique. La teneur moyenne dans l’eau traitée de la station est entre 7.71 et 8.67mg/l (figure 20) et la teneur en oxygène dissous pour l’eau brute est entre 5.98 et 6.57mg/l. ces valeurs ne sont supérieures à la valeur limite fixée par le journal algérien à 5 mg/l d’O<sub>2</sub>. Mais selon BEAUDRY, l’augmentation de l’oxygène dans l’eau ne pose pas un effet direct sur la santé mais, entraine une altération organoleptique ou une corrosion dans les conduites.

e) **UV**

Les résultats obtenus pour l’UV de l’eau sont représentés dans la figure 21.

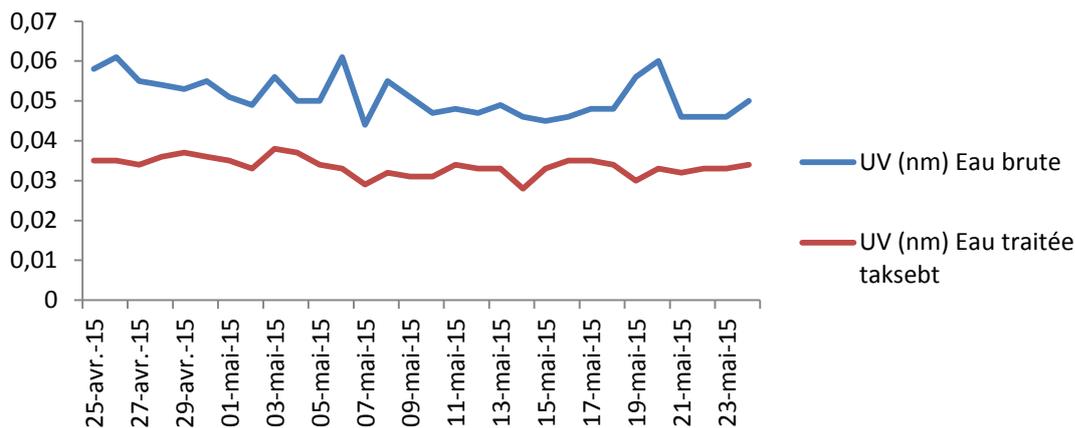


Figure 21: Variation de l’UV pour l’eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps

La figure 21 montre qu’il y’a une différence significative entre l’absorption de l’UV entre l’eau traité dont les valeurs sont comprises entre 0.028 et 0.038 et l’eau brute avec des

valeurs entre 0.044 et 0.061, à la longueur d'onde de 254 nm, cette diminution peut être interprétée par l'élimination des matières qui absorbent l'UV lors du traitement.

Il est à noter qu'aucune norme n'a été mentionnée ni par l'OMS ni dans le journal algérien.

**f) Chlore**

Nous nous sommes intéressés à l'impact de la phase de chloration en amont et en aval de l'étape de clarification des eaux, les résultats obtenus sont représentés dans la figure 22.

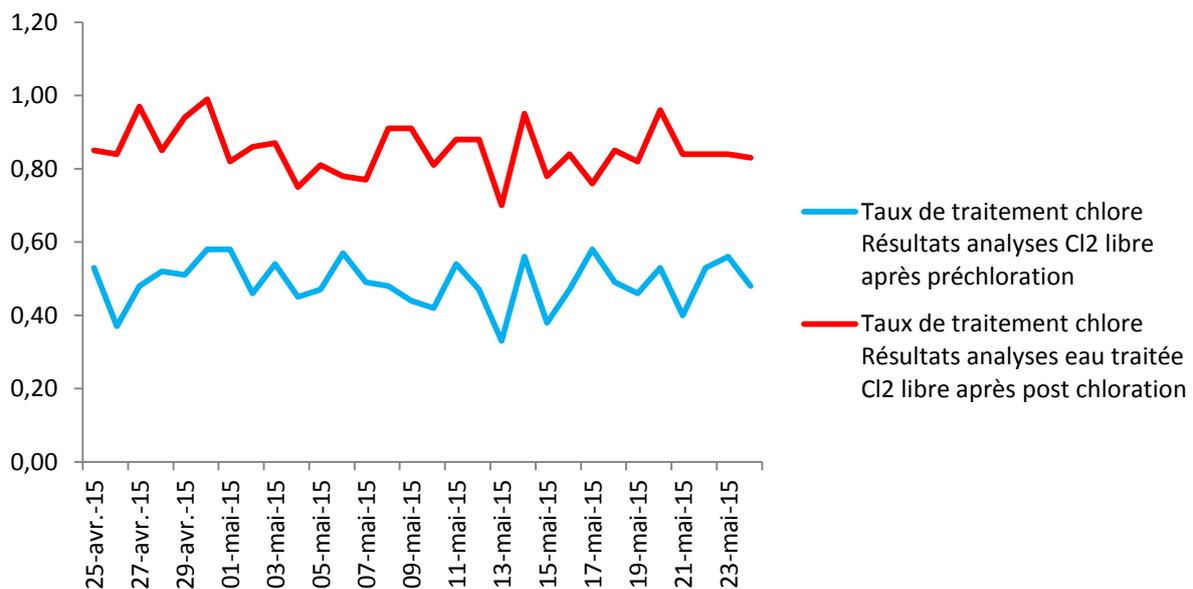


Figure 22 : Variation du traitement Chlore Pré-chloration et Post-chloration et leur résultat d'analyse Cl<sub>2</sub> Libre en fonction du temps

La figure 22 montre des valeurs du chlore libre compris entre 0.33 et 0.58 mg/l pour la pré-chloration et entre 0.7 et 0.99mg/l pour l'eau traitée après post-chloration, ces valeurs sont inférieures aux taux du chlore gazeux injectés au départ qui sont respectivement de 0.7 mg/l et 0.85mg/l.

Remarque : le taux du chlore injecté peut varier en fonction de la charge polluante de l'eau brute.

Cette diminution du taux du chlore peut être interprétée par l'oxydation des matières oxydables et des micro-organismes présents qui consomme le chlore injecté.

La valeur limite fixée par le journal algérien 2011 et l'OMS 2002 est de 5mg/l, ce qui classe l'eau du barrage dans les normes.

**g) Aluminium**

La présence d'aluminium dans l'eau traitée est due à l'injection de quantités massives de sulfate d'aluminium utilisé comme coagulant dans le processus de traitement de l'eau, les résultats obtenus sont représentés dans la figure 23.

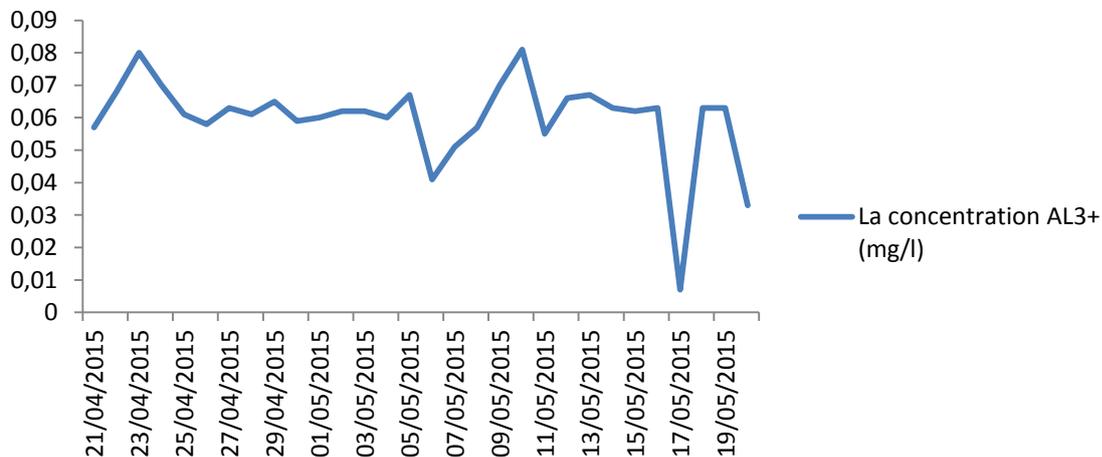


Figure 23: Variation de la concentration de l'aluminium dans l'eau traitée en fonction du temps.

La concentration maximale admise d'aluminium dans l'eau destinée à la consommation humaine est fixée à 0.2 mg/l par le journal algérien. Dans l'eau traitée les valeurs d'aluminium varient entre 0.007 et 0.081 mg/l d'Al<sup>3+</sup> qui sont très inférieures à la norme. La concentration d'aluminium dans l'eau brute n'est pas mesurée.

**h) Fer**

Les résultats obtenus pour le fer dans l'eau sont représentés dans la figure 24.

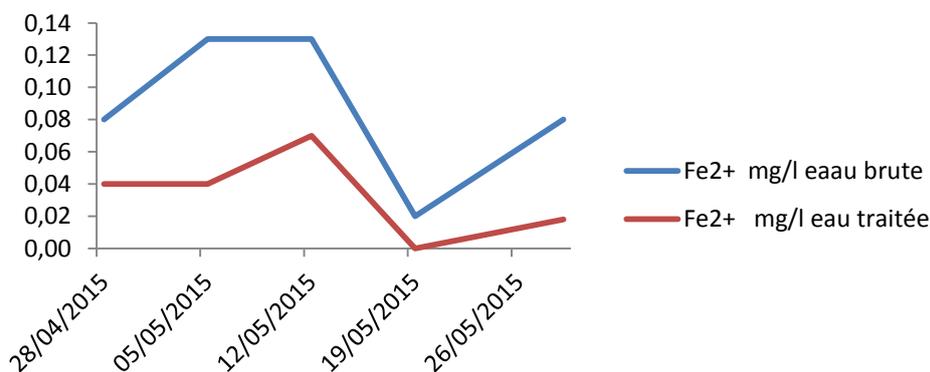


Figure 24: Variation de la concentration du fer dans l'eau traitée et brute en fonction du temps.

Le fer est un élément assez abondant dans les roches. La valeur du potentiel d'oxydoréduction du milieu conditionne sa solubilité et la teneur de l'eau en fer, le fer dissous

précipite en milieu oxydant, sa présence dans l'eau peut favoriser la prolifération de certain souche de bactéries qui précipitent le fer (BELGHITI *et al.*, 2013).

Les teneurs en fer total de l'eau du barrage varie de 0.02 à 0.13 mg/l pour l'eau brute et de 0 à 0.07 mg/l pour l'eau traitée. La figure 24, montre alors une diminution du taux du fer dans l'eau traitée qui s'explique par son oxydation lors de la chloration. La concentration en fer de l'eau de Taksebt est inférieure à la norme recommandée qui est de 0.3mg/l selon le journal algérien de 2011.

### i) Manganèse

Les résultats obtenus pour le manganèse dans l'eau sont représentés dans la figure 25.

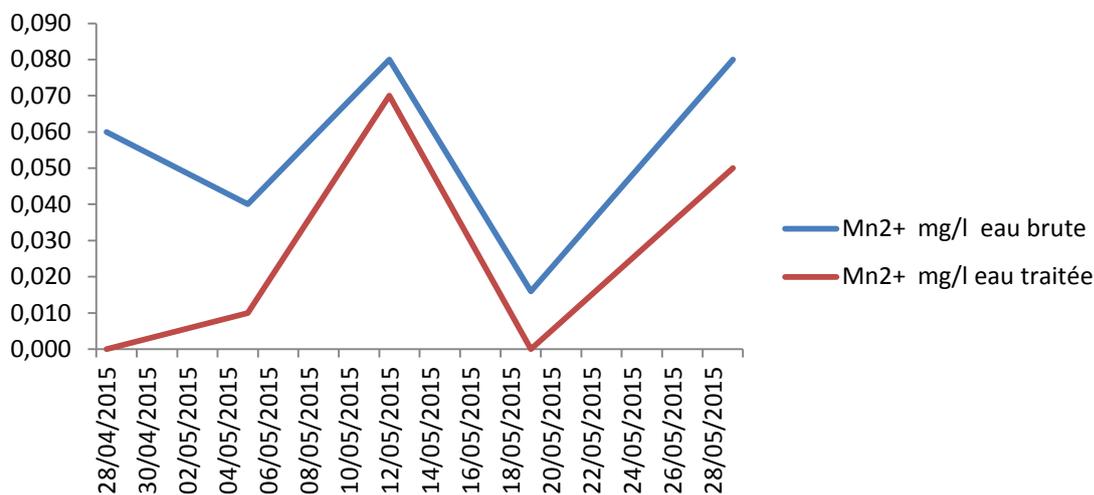


Figure 25: Variation de la concentration du manganèse dans l'eau traitée et brute en fonction du temps.

La figure 25 montre des teneurs en manganèse qui varient de 0.016 à 0.08mg/l pour l'eau brute, et de 0 à 0.07 mg/l pour l'eau traitée, on constate alors que le traitement appliqué a eu un effet sur la teneur en manganèse, diminution qui peut être expliqué par l'oxydation du manganèse lors de la chloration.

Le journal algérien de 2011, fixe la concentration maximale admissible à 0.5mg/l et l'OMS à 0.4mg/l, ce qui classe l'eau du barrage dans les normes recommandées.

### j) Ammonium

L'azote ammoniacal constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Il existe en faible proportion, inférieurs à 0.1mg/l d' $\text{NH}_4^+$  dans les eaux naturelles.

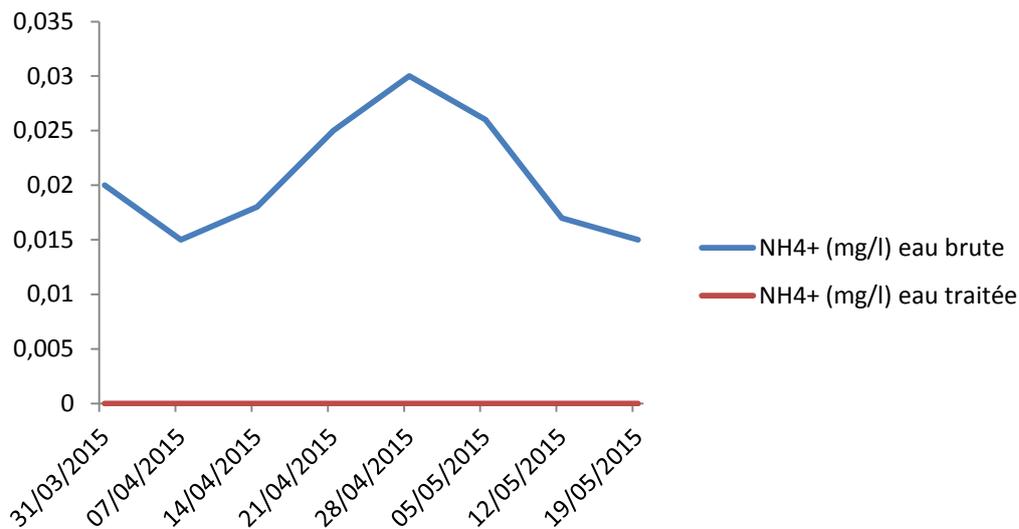


Figure 26: Variation de la concentration de l'ammonium pour l'eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps.

L'analyse du profil de l'ammonium (figure 26), montre que les teneurs varient entre 0.015 à 0.03mg/l pour l'eau brute, les valeurs d'ammonium trouvées pour l'eau traitée sont nettement très inférieures à celles de l'eau brute, traduisant ainsi l'effet du traitement et témoigne une bonne chloration des eaux entraînant ainsi l'oxydation de l'azote. Les concentrations en ion ammonium au niveau de la station sont inférieures à 0.5 mg/l suivant le journal algérien.

Ces teneurs très faibles pour l'eau brute, laissent prédire que cet élément ne constitue pas un risque de pollution pour les eaux de Taksebt.

### **k) Nitrite**

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, leur présence dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine (GHAZALI *et al.*, 2013)

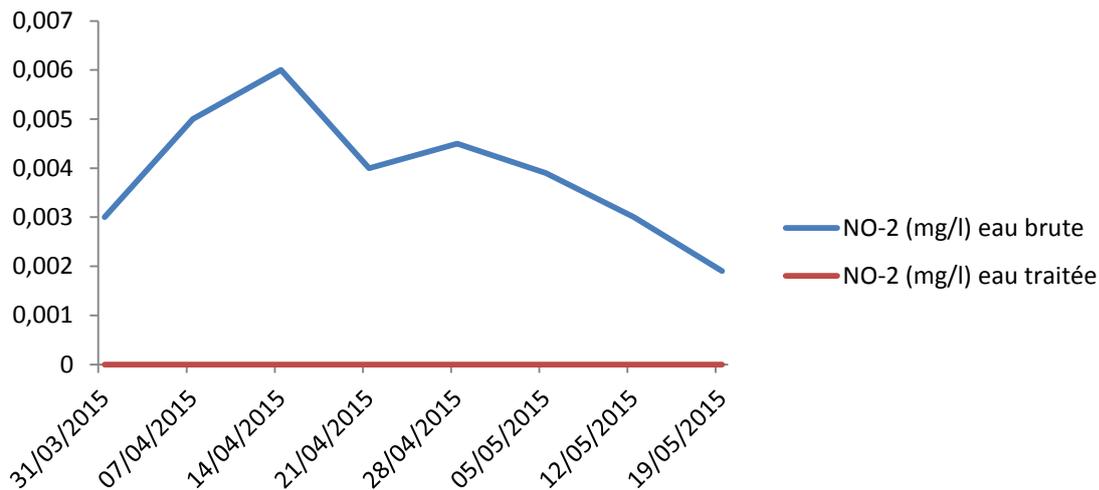


Figure 27: Variation de la concentration des nitrites pour l'eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps.

La figure 27 montre les valeurs de nitrites comprises entre 0.0019 et 0.006 mg/l pour l'eau brute et nulles pour l'eau traitée ce qui reflète l'efficacité du traitement. Les résultats de notre analyse révèlent des teneurs très faibles en nitrites et ne dépasse pas la norme 0.2 mg/l fixée par le journal algérien.

### l) Nitrate

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg/l.

D'après le journal algérien et les normes de l'OMS, il est recommandé pour les nitrates, une valeur de 50mg/l dans une eau destinée à la consommation.

L'analyse des nitrates est effectuée une fois par mois, le résultat révèle une teneur de 0.25 mg/l pour l'eau brute et nulle pour l'eau traitée, ce qui classe l'eau dans les normes.

### m) Ortho-phosphates

Les ortho-phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) résultent de la dégradation par des bactéries du phosphate organique, les résultats obtenus sont représentés dans la figure 28.

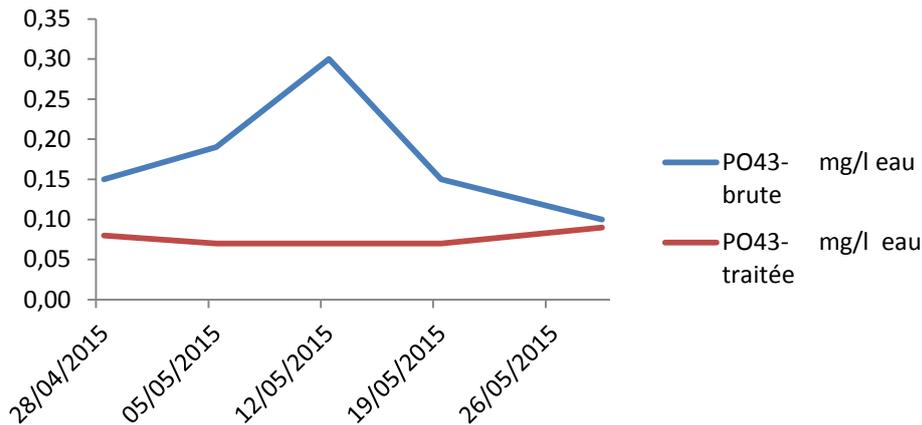


Figure 28: Variation de la concentration des ortho-phosphates pour l'eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps.

Les ortho-phosphates ( $PO_4^{3-}$ ) résultent de la dégradation par des bactéries du phosphate organique. Les concentrations en ortho-phosphates enregistrées au niveau du barrage, sont comprises entre 0.1 et 0.3 mg/l pour l'eau brute et entre 0.07 et 0.09 mg/l pour l'eau traitée (figure 28). Elles restent toutes fois nettement inférieures à la limite admissible pour le phosphore soit 5 mg/l selon le journal algérien, par conséquent, ce paramètre ne constitue pas un risque de pollution majeur pour les eaux du barrage.

#### n) Matière organique

Les résultats obtenus pour le manganèse dans l'eau sont représentés dans la figure 29.

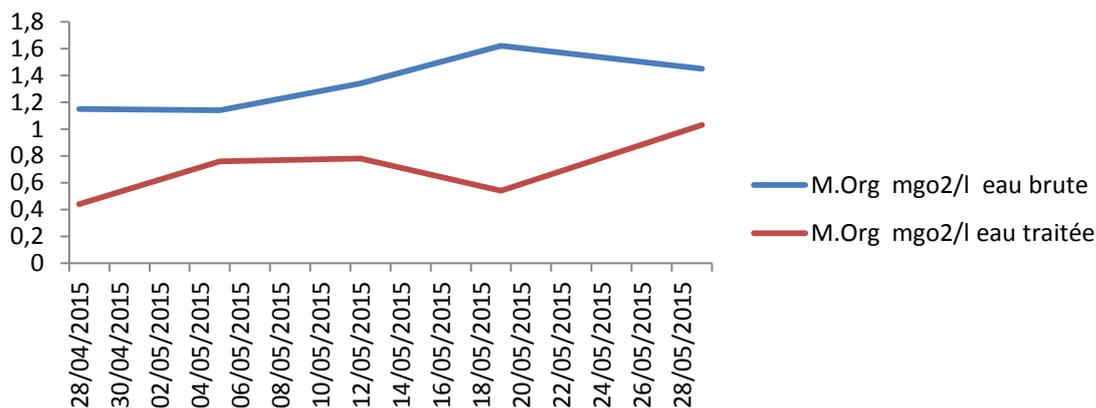


Figure 29: Variation de la concentration des ortho-phosphates pour l'eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps.

La charge organique (oxydabilité au  $KMnO_4$ , substances humiques, absorbance en UV) est importante dans les eaux du barrage. Les teneurs enregistrées en matières organiques pourraient surtout provenir d'une pollution naturelle (végétation en décomposition) et très peu de pollution d'origine exogène (rejets urbains et pratiques agricoles) (HARRAT, 2010).

La figure 29 récapitule les résultats obtenus concernant la charge organique des eaux de barrages testées qui varient entre 1.14 et 1.62 mg/l pour l'eau brute et 0.44 et 1.03 mg/l pour l'eau traitée. La diminution de la teneur en matière organique dans l'eau traitée est due à la clarification et au traitement par le chlore gazeux qui l'a oxydé.

**o) Résidus sec à 105°C**

Les résultats obtenus pour le manganèse dans l'eau sont représentés dans la figure 30.

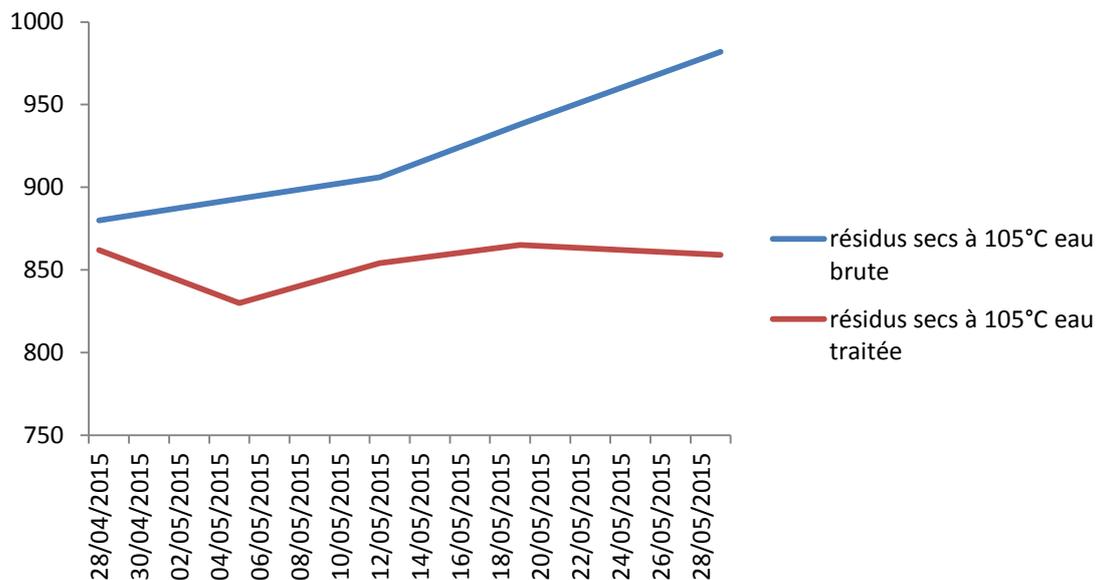


Figure 30 : Variation des résidus secs pour l'eau brute et traitée Taksebt en fonction du temps.

Le taux des résidus secs à 105°C, donne des valeurs qui varient entre 880 et 982 mg/l pour l'eau brute et entre 830 et 865 mg/l pour l'eau traitée, ces résultats traduisent que l'eau du barrage a une minéralisation peu élevée, valeurs inférieures à la norme fixée par le journal algérien de 2011 qui est de 1500 mg/l. On constate une diminution des résidus secs dans l'eau traitée qui est due au traitement.

**2-3 résultats et interprétation de la minéralisation globale**

Dureté totale (TH), Calcium, Magnésium, Titre Alcalin Complet (TAC), les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Tableau récapitulatif des résultats des différentes analyses de la minéralisation globale de l'eau brute et traitée réalisées une fois par mois.

	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	TH (°F)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	TA (°F)	TAC (°F)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)
Eau brute	30.77	17.4	42.40	16.52	0	16.5	180.4
Eau traitée	31.76	17	42.40	15.55	0	14.80	140

### 1) Chlorures

La concentration des chlorures dans l'eau dépend du terrain traversé. Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives (BELGHITI *et al.*, 2013)

Selon les normes algériennes relatives à la potabilité des eaux, les chlorures doivent avoir une teneur inférieure à 500 mg/l dans les eaux de consommation. Sur la base des résultats des analyses effectuées pour l'eau du barrage, la teneur en chlorure est de l'ordre de 30,77 mg/l pour l'eau brute et de 31,76 mg/l pour l'eau traitée (tableau 10). De ce fait, et concernant ce paramètre ainsi discuté, la qualité de l'eau de Taksebt est excellente.

Le tableau 10, montre une légère augmentation du taux de chlorure de l'eau traitée par rapport à l'eau brute ce qui peut être dû à la chloration comme l'explique la réaction suivante :



Il s'avère selon Rodier *et al.* (2009) que même dans le cas de quantités excessives dans l'eau potable qui peuvent atteindre 900 mg/l, les chlorures n'auraient pas d'effets néfastes sur la santé du consommateur car l'équilibre du chlorure se maintient, surtout par l'excrétion de l'excès de chlorures dans l'urine.

### 2) Dureté totale (TH), Calcium, Magnésium

#### a) Dureté totale (TH)

La dureté de l'eau est un indicateur du niveau de calcaire dans l'eau notamment le calcium (Ca<sup>2+</sup>) et le magnésium (Mg<sup>2+</sup>). Elle dépend de la structure géologique des sols traversés (AMADOU *et al.*, 2014)

Il y a trois grandes classes de dureté :

- eau douce : de 0 à 15°F
- eau mi-dure : de 15 à 30°F
- eau dure : > 30°F (GHAZALI *et al.*, 2013).

Les normes locales (journal algérien 2011) exigent une concentration maximale admissible de 200mg/l. Le tableau 10 montre que l'eau du barrage est conforme aux normes dans la mesure où ce paramètre présente une concentration de 17,40 °F soit 174 mg/l de CaCO<sub>3</sub> pour l'eau brute et de 17 °F soit 170 mg/l de CaCO<sub>3</sub> pour l'eau traitée, ces valeurs indiquent une eau mi-dure ou moyennement douce.

### **b) Calcium**

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (RODIER *et al.*, 2009).

Les teneurs en calcium de l'eau contrôlée (tableau 10) est de 42,40mg/l que ce soit pour l'eau brute ou l'eau traitée, valeur inférieure à la concentration maximale admissible de 200mg/l (Normes algériennes, 2011) pour l'eau potable.

### **c) Magnésium**

Contribue à la dureté totale sans être l'élément majeur (MELGHIT,2013), comme le montre les valeurs indiquées sur le tableau 10. Elles sont comprises entre 16.52mg/l pour l'eau brute et 15.55 mg/l de magnésium pour l'eau traitée bien inférieures aux valeurs de calcium et restent nettement inférieures à la limite admissible du magnésium soit 150 mg/L (journal algérien 2011).

### **3) TAC**

Le Titre Alcalimétrique (TA) et le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) traduisent l'alcalinité d'une eau. Ce sont des paramètres importants pour l'eau distribuée dans les canalisations. La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité de l'eau, puisqu'elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique. D'après les analyses de l'eau traitée, nous avons TH > TAC (17>14.80) pour l'eau traitée (tableau 10), ceci donne une eau hydrogéo-carbonaté calcique (MELGHIT, 2013). Il n'existe pas de norme algérienne, ni international (OMS) concernant ce paramètre.

Le TAC ne doit pas être considéré seul, mais pris en compte dans un ensemble de paramètres (pH, TH, température....).

**4) HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

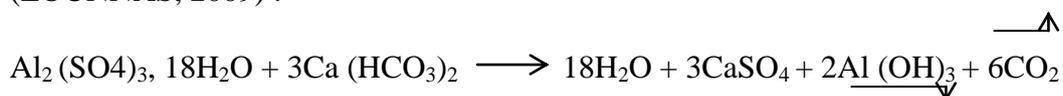
Aux pH des eaux naturelles (entre 7 et 8) les carbonates sont sous formes de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (ion bicarbonate ou hydrogénocarbonate) principalement avec des traces d'acide carbonique (ou de dioxyde carbone) et d'ion carbonate (notamment quand le pH est supérieur à 8,3 – 8,4).

Le dosage des carbonates totaux peut être réalisé très simplement par la détermination de l'alcalinité et plus précisément des titres TA et TAC. Le tableau 11 présente les cas les plus fréquents de valeurs comparatives de ces titres (pour les eaux naturelles) et les concentrations (en ° français) qui peuvent en être déduites pour les ions hydrogénocarbonates et les ions carbonates (RODIER, 2009).

Tableau 11 : Valeurs comparatives des espèces carbonatés (RODIER, 2009).

Espèces carbonatées	Valeurs respectives des titres TA et TAC		
	Si TA = 0	Si TA < TAC/2	Si TA = TAC/2
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	2 TA	TAC
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	TAC	TAC – 2TA	0

Le tableau 10 montre que l'eau du barrage présente une teneur en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> de 180,4 mg/l pour l'eau brute et de 140 mg/l pour l'eau traitée, on remarque alors une nette diminution de l'alcalinité ( bicarbonate, TAC), attribuée à l'addition de coagulant (le sulfate d'alumine) dans l'eau qui présente la particularité de consommer l'alcalinité. Cette perte de TAC ou de bicarbonate se traduit par une chute de pH, est mieux expliquée dans la réaction suivante (LOUNNAS, 2009) :



**2-4 Résultats et interprétations des paramètres bactériologiques**

L'appréciation de la qualité bactériologique des eaux du barrage Taksebt a été suivie par le biais de l'analyse de l'eau récoltées brute et traitée au niveau de la station de traitement durant une période d'un mois.

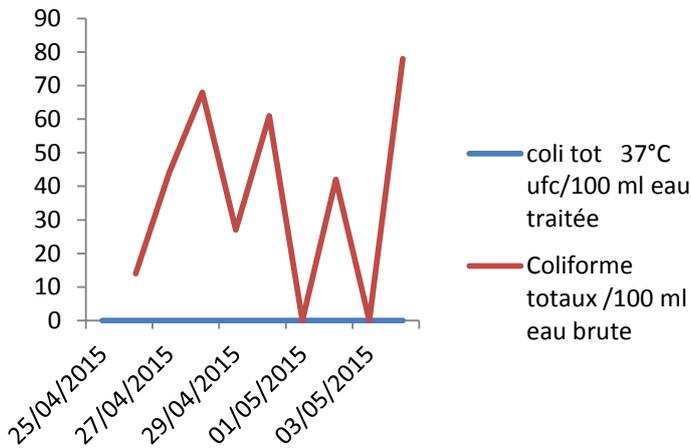


Figure 31: Variation de bactéries « coliformes totaux » en fonction du temps

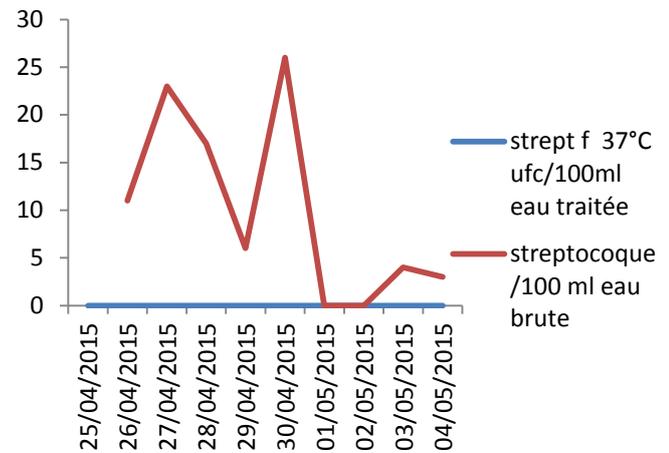


Figure 32 : Variation de bactéries « streptocoque fécaux » en fonction du temps

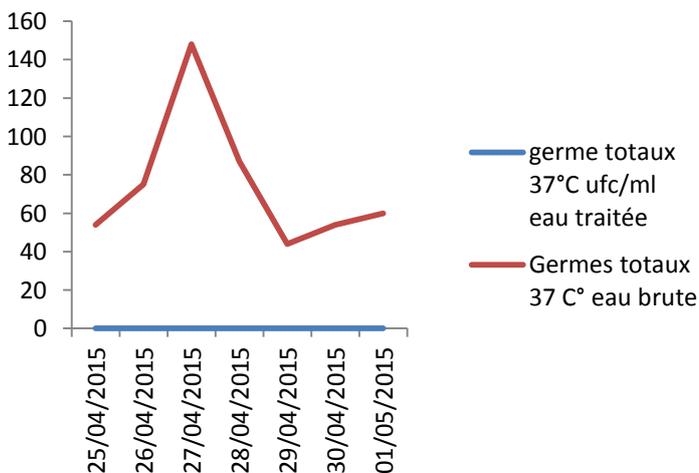


Figure 33: Variation de bactéries « germes totaux à 37°C » en fonction du temps

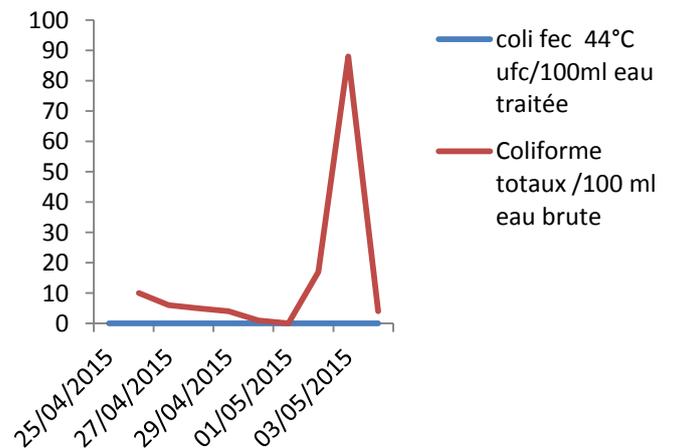


Figure 34 : Variation de bactéries « coliformes fécaux » en fonction du temps

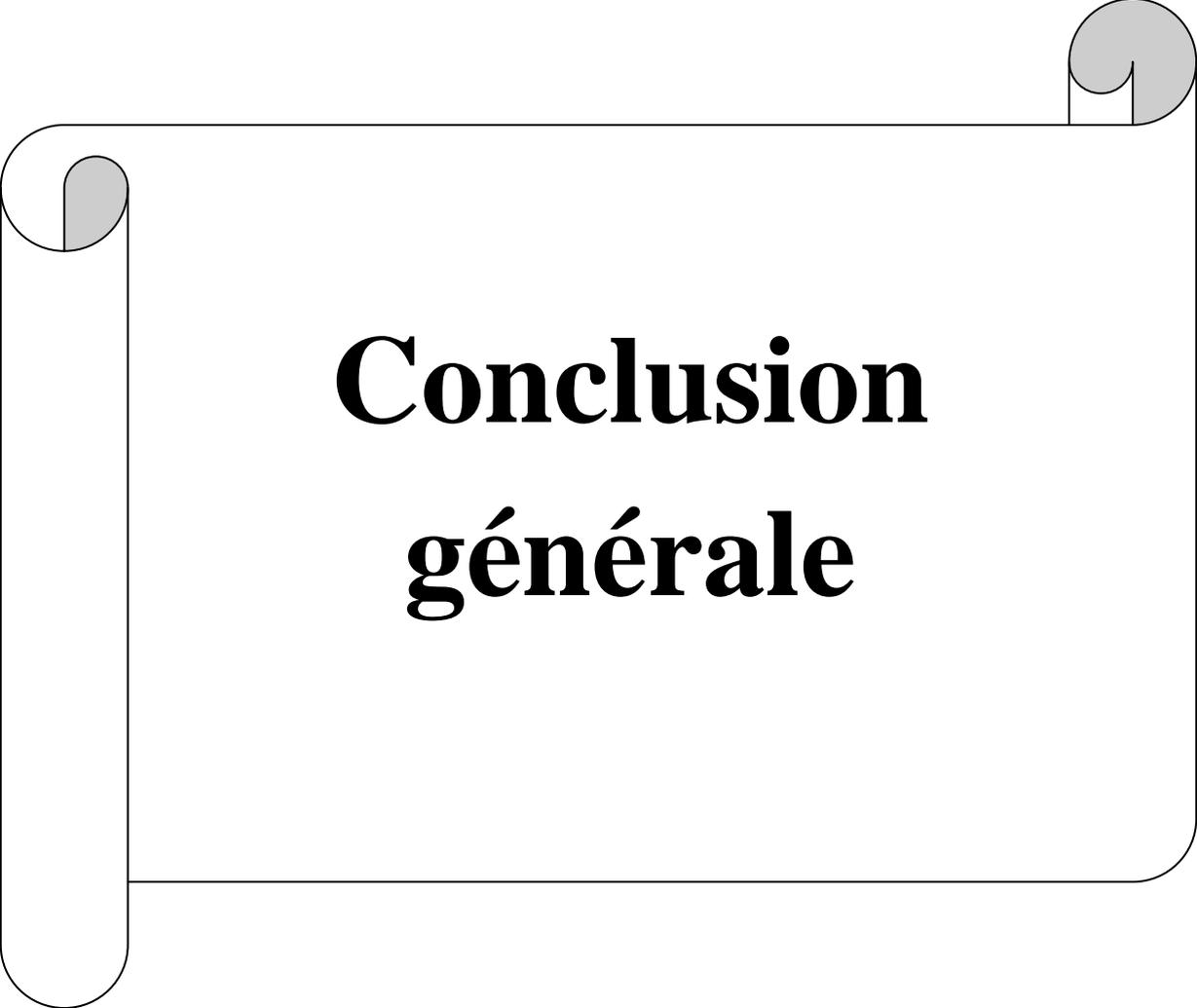
la nature fécale de pollution, leur identification révèlent des nombres allant de 0 à 26 UFC/100ml d'échantillon (figure 32). La numération des germes totaux à 37°C indique une valeur minimale de 44 UFC/100ml et un max de 148 UFC/100ml (figure 33), tandis que les germes totaux à 22 °C ainsi que les spores de clostridie sulfite réducteur sont indénombrable > 300 UFC/ 100ml d'eau.

Après le traitement effectué à l'eau du barrage, on a obtenu une eau exempte des germes recherchés, ceci s'explique par l'action directe du chlore sur les microorganismes.

### **Conclusion**

Les différentes analyses effectuées sur les échantillons d'eau du Barrage Taksebt, ont permis de révéler le comportement de certains paramètres descriptifs de la qualité organoleptiques, physico-chimique et bactériologiques des eaux.

Tous les résultats obtenus montrent une nette évolution des différents paramètres évalués entre l'eau brute et l'eau traitée qui présente des valeurs répondant aux normes algériennes et mondiales de potabilité.



# **Conclusion générale**

## *Conclusion générale et recommandations*

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité de l'eau du barrage Taksebt, l'exploitation des données bibliographiques actualisées nous a permis d'appréhender les différents critères de qualité de potabilisation.

L'examen et l'interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques d'échantillons d'eaux du barrage obtenus durant la période de mi-avril / mi-mai 2015 montrent que :

- La qualité des eaux de surface qui alimente le barrage dépend de la lithologie drainée par l'eau, Le diagnostic des différents paramètres analysés, montrent que la plus part des paramètres analysés sont conformes aux normes de l'eau potable avant même que l'eau ne soit traitée par conséquent on peut dire que ces eaux brutes sont très peu chargées en polluants et sont généralement propres.

- Une comparaison des teneurs des principaux éléments mesurés indique une différence dans la concentration entre l'eau brute et l'eau traitée, ce qui plaide en faveur de l'efficacité du traitement dispensé au niveau de la station Taksebt, ceci est d'autant plus vrai que la quasi-totalité des paramètres analysés pour l'eau traitée sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'internationale en matière de potabilité de l'eau. En effet, les résultats obtenus sur le plan physique ont montré que le pH de ces eaux traitées est correct, leur degré de minéralisation est moyen et leur température est acceptable. Sur le plan chimique, ces eaux sont également dans les normes dans la mesure où elles sont moyennement douces, leurs teneurs en calcium et en chlorures sont normales et surtout leur teneur en nitrates qui sont connus pour leurs effets néfastes sur la santé, est très faible par rapport à la valeur maximale admissible. Du point de vue bactériologique, les analyses attestent l'absence des germes analysés dans l'eau traitée. Par conséquent nous pouvons conclure que cette eau est de bonne qualité et ne présente pas de danger pour la santé du consommateur.

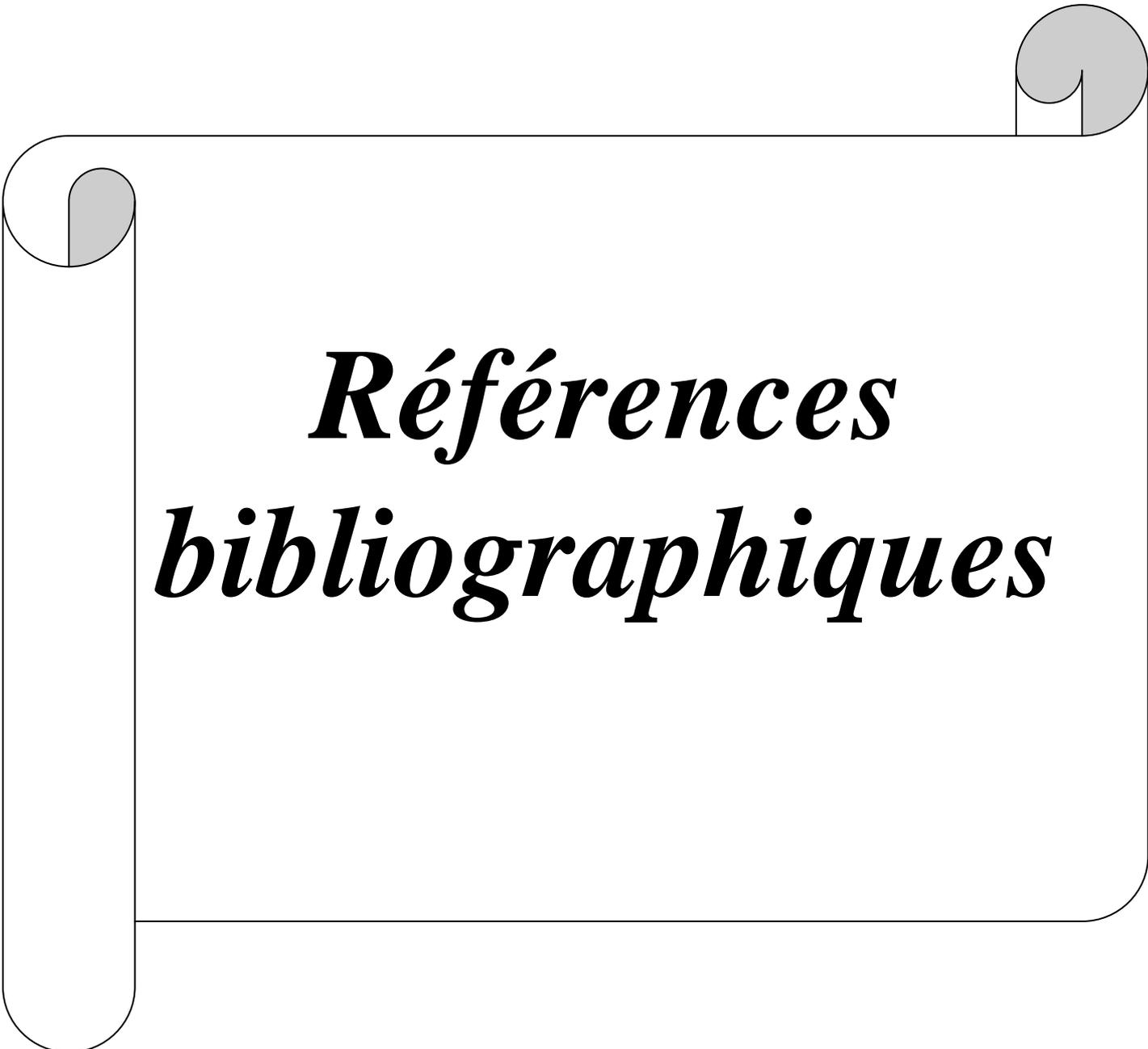
Néanmoins, il faut signaler que la station de traitement Taksebt n'accomplie pas totalité des tests pour évaluer la qualité de l'eau, ainsi il serait essentiel que la station :

- Complete l'analyse organoleptique en ajoutant le test de l'odorat à la liste d'analyse car il est prépondérant dans la détermination de la qualité perçue par la population ;
- Ajouter d'autres paramètres tels que les métaux lourds, les pesticides... ;

## *Conclusion générale et recommandations*

- Pour prévenir le problème qui peut subsister suite à l'utilisation du chlore, certes efficace en tant que désinfectant, néanmoins il présente l'inconvénient de réagir avec la matière organique des eaux de surface en induisant la formation de sous-produits de la chloration. Les risques toxiques à long terme doivent être pris en considération. Ceci incite à conclure qu'il y'a lieu de remplacer la pré-chloration par la pré-ozonation.

Par ailleurs, il serait intéressant de faire des études similaires avec une périodicité annuelle afin de suivre l'évolution spatiotemporelle des paramètres afin de vérifier l'état futur de la qualité de l'eau de Taksebt. Mais aussi, de compléter cette étude par la détermination des concentrations de certains éléments que nous n'avons pas pu faire (métaux lourds, pesticide, composés phénoliques, THM,...) et de faire les tests organoleptiques dans de meilleures conditions afin d'apprécier réellement la qualité de cette eau.

A decorative border resembling a scroll, with a grey shaded area on the left side and a grey shaded area at the top right corner.

***Références  
bibliographiques***

**ABBOUDI AKIL, DR. TABYAOUI HASSAN, PH EL HAMICHI FATIMA. (2014) :** Ph ETUDE DE LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET CONTAMINATION MÉTALLIQUE DES EAUX DE SURFACE DU BASSIN VERSANT DE GUIGOU, MAROC European Scientific Journal August 2014 édition vol.10, No.23 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431 84.

**ACHOUR S., N. GUESBAYA. (2005) :** coagulation-floculation par le sulfate d'aluminium de composés organiques phénoliques et de substances humiques. larhyss journal, issn 1112-3680, n° 04, Juin 2005, pp.153-168

**AISSAOUI AZZEDDINE. (2013) :** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région d'Oued Athmania (Wilaya de Mila) par les activités agricoles. Thèse de magister en biologie. Spécialité Ecologie végétale appliquée et gestion de l'environnement.

**AKSAS HAMOUCHE. (2013) :** Thèse de doctorat, université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES **étude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels.**

**ALLIONA UDREY. (2004) :** Environnement des bactéries et sensibilité aux biocides. Mise en point d'une technique rapide pour déterminer in situ l'efficacité bactéricide d'agents antimicrobiens. Thèse de docteur de l'ENSA science des aliments. Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires.

**ALOUANE HIND. (2011) :** Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine Magistère Université Mentouri Département de biologie végétale et écologie

**AMADOU H., LAOUALI M.S., MANZOLA A. (2014) :** analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois aquifères de la région de tillabery : application des méthodes d'analyses statistiques multi variées larhyss journal, issn 1112-3680, n°20, décembre 2014, pp. 25-41

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

**ANONYME 1, (2013) :** Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable. Département fédéral de l'intérieur DFI. Office fédéral de la santé publique OFSP. Conférence suisse.

**ANONYME 2. (2008) :** Direction des politiques de l'eau Service des eaux municipale Portrait des stations municipales de production d'eau potable approvisionnées en eau de surface au Québec

**ANONYME 3. (2005) :** Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles", 2005. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général, 2015

## Références bibliographiques

**ANONYME 4. (1986) :** Santé de l'environnement et du milieu de travail 1986. V.C., Holliday M.G. et Schrecker, T.F Tapwater consumption in canada. Rapport 82 –EHD- 80 direction générale de l'hygiène du milieu, ministère de la santé nationale et du en être.

**ANONYME 5. (2014) :** Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2014. Détermination des nitrates et des nitrites : méthode colorimétrique automatisée avec le sulfate d'hydrazine et le N.E.D.

**ANONYME 6. (2008) :** INSTITUT NATIONAL DE SANTE PUBLIQUE, 2008). Rapport sur la surveillance de la qualité de l'eau potable en Algérie.

**ARMSTRONG. (1981) :** V.C Holliday, M.G et Scherecker, T.F. Tapwater consumption in canada. Rapport 82 –EHD-80, Direction générale de l'hygiène du milieu. Ministère de la santé nationale st du en être social, Ottawa.

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

**ATAB SARAH. (2011) :** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAoud BERKAOUI par l'utilisation d'un filtre a sable local. Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de MAGISTER. Spécialité : Biologie Option : Microbiologie Appliquée. UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA.

**BABINEAU DANIEL. (2002) :** Le Guide de conception des installations de production d'eau potable.

**BALASKA ADEL. (2005) :** TRAITEMENT DE L'EAU USEE DE LA LAITERIE EDOUGH – ANNABA PAR DES PROCEDES PHYSICOCHEMISTIQUES ET BIOLOGIQUES. Thèse de magister en génie des procédés. UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA.

**BEAUDRY Jean-Paul :** Traitement des eaux ; Editeur : Copyright ; Année de publication : 1984 (231pages)

**BEHLOUL SAMIA. (2009) :** EVALUATION DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS L'EAU DU BARRAGE DE TIMGAD. Mémoire de magister En Chimie de l'Eau / Dessalement et Environnement. Faculté des sciences département de chimie. Université el hadj Lakhdar Batna.

**BELAHMADI MOHAMED SEDDIK OUSSAMA (2011) :** Etude de la biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le micro biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'ibn Ziad. Thèse de magister en microbiologies et appliquées et biotechnologies microbiennes. Université Mentouri Constantine.

**BELAHMADI MOHAMED SEDDIK OUSSAMA. (2011) :** Etude de la biodégradation du 2,4- dichlorophénol par le microbiote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux udées d'IBN ZIAD. Diplôme de magister en microbiologie appliquée et biotechnologie microbiennes. Université Mentouri Constantine.

**BELGHITI M.L., CHAHLAOUI A., BENGOUMI D., EL MOUSTAINE R. (2013) :** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de MEKNES (MAROC) *larhyss journal*, issn 1112-3680, n°14, juin 2013, pp. 21-36

**BILLAST NICOLE, DUFFET ANNE-MARIE, FELDMAN PATRICIA, EFOSSE FRANÇOIS, POURRIER CORINNE, VERICOU GENEVIE, ROBIQUET ARMELLE, SOUMAH FATOU. (2000) :** ANTISEPTIQUES ET DESINFECTANTS. Recommandations de bonnes pratiques d'utilisation des antiseptiques et des désinfectants en milieu hospitalier.

**BRUNO ROMAGNY, HENRI GUILLAUME, HEDI BEN OUEZDOU et SEBASTIEN PALLUAULT. (2002) :** LABORATOIRE POPULATION ENVIRONNEMENT DEVELOPPEMENT UMR 151 IRD. Université de PROVENCE. Série Usages, appropriation, gestion des écosystèmes Documents de recherche n° 1. RESSOURCES EN EAU, USAGES ET CONCURRENCES DANS LA JEFFARA TUNISIENNE.

**CARDOT C., (1999).** Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Ellipses édition marketing S.A.

**CARTIER CLEMENT. (2012) :** IDENTIFICATION ET TRAITEMENTS DES PRINCIPALES SOURCES DE PLOMB EN EAU POTABLE. Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de philosophiae doctor. Département des génies civil, géologique et des mines école polytechnique de Montréal.

**CASSADOU SYLVIE., POUHEY JEROME. (2002) :** EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIES A LA PRESENCE DE CADMIUM DANS LA RIVIERE LOT, ENTRE BOISSE-PENCHOT ET AIGUILLON. Observatoire régional de la sante de midi –Pyrénées. Faculté de Médecine.

**CHEVALIER PIERRE. (2003) :** COLIFORMES FÉCAUX. Groupe scientifique sur l'eau Institut national de santé publique du Québec. Fiche Coliformes fécaux.

**CIMETIERE NICOLAS. (2009) :** Etude de la décomposition de la monochloramine en milieu aqueux et réactivité avec des composés phénoliques. Docteur de l'université de Poitiers SPECIALITE : CHIMIE ET MICROBIOLOGIE DE L'EAU.

**COULIBALY KASSIM. (20 Avril 2005) :** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de bamako. Thèse Doctorat en Pharmacie (Diplôme d'Etat) Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie. UNIVERSITÉ DE BAMAKO.

**DAGOT CHRISTOPHE & LAURENT JULIEN. (2014) :** Module d'enseignement ASTEP. Version 1.0. Université virtuelle environnement & développement.

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

**DEGREMONT (2005).** Mémento technique de l'eau. Tome II. 10<sup>ème</sup> édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris.

**DEMBA N'DIAYE ABDOULAYE, MOHAMED OULD SID' AHMED OULD KANKOU, KHALID IBNO NAMR. (Janvier 2013).** Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp. 85-93 © 2013 Tous droits réservés.

**DERWICH E.1 , BENAABIDATE L.2 , ZIAN A.2 , SADKI O.3 , BELGHITY D.4.( 2010) :** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut SEBOU en aval de sa confluence avec oued fes larhyss journal, issn 1112-3680, n° 08, juin 2010, pp. 101-112

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

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

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

**EDDY RENAUD, JULIE PILLOT, ALINE AUCKENTHALER et CLAIRE AUBRUN (Novembre 2014) :** Réduction des pertes d'eau des réseaux de distribution d'eau potable Guide pour l'élaboration du plan d'actions (décret 2012-97 du 27 janvier 2012). ONEMA office national des eaux et des milieux aquatiques.

**FEPS (Fondation de l'Eau Potable Sûre). (2011) :** TRAITEMENT DES EAUX CONVENTIONNEL : COAGULATION ET FILTRATION.

**GADIN-GOYON Nathalie. (2002) :** Qualité bactériologique de l'eau et impact en élevage bovin laitier thèse université CLAUDE-BERNARD- LYON 1

**GAËLLE DERONZIER, JEAN-MARC CHOUBERT. (2002) :** Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées. Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique. Unité de recherche QHAN Parc de Tourvoie.

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

**GHAZALI D., ZAID A. (2013) :** ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX DE LA SOURCE AIN SALAMA-JERRI (REGION DE MEKNES –MAROC). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp. 25-36 © 2013 Tous droits réservés.

**GHERAIRI YAMINA. (2008) :** Contribution à l'étude de l'efficacité de la filtration biologique sur sables de dunes. En vue d'obtention de diplôme de Magister en Hydraulique Option : Aménagement hydraulique en zones arides. UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

GIRGENTI P, 2011 SARL EAU PRO Paramètres d'analyse

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

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

**HADJALI YASSIN. (2012)** : Impact des stations de dessalement de l'Eau de mer sur le littoral cas de la Station Plage EL Hilel (AIN Témouchent). Diplôme de Master en Ecologie et Environnement Laboratoire des Produits Naturels. UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMENEN.

**HARRAT NABIL. (2013)** : Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eaux de surface. Thèse présentée en vue de l'obtention Du diplôme de Doctorat en sciences Spécialité : HYDRAULIQUE. Université Mohamed Khider – Biskra.

**HECINI LINDA, SAMIA ACHOUR. (2012)** : Communication science & technologie n° 11. juillet 2012. Effet de sels calciques et magnésiques sur l'élimination des composés phénoliques par coagulation-floculation laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface - larhyss. Université de Biskra, bp 145 rp, 07000, Algérie

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

**HOUTMEYERS JULES. (2004)** : livre blanc du chlore

**HUANG ZHUJUN. (2009)** : Efficacité de Capture dans les Procédés de Flottation » Thèse. Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, Laboratoire d'Ingénierie des systèmes biologiques et des Procédés (LISBP), INSA Toulouse, 224

**IDRISSI Laila. (2006)** : Etude et développement de nouvelles méthodes électrochimiques pour la détermination des ions orthophosphate, nitrite, nitrate et ammonium doctorat université mohammed v – agdal faculté des sciences rabat

**KADOUCHE Slimane. (2013)** : Utilisation des biomatériaux dans le traitement des eaux, thèse de doctorat, UMMTO, département de chimie.

**KAHOUL M., TOUHAMI M. (2014)** : EVALUATION DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE CONSOMMATION DE LA VILLE D'ANNABA (ALGERIE). Laboratoire des sols et développement durable, Faculté des sciences, Université Badji Mokhar, Annaba BP 12, Algérie. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, Septembre 2014, pp. 129-138 © 2014 Tous droits réservés

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

**KARIM MEZIANI. (2013)** : Micro-tamissage de l'effluent d'un bioréacteur à lit mobile (mbbr) département des génies civil, géologique et des mines école polytechnique de Montréal mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de maîtrise ès sciences appliquées.

**KINDLER JANUSZ ., ARNOULD ERIC J et HUTCHINSON CHARLES F. La commission du bassin du Tchad (CBLT), Les experts nationaux du Cameroun, du Tchad du Niger et du Nigeria. (Novembre 1989)** : LE BASSIN CONVENTIONNEL DU LAC TCHAD. Une étude diagnostique de la dégradation de l'environnement.

**LACOURLY GUY. (1971)** : POLLUTIONS RADIOACTIVES QUE FAUT-IL EN PENSER ? Section de Protection de l' Environnement au Commissariat à l' Energie atomique Association EURATOM – CEA Centre d' Etudes nucléaires. Class. Oxford U 628 .55.

**LOUNNAS AMEL. (2009)** : amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. Thèse de Magister Présenté à l'université du 20 Août 1955 Skikda Faculté des Sciences Département des Sciences Fondamentales Spécialité : Chimie Option : Pollutions Chimiques & Environnement.

**MAIGA ALPHA SIDIKI. (2005)** : QUALITE ORGANOLEPTIQUE DE L'EAU DE CONSOMMATION PRODUITE ET DISTRIBUEE PAR L'EDM.SA DANS LA VILLE DE BAMAKO : EVALUATION SAISONNIERE. Faculté de médecine de pharmacie et d'odontostomatologie. UNIVERSITE DE BAMAKO.

**MAKHOUKH1, M. SBAA1, A. BERRAHOU1, M. VAN. (2011)** : Contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de L'OUED MOULOUYA (MAROC ORIENTAL) larhyss journal, issn 1112-3680, n° 09, décembre 2011, pp. 149-169 larhyss/journal n° 09, décembre 2011

**MARGAT JEAN, DOMITILLE VALLEE. (1999)** : Vision méditerranéenne sur l'eau, la population et l'environnement au XXIème siècle. Contribution à la vision mondiale sur l'eau promue par le Conseil Mondial de l'eau et le Global Water Partnership, élaborée par le Plan Bleu dans le cadre du MEDTAC/GWP

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

**MASSIOT PHILIPPE. SOTTAS ORIANE. (2011)** : Etude sur l'efficacité de comprimés pour la désinfection de l'eau. Bulletin de la Société des Enseignants Neuchâtelois de Sciences, n° 40, Février 2011, Chimie 2011).

## Références bibliographiques

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

**MELGHIT MERIEM. (2013)** : Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Thèse Magistère en Ecologie. Option: Gestion des déchets. Université Mentouri de Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département d'Ecologie et Biologie végétale.

**MERABET SOUAD. (2010)** : EVALUATION DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX BRUTES ET DISTRIBUEES DU BARRAGE RESERVOIR DE BENI HAROUN Magister Chimie Analytique UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE DEPARTEMENT DE CHIMIE

**METAHRI M.S et SAHMOUNE A., (2008)**. Elimination de l'azote et du phosphore des eaux usées traitées par valorisation agricole. Cas de l'effluent de la station d'épuration est de Tizi-Ouzou Algérie (perspectives et recommandations). Thèse de doctorat. UMMTO.

**MEZIANI KARIM. (2013)** : MICROTAMISAGE DE L'EFFLUENT D'UN BIORÉACTEUR À LIT MOBILE (MBBR). Diplôme de maîtrise ès sciences appliquées. Département des génies civil, géologique et des mines école polytechnique de Montréal.

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

**MOLINIE LEA. (Juin 2009)** : DISPOSITIFS RUSTIQUES D'ALIMENTATION ET DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE POUR DES SERVICES DE PETITES TAILLES EN REGIONS DEFAVORISEES. COMMANDITAIRE Gilian CADIC, ENGREF Montpellier. Agro Paris Tech.

**MORIN A. MILISIC V., FIGUE J-F. (2009)** : Simulations numériques des écoulements dans un décanteur lamellaire à contre-courant Avec la participation financière de l'agence de l'eau Seine Normandie. 2009).

**MYRAND DIANE. (2007)** : GUIDE TECHNIQUE CAPTAGE D'EAU SOUTERRAINE POUR DES RÉSIDENCES ISOLÉES MISE À JOUR JANVIER 2008. Développement durable environnement et parc.

**ODOULAMI LEOCADIE. (2009)** : La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin). Thèse de Doctorat à Lettres de l'Université d'Abomey-Calavi. Spécialité : Géographie et Gestion de l'Environnement.

**OMS. (2004)** : FICHES TECHNIQUES EAU, HYGIENE, ET ASSAINISSEMENT EN SITUATION D'URGENCE. Mesurer les niveaux de chlore dans les systèmes d'approvisionnement en eau

**PAINCHAUD JEAN, PH.D. (1997)** : LA QUALITÉ DE L'EAU DES RIVIÈRES DU QUÉBEC : ÉTAT ET TENDANCES. Direction des écosystèmes aquatiques. Ministère de l'Environnement et de la Faune Mars 1997.

**RAKOTOMARIA ETIENNE, MARIE HANITRINIAINA RATSIMBA, PIERRE RAKOTOMAMONJY. (2011)** : Université d'Antananarivo, École Supérieure Polytechnique, BP 1500, 101 Antananarivo, Madagascar. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science. Volume 24, numéro 4, 2011, p. 437-448\*

**SAMAKE HAWA. (2002)** : ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE AU L.N.S. DES EAUX DE CONSOMMATION DE LA VILLE DE BAMAKO DURANT A PERIODE 2000 ET 2001. Thèse doctorat en Pharmacie (Diplôme d'Etat). Faculté de médecine, de Pharmacie Et d'Odonto Stomatologie Bamako.

**SAMAKE HAWA. (2002)** : analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de BAMAKO durant la période 2000 et 2001. Faculté de Médecine, de Pharmacie et D'ODONTO – STOMATOLOGIE.

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

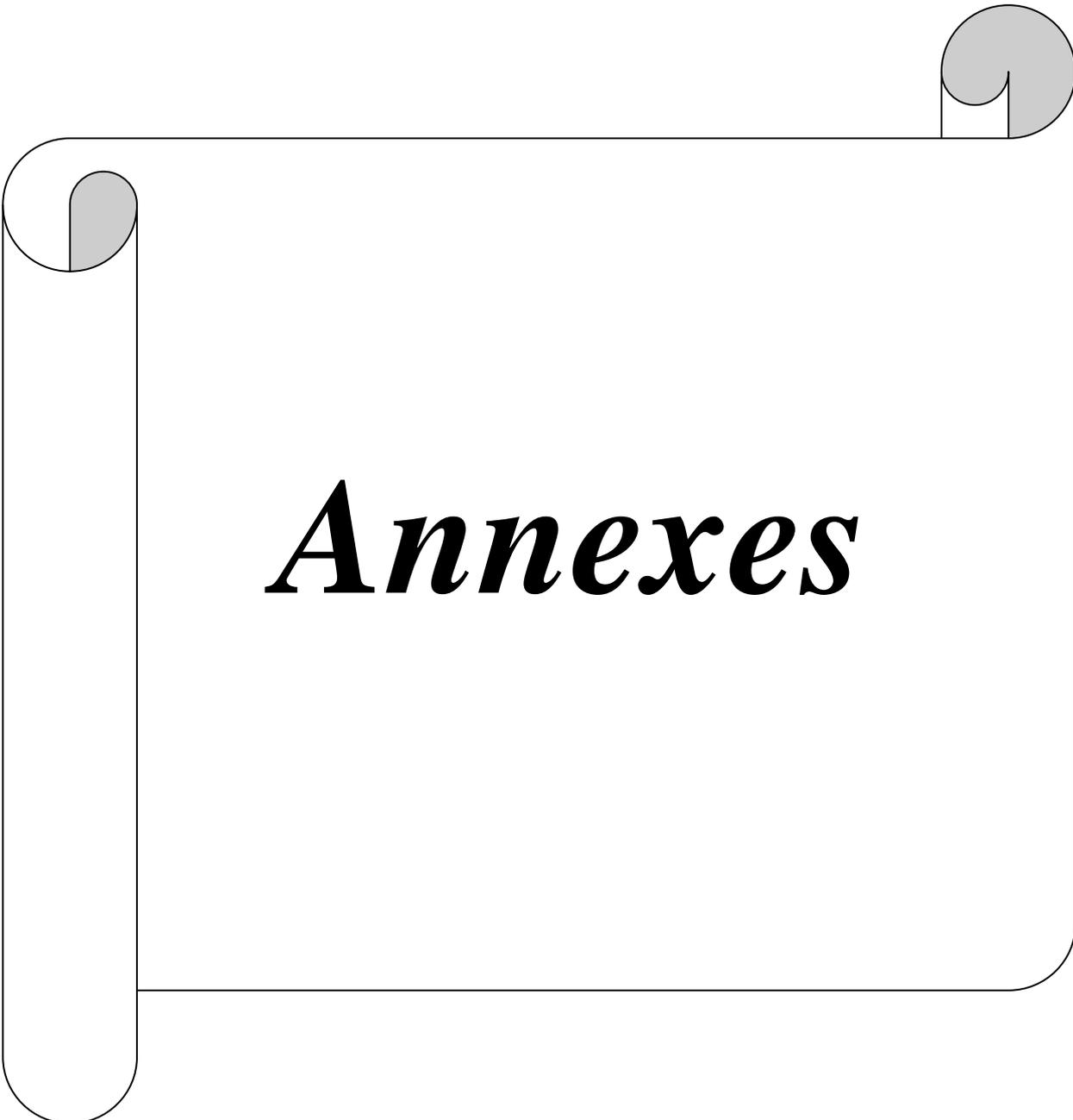
**TATA-DUCRU FARID. (2009)** : dessalement de l'eau de mer : bilan des dernières avancées technologiques ; bilan économique : analyse critique en fonction des contextes. Agro paris tech ; institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement paris institue of technology for life food and environmental sciences.

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

**VAZQUEZ JOSE ; MORIN ANTOINE ; DUFRESNE MATTHIEU ,WERTEL JONATHAN. (2010)** : ptimisation de la forme des décanteurs lamellaires par la modélisation hydrodynamique 3D A CFD approach for shape optimization of lamellar settlers. NOVATECH

**YOUCEF.L., ACHOUR. S. (2005)** : ELIMINATION DES PHOSPHATES PAR DES PROCEDES PHYSICO-CHIMIQUES. Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface LARHYSS, Université de Biskra, B.P. 145, R.P., 07000, Biskra, Algérie. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 04, Juin 2005, pp.129-140 © 2005 Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface.

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



# ***Annexes***

---

---

## **Annexe 1 : Mode opératoire des analyses physico-chimiques**

### **Dosage de l'ammonium**

Dissoudre 130g de salicylate de sodium et 130g de citrate de trisodique di hydraté dans l'eau contenue dans une fiole de 1000ml, ajouter 0,97g de nitroprusiate de sodium et compléter à 1000ml avec l'eau distillée.

Solution de dichroisocyanurate de sodium : dissoudre 32g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2g de dichroisocyanurate dihydraté compléter à 1000ml d'eau distillée. Conservé dans un flacon brun pdt deux semaines

Solution mère étalon d'ammonium 100mg/l

Dissoudre 0,297g de chlorure d'ammonium (séché à 105°C pendant au moins 2h) dans 1000ml d'eau distillée. Conservé pendant un mois dans un flacon brun.

4ml du réactif coloré homogénéisé

4ml du réactif de dichroisocyanurate et jauger à 50ml

Pour la mesure on prend 40ml de l'échantillon à analyser.

Après 60min on aura une couleur qui se développe et on passe au spectrophotomètre à la longueur de 655nm.

### **Mesure de l'UV**

Pour l'étalonnage on utilise l'eau distillée pour la calibration de l'appareil et pour la détermination du blanc (avec une conductivité de 0,2 $\mu$ s/cm et une valeur de DO qui n'excède pas 0,02m-1)

Solution d'étalon d'hydrogénophtalate de potassium : Préparation d'une solution mère à 0,82g dissoudre dans une fiole jaugé de 1000ml 0,82g d'hydrogénophtalate de potassium (C<sub>8</sub>H<sub>5</sub>KO<sub>4</sub>) et compléter au volume avec l'eau distillée. Conservation 6mois flacon brun 4°C

Préparation d'une solution fille d'hydrogénophtalate de potassium de DO= 1,2 par mètre de trajet optique :

1ml de la solution mère dans une fiole de 500ml puis jaugé avec l'eau distillée avec agitation mécanique. Conservation 15j dans un flocon brun à 4°C.

Après agitation de l'échantillon verser dans une cuve en quartz de 1cm ( on commence la mesure toujours avec le blanc puis on rince et on remplit avec l'étalon (solution fille) enfin on passe on remplit avec l'échantillon à analyser et on lit la mesure)

### **Dosage des nitrites par la méthode spectrophotométrique :**

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzen sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1)diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540nm.

### Les réactifs

Réactifs colorés : 40 g amino-4 benzène sulfonamide dans un mélange formé de 100ml d'acide ortho phosphorique et de 500ml d'eau.

Ajouter 2mg de dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1)diamino-1,2 éthane compléter le volume a 1000ml

Solution mère étalon des nitrites 100mg/l

Dissoudre 0,15 g de nitrite de sodium (séché à 105°C durant au moins 2h) dans 1000ml d'eau distillée.

Solution fille étalon nitrites 1mg/l

1ml de la solution mère dans 100ml d'eau distillée.

Pour les mesures :

QC : 3ml de la solution fille dans une fiole de 50ml et jauger

40ml de chacune des solutions obtenues, ajouter dans l'ordre 1ml du réactif coloré.

Homogénéiser et compléter a 50ml et laisser reposer 20min et effectuer la mesure a une longueur d'onde de 540nm.

### **Dosage du manganèse par la méthode de persulfate d'ammonium**

Le manganèse est oxydé en permanganate à l'aide de persulfate d'ammonium en présence de nitrate d'argent. Le permanganate ainsi formé est dosé colorimétrique à la longueur d'onde de 525nm.

Réactifs :

\*Solution d'acide nitrique 69% de pureté : prendre un volume d'eau distillée et ajouter lentement en agitant 2 volumes d'acides nitrique concentré (solution commerciale d= 1,4g/ml)

\*Nitrate de mercure (2) solution à 0,1 N : dissoudre 16,23g de nitrate de mercure (2) dans l'eau distillée et jauger a 1000ml. Conservation a 4°C /2 semaines.

\*Nitrate d'argent de concentration 100g/l : Dissoudre 10g de nitrate d'argent dans 100ml d'eau distillée.

\*Acide phosphoridrique concentré a 85% de pureté (commerciale)

\*solution de persulfate d'ammonium à 10% : 10g de persulfate d'ammonium dans 100ml d'eau distillée.

\* solution mère de manganèse à 1g/l : dissoudre 0,288g de permanganate de potassium dans 100ml d'eau distillée ajouté 3 ml d'acide sulfurique et 0,4g de sulfite mono-sodique, porté à ébullition laisser refroidir et compléter à 1000 ml

\* solution fille à 10mg/l de manganèse 1ml de la solution mère dans 100ml d'eau.

Pour la mesure

100ml de l'échantillon + 5 ml d'acide nitrique + 5ml de solution de nitrate de mercure (2) + 0,5ml de nitrate d'argent + agiter soigneusement+ chauffage à ébullition durant 5 min retirer de la place puis ajouter 1ml d'acide phosphorique concentré puis 10ml de persulfate d'ammonium puis chauffer a nouveau pendant 10min puis laisser refroidir. Passer au spectre à 525nm.

### **Dosage du fer par la méthode spectrométrique à la phénanthroline**

Adition d'une solution phénanthroline-1.10 a une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm. Le complexe ferII-phénantroline-1.10 est stable dans l'intervalle de pH 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer présent.

#### Réactifs

\*Acide chlorhydrique HCl de concentration 10% (solution commerciale) : verser 10ml d'acide chlorhydrique dans une fiole puis compléter à 100ml avec eau distillée.

\* peroxodisulfate de potassium de 40g/l : dissoudre 4g de peroxodisulfate de potassium avec l'eau distillée jusqu'à 100ml

\* Solution mère de concentration 1g/l : dissoudre 0,7022g d'ammonium-ferII sulfate hexa hydraté appelé aussi mohr dans 100 ml d'eau distillée

\* Solution fille de concentration 10mg/l : 1ml de la solution mère dans 100ml d'eau distillée

\* Chlorhydrate d'hydroxylamine de concentration 100g/l : 10g de d'hydroxylamine de concentration+ eau distillée à 100ml

\* solution de phénanthroline-1.10 de concentration 5g/l : 0.5 g de chlorure de phénanthroline-1.10 monohydrate puis jauger a 100ml

\*solution tampon acétate : 40g de d'acétate d'ammonium dans l'eau distillée ajouter 50ml d'acide acétique cristallisable de masse volumique 1.06 dans une fiole de 100 ml d'eau distillée.

Mesure d'échantillon : 50ml d'échantillon + 1 ml d'acide chlorhydrique à 10%+ 5 ml peroxodisulfate de potassium + chauffage doux pendant 40min en s'assurant que le volume ne descend pas au dessous de 20ml + refroidissement + 1ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine+ mélange + 2ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min a l'obscurité + lecture au spectre à 510nm.

### **Dosage des ortho phosphate par la méthode des molybdate d'ammonium**

Réaction des ions ortho phosphate avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate. Réduction du complexe par l'acide ascorbique pour former un nouveau complexe de molybdène.

Mesure de l'absorbance de ce complexe pour déterminer la concentration en ortho phosphate présents.

Réactifs :

\*Préparation d'une solution Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de concentration 9mol/l : 500ml d'eau distillée dans un bécher de 2 litre + 500 ml d'acide sulfurique de d= 1,84g/ml et de pureté supérieur a 95% sous précaution avec agitation

\*Acide ascorbique a solution de 100g/l : dissoudre 10g d'acide ascorbique dans 100ml d'eau distillée

\* heptamolybdate d'ammonium : dissoudre 13g d' heptamolybdate d'ammonium tetrahydraté dans 100ml d'eau distillée, dissoudre, dissoudre 0,35g de tartrate de potassium et d'antimoine hémi hydraté dans 100ml d'eau distillée. Ensuite mélanger les deux solutions ajoutées à ce mélange tout en mélangeant 300 ml d'acide sulfurique à 4,5 mol/l

Pour la mesure :

40 ml de l'échantillon a analyser + 1 ml d'acide ascorbique à 100g/l + 2 ml d'heptamolybdate d'ammonium+ agitation et laisse entre 10 et 30 min le temps qu'une couleur apparaisse ; si aucune couleur apparait cela signifie absence d'ortho phosphate on indique alors comme résultats <0,09 d'ortho phosphate

Si une couleur bleu apparait on passe alors au spectrophotomètre a une longueur de 880nm.

### **Détermination des résidus secs**

Résulte du l'évaporation au bain marie d'un volume d'échantillon choisi en fonction des quantités de matières en suspension présentes. Séchage a l'étuve a 105°C ou à 185°C (la totalité de l'eau occluse est éliminé) dessiccation et pesée du résidu.

Application :

Nettoyer la capsule avec l'acide chlorhydrique + rinçage avec l'eau distillée et séchage à l'étuve puis la calciné pendant une heure dans le four a moufle régler a 525°C laisser refroidir jusqu'à T ambiante puis la placer dans un dessiccateur pendant 15 min et peser soit m<sub>0</sub> la masse de la capsule vide

Relever dans une fiole jauger un volume d'échantillon préalablement débarrasser des mes (papier filtre) remplir la capsule de prise d'essai d'échantillon placer celle-ci au bain marie une fois l'eau

### **Equilibre calco carbonique**

Les eaux naturelles contiennent divers composés chimiques qui se trouvent sous forme dissoute. L'un d'eux est le carbonate de calcium. Dont l'équilibre dans l'eau est soumis à des interactions avec le dioxyde de carbone. L'équilibre chimique du carbonate de calcium dit équilibre calco-carbonique, peut se déplacer sous l'action du CO<sub>2</sub> c'est ainsi qu'il peut y avoir des réactions de dissolution du carbonate de calcium (l'eau est dite agressive) ou de précipitation du carbonate de calcium (l'eau est dite incrustante). Si elle ne manifeste aucune de ces propriétés, elle est dite en équilibre.



CO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
	4.3	8.3	

La détermination de l'indice d'agressivité se fait par la méthode dite IAWA elle est basée sur l'utilisation de la formule de Langlier. Elle repose sur la connaissance de la température du pH in situ du TDS du TAC et TH calcique.

### **Dosage des sulfates par la méthode d'adsorption moléculaire**

Les ions de sulfates en présence de chlorure de baryum (BaCl<sub>2</sub>) précipitent à l'état sulfate de baryum.

Les réactifs :

Solution stabilisante : dans une fiole jaugée de 1000ml : 100ml d'eau + 60ml d'acide chlorhydrique pur et de densité d=1,19. + 200ml d'éthanol+ 150g de chlorure de sodium + et 100 ml de glycérol. Jauger à 1000ml

Solution de chlorure de baryum à 0,01N : 150g de chlorure de baryum+ 5 ml d'acide chlorhydrique pur jauger à 1000ml

20 ml échantillon+ 5 ml de la solution stabilisante+ agitation mécanique lente quelques sec+ 2ml de chlorure de baryum+ 100 ml d'eau distillée + 1 min sous agitation mécanique rapide+ remplir la cuve rapidement et insérer rapidement dans l'appareil et prendre la mesure.

### **Dosages des chlorure par la méthode de Mohr (titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur)**

Cette méthode titrimétrique s'applique au dosage direct des chlorure à des concentrations variant entre 5 et 150 mg/l, et même jusqu'à 400 mg/l si on utilise une burette d'une capacité plus grande, ou en diluant l'échantillon. En raison de nombreuses interférences, cette méthode n'est pas applicable à des eaux fortement polluées, à faible teneur en chlorure.

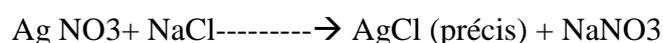
Le dosage des chlorures est réalisé par titrage au nitrate d'argent (Ag NO<sub>3</sub>) en utilisant du chromate de potassium (K<sub>2</sub> Cr O<sub>4</sub>) comme indicateur.

Réaction des ions chlorure avec les ions argent pour former du chlorure d'argent (AgCl) insoluble qui précipite.

Ce précipité réagit avec l'indicateur (K<sub>2</sub> Cr O<sub>4</sub>) pour former du chromate d'argent brun rouge (Ag<sub>2</sub> Cr O<sub>4</sub>)

L'apparition de la couleur brun rouge virage marque la fin du titrage

NB : durant le titrage le pH est maintenu entre 5 et 9,5, afin de permettre la précipitation



Réactifs

Tous les composés et les solutions d'argents sont sensibles à la lumière, la solution de nitrate d'argents conservée à l'obscurité dans une bouteille en verre brun munie d'un bouchon en verre reste stable plusieurs mois

Solution de nitrate d'argent 0.02 mol/l : eau distillée + 397g de nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3$  + séchage à l'étuve à  $105^\circ$  pendant 2 h puis jauger à 1000ml

Chromate de potassium (indicateur) solution à 10% : 10g de chromate de potassium dans l'eau distillée dans 100ml

Solution de référence chlorure de sodium 0.02 mol/l : dissoudre dans l'eau distillé 1.1688g de chlorure de sodium  $\text{NaCl}$  séché au préalable à l'étuve  $105^\circ$  pendant 2h et complété à 1000 ml

Solution d'acide nitrique à 0.1 mol/l : solution du commerce utilisée pour réajuster un pH sup à 9.5

Solution d'hydroxyde de sodium 0.1 mol/l : solution prête à l'emploi utilisée lorsque le pH inférieur à 5 pour le réajuste

Carbonate de calcium ou mono hydrogénéocarbonate de sodium  $\text{NaOH CO}_3$  en poudre : utilisé lorsque le pH inférieur à 5 (solution tampon)

Application :

Dosage de l'échantillon

Introduire au moyen d'une fiole 100 ml de l'échantillon (vol **V<sub>a</sub>**) dans un bécher conique, placé sur un fond blanc.

Si la teneur en chlorures est élevée (plus de 200mg/l) l'opérateur réalisera au préalable une dilution.

Si le pH de l'échantillon n'est pas compris entre 5 et 9.5 il faut ajuster le pH en utilisant soit la solution d'acide nitrique soit la solution d'hydroxyde de sodium, soit la solution de carbonate de calcium ou d'hydrogénéocarbonate de sodium, et noter le volume de réactifs requis.

S'il y'a des ions ammonium dans l'échantillon à des concentrations supérieures à 10mg/l, il faut ajuster le pH entre 6.5 et 7 et noter le volume de réactifs requis.

s'il y'a des ions ammonium dans l'échantillon à des concentration sup à 10mg/l il faut ajuster le pH entre 6.5 et 7 et noter le volume de réactifs requis.

Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rouge brun noter le volume **V<sub>s</sub>** de nitrate d'argent versé.

Essai à blanc :

À la place de l'échantillon on utilise 100 ml d'eau distillée et on note la mesure de nitrate d'argent nécessaire et on note **V<sub>b</sub>**, qui ne doit pas dépasser 0.2ml (dans le cas contraire vérifier la pureté de l'eau pH conductivité .....)

La concentration en chlorure  $\text{Cl}$  est exprimé en milligramme par litre est donnée par la formule

$$C_{Cl} = \frac{(V_s - V_b) \cdot c \cdot f}{V_a}$$

$V_s$  : volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le titrage de l'échant

$V_b$  : vol en ml de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le blanc

$V_a$  : vol en ml de l'échantillon pour essai

$C$  : est la concentration réelle exprimée en mol/l de la solution de nitrate d'argent

$F$  : 35453 (masse molaire de  $Cl^*$  1000)

## **Dosage des MES**

Les matières éliminées par filtration ou centrifugation dans des conditions définies

Application

Méthode par centrifugation : Centrifugation des échantillons pour séparer les matières en suspension

Séchage à 105°C et pesée

Méthode par filtration :

Filtration de l'échantillon sur un filtre en fibre de verre sous vide

Séchage à 105°C et pesé

Méthode par filtration

Essai à blanc

Objectif est de vérifier la perte de masse du filtre en filtrant 150 ml d'eau distillée. Il est recommandé de laver les filtres en vrac par immersion dans l'eau distillée pendant environ 4h. Laisser s'écouler l'eau de lavage, puis sécher les filtres à 105°C pendant au moins 1h ou encore mieux durant la nuit précédant l'essai. La prise de masse dans un essai à blanc doit être inférieure à 0.017mg/cm<sup>2</sup> pour le diamètre le plus courant 47mm ce qui correspond à une perte de masse inférieure ou égale à 0.3mg.

Application :

- Attendre jusqu'à ce que les échantillons soient à T° ambiante
- Peser le filtre à 0.1 mg. Eviter soigneusement de contaminer le filtre par des poussières en utilisant des dessiccateurs mal nettoyés.
- Placer le filtre (la partie lisse en bas) dans l'entonnoir du dispositif de filtration et insérer l'entonnoir sur la fiole à vide
- Agiter vigoureusement le flacon contenant l'échantillon et transférer immédiatement et d'un seul trait 200ml dans une fiole jaugée
- Le résultat doit, pour être correct, être obtenu à partir d'un résidu sec (après filtration) d'au moins 2mg.
- Verser les 200ml d'échantillon dans l'entonnoir, puis rincer la fiole avec l'eau distillée et verser aussi l'eau dans l'entonnoir
- Démarrer la filtration en enclenchant la pompe d'aspiration. Une fois l'échant filtré, rincer les parois interne de l'entonnoir puis filtrer cette eau

- Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide d'une pince à extrémités plates. Si nécessaire, le filtre peut être plié. Placer le filtre dans le creuset et le sécher dans l'étuve à  $(105 \pm 2)$  °C pendant au moins 2h.
- Retirer le tout de l'étuve, passer au dessiccateur environ 30min puis peser (masse M1).

$$P = (M1 - M0) * 1000 / V$$

P = teneur en matière en suspension en mg/l

V : vol en ml de la prise d'essai

M0 : masse en mg de la capsule vide

M1 : masse en mg du creuset et de son contenu après séchage à 105°C et dessiccation.

### **Dosage de la somme du calcium et magnésium par la méthode titrimétrique à l'EDTA**

La méthode est applicable pour les eaux souterraines et les eaux de surfaces les eaux destinés a la consommation humaine. Elle peut aussi être utilisée pour les eaux résiduaires urbaines et les eaux brutes industrielles à condition qu'elles ne contiennent pas des métaux lourds en quantité interférentes. La méthode n'est pas applicable aux eaux de mer et au eaux du même type a forte teneur en sel.

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau, dans la plupart des cas est surtout due aux ions calcium et magnésium.

#### Application

Principe : titrage par complexométrie des ions calcium et magnésium des ions calcium avec une solution d'EDTA à pH 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et mg

#### Réactifs :

\*Hydroxyde de sodium solution à 2N : Dissoudre 8g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans 100ml d'eau distillée

\*Calcium solution de référence 100mg/l : une solution mère de commerce titrisol à 1g/ en calcium peut être utilisé. Préparation de la solution fille à 100mg/l de Ca. Introduire 5 ml de la solution mère à 1g/l de Ca dans une fiole de 50ml et jauger avec l'eau distillée.

\*EDTA solution titré à 0.01mg/l : sécher une portion EDTA à 80°C pendant 2h, dissoudre ensuite 3.725g du sel sec dans de l'eau distillée et diluer à 1000ml.

\*calcul du coefficient de correction fc :

Prendre 50ml de la solution de référence calcium et s'en servir pour titrer la solution d'EDTA en versant lentement l'EDTA jusqu'au virage di violet. Lorsque la coloration violette est obtenue on note le volume.

Fc = volume versé / volume théorique (12.5ml)

Si  $0.96 \leq Fc \leq 1.04$  alors la solution RDTA est bonne à utiliser

## Application

L'échantillon à analyser doit contenir entre 2 et 100 mg/l de calcium.

Si une concentration supérieure à 100 mg/l diluer un volume connu de l'échantillon et noter le facteur de dilution F.

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium à 2N et une pincée d'indicateur du murexide, bien mélangé le tous

Titrer avec l'EDTA

Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette

La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte de plus d'EDTA.

la teneur en Ca est exprimé en mg/l

$$Ca = \left\{ \frac{C1 \cdot V1 \cdot A}{V0} \right\} \cdot Fc \cdot 1000 \cdot f$$

C1 : concentration exprimé en mole par litre de la solution EDTA soit 0.01 mol/l

V0 : volume en ml de la prise d'essai soit 50 ml

V1 : vol en ml de la solution EDTA

A : masse atomique du calcium 40.08 g

Fc : facteur de correction du titre

F : facteur de dilution

## Détermination de l'indice de permanganate :

### Réactifs :

#### Oxalate de sodium ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_2$ ) :

- Solution mère de 0,05 mol/l ; dissoudre 6,7 g d'oxalate dans de l'eau distillée et jauger à 1000 ml.
- Solution étalon de 5 mmol/l : introduire à l'aide d'une pipette 100 ml de la solution mère dans une fiole et jauger avec l'eau distillée jusqu'à 1000 ml.

#### Permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ):

- **Solution mère de 20 mmol/l ;**

-Dissoudre 3,2 g de permanganate de potassium dans l'eau distillée et jaugée jusqu'à 1000 ml.

-Chauffer la solution à 90 °C pendant 2h, refroidir et stocker pendant au moins 2 jours.

-Décanté la solution claire, Stocker dans une bouteille sombre.

- **Solution titrée à 2 mmol/l:** introduire à l'aide d'une pipette 100 ml de la solution mère dans une fiole et jauger avec l'eau distillée jusqu'à 1000 ml.

**Mode opératoire :**

Introduire 25ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer ;

Ajouter 5 ml d'acide sulfurique et mélanger en agitant doucement ;

Placer l'erlenmeyer sur une plaque chauffante pendant 10 minutes (ébullition de l'échantillon) ;

Ajouter 5 ml de la solution étalon de permanganate de potassium et demarrer le chronométrage ;

Après 10 min ajouter 5 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium et attendre que la solution se décolore.

Titrer pendant que la solution est encore chaude avec la solution étalon de permanganate de potassium jusqu'à apparition d'une coloration rose pale persistante ;

Noter le volume V1 de la solution de permanganate consommé lit sur la burette ;

Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire mais en remplaçant l'échantillon (eau à analyser) par 25 ml d'eau distillée puis noter V0 le volume de la solution de permanganate consommé ;

Ajouter 5ml de la solution d'oxalate de sodium. Réchauffer la solution si nécessaire, a 80°C et titrer a nouveau avec le permanganate jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pale persistante, noter le volume V2 de la solution de permanganate consommée.

Expression des resultats :

Calculer l'indice de permanganate  $I_{Mn}$  exprimé en mg d'oxygene par litre, a l'aide de l'expression suivante :

$$I_{Mn} = \frac{V1 - V0}{V2} f$$

F : facteur en mg/l

**Annexe 2 : Mode opératoire bactériologique :**

**Préparation du milieu de culture :** utiliser un bain marie à une température de 100°C pour faire fondre le flacon contenant la gélose sterile, une fois fondue, maintenir le milieu a 45°C jusqu'à l'utilisation.

**Ensemencement :**

**1- méthode par incorporation :**

- Prendre la boîte de Pétri, et l'étiqueter ;
- Porter aseptiquement 1ml de l'échantillon à analyser ou de ses dilutions décimales sur chaque boîte à ensemercer ;
- Ajouter 15 à 20 ml de milieu fondu et refroidi ;
- Mélanger avec précaution par rotation lente ;
- Laisser solidifier ;
- Retourner la boîte et incuber à la temperature idéale pour le germe;

**Matériels utilisés pour cette méthode :**

- Boite de Pétri : diamètre de 90mm stériles, à usage unique ;
- Pipettes stériles à usage unique ;
- Etuve ;
- Bain d'eau thermostaté ;
- Ben bunsen ;
- Compteur de colonies.

**2- Méthode par filtration sur membrane :**

- Stériliser la rampe de filtration à l'aide d'un Bec Bunsen et laisser refroidir ;
- Prélever le filtre stérile de son emballage à l'aide d'une pince stérilisée (flambée) ;
- Placer le filtre face quadrillée dessus, au centre de la membrane poreuse de la rampe ;
- Fermer l'entonnoir et verser 100 ml de l'échantillon à analyser ;
- Allumer la pompe sous vide et attendre que la totalité de l'échantillon soit filtré ;
- Retirer le filtre avec la pince stérile et le placer dans la boite de Pétri contenant le milieu et s'assurer de ne pas piéger les bulles d'air;
- Incuber la boite de Pétri a la temperature idéale ;

**Matériels utilisés pour cette méthode :**

- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisée à la flamme avant chaque analyse ;
- Pompe sous vide ;
- Bain d'eau thermostaté ;
- Pince ;
- Bec Bunsen ;
- Membrane filtrante stérile de porosité nominale de 0,45µm
- Incubateur ;
- Boite de Pétri de 55mm de diamètre ;
- Conteur de colonies.

**Dénombrement des microorganismes - mode opératoire :**

- I- Microorganismes revivifiables :** le dénombrement se fait une fois par jour comptage des colonies par ensemencement

dans un milieu de culture nutritif gélosé, T.G.E.A gélose a la peptone de caséine, au glucose et à l'extrait de viande en utilisant la méthode par incorporation, et incubation d'une boite de Pétri à une temperature de  $36 \pm 2$  °C pendant  $44 \pm 4$  h et la deuxième boite ensemencé à  $22 \pm 2$ °C pendant  $68 \pm 4$  h.

**Dénombrement et expression des résultats :** retirer les boites des étuves et compter les colonies présentes dans chaque boite, exprimer le résultat en UFC/ml d'échantillon, si les boites ensemencées contiennent plus de 300 colonies, exprimer le résultat sous la forme > 300 colonies.

- II- Entérocoques intestinaux :** ensemencement par la méthode de filtration sur membrane, le filtre est posé sur la gélose de Slanetz et Bartley très sélectif des entérocoques, contient de l'azide de sodium inhibiteur de la flore secondaire, et un additif T.T.C Chlorure Triphényl 2,3,5-Tétrazolium qui est un colorant incolore, qui est réduit en formazan rouge.

**Dénombrement :** après incubation, les entérocoques intestinaux typiques donnent des colonies bombées de taille moyenne, rouge, marron ou rose au centre ou sur l'ensemble de la colonie.

**Confirmation et expression des résultats :** s'il y'a présence de colonies typiques, transférer le filtre au moyen d'une pince stérile, sans le retourner, sur la boîte de Pétri contenant la gélose B.E.A (Bile Esculine Azoture) qui a été placée au préalable dans l'étuve à 44°C pendant 20 minutes, incuber ensuite la boîte ensemencée à 44°C ± 0,5°C pendant 2 h, retirer la boîte de Pétri et compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'esculine positive. L'expression des résultats se fait en UFC/100ml d'eau.

- III- Coliformes et *Escherichia coli* :** méthode par filtration sur membrane, le filtre est posé sur le milieu sélectif, la gélose lactosée contenant l'additif Tergitol 7 (Heptadécylsulfate de sodium), et l'additif T.T.C. Incuber à 36 ± 2°C pendant 22 ± 2h.

**Dénombrement et confirmation :** après incubation, on dénombre les colonies pigmentées en jaune caractéristique du lactose positif. Seront prélevées pour confirmation,

- **Pour les coliformes,** la confirmation est basée sur la recherche de l'enzyme oxydase : repiquage sur gélose T.S.A, incubation à 36 ± 2°C pendant 22 ± 2h, puis on fait le test à l'oxydase en imbibant un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer à l'aide d'une pipette stérile la colonie, la réaction est considérée positive s'il ya apparition d'une couleur violette dans les 30 secondes qui suivent.
- **Pour les *E. coli*,** la confirmation est basée sur la production d'indole et sa mise en évidence : repiquage sur bouillon au tryptophane, incubation à 44 ± 0,5 °C pendant 22 ± 2 h, mise en évidence de la production d'indole en ajoutant quelques gouttes du réactif de Kovacs (apparition d'un anneau rouge brique à la surface).

**Expression des résultats :**

Calcul de la valeur (a) du nombre de bactéries coliformes ou des *E.coli*, le résultat final sera exprimé selon l'équation suivante :

$$a = \frac{b}{A} c$$

b : nombre de colonies répondant positivement aux critères du test de confirmation.

A : nombre de colonies repiquées (5 à 10 colonies)

c : nombre total de colonies caractéristiques (jaunes) trouvées dans la boîte.

**IV- Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices :** méthode par filtration sur membrane, avant l'analyse, il faut sélectionner les spores, en chauffant l'échantillon à  $75 \pm 5^\circ\text{C}$  dans un bain marie pendant 15 minutes, puis refroidir immédiatement sous l'eau du robinet jusqu'à température ambiante afin de détruire les formes végétatives, puis filtrer l'eau au travers d'une membrane de porosité de  $0,22\mu\text{m}$  pour la rétention des spores de bactérie, après filtration, enlever la membrane avec une pince stérile et la placer face supérieure tournée vers le bas dans le fond d'une boîte de Pétri en s'assurant qu'il ne reste pas de bulles d'air sous la membrane, en suite verser soigneusement le milieu de culture gélose Viande Foie additionné d'une ampoule de sulfite de sodium et une ampoule d'alun de fer, jusqu'au rebord de la boîte de Pétri. Puis incuber pendant  $22 \pm 2\text{h}$  (première lecture) et  $44 \pm 4\text{h}$  (deuxième lecture) à  $37^\circ\text{C}$ .

**Dénombrement et expression des résultats :**

La première lecture doit être impérativement faite pour éviter un développement trop important de bactéries, qui engendre la diffusion des halos et une coloration noire uniforme de la membrane rendant le dénombrement impossible en 48h.

Toute colonie noire entourée d'un halo noir est considérée comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice.

Le résultat est exprimé en nombre de spores de germes anaérobies sulfito-réducteurs dans 100 ml d'eau.

**V : Staphylocoques :** L'analyse se fait 4 fois/ an au laboratoire centrale d'Alger « **SEAAL** »

**Annexe 3: JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18 23 MARS 2011**

**PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE (PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES)**

Groupe de paramètres	Paramètres	unités	Valeurs limites
Paramètres organoleptiques	Couleur	Mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à $12^\circ\text{C}$	Taux dilution	4
	Saveur $25^\circ\text{C}$	Taux dilution	4
	Alcalinité	Mg/l en $\text{CaCO}_3$	500
	Calcium	Mg/l en $\text{CaCO}_3$	200

Paramètres physicochimiques en relation avec la structure naturelle de l'eau	Chlorures	Mg/l	500
	Concentration en ions d'hydrogènes	Unité pH	≥6.5 et ≤9
	Conductivité à 20°C	μS/cm	2800
	Dureté	Mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Potassium	Mg/l	12
	Résidu sec	Mg/l	1500
	Sodium	Mg/l	200
	Sulfates	Mg/l	400
	Température	°C	25
Paramètres chimiques	Aluminium	Mg/l	0.2
	Ammonium	Mg/l	0.5
	Baryum	Mg/l	0.7
	Bore	Mg/l	1
	Fer total	Mg/l	0.3
	Fluorures	Mg/l	1.5
	Manganèse	μg/l	50
	Nitrates	Mg/l	50
	Nitrites	Mg/l	0.2
	Oxydabilités	Mg/l O <sub>2</sub>	5
	Phosphore	Mg/l	5
	Acrylamide	μg/l	0.5
	Antimoine	μg/l	20
	Argent	μg/l	100
	Arsenic	μg/l	10
	Cadmium	μg/l	3
	Chrome total	μg/l	50
	Cuivre	μg/l	2
	Cyanure	μg/l	70
	Mercure	μg/l	6
Nickel	μg/l	70	

	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	Mg/l	5
	Chlore	Mg/l	5
Paramètres microbiologiques	<i>Escherichia coli</i>	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices	n/200ml	0

**PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE  
SELON L'OMS 2002 (PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES)**

Elément/ substance	symbole	Concentration normalement trouvée dans les eaux de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0.2 mg/l
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<0.2mg/l (peut aller jusqu'à 0.3 dans une eau anaérobique)	Pas de contrainte
Antimoine	Sb	<0.4 µg/l	0.02mg/l
Arsenic	As		0.01mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0.7 mg/l
Béryllium	Be	<1µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	<1 mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	1µg/l	0.003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur guide mais on peut noter un gout à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr <sup>3+</sup> , Cr <sup>6+</sup>	<2µg/l	Chrome total : 0.05mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu <sup>2+</sup>		2mg/l
Cyanure	CN <sup>-</sup>		0.07mg/l
Oxygène dissous	O <sub>2</sub>		Pas de valeur guide

Fluorure	f-	<1.5mg/l (up to 10)	1.5mg/l
Dureté	Mg/l CaCO <sub>3</sub>		200ppm
Sulfure d'hydrogène	H <sub>2</sub> S		0.05 à 1 mg/l
Fer	Fe	0.5-50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0.01 mg/l
Manganèse	Mn		0.04mg/l
Mercure	Hg	<0.5µg/l	Inorganique : 0.006mg/l
Molybdène	Mb	<0.01mg/l	0.01mg/l
Nickel	Ni	<0.02mg/l	0.07mg/l
Nitrate et nitrite	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>		50 et 3 mg/l exposition a court terme
Turbidité			Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	<<0.01mg/l	0.01mg/l
Argent	Ag	5-50µg/l	0.01mg/l
Sodium	Na	<20 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO <sub>4</sub>		500mg/l
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais un optimum en dessous de 1000 mg/l
Uranium	U		0.015mg/l
Zinc	Zn		3mg/l

**Annexe 4 : Résultats des analyses effectuées au niveau du barrage**

Taksebt durant une période allant de mi avril a mi mai

<b>Paramètre (pH)</b>			<b>Turbidité (NTU)</b>		
<b>Date</b>	<b>Eau brute</b>	<b>Eau traitée</b>	<b>Date</b>	<b>Eau brute</b>	<b>Eau traitée</b>
25-avr-15	7,86	7,69	25-avr-15	3,41	0,22
26-avr-15	7,71	7,66	26-avr-15	3,6	0,35
27-avr-15	7,75	7,67	27-avr-15	2,87	0,18
28-avr-15	7,83	7,73	28-avr-15	2,29	0,22
29-avr-15	7,83	7,7	29-avr-15	2,65	0,21
30-avr-15	7,84	7,69	30-avr-15	2,18	0,16
01-mai-15	7,72	7,68	01-mai-15	2,12	0,2
02-mai-15	7,65	7,62	02-mai-15	2,34	0,17
03-mai-15	7,59	7,55	03-mai-15	3,12	0,21
04-mai-15	7,66	7,59	04-mai-15	2	0,19
05-mai-15	7,72	7,64	05-mai-15	2,45	0,28
06-mai-15	7,67	7,61	06-mai-15	1,98	0,42
07-mai-15	7,67	7,63	07-mai-15	2,01	0,27
08-mai-15	7,74	7,68	08-mai-15	1,82	0,28
09-mai-15	7,78	7,74	09-mai-15	1,7	0,17
10-mai-15	7,8	7,68	10-mai-15	2,27	0,33
11-mai-15	7,71	7,64	11-mai-15	1,69	0,13
12-mai-15	7,65	7,51	12-mai-15	1,97	0,13
13-mai-15	7,8	7,65	13-mai-15	1,81	0,16
14-mai-15	7,6	7,58	14-mai-15	1,99	0,15
15-mai-15	7,97	7,7	15-mai-15	1,56	0,15
16-mai-15	7,82	7,72	16-mai-15	1,55	0,12
17-mai-15	7,58	7,41	17-mai-15	1,8	0,2
18-mai-15	7,7	7,64	18-mai-15	1,67	0,13
19-mai-15	7,61	7,47	19-mai-15	1,89	0,13
20-mai-15	7,64	7,54	20-mai-15	1,87	0,13
21-mai-15	7,74	7,7	21-mai-15	1,98	0,42
22-mai-15	7,81	7,73	22-mai-15	1,74	0,15
23-mai-15	7,82	7,69	23-mai-15	1,69	0,17
24-mai-15	7,75	7,69	24-mai-15	1,5	0,15
	<b>oxygène dissous</b>				
<b>date</b>	<b>Eau brute</b>	<b>Eau traitée</b>			
27-avr-15	5,99	8,41			
28-avr-15	6,32	8,67			
03-mai-15	6,27	7,78			
04-mai-15	6,3	7,74			
04-mai-15	5,98	8,14			
05-mai-15	6,53	8,67			
08-mai-15	6,57	8,48			

10-mai-15	6,32	7,71
11-mai-15	6,31	8,55
12-mai-15	6,17	8,26

Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )			Température		
Date	Eau brute	Eau traitée	Date	Eau brute	Eau traitée
25-avr-15	405	414,5	25-avr-15	14,25	15,45
26-avr-15	405	413,5	26-avr-15	14,3	15,95
27-avr-15	404,5	414,5	27-avr-15	14,65	16,05
28-avr-15	405,5	412	28-avr-15	13,2	16,45
29-avr-15	404	413	29-avr-15	13,6	16,15
30-avr-15	408	415	30-avr-15	13,85	16,05
01-mai-15	406	413	01-mai-15	17,05	17,15
02-mai-15	401	416	02-mai-15	17,35	17,95
03-mai-15	400,5	412	03-mai-15	19,05	20,5
04-mai-15	404	413	04-mai-15	18,15	21,15
05-mai-15	402,5	413,5	05-mai-15	18,15	20,1
06-mai-15	408	408,5	06-mai-15	14,75	17,45
07-mai-15	399,5	410,5	07-mai-15	16,1	17
08-mai-15	407,5	401	08-mai-15	14,95	17,55
09-mai-15	404	403	09-mai-15	14,6	16,5
10-mai-15	407	412,5	10-mai-15	17,25	17,95
11-mai-15	395	412	11-mai-15	16,2	18
12-mai-15	398,5	412	12-mai-15	17,25	19,55
13-mai-15	401	406	13-mai-15	15,05	18,35
14-mai-15	409	408	14-mai-15	15,4	19,25
15-mai-15	399,5	410,5	15-mai-15	14,9	17,3
16-mai-15	410	410	16-mai-15	14,1	15,75
17-mai-15	408	402	17-mai-15	15,95	18,55
18-mai-15	398,5	409,5	18-mai-15	14,4	16,6
19-mai-15	403	410,5	19-mai-15	15,8	18,75
20-mai-15	399,5	404,5	20-mai-15	14,65	17,5
21-mai-15	398	406,5	21-mai-15	13,6	16,6
22-mai-15	386	402,5	22-mai-15	13,75	15,05
23-mai-15	392	391	23-mai-15	15,1	16,35
24-mai-15	381,5	394,50	24-mai-15	14,3	14,8