

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou



**Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques
Département agronomie**

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

THÈME

**ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES EAUX BRUTES ET TRAITÉES DU
BARRAGE DE TAKSEBT**

Réalise par :

Mlle. SABOUN Sadjia

Mlle. FERRAG Lamia

Devant la commission d'examen :

Présidente Mme. BEN AHMED DJILALI A

Maitre de conférences à l'UMMTO

Promoteur Dr. METAHRI Med Said

Maitre de conférences à l'UMMTO

Examinatrice Mme. BERROUANE N

Maitre assistante à l'UMMTO

Promotion 2016 – 2017



Remerciement

En tout premier lieu, on remercie le Dieu, tout puissant, de nous avoir donné la force et l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Nous tenons à remercier notre promoteur Dr. METTAHRI Med Saïd, pour nous avoir encadrés tout au long de ce présent projet, pour sa disponibilité, ses critiques constructives, et ses suggestions pertinentes. Nous vous disons merci infiniment.

Nos remerciements vont également à Mme. Bachatene K, pour ses critiques instructives.

Nos remerciements vont également à Mme. BERROUANE N, d'accepter d'examiner notre travail. Nous tenons ensuite à remercier tous nos enseignants à l'UMMTO.

A nos amis, nous vous disons merci pour tous les moments que nous avons passés ensemble.



Dédicaces

A mes très chers parents en particulier ma chère mère et mon père. Aussi une attention particulière à mon grand père et ma grande mère.

A mes chers frères, à mes chères sœurs et surtout à mon fiancé et à toute ma famille et tout mes amis.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Je dédie ce travail.

FERRAG Lamia

Je dédie ce modeste travail

A mon père, à ma chère mère, à mes chères sœurs et mes chers frères, qui ont été de tout temps, les plus proches, qui n'ont jamais ménagé leurs encouragements et leur soutien avec abnégation et patience.

A tous mes amis (es).

SABOUN Sadjia

Liste des abréviations	1
Liste des figures et tableaux	2
Contexte du travail	4
Problématique et objectifs du travail	5
Organisation du mémoire	5

Chapitre I: Revue bibliographique

Introduction	6
1. Ressources hydriques en Algérie.....	7
1-1. Eaux superficielles.....	7
1-2. Eaux souterraines	8
1-3. Eaux non conventionnelles.....	9
1-3-1. Eaux usées réutilisées.....	9
1-3-2. Dessalement de l'eau de mer.....	10
2. Pollution des eaux.....	11
2-1. Les polluants.....	11
2-1-1.Polluants biologiques.....	11
2-1-1-1. Organismes libres.....	11
2-1-1-2. Agents pathogènes.....	12
2-1-1-2-1. Les helminthes.....	12
2-1-1-2-2. Les protozoaires.....	12
2-1-1-2-3. Les bactéries pathogènes.....	12
2-1-1-2-4. Les virus.....	12
2-1-2.Polluants chimiques.....	12
2-1-2-1.Les composés minéraux toxiques.....	12
2-1-2-1-1.Les métaux lourds.....	13
2-1-2-1-2.Les éléments minéraux nutritifs.....	13
2-1-2-2.Les polluants organiques toxiques.....	13
2-1-2-2-1.Les pesticides.....	13
2-1-2-2-2.Les détergents.....	14
2-1-2-2-3.Les hydrocarbures.....	14
2-1-3.Polluants physiques.....	14
2-1-3-1.Pollution mécanique.....	14
2-1-3-1-1.Les éléments grossiers.....	14
2-1-3-1-2.Les sables.....	14
2-1-3-1-3.Les matières en suspension (MES)	15

2-1-3-2.Pollution thermique.....	15
2-1-3-3.Pollution radioactive.....	15
2-2.Origine de la pollution.....	15
2-2-1.Pollution domestique.....	15
2-2-2.Pollution urbaine.....	15
2-2-3.Pollution agricole.....	16
2-2-4.Pollution industrielle.....	16
2-2-5.Pollution par les eaux pluviales.....	16
2-2-6.Pollution d'origine naturelle.....	16
3. Paramètres de la qualité des eaux.....	17
3-1. Qualité organoleptique.....	17
3-1-1.Couleur.....	17
3-1-2.Odeur et saveur.....	17
3-2. Paramètres physiques.....	17
3-2-1.Température.....	17
3-2-2.Potentille d'hydrogène (pH)	18
3-2-3.Turbidité.....	18
3-2-4.Conductivité électrique.....	18
3-2-5.Matières en suspension.....	19
3-2-6.Salinité, solides totaux dissous (TDS)	19
3-3. Paramètres chimique.....	19
3-3-1.L'alcalinité.....	19
3-3-2.Dureté.....	19
3-3-3.Chlorure : Méthode de Mohr.....	20
3-3-4.Sodium et potassium.....	20
3-3-5.Les sulfates.....	21
3-3-6.Nitrates.....	21
3-3-7.Nitrites.....	21
3-3-8.Fluorures.....	21
3-3-9.Phosphates.....	22
3-3-10.Fer.....	22
3-3-11.Matières organiques.....	22
3-4.Paramètres biologiques et bactériologiques.....	23
3-4-1. Paramètres biologiques.....	23
3-4-1-1.Demande chimique en oxygène (DCO)	24

3-4-1-2. Demande biochimique en oxygène(DBO)	24
3-4-2.Paramètres bactériologiques.....	24
3-4-2-1.Germes totaux.....	24
3-4-2-2.Coliformes totaux	24
3-4-2-3.Coliformes fécaux.....	25
3-4-2-4.Streptocoques fécaux.....	25
3-4-2-5.Salmonella.....	25
3-4-2-6.Recherche de Clostridium sulfito-réducteur.....	26
3-4-3.Flore microbienne de l'eau.....	26
Conclusion.....	26

Chapitre II: Procédés de traitement des eaux brutes

Introduction.....	27
1. Objectifs du traitement.....	28
2. Classification des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire	28
3.Étapes de traitement.....	29
3-1.Prétraitement.....	30
3-1-1. Dégrillage.....	30
3-1-2. Macrotamisage.....	30
3-1-3. Dessablage.....	30
3-1-4. Débourage.....	30
3-1-5. Microtamisage.....	31
3-1-6. Dégraissage et déshuilage.....	31
3-1-7. Aération.....	31
3-2.Pré-oxydation.....	31
3-2-1.Pré-chloration.....	31
3-2-2.Dioxyde de chlore.....	32
3-2-3.Pré-ozonation.....	32
3-3.Clarification.....	32
3-3-1.Coagulation-Floculation.....	32
3-3-2. Décantation.....	33
3-3-2-1.Décanteurs statiques.....	33
3-3-2-2.Décanteurs à contact de boues.....	33
3-3-3. Flottation.....	34
3-3-4.La filtration.....	34
3-4.Désinfection.....	34

3-4-1. Désinfectants	34
3-4-2. Temps de contact.....	35
3-4-3. Concentration désinfectants.....	35
3-5. Affinage.....	35
3-6. Stockage.....	36
Conclusion.....	36

Chapitre III: Étude expérimentale

Introduction.....	37
1. Situation géographique du barrage de Taksebt.....	37
2. Présentation de la station de potabilisation.....	38
3. Processus de traitement dans la station Taksebt.....	39
3-1. Dissipation, mélange et répartition	40
3-2. La décantation	41
3-3. La filtration	42
3-4. Désinfection et stockage de l'eau traitée	44
3-5. Réservoir d'eau traitée et chambre de sortie	44
3-6. Traitement des boues	45
4. Mode opératoire et méthodes d'analyse	45
4-1. Caractère physico-chimiques.....	46
4-1-1. Température	46
4-1-2. pH	47
4-1-3. Conductivité électrique.....	47
4-1-4. Chlore	47
4-1-5. Oxygène dissous.....	48
4-1-6. Turbidité	48
4-1-7. Couleur	49
4-2. Paramètres indésirables	49
4-2-1. Ammonium	49
4-2-2. Aluminium	49
4-2-3. Nitrite	50
4-3. Analyse bactériologique	50
5. Résultats.....	51
5-1. Paramètres physico-chimiques	51
5-1-1. Température.....	51
5-1-2. pH.....	51

5-1-3. Conductivité électrique CE	52
5-1-4. Chlore.....	52
5-1-5. Oxygène dissous.....	52
5-1-6. Turbidité.....	52
5-1-7. Couleur.....	53
5-2. Paramètres de pollution et indésirables	53
5-2-1. Ammonium	53
5-2-2. Aluminium.....	53
5-2-3. Nitrite.....	53
5-2-4. Analyse bactériologique	54
6. Interprétation des résultats	54
6-1. Paramètres physico-chimiques.....	54
6-1-1. Température.....	54
6-1-2. pH.....	54
6-1-3. Conductivité électrique CE	55
6-1-4. Chlore	55
6-1-5. Oxygène dissous.....	56
6-1-6. Turbidité	56
6-1-7. Couleur.....	57
6-2. Paramètres indésirables.....	57
6-2-1. Ammonium.....	57
6-2-2. Aluminium	58
6-2-3. Nitrites.....	58
Conclusion	59
Conclusion générale	60
Annexe.....	62
Références Bibliographiques.....	64

Liste d'abréviation

ANRH : Agence Nationale des ressources hydrauliques.
ADN : acide désoxyribonucléique
ANAT : L'Agence Nationale d'Aménagement du Territoire
AFNOR : Association française de normalisation
CDC : Center for Disease Control
CEE : Communauté Economique Européenne.
CMA : Concentration Maximale Admissible.
DCO : Demande chimique en oxygène
DBO : Demande biochimique en oxygène
DBO5 : La Demande Biologique En Oxygène
EDTA : acide éthylène diamine tétracétique
µs/cm : micro-siémens par centimètre.
MES : Matières En Suspension
MO : Matière Organique.
NA: Norme Algérienne.
NG : Niveau Guide.
NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique
OMS : Organisation Mondiale de la Santé.
PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement
TDS : Taux des Sels Dissous.
TAC : Titre Alcalimétrique Complet.
TA : Titre Alcalimétrique
CE: Conductivité électrique
ptco: Unité Platine Cobalt

Liste des figures

FIGURE 01: SCHEMA CLASSIQUE D'UNE STATION DE POTABILISATION DES EAUX DE SURFACE.....	29
FIGURE 02: LOCALISATION DU BARRAGE DE TAKSEBT (SOURCE GOOGLE MAP)	37
FIGURE 03 : STATION DE TRAITEMENT TAKSEBT	38
FIGURE 04: SCHEMA DU FONCTIONNEMENT DE LA STATION DU TRAITEMENT DES EAUX TAKSEBT	39
FIGURE 05: OUVRAGE DE REPARTITION D'EAU	41
FIGURE 06 : LES DECANTEURS	41
FIGURE 07 : FILTRES DE LA STATION	43
FIGURE 08 : TRAITEMENT DES BOUES	45
FIGURE 09: ROBINET DE PRELEVEMENT	46
FIGURE 10: CONDUCTIMETRE	46
FIGURE 11 : CONDUCTIMETRE	47
FIGURE 12: DPD.....	48
FIGURE 13: SPECTROPHOTOMETRE	48
FIGURE 14: OXYGENE METRE.....	48
FIGURE 15: TURBIDIMETRE	48
FIGURE 16: DOSAGE D'AMMONIUM	49
FIGURE 17: REACTIF A ET REACTIF B	50
FIGURE 18: DOSAGE DE NITRITE	50
FIGURE 19: VARIATION DE LA TEMPERATURE DES ECHANTILLONS D'EAU	54
FIGURE 20 : VARIATION DU PH DES ECHANTILLONS D'EAU.....	54
FIGURE 21 : VARIATION DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE DES ECHANTILLONS D'EAU	55
FIGURE 22: VARIATION DES TENEURS EN CHLORE DES ECHANTILLONS D'EAU.....	55
FIGURE 23: VARIATIONS MENSUELLES DES TENEURES EN O2 DISSOUS DES ECHANTILLONS D'EAU.....	56
FIGURE 24 : VARIATION DE LA TURBIDITE DES ECHANTILLONS D'EAU	56
FIGURE 25 : VARIATION DE LA COULEUR DES ECHANTILLONS D'EAU.....	57
FIGURE 26: DOSAGE D'AMMONIUM.....	57
FIGURE 27: VARIATION DES TENEURS EN ALUMINIUM DES ECHANTILLONS D'EAU.....	58
FIGURE 28 : DOSAGE DE NITRITE	58

Liste des tableaux

TABLEAU 01: LES PRINCIPAUX OUEDS EXOREIQUES DE L'ALGERIE DU NORD ET LEURS APPORTS ANNUELS.....	9
TABLEAU 02: RELATION ENTRE DURETE DE L'EAU ET CONCENTRATION EQUIVALENTE EN CaCO3.....	20
TABLEAU 03 : NORMES ET RECOMMANDATION POUR LA MINERALISATION GLOBALE DES EAUX POTABLES.....	23
TABLEAU 04 : NORMES ET RECOMMANDATIONS LES PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES DE L'EAU POTABLE.....	21
TABLEAU 05 : VARIATION DE LA TEMPERATURE DES ECHANTILLONS D'EAU	51
TABLEAU 06 : VARIATION DU PH DES ECHANTILLONS D'EAU.....	51
TABLEAU 07: VARIATION DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE DES ECHANTILLONS D'EAU.....	52
TABLEAU 08 : VARIATION DES TENEURS EN CHLORE DES ECHANTILLONS D'EAU	52
TABLEAU 09: VARIATIONS MENSUELLES DES TENEURES EN O2 DISSOUS DES ECHANTILLONS D'EAU.....	52
TABLEAU 10: VARIATION DE LA TURBIDITE DES ECHANTILLONS D'EAU	52
TABLEAU 11 : VARIATION DE LA COULEUR DES ECHANTILLONS D'EAU.....	53
TABLEAU 12: DOSAGE D'AMMONIUM	53
TABLEAU 13: VARIATION DES TENEURS EN ALUMINIUM DES ECHANTILLONS D'EAU.....	53
TABLEAU 14 : DOSAGE DE NITRITE	53

Contexte du travail

L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la Catégorie des pays hydro-sensibles, les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à savoir 1700 m^3 par habitant et par an. Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m^3 , elle n'était plus que de 720 m^3 en 1990, 680 m^3 en 1995, 630 m^3 en 1998, 500 m^3 elle ne sera que de 300 m^3 en 2020. La disponibilité en eau potable en Algérie en $\text{m}^3/\text{habitant}/\text{an}$ dépassera légèrement le seuil des $300 \text{ m}^3/\text{ha}$ [PNUD, 09].

La politique de l'eau en Algérie exige plus que jamais, la redynamisation et la valorisation des ressources hydriques. Cela, par la mise en place de nouvelles stratégies dans le domaine de la mobilisation et de la distribution de l'eau potable, d'épuration des eaux usées, du dessalement des eaux de mer et de la protection des ressources conventionnelles et non conventionnelles. Les efforts entrepris, par l'Algérie, ont permis d'enregistrer des améliorations significatives. Les autorités algériennes ont donc engagé une réforme sectorielle visant à accroître les investissements et à améliorer la gestion du secteur de l'eau. L'un des volets importants de ce programme est la mobilisation de nouvelles ressources en eau pour couvrir les besoins des trois wilayas d'Alger, de Boumerdes et de Tizi-Ouzou. Ce programme comprenait la construction du barrage de Taksebt et l'aménagement de son infrastructure de traitement et d'adduction.

Une station de traitement d'eau du barrage de Taksebt d'une capacité de $600\,000 \text{ m}^3/\text{j}$ est mise en service en juillet 2008, construite par SNC LAVALIN / DEGREMONT puis exploitée par SNC LAVALIN jusqu'en 2013. Elle a été reprise en gestion par la Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL) le 18 juillet 2013 et est désormais le plus important ouvrage de traitement d'eau géré par SEAAL. C'est aussi l'une des plus importantes stations de traitement d'eau potable algérienne. Elle a une vocation régionale, puisqu'elle assure l'approvisionnement pour les trois wilayas citées auparavant.

C'est dans cette optique de prévision d'une eau de qualité irréprochable afin d'agrémenter le consommateur et de prévention contre toutes anomalies de fonctionnement de cette station que s'inscrit notre modeste travail.

Problématique et Objectifs du travail

La phase d'évaluation de la qualité des eaux brutes et traitées dans la station de traitement de Taksebt est très importante. Les critères de qualité de l'eau sont un des outils de référence pour cette évaluation. Ainsi, notre travail consiste à étudier la qualité de l'eau brute et traitée dans cette station afin de suggérer des améliorations dans le processus de traitement et de surveiller de près le devenir des produits de traitement.

Cette étude doit permettre:

- La caractérisation précise de l'eau du barrage de Taksebt,
- Dresser un état des lieux du site d'étude et schématiser les étapes de traitement,
- Analyser les paramètres de qualité et les approches utilisés,
- Proposer une perspective d'amélioration de la qualité des eaux brutes et traitées.

Organisation du mémoire

Ce document décrit et détaille le travail que nous avons réalisé. Il est composé de deux parties :

La première partie comporte deux chapitres : le premier chapitre introduit une synthèse bibliographique sur les ressources hydriques en Algérie. Il met l'accent sur ses caractéristiques, les différentes origines de la pollution. Enfin une partie de ce chapitre est consacrée à l'étude des critères et principales approches d'aide à la décision utilisés pour évaluer la qualité d'une eau traitée. Il décrit les indicateurs qui nous ont servis comme référence pour notre analyse et suggestion d'amélioration. Le deuxième chapitre aborde les étapes d'un processus de traitement des eaux de surface.

La seconde partie concerne la présentation de notre démarche pratique. Elle comporte deux chapitres : le premier, présente le site d'étude. Cela consiste, entre autres, en l'identification de la situation géographique du barrage de Taksebt ainsi que une brève présentation de la société d'accueil SEAAL. Le second chapitre décrit le matériel et méthodes utilisés pour l'analyse de la qualité d'un échantillon d'une eau brute et traitée. Enfin, nous terminons par un retour d'expérience pour discuter la qualité de l'eau brute et traitée en se basant sur les normes. Notre document comporte aussi une liste des références bibliographiques utilisées et des annexes sur la thématique étudiée.

Introduction

L'Algérie qui est un pays dont le climat a une dominance aride en été et tempéré humide en hiver. La tranche pluviométrique varie entre 200 à 400 mm/an selon les régions. C'est le Nord du pays qui dispose de la presque totalité des ressources en eaux superficielles et souterraines renouvelables. L'apport principal en eau provient des eaux superficielles, mais les pluies sont très irrégulières et mal distribuées à travers le pays et n'offrent donc qu'un très faible taux d'utilisation.

L'apport total en eau de pluie dans le Nord Algérien a été estimé pour la première fois, lors du Congrès de la géologie d'Alger en 1952, à environ 65 milliards de m³. On estime qu'une grande proportion d'eau de pluie s'évapore (47 milliards de m³), une très faible quantité d'eau s'infiltré vers les nappes souterraines (3 milliards de m³) et le reste, soit environ 15 milliards de m³ d'eau de pluie ruissellent à la surface des terres. Ce ruissellement important est à l'origine, à son tour, chaque année, d'une forte érosion des sols [ARRUS, 85].

L'analyse de ces chiffres montre donc que les ressources en eau se caractérisent par une faiblesse des infiltrations de l'eau de pluie dans le sol. On remarque également que d'importantes quantités d'eau de ruissellement se perdent ou contribuent à la dégradation des terres cultivables surtout dans les versants montagneux.

Par rapport à la totalité du pays, il faut souligner que le Tell ne représente en fait que 7% de la surface totale du pays, mais reçoit 92% des pluies, alors que le reste du territoire, en particulier le Sahara, les Hauts plateaux et la steppe, qui constituent 93% de la superficie du pays, ne bénéficient que de 8% des chutes pluies [ANAT, 93].

Les progrès de la recherche en hydrogéologie et la multiplication des stations de mesures réparties à travers le pays, ont permis au Ministère de ressources en eau d'avoir de nouvelles estimations à semi-aride l'année 1987. Selon ces nouvelles estimations, les potentialités totales en eau mobilisables dans le pays avoisinent 16 milliards de m³ par an. Récemment, de nouvelles analyses prévisionnelles des ressources en eau en Algérie ont montré qu'elles peuvent s'élever à environ 19,1 milliards de m³, dont 6,7 milliards sous forme d'eaux souterraines, soit 30% et 12,4 milliards en eaux de surface (70%) [FEM/PNUD, 98].

On remarque que les ressources souterraines qui sont plus stables, sont beaucoup moins importantes par rapport aux eaux superficielles. A titre de comparaison, dans les pays Européens, les nappes souterraines représentent 60% des ressources hydriques utilisées pour l'alimentation en eau de la population.

1. Ressources hydriques en Algérie

En Algérie, la population était de 23 millions en 1987, et sera de 46 millions en 2020, soit une consommation en eau potable et industrielle de l'ordre de 6 milliards de m³/an, alors que la mobilisation réelle, à l'époque, était à peine de 3 milliards de m³. Cela signifie qu'il fallait mobiliser, uniquement pour ces deux secteurs, 3 milliards de m³ supplémentaires, sans inclure les eaux d'irrigations ni les fuites dans les conduites, soit au total 10 milliards de m³ d'eau, un réel défi à relever mais surtout une stratégie et une politique à définir.

1-1. Eaux superficielles

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface. Elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux puis de rivière. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (O₂, N₂, CO₂) [SARI H., 14].

Sur le plan bactériologique, les eaux de surface sont contaminées plus ou moins par des bactéries (dont certaines pathogènes) et des virus. D'une manière générale, on doit considérer que les eaux de surface sont très rarement utilisables pour les besoins industriels et, a fortiori, pour la production d'eau potable à l'état brut, elles doivent être soumises à des traitements de purification qui dans certains cas peuvent être particulièrement sophistiqués [BERNE. F, JEAN. C, 91].

L'Algérie septentrionale présente un climat semi-aride qui se caractérise par une forte irrégularité pluviométrique. D'une manière générale, les bassins versants sont imperméables [ANRH, 93]. Ce qui donne sur le plan des régimes hydrologiques:

- une extrême irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements qui est accentuée par de longues périodes de sécheresse;
- des crues violentes et rapides;
- une érosion intense et des transports solides importants.

Dans ce cadre le territoire algérien a été subdivisé en cinq grands bassins versants (régions hydrographiques) qui sont: Oranie- Chott Chergui, Cheliff-Zahrez, Algérois- Hodna- Soummam, Constantinois-Seybouse-Mellegue, Sahara et dont les limites ne correspondent pas nécessairement aux limites administratives des communes et wilayas. Actuellement, plus 75 barrages sont en exploitation sur l'ensemble du territoire national pour une capacité de quelque 12 milliards de m³ contre 44 barrages (3,3 milliards m³) en 1999.

1-2. Eaux souterraines

Les eaux qui ne sont ni ré évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes [MEROUANI M, 13]. Les eaux souterraines constituent un capital essentiel pour l'alimentation en eau potable. Le capital en eaux souterraines, estimé à travers le pays à 6,7 milliards de m³, est mal réparti. A peine 25% des eaux souterraines sont localisées au Nord du pays, là où vit plus de 70% de la population.

Par rapport au volume des précipitations annuelles qui est relativement faible, les perspectives de développement des eaux souterraines resteront relativement limitées dans le Nord du pays. Par ailleurs, la plupart des nappes souterraines en Algérie sont largement mobilisées et souvent surexploitées (plaine de la Mitidja, Tlemcen, ...). En plus, dans certaines régions à vocation agricole, les nappes ont atteint un seuil critique de pollution chimique. Au sud du pays, au Sahara, l'essentiel des ressources souterraines est constitué par le système hydrogéologique des eaux fossiles qui sont des eaux non renouvelables. Leur quantité a été évaluée à plus 4900 Milliards de m³ [BENLALA, 95].

Comparativement aux autres pays du Maghreb, la mobilisation se fait essentiellement par les barrages dont on dénombre plus de 100 ouvrages à travers le pays, 81 d'entre eux sont encore en exploitation mais de manière relativement réduite (envasement, absence de maintenance...), environ 10 barrages à travers le pays sont totalement envasés. 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, 13].

Le tableau 01 suivant montre les principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

Tableau 01 : Les principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines
[DEGREMONT, 89]

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liées surtout aux matières en solution (acides humique...)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets....	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et Manganèse dissous	Généralement absents	Généralement présents
nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Eléments vivants	Bactéries, virus	Ferrobactéries fréquentes

1-3. Eaux non conventionnelles

Il s'agit de ressources hydriques réutilisées ou recueillies indirectement.

1-3-1. Eaux usées réutilisées

Une grande proportion des ressources en eau utilisées par l'homme sont polluées par les activités humaines. Il s'agit d'eaux usées qui sont souvent déversées directement dans le milieu naturel. De faibles quantités d'eaux usées sont récupérées. Environ 35% des ressources en eau consommées dans les pays développés, sont purifiées pour être réutilisées. Dans le reste du monde, une grande partie des eaux résiduelles est rejetée directement dans le milieu naturel (la mer, les rivières, les lacs....) aggravant encore plus les problèmes de pollution et de dégradation de l'environnement. En tant que substitut de l'eau douce, pour l'industrie, l'irrigation et l'agriculture, les eaux usées peuvent jouer un rôle important dans la préservation des ressources en eau et surtout dans la protection de l'environnement. En réservant l'eau douce et fraîche pour la boisson, les besoins domestiques et autres besoins prioritaires, les eaux usées que l'on recueille en grande quantité surtout dans les grandes villes, peuvent être réutilisées, ce qui présentera un avantage économique certain.

En Algérie, la forte croissance de l'urbanisation et de l'activité industrielle a généré une production importante d'eaux usées qui peuvent constituer une ressource non négligeable d'eau réutilisée. Néanmoins, la capacité totale des installations d'épuration des eaux usées et industrielles reste négligeable.

1-3-2. Dessalement de l'eau de mer

Le dessalement de l'eau de mer est considéré comme une option stratégique susceptible d'offrir de l'eau potable dans de conditions économiques et écologiques acceptables pour les populations. Toutefois, il ne faut pas trop compter sur les capacités de retenue des eaux superficielles restant tributaires de la clémence de la pluviosité, en nette régression ces dernières années. Ainsi tout un programme de réalisation d'unités de dessalement de l'eau de mer a été lancé et déjà quelques-unes sont en phase de production. Les autorités du secteur des ressources hydrique en Algérie se sont rendus à l'évidence que le pays est en proie à une exceptionnelle sécheresse depuis une vingtaine d'années, d'autres part, l'accroissement rapide de la demande en eau dans le secteur de l'agriculture pour l'irrigation, de l'industrie et les besoins incompressibles et en croissance de la population, une équation qu'il fallait, au plus vite, résoudre pour assurer une alimentation pérenne en eau potable et, de là, le choix de se tourner vers la mer devenait inéluctable.

D'autant plus que ce choix ne saurait souffrir d'aucune opposition, si on met en avant la donnée suivante : plus de la moitié de la population réside sur la bande littorale, longue de 1 200 km. Ainsi cette option stratégique s'est vue consolidée par la réforme institutionnelle engagée dans le secteur en 2001 et où il a été retenu la réalisation sur budget de l'Etat et dont l'Algérienne des eaux est l'agent exécutant de 21 petites stations. Parmi les différents procédés du dessalement (procédé d'électrodialyse, procédé d'osmose inverse, procédé de distillation), la technologie de l'osmose inverse a été retenue par l'Algérie pour la réalisation de ses stations de dessalement de l'eau de mer. Cette technique moderne présente des avantages telles que ; l'intérêt du coût d'investissement, la faible consommation d'énergie et enfin la qualité de l'eau produite.

Du point de vue quantitatif, les ressources hydriques de l'Algérie du Nord sont limitées. Si les autres paramètres du milieu, taux démographique, urbanisation, pratiques agricoles, suivent leur évolution prévisible; l'écart entre les ressources disponibles et les besoins ira en croissant dans les prochaines années. Il est par conséquent urgent de mobiliser toutes les ressources. Du point de vue qualitatif les eaux qu'elles soient de surface ou souterraines, se dégradent de façon continue en liaison avec l'environnement.

2. Pollution des eaux

La protection de la ressource en eau s'apprécie en termes qualitatif et quantitatif. La pollution des eaux est définie comme « tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines » [DEJOUX C, 88].

2-1. Les polluants

La pollution d'eau est une altération des qualités naturelles (physiques et chimiques) d'une eau. C'est à la fois l'action et les processus de dégradation des qualités de l'eau. La pollution des eaux souterraines entraîne le risque permanent de limitation de cette ressource dans un proche avenir. Elle résulte essentiellement de l'activité humaine indépendamment de la détérioration naturelle liée aux facteurs géologiques. [BOUCENNA F., 09]. Les principales manifestations de la pollution des eaux de surface sont de nature chimique ou biologique et peuvent être pathogènes pour l'homme, La plupart des sources d'eau potables sont contaminées propagation des grandes épidémies (peste, choléra, typhoïde....etc) [KHALID A., 07].

Il existe plusieurs manières de classer la pollution. Selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories : pollution biologique, pollution chimique et pollution physique.

2-1-1. Polluants biologiques

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons, efflorescences planctoniques....etc) [OUBAGHA N., 11]. Ils comprennent les organismes libres et les agents pathogènes.

2-1-1-1. Organismes libres

Les principaux organismes libres présents dans l'eau, sont : le plancton, les macro-invertébrés et les micro-organismes. Ces derniers se subdivisent en :

- micro-organismes observés sur les parois des réservoirs
- micro-organismes des eaux de surface
- micro-organismes des eaux propres
- micro-organismes responsables de certains goûts et odeurs
- micro-organismes responsables du colmatage des filtres. [COX. CHARLES R, 67]

2-1-1-2. Agents pathogènes

Sont les helminthes, les protozoaires, les bactéries pathogènes, les virus.

2-1-1-2-1. Les helminthes : Les helminthes les plus rencontrés sont : ascaris, oxyure, trichocéphale etc.

2-1-1-2-2. Les protozoaires : L'espèce pathogène comme l'Entamoeba histolytica, provoque la dysenterie amibienne [FEACHEM R.G, 83]

2-1-1-2-3. Les bactéries pathogènes : Certaines de ces bactéries, de part leur nombre et leur omniprésence dans les matières fécales humaines, sont souvent utilisées comme des indicateurs de la pollution fécale [DRAPEAU A, 77].

2-1-1-2-4. Les virus : De nombreux virus peuvent infecter une personne et être transmis à de nouveaux hôtes à travers les fèces par voie digestive. Un gramme de fèces peut contenir jusqu'à 10⁹ particules virales infectieuses. [FEACHEM R.G, 83]. Cinq groupes de virus pathogènes sont particulièrement importants sur le plan sanitaire et sont responsables de maladies telles que la poliomyélite, la méningite, l'hépatite infectieuse, etc.

2-1-2. Polluants chimiques

Certains éléments chimiques qui se trouvent dans l'eau sont utiles et même indispensables à la santé de l'homme à faibles concentrations mais peuvent devenir toxiques lorsqu'ils sont absorbés en très grande quantité. Ils comprennent les sels minéraux et les composés toxiques. Ce sont des polluants majeurs des cours d'eau par leur abondance et leurs effets biologiques.

2-1-2-1. Les composés minéraux toxiques

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs [MAYET., 94].

L'eau étant un très bon solvant permettra la mise en solution de nombreux composés avec lesquels elle sera en contact. La dissolution des sels, la corrosion des métaux et dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certaines formes de pollution dont les plus représentatives sont : la température, pH, sels, nitrates (NO⁻³), chlorures, sulfates (SO⁻⁴), métaux lourds.

2-1-2-1-1. Les métaux lourds

Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique [KECK., 00].

2-1-2-1-2. Les éléments minéraux nutritifs

Nitrates et phosphates : provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques [MAYET., 94], il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques.

2-1-2-2. Les polluants organiques toxiques

Ce sont principalement les pesticides, les détergents et les hydrocarbures. Ces derniers ne sont pas toxiques mais ils favorisent l'assimilation des substances toxiques. C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestique (déjections humaines, graisses,...etc.). La première conséquence de cette pollution consommation d'oxygène dissous de ces eaux.

2-1-2-2-1. Les pesticides

On désigne généralement les pesticides comme, des produits utilisés pour lutter contre les organismes portant atteinte à la santé publique ou s'attaquant à tous les stades et de toutes les manières aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie ou encore à la conservation de l'environnement. D'après leurs usages, les pesticides sont classés de la manière suivante : les insecticides, les fongicides, les nématicides, les rodenticides, les herbicides, les acaricides etc. Les sources de pollution sont :

- les industries fabricant les pesticides ;
- l'utilisation des pesticides en agriculture et en santé publique ;
- le lessivage des terrains traités par les eaux de pluie.

Les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants :

- permanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaires ;
- rupture de l'équilibre naturel.

En plus de la toxicité aiguë, il faut tenir compte à long terme des actions cancérigènes, mutagènes et tératogènes de certains pesticides [RODIER J, 84].

2-1-2-2-2. Les détergents

On désigne par détergents (du latin « detergere » : nettoyer), les produits susceptibles de permettre des opérations de nettoyage. Les détergents sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluents urbains et industriels.

Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont :

- L'apparition de goût de savon ;
- La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle ;
- Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau, même en l'absence de mousse, par création d'un film interfacial. [RODIER J, 84]

2-1-2-2-3. Les hydrocarbures

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inférieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère [ENCYCLOPEDIE., 95].

2-1-3. Polluants physiques

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution nucléaire (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) [MEROUANI, 13].

2-1-3-1. Pollution mécanique

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES [GALAF., 03].

2-1-3-1-1. Les éléments grossiers

Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont général : les brindilles, les feuilles, les arbres... et c.

2-1-3-1-2. Les sables

Les sables sont des particules minérales d'une certaine dimension. Ils sont généralement à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2,5 à 2.6g/cm³, ce qui permet leur élimination par simple décantation [MIZI ABDELKADER, 06].

2-1-3-1-3. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très diverses tant par leur nature que leur dimension. Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de micro-organismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux [MARCEL DORE, 89].

2-1-3-2. Pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries.); l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution [GALAF., 03].

2-1-3-3. Pollution radioactive

La pollution des eaux de surface par des substances radioactives pose un problème de plus en plus grave, imputable au fonctionnement des réacteurs, à l'utilisation des isotopes radioactifs en médecine, dans l'industrie et dans diverses autres branches d'activité civile et aux «retombées» provenant des essais d'armes nucléaires. On s'efforce actuellement par tous les moyens de prévenir la pénétration de déchets concentrés dans les eaux de surface, mais les eaux de refroidissement des réacteurs entraînent de faibles quantités de matières radioactives [COX. CHARLES R, 67].

2-2. Origine de la pollution

Selon l'origine de la pollution, on distingue plusieurs catégories : pollution domestique, urbaine, agricole et pollution industrielle, pluviales et d'origine naturelle.

2-2-1. Pollution domestique

La pollution domestique se caractérise par la présence des germe fécaux, de fortes teneurs en matières organique, des sels minéraux et des détergent, elle peut être responsable de l'altération des condition de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières [AISSAOUI A., 13]. Elle est due principalement aux rejets domestiques (eaux de lavage, huiles de vidange, matières fécales, etc.).

2-2-2. Pollution urbaine

Ce sont les eaux des habitations et des commerces qui entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération notamment des rejets

industriels rejetés par les entreprises en quantités variables selon l'importance de l'agglomération et son activité [MELGHIT M., 12].

2-2-3.Pollution agricole

L'agriculture, l'élevage, l'aquaculture et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates. Utilisation des engrais en agriculture: La modernisation de l'agriculture et son intensification ont été généralement accompagnées d'une utilisation abusive et non rationnelle des engrais azotés, notamment. Utilisation des pesticides en agriculture: les pesticides sont utilisés en agriculture pour protéger les cultures et les récoltes contre les insectes prédateurs afin d'augmenter les rendements [MELGHIT M., 12].

2-2-4.Pollution industrielle

Le développement accéléré des techniques industrielles modernes a engendré une pollution très importante. En effet, celle-ci est devenue plus massive, plus variée et plus insidieuse. Devant l'extrême diversité de ces rejets, une investigation propre à chaque type d'industrie est nécessaire: il est donc primordial d'être parfaitement informé sur les procédés de fabrication et le circuit des réactifs et des produits [OUBAGHA N., 11].

2-2-5.Pollution par les eaux pluviales

Il ne faut pas oublier par ailleurs la pollution générée par les eaux pluviales. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles).

2-2-6.Pollution d'origine naturelle

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau potable. L'eau souterraine est particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes [DJABRI L, 96].

On ne peut parler de la lutte contre la pollution en Algérie, on n'est pas encore à ce stade. Par contre, on est au stade du constat des différentes pollutions notamment par le biais des maladies hydriques. Chaque année, durant les saisons chaudes et sèches, des épidémies se déclarent çà et là. Le développement socio-économique et l'urbanisation rapide ont eu un impact néfaste sur la qualité des ressources en eau. De nombreux cas de pollution industrielle et urbaine ont été observés en l'occurrence au niveau des barrages, des eaux souterraines et des cours d'eau. Ces derniers sont

l'exutoire de rejets extrêmement polluants. Un réseau de surveillance de la pollution a été réalisé au niveau de plusieurs stations à travers le pays. Toutefois, il ne concerne que les eaux superficielles. Une trentaine de paramètres physico-chimiques et bactériologiques permettent le contrôle de la pollution.

3. Paramètres de la qualité des eaux

L'estimation de la pollution est un problème complexe et délicat qui fait appel à des dosages et des tests de différents paramètres servant à caractériser de manière globale et pertinente le niveau de la pollution présente dans les effluents [KOLLER, 04], [BOTTA,01]. Parmi ces paramètres on cite les plus importants:

3-1. Qualité organoleptique

3-1-1.Couleur

Paramètre traduisant une nuisance d'ordre esthétique, la coloration des eaux peut : avoir une origine naturelle (présence de fer et de manganèse dans les eaux profondes, de substances humiques dans les eaux de surface). Être une des conséquences du phénomène d'eutrophisation (développement excessif d'algues et de plancton) des lacs, étangs, barrages,...etc. Avoir une origine industrielle chimique (colorants des tanneries et de l'industrie textile d'impression et teintures) [MOKEDDEM, 05].

3-1-2.Odeur et saveur

L'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition en quantité souvent si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler. Toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous. Si elle renferme une trop grande quantité de chlore, l'eau aura une saveur saumâtre, si elle contient de forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un goût amer [BOUZIANI, 00].

3-2. Paramètres physiques

3-2-1.Température

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond [RODIER, 97]. Selon

leurs températures, les eaux naturelles sont classées comme suit ; hypothermies, hyperthermies [MOKEDDEM, 05].

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un thermomètre incorporé à l'oxymétrie étalonné avant chaque manipulation. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (°C).

3-2-2.Potentille d'hydrogène (pH)

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène (H^+), il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de la signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous [ABDESSELEM, 99].

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électro-métrique avec électrode combinée selon la norme AFNOR. Cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon, (une électrode spécifique) [LAZHAR G., 11].

3-2-3.Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale [REJSEK., 05]. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU [JEAN-CLAUDE, 93].

3-2-4.Conductivité électrique

La conductivité (en $\mu s/cm$) indique la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Elle dépend de la présence des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), le bicarbonate (HCO_3^-), le sulfate (SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl^-), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée, ainsi que de la température à laquelle s'opère la mesure. La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement, mais approximativement la minéralisation globale de l'eau. Elle s'effectue à l'aide d'un conductimètre [MBEUKAM K. E., 13].

3-2-5. Matières en suspension

Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire. Mesuré par peser après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C. Les procédés de séparation par filtration font appel, soit à des disques en fibres de verre, soit à des couches d'amiante. La méthode par centrifugation est plus particulièrement réservée au cas où les méthodes par filtration ne sont pas applicables par suite d'un risque élevé de colmatage des filtres. [KOLLER, 04].

3-2-6. Salinité, solides totaux dissous (TDS)

La salinité traduit le caractère salin de l'eau. Les solides totaux dissous traduisent l'ensemble de solides dissous dans une eau. La mesure de tous ces paramètres se fait à l'aide du TDS /conductimètre [BOUCHAR F., 10].

3-3. Paramètres chimique

3-3.1. L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-). Autrement dit, on est amené à considérer deux types d'alcalinité qui correspondent, encore une fois à deux bornes de pH :

- alcalinité au virage du rouge de méthyle : elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} et OH^- . Cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet TAC.
- alcalinité au point de virage de la phénophtaléine (alcalinité composite) : elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions 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) [RONALAD, 03].

3-3-2. Dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau [GUILBERT, 00]. Une eau à titre hydrotimétrie élevée est dit « dure » dans le cas contraire il s'agit d'une « douce » [RODIER, 96]. Le tableau 02 suivant montre la relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO_3 .

Tableau 02: Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO_3

Dureté de l'eau	Concentration en mg/l
Eau douce	0 à 60 mg/l
Eau moyennement douce	60 à 120 mg/l
Eau dure	120 à 180 mg/l
Eau très dure	Plus de 180 mg/l

Une dureté supérieure 200 mg/L peut provoquer l'entartrage du système de distribution et entraîner une consommation excessive de savon avec formation d'écume. [OMS, 87].

La concentration du calcium dans l'eau de consommation n'est pas généralement élevée par rapport au besoin journalier (2 g/j).

Dans une eau naturelle, on peut distinguer différents types de dureté:

- Dureté totale : somme des concentrations en calcium et magnésium ;
- Dureté calcique : concentration globale en calcium ;
- Dureté magnésienne : concentration globale en magnésium.

La mesure de la dureté se fait par une réaction de complexation entre les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} et une substance d'acide éthylène diamine tétracétique (EDTA) en présence d'un indicateur coloré (noir Eriochrome T) [RODIER, 96]. Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant on précipite le magnésium sous forme de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ vers un pH = 12, par addition de la soude, indicateur utilisé est sensible aux seuls ions de calcium [MEDFOUNI S., 07].

3-3-3.Chlorure : Méthode de Mohr

L'eau contient presque toujours des chlorures, mais en proportion très variable. Ainsi, les eaux provenant des régions granitiques sont pauvres en chlorures, alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent davantage. D'ailleurs, la teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau. Certaines eaux souterraines sont très saumâtres. Il en est de même pour les nappes souterraines voisines des eaux de surface salines, surtout s'il y a pompage excessif de ces nappes [VALIRON, 89].

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent [SARI H., 14].

3-3-4.Sodium et potassium

Le sodium et le potassium les 6^{ème} et 7^{ème} éléments les plus abondants à l'état naturel sont en proportions très variables. Aucune norme ne limite la concentration en sodium (ou en potassium) dans les eaux potables .On peut également signaler que le sodium joue un rôle important en

agriculture, pour l'irrigation, du fait de son action sur la perméabilité des sols. Le potassium, beaucoup moins abondant que le sodium, et rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l. Il ne représente aucun inconvénient particulier bien que le K soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau [POTELON, 98].

3-3-5. Les sulfates

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates, en proportion très variables. Leur présence résulte de la solubilité des sulfates de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (les pyrites par exemple). Les eaux traitées au sulfate d'aluminium ajouté lors du traitement en mesurant la teneur en sulfates avant et après la coagulation, bien qu'une légère fraction d'ions SO_4^{2-} soit entraînée par adsorption avec le floc [PHILIPPO, 81].

3-3-6. Nitrates

Les nitrates NO_3^- présents dans le sol, dans les eaux superficielles et souterraines résultent de la décomposition naturelle, par des microorganismes, de matière organique azotée telle que les protéines végétales, animales et les excréments animaux. L'ion ammonium formé est oxydé en nitrates. La présence de nitrates dans l'environnement est une conséquence naturelle du cycle de l'azote [SCHUDEBOOM, 93]. La dose journalière de nitrates admissible pour un homme de 70 kg est de l'ordre de 350 mg de nitrate de sodium par jour. Les valeurs limitantes des nitrates dans l'eau, varient de 25 mg/l (CEE) à 50 mg/l (OMS) et (NA) [BOUZIANI, 00].

3-3-7. Nitrites

Les nitrites NO_2^- proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Une eau renferme une quantité élevée de nitrites (supérieure à 1 mg/l d'eau). Les valeurs limitantes recommandées pour les nitrites dans l'eau de boisson, sont de 0,1 mg/l pour les pays de l'union européenne et Algérie et des doses inférieures à 1 mg/l pour l'OMS [BOUALEM. R, 09].

3-3-8. Fluorures

On considère généralement qu'une faible teneur en Fluorure dans l'eau (0,4 à 1 mg/l) est favorable à la formation de l'émail dentaire et protège les dents contre la carie. Des doses supérieures à 2 mg/l risquent de faire apparaître des taches sur l'émail dentaire (fluorose) qui s'aggravent par des décalcifications et des chutes des dents [MOKEDDEM. K, 05].

3-3-9.Phosphates

Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle : décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux, ou due aussi aux rejets industriels (agroalimentaire...etc.), domestiques (poly-phosphate des détergents), engrais (pesticides...etc.). En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles, leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se fait par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante. Concentration maximale admissible de phosphate en eau potable est 0.5 mg/l. [TARDAT HENRY, 92]

3-3-10.Fer

Les eaux de surfaces peuvent contenir jusqu'à 0.5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine des terrains traversés ou les pollutions industrielles, dans les eaux de distribution, il provient plus souvent de la corrosion des conduites d'aménés. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Il précipite à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air. Le fer de l'eau ne présente certes aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais à des teneurs très importantes, il influe sur la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur et saveur) [RODIER, 96].

3-3-11.Matières organiques

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût qui pourra être augmentés par la chloration. Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique. Leur teneur est appréciée, le plus souvent, par des tests tels que la réduction du permanganate de potassium en milieu acide et en milieu alcalin. Les eaux très pures ont généralement une consommation en oxygène inférieur à 1 mg/l [BERNE. F, 91].

Selon la classification de « Rodier » :

- Une eau est très pure pour des valeurs inférieures à 1mg/l.
- Une eau est dite potable pour des valeurs comprises entre 1 et 2mg/l.
- Une eau est suspecte pour des valeurs comprises entre 2 et 4mg/l.
- Une eau est mauvaise pour des valeurs supérieures à 4mg/l.

Les deux tableaux 03 et 04 résument les différentes recommandations de minéralisation et les paramètres physicochimiques des eaux potables.

Tableau 03 : Normes et recommandation pour la minéralisation globale des eaux potables

[BERNE, 72]

Minéralisation	Normes Unité	OMS	CEE		Canadienne		Algérienne		Marocaine		USA	
			NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA
Ca	mg/l	75	100	-	-	-	75	200	-	-	-	-
Mg	mg/l	30-125	30	50	-	-	50	150	100	-	-	-
SO ₄	mg/l	250	25	250	150	500	200	400	200	-	50	250
Cl	mg/l	200-600	25	200-600	250	250	200	500	300	750	<25	250
K	mg/l	10	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-
Na	mg/l	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-

Tableau 04 : Normes et recommandations pour les paramètres physicochimiques de l'eau potable

[BERNE, 1972]

Paramètres physicochimique	Normes Unité	OMS	CEE		Canadienne		Algérienne		USA	
			NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA
pH	-	7-8.5	6.5 7.5	9.5	6.5 8.5	-	6.5 8.5	-	-	6 8.5
Température	°C	-	-	-	<15	-	<25	-	-	-
Dureté Total CaCO ₃	mg/l	100	-	-	-	-	100	500	-	-
Oxygène dissous	mg/l	5	-	-	-	-	-	-	saturation	4
Conductivité	µs/cm à 20°C	-	-	-	-	-	-	2800	-	-
Résidu sec à 105°C	mg/l	-	-	-	-	-	500	2000	-	-
Turbidité	NTU	-	-	-	<1	5	-	-	*	-
Couleur	PtCo	-	-	-	<15	15	-	25	-	75
Matières dissoutes	mg/l	500	-	-	-	500	-	-	200	500
N-NH ₄ ⁺	mg/l	0	0.05	0.5	-	-	0.05	0.5	<0.01	0.5
N-NO ₃ ⁻	mg/l	50-100	25	50	10	10	-	50	*	10
N-NO ₂ ⁻	mg/l	-	-	0.3	-	-	-	0.1	*	10
PO ₄ ³⁻	mg/l	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-
H ₂ S	mg/l	-0.05	0	0	0.05	0.05	-	0.02	*	-

3-4. Paramètres biologiques et bactériologiques

3-4-1. Paramètres biologiques

Les paramètres bactériologiques et biologiques identifient les micro-organismes présents dans le milieu et donnent une estimation de leur concentration [SARI H., 14].

I.3.4.1.1. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant, le dichromate de potassium. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon [BRENDA X., 08].

On a toujours un DCO>DBO car les bactéries ne permettent pas d'oxyder les éléments organiques et chimiques les plus stables [MOUMOUNI M. et DJERMAKOYE H., 05].

3-4-1-2. Demande biochimique en oxygène(DBO)

La DBO exprime la consommation naturelle d'oxygène en g/litre des corps contenus dans l'eau, dégradés par les bactéries du milieu par une oxydation. L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation de dioxygène (O₂), La DBO₅ indique l'influence probable des eaux usées sur les cours d'eau récepteurs, du point de vue de la réduction de leur teneur en oxygène [MERABET S., 11].

3-4-2.Paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique de l'eau a pour but de mettre en évidence la présence des bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, ces organismes possèdent plusieurs caractéristiques telles que :

- la provenance exclusive des matières fécales des animaux à sang chaud.
- la résistance aux antiseptiques voisins de ceux des bactéries pathogènes.
- leur non prolifération anarchique dans la nature.
- la production des réactions simples et spécifiques au cours de leur étude.
- leur apparition en très grand nombre dans le milieu par rapport aux germes pathogènes.

En général, les germes utilisés sont les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux [MBEUKAM K., 13].

3-4-2-1.Germes totaux

Germes totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 20° et ceux franchement mésophiles soit 37°C [MERABET S., 11].

3-4-2-2.Coliformes totaux

Coliformes sont des bâtonnets, anaérobie facultatif, gram (-) non sporulant [PNUE/OMS., 77]. Ils sont capables de croître en présence de sels biliaries et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37° C. Ils regroupent les genres Echerichia, Citrobacter, Entérobacter, Klébsiella, Yersinia, Serratia, Rahnella, et Buttiauxell [JOLY et REYNAUD., 03].

La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux), sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine, est capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement d'un désinfectant mais il est d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale [RODIER J. et AL, 96].

3-4-2-3. Coliformes fécaux

Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptone contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes. [JOLY et REYNAUD., 03]. Les Coliformes fécaux thermo-tolérants (44°C) sont considérés d'origine humaine [GAUJOUS D., 95]. Les coliformes fécaux répondent aux critères de bons indicateurs, la principale difficulté qui s'attache à leur emploi, est leur survie relativement courte en eau de mer, ce qui peut exiger un recours à des indicateurs supplémentaires.

3-4-2-4. Streptocoques fécaux

Ces bactéries appartiennent à la famille de Streptococcaceae, au genre *Streptococcus*. Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz [MANUEL DE BERGEY., 84]. Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant y compris dans les milieux salés [GAUJOUS D., 95]. Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé.

3-4-2-5. Salmonella

Salmonella est une bactérie à Gram négatif, anaérobie facultative en forme de tige appartenant à la famille des entérobactéries, *Salmonella* vivent dans les intestins des animaux à sang chaud et froid et certaines espèces sont omniprésentes, D'autres espèces sont spécifiquement adaptées à un hôte particulier. Chez les humains, *Salmonella* sont causer deux maladies appelées salmonellose :

- **Fièvre entérique (Typhoïde):** résultant de l'invasion bactérienne de la circulation sanguine.
- **Gastro-entérite aiguë:** résultant d'une infection d'origine alimentaire / intoxication.

Sous l'actuelle CDC américain (Center for Disease Control) système de classification, il existe deux espèces : *Salmonella enterica* et *Salmonella bongori*. *S. enterica* est divisée en 6 sous-espèces [LE MINOR L, 87].

3-4-2-6. Recherche de Clostridium sulfito-réducteur

En dehors des streptocoques fécaux et *E. coli* qui sont des indices de contamination fécale récente, du fait que leur survie dans l'eau peut être très courte, les clostridiens sulfito-réducteurs représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, ils sont résistants aux conditions défavorables grâce à la sporulation, ils sont des bactéries anaérobies strictes, sporulés, Gram positif réduisent les sulfites en sulfures et dont la plupart des espèces est mobile [GREGORIO, 07].

3-4-3. Flore microbienne de l'eau

Les micro-organismes rencontrés dans l'eau sont très variés, leur nature dépend de celle de l'eau analysée ; eau de captage ou distribution, eau de traitement ou de circuits industriels, eaux résiduaires, ces micro-organismes sont classés en trois types :

- Les germes typiquement aquatique : ce sont des bactéries (*vibrions*, *Pseudomonas*...).
- Les germes telluriques : ce sont des bactéries sporulées (*bacilles*, *Clostridium*...) ou, apportant aux germes streptomycètes et des spores fongiques.

Les germes de pollution humaine ou animale : ce sont des germes souvent pathogènes et essentiellement d'origine intestinale (*E-coli*, *salmonelles* et streptocoques fécaux...). On peut également rencontrer dans l'eau des parasites (kystes d'amibes) et des virus (*poliomyélite virus* des hépatites virales) [BERNE, 72].

Conclusion

Les eaux de surface ne sont pratiquement jamais potables sans aucun traitement approprié à sa nature et à son degré de pollution. Pour améliorer leur qualité (potabilité), elles nécessitent des traitements appropriés c'est-à-dire leur faire subir des modifications physicochimiques ou biologiques. Au cours de ce chapitre, nous décrivons donc successivement les principales étapes de processus de traitement des eaux de surface.

Introduction

L'eau contient des substances ou des micro-organismes qui par leur nature et leur concentration peuvent être indispensables, acceptables, indésirables, voire toxiques ou dangereux. L'eau prélevée dans le milieu naturel n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine car des éléments liés à l'activité de l'homme peuvent être entraînés (nitrates, matières organiques, pesticides, matières en suspension, micro-organismes...). La qualité des eaux de surface ; souvent polluées, et donc très variable et ne peut être traitée qu'au cas par cas par des traitements appropriés à sa nature et à son degré de pollution. Les étapes de traitement classique pour rendre l'eau potable sont :

- Prétraitement (dégrillage, tamisage...)
- Pré chloration
- Clarification (coagulation-floculation, décantation, filtration)
- Désinfection
- Affinage.

L'élimination des matières en suspension et la réduction de la matière organique sont des objectifs souvent assurés au cours du procédé conventionnel de la clarification. La coagulation-floculation conditionnera le reste du traitement et elle permet, par un processus physico-chimique comprenant l'ajout de sels métalliques dénommés coagulant, de transformer la suspension colloïdale en des particules plus importantes qui sont aptes à sédimenter [DESJARDINS, 97]

1. Objectifs 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 ; [METAHRI M.S, 12]
- 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, c'est-à-dire ce qui est perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir couleur, odeur et goût ; [METAHRI M.S, 12]
- la protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usagers (robinetteries, chauffe-eau,...) contre l'entartage et/ou la corrosion [KETTAB, 92].

2. Classification des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire

Selon l'article R. 1321-38, du décret 2003-461 du 21 mai 2003 de la réglementation française relatif à certaines dispositions réglementaires du code de la santé publique, les eaux douces superficielles sont classées selon leur qualité dans les groupes **A1**, **A2** et **A3** en fonction des critères qui reprend la directive européenne 75-440. Leur utilisation pour la consommation humaine est subordonnée pour les eaux classées en: [METAHRI M.S, 12]

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

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

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

La classe de l'eau brute est évidemment déterminée à partir d'une analyse complète suivant les paramètres donnés dans l'annexe 13-1-III. Pour une eau donnée il faut que 95% des échantillons aient leurs valeurs inférieures à la valeur impérative et 90% d'entre eux soient conforme à la valeur guide. Les 5 ou 10% restants doivent respecter, entre autres, les conditions suivantes:

- La valeur des paramètres ne doit pas excéder 50% de celles fixées, exception faite de la température, du pH, de l'oxygène dissous et des paramètres microbiologiques ;
- Il ne peut en découler aucun danger pour la santé publique [DUGUET et al, 06].

Les eaux superficielles qui ont des caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques supérieures aux valeurs limites impératives correspondant au traitement type **A3** ne peuvent être utilisées pour la production d'eau alimentaire. Dans l'état actuel des choses, une eau d'une telle qualité inférieure peut être exceptionnellement utilisée s'il est employé un traitement approprié permettant de ramener toutes les caractéristiques de qualité de l'eau à un niveau conforme aux normes de qualité de l'eau alimentaire [VILAGINES, 03].

3. Étapes de traitement

Les ressources en eau douce de surface comme les cours d'eau fournissent une eau brute qui contient énormément de pollutions qui la rendent non potable ; l'élimination de ces polluants est indispensable. Dans ce but l'eau brute va subir un certain nombre de traitements nécessaires pour la rendre potable [AOUBED, 07]. Le schéma classique d'une station de potabilisation d'une eau de surface est généralement constitué des phases suivantes (figure 01):

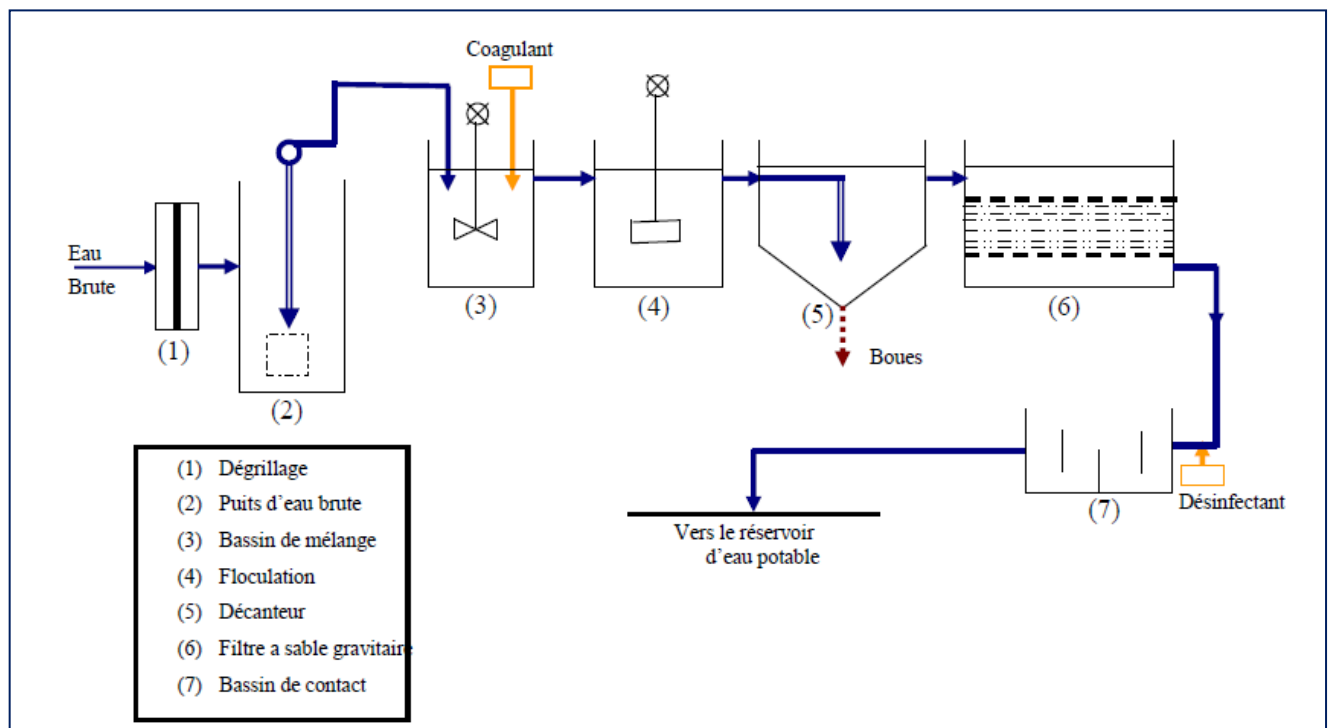


Figure 01: Schéma classique d'une station de potabilisation des eaux de surface.
[DESJARDINS, 97]

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 [MASSON, 99]. Selon la nature des eaux à traiter et la conception des installations. Le prétraitement peut comprendre l'opération :

- le dégrillage et le tamisage.
- le dessablage pour les sables et graviers.
- Le dégraissage déshuilage ou d'écumage-flottation pour les huiles et les graisses [METAHRI, 12].

3-1-1. Dégrillage

Le dégrillage, premier poste de traitement, indispensable sur les eaux de surface, permet de protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les tuyauteries de liaison, voire dans les différentes unités de l'installation et de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements d'eau, ou au moins compliquer leur exécution, et leur exploitation [SALGHI, 97]. L'opération est plus ou moins efficace, en fonction de l'écartement entre barreaux de grille. On peut distinguer:

- le prédégrillage ou dégrillage grossier, pour écartement supérieur à 40 mm ;
- le dégrillage moyen, pour écartement de 40 à 10 mm ;
- le dégrillage fin, pour écartement de 10 à 6 mm [DEGREMONT, 05]

3-1-2. Macrotamisage

Les éléments filtrants sont constitués de tôles perforées ou, le plus souvent, de toiles à mailles croisées en acier inoxydable ou en tissu synthétique, présentant des ouvertures de 0,15 à 2 mm [DUGUET *et al*, 06].

3-1-3. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines, ainsi que les filasses de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion [DEGREMONT, 05].

3-1-4. Débourbage

C'est une pré-décantation dont le but est d'éliminer les sables fins et le plus possible de limons. Elle est nécessaire lorsque la quantité de matières en suspension dans l'eau brute est supérieure à 2 g/l [DUGUET *et al*, 06].

3-1-5. Microtamisage

Le microtamisage est une opération destinée à faire passer un liquide contenant des impuretés à travers une toile de fils ou de fibres ou à travers une membrane poreuse. Durant le passage de liquide, certains solides sont arrêtés soit directement (par les mailles du microtamis), soit indirectement (par les matières solides accumulées sur le microtamis). La grosseur des mailles d'un microtamis est inférieure à 150µm.

Les microtamis peuvent intercepter le plancton et les particules organiques et minérales assez grosses dans la taille est supérieure à celle des ouvertures des microtamis. Par contre les microtamis n'arrêtent pas les éléments minéraux fins (argiles), ni les éléments colloïdaux minéraux ou organiques, ni les substances dissoutes. Le microtamisage n'améliore donc pas la turbidité causée par de fines particules et ne modifie pas la couleur de l'eau [DESJARDINS, 97].

3-1-6. Dégraissage et déshuilage:

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent à séparer des produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation, naturelle ou assistée, dans une enceinte liquide de volume suffisant [DEGREMONT, 05].

3-1-7. Aération

En prétraitement, l'aération est utilisée pour éliminer les gaz indésirables de l'eau, à savoir le gaz carbonique et l'hydrogène sulfuré qui sont tous deux corrosifs. L'aération intervient également dans l'élimination du fer, du manganèse combinée dans ce cas avec un traitement chimique. En eau potable, l'aération est utilisée pour éliminer certains goûts et certaines odeurs [DEGREMONT, 05].

3-2. Pré-oxydation

A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension, et des matières organiques en solution. Celles-ci n'ont en elles-mêmes rien de dangereux, car il nous arrive souvent de consommer de l'eau en contenant tels que : le thé, le café ou le lait. Ces produits sont des eaux chargées en matières organiques, mais on sait qu'elles s'oxydent spontanément en contact avec l'air. On va donc les détruire par une pré-oxydation qui peut être faite par trois méthodes différentes : l'ajout de chlore (pré-chloration), l'ajout de dioxyde de chlore ou ajout d'ozone (pré-ozonation) [GRAINI L., 11].

3-2-1. Pré-chloration

La pré-chloration s'est surtout développée dans les années 60, elle tend à disparaître actuellement. Le chlore est le réactif le plus économique, mais son inconvénient est de former avec certains micropolluants des composés organochlorés de type chloroforme ou des composés complexes avec les phénols de type chlorophénol dont le goût et l'odeur sont désagréables.

3-2-2. Dioxyde de chlore

On préfère parfois utiliser le dioxyde de chlore qui coûte plus cher mais n'a pas les inconvénients du chlore cités ci-dessus. L'utilisation du dioxyde de chlore présente, lui aussi, des inconvénients non négligeables : Il est sans effet sur l'ammonium et se décompose à la lumière, ce qui entraîne une augmentation importante de taux de traitement à appliquer en période d'ensoleillement. Le dioxyde de chlore est un oxydant puissant mais pas une solution économique.

Il reste très peu utilisé en pré-oxydation mais représente une alternative à l'utilisation du chlore lorsque celui-ci entraîne des problèmes de qualité d'eau [GRAIN L., 11].

3-2-3. Pré-ozonation

Enfin, depuis quinze à vingt ans, on utilise comme pré-oxydant l'ozone, qui non seulement a l'avantage de détruire les matières organiques en cassant les chaînes moléculaires existantes, mais également a une propriété virulicide très intéressante. Généralement utilisée en désinfection finale, cette technique peut être mise en œuvre en pré-oxydation pour : la diminution du taux de traitement, l'amélioration de la clarification, et l'oxydation des matières organiques. La pré-ozonation est une solution de substitution à la pré-chloration.

Néanmoins, elle ne résout pas tous les problèmes car certaines algues résistent à l'ozone et son coût reste plus élevé que celui du chlore [VALENTIN N., 00].

3-3. Clarification

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension (MES) d'une eau brute ainsi que la majeure partie des matières organiques. La clarification comprend les opérations de coagulation floculation, de décantation et de filtration.

3-3-1. Coagulation-Floculation

L'opération de coagulation-floculation a donc pour but la croissance des particules (qui sont essentiellement colloïdales) par déstabilisation des particules en suspension puis formation de flocons par absorption et agrégation [VALIRON, 89]. Les flocons ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite. Les particules colloïdales en solution sont « naturellement » chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement et restent donc en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution.

La coagulation consiste en la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives. On utilise, pour ce faire, des réactifs chimiques nommés coagulants. Le procédé nécessite une agitation importante.

Les coagulants sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l'eau. Le choix du coagulant pour le traitement de l'eau de consommation doit tenir compte de l'innocuité du produit, de son efficacité et de son coût.

La floculation est le phénomène de formation de flocons de taille plus importante (agglomération des colloïdes déchargés dans un réseau tridimensionnel). On utilise, pour se faire, des floculants ou adjuvants de floculation. Contrairement à l'étape de coagulation, la floculation nécessite une agitation lente.

Les floculants ou adjuvants de floculation sont, dans leur grande majorité, des polymères de poids moléculaire très élevé. Ils peuvent être de nature minérale, organique naturelle ou organique de synthèse [VALIRON, 89].

3-3-2. Décantation

La décantation est la méthode de séparation la plus fréquente des MES et des colloïdes (rassemblés sous forme de floc après une étape de coagulation floculation). Il est bien connu que les particules en suspension sédimentent en fonction de leur taille, donc pour obtenir une bonne décantation, il est nécessaire d'augmenter le diamètre des particules d'où l'utilité impérieuse du phénomène de coagulation- floculation [DEGREMONT,89]. Il existe plusieurs types de décanteurs :

3-3-2-1. Décanteurs statiques

Il est constitué d'un bassin rectangulaire ou circulaire où les boues se déposent. Les petits décanteurs sont munis de fonds inclinés de 45° à 60° pour permettre l'évacuation continue ou intermittente des boues au point le plus bas.

3-3-2-2. Décanteurs à contact de boues

Ce sont des décanteurs modernes qui possèdent une zone de réaction où l'on met en contact l'eau brute et ses réactifs avec les boues déjà existantes : on trouve là les appareils à circulation des boues et les appareils à lit de boues.

Les derniers développements dans ce domaine ont abouti au cyclofloc, au lit fluidisé et à actifloc, dernier-né de la technique et qui permet de produire 40m³ d'eau par m² et par heure [LEFEBVRE, 90].

L'efficacité de la décantation est souvent mesurée par la turbidité de l'eau décantée. La valeur de la turbidité doit atteindre 5 NTU à la sortie du décanteur. Il est important de signaler que la mesure de la turbidité n'est pas suffisante, il faut s'intéresser à l'abattement de la matière organique également pour juger la clarification de l'eau.

3-3-3. Flottation

Son principe consiste à générer des bulles d'air de petite diamètre qui s'accrochent au floc et vont l'alléger, celui-ci est alors entraîné en surface de l'ouvrage où il s'accumule tandis que l'eau clarifiée est collectée en partie basse. [METAHRI M.S, 12]. La flottation est supérieure à la décantation dans le cas de clarification d'eaux de surface peu chargées en matières en suspension, riches en plancton ou en algues et produisant un floc léger décantant mal. La boue accumulée en surface forme le gâteau, il est évacué périodiquement par raclage, avant que l'air ne s'en échappe, ce qui provoquerait la décantation de la boue [DUGUET *et al*, 06].

3-3.4. La filtration

La filtration est un procédé de séparation solide/ liquide qui utilise le passage à travers un milieu poreux (la plus courante est le sable) qui retient les particules en suspension dans l'eau brute ou l'eau prétraitée (floculée et décantée à mesure que les particules solides atteignent la couche filtrante), elles se déposent et absorbent les matières minérales ou organiques qui arrivent ultérieurement [DEGREMONT, 89]. Ceci peut conduire à la formation d'un film biologique. Avec le temps, il y a diminution du diamètre des pores du filtre, on dit qu'il y a colmatage. D'une façon générale, on distingue deux types de filtration [DEGREMONT, 05].

La filtration lente qui a l'avantage d'être une opération facile mais présentant plusieurs inconvénients tels que la nécessité d'une grande surface et l'exigence d'une eau dont la turbidité est faible. La filtration rapide, qui en revanche est une opération relativement complexe mais palliant aux inconvénients de la première.

3-4. Désinfection

Le but de la désinfection est d'éliminer tous micro-organismes pathogènes présents dans l'eau. Le principe de la désinfection est de mettre un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps dans une eau contaminée. Cette définition fait apparaître trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contact, et la concentration des désinfectants [GRAINI L., 11].

3-4-1. Désinfectants

Les trois principaux désinfectants utilisés en eau potable sont : Le chlore, l'ozone, et le rayonnement Ultra Violet (UV). Comme nous avons déjà vu le chlore et l'ozone, nous allons présentés dans cette section, le rayonnement UV [CARDOT C., 99]. L'irradiation par une dose suffisante de rayons Ultra Violet permet la destruction des bactéries, des virus, des germes, des levures, des champignons, des algues, etc...

Les rayonnements UV ont la propriété d'agir directement sur les chaînes d'ADN des cellules et d'interrompre le processus de vie et de reproduction des micro-organismes [HECTOR R., 06 et GRAINI L., 11].

3-4-2. Temps de contact

En générale, le temps de contact varie entre quelques minutes et plusieurs heures. En effet, l'eau ne se déplace pas de façon uniforme dans le réacteur. Il existe des passages préférentiels et des zones mortes. Par exemple, pour une bêche de chloration ayant un temps de séjour théorique d'une heure, certaines molécules d'eau sortiront au bout d'un quart d'heure et d'autres y resteront deux heures. Le cloisonnement des réacteurs permet d'améliorer l'écoulement du fluide et donc d'homogénéiser le temps de contact qui dépend de la taille et de l'hydraulique du réacteur de contact [GRAINI L., 11].

3-4-3. Concentration désinfectants

L'efficacité de la désinfection dépend en partie, du suivi de la concentration en oxydant. L'évolution de la concentration en oxydant est liée à la demande en oxydant de l'eau. Cette demande dépend de : la qualité de l'eau, le pH, les températures (différentes entre été et hiver), les matières organiques, et la concentration en ammoniacque. Le paramètre de demande en chlore étant difficile à contrôler, on choisit en général de maintenir un niveau de résiduel (consigne) dans l'eau. Il est indispensable de mesurer régulièrement le résiduel de désinfectant afin de le maintenir au niveau souhaité et d'éviter des problèmes sur le réseau de distribution par la suite [VALENTIN N., 00].

3-5. Affinage

Pour un perfectionnement de la qualité de l'eau traitée, on procède à l'affinage visant à éliminer les micropolluants qui existent déjà dans l'eau ou qui se sont formés au cours du traitement et qui n'ont pas été totalement abattus par la coagulation-floculation.

Cet affinage est réalisé par le phénomène d'adsorption, généralement sur du charbon actif. Celui-ci est mis en œuvre soit en poudre au cours de la floculation et sera par la suite évacué avec la boue, soit sous forme de grains, habituellement utilisé après filtration sur sable [BEAUDRY, 84].

3-6. Stockage

Une station de traitement de l'eau potable doit disposer d'une réserve assurant un approvisionnement de quelques heures pour éviter une pénurie en eau en cas de problèmes techniques. Le stockage présente également un temps de contact important permettant au chlore (ou l'eau de javel) de réagir avec l'eau.

Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons décrit brièvement les étapes conventionnelles de potabilisation d'une eau de surface dans une station de traitement. Parmi les procédés de traitement exposés, la coagulation-floculation paraît comme une étape de clarification très importante ; elle vise essentiellement à éliminer les matières en suspension mais aussi divers polluants minéraux et organiques par ajout d'un réactif coagulant souvent accompagné par des adjuvants chimiques. La chloration, pratiquée en prétraitement ou en désinfection est un procédé qui est également largement utilisé et a un impact important sur la qualité de l'eau et la réactivité de la matière organique aquatique.

En Algérie, les stations de potabilisation sont agencées selon des schémas assez classiques. Mais le traitement des eaux de surface n'est pas toujours optimisé, notamment la coagulation floculation et la chloration. En effet, les connaissances techniques limitées du personnel d'exécution et les conditions climatiques constituent les principales contraintes dans l'utilisation rationnelle des organes des stations de traitement.

Introduction

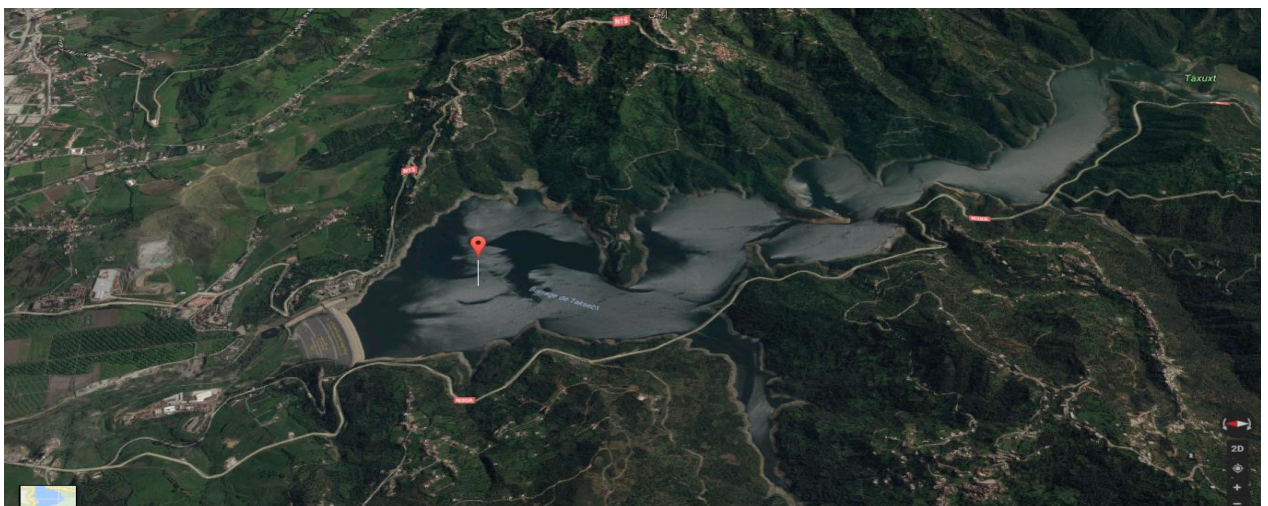
Ce chapitre permettrait de faire la lumière sur le mode expérimental concernant notre étude. Nous ferons une description de la station de traitement des eaux qui fait l'objet de notre étude avec le cycle de traitement appliqué ainsi que l'interprétation des principaux résultats obtenus.

1. Situation géographique du barrage de Taksebt

Il est situé entre Aït Iraten et Aït Aïssi à 10 km à l'est de la ville de Tizi Ouzou (figure 02). Sa capacité est de 180 millions de m³ avec une surface mouillée de 550 ha. Il est mis en service en juillet 2007. Il est alimenté par les eaux de pluie et des eaux souterraines. Il comprend une station de traitement, une station de pompage, des tunnels dont une canalisation de 95 km pour permettre le transfert de 150 millions de m³ par an pour les wilayas d'Alger et de Boumerdès. Il alimente principalement aussi la wilaya de Tizi-Ouzou.

Le barrage de Taksebt, quotidiennement agressé par des dépôts d'ordures, de gravats et de débris de toutes sortes qui réduisent sa qualité et ses capacités. L'autre risque de pollution non négligeable vient des décharges des villages des communes de Larba Nath Iraten, Ath Yenni, Ath Douala, Ath Mahmoud, Ath Aïssi, Ath Ouacifs et Ouadhias, ainsi que de leurs effluents d'eaux résiduaires urbaines non traitées sur Taksebt.

Figure 02: Localisation du barrage de Taksebt (source google map)



2. Présentation de la station de potabilisation

Elle s'étend sur une superficie de 34 hectares (figure 03), et elle a été dimensionnée pour traiter un débit maximal de 616 000 m³/j. L'eau qui alimente la station de traitement arrive de façon gravitaire sur une distance de 8 km du barrage Taksebt qui est alimenté à son tour par l'Oued Aissi et de l'Oued Bougdoura.

Le transport se fera de façon gravitaire depuis la station de traitement jusqu'au réservoir d'eau traitée de Draa Ben Khedda, puis l'eau continue à être transférée à travers les conduites de fonte et les tunnels jusqu'au réservoir de Boudouaou. Tout au long du transfert, des piquages sont opérés pour alimenter les villes de Tizi Ouzou et Draa Ben Khedda.

Cette station fournit une capacité nominale de traitement de 605 000 m³/j (7000 l/s) basée sur un approvisionnement en eau brute de 616 000 m³/j.

- Débit d'eau brute : 616 000 m³/j
- Volume des boues extraites des clarificateurs : 7 400 m³/j
- Volume des boues extraites des filtres : 3 600 m³/j
- Production d'eau traitée : 605 000 m³/j

La capacité hydraulique nominale de la station est de 647 000 m³/j, prenant en compte un débit recyclé de 5% du débit d'eau brute.

Les variations de débits d'eau traitée prévues sont de :

- Débit minimum : 202 000 m³/j
- Débit moyen : 474 000 m³/j
- Débit maximum (nominale) : 605 000 m³/j

Figure 03 : Station de traitement Taksebt

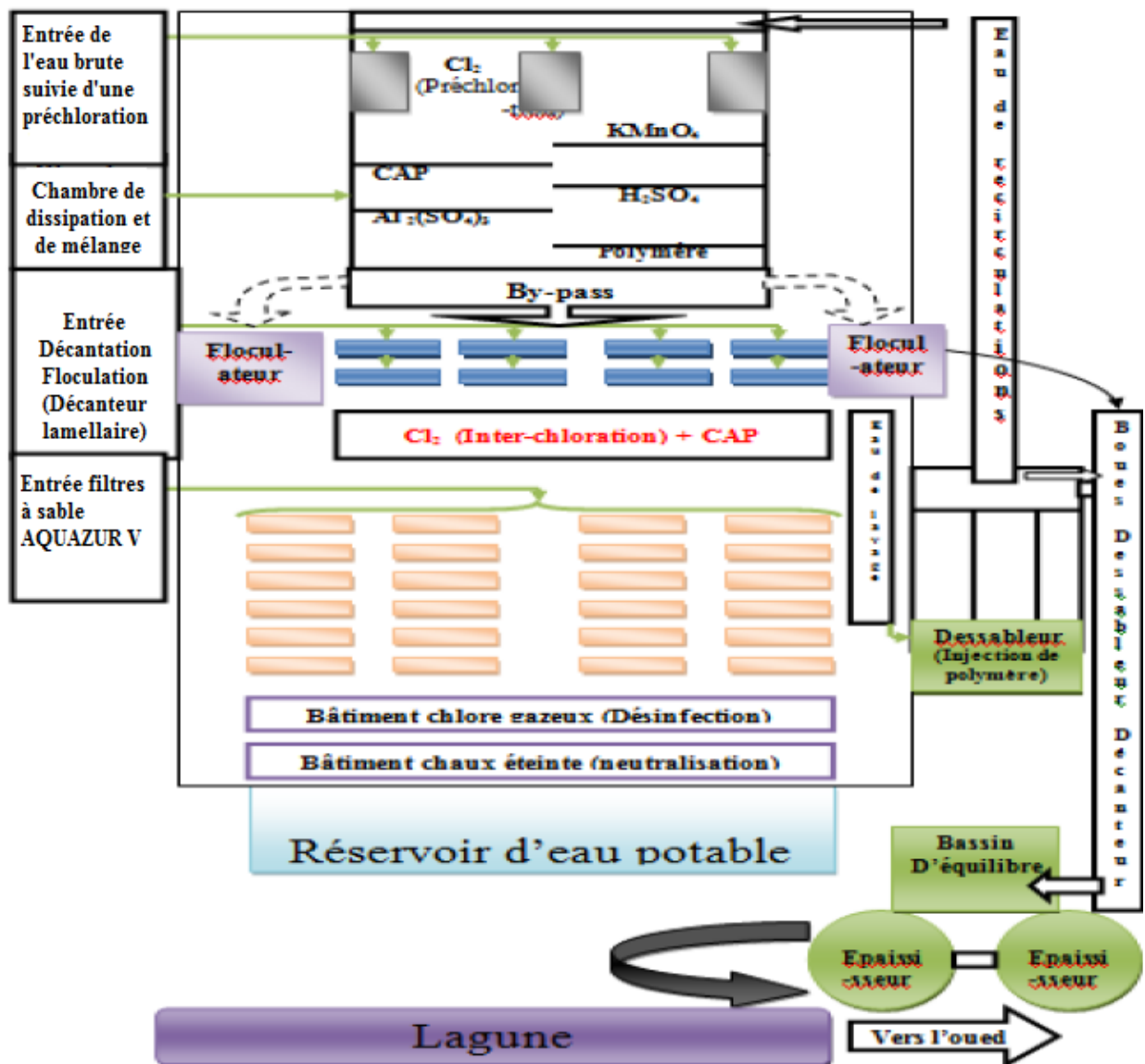


3. Processus de traitement dans la station Taksebt

La station de Taksebt est composée de deux chaînes de traitement identiques (figure 04). L'eau traitée au niveau de la station passe par plusieurs ouvrages avant d'arriver au bout de la station (réservoir de stockage). Les différentes étapes de traitement sont:

- La dissipation, le mélange et la répartition;
- La coagulation et floculation (décantation);
- La filtration;
- La désinfection et le stockage (réservoir).

Figure 04: Schéma du fonctionnement de la station du traitement des eaux Taksebt



3-1. Dissipation, mélange et répartition

L'arrivée d'eau brute à la station de Taksebt se fait dans la chambre de dissipation (figure 05). L'eau surnageant des dessaleurs est également retournée dans la chambre de dissipation. Les déversoirs en sortie de la chambre assurent un niveau minimum, donc un volume tampon capable de tranquilliser l'arrivée d'eau brute. Si nécessaire, il est possible de procéder à une pré-chloration dans l'ouvrage, principalement dans le but de limiter la présence d'organismes (algues, bactéries, plancton) susceptibles de proliférer dans les filières de traitement.

La chambre d'arrivée possède un volume de 430 m³ assurant un temps de rétention de 60 secondes au débit d'eau brute maximal de 616 000 m³/j.

L'injection de chlore, de sulfate d'aluminium, d'acide sulfurique, de permanganate de potassium et de charbon actif en poudre s'effectue dans cette chambre. Le mélange des produits chimiques est réalisé dans les trois déversoirs vers la chambre de mélange.

Un trop-plein est prévu dans la chambre d'arrivée pour dévier le débit excédentaire. Ce trop-plein est calé à l'élévation 165,55 m et la lame d'eau est de 22 cm au débit maximal de 647 000 m³/j. Certaines caractéristiques de l'eau brute (conductivité, pH et turbidité) sont mesurées en permanence.

L'eau brute passe ensuite à travers la chambre de mélange. Cet ouvrage assure un temps de contact suffisant pour assurer le mélange homogène des réactifs.

Les réactifs remplissent les fonctions suivantes :

- **Permanganate de potassium** : limiter la présence de manganèse et/ou contrôler la charge biologique.
- **Charbon actif en poudre** : contrôle du goût et des odeurs.
- **Sulfate d'alumine** : coagulant pour faciliter la clarification dans les décanteurs Pulsatube.
- **Acide sulfurique** : ajustement du pH pour optimiser la coagulation.

L'ouvrage de répartition permet deux choix d'exploitations :

- Une répartition équilibrée du débit vers les décanteurs Pulsatube (2 filières de 4 décanteurs chacune).
- Une répartition du débit vers les ouvrages de by-pass des décanteurs (1 canal pour chaque filière). Lorsque les canaux de by-pass sont utilisés, un polymère y est injecté, de manière à assurer une floculation directement sur les filtres.

Figure 05: Ouvrage de répartition d'eau

3-2. La décantation

L'objectif de la décantation est de séparer les particules floculées de l'eau clarifiée. Les particules colloïdales ne peuvent être décantées efficacement que si elles entrent en contact entre elles pour former des floes de plus grande taille. La figure 06 montre des décanteurs.

Figure 06 : Les décanteurs

Les contacts entre particules sont d'autant plus fréquents que leur concentration est grande dans l'eau. C'est le principe de base des décanteurs à lit de boues, dont fait partie le Pulsatube. Une partie des MES décantée est conservée en fond d'ouvrage, formant un lit de boue.

L'eau entrante traverse ce lit de boue de bas en haut. Les floccs nouvellement formés en entrée du décanteur passent à travers le lit de boue, entrent en contact avec les floccs conservés et s'y agrègent.

Pour assurer le meilleur contact, le lit de boue doit rester en expansion. Il occupe un volume apparent variable selon sa densité et la vitesse de l'eau. Il ne doit pas se tasser et être relativement homogène (pas de passage préférentiel du flux). Les décanteurs sont dimensionnés pour accepter un débit maximal théorique unitaire de $4500 \text{ m}^3/\text{h}$, correspondant à une vitesse ascensionnelle de $7,55 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$. L'exploitant doit donc veiller à ce que le nombre de décanteur en service soit supérieur au débit total entrant divisé par $4500 \text{ m}^3/\text{h}$.

En pratique, le débit maximal acceptable sur les décanteurs Pulsatube dépend fortement des caractéristiques de l'eau et du dosage des réactifs, et des valeurs supérieures à $4500 \text{ m}^3/\text{h}$ peuvent éventuellement être acceptables.

En tout cas, à débit élevé, l'exploitant portera une attention particulière à l'évolution des mesures de MES et turbidité dans l'eau décantée. Si cette évolution est négative et que la filtration, en aval, n'est pas en mesure de limiter la détérioration de la qualité de l'eau, alors l'exploitant devra se coordonner avec l'exploitant de la station de pompage des eaux brutes pour réduire le débit entrant.

L'ajout de polymère en amont des décanteurs, sur les déversoirs de l'ouvrage de répartition permet la concentration des MES en floccs plus facilement décantables. Si les décanteurs sont utilisés conformément aux recommandations techniques arrêtées, avec un débit entrant maximum de $647\,000 \text{ m}^3/\text{jour}$, ils fourniront une eau répondant à titre constant aux valeurs: turbidité : 5 NTU au plus ; solides en suspension : 5 mg/l au plus ; aluminium sous forme d'Al : 0,4 mg/l au plus.

3-3. La filtration

La filtration est le processus qui vient juste après la décantation. L'eau admise à ce niveau est filtrée de façon gravitaire à travers un lit de sable pour éliminer les matières en suspension.

Principales caractéristiques des filtres:

- Grande hauteur d'eau au-dessus du lit filtrant, dans la plupart des cas, égale à 1,20 m.
- Hauteur de matériau filtrant homogène comprise entre 0,8 et 1,5 m.
- Une taille effective du matériau filtrant, en général de 0,95 mm ou 1,35 mm (fourchette extrême: 0,7 mm et 2 mm).
- Un lavage simultané à l'air et à l'eau accompagné d'un balayage en surface à l'eau décantée, suivi d'un rinçage à l'eau, sans mise en expansion du lit filtrant, et toujours avec balayage en

surface. Ce balayage permet d'évacuer, plus rapidement les impuretés à l'égout, ce qui réduit la durée du lavage. La figure 07 montre les filtres.

Figure 07 : Filtres de la station



a) Fonctionnement en filtration

En filtration, l'eau est admise dans le filtre depuis le canal d'eau décantée. Un déversoir dénoyé permet l'équi-répartition des débits entre les filtres en service. L'eau est ensuite filtrée de façon gravitaire à travers un matériau filtrant (sable). Le matériau filtrant est de composition et de granulométrie homogène. L'eau filtrée est ensuite collectée par des bosselures traversant la dalle planché qui supporte les matériaux filtrants. Des vannes régulatrices augmentent ou diminuent le débit de manière à garder un niveau d'eau stable au dessus du filtre, quelque soit le niveau de colmatage. L'eau est ensuite dirigée vers le canal d'eau filtrée.

b) Fonctionnement en lavage

La perte de charge au travers du filtre est mesurée en permanence et indique le niveau de colmatage du filtre. Lorsque le filtre est colmaté, une demande de lavage automatique est générée. Elle consiste principalement en l'injection d'air et d'eau au travers du filtre, à contre-courant. L'eau permet d'entraîner les particules capturées par le sable. L'air permet de fluidiser et de brasser la couche de sable. Un matelas d'air est formé sous le plancher de manière à distribuer uniformément l'air sur toutes les bosselures. L'eau de lavage est fournie par des pompes dédiées, et l'air de lavage par des compresseurs.

c) Caractéristiques de l'eau

Ces valeurs sont données à titre indicatif, pour un fonctionnement nominal dans le cadre de la qualité de l'eau brute définie au projet. L'eau entrante est normalement de l'eau décantée. La qualité d'eau prévue en sortie des décanteurs pulsatube est la suivante :

- Turbidité : 5 NTU au plus

- Solides en suspension : 5 mg/l au plus

Dans ces conditions, les filtres sont conçus pour délivrer de l'eau filtrée avec la qualité prévue pour le projet, en terme de turbidité et de MES.

3-4. Désinfection et stockage de l'eau traitée

La plupart des eaux, qu'elles aient subi ou non un traitement préalable et, même si elles sont parfaitement limpides, se trouvent souvent contaminées par des microbes dangereux pour l'organisme humain. La désinfection finale de l'eau traitée est faite dans des cuves de contact, après injection de chlore.

Le chlore, par sa grande efficacité et par sa facilité d'emploi, est le réactif le plus utilisé pour assurer la désinfection de l'eau. L'action microbicide, à faible dose, s'explique par la destruction des diastases indispensables à la vie des germes microbiens.

On introduit dans l'eau une dose de chlore légèrement inférieure au "test", si la température est inférieure à 10° et légèrement supérieure au « test » si la température est supérieure à 15° (le chlore est consommé par la lumière et la chaleur).

L'action du chlore, pour être optimale, nécessite un réservoir de contact permettant:

- Un temps de contact suffisamment long.
- Un flux piston : la dose de chlore initiale est appliquée dans la zone où le nombre d'organismes à éliminer est le plus important.
- Un flux homogène, sans zone morte ni court-circuit.

La sortie des cuves de contact, vers les réservoirs d'eau traitée, se fait par-dessus un déversoir. Par conséquent, le niveau d'eau dans les cuves de contact en service est quasiment constant. Le lait de chaux est injecté au dessus du déversoir.

3-5. Réservoir d'eau traitée et chambre de sortie

Les réservoirs d'eau traitée jouent le rôle de bassin de stockage, permettant de conserver une réserve de production de 1,5 heure au débit nominal de production (605 000 m³/j). Les réservoirs débouchent dans une chambre de sortie. La chambre de sortie assure la distribution de l'eau vers les conduites de sortie d'eau traitée.

Les pompes d'eau de service, ainsi que les pompes de dilution de chaux sont alimentées depuis cette chambre. L'eau entrante est de l'eau filtrée. L'eau de sortie, après chloration et chaulage, doit respecter les critères de qualité, dans la mesure où la qualité de l'eau brute est dans le cadre des valeurs prises en compte pour la conception et le dimensionnement de la station et des normes en vigueur.

3-6. Traitement des boues

Les eaux de lavage des filtres sont d'abord concentrées dans le dessableur, le sable collecté est pompé vers le bassin d'équilibre. L'eau sera ensuite mélangée aux boues extraites de décanteur. Les boues épaissies dans les épaisseurs avant d'être pompées dans la lagune de stockage des boues (figure 08).

Figure 08 : Traitement des boues



4. Mode opératoire et méthodes d'analyse

Différents matériels utilisés:

- pH-mètre;
- Turbidimètre;
- Spectrophotomètre;
- Béchers ; Pipettes (5ml et 10 ml) ; fiole 100 ml;
- Papier hygiénique ; pissette d'eau distillée ;
- Tubes; cuvette ;
- Chronomètre ;
- Conductimètre;
- Oxygène mètre

Les produits utilisés au niveau de la station :

- Réactifs A (ammonium acétate ; méthanol ; sodium acétate) ;
- Réactifs B (acide ascorbique ; sodium thiosulfate) ;

L'objectif consiste à évaluer la température, pH, conductivité, la turbidité, chlore et aluminium contenu dans une eau brute, une eau traitée, eau décantée filière 01, eau décantée filière 02, eau filtrée filière 01, eau filtrée filière 02.

Les analyses s'effectuent deux fois chaque jour (matin/soir) comme la température, pH, conductivité, turbidité, chlore, d'autres analyses s'effectuent une fois par jour le cas par exemple d'aluminium, quelques paramètres chaque semaine ou 15 jours.

Les prélèvements (figure 09) sont effectués à partir de plusieurs robinets qui se trouvent dans le laboratoire d'analyse, ouverts 24h/24h pour ne pas modifier les paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques de l'eau.

Figure 09: Robinets de prélèvement



4-1. Caractère physico-chimiques

4-1-1. Température (°C)

La température qui régle la dissolution des gaz et les réactions chimique et biochimiques est mesurée quotidiennement avec un conductimètre (figure 10).

Figure 10: Conductimètre



4-1-2. PH

Il est mesuré par la méthode électronique avec électrode en plastique, on doit tout d'abord étalonner le pH avec une solution tampon à pH=7, puis de rincer l'électrode avec de l'eau distillée, on prend environ 50 ml d'eau à analyser dans un bécher, d'immerger l'électrode dans l'échantillon et de procéder à une agitation. On ajoute quelques gouttes d'acide nitrique uniquement pour les échantillons de l'aluminium. En fin on fait la lecture après stabilisation du pH. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations par contre un pH plus élevé à 7 peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution.

4-1-3. Conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

On lit la valeur en $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec un conductimètre (figure 11), représente une mesure du courant conduit par les ions, elle dépend de la nature des ions, la température et la viscosité de la solution.

Figure 11 : Conductimètre



4-1-4. Chlore (mg/l)

Pour mesurer le chlore on remplit quatre cellules d'échantillon (chambre dissipation, décanteur 1, décanteur 2 et l'eau traitée) jusqu'au trait (10 ml), il faut d'abord un essai blanc (eau traitée) afin d'introduire le zéro. On ajoute une pastille de DPD1 (chlore libre) ou DPD4 (chlore total). Puis on referme la cellule et dissout la pastille en agitant puis on place la cuve dans l'appareil et on lit la valeur dans le Spectrophotomètre (figure 13).

Figure 12: DPD**Figure 13:** Spectrophotomètre

4-1-5. Oxygène dissous (mg/l)

Mesure la concentration de l'oxygène dissout dans l'eau avec l'oxygène mètre (figure 14).

Figure 14: Oxygène mètre

4-1-6 Turbidité

Dégradation de la transparence qu'est due à la présence des particules en suspension (argiles, limons, grains de silice, matières organiques...etc.). Pour se faire on remplit une cuvette essuyée avec du papier hygiénique puis on effectue la mesure en NTU (Néphélobimétrie Turbidité Unit) avec un Turbidimètre (figure 15).

Figure 15: Turbidimètre

4-1-7. Couleur (Pt/Co)

On règle le spectrophotomètre à 120, on met l'eau distillée pour avoir la valeur zéro puis on mesure dans l'eau brute et traitée.

4-2. Paramètres indésirables

4-2-1. Ammonium

Dans une fiole de 50 ml on verse 40 ml d'échantillon (figure 16), on ajoute 4 ml de réactif 1 d'ammonium (dichlorocyanurate de sodium) et 4 ml de réactif coloré puis agiter afin d'homogénéiser, ajoutez l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, (40 ml d'eau des échantillons + 4 ml réactif 1+ 4 ml réactif 2 et complétez au trait de jauge), laissez le tout pendant 60 min après 1 heure on effectue un essai à blanc afin d'introduire le zéro puis on fait la lecture.

Figure 16: Dosage d'ammonium



4-2-2. Aluminium (mg/l)

Résulte de l'injection de sulfate d'aluminium (figure 17), la valeur dans l'eau traitée est de 0.1 mg/l inférieure à 0.2 mg/l (norme fixée). La concentration d'aluminium dans l'eau brute n'est pas mesurée. Pour se faire il suffit de mettre 1ml d'aluminium dans une fiole 100 ml puis de compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On utilise des tubes dans lesquels on verse l'eau du décanteur 1, décanteur 2, filtre 1, filtre 2 et eau traitée, on additionne à chacun 2ml du réactif A, une pincée du réactif B et 3ml de la solution prépondérante. On laisse le temps de contact (25 min) enfin on fait la lecture.

Figure 17: Réactif A et réactif B

4-2-3. Nitrites

Prélever à l'aide d'une pipette, un volume de 40 ml, l'introduire dans une fiole jaugée de 50 ml puis on ajoute 4 ml du réactif coloré, homogénéiser en faisant tourbillonner la couleur devient rose et compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée. On attend 20 min et on fait la lecture dans un spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde bien précise (figure 18).

Figure 18: Dosage de nitrite

4-3. Analyse bactériologique

Nous avons effectué une recherche des germes indicateurs de pollution ; les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques. La technique de concentration utilisée est la filtration sur membrane.

On allume la rampe de filtration en appuyant sur le bouton qui commence à produire une aire qui sert à isoler l'intérieure de la rampe de l'extérieur en évitant toute contamination probable. Après on stérilise les entonnoirs et la membrane poreuse et la pince. L'eau qu'on veut analyser doit être filtrée sur une membrane en ester de cellulose de porosité (papier filtre) capable de retenir les bactéries. On pose les membranes filtrants entre l'entonnoir et la pince, le coté poreux au-dessous installer le dispositif d'assemblage. Puis stériliser le flacon d'eau à analyser et le verser dans le

réservoir jusqu'à son remplissage à 100 ml. On ouvre le robinet afin de laisser l'eau s'écouler sous l'action d'aspiration d'eau puis enlever les dispositifs d'assemblage et avec une pince flambée prélever les membranes saisies par leur extrémité transporter la membrane de filtration sur un milieu de culture et devant le bec benzène.

Pour les coliformes totaux on dépose la membrane toute en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air incubations à 37 °C et la lecture se fait après 24 h.

Pour les coliformes fécaux on dépose la membrane toute en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air (incubation à 44 °C pendant 24 h) la lecture se fait après 24h.

Pour le streptocoque on filtre avec les mêmes étapes puis en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air (incubation à 37 °C pendant 48 h). Les colonies de streptocoque sont en couleur rose et les colonies dénombrées de coliforme sont de couleur rouge. Donc le nombre de colonies dénombrées sur la surface du filtre correspond au nombre de bactéries présentes dans 100ml d'eau.

5. Résultats

5-1. Paramètres physico-chimiques

5-1-1. Température

Les températures mesurées dans les échantillons sont représentées dans le tableau 05:

Tableau 05 : Variation de la température des échantillons d'eau

Echantillons	14/05	15/05	16/05	17/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05
Eau brute	16,2	16,25	16,85	15,35	16,65	10,5	16,5	16,7	16,3
Eau traitée	16,75	17,55	17,55	17,25	19,55	18,1	17,85	17,95	16,4
Eau décantée filière 01	17,3	17,8	17,9	17,6	18,5	17	18,1	18,25	17,2
Eau décantée filière 02	15,9	16,5	17,1	16,2	17	15,8	16,8	16,6	16
Eau filtrée filière 01	16,6	17,6	17,4	17,1	18,1	16,7	18	17,4	16,6
Eau filtrée filière 02	16,6	18,3	17,2	16,5	17,75	16,55	18,4	17,2	16,7

5-1-2. pH

Ci-dessus le tableau 06 qu'est un récapitulatif des mesures de ph effectuées:

Tableau 06 : Variation du pH des échantillons d'eau

Echantillons	14/05	15/05	16/05	17/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05
Eau brute	7,47	7,5	7,48	7,5	7,45	7,53	7,42	7,49	7,44
Eau traitée	7,43	7,45	7,42	7,39	7,46	7,46	7,38	7,45	7,39
Eau décantée filière 01	7,4	7,42	7,39	7,36	7,42	7,46	7,36	7,42	7,37
Eau décantée filière 02	7,4	7,43	7,42	7,36	7,43	7,45	7,37	7,43	7,39
Eau filtrée filière 01	7,01	7,06	7,06	6,89	6,89	6,87	6,92	6,96	6,81
Eau filtrée filière 02	7,28	7,27	7,22	7,13	7,14	7,14	7,15	7,16	7,14

5-1-3. Conductivité électrique CE

Dans le tableau 07, les différentes valeurs de la conductivité mesurées :

Tableau 07: Variation de la conductivité électrique des échantillons d'eau

Echantillons	14/05	15/05	16/05	17/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05
Eau brute	445	444,5	441,5	450,5	449	448	444	437,5	439
Eau traitée	458,5	457	456,5	450	450	451,5	454,5	450	447
Eau décantée filière 01	457	456	455	455	456	453	454	448,5	448
Eau décantée filière 02	450,5	452,5	449	458,5	446,5	450	452	442,5	442
Eau filtrée filière 01	469	451,5	460	469	456	473,5	468,5	461	462
Eau filtrée filière 02	461	452	459	457,5	455,5	457,5	457	452	449

5-1-4. Chlore

Le chlore n'est pas mesuré dans les filtres, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 08 :

Tableau 08 : Variation des teneurs en chlore des échantillons d'eau

Echantillons	14/05	15/05	16/05	17/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05
Chambre dissipation	0,64	0,56	0,69	0,62	0,6	0,56	0,59	0,57	0,61
Eau traitée	0,755	0,8	0,87	0,965	0,86	0,875	0,84	0,765	0,86
Eau décantée filière 01	0,13	0,28	0,17	0,215	0,24	0,195	0,185	0,09	0,19
Eau décantée filière 02	0,26	0,48	0,315	0,335	0,305	0,27	0,215	0,255	0,12

5-1-5. Oxygène dissous

L'oxygène dissous est mesuré seulement dans les eaux traitées, le tableau 09 représente les variations :

Tableau 09: Variations mensuelles des teneurs en O2 dissous des échantillons d'eau

Echantillons	14/05	15/05	16/05	17/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05
Eau traitée	8,33	8,55	8,13	8,23	7,21	7,53	7,92	7,49	7,75

5-1-6. Turbidité

Les variations de la turbidité sont illustrées dans le tableau 10 :

Tableau 10: Variation de la turbidité des échantillons d'eau

Echantillons	14/05	15/05	16/05	17/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05
Eau brute	0,965	0,95	0,92	0,89	1,145	1,02	0,95	1,77	1,57
Eau traitée	0,215	0,21	0,18	0,16	0,2	0,165	0,115	0,14	0,27
Eau décantée filière 01	0,39	0,39	0,41	0,495	0,59	0,41	0,55	0,47	0,55
Eau décantée filière 02	0,62	0,615	0,56	0,59	0,585	0,695	0,45	0,45	0,47
Eau filtrée filière 01	0,175	0,165	0,165	0,105	0,18	0,155	0,14	0,27	0,27
Eau filtrée filière 02	0,21	0,12	0,15	0,125	0,14	0,19	0,11	0,35	0,13

5-1-7. Couleur

Les résultats de variation de la couleur dans l'eau brute et traitée sont illustrés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Variation de la couleur des échantillons d'eau

Echantillons	14/05	15/05	16/05	17/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05
Eau brute	6	2,5	3	6	6,5	6	6	9	5
Eau traitée	0,5	0,5	0	0,5	0	1	0	0,5	0

5-2. Paramètres de pollution et indésirables

5-2-1. Ammonium

L'ammonium est un bon indicateur de la pollution. Les variations de dosage d'ammonium sont illustrées dans le tableau 12, La concentration des dosages est donnée en mg/l d'ammonium dans l'eau brute.

Tableau 12: Dosage d'ammonium

Echantillons	14/05	15/05	16/05	17/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05
Eau brute	0.09	0.013	0.11	0.10	0.10	0.012	0.013	0.10	0.09

5-2-2. Aluminium

La présence d'aluminium dans les échantillons de l'eau est du à l'injection de sulfate d'aluminium (coagulant). Les variations d'aluminium sont illustrées dans le tableau 13.

Tableau 13: Variation des teneurs en aluminium des échantillons d'eau

Echantillons	14/05	15/05	16/05	17/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05
Eau traitée	0,128	0,091	0,095	0,094	0,094	0,078	0,046	0,086	0,1
Eau décantée filière 01	0,419	0,182	0,151	0,148	0,26	0,173	0,149	0,144	0,157
Eau décantée filière 02	0,164	0,235	0,229	0,26	0,34	0,248	0,25	0,262	0,263
Eau filtrée filière 01	0,118	0,047	0,081	0,057	0,14	0,054	0,04	0,084	0,054
Eau filtrée filière 02	0,096	0,051	0,083	0,066	0,104	0,053	0,044	0,065	0,062

5-2-3. Nitrites

Les variations de dosage des nitrites sont illustrées dans le tableau 14 :

Tableau 14 : Dosage de Nitrite

Echantillons	14/05	15/05	16/05	17/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05
Eau brute	0.065	0.013	0.058	0.062	0.064	0.012	0.013	0.059	0.061

5-2-4. Analyse bactériologique

On a constaté une absence totale de bactéries dans les échantillons de l'eau traitée, ce qui montre l'efficacité du traitement appliqué, donc l'eau traitée du barrage de Taksebt est de très bonne qualité bactériologique.

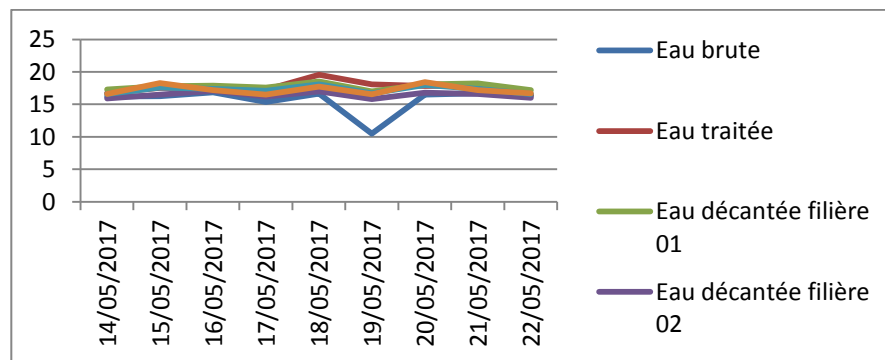
6. Interprétation des résultats

6-1. Paramètres physico-chimiques

6-1-1. Température

La figure 19 suivante présente la variation de la température.

Figure 19: Variation de la température des échantillons d'eau

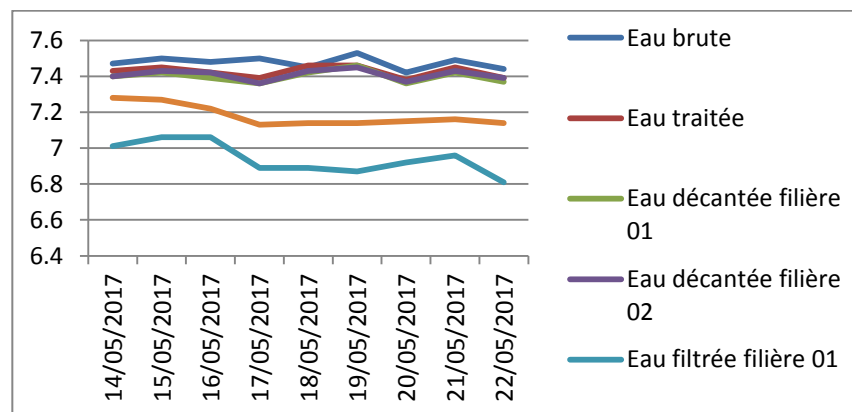


D'après [KAHOUL et al .2014] la température est bonne entre 20 et 22°C ; passable lorsque la valeur comprise entre 22 à 25 °C ; médiocre lorsqu'elle est entre 25 et 30 °C. On constate que la valeur mesurée dans l'eau brute est entre 16,2 et 16,85 °C inférieures à 20°C, donc la température est plutôt bonne. La valeur fixée par le journal algérien n°18 23, 2011 est 25°C.

6-1-2. pH

Les résultats obtenus de l'eau pour le Ph sont présentées dans la figure 20.

Figure 20 : Variation du pH des échantillons d'eau

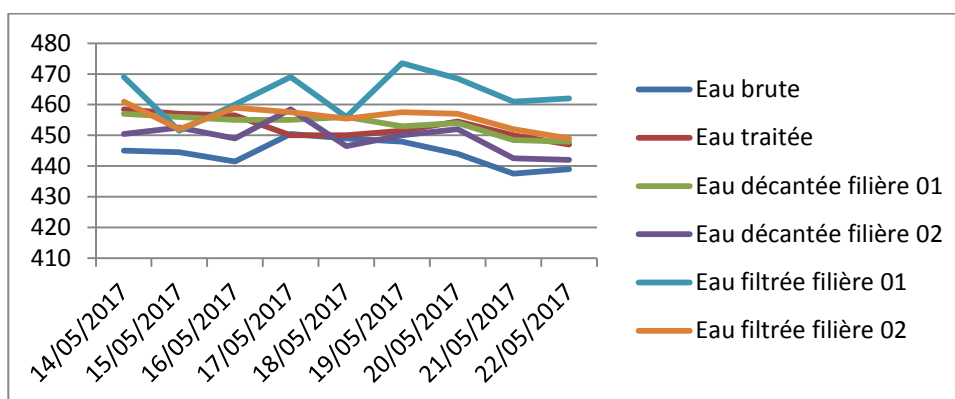


Le pH est un élément qui intervient dans les réactions avec dioxyde de carbone et l'alcalinité. Le pH moyen de l'eau brute est de 7,47 voir la figure 20, ce qui répond à la norme de l'OMS 2006 qui est comprise entre 6,5 et 9,5. Donc l'eau du barrage ne nécessite pas une neutralisation et un recours à la chaux ou à l'acide pour régulariser le pH sauf pour des besoins de traitements. Une légère baisse du pH de l'eau traitée par rapport à l'eau brute est constatée explique l'effet des coagulants.

6-1-3. Conductivité électrique CE

La figure 21 suivante présente les résultats obtenus pour la conductivité de l'eau.

Figure 21 : Variation de la conductivité électrique des échantillons d'eau

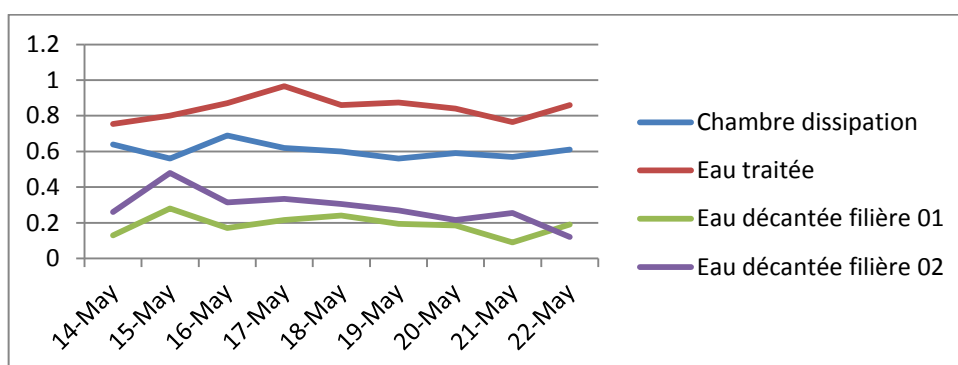


Les valeurs obtenues de la conductivité de l'eau brute et traitée ne présentent pas de différence. Les valeurs sont respectivement 444,3 µs/cm et 452,77 µs/cm. On remarque une légère différence qui est due à la présence du chlorure ferrique ajouté durant la phase de coagulation voir figure 21 ; donc les eaux du barrage sont moyennement minéralisées d'après la valeur fixée par la norme Algérienne n° 18 23, 2011 à 2800 µs/cm.

6-1-4. Chlore

La figure 22 suivante présente la variation de chlore.

Figure 22: Variation des teneurs en chlore des échantillons d'eau

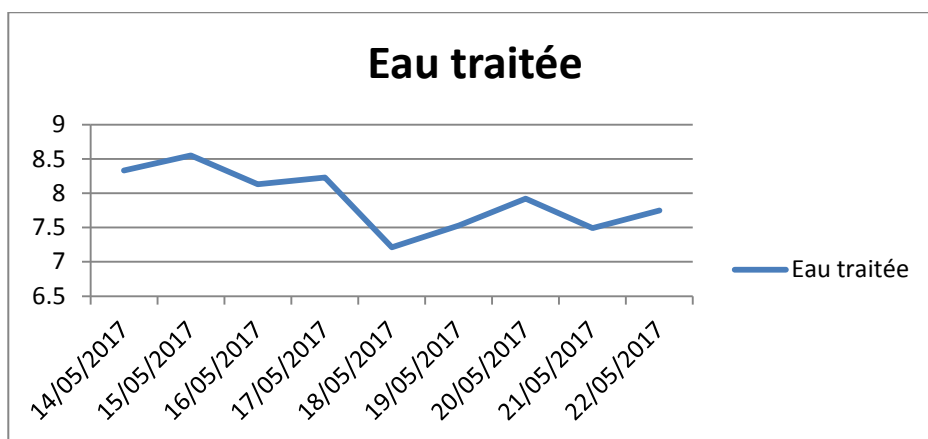


La figure 22 montre que les teneurs en chlores varient d'un échantillon à un autre, les plus faibles valeurs ont été enregistrées dans les eaux décantées filière 1 et 2, la teneur la plus élevée est mesurée dans l'eau traitée, avec une valeur moyenne de 0.84 mg/l. La valeur limite fixée par la norme Algérienne n° 18 23, 2011 est de 5mg/l, ce qui classe l'eau du barrage dans les normes.

6-1-5.Oxygène dissous

La figure 23 suivante présente la variation de l'oxygène dissous.

Figure 23: Variations mensuelles des teneurs en O2 dissous des échantillons d'eau

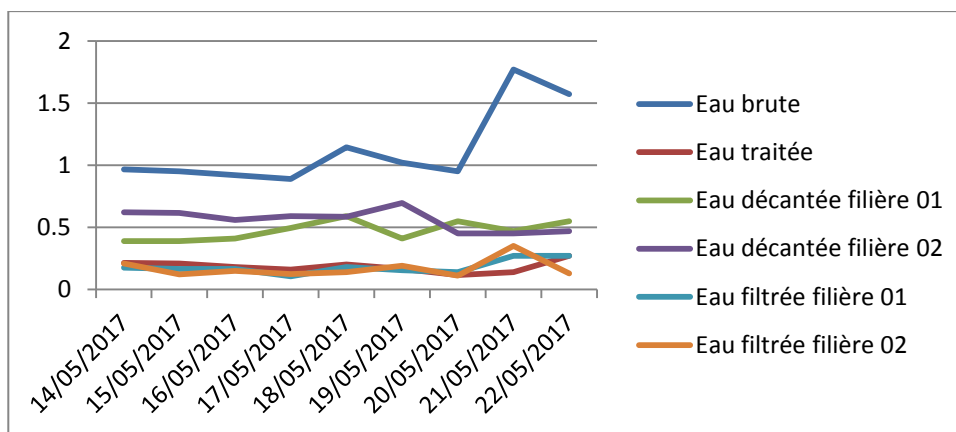


Dans la figure 23 la valeur moyenne est de 7,9 mg/l. Cette valeur est un indicateur de bonne qualité biologique et organique de l'eau. La valeur de référence est de 8 mg/l fixée par le journal algérien n°18 23 de 2011.

6-1-6. Turbidité

La figure 24 suivante présente la variation de la turbidité.

Figure 24 : Variation de la turbidité des échantillons d'eau

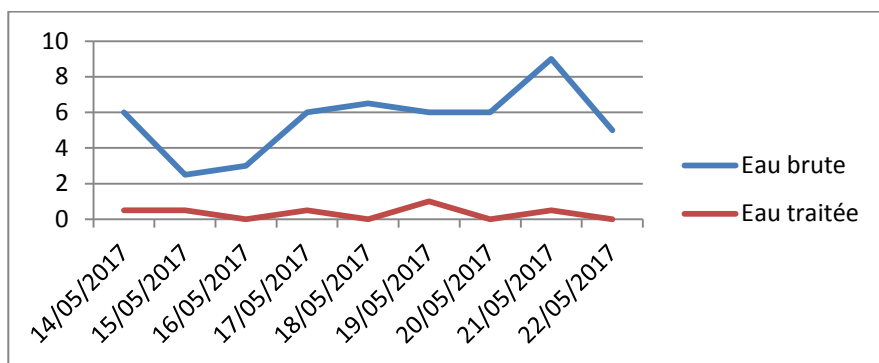


La valeur moyenne de la turbidité mesurée pour l'eau brute du barrage de Taksebt est de 1.13 NTU. La valeur moyenne pour l'eau traitée est de 0.18 NTU ce qui montre une nette amélioration après les traitements infligés, cela se traduit par l'efficacité des étapes de clarification. La valeur fixée est de 5 NTU selon la norme Algérienne n° 18 23, 2011.

6-1-7. Couleur

La figure 25 suivante présente la variation de la couleur.

Figure 25 : Variation de la couleur des échantillons d'eau



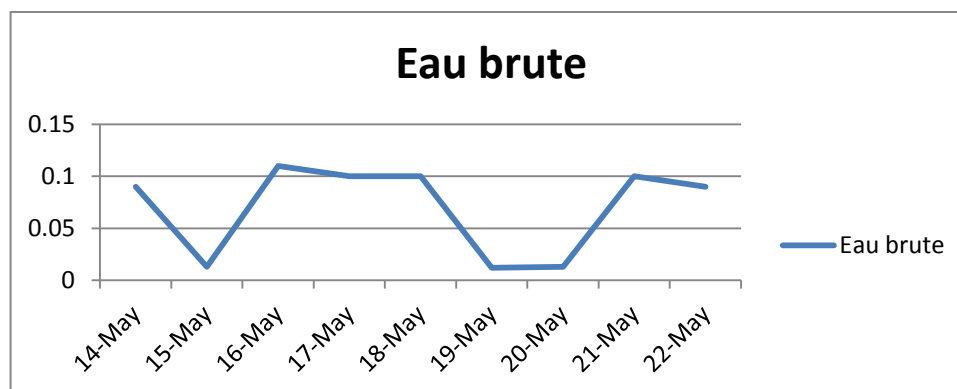
La coloration d'une eau potable pose un problème d'ordre esthétique. La couleur de l'eau brute est comprise entre 2,5 et 9, qui se traduit par la présence des substances dissoutes et MES. La couleur dans l'eau traitée est comprise entre 0 et 1 ce qui s'explique par la bonne clarification la valeur fixée selon la norme Algérienne n° 18 23, 2011 est de 15 mg/l platine.

6-2. Paramètres indésirables

6-2-1. Ammonium

La figure 26 suivante présente la variation de la l'ammonium.

Figure 26 : Dosage d'ammonium

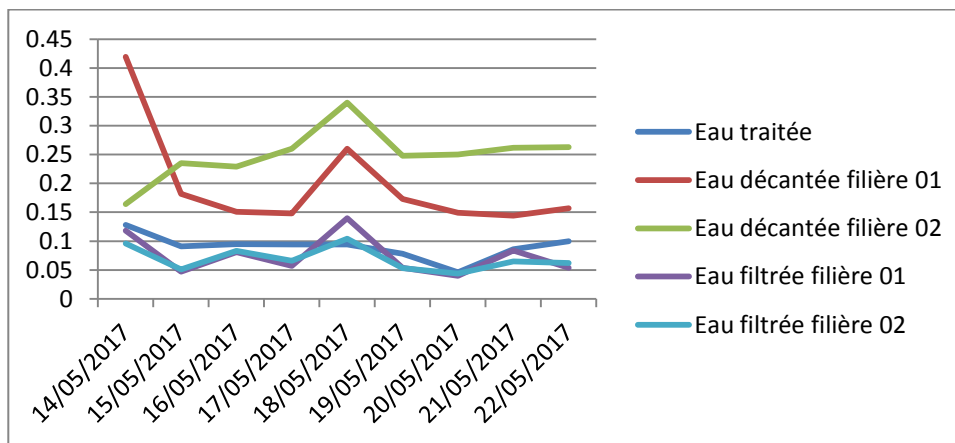


L'analyse dans la figure 26 montre que les teneurs varient entre 0,01 et 0,1 dans l'eau brute. Les valeurs de l'eau traitée est nettement très inférieures proche de zéro, se traduit par la faible perspiration, le N^+H_4 est plus élevé que d'habitude et reste inférieur à la valeur fixée par le journal algérien n°18 23 de 2011 est 0,5 mg/l, donc l'eau brute ne contient pas une quantité qui constitue un risque de pollution.

6-2-2.Aluminium

La figure 27 suivante présente la variation de l'aluminium.

Figure 27: Variation des teneurs en aluminium des échantillons d'eau

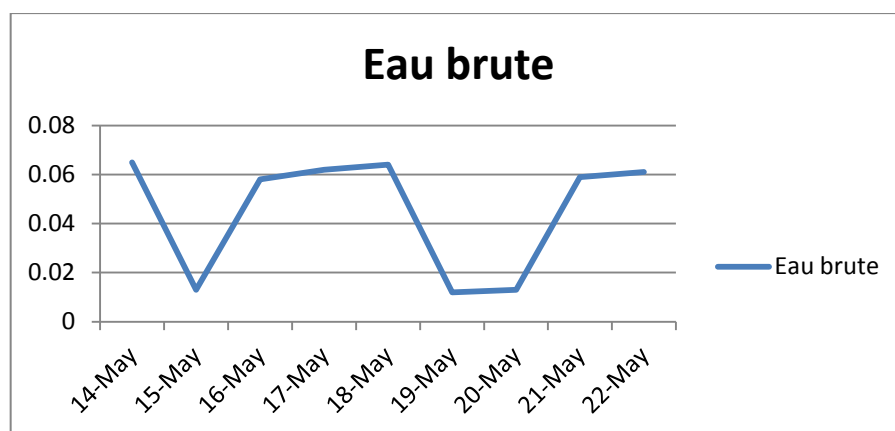


Les valeurs dans l'eau traitée sont comprises entre 0,046 et 0,1mg/l inférieure à 0,2 mg/l la concentration maximale admise dans l'eau destinée à la consommation humaine publiée dans l'OMS 2006 . La tenue en aluminium dans l'eau brute n'est pas mesurée.

6-2-3.Nitrites

La figure 28 suivante présente la variation de nitrites.

Figure 28 : Dosage des Nitrites



Les valeurs pour l'eau brute varient entre 0,012 et 0,065 mg/l voir figure 28 et nulles pour l'eau traitée ce qui reflète l'efficacité du traitement. La valeur maximale enregistrée est de 0.07 mg/l qui ne dépasse pas 0,2 mg/l la norme fixée par OMS 2006.

Conclusion

Les traitements classiques d'une eau s'effectuent en plusieurs étapes dans une station de potabilisation et comporte différentes étapes. Les analyses effectuées sur les échantillons d'eau du Barrage Taksebt, ont permis de révéler le comportement de certains paramètres descriptifs de la qualité physico-chimique des eaux qui sont conformes aux normes de l'OMS et aux normes citées dans le journal algérien. Les eaux ne présentent aucun préjudice sanitaire ou organoleptique pour l'alimentation humaine.

Conclusion générale

L'objectif de notre travail était d'une part, la caractérisation de la qualité physicochimique des eaux brutes du barrage de Taksebt, d'autre part, d'étudier les étapes de traitement de la station de Taksebt afin de déterminer la qualité des eaux destinées à la consommation. Après avoir présenté l'état du lieu et recenser toutes les étapes de processus de traitement appliqué dans la station de Taksebt, nous avons étudié une variante de plusieurs paramètres. Les résultats d'analyse physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes du barrage de Taksebt obtenus durant la période de mois de mai 2017 montrent que la qualité globale de ces eaux présente certaines anomalies concernant le paramètre organique. Par ailleurs, le contrôle systématique des étapes de potabilisation et des paramètres de qualité des eaux traitées qui sont effectués de manière régulière en utilisant un tableau de bord d'indicateurs pour permettre le suivi et le contrôle continu dans le temps et dans l'espace a montré que des corrections significatives ont été apportées par ladite station aux eaux de consommation. Pour les exigences de qualité, nous, nous sommes appuyées sur des normes de référence fixées par l'OMS et le journal algérien.

Les paramètres analysés (Température, pH, Conductivité, Chlore, Oxygène dissous, Turbidité, Couleur, Ammonium, Aluminium, Nitrites) de l'eau brute et l'eau traitée montrent que le traitement suivi dans la station est efficace.

- La température moyenne mesurée est 16,5 °C inférieures à 20°C, jugée plutôt bonne d'après [KAHOUL *et al.* 2014]. La valeur fixée par le journal algérien n°18 23, 2011 est 25°C.
- Le pH moyen de l'eau brute est de 7,47, ce qui répond à la norme de l'OMS 2006 qui est comprise entre 6,5 et 9,5. Une légère baisse du pH de l'eau traitée par rapport à l'eau brute est constatée explique l'effet des coagulants.
- Les valeurs obtenues de la conductivité de l'eau brute et traitée ne présentent pas de différence significative et sont moyennement minéralisées. Une légère augmentation qui est due à la présence du chlorure ferrique ajouté durant la phase de coagulation.
- Les plus faibles valeurs de chlore ont été enregistrées dans les eaux décantées filière 1 et 2, la teneur la plus élevée est mesurée dans l'eau traitée, avec une valeur moyenne de 0.84 mg/l, cette concentration est supérieure à la valeur limite fixée par la norme Algérienne n° 18 23, 2011 est de 5mg/l et ce pour une raison de prévention à cause de la défectuosité des réseaux et des chaleurs durant cette période.
- La valeur moyenne de l'oxygène dissous pour l'eau traitée est de 7,9 mg/l. Cette valeur est un indicateur de bonne qualité biologique et organique de l'eau. La valeur de référence est de 8 mg/l fixée par le journal algérien n°18 23 de 2011.

- La valeur moyenne de la turbidité mesurée pour l'eau brute du barrage de Taksebt est de 1.13 NTU. La valeur moyenne pour l'eau traitée est de 0.18 NTU une différence de 0.95 NTU, ce qui montre une nette amélioration après les traitements infligés, cela se traduit par l'efficacité des étapes de clarification. La valeur fixée est de 5 NTU selon la norme Algérienne n° 18 23, 2011.
- La couleur de l'eau brute est comprise entre 5.5 Pt/Co, qui se traduit par la présence des substances dissoutes et MES. La valeur moyenne de la couleur dans l'eau traitée est 0,4 Pt/Co une différence de 5.1Pt/Co, et ce qui s'explique par la bonne clarification selon la valeur fixée par la norme Algérienne n° 18 23, 2011 qui est de 15 mg/l platine.
- La teneur moyenne d'ammonium de l'eau brute est 0,07 mg/l. Les valeurs de l'eau traitée est zéro avec un taux d'abattement de 100%, se traduit par la faible précipitation, le N^+H_4 est plus élevé que d'habitude et reste inférieur à la valeur fixée par le journal algérien n°18 23 de 2011 est 0,5 mg/l, donc l'eau brute ne contient pas une quantité qui constitue un risque de pollution.
- La valeur moyenne d'aluminium dans l'eau traitée est 0,09 mg/l inférieure à 0,2 mg/l la concentration maximale admise dans l'eau destinée à la consommation humaine publiée dans l'OMS 2006 la présence de l'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. La teneur en aluminium dans l'eau brute n'est pas mesurée.
- La valeur moyenne de nitrites pour l'eau brute 0,04 mg/l et nulles pour l'eau traitée ce qui reflète l'efficacité du traitement. La valeur maximale enregistrée est de 0.07 mg/l qui ne dépasse pas 0,2 mg/l la norme fixée par OMS 2006.

Malgré l'efficacité du traitement subi dans la station, il faut signaler que la station n'accomplit pas la totalité des tests pour évaluer la qualité de l'eau, ainsi il serait essentiel:

- De faire l'analyse d'autres paramètres tels que les métaux lourds, les pesticides.... ;
- Prendre en considération les risques toxiques qui peuvent être causés par le chlore à long termes.

Annexe

TABLEAU A1: Lignes directrices de l'OMS 2003 et OMS 2006 en ce qui concerne la qualité de l'eau potable.

Élément/ substance	Symbole	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices OMS 2003	Lignes directrices OMS 2006
Ammonium	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobique)	Pas de contraintes	Pas de contraintes
Aluminium	Al		0,2 mg/l	0,2 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l	Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
oxygène dissous	O ₂		Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Nitrate et nitrite	NO ₃		50 et 3 mg/l (exposition à court terme)	50 et 3 mg/l (exposition à court terme)
	NO ₂		0.2 mg/l (exposition à long terme)	0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée	Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5

*TABLEAU A2: Paramètres physico-chimiques et organoleptiques
(Normes Algérienne n° 18 23, 2011).*

Paramètre	Unité	Niveau guide	Concentration Max-admissible
pH		6.5 à 8.5	
Conductivité	µS/cm à 20°C	-	2280
Température	°C		25
Couleur	mg/l platine PT-Co		15
Turbidité	NTU		5
Nitrite	mg/l		0.2
O₂ dissous	//		8
Chlore	mg/l		5
Ammonium	mg/l		0.5
Aluminium	mg/l	-	0.2

- [**AISSAOUI, 13**], Évaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région d'Oued Athmania (Mila) par les activités agricoles, Thèse de Magistère en biologie, 2013.
- [**ANRH, 93**], Plan de développement 2010. Alger.
- [**ARRUS, 85**], L'eau en Algérie/ OPU, 28p.
- [**ABDESSELEM. A, 99**], Suive De La Qualité Microbiologique Et Physicochimique De Trois Serres Alimentant De La Région De Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institut de biologie, université de Tlemcen. 1999, pp 2-18.
- [**ACHOUR S, 97**], Optimisation des étapes de clarification au cours du traitement des eaux de surface algériennes, Tribune de l'eau, 1997, vol.50, 3,35-39.
- [**AOUBED. A, 07**], les différents procédés des traitements des eaux, l'université BLIDA. 2007, 80 p.
- [**BERNE. F, 72**], Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNIP, 1972, 207 p.
- [**BOUZIANI. M, 00**], L'eau De La Pénurie A La Maladie. Edition Ebeanthaldoun. 2000, pp 84.
- [**BOUALEM. R, 09**], Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article de recherche, 2009. p 20-33.
- [**BOUCHAR F, 10**], Mesure de salinité -réalisation d'un conductimètre. Version 1.0 (TENUM TOULOUSE).Ed3. P15.
- [**BOUDJADJA, 01**], Ressources hydriques en Algérie du Nord Revue des sciences de l'eau.
- [**BENLALA, 95**], Mobilisation des ressources en eau, santé plus : 25p.
- [**BOUCENNA FATIH., 09**], Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité a la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale de l'oued djendjen (JIJEL, nord -est ALGERIEN). Mémoire magister. Université BADJI MOKHTAR-ANNABA.P133.
- [**BERNE. F, JEAN. C, 91**] Traitement des eaux, Édition TECHNIP, 1991, 306 p.
- [**BOTTA, 01**], Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro-Méditerranée TEHYS. Avril 2001.
- [**BOUZIANI. M, 00**], L'eau De La Pénurie A La Maladie. Edition Ebeanthaldoun. 2000, pp 84.
- [**BRENDA XIOMARAOCHOA-SALAZAR, 08**]. Etude conjuguée géochimique /hydrologique des relations nappe-rivière dans une zone humide: cas de la zone humide alluviale de mannequin, France. Thèse doctorat. Université TOULOUSE III - paul sabatier .France. P243.

- [**BEAUDRY JEAN-PAUL, 84**], Traitement des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada, 1984.
- [**COX. CHARLES R, 67**], Techniques et contrôle du traitement des eaux. O.M.S Genève 1967.
- [**CARDOT C., 99**]. Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques, ellipses édition marketing S.A. P 145.
- [**DEJOUX C, 88**], Pollution des eaux continentales africaines, Editions ORSTOM, 1988
- [**DJABRI L, 96**], Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse, origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie, 1996.
- [**DRAPEAU A.J, 77**], Manuel de microbiologie de l'environnement O.M.S., Genève. (1977)
- [**DEGREMONT, 89**], Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, 1989, P :5, 24,25.
- [**DEGREMONT, 05**], Mémento technique de l'eau, Lavoisier SAS. Lexique technique de l'eau, Paris, dixième édition, 2005.
- [**DESJARDINS R, 97**], Le traitement des eaux, 2ème édition, Ed. de l'école polytechnique de Montréal, 1997.
- [**DUGUET et al, 06**], Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1^{ère} édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement).
- [**ENCYCLOPEDIA, 95**], Industrial chemistry, Water in Ullman's, Wiley-VCH Verlags, vol.8. Épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 : 81-118.
- [**FEM/PNUD, 98**], Changements climatiques et ressources en eau dans les pays du Maghreb : 58p.
- [**FEACHEM R.G, 83**], Sanitation and disease health aspects of excreta and wastewater management Word bank, Washington. (1983)
- [**GUILBERT. L, 00**], Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire, 2000, p 21.
- [**GAUJOUS D., 95**], La pollution des milieux aquatiques. Edit. Lavoisier Techniques et documentation .Paris. P17
- [**GREGORIO. C, 07**]. Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés, Presses Univ. Franche-Comté, 2007, 356 p.
- [**GALAFF, 03**]. « Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site Web sur la pollution du milieu marin ». Mémoire d'ingénieur d'état. Université.

[**GRAINI LAZHAR., 11**]. Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique Mémoire magister. Université FERHAT ABBAS-SETIF. P106.

[**GUILBERT. L, 00**], Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire, 2000, p 21.

[**HECTOR RICARDO., 06**]. Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable, thèse docteur de l'institut national des sciences appliquées de TOULOUSE. P188.

[**JOLY B., REYNAUD A., 03**]. Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses. Edit. Techniques et Documentation. Paris. P356.

[**JEAN-CLAUDE. B, 83**], Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine, Edition Ed. Techniques Ingénieur, 1983, pp 2-8.

[**KECK G, 00**], « Déchets et risques pour la santé », Techniques de l'Ingénieur, Paris, 2450p.

[**KETTAB A, 92**]. Traitement des eaux "les eaux potable", O.P.U, Alger, 1992.

[**KOLLER, 04**]. Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues. DUNOD. PARIS. Avril 2004.

[**KAHOUL et al .2014**], Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba , laboratoire des sols et développement durable, faculté des sciences, université Badji Mokhtar, ISSN 1112-3680, septembre 2014.

[**KHALID A., 07**], La pollution de l'eau et ses impacts. Rapport. P36.

[**LAZHAR G, 11**], Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique Mémoire magister. Université FERHAT ABBAS-SETIF. P106.

[**LE MINOR L, 87**]. Request for an opinion. Designation of *Salmonella enterica* sp. nov. nom., rev. as the type and only species of the genus *Salmonella*.

[**MERABET SOUMIA., 11**], Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (chott Merouane et Ain el BEIDA), environnement et signes de dégradation. Mémoire magister. Université KASDI MERBAH. OUARGLA. P171.

[**MBEUKAM., 13**], Evaluation de la qualité bactériologique et physico – chimique des eaux du lac municipal d'akonolinga. Département des sciences biologiques. (D.I.P.E.S. II). Université de YAOUNDE I. P60.

[**MANUEL DE BERGEY., 84**], Systematique bactériologie ; 9th edition.P533.

[**MIZI ABDELKADER, 06**], Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat, état, université d'Annaba, Algérie, 2006.

[**MELGHIT MERIEM., 12**], Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments eau / sédiments de l'oued rhumel, et des barrages HAMMAM GROUZ ET BENI HAROUN. Mémoire magister. Université MENTOURI CONSTANTINE . P175.

[**MEDFOUNI SAMIR., 07**], Adoucissement des eaux géothermales de l'oued R'hir. Etude comparative de deux types de chaux (cao et ca (oh)₂). Mémoire magister. Département de genie des procedes-ouaregla. P62.

[**MAYET J., 94**], « La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation, le Moniteur » 2ème Edition, p382, Paris.

[**MEROUANI MAHDI, 13**], Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'OUARGLA. Mémoire master. Université KASDI MARBAH OUARGLA. P59.

[**MASSON, M. H.,99**], Software sensor design based on empirical data, Ecological Modelling, 120, 131-139, 1999.

[**MOUMOUNI M., 05**], Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Faculté de médecine de pharmacie et d'odontostomatologie.3eme édition BAMAKO. P536.

[**MARCEL DORE, 89**], Chimie des oxydants et traitement des eaux. L'université de Poitiers (E.S.I.P), p : 2,3

[**METAHRI MOHAMED SAID., 12**], Elimination simultanée de pollution azotée et phosphatée des eaux traitées, par des procédés mixtes .Cas de la steppe est de la ville de 103. TIZI-OUZOU. Université MOULOU MAMMARI DE TIZI-OUZOU. Thèse doctorat. P172.

[**MOKEDDEM. K, OUDDANE. S, 05**], Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie –Mascara, 2005, pp 18-22.

[**OMS, 87**], Technologie de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement dans les pays en développement. Série de rapports techniques 742. Genève 1987

[**OUBAGHA NOURA ., 11**]. Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique. Mémoire magister. Université MOULOU MAMMARI.TIZI OUZOU. P151.

[**PHILIPPO P, 81**], Evolution d'une eau de surface au cours des traitements de potabilisation ; comportement des espèces métalliques au contact des matières humiques, J.fr.Hydrobiol, 1981.

[PNUE / OMS., 77], Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague. P168.

[POTELON J-L, 98], Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial, 1998
[REJESK, F, 05], « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.

[RODIER J, 84], L'analyse de l'eau, Eaux naturelles- eaux résiduelles- eau de mer, 7ème édition Dunod 1984.

[RONALAD V, 03]. Eau, Environnement et Santé Publique, 2è me édition, Ed TEC&DOC, 2003 PARIS.

[RODIER. J, 96], Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer), 8ème Edition, paris, 1996, 1260 p.

[RODIER. J, 97], L'analyse De L'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires Et Eaux De Mer), 8ème Edition, Dunod, Paris, 1997, p 66.

[SARI., 14], Contribution a l'étude de la qualité chimique et bactériologique de l'eau de la source «ATTAR» (TLEMCEN). Mémoire magister. Université ABOU-BEKR BELKAID TLEMC. P92.

[SALGHI R., 97], Différents filières de traitement des eaux. Edition ENSA, Agadir.

[SCHUDEBOOM. J, 93], Nitrates et Nitrites dans les denrées alimentaires, éditions du Conseil de l'Europe, Strasbourg, 1993, p 11.

[TARDAT HENRY. M, 92]. Chimie Des Eaux, 2ème Edition, Les éditions du griffon d'Argile, 1992, pp 213-215.

[VALIRON F.89], Gestion des Eaux : alimentation en eau - assainissement, Presses de l'école Nationale des ponts et chaussées, Paris, 1989.

[VIGOURET J, 85]. Le potentiel Zêta et son application dans le domaine de l'eau potable, TSM, 1985, p : 91,95.

[VILAGINES R., 03], Eau, environnement et santé publique: introduction à l'hydrogéologie. 2^{ème} Edition. Lavoisier Tec et Doc, Paris.