

Licence Sciences et Techniques  
Eau & Environnement

Mémoire du projet de fin d'étude

**Etude et contrôle de la qualité physico-chimique et  
bactériologique des eaux de la station de traitement  
Barrage Hassan 1<sup>er</sup>.**

Réalisé par :

**BOUZIANE Ikram & BOUTALKHOUKHTÉ Wardia**

Soutenu le : 29 Juin 2021

Devant la commission d'examen composée de :

Encadrante : Pr. Yamina BOURGEOINI, FST Marrakech

Encadrant : Mr. Redouane EL AMRI, Responsable à ONEE

Examineur : Pr. Ali RHOJJATI, FST Marrakech

## *Remerciements*

---

Ce n'est pas parce que la tradition l'exige par l'habitude que cette page est présentée dans notre rapport de stage de fin d'étude, mais parce que les personnes à qui s'adressent mes remerciements les mérites vraiment.

Nous tenons à exprimer nos gratitude et nos remerciements au chef de la station de traitement des eaux de barrage Hassan premier, Mr. IBRAHIM BENLHASSAN pour son accord de passer le stage au sein du laboratoire de la station de traitement de l' eau potable Demnate.

Nous tenons également à exprimer nos vifs respects et notre fort remerciement à notre encadrant de stage Mr.RADOUANE EL AMRI, pour son accueil,son assistance et sens de former et d'informer.

Nous tenons à remercier, Pr. YAMINA BOURGEOINI pour son engagement aussi sérieux afin de nous encadrer, son aide au montage de la thématique et du plan de travail de la présente, et pour les conseils aussi utiles en faveur de la réussite de notre soutenance.

Aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail, qu'ils soient vivement remerciés pour leur contribution à l'amélioration de ce mémoire, merci Pr. Ali RHOUJJATI.

# Sommaire

<i>Remerciements</i> .....	2
<i>Introduction</i> :.....	5
<b>PARTIE I : GENERALITES</b> .....	6
<b>I. Présentation du barrage Hassan premier</b> .....	11
<b>II. Présentation générale de la station</b> .....	12
1. <b>Historique</b> .....	12
2. <b>Présentation de la station</b> .....	12
3. <b>Moyens et matériels</b> .....	14
<b>III. Processus de traitement des eaux de barrage Hassan 1er</b> .....	14
1. <b>Pré-chloration</b> .....	14
2. <b>Coagulation-floculation</b> .....	15
3. <b>Décantation</b> .....	16
4. <b>Filtration</b> .....	17
5. <b>Désinfection</b> .....	18
<b>Partie II</b> :.....	19
<b>Matériels et méthodes d'étude de qualité physico-chimique et bactériologique des eaux.</b> .....	19
<b>I. Normes internationales et marocaines de la qualité de l'eau</b> : .....	20
1. <b>Normes internationales</b> .....	20
2. <b>Normes marocaines</b> .....	21
<b>II. Méthodes d'échantillonnage</b> .....	23
<b>III. Les analyses physico-chimiques</b> .....	23
1. <b>Température</b> .....	23
2. <b>Potentiel hydrogène (pH)</b> .....	23
3. <b>Turbidité</b> .....	24
4. <b>Chlore résiduel</b> .....	24
5. <b>Conductivité</b> .....	25
6. <b>Oxygène dissous</b> .....	25
7. <b>Oxydabilité (KMnO<sub>4</sub>)</b> .....	26
8. <b>Titre d'alcalimétrie simple TA/ Titre d'alcalimétrie complet TAC</b> .....	27
9. <b>La dureté totale et la dureté calcique</b> .....	27
10. <b>Ions chlorures</b> .....	28
11. <b>Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b> .....	28
12. <b>Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b> .....	29
13. <b>Fer (Fe)</b> .....	30

14.	Aluminium (Al) .....	30
15.	Manganèse .....	31
16.	Jar-test .....	31
17.	Essai d'agressivité .....	32
18.	Demande en chlore .....	33
IV.	Analyses bactériologiques .....	34
1.	Analyses bactériologiques de l'eau brute par NPP .....	35
a.	Recherche et dénombrement des coliformes et des <i>Escherichia coli</i> par la technique NPP .....	35
b.	dénombrement et le recherche des entérocoques intestinaux par la technique de NPP .....	36
2.	Analyses bactériologiques de l'eau traitée .....	37
a.	Recherche des coliformes par la technique de filtration sur membrane .....	37
b.	Recherche d' <i>Escherichia coli</i> par la technique de filtration sur membrane .....	38
c.	Recherche des entérocoques intestinaux par la technique de filtration sur membrane .....	38
d.	Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables par la technique d'incorporation en gélose .....	39
•	Conclusion .....	39
	Partie III : Résultats et discussion .....	40
I.	Résultats de la qualité physico-chimique .....	41
II.	Interprétations .....	42
III.	Les résultats des analyses microbiologiques .....	44
1.	Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau traité .....	44
✓	Interprétation .....	44
2.	Résultats des analyses microbiologiques de l'eau brute .....	44
•	Conclusion .....	45
	Conclusion générale .....	46
	Annexe 1 : table de Mac Crady : .....	47
	BIBLIOGRAPHIE .....	48

## *Introduction :*

L'eau joue un rôle primordial, au développement et à la vie de tous les êtres vivants y compris l'homme. Ainsi l'eau nécessaire au développement de l'activité humaine, (qu'elle soit industrielle, domestique ou pour l'agriculture) et consiste un facteur déterminant du développement des pays. L'eau recouvre 72 % de la surface de la terre mais seulement 0,3 % des réservoirs globaux en eau sont utilisés comme eau potable.

Il existe trois ressources disponibles d'eau naturelles :

- Les eaux souterraines (puits, nappe phréatique, infiltration).
- Les eaux de surfaces (lacs, étangs, rivières, fleuves).
- Les eaux de mer et eaux saumâtre.

L'eau potable est une eau qui peut être consommée sans nuire à la santé. Afin de définir précisément l'eau potable, des normes ont été formulées, notamment la teneur limite à ne pas dépasser de nombreuses substances nocives et/ou micro-organismes pathogènes peuvent exister dans l'eau.

Pour obtenir de l'eau potable, l'eau doit passer par des étapes de traitement et d'analyses physico-chimiques et microbiologiques.

Nous avons effectué un stage dans la station de traitement d'eau potable de barrage Hassan 1<sup>er</sup> Demnate dans le but de reconnaître les différentes étapes de traitement de l'eau potable par les analyses physico-chimique et de déterminer la présence ou non de microbiologiques afin de s'assurer de notre qualité de l'eau potable.

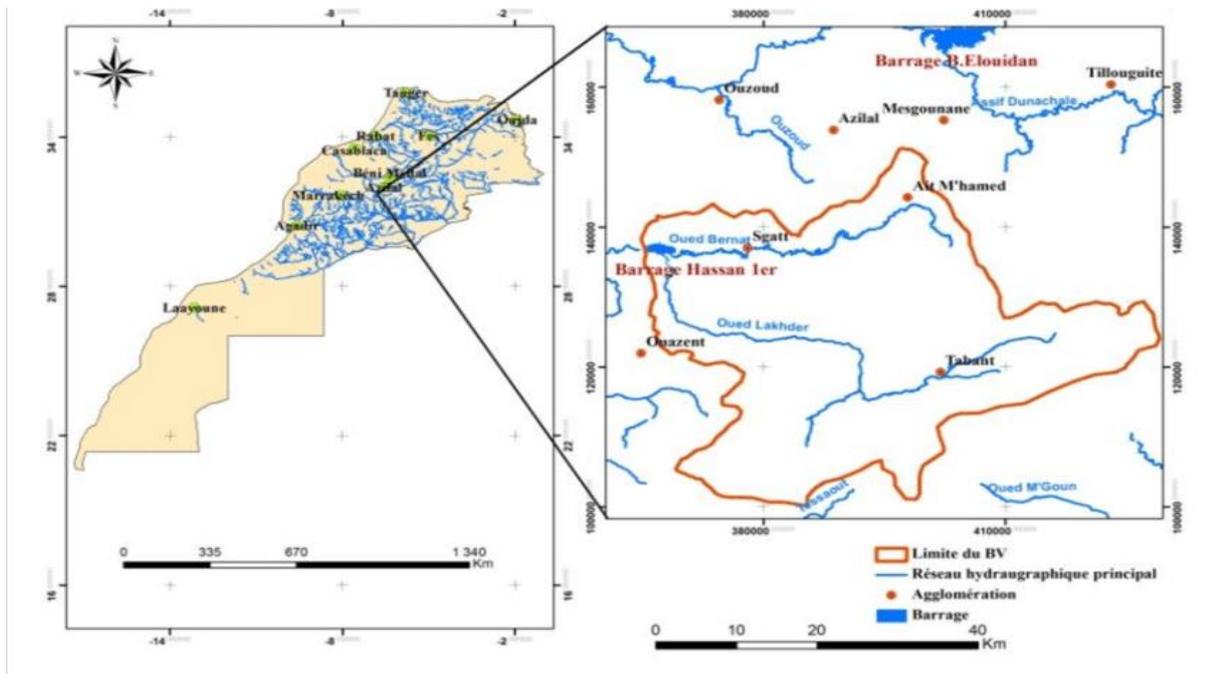
Le rapport de notre stage traite trois parties :

- Généralités.
- Matériel et méthodes.
- Interprétation des résultats et discussion.

# **PARTIE I : GENERALITES**

### ➤ Contexte géographique d'Ouaoula

Ouaoula est une petite ville et une commune rurale de la province d'Azilal de la région de Tadla-Azilal au Maroc avec une latitude de  $31^{\circ} 52' N$ , une longitude de  $6^{\circ} 45' 0'' W$  et une altitude de 1285m. Cette région se trouve au Nord du sous-bassin Lakhdar, plus précisément dans la zone de piedmont ( $800m < \text{altitude} < 1500m$  et pente moyenne 1,3%). Ce sous-bassin a une altitude varie entre 488m au niveau de l'oued Tensift à 4017m au niveau de haut atlas.



**Figure1** : Situation géographique du bassin versant d'Oued Lakhdar

### ➤ Contexte géologique

Sur le plan géologique, le sous-bassin Lakhdar trouve dans la partie orientale Du bassin Haouz -Mejjate (carte2).

La partie Nord-Est du sous-bassin est constitué de la terminaison orientale du bassin sédimentaire de Haouz Mejjate. Il s'agit des formations continentales de remplissage, d'âge Mio-Plio quaternaire, très hétérogène comporte notamment :

- ✚ Des conglomérats dans une bande de seulement 2-3 km de haut alignée au pied de l'atlas qui se prolonge vers le nord dans l'axe du cours actuel de l'oued Lakhdar.
- ✚ Des formations alluviales remaniées au quaternaire, constitués de galets, graviers et sables à fortes perméabilité correspondent aux anciens lits d'oueds.
- ✚ Des formations perméables passent en allant vers le Nord à des formations limoneuses, parfois encroutés en surface.

Le reste de la partie nord de sous-bassin Lakhdar est constitué d'une alternance du jurassique (Lias, Dogger et jurassique gréseux rouge de haut Atlas), c'est le cas du Ouaooula. Dans la partie sud, des formations du secondaire plus anciens (Trias) et du primaire affleurent. il s'agit notamment du Dévonien non subdivisé et de l'Ordovicien non subdivisé.

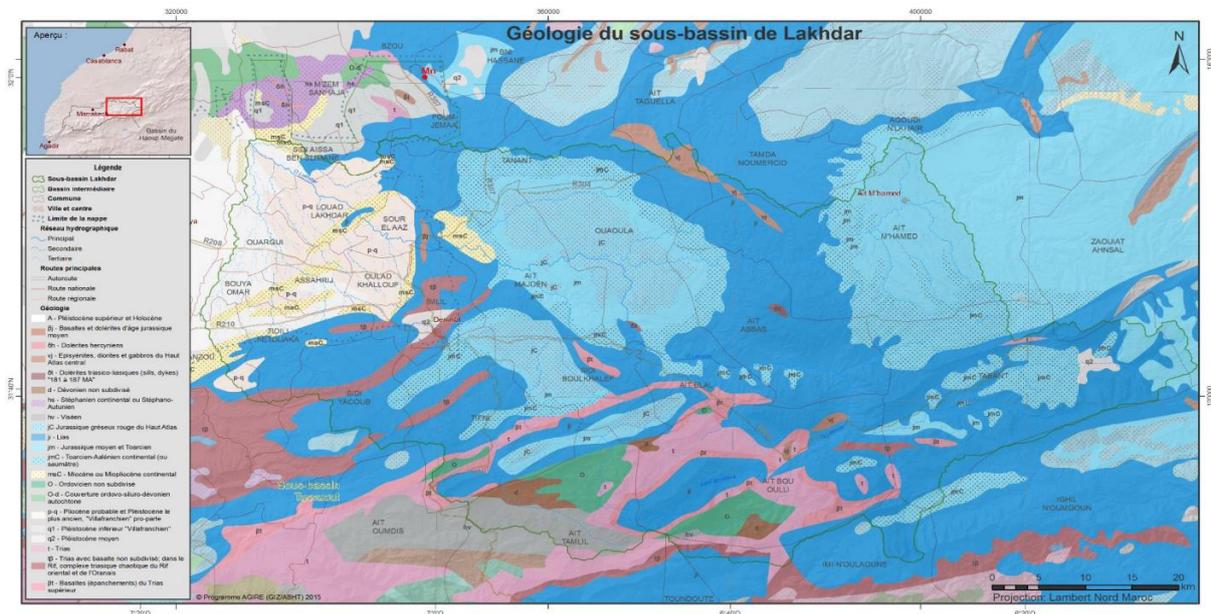


Figure 2: Carte géologique du sous-bassin de Lakhdar

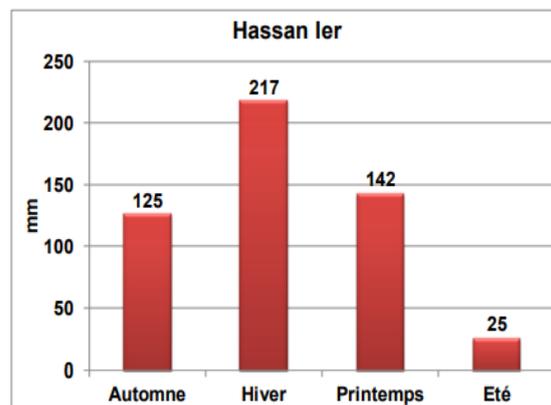
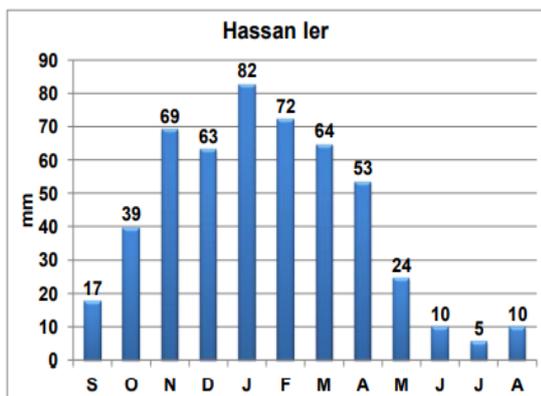
Source : carte géologique du Maroc 1/1000000

### ➤ Contexte climatique

La répartition moyenne des pluies mensuelles mesurée à la station Hassan Ier montre l'existence de deux périodes caractéristiques (Figure1) :

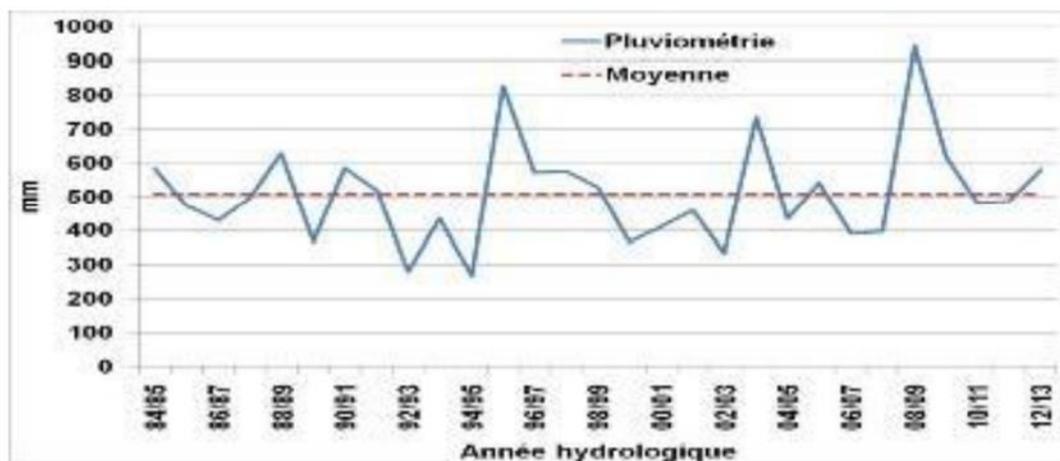
- ✓ **Une saison humide** allant du mois d'octobre à avril, où interviennent la quasi-totalité des épisodes pluvieux, soit 87% de la pluviométrie annuelle
- ✓ **Une saison sèche** allant de mai à septembre avec 13 % de la pluviométrie annuelle. Le maximum est atteint au mois de janvier et le minimum au mois de juillet.

La moyenne annuelle est de l'ordre de 509 mm au niveau de la station Hassan Ier, avec un maximum de 944 mm (08/09) et un minimum de 268 mm (95/96).



**Figure 3 :** Répartition de la pluviométrie moyenne mensuelle et saisonnière - Barrage Hassan Ier (1984-2012) Source : ABHOER

Le graphique suivant (Figure 2) illustre l'évolution de la pluviométrie annuelle pour la station Hassan Ier.

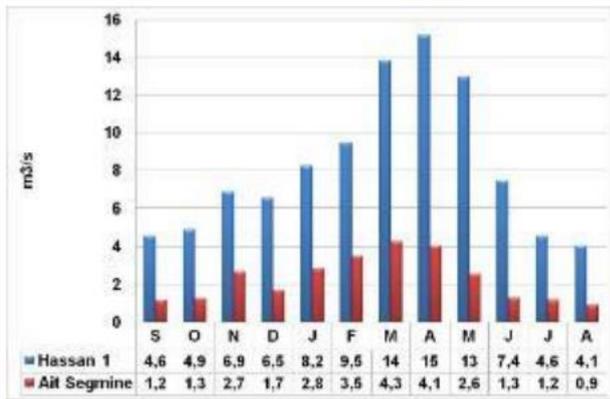


**Figure 4 :** Évolution de la pluviométrie annuelle - Hassan Ier (1984-2012) Source : ABHOER

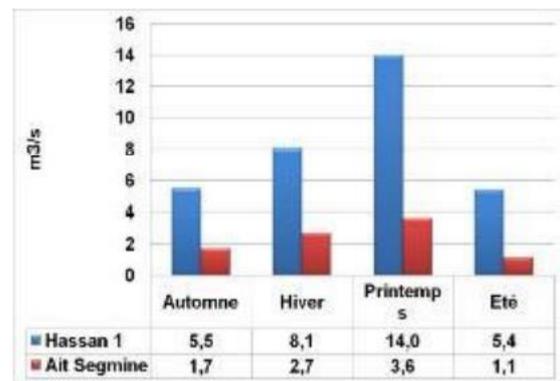
### ➤ Contexte hydrologique

Le sous-bassin de Lakhdar est doté de 3 stations hydrométriques : Ait Segmine, Hassan Ier, et Sidi Driss (Carte 3).

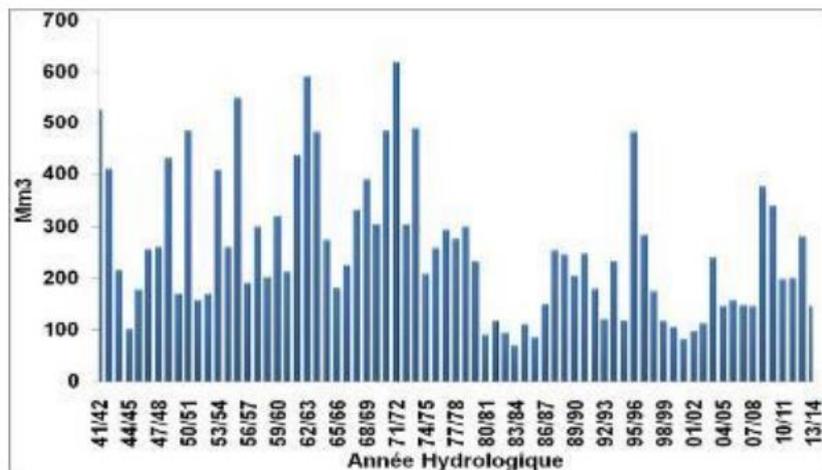




**Figure 6** : Débits moyens mensuels - Ait Segmine (1970-2011) et Hassan Ier (1941-2013) Source : ABHOER



**Figure 7** : Débits moyens saisonniers - Ait Segmine (1970-2011) et Hassan Ier (1941-2013) Source : ABHOER



**Figure 8** : Évolution des apports du barrage Hassan Ier (1941- 2013) Source ABHOER

## I. Présentation du barrage Hassan premier

Le barrage Hassan Ier a été réalisé sur l'oued Lakhdar et mis en service en 1986. Il est situé à 40 km environ de la ville d'Azilal. Les eaux de ce barrage sont utilisées pour :

- L'irrigation du périmètre de la Grande Hydraulique du Haouz Central.
- L'AEP (alimentation en eau potable) de la ville de Marrakech à travers le transfert d'eau par le canal Rocate.

**Les caractéristiques du barrage Hassan I er sont comme suit :**

- Bassin versant : 1 670 km<sup>2</sup> ;
- Apport moyen annuel : 328 Mm<sup>3</sup>/an (10,4 m<sup>3</sup>/s) ;
- Capacité initiale de la retenue : 270 Mm<sup>3</sup> ;

- Type de barrage : terre et enrochement ;
- Hauteur max sur fondation : 145 m ;
- Longueur de la crête : 380 m.

Le Tableau 16 présente l'évolution du taux d'envasement au niveau du barrage Hassan I<sup>er</sup>. Le volume du barrage est passé de 272,2 Mm<sup>3</sup> en 1986 à 242 Mm<sup>3</sup> en 2008, avec un taux d'envasement moyen annuel de l'ordre de 1,4 Mm



Figure 9 : plan représentatif du barrage Hassan 1<sup>er</sup>

## II. Présentation générale de la station

### 1. Historique

Créé en 1929 par Dahir sous le nom de REIP (Régie d'Exploitation Installation et Planification) puis REP (Régie d'Exploitation et Planification), et en fin sous le nom de l'ONEP en 1972.

L'Office National de l'Eau Potable est l'organisme gouvernemental qui assure l'essentiel de la gestion de la ressource en eau potable et de sa production au Maroc. C'est un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

En Avril 2012 s'est effectué entre l'Office National de l'Electricité (ONE) et l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) pour créer un nouvel établissement sous le nom d'Office National de l'Electricité et de l'Eau (ONEE) capable de généraliser l'accès à l'eau et à l'électricité à toutesLes régions Royaumes.

### 2. Présentation de la station

#### 2.1 Localisation

La station de traitement des eaux de barrage Hassan premier, est située à 35 Km d'Azilal sur la route de barrage premier et à 40 km de Demnate.

## 2.2 Création

La station de traitement Demnate a été construite en 2011 et mise en service en 2013, elle produit un débit nominal d'eau traitée de 100 l/s extensible à 400 l/s, à partir d'une eau brute ayant une charge en matière en suspension (MES) pouvant atteindre 2 g/l.

## 2.3 Objectif de station

L'objectif de cette station est d'assurer l'alimentation en eau potable des villes de Demnate, Azilal et rural à partir du barrage Hassan premier.

## 2.4 Description générale de la station

La station est composée de :

- Bâtiment d'exploitation.
- Décanteur.
- Filtres.
- Bâche à boues.
- Lits de séchage.
- Locaux réactifs.
- Local chloration.
- Bâche eau sale des filtres.
- Poste de transformation.
- Stockage et pompage des eaux traitées.
- Epaisseur.
- Atelier.
- Décanteur des eaux sales de filtres.



Figure 10 : plan représentatif de la station

### 3. Moyens et matériels

Le laboratoire est doté d'un équipement moderne qui lui permet de procéder à la détermination de plusieurs paramètres, ces analyses sont réalisées sur des échantillons d'eaux traitées, brutes, produits de traitement, etc....

Le laboratoire dispose de 3 salles :

- Une salle pour les analyses physico-chimiques ;
- Une salle pour les analyses bactériologiques ;
- Une laverie pour le nettoyage et la stérilisation du matériel.

## III. Processus de traitement des eaux de barrage Hassan 1er

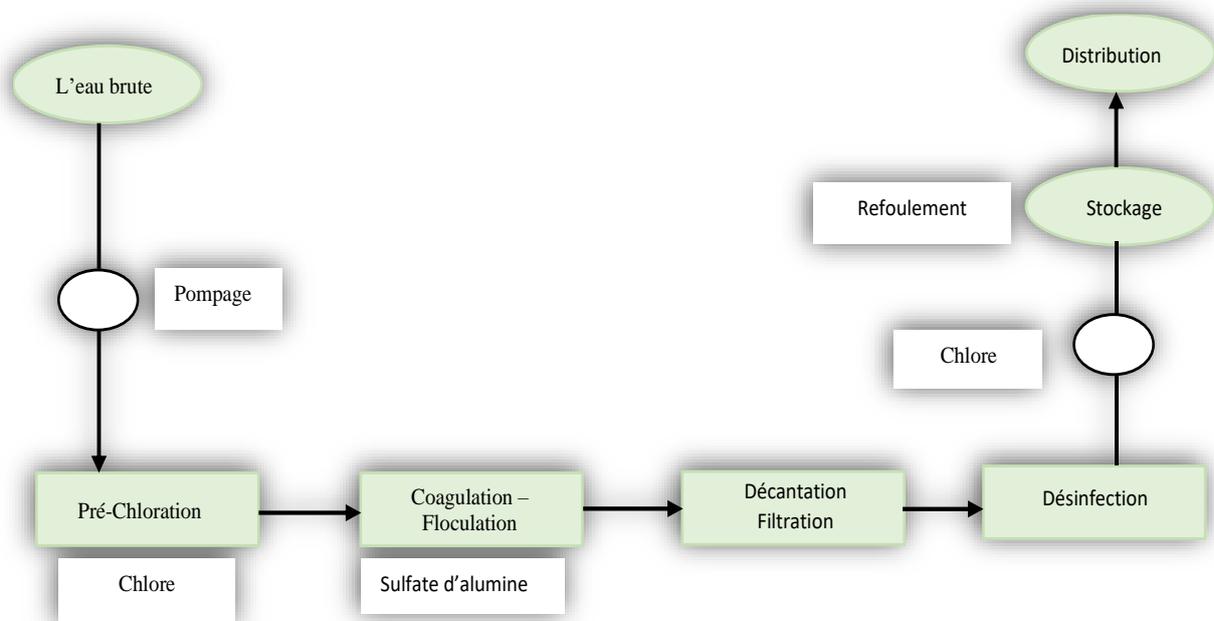


Figure 11 : étapes de traitement des eaux de barrage Hassan 1er

### 1. Pré-chloration

La pré-chloration est un procédé de traitement au chlore qui s'effectue en tête de la phase de traitement, il consiste à :

- Oxyder la matière minérale (fer, manganèse etc. ...) contenue dans l'eau brute (responsables de la couleur).
- Détruire la matière organique (améliorer le goût et l'odeur de l'eau)
- Détruire les micro-organismes et inhiber la croissance des algues.

On utilise souvent le chlore car il est plus économique et plus facile à utiliser.

## 2. Coagulation-floculation

La coagulation-floculation est un procédé de traitement physico-chimique utilisé pour le traitement de l'eau. Son principe repose sur la difficulté que certaines particules à se décanter naturellement : Les colloïdes (particules colloïdal).

Les colloïdes sont caractérisés par deux points essentiels : D'une part, elles ont un diamètre très faible (de 1 nm à 1 µm) d'autre part, elles ont la particularité d'être chargées négativement, ce qui engendre des forces de répulsions inter-colloïdales. Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation extrêmement faible.

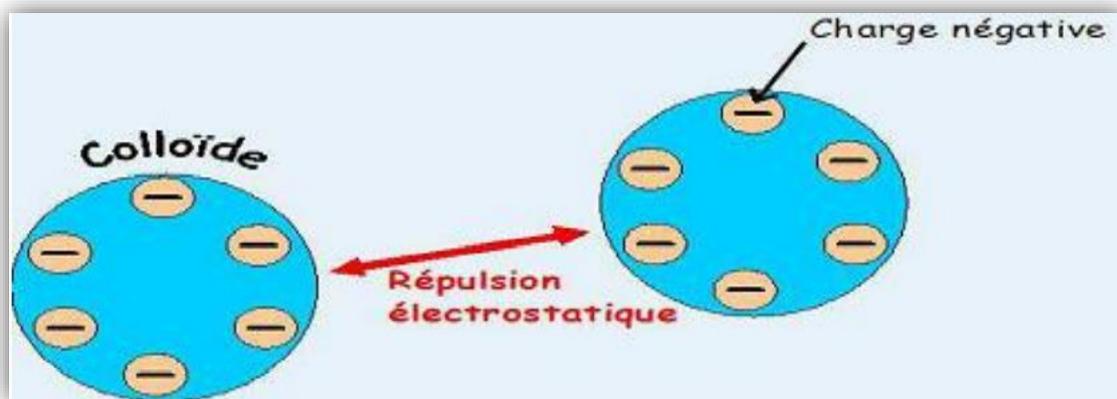


Figure 12 : structure des colloïdes

### a) Coagulation

La coagulation a pour but de déstabiliser les particules en suspension, c'est à dire de faciliter leur agglomération formant des petits floes, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques (coagulant), avec une agitation rapide. C'est généralement le sulfate d'alumine qui est utilisé. On peut expliquer l'action du sulfate d'aluminium de façon simplifiée selon le modèle suivant :



Figure 13 : coagulation

### b) Flocculation

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

- ✓ Les polymères :



Figure 14: flocculation

### 3. Décantation

Après l'étape de coagulation-flocculation, on obtient un liquide contenant de nombreuses particules, cette eau est envoyée dans le bassin de décantation pour la sédimentation des floccs au fond du décanteur. Cette technique consiste à retenir l'eau le plus longtemps possible et

permet ainsi le dépôt de la plus grande quantité des floccs sous l'effet de leur poids et de la pente de décanteur. L'eau claire reste en haut et passer par des petites ouvertures pour arriver à l'étape suivante.

Le décanteur est de type circulaire, avec un temps de séjour d'environ deux heures.



**Figure 15** : décanteur

#### **4. Filtration**

La filtration est un procédé de séparation solide /liquide, consiste à éliminer les petites particules qui n'ont pas été décantées, en utilisant un système de filtre à sable spéciale de 1m d'épaisseur, déposé sur une couche de graviers de quelques centimètres, et des buselures qui permettent le passage de l'eau traitée directement aux réservoirs.

Avec le temps il y'a diminution de diamètre des pores des filtres, on dit qu'il y'a un colmatage, donc il est nécessaire de laver les filtres. Ce lavage s'effectue aussi chaque 72heures et au cas où la turbidité est supérieure à 0,5 NTU.



**Figure 16** : filtres

## **5. Désinfection**

C'est la dernière étape de traitement de l'eau. L'objectif de cette phase est la destruction des microorganismes pathogènes de l'eau, pour éviter les maladies hydriques. Pour les désinfectants, on peut citer à titre d'exemple : l'ozone, dioxyde de chlore, rayonnement UV et le chlore qu'on utilise dans la station, finalement on obtient une eau potable qui peut être destinée à la consommation humaine et distribuée au Demnate et Azilal.

**Partie II :**

**Matériels et méthodes  
d'étude de qualité physico-  
chimique et bactériologique  
des eaux.**

## I. Normes internationales et marocaines de la qualité de l'eau :

Pour qu'une eau soit destinée à la consommation humaine, elle doit respecter les normes de la qualité de l'eau.

### 1. Normes internationales

Élément/ substance	Symbole/ formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobie)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	< 4 µg/l	0.02 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu <sup>2+</sup>		2 mg/l
Cyanure	CN <sup>-</sup>		0,07 mg/l
oxygène dissous	O <sub>2</sub>		Pas de valeur guide
Fluorure	F <sup>-</sup>	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Dureté	mg/l CaCO <sub>3</sub>		200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H <sub>2</sub> S		0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l

<https://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm>

<b>Mercure</b>	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l
<b>Molybdène</b>	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
<b>Nickel</b>	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
<b>Nitrate et nitrite</b>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>		50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
<b>Turbidité</b>			Non mentionnée
<b>pH</b>			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
<b>Sélénium</b>	Se	< < 0,01 mg/l	0,01 mg/l
<b>Argent</b>	Ag	5 – 50 µg/l	Pas de valeur guide
<b>Sodium</b>	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
<b>Sulfate</b>	SO <sub>4</sub>		500 mg/l
<b>Etain inorganique</b>	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
<b>TDS</b>			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
<b>Uranium</b>	U		0.015 mg/l
<b>Zinc</b>	Zn		3 mg/l
<b>Composés organiques</b>			

## 2. Normes marocaines

Paramètres	Unité	VMA
<b>Facteurs organoleptiques</b>		
<b>Odeur</b>	Seuil de perception à 25°C	3
<b>Saveur</b>	Seuil de perception à 25°C	3
<b>Couleur réelle</b>	Pt mg/l Unité	20
<b>Turbidité</b>	Uni.de turbidité Néphélo : NTU	5
<b>pH</b>	Unité Ph	9,2
<b>Conductivité</b>	µS/cm à 20°C	2700
<b>Minéralisation Totale</b>	Résidu sec à 105°C mg/l	2000
<b>Dureté totale</b>	még/l	
<b>Magnésium</b>	Mg : mg/l	
<b>Aluminium</b>	Al : mg/l	
<b>Ammonium</b>	NH <sub>4</sub> :mg/l	0,5

<b>Nitrites</b>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> : mg/l	0,1
<b>Nitrates</b>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : mg/l	50
<b>Chlorures</b>	Cl : mg/l	750
<b>Sulfate</b>	SO <sub>4</sub> : mg /l	
<b>Oxygène</b>	O <sub>2</sub> : mg/l	
<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>VMA</b>
<b>Facteurs indésirables ou toxiques</b>		
<b>Arsenic</b>	As : mg/l	0,05
<b>Baryum</b>	Ba : mg/l	1
<b>Cadmium</b>	Cd : mg/l	0,005
<b>Cyanures</b>	CN : mg/l	0,1
<b>Chrome total</b>	Cr : mg/l	0,05
<b>Cuivre</b>	Cu : mg/l	1
<b>Fer</b>	Fe : mg/l	0,3
<b>Fluorures</b>	F : mg/l	1,5
<b>Manganèse</b>	Mn : mg/l	0,1
<b>Mercure</b>	Hg : mg/l	0,001
<b>Plombe</b>	Pb : mg/l	0,05
<b>Sélénium</b>	Se : mg/l	0,01
<b>Zinc</b>	Zn : mg/l	5
<b>Facteurs d'intérêts biologiques</b>		
<b>Oxydabilité ou KMnO4</b>	O <sub>2</sub> : mg/l	1
<b>Facteurs bactériologique</b>		
<b>Escherichia coli</b> <b>Entérocoques intestinaux</b>	0/100 ml 0/100 ml	Les teneurs en chlore résiduel doivent être comprises entre : 0,1 et 1 mg/ à la distribution 0,5 à 1,0 mg à la production
<b>Coliformes</b>	0/100 ml	-Pas de coliformes dans 95% des échantillon prélevés sur une période de 12 mois -Pas de résultats positifs dans deux échantillons consécutifs Variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle
<b>Micro-organismes revivifiables à 22°C et 37°C</b>	0/100	Variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle.

**VMA** : valeur maximal admissible

**Tableau 1** : les normes marocaines relatives à la qualité des eaux d'alimentation humaine

## II. Méthodes d'échantillonnage

---

Une analyse d'eau se fait sur un prélèvement qui doit être entouré de soins suffisants. Pour les analyses physico-chimiques on utilise des bouteilles de polyéthylène, et on les remplit par l'eau brute, floculée et décantée, ce qui concerne l'eau filtré (1, 2,3) et traitée, on ouvre les robinets et on fait le prélèvement après quelques minutes. Pour les analyses bactériologiques, le prélèvement se fait dans des flacons en verres, l'eau traitée prélevé enlaboratoire, on utilise un chalumeau et on flambe le point de prélèvement pour éviter toute contamination extérieure.

## III. Les analyses physico-chimiques

---

### 1. Température

La température peut avoir une influence sur la solubilité des sels et surtout les gaz, elle agit sur la conductivité, pH, la viscosité, la teneur en O<sub>2</sub> dissout et les réactions chimiques et biologique.

#### ➤ Principe

La température doit être faite in situ, au moment de prélèvement, à l'aide d'un thermomètre ou pH-mètre.

### 2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcalin et il est en fonction de l'activité des ions H<sup>+</sup> présents dans cette eau.

#### ➤ Principe :

Le pH déterminé par mesure potentiométrique à l'aide d'une électrode de verre (pH-mètre) et la mesure doit se faire sur place.



Figure 17 : pH-mètre

### 3. Turbidité

La turbidité d'une eau due à la présence des particules en suspensions, notamment les colloïdes (limon, argile, grain de silice et la matière organique...). Elle est déterminée par la méthode de mesure néphélométrique, qui consiste à mesurer l'intensité de la lumière diffractée à 90° par rapport au faisceau lumineux incident.

#### ➤ Principe

Cette méthode est basée sur la comparaison de l'intensité de la lumière diffractée par l'échantillon à celle de référence, dans les mêmes conditions (longueur d'onde, angle entre le rayon incident et le rayon diffracté).

La mesure de turbidité se fait à l'aide d'un turbidimètre, elle est exprimée en NTU.

La turbidité de l'eau traitée ne doit pas dépasser **0,5 NTU**.



Figure 18 : turbidimètre

### 4. Chlore résiduel

Le test de chlore sert à détecter par un dosage colorimétrique, la quantité du chlore résiduel libre dans l'échantillon, à l'aide de DPD1 (di-ethylparaphylène diamine).

#### ➤ Principe :

La méthode DPD est une simple analyse effectuée en laboratoire pour déterminer la teneur en chlore résiduel libre dans l'eau, en utilisant un produit chimique (ou réactif). La DPD produit une couleur rose dont l'intensité est proportionnelle à la teneur en chlore dans l'eau. La couleur de l'eau est comparée à l'échelle des couleurs de l'instrument.

#### ➤ Mode opératoire :

L'addition de DPD1 sous forme de comprimé dans l'eau contenant de chlore résiduel provoque l'apparition d'une coloration rose.

- Pour l'eau traitée, sa valeur varie entre 0,1 et 1 mg/l.
- En cas d'une coloration qui dépasse la valeur, on utilise la dilution.

## 5. Conductivité

La conductivité est une mesure, qui traduit le pouvoir d'une solution aqueuses a transporté un courant électrique. Elle dépend de la quantité des substances dissous en solution, ainsi elle permet d'avoir une idée sur la salinité puisque les sels minéraux en solutions sont des bons conducteurs.

La mesure de conductivité se fait à l'aide d'un conductimètre, elle est exprimée par  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (micro siemens /centimètre).



Figure 19 : conductivimètre

## 6. Oxygène dissous

La quantité d'oxygène qu'existe dans l'eau, appelé oxygène dissout. Provenant soit par un contacte air-surface, d'une aération (mouvement de l'eau), ou par la photosynthèse. L'oxygène dissout est un facteur écologique essentiel, car il permet la respiration des êtres vivants aquatique.

La quantité d'oxygène dissout est mesurée par un oxymètre et exprimée par mg/l.



Figure 20: oxymètre

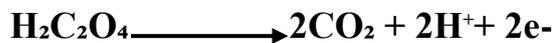
## 7. Oxydabilité (KMnO<sub>4</sub>)

Oxydabilité ou indice de permanganate, c'est la quantité d'O<sub>2</sub> libérée par les ions MnO<sub>4</sub> et consommée par la matière oxydable dans l'eau. Donc il permet d'avoir une idée sur la quantité de la matière organique existante dans l'eau.

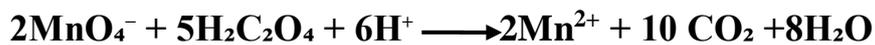
### ➤ Principe

Chauffage d'un échantillon d'eau en présence d'une quantité connue de KMnO<sub>4</sub> et de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : réduction d'une partie de KMnO<sub>4</sub> par les matières oxydables de l'échantillon, réduction de l'excès de KMnO<sub>4</sub> par l'oxalate de sodium en excès et titrage en retour de l'excès d'oxalate par KMnO<sub>4</sub>.

Les réactions de dosage effectuées sont :



La réaction globale est :



### ➤ Mode opératoire

Dans un ballon de 250ml, on introduit successivement 100ml d'échantillon, 2ml d'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré et 10 ml de permanganate de potassium KMnO<sub>4</sub> (N/100). Le mélange est ensuite chauffé dans un bain marin pendant 13min. Après, on ajoute 1ml d'acide oxalique (N/10) et on a une décoloration, et on effectue un dosage en retour avec KMnO<sub>4</sub> (N/100). La solution prend une couleur rose au point d'équilibre.

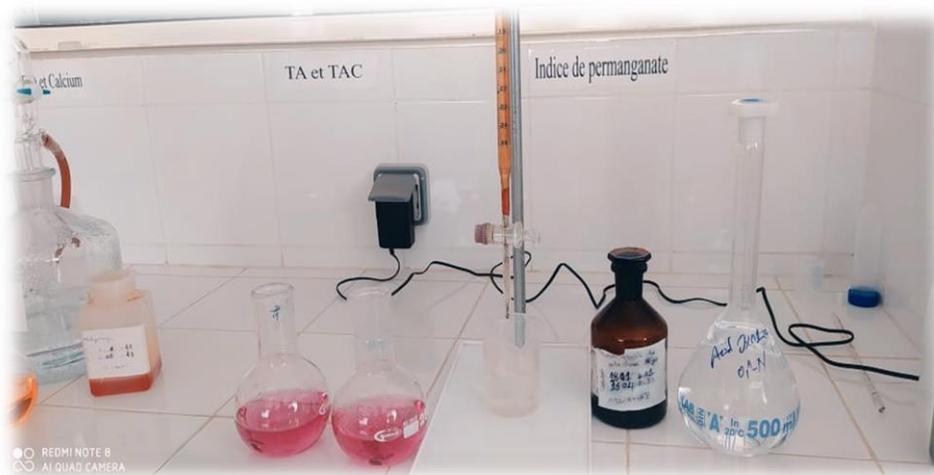


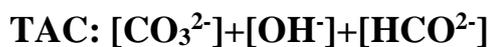
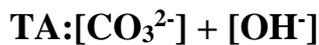
Figure 21 : Indice de permanganate

➤ **Expression des résultats**

$$[\text{O}_2] = V_{\text{tb}} \times 0,8 \text{ mg/l}$$

## 8. Titre d'alcalimétrie simple TA/ Titre d'alcalimétrie complet TAC

L'alcalinité correspond à la présence des ions carbonates, hydroxydes et hydrogénocarbonates. Elle est déterminée par le calcul de TA et TAC avec :



➤ **Principe**

TA : consiste à la neutralisation totale des hydroxydes  $\text{OH}^-$  et des carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$  à  $\text{pH}=8,3$ .

TAC : consiste à la neutralisation des carbonates, hydroxydes et hydrogénocarbonates par un acide fort à la présence d'un colorant. C'est-à-dire la neutralisation de toutes les espèces basiques présente dans l'eau.

➤ **Mode opératoire**

TA : Dans un ballon on introduit 100 ml de l'eau à analyser, puis on ajoute 2 à 3 gouttes de colorant phénolphthaléine :

- Si le pH de l'eau  $< 8,30$  (on n'a pas de coloration) ça veut dire que le TA est nul, on passe alors au TAC.
- Si le pH de l'eau  $> 8,30$  on a l'apparition d'une couleur rose, on dose alors avec l'acide chlorhydrique (HCl), jusqu'à la décoloration.

TAC : on ajoute 3 gouttes de colorant méthylorange dans le ballon servi avant pour la détermination de TA, puis on continue le dosage par HCl(N/10) jusqu'au virage rouge brique.

## 9. La dureté totale et la dureté calcique

La dureté totale d'une eau c'est la somme de concentration des ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et les ions magnésium  $\text{Mg}^{2+}$  et d'autres cations bivalents et trivalents dans cette eau.

La dureté calcique d'une eau c'est la concentration des ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  existant dans cette eau.

➤ **Principe**

Le titrage du calcium et du magnésium se fait par l'ethylenediaminetetraacetate disodique (L'EDTA). À la présence de noire erichrome T qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur pour la détermination de la dureté total.

L'acide calcione carboxylique est utilisé comme indicateur pour le dosage de calcium.

➤ **Mode opératoire**

**Dureté totale** : dans un ballon on ajoute successivement 100 ml de l'eau à analyser, 5 ml de solution tampon et une petite spatule d'indicateur de noir erichrome, et on dose par l'EDTA jusqu'au virage du rose au bleu royal.

**Dureté calcique** : dans un ballon on ajoute successivement 100ml de l'eau à analyser, 5 ml de solution de soude NaOH (2 M) et une petite spatule d'indicateur calcione, et on dose par l'EDTA jusqu'au virage du rose au bleu royale.

➤ **Expression des résultats**

$$\text{TH} = V_{\text{tb}} \times 0,4 \text{ (meq/l)}$$

## 10. Ions chlorures

➤ **Principe**

Les chlorures sont dosés, en milieu acide par le nitrate de mercurique en présence d'un indicateur : la diphénylcarbazonne.

➤ **Mode opératoire**

Dans un erlenmeyer on introduit successivement 100 ml de l'eau à analyser, 0,5 ml d'indicateur de pH, l'ajoute d'acide nitrique N/3 jusqu'au l'apparition d'une couleur jaune foncé, puis on dose avec nitrate mercurique N/10 jusqu'à l'apparition d'une couleur violet.

## 11. Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

En l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant. Les nitrites sont aussi susceptibles de se former sous l'action des bactéries.

➤ **Principe**

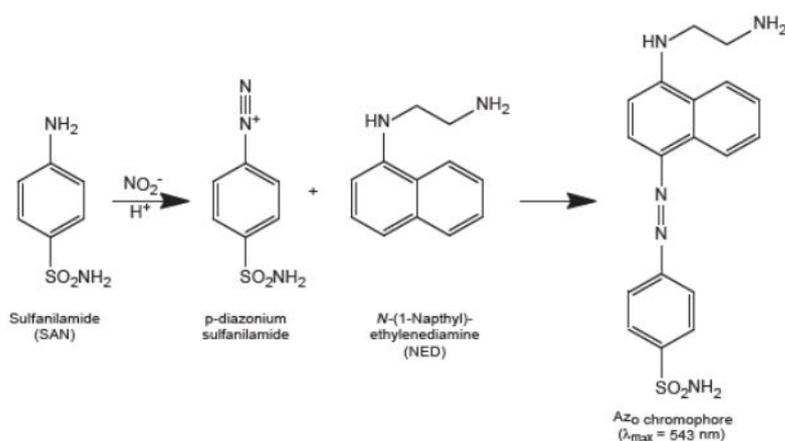
En milieu acide (pH = 1,9), la diazotation de la sulfanilamide par les nitrites en présence du dichlorure de N (Naphtyle-1) diamine 1,2 éthane donne un complexe rose susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 540 nm.

### ➤ Mode opératoire

Introduire dans une erlenmeyer 50ml de l'échantillon et on ajoute 1ml du réactif sulfurique et 1ml de NED. Et homogénéiser.

Attendre au moins 30 minutes et au plus 2heures et mesurer l'absorbance au spectromètre à la longueur d'onde de 540nm avec une cuve de 10mm ou 20mm (selon l'intensité de la coloration) en utilisant comme liquide de référence, l'eau distillée traitée comme les étalons.

### ➤ Réactions mises en jeu



## 12. Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

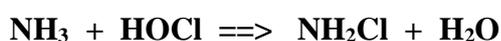
L'ammonium est la forme réduite de l'azote, il provient principalement par la décomposition des phytoplanctons et les micro-organismes ou la réduction des nitrites, ce dernier présente un caractère nocif pour la santé.

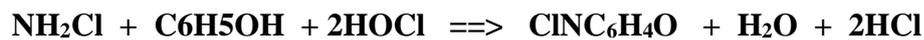
### Détermination de l'ammonium par la méthode au bleu d'indophénol

#### ➤ Principe

En milieu alcalin (10.8 < pH < 11.4) l'ammoniaque NH<sub>3</sub> réagit quantitativement avec l'hypochlorite HOCl et donne une monochloramine NH<sub>2</sub>Cl. La monochloramine forme avec le phénol C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH, en présence de nitroprussiate (catalyseur) et un excès d'hypochlorite, du bleu d'indophénol (OC<sub>6</sub>H<sub>6</sub> NC<sub>6</sub> H<sub>4</sub>O), susceptible d'un dosage colorimétrique par spectrophotométrie à la longueur d'onde de 630 nm. Cette méthode est applicable pour les concentrations supérieures à 2 μg/l, les échantillons contenant plus de 1500 μg/l doivent être dilués avant analyse.

#### ➤ Réaction mises en jeu





### ➤ Mode opératoire

Le dosage des échantillons se fait après l'établissement de la courbe d'étalonnage. On introduit 25 ml de l'échantillon dans une fiole de 50 ml, on ajoute 1ml de la solution de citrate de sodium, 1ml du réactif A (phénol et nitroprussiate de sodium) et 1ml du réactif B, (soude et acide dichloroisocyanurique = solution chlorée). On bouche la fiole et on la laisse à l'obscurité pendant au moins 4 heures avant l'exécution du dosage. La concentration de l'échantillon est donnée par le spectrophotomètre en mg/l.

### 13.Fer (Fe)

Le fer est un des métaux les plus abondants dans la croûte terrestre, il est présent dans les eaux douces naturelles à des niveaux compris entre 0,5 et 50 mg/l. Le fer peut également être présent dans l'eau de boisson suite à l'utilisation de coagulant de base de fer ou à la corrosion des tuyaux en acier et en fonte pendant la distribution de l'eau.

Il n'est présente aucun néfaste sur la santé mais peut affecter l'acceptabilité de l'eau de boisson.

Le fer est déterminé par la méthode des kits :



Figure 22 : kit de fer

### 14.Aluminium (Al)

L'aluminium est présent naturellement de même que les sels d'aluminium utilisés comme coagulants dans le traitement de l'eau de boisson sont les principales sources d'aluminium dans l'eau de boisson. L'aluminium est déterminé par la méthode des kits.



Figure 23 : kit de Aluminium

## 15. Manganèse

Le manganèse est un métal toxique à l'origine de dépôts colorés dans les réseaux de canalisation. Il affecte les paramètres organoleptiques de l'eau. Dans les eaux de surface, le manganèse se trouve en général à l'état oxydé et précipité.

Le dosage du manganèse doit être pratiqué immédiatement après le prélèvement car il a tendance à s'oxyder rapidement, à précipiter et à se fixer sur les parois du récipient. Dans le cas contraire, acidifier l'échantillon au moment du prélèvement.

Manganèse est déterminé par la méthode des kits.



Figure 24 : kit de Manganèse

## 16. Jar-test

Les essais de jar-test sont réalisés pour objet de déterminer la nature et les doses probables des réactifs permettant de clarifier l'eau la station de traitement.

### ➤ Principe

Consiste à mettre des doses croissantes de coagulant dans les récipients contenant la même eau brute, après quelques instants, on procède sur l'eau décantée à toutes les mesures utiles à la qualité de l'eau. La dose optimale est déterminée en fonction de la qualité des différentes eaux comparées.



Figure 25 : jar test

## 17. Essai d'agressivité

### ✓ Principe

On établit le pouvoir dissolvant d'une eau à l'égard du marbre, en déterminant l'augmentation de l'alcalinité et du pH.

### ✓ Mode opératoire

On mesure premièrement le pH de l'eau à analyser. On remplit un flacon de 250ml par l'échantillon et le flacon doit être parfaitement remplis sans bulles d'air et on ajoute à l'aide d'une spatule en virons 0,25 g de marbre blanc carbonaté de calcium et on laisse en agitation lente pendant 3h. On arrête l'agitation et laisser reposer l'échantillon pendant une nuit. Après on mesure pHs.



Donc l'indice de saturation est exprimé par la relation suivante :

$$\text{Is} = \text{pH} - \text{pHs}$$

L'eau est agressive si Is est négatif, elle est incrustante si Is est positif et elle est à l'équilibre calcocarbonique si Is est nul.

## 18. Demande en chlore

### ✓ Principe

En milieu acide, l'hypochlorite se décompose en dégageant du chlore qui oxyde les ions d'iodures de potassium. L'iode ( $I_2$ ) libéré est dosé par thiosulfate de sodium.

### ✓ Mode opératoire

On introduit successivement dans un erlenmeyer 1 ml d'eau de javel à titrer, 10 ml de solution d'iodure de potassium à 10% et 10 ml de solution d'acide acétique à 9N : coloration brune de  $I_2$ . On titre l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium N/10.



Figure 26 : essai de demande en chlore

### ✓ Calcule

Si  $T_b$  est le tombé de burette en thiosulfate

Si  $v$  est la prise d'essai d'eau de chlorure ou d'hypochlorite.

$(T_b/v) \times 3,55$  est le poids de chlore dans la solution chlorée, en mg/ml.

### ✓ Obtention de la courbe de demande en chlore

On dilue la solution d'hypochlorite avec de l'eau distillée sur permanganate, de façon à avoir une solution étalon à 0.1 g/l.

On prépare 10 flacons en verre de 300 ml, que l'on numérote. On introduit dans chacun des flacons 100 ml d'eau à analyser, on ajoute des quantités connues et croissantes de la solution chlorée étalon, de façon à avoir des concentrations choisies en chlore actif. Puis, on laisse les flacons à l'obscurité pendant 30 min après les avoir bouchés et agités, au bout de 30 min exactement, on dose le chlore résiduel par EDTA.

On construit une courbe en portant en abscisse la concentration choisie en chlore résiduel au bout de 30 min et en ordonnée la concentration en chlore actif.

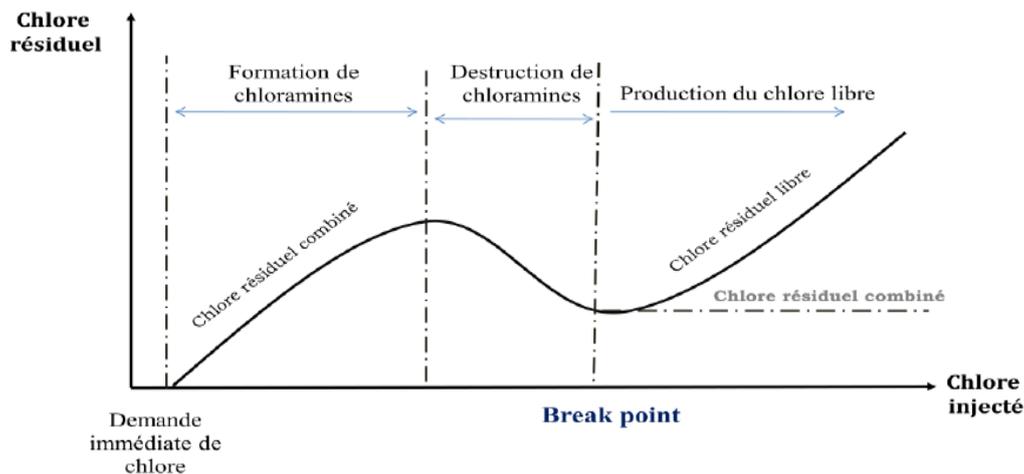


Figure 27 : réaction de chlore en eau

## IV. Analyses bactériologiques

### Introduction

Une eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir aucun germe microbien pathogène.

Les analyses microbiologiques ont pour but de déceler et évaluer la présence des germes pathogènes dangereux pour l'homme. Ces analyses reposent sur la recherche dans les eaux de bactéries indicatrices de leur éventuelle contamination fécale. Elles représentent également un bon moyen pour contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement, elles doivent être utilisées comme un outil complémentaire de l'enquête sanitaire.

Les micro-organismes recherchés dans une eau destinée à la consommation humaine sont :

- a) **coliformes** : ce terme regroupe plusieurs espèces bactériennes de la famille des Enterobacteriaceae.

Les bactéries coliformes sont des bactéries lactose-positives pouvant former des colonies en aérobiose à  $36 \pm 2$  °C sur un milieu de culture lactose sélectif e différentiel avec production d'acide dans les  $21 \pm 3$  heures.

Ce sont des micro-organismes aérobies et anaérobies facultatifs, en forme de bâtonnets, gram négatif et non sporogènes. De plus les bactéries coliformes produisent une réaction négative à l'épreuve du cytochrome-oxydase.

- b) **Escherichia Coli** : sont des bactéries bacilles coliformes d'origine fécale. Leur variabilité est fonction du rayonnement solaire, du pH, de la présence de matière en suspension

(MES) de la matière organique dissoute. Ils peuvent se développer à des températures élevées, mais sont incapables de se multiplier à 4°C. Leur présence en grande quantité constitue un facteur limitant pour la production d'eau potable et pour la baignade.

**c) entérocoques intestinaux :** sont des bactéries de forme sphérique ou coccoïde, gram positif, disposées en paire ou en chaînette, ne possédant pas de catalase, capable de croissance à 37°C en 24 à 48 heures sur des milieux sélectifs contenant de l'azide de sodium, possédant l'antigène du groupe D de lance Field et faisant partie de la flore intestinale normale de l'homme ou d'autres animaux à sang chaud.

**d) micro-organismes revivifiables :** Toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu spécifié.

## **I. Analyses bactériologiques de l'eau brute par NPP**

Cette analyse utilise une méthode statistique pour connaître le nombre le plus probable des bactéries présentes dans 1 ml de dilution.

### **a. Recherche et dénombrement des coliformes et des *Escherichia coli* par la technique NPP**

#### **✓ Teste présomptif**

Il s'agit de l'ensemencement des prises d'échantillon sans et avec dilution dans 3 séries des tubes (chaque série contient 3 tubes) contenant le Lauryl sulfate de tryptose, c'est un milieu utilisé pour la recherche des coliformes et il inhibe le développement de la flore secondaire contaminer.

- 10 ml de l'échantillon dans 3 tubes contenant le Lauryl sulfate de tryptose double concentration.
- 1 ml de l'échantillon dans 3 tubes contenant le Lauryl sulfate de tryptose simple concentration.
- 10<sup>-1</sup> ml de l'échantillon dans 3 tubes contenant le Lauryl sulfate de tryptose simple concentration.

Incubation des tubes à 37°C pendant 24h à 48h, un tube montre une trouble et production de gaz est considéré positif.

#### **✓ Test confirmatif**

On confirme chaque culture provenant des tubes ayant donné une réaction positive, en ensemencement à l'aide d'une anse ou d'une pipette de pasteur :

- Le bouillon lactosé auvert brillant pour les coliformes et incubation à l'étuve à 37°C pendant 48h.
- L'eau peptonée exempte d'indole ou le tryptophane pour les Escherichia coli avec incubation.

✓ **Expression des résultats :**

Afin de trouver le nombre le plus probable, nous déterminons le nombre de tube positif dans chaque série de tubes en utilisons la table de Mac Crady pour noter le NPP correspondant le nombre de coliforme pour 100 ml d'échantillon est donné par l'expression suivante :

$$N = \text{NPP} / \text{Tx}$$

Avec : NPP : nombre le plus probable lu dans la table de MAC CRADY (annexe 1).

Tx : taux de dilution correspondant à la dilution la plus forte retenue

**b. dénombrement et la recherche des entérocoques intestinaux par la technique de NPP**

✓ **Teste présomptif**

Il s'agit de l'ensemencement des prises d'échantillon sans et avec dilution dans 3 séries des tubes (chaque série contient 3 tubes) contenant de gélose azide de sodium, c'est un milieu utilisé pour la recherche des streptocoques fécaux et entérocoques et il inhibe la croissance de micro-organisme gram négatif et favorises des streptocoques fécaux.

- 10 ml de l'échantillon dans 3 tubes contenant l'acide de sodium double concentration.
- 1 ml de l'échantillon dans 3 tubes contenant l'acide de sodium simple concentration.
- $10^{-3}$  ml de l'échantillon dans 3 tubes contenant l'acide de sodium simple concentration.

Incubation des tubes à 37°C pendant à 48h, un tube montre une turbidité et production de gaz est considéré positif.

✓ **Test confirmatif**

On confirme chaque culture provenant des tubes ayant donné une réaction positive, en ensemencement à l'aide d'une anse ou d'une pipette de pasteur

La gélose à labile, à l'esculine et l'azoture BEA pour les entérocoques intestinaux, incubation à 44°C pendant 24h.

Tout tube présentant de la turbidité et/ou des dépôts est considéré comme positif.

A chaque analyse, nous ajoutons un tube témoin remplie d'eau dilution stérile pour voir s'il y a contamination.

### ✓ Expression des résultats

Nombre des entérocoques intestinaux ou les streptocoques fécaux pour 100 ml d'échantillon est donné par l'expression suivante :

$$N = \text{NPP}/T_x$$

## 2. Analyses bactériologiques de l'eau traitée

L'analyse bactériologique de l'eau traitée est réalisée par deux techniques, la technique de la membrane filtrante et la technique d'incorporation en gélose.

La méthode de filtration sur membrane consiste à recueillir, identifier et dénombrer à la surface d'une membrane filtrante stérile, les bactéries recherchées dans un échantillon d'eau.

La méthode d'incorporation en gélose consiste à dénombrer les micro-organismes revivifiables présents dans une portion d'échantillon.

Elle s'effectue en déposant une aliquote d'un échantillon d'eau dans une boîte de pétri à laquelle est ajouté un milieu de culture nutritif gélose maintenu liquéfié à environ 47°C.

Les bactéries que nous recherchons sont divisées en deux catégories ; les bactéries qui nous donnent une idée sur l'efficacité de traitement (les coliformes), les microorganismes revivifiables et les bactéries à effet sanitaire (Escherichia coli et les entérocoques intestinaux).

### a. Recherche des coliformes par la technique de filtration sur membrane

#### ✓ Test présomptif

Il s'agit d'une filtration stérile d'un échantillon de 100 ml à travers une membrane de porosité 0,45 µm, de déposer cette membrane sur une boîte de pétri contenant de tergitol-7-TTC et l'incuber dans l'étuve à 37°C pendant 48h. au terme de la période d'incubation, on



Figure 28 : Poste de travail des analyses bactériologique

compte toutes les colonies typiques (colonies jaunes avec halo jaune), et les colonies atypiques (différentes couleurs et morphologies) et on procède à la confirmation.

✓ **Test confirmatif**

Il s'agit de l'isolement des colonies sur un milieu TSA et l'incuber à 36°C pendant 24h. après l'incubation on procède à la teste d'oxydases, on verse sur un papier filtre 2 à 3 gouttes du réactif à oxydase préparé extemporanément. A l'aide d'un ensemenceur en verre ou en plastique, on étale une partie de culture sur papier filtre préparé.

En présence d'oxydase, une coloration violette apparaît immédiatement.

Les coliformes ne possèdent pas d'enzyme cytochromes oxydases. Donc l'absence d'une coloration violette confirme la présence des coliformes.

**b. Recherche d'Escherichia coli par la technique de filtration sur membrane**

✓ **Test présomptif**

Il s'agit d'une filtration stérile d'un échantillon de 100 ml à travers une membrane de porosité 0,45 mm, de déposer cette membrane sur une boîte de pétri contenant de tergitol-7-TTC et l'incuber dans l'étuve à 44°C pendant 24h. au terme de la période d'incubation, on compte toutes les colonies typiques (colonies jaunes avec halo jaune), et les colonies atypiques (différentes couleurs et morphologies) et on procède à la confirmation.

✓ **Test confirmatif**

Il s'agit de l'isolement des colonies sur un milieu TSA et l'incuber à 37°C pendant 24h. après l'incubation on procède à la confirmation par le test d'indole. On ensemence à l'aide d'une anse bouclée ou une pipette de pasteur l'eau peptonée exempte d'indole et l'incuber à 44°C pendant 24h. puis on ajoute 0,2 à 0,3 ml de réactif kodaks, l'apparition d'une couleur rouge sur la surface d'eau peptonée indique la production d'indole qui confirme la présence d'Escherichia coli.

**c. Recherche des entérocoques intestinaux par la technique de filtration sur membrane**

✓ **Test présomptif**

Il s'agit d'une filtration stérile d'un échantillon de 100 ml à travers une membrane de porosité 0,45 mm, de déposer cette membrane sur une boîte de pétri contenant de la gélose de Slanetz et Bartley et l'incuber dans l'étuve à 37°C pendant 48h. au terme de la période d'incubation, on compte toutes les colonies bombées, avec une couleur rouge, marron ou rose.

✓ **Test confirmatif**

On transfère la membrane sur une boîte contenant de BEA, et on l'incube à 44°C pendant 2h. après l'incubation, on dénombre les colonies typiques brun ou noir.

***d. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables par la technique d'incorporation en gélose***

✓ **Test présomptif**

On fait fondre, au bain marie bouillant, la gélose nutritive, et on ramène les tubes de gélose à la température de 47°C et les maintenir liquéfiés à cette température dans un bain marie.

On introduit à l'aide d'une pipette stérile 1ml de l'échantillon dans les boîtes de pétri puis on verse environ de 20 ml de gélose liquide, on mélange doucement par un mouvement circulaire et mélange de balancement pour assurer un mélange homogène. Après refroidissement et solidification des géloses on incube une boîte à 37°C pendant 48h et l'autre à 22°C pendant 72h.

Après la période d'incubation on compte toutes les colonies celles incorporées dans la gélose et celle sur la surface de la gélose.

• **Conclusion**

Dans cette partie nous avons vu les différences analyses physico-chimiques et bactériologies ainsi que les différents essais de traitement qui nous a permis de contrôler et étudier la qualité des eaux brutes et traitées.

# **Partie III : Résultats et discussion**

## I. Résultats de la qualité physico-chimique

Les eaux	Eau brute			Eau traitée		
	V <sub>min</sub>	V <sub>max</sub>	V <sub>moy</sub>	V <sub>min</sub>	V <sub>max</sub>	V <sub>moy</sub>
Température (°C)	20	26	23	20	26	23
Ph	7,94	8,18	7,79	7,69	7,80	7,74
Turbidité (NTU)	1,14	1,88	1,51	0,27	0,54	0,40
Cl <sub>2</sub> résd. (mg/l)	-	-	-	0,8	1,4	1,1
Conductivité (µs/cm)	494	517	505	498	518	508
O <sub>2</sub> dissous (mg/l)	8,07	9,06	8,56	7,64	9,81	8,72
TA (°F)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TAC (°F)	14,30	14,65	15	13,60	13,70	13,80
TH (°F)	18	23,2	20,6	18	23,6	41,6
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	17,75	20,94	19,34	19,52	21,80	20,66
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,012	0,034	0,023	0,0	0,02	0,01
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,005	0,015	0,01	0,0	0,01	0,005
Fe (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Al (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,07	0,20	0,13
Mn (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Is	-	-	-	-0,17	-0,07	-0,12
Demande en Cl <sub>2</sub>	1,5	1,75	1,62	-	-	-

Oxydabilité	0,96	2,2	1,58	0,4	1,6	1
-------------	------	-----	------	-----	-----	---

## II. Interprétations

---

### ✓ Température

La température de l'eau brute varie entre 20 et 26°C, la valeur moyenne est de 23°C.

Selon les normes établies, la température idéale de l'eau potable ne devrait jamais dépasser 15°C. Une température supérieure à 15°C peut favoriser la croissance des populations des bactéries dans le système de canalisation d'eau en même temps qu'elle augmente l'importance des odeurs de l'eau.

### ✓ pH

Le pH de l'eau traitée varie entre 7 et 8, la valeur moyenne est de 7,74, cette valeur respecte la norme qui doit être comprise entre 6,5 et 8,5.

### ✓ Turbidité

La turbidité de l'eau brute varie légèrement entre 0,14 et 1,88 NTU, c'est une eau faiblement chargée et cela dû à la nature de la prise de l'eau brute au niveau du barrage. La turbidité de l'eau brute à l'entrée de la station respecte les normes de l'OMS (inférieure à 5 NTU) ;

Pour la turbidité de l'eau traitée, les valeurs enregistrées ne dépassent pas 0,5 NTU, ces valeurs restent dans les normes marocaines de potabilisation qui fixent une turbidité inférieure à 1 NTU à la sortie d'une station de traitement, ce qui montre l'efficacité du système de traitement

### ✓ Chlore résiduel libre

Le chlore libre dans l'eau traitée varie entre 0,8 et 1,2 mg/l, la norme marocaine exige des teneurs en chlore résiduel libre entre 0,5 et 1 mg/l à la production. A la sortie de la station on essaie d'avoir un chlore résiduel supérieur à 1 mg/l vu la distance et la dégradation du chlore dans la conduite.

### ✓ Conductivité électrique

Conductivité électrique de l'eau brute est variée entre 494 et 505 µs/cm, elle respecte les normes puisqu'elle ne dépasse pas 2700 µs/cm. Cette eau est moyennement minéralisée. Cette

minéralisation serait d'origine naturelle (composition des sols et des sédiments) mais aussi d'origine exogène provenant de l'atmosphère.

✓ Oxygène dissous

Oxygène dissous de l'eau traitée est toujours supérieur à celui de l'eau brute, le passage de l'eau d'un ouvrage à un autre permet d'aérer l'eau et par conséquent d'augmenter la concentration en oxygène dissous.

Selon la norme marocaine, la teneur en oxygène dissous doit se situer entre 5 et 8, les valeurs obtenues durant ce suivi sont généralement acceptables, quelques dépassements enregistrés sont expliqués par l'augmentation de la solubilité de l'oxygène, à cause de la diminution de température.

✓ TA/TAC :

Généralement pour des eaux où le pH est inférieur à 8, comme le cas des eaux de barrage Hassan premier, on peut dire que le titre alcalimétrique TA (composé majoritairement des ions  $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ ) est nul, et l'alcalinité totale TAC, se réduit à la simple concentration des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^{2-}$ ) atteignent des valeurs presque stables.

✓ Dureté

la dureté de l'échantillon que nous avons analysé varie entre 18 et 22 (°F), cela permet de classer cette eau comme une eau moyennement dure.

✓ Chlorures

Les chlorures sont liés particulièrement à la nature des terrains traversés, les teneurs des chlorures mesurés varient entre 17,75 et 20mg/l pour l'eau brute et 19,52-21,80mg/l pour l'eau traitée, ces derniers restent inférieurs à la norme de potabilisation qui est de 750 mg/l.

L'absence totale du fer, manganèse et Ammonium et la quasi-absence de l'aluminium et du nitrite, nous permet d'économiser l'ajout du  $\text{KMnO}_4$  et des autres réactifs qui sont trop chères, puisque les valeurs de ces paramètres restent dans les normes, pour les nitrites, le Manganèse et l'Ammonium, elles ne dépassent pas 0,5 mg/l, pour l'aluminium les valeurs ne dépassent pas 0,2mg/l et pour le Fer les valeurs ne dépassent pas 0,3mg/l.

✓ Indice d saturation

L'indice de saturation de l'eau de cette station est varié entre -0,07 et -0,17, la valeur moyenne est de -0,12, c'est une valeur négative donc c'est une eau légèrement agressive et

elle n'a pas atteint la valeur où elle doit être corrigé (inférieur à -0,30), la correction de pH se fait par l'injection de l'eau de chaux.

### ✓ Oxydabilité

Ce paramètre exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toute matière oxydable contenu dans un échantillon d'eau. D'après les résultats obtenus, on peut remarquer que les valeurs de l'oxydabilité de l'eau brute et traité reste presque stables.

Selon la norme marocaine la valeur de l'oxydabilité doit être toujours inférieur à 5 mg/l, donc on peut remarquer que les valeurs de l'oxydabilité des eaux (brutes, traités) sont dans les normes.

## III. Les résultats des analyses microbiologiques

### 1. Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau traité

Les bactéries	Coliformes 37°C	E. coli 44 °C	Entérocoques Intestinaux 36°C	μ-organismes revivifiables	
				22°C	37°C
Eau traitée	0/100ml	0/100ml	0/100ml	0/100ml	0/100ml

Tableau3 résultats d'analyses de l'eau traitée

### ✓ Interprétation

D'après les résultats obtenus des analyses microbiologiques, on remarque que l'eau traitée répond aux normes marocaines de potabilités, car ces eaux ne présentent aucun germe pathogène, ce qui montre l'efficacité des procédés de traitement.

### 2. Résultats des analyses microbiologiques de l'eau brute

Les nombres des tubes positifs par 3 tubes de 10ml, 1ml et 0,1 ml, respectivement sont (3, 2, 1). D'après le tableau de Mac Grady, l'indice NPP correspond à ce nombre est 93/100ml.

Les bactéries	Coliformes	E. coli	Entérocoques Intestinaux
Eau brute	93/100ml	93/100ml	0/100ml

Tableau 4 résultats d'analyses de l'eau brute

### ✓ Interprétation

D'après les résultats des analyses microbiologiques de l'eau brute, on constate que la charge bactérienne de l'eau brute est très faible, et d'après la classification de l'eau brute

selon le nombre de coliformes/100ml, cette eau est excellente (0 à 100 coliformes pour 100ml d'eau)

- **Conclusion**

Les résultats obtenus confirment que l'aptitude de l'eau à la station de traitement barrage Hassan 1<sup>er</sup> est de bonne qualité est respecté les normes marocaine (NM), et les normes recommandées par l'organisation mondial de la santé (OMS), donc l'eau peut être consommée par tout sans restriction d'usage.

## *Conclusion générale*

A l'issue de cette étude, qui a porté particulièrement sur l'évaluation de la qualité des eaux de consommation de la ville Azilal et Demnate, ainsi que le suivi de la qualité de traitement des eaux de surfaces dans les différentes étapes dans la station de traitement barrage Hassan première, il ressort que la quasi-totalité des paramètres analysés sont conformes aux normes de potabilisation marocaines et celles établies par l'OMS.

Puisque du côté physique et chimique l'eau de consommation est agréable au goût, car elle ne présente ni couleur, ni aspect, ni troubles particuliers. Elle est également débarrassée des substances minérales et organiques dont la présence ou l'excès présenterait un risque pour la santé des consommateurs.

- Cette eau ne présente pas un excès de turbidité.

- La teneur en nitrates de l'eau distribuée est inférieure à 50 mg/l. Ce résultat montre que la ressource en eau est bien protégée des apports en nitrates.

Du côté bactériologique l'absence des germe pathogènes certifie et assure la consommation de cette eau.

Donc le traitement des eaux a pour objectif de la rendre potables du point de vue physicochimique et bactériologique, il n'a pas pour but de détruire tous les organismes vivants, mais plutôt de garantir l'absence de tous germes pathogènes et de mettre hors risque de contamination les points d'eau ou les systèmes de distribution ayant subi une pollution

Nous espérons avoir traité dans ce rapport les points essentiels concernant le fonctionnement du travail dans l'ONEE BO, surtout le service qualité qui a un rôle très important au sein de la station dans le but de produire une eau potable de bonne qualité.

## Annexe1 : table de Mac Crady :

NOMBRE DE TUBES (+) SUR :			INDICE N.P.P. par 100 ml	LIMITES DE CONFIANCE*	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml		inférieure	supérieure
0	0	0	<3		
0	0	1	3	< 0,5	9
0	1	0	3	<0,5	13
1	0	0	4	<0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	Y 21	4	47
2	2	1	28	10	150
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	380
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1.300
3	3	1	460	71	2.400
3	3	2	1.100	150	4.800
3	3	3	2.400		

## BIBLIOGRAPHIE

---

- ✓ AHT GROUP AG-RESING, Avril 2006 : Diagnostic du sous-bassin de Lakhdar
- ✓ Rodier J,1996. L'analyse de l'eau : 9<sup>e</sup> édition : Dunod, paris.
- ✓ Manuel des analyses physico-chimiques de l'ONEE (branche eau)
- ✓ Normes de l'OMS sur l'eau potable :

<https://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm>

- ✓ Situation géographique du bassin versant d'OuedLakhdar :

[https://www.researchgate.net/figure/Situation-geographique-du-bassin-versant-dOued-Lakhdar\\_fig1\\_341708904](https://www.researchgate.net/figure/Situation-geographique-du-bassin-versant-dOued-Lakhdar_fig1_341708904)