

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Saad Dahleb, Blida 1



Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de biologie et physiologie cellulaire



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master II

Option : Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes et Restauration des
Milieux Aquatiques et Continentaux

Thème

Etude comparative entre les eaux produites au niveau de la station de
traitement Mazafran et les eaux de mélange du barrage de
Bouroumi

Réalisé par : M^{elle} Hamoudi Sara M^{elle} Chaili Amina

Membres du jury :

<i>M^{me} Mohamed Mahmoud f</i>	<i>Maitre de Conférences B</i>	<i>Univ. Blida1 Président</i>
<i>M^{me} KHETTARS.</i>	<i>Maitre-Assistant A</i>	<i>Univ. Blida 1 Examinatrice</i>
<i>M^{me} Hamzi w .</i>	<i>Maitre de Conférences A</i>	<i>Univ. Blida 1 Promotrice</i>

Année Universitaire 2016/2017

Remerciement

Au terme de ce travail, nous tiens à remercier en premier lieu Dieu le tout puissant, de nous avoir donné la santé, le Courage, la volonté et la patience d'étudier et pour mener à la bien ce travail dans les meilleures conditions.

A nous promotrice Mme Hamzi

Qu'a encadré notre étude et nous fait l'honneur de juger notre travail.

On vous remercie infiniment pour tout, ce que vous nous avez appris, pour vos conseils, votre aide, pour votre correction, pour votre disponibilité de tous les instants avec une forte patience et gentillesse. Veuillez agréer, Madame, l'expression de notre sincère reconnaissance et à notre profonde gratitude.

A M^{me} MOHAMED MAHMOUD Qui nous a fait l'honneur d'avoir accepté de présider ce jury.

Sincère remerciement.

A Mme KHETTAR. S

De bien vouloir accepter d'examiner ce modeste travail.

Hommage respectueux.

On remercie également l'ensemble du personnel du SEAAL de Mazafran. Merci pour votre accueil et votre aide.

A l'ensemble des enseignants de Biologie qui ont contribué à notre formation durant les années d'étude, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

HAMOUDI SARA

CHAILI AMINA



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance :

À mes très chers parents qui ont été toujours à mes côtés, qui ont encouragé, qui peuvent être fier et trouver ici le fruit de longues années de sacrifices.

Maman lumière de ma vie pour son amour, sa compréhension pour tous mes cas.

Mon amour papa qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici, Pour m'avoir accompagné tout moments et spécialement cette année avec les déplacements des prélèvements pour cette étude.

À Mes chères frères « Abdellah » et Abdeslam

À tous mes chers amis depuis mon enfance spécialement «zina imen Meriem fadwa » a ma chère et ma binôme chaili Amina qui je l'aime beaucoup

À tout mes enseignants depuis le primaire jusqu'au l'université.

Hamoudi sara

A decorative border made of pink floral and leaf patterns surrounds the text. In the top-left corner, a white ribbon is tied into a bow.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à la personne que j'aime le plus au monde le plus au monde ma mère.

Qui c'est sacrifier rein que pour nous voir réussir.

La mémoire de mon père

Mes chères sœurs « Sara, Wahiba, Louiza, Hana , Ratiba ».mes chères frères «Abdelkader, Samir ,Rafik » mes chères Amies « Aida ,Nabila Naima ,Meriem »

Et mes Belles sœurs «Asma, Amel »

Ma sœur et ma chère et ma belle et ma binôme hamoudi Sara

Et mon fiancée ADEL.

Ma deuxième famille la famille Azzi.

À tout mes enseignants depuis le primaire jusqu'au l'université.

Chaili Amina

RESUMÉ

Dans cette étude, les analyses physico-chimiques ont été utilisées pour l'évaluation de la qualité des eaux traitées et les eaux traitées mélangées avec les eaux de forages de la station de Mazafran pendant une période s'étalant du mois de mars jusqu'au mois de mai 2017. Les résultats obtenus montrent que les eaux de la station mazafran répondent aux normes nationales (JORA) dureté 39,5 mg, sulfate 19,0 mg/l, turbidité 0,55mg/l ont été enregistrés

Ces résultats obtenus révèlent que l'eau de la station de mazafran est conforme à la consommation humaine

Quand l'eau produite au niveau de la station de mazafran il s'avère que la qualité physico-chimique est conforme aux exigences de journal officiel de la république algérienne, ces résultats prouvent l'efficacité du traitement au niveau de la station

Mots clés : physico-chimique, JORA, turbidité, dureté, sulfate, Mazafran

ABSTRACT

In this study, physico-chemical analyzes were used to evaluate the quality of treated and treated water mixing with the drilling waters of the Mazafran station for a period extending from March to month of May 2017.

The results obtained show that the waters of the mazafran station meet the national standards (JORA) hardness 39.5 mg, sulfate 19.0 mg / l, turbidity 0.55 mg / l have been recorded.

These results show that the water in the mazafran station is in compliance with human consumption

When the water produced at the mazafran station reveals that the physicochemical quality is alive to the requirements of the official journal of the Algerian republic, these results prove the effectiveness of the treatment at the station

Key words: physico-chemical, JORA, turbidity, hardness, sulfate, Mazfran

ملخص

تم في هذه الدراسة استخدام التحاليل الفيزيائية والكيميائية لتقييم نوعية المياه المعالجة والمعالجة التي تمت مزجها مع مياه الحفر لمحطة مازافران لفترة تمتد من مارس إلى شهر مايو 2017. أظهرت النتائج أن مياه محطة مازافران تفي بالمعايير الوطنية صلابة 39.5 ملغ، كبريتات 19.0 ملغم / لتر، تم تسجيل تعكر 0.55 ملغم / لتر وتبين هذه النتائج أن الماء في محطة مازافران يتوافق مع الاستهلاك البشري عندما يكشف الماء المنتج في محطة مازافران أن الجودة الفيزيائية والكيميائية لمتطلبات الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، فإن هذه النتائج تثبت فعالية العلاج في المحطة

الكلمات المفتاحية: الفيزيائية والكيميائية، جورا، التعكر، صلابة، كبريتات، مازافران



PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE



ETUDE EXPERIMENTALE

A blue scroll graphic with a white border, featuring a rolled-up edge on the left and a small circular detail at the top right corner. The text is centered within the scroll.

Résultats et discussions



Conclusion



Références bibliographiques



Annexes



Introduction

Introduction

L'eau est le composé le plus abondant sur la surface du globe (**EISEMBERG, 1969**). Elle mérite une attention toute particulière, vu qu'elle est très altérée et sérieusement menacée par les activités humaines (**MC KINNEY, 2002**).

Les eaux souterraines et superficielles sont les deux ressources conventionnelles pour la production d'une eau potable (**Jean-Luc POTELON 1998**).

Le terme « eau de surface » regroupe tous les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. En effet les eaux de surfaces proviennent surtout des pluies. Elles ne sont pratiquement jamais potables du fait de la présence de substances d'origine naturelle ou apportées par la pollution. Elles nécessitent toujours un traitement de potabilisation (**Awwa 1987**).

Les eaux souterraines ont, pendant longtemps, été synonymes d'eaux propres répondant naturellement aux normes de potabilité. Ces eaux sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles. (**Rodier et al. ,1996**)

Les eaux souterraines peuvent aussi contenir des éléments à des concentrations dépassant largement les normes de potabilité. Ceci est dû à la composition du terrain de stockage et pour certains de ces éléments, au caractère réducteur de l'eau. (**Degremont, 1984**).

Les eaux souterraines doivent être traitées avant distribution toutes les fois que la concentration d'un ou plusieurs de ces éléments dépasse la valeur autorisée par les règlements en vigueur (**Degremont 1972**).

L'unité de production d'eau potable de Mazafran est une unité qui assure la potabilisation d'une eau superficielle par un traitement classique. Et puisque ce traitement n'assure pas la réduction de sulfate et la dureté puisque l'eau brute utilisée est une eau dure et sulfatée, la station trouve comme solution de mélanger les eaux traitées à des eaux souterraines dans la concentration en sulfate et la dureté et relativement faible par rapport à l'eau traitée .

Objectif de notre étude est de mener une étude comparative entre l'eau de surface traitée de la station de traitement Mazafran et l'eau de mélange avec l'eau souterraine et déterminer la qualité physico-chimique de cette eau.

Le présent travail se divise en deux parties essentielles :

- ✓ Une première partie c'est la partie bibliographique qui aborde les ressources en eaux et la qualité de l'eau potable.
- ✓ Une deuxième partie expérimentale où il y a la présentation de la station de traitement Mazafran, les analyses physico-chimiques réalisées, les résultats et discussions des analyses, et finalement une conclusion qui contient des propositions dans le but d'apporter des améliorations à même de remédier aux insuffisances.

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicaces

Liste des abréviations.

Liste des tableaux.

Listes des figures.

Introduction1

Chapitre I : Etude bibliographique

I- Les eaux potables.....3

Les eaux de surface.....3

1/ Les eaux de barrages.....3

2 / Caractéristiques des eaux de surface.....4

3 / Processus de traitement des eaux de surface.....5

a) La clarification.....5

b) Les prétraitements.....5

c) Coagulation –floculation.....6

d) Décantation.....7

e) Filtration.....7

f) Désinfection.....7

2/ Les eaux souterraines.....7

2-3 Type des nappes souterraines.....8

2-4 Caractéristiques des eaux souterraines.....9

2-5 Traitement des eaux souterraines.....9

a) La défibrination.....9

b) La démagnétisation.....9

c) Le traitement de turbidité.....9

d) L'élimination de l'ammoniaque.....9

e) L'élimination des nitrates.....	9
f) La neutralisation.....	10
II /les critères de potabilités des eaux.....	11
1 / Paramètres organoleptique.....	11
2/ Paramètres physico chimique.....	11
3/ Equilibre calco_carbonique.....	11
3-1 Indice de Langulier.....	14
3-2 Indice de Larson.....	14

Chapitre2 : Etude experimental

I. Matériel et méthodes.....	17
I.2 Présentation de la zone d'étude.....	17
I.5 Matériels.....	20
I.6 Méthodes.....	21
a) Méthode d'échantillonnage.....	21
b) Prelevements.....	21
II. Résultats et discussions des analyses.....	27
1) Résultats des analyses physico-chimiques.....	27
Conclusion.....	39
Références bibliographiques.....	41
ANNEXES.....	43

LISTE DES FIGURES :

Figure N°1 : photo original de la station de traitement SAA.....18

Figure N°2 : photo du réservoir et arrivée d'eau.....20

Liste des abréviations :

SAA : station d'Alimentation et l'assainissement d'Alger.

SP3 : station de pompage N° 3

SEAAL : société des eaux et de l'assainissement d'Alger

MZ1 : Mazafran 1

MZ2 : Mazafran 2

NTU : Néphlomertic Turbidité Unit

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n° 1 : Résumé des caractéristiques des eaux de surface.....	4
Tableau n° 2 : Résumé des caractéristiques des eaux souterraines.....	9
Tableau n° 3 : Dates et les heures des prélèvements.....	20
Tableau n° 4 : Tableau de pH de saturation	ANNEXE II
Tableau n° 5 : Résultats de Ph.....	27
Tableau n°6 : Résultats de conductivité électrique.....	28
Tableau n°7 : Résultats de turbidité.....	29
..	
Tableau n°8 : Résultats de dureté.....	30
Tableau n°9 : Résultats d'Aluminium.....	31
Tableau n°10 : Résultats de Titre Alcalimétrique Complet.....	32
Tableau n °11 : Résultats de Sulfates.....	33
Tableau n°12 : Résultats de chlorures.....	34
Tableau n° 13 : Résultats de l'indice de Larson de l'eau traitée SAA.....	35
Tableau n °14 : Résultats de l'indice de larsen l'eau de mélange SP3.....	35
Tableau n° 15 : variation de PH de saturation de l'eau traitée SAA.....	36
Tableau n °16 : variation de PH de saturation de l'eau de mélange SP3.....	36
Tableau N°17 : résultats de l'indice de langelier (Eau traitée SAA).....	37
Tableau N°18 : résultats de l'indice de langelier (Eau de mélange SP3).....	37

I. Matériel et méthodes**I.1 Objectifs de l'étude :**

Cette étude expérimentale réalisée sur une période de 3 mois de mars 2017 à Mai 2017 à raison d'un prélèvement par mois ; a porté sur la caractérisation de la qualité physico-chimique de l'eau traitée de Barrage Bouroumi mélangée avec l'eau souterraine (forage) de Mazafran.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau de la station de traitement des eaux potables Mazafran gérée par laboratoire de la Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger SEAAL.

I.2 Présentation de la zone d'étude :

La nouvelle station de traitement Mazafran est installée suite au programme d'alimentation en eau potable de la région d'Alger Sa position est à environ 32km à l'est d'Alger entre la localité de Tassala-Merdja et la commune de Kolea.

La station Mazafran se divise en deux usines de traitement :

- ✚ **Station de traitement SAA** : traite les eaux de surface arrivées de barrage de Bouroumi qui se situe dans la wilaya d'Ain defla, à environ 27 km au sud-ouest de la ville de Blida et à 70 km à l'ouest de la ville.
- ✚ **Station SP3** : capte les eaux souterraines pompées à partir des forages MZ1 ET MZ2

1.2 .1 Présentation de la chaine de traitement SAA :

La chaine de traitement SAA se compose de deux tranches de traitement une tranche VIRGO, et une tranche appelée LINDRE, ces deux tranches fonctionnent d'une manière périodique et ceci selon la turbidité de l'eau brute.



Figure n°2 : photo original de la station de traitement SAA

✓ La tranche VIRGO :

Est compose de 13 unités et chaque unité est composée de :

- 2 décanteurs
- Un réservoir tampon avec déversoir de sécurité.
- 2 pompes de reprise, un compresseur, les armoires électriques de commande du module et les équipements de commande à distance.
- 3 filtres à sable sous pression .
- Un supprimeur d'air pour le nettoyage des filtres.

- Un ensemble de vannes diverses d'isolation régulation purge mesure et securite pour les circuits hydrauliques en amont et en aval des équipements.

✓ **La tranche Linde :**

Se divise-en :

Linde 1 et linde2, chacune est composée de 7 unités, et chaque unité est composée de :

- 3 décanteurs
- Un réservoir tampon avec déversoir de sécurité
- 3 pompes de reprise.
- L'armoire électrique de commande du module et les équipements de commande à distance.
- 3 filtres à sable sous pression
- Un supprimeur d'air pour le nettoyage des filtres.
- Un ensemble de robinetterie diverse, d'isolation régulation pure, mesure et securite pour les circuits hydrauliques en amont, entre les équipements et en aval..
- Un bâtiment spécifique a été installé pour abriter les compresseurs et les supprimeurs pour chaque tranche Linde.

I.2 .2 Présentation de la station de pompage n° 3 :

La station de pompage SP3 est composée d'un poste de chloration, d'un réservoir de 3000 m³ , alimente par 4 Arrivées d'eau :

- **Arrivée SAA** : eau traitée par la chaine de traitement d'eau de surface SAA.
- **Arrivée MZ1** : eau souterraine des forages de Mazafran (28 forages)
- **Arrivée MZ2** : eau souterraine des forages de Mazafran (32 forages)
- **Arrivée 42** : cycle de securite (eau traite par la station de Boudouaou)

Les eaux sont alors mélangées dans le réservoir, traitées, puis distribuées

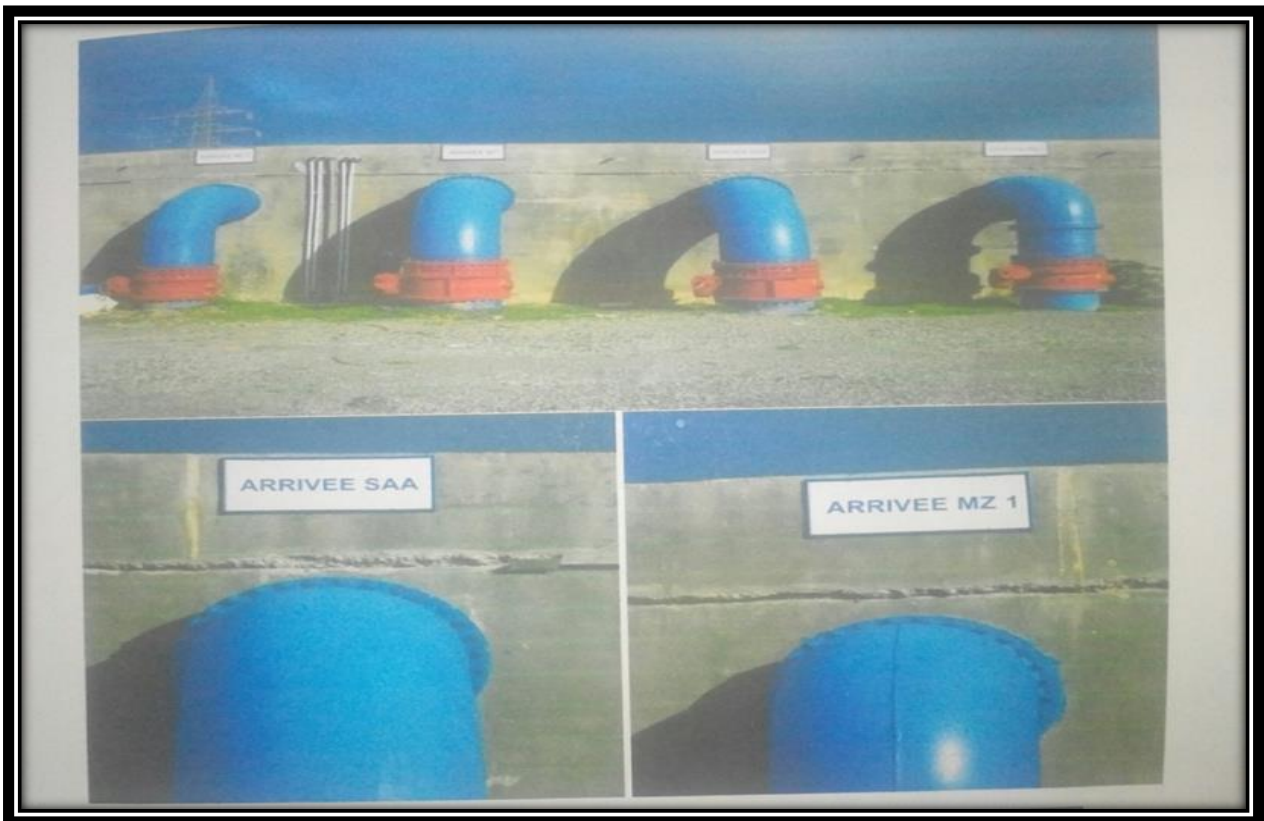


Figure N°3 : photo du réservoir et arrivée d'eau

I.3 Date de prélèvements :

Tableau n° 03 :Dates et heures de prelevements

Date de prélèvement/ point de prélèvement	Heures	
	CTM (SAA)	SP3 (mélange)
16/03/2017	9 : 30	10 : 00
30/03/2017	10 : 30	11 : 00
20/04/2017	10 : 45	11 : 15
02/05/2017	11 : 00	11 :00

I.4 Choix des Prélèvements :

Le prélèvement est fait à partir des robinets situer dans la station :

Le premier point :

- **Robinet de l'eau traitée** : qui se situe à la sortie de la chaine de traitement SAA ou l'eau prélevée et l'eau traitée

Le deuxième point :

- **Robinet de station de pompage SP3 :** qui se situe à la sortie du réservoir SP3

I.5 Matériels : le matériels (appareillage, verrerie, solutions, réactifs) est mentionné en (**ANNEXE II**)

I.6 Méthodes :

a) Méthodes d'échantillonnage :

L'analyse de tous les échantillons dépend de la méthode d'échantillonnage, cette méthode est une opération délicate. L'échantillonnage doit être homogène, représentatif et obtenue sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (**AMINOT et CHAUSSPIED, 1983**)

b) Prélèvements :

Les prélèvements destinés aux analyses ont été effectués comme suit :

- On a utilisé un flacon d'un litre à usage unique fourni par le laboratoire pour les prélèvements de l'eau de surface traitée
- On a rincé deux ou trois fois le flacon avec de l'eau à analyser
- On a rempli le flacon en évitant les éclaboussures et les bulles
- On a rempli à ras bord de flacon puis on l'a rebouché

Les échantillons sont normalement recueillis dans des flacons soumis à un nettoyage strict. L'emploi des flacons neufs en verre borosilicate ou en polyéthylène haute densité avec des bouchons en téflon

On a employé des bouteilles en plastique en ce qui concerne le prélèvement de l'eau de surface traitée et des bouteilles en verre pour l'eau mélangée

II. Analyses physico-chimiques :

✚ Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Environ 100ml d'eau à analyser a été prise.

- L'électrode est trempée dans un bêcher, préalablement rincé avec l'eau distillée et avec l'échantillon à analyser.
 - La valeur de pH est notée après la stabilisation. (**Norme NA /751/1990**)

Conductivité électrique :

La détermination est directe à l'aide d'un instrument approprié à la mesure de la conductivité électrique des solutions aqueuses.

Le mode opératoire est le suivant :

- Un bêcher est rempli avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion de l'électrode du conductimètre puis ce dernier est trempé dans le bêcher.
- La valeur de la conductivité est notée avec une unité de micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). (**Norme ISO 7888 / NA749**)

III Les éléments indésirables :

L'aluminium résiduel (Al^{3+}) :

En milieu tampon, les thiosulfate de sodium donnent avec les sels d'aluminium une coloration rose susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Est le mode opératoire suivant :

Prendre 25 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml d'acide ascorbique + 1 ml d'acide sulfurique 0,04 N + 0,5 ml de thiosulfate de sodium + 10 ml solution tampon pH=2,2 + 5 ml eriochrome cyamine solution fille .

✓ **Expression des résultats :**

1/La couleur vire au rose clair ce qui exprime du (Al^{+3})

2 /La couleur vire au rose foncé ce qui exprime la présence du (Al^{+3}) , puis évaluer les résultats spectrophotométrique .la concentration est exprimée en milligramme par litre: **ISO 8467/1993**.

III) Paramètres organoleptiques :

Turbidité :

La détermination de la turbidité est basée sur la comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau à l'aide d'un turbidimètre (HACH 210N).

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient

inaaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée. Une cuvette est remplie avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé. La valeur de turbidité est ensuite notée. La mesure est obtenue directement en Nephelometric Turbidity Unit (NTU) (Norme T90 - 033) .

IV paramètres de minéralisation globale :

✚ La dureté TH

La mesure est un dosage volumétrique par un titrant complexant, l'EDTA, le mode opératoire est le suivant :

- Remplir d'abord une burette de 50 ml EDTA 0,02N
- prendre 50ml d'eau à analyser dans un bécher de 100ml, ajouter 4ml de solution tampon + une pincée d'indicateur coloré on obtient une couleur violette.

Titre goutte par goutte de EDTA en mélangeant la solution jusqu'à ce que la couleur devienne bleu clair.

✓ Expression des résultats :

On détermine la dureté calcique par différence :

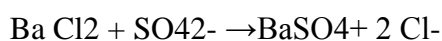
$$\text{TH (Mg)} = (V_{\text{TH}} - V_{\text{Ca}}) \times 4,8 = \text{mg/l.}$$

Si le Ph est supérieur à 8,3 verse lentement de l'acide chlorhydrique 0,01 N pour obtenir 8,3

Si le Ph est inférieur à 8,3 verse lentement de l'acide chlorhydrique 0,01 N pour obtenir un PH 4,5 (ISO 6058/NA752L1655)

✚ Sulfates (SO₄²⁻)

Les ions sulfates se précipitent et passent à l'état de sulfate de baryum en présence de Ba Cl₂.



Le mode opératoire est le suivant :

Une quantité de 20 ml d'eau à analyser est prise puis complétée à 100 ml avec de l'eau distillée.

Une quantité de 5 ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum sont ajoutées sous agitation pendant 1 mn.

La lecture s'effectue au spectrophotomètre à une longueur d'onde = 420 nm.

✓ Expression des résultats

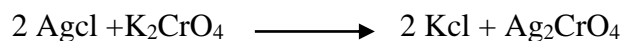
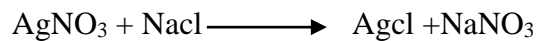
La concentration des sulfates est exprimée en milligramme par litre. (Rodier et al., 2005)

✚ chlorures :**Principe :**

On fait agir en milieu neutre, pH= 6.7 ou 7, une solution à titrer de nitrate d'argent sur une prise d'essai connue de solution titrée de chlorure de sodium.

La réaction se fait en présence de chromate de potassium (indicateur colorée)

En premier lieu l'ions d'argent réagit avec l'ion chlorure pour former le précipite blanc « AgCl », ensuite ion argent réagit avec l'ion CrO_4^{2-} (chromate) pour former le précipite rouge brique Ag_2CrO_4 qui indique la fin de dosage. (**Norme NF-ISO9297 Février 2000**)

**✚ Détermination de l'alcalinité (TA_TAC) :**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bicarbonates, carbonates et hydroxydes

Mode opératoire :

Prendre 100ml d'eau à analyser et mesurer le Ph

Si le Ph est supérieur à 8,3 verse lentement de l'acide chlorhydrique 0,01 N pour obtenir 8,3 noter le volume V_1 (ml) d'acide lu sur la burette

Continuer à verser doucement de l'acide chlorhydrique 0,01N jusqu'à obtenir un ph de 4,5

Calcul et expression des résultats :

Le titre alcalimétriques complet TAC exprime en F° est donne respectivement par les expressions :

$$\text{TA} = V_1 \cdot 10(F^\circ)$$

$$\text{TAC} = V_2 \cdot 5(F^\circ)$$

III PAREM

✓ Mode opératoire :

1. Agiter délicatement le flacon d' AgNO_3 0,02 N.
2. Remplir la burette avec AgNO_3 0,02 N.

3. Eliminer les bulles d'air contenues dans la partie inférieure de la burette en ouvrant le robinet.
4. Agiter l'échantillon.
5. A l'aide d'une fiole jaugée propre de 100 ml, introduire 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer propre de 250 ml.
6. Ajouter 1 ml de K_2CrO_4 avec la pipette en plastique propre et mélanger.
7. Commencer à verser $AgNO_3$ 0,02 N goutte à goutte tout en agitant l'eren-meyer jusqu' à apparition d'une coloration brune au centre du mélange.
8. Noter le volume de burette « **V** ».
9. Calculer la concentration en chlorure de la manière suivante :

10. Calcul :

$$C_{Cl^-} = \frac{V_1 \times C_{AgNO_3} \times M_{Cl^-} \times F \times 1000}{V_2} \quad \text{mg/l}$$

V_2 : volume en ml de solution $AgNO_3$ utilisée pour le titrage d'échantillon.

C_{AgNO_3} : concentration d' $AgNO_3$ (0.02mol/l).

V_1 : volume en ml de l'échantillon (100 ml).

F : est le facteur de conservation (35453mg/mol). (**Norme NF-ISO9963-1 Février1999**)

 **Détermination l'indice de Larson :**

On a calculé l'indice de Larsen par la formule suivante :

$$\text{Indice de larsen (IL) : } (SO_4^{2-}) + (Cl^-) / (HCO_3^-)$$

 **Determination de Indice de Langelier :**

On a calculé l'indice de Lasen par la formule suivant :

$$PH - PH_s \quad (PH_s \text{ est le PH de saturation ou d'équilibre})$$

$$PH_s = 9.3 + A + B - (C + D)$$

A : facteur TDS

B : facteur Température

C : facteur de dureté calcium F°

D : facteur TAC en F (**JEAN RODIER ,1996**)

Références Bibliographiques :

- ♣ **Awwa 1987** :Rapport du traitement des eaux et les operations.GAC Filtre a eau absorbant.Traveaux de recherche americaine.Colorado page 197
- ♣ **AFNOR** : Qualite physique et chimique de l'eau .1999,Tome 4
- ♣ **AMINOT, A., CHAUSSEPIED .M (1983)** Manuel des analyses chimiques en milieu marin, édition C.N.E.X.O France, 395p.
- ♣ **APFELBAUM, M. ROMRN, M. et DUBUS, M. 2009.** Diététique et nutrition. 7ème édition. Paris : Elsevier Masson. 516p
- ♣ **ALZIEU C, 1989.** L'eau : milieu de culture. In Aquaculture. 2éme. Ed. Tec et Doc, Tome 1 : p 16- 43
- ♣ **BRISOU J F et DENIS F., 1980.** Techniques de surveillance de l'environnement maritime. Edit. Masson. p206.
- ♣ **BANTON, O. BANGOY, L.M. 1997.** Hydrogéologie, Multi science environnementale des eaux souterraines. Presses de l'Université du Québec. 460 p
- ♣ **BOURGEOIS C M et LEVEAU J Y. 1991.** Le contrôle microbiologique, Dans : Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Volume 3. Lavoisier et Apria, édit, Paris.454p
- ♣ **Baker, R.W. (2004).** Reverse osmosis in: Membrane Technology and Applications (Second Edition), John WILEY et Sons Lid, pp. 222, 382.
- ♣ **Claud Cardot** –Genie de l'environnement –Les traitements de l'eau, 1999
- ♣ **CHAPMAN, D., KIMSTACH, V. 1996.** Sélection of water quality variables. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sédiments and water in environnement monitoring, Chapman édition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp : 59-126.
- ♣ **Desjardins, 1990** ;El Azzouzi. ; 1999 ; Arias et coll. ; 2002
- ♣ **DELARRAS, C. 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux, Lavoisier. 269p
- ♣ Memento technique de l'eau Degremont 1972. ; societe generale d'epuration et d'assainissement
- ♣ **DESJARDINS, R. 1997.** Le traitement des eaux. 2ème édition, presses internationales, polytechnique de Montréal. 304p. **DUSSART, B. 1966.** Limnologie : l'étude des eaux continentales, Edition géologique écologique aménagement, 2émetrimestre. 252p.

- ♣ **DUSSART, B. 1966.** Limnologie : l'étude des eaux continentales, Edition géologique écologique aménagement, 2^é trimestre. 252p.
- ♣ Rencontre technique du groupe Degremont au Burkina Faso le 12 Mars 1997
- ♣ Mémento technique de l'eau. Degremont 1984, 9^e Tome 1
- ♣ Manuel de gout et de l'expérience de contrôle des odeurs Degremont 1972, p197
- ♣ **EISEMBERG, 1969** : Déchets et risques pour la santé , Techniques de l'Ingénieur, Paris, 2450p.
- ♣ <http://www.paravani.free.fr>. (Site 1)
- ♣ **HÉBERT S. et LÉGARÉ S., 2000** : « Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau » Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Québec, envirodoq N° ENV-2001-0141, rapport N° QE-123, 24 p.
- ♣ **HADE. A. 2003.** Nos lacs : les connaître pour mieux les protéger. Canada : FIDES .359p
- ♣ **Jean –Luc Potelon 1998.** Water quality of the odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe, Water Res. 35 (10): 2371-2376.
- ♣ **KOURRADI, R. 2007.** Evaluation de degré de pollution anthropique de l'estuaire de Bou Regreg et impact sur la biologie et dynamique de scrobicularia plana (Linné, 1758) et selon marginatus (Linné, 1767). thèse de doctorat d'état en biologie, spécialité Ecologie animale. Université Mohamed V-AGDAL Faculté des sciences Rabat, Maroc. 300p.
- ♣ **LEFEVRE J-C., 1993.** Les zones humides : espaces en voie de disparition » In Actes du colloques sur les zones humides du littoral aquitain, édition DRAE d'aquitaine, Paris, p27.
- ♣ **Mc Kinney, 2002** : Evaluation de degré de pollution anthropique de l'estuaire de Bou Regreg et impact sur la biologie et dynamique de scrobicularia plana (Linné, 1758) et selon marginatus (Linné, 1767). thèse de doctorat d'état en biologie, spécialité Ecologie animale. Université Mohamed V-AGDAL Faculté des sciences Rabat, Maroc. 300p.
- ♣ **RODIER, J. BAZIN C. BOUTIN, J-P. CHAMBON, P. CHAMPSAUR, H. RODI, L. 1996.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^ème édition Dunod, Paris, France. 879 p.
- ♣ **RODIER, J. 1984** .L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 7^ème édition, DULOD, Paris.
- ♣ **Rencontre technique du groupe Degremont au Burkina Faso le 12 Mars 1997**

- ♣ **RODIER, J. BAZIN, C. CHAMBON, P. BROUTIN, G-P. CHAMPSAUR, H .
RODI, L. 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.
8ème édition. Paris : DUNOD technique. 1383.
- ♣ **Saint Laurent 1991** : Les eaux naturelles et les eaux de consommations
- ♣ **TARDAT, H., BEAUDRY J.P. 1984.** Chimie des Eaux. Editeur, Le Griffon
d'argile.340p
- ♣ **TOSE, S., 2006.** Reuse of effluent water-benefits and risks, agricultural water
managements.157p.

II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats obtenus pour les seize paramètres physico-chimiques réalisés sur les eaux traitées de barrage Bouroumi mélangé avec les eaux de forages seront comparés aux normes du **JORA (2011)**.

➤ pH :

Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (**CHAPMAN et KIMSTACH, 1996**).

Tableau N° 5 : Résultats de pH

Paramètres	Date de prélèvement	CTM (SAA)	SP3 (mélange)	Norme
PH	16/03/2017	7.55	7.35	6.5 - 8.5
	30/03/2017	7.61	7.41	
	20/04/2017	7.65	7.5	
	02/05/2017	7.71	7.45	
Conductivité électrique (µs/cm)	16/03/2017	1065	885	2500

Le PH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Le PH des échantillons de l'eau traitée produite au niveau de la station de traitement est compris entre 7.55 et 7.71, alors que le PH de l'eau finale, après Mélange est diminué suite à la qualité des eaux souterraines qui possèdent un PH inférieur à l'eau produite au niveau SAA, donc l'eau souterraine possède un ph inférieur à l'eau produit.

Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne préconisée par le **JORA (2011)** qui est $6,5 - 8,5 \leq \text{pH}$.

➤ **Conductivité :****Tableau N° 6 : Résultats de la Conductivité électrique**

Paramètres	Date de prélèvement	CTM (SAA)	SP3 (mélange)	Norme
Conductivité électrique (µs/cm)	16/03/2017	1065	885	2500
	30/03/2017	1075	925	
	20/04/2017	1081	895	
	02/05/2017	1071	915	

D'après **RODIER et al. (2009)**, une conductivité supérieure à 666 µS/cm implique une minéralisation importante des eaux.

Suite aux résultats d'analyse obtenus, nous avons enregistré des résultats des conductivités importantes relativement à l'importance de la reminéralisations global, a noter une baisse importante de la conductivité dans l'eau de mélange dû au fait que la conductivité des eaux souterraines est plus faible.

La mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle change en fonction de la température de l'eau ainsi elle est plus importante quand celle-ci est élevée (**PESCOD, 1985 ; RODIER et al. 1984**)

La conductivité mesurée pour presque tous les échantillons indique une minéralisation moyenne donc une eau de bonne qualité selon Rodier.

Ces valeurs restent en dessous de la norme fixée par le **JORA (2011)** qui est de 2800 µS/cm.

➤ **Turbidité (NTU)****Tableau N°7 : Résultats de la Turbidité**

Paramètres	Date de prélèvement	CTM (SAA)	SP3 (mélange)	Norme
Turbidité (UTN)	16/03/2017	1.2	0.5	5
	30/03/2017	0.9	0.45	
	20/04/2017	1.4	0.51	
	02/05/2017	1.1	0.55	

D'après **BEHAR (1997)**, c'est un indicateur important d'érosion, en général, la turbidité augmente fortement pendant et après une pluie.

La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matière en suspension qui donne un Aspect trouble à l'eau, son apparition n'est pas dangereuse

Les valeurs de la turbidité de l'eau traitée SAA sont comprises entre 0.9 NTU – 1.4 NTU et

D'autre part, nous avons noté une diminution de la turbidité du mélange SP3 (SAA + forages) du à la qualité moins chargée en matière de suspension dans les eaux souterraines)

Ces valeurs proches de la norme, c'est une faible valeur qui indique une eau de bonne qualité de vue turbidité les normes

➤ **Dureté (TH) :****Tableau N° 8 : Résultats de la dureté**

Paramètres	Date de prélèvement	CTM (SAA)	SP3 (mélange)	Norme
Dureté (TH)	16/03/2017	38.4	26.8	50
	30/03/2017	42	27	
	20/04/2017	41.5	28.5	
	02/05/2017	39.5	28	

Le titre hydrométrique (TH) , et un ensemble de paramètres (TAC , PH, T ° minéralisation total) visent à déterminer le caractère d »une eau vis – à vis de l'équilibre caco carbonique (RODIER 1996) Suite aux résultats d'analyse obtenus, nous avons constaté : une importante valeur de dureté concernant l'eau traitée (42,5 F°) du à l'injection du désinfectant hypochlorite de calcium $Ca(ClO)_2$ qui procure des ions calcium à l'eau et fait augmenter le TH

Une amélioration et une basse de la dureté au niveau de mélange **SP3 (28 ,5 f°)** Relativement à la dilution des eaux traitée de station de Traitement (**SAA**) avec Les eaux des forages qui sont moyennement minéralisé .

Malgré les valeurs obtenu son élevé mais reste toujours proche à la norme de **JORA 2011**

➤ Aluminium résiduel (Al^{+3})

Tableau N° 9 : Résultats de l'Aluminium résiduel

Paramètres	Date de prélèvement	CTM (SAA)	SP3 (mélange)	Norme
Aluminium résiduel (Al^{+3})	16/03/2017	0.18	0.08	0.2 _ 0.07
	30/03/2017	0.17	0.065	
	20/04/2017	0.15	0.06	
	02/05/2017	0.165	0.07	

D'après les résultats d'analyse d'aluminium résiduel (Al^{+3}), nous avons enregistré :
 Présence d'aluminium résiduel à l'eau traitée de SAA suite à l'utilisation de sulfate
 D'alumine comme coagulant dans le traitement mais reste dans les normes (< 0.2 mg/l)

À noter présence des traces de l'aluminium résiduel dans le mélange (SP3) Suite à la dilution

Les eaux traitées (SAA) avec les forages (absence d'aluminium) .

➤ **Titre alcalimétrique complet (TAC)**

Tableau N° 10: Résultats de Titre alcalimétrique complet

Paramètres	Date de prélèvement	CTM (SAA)	SP3 (mélange)	Norme
Titre alcalimétrique complet (TAC)	16/03/2017	16	15	X
	30/03/2017	15.5	14.5	
	20/04/2017	16.5	15	
	02/05/2017	17	15.5	

Le titre alcalimétrique (TAC) traduit l'alcalinité d'une eau. IL N'existe pas de normes algériennes concernant ce paramètre .la teneur de TAC de l'eau de mélange a diminué par rapport au TAC de l'eau traite

➤ Sulfates (SO_4^{2-}) :

Tableau N°11 : Résultats de sulfates

Paramètres	Date de prélèvement	CTM (SAA)	SP3 (mélange)	Norme
Sulfates (SO_4^{2-}) (mg/l)	16/03/2017	226	105	400
	30/03/2017	238	115	
	20/04/2017	244	120	
	02/05/2017	236	110	

Suite aux résultats d'analyse obtenus pour les sulfates, nous avons constaté :

- Le teneur des sulfates à l'eau traitée de station de traitement (SAA) est élevé

Suite à la qualité d'eau brute du Barrage de Bouroumi alimentant de la station

Qui est chargé en sulfates, ainsi que l'utilisation le sulfate d'alumine comme coagulant

Dans le traitement. , ces valeur élève des sulfate peuvent causer des problèmes de

sante (diarrhées et déshydrations) .

- Le teneur des sulfates pour le mélange SP3 (SAA + forages) est faiblement chargé avec ces derniers, relativement à l'existence une dilution les eaux traitée SAA avec

Les eaux des forages qui sont moins chargé des sulfates

Globalement, les valeurs sont en conformités à la norme fixée par le **JORA (2011)** qui est <400 mg/l.

➤ chlorures (Cl⁻)

Tableau N°12 : Résultats de chlorures

Paramètres	Date de prélèvement	CTM (SAA)	SP3 (mélange)	Norme
chlorures (Cl ⁻)	16/03/2017	93	75	500
	30/03/2017	103	71	
	20/04/2017	108	75	
	02/05/2017	110	67.5	

le chlore est l'un des réactifs le plus utilise lors de la désinfection.

d'après les tests de chlore libre les teneurs en chlore qui concerne l'eau traiter très élevées qui est une mesure préventive puisque cette eau va être mélange a l'eau de fourrage qui possède un poste de chloration la con entartions diminue après le mélange .

➤ **Détermination l'indice de larsen (corrosivité de l'eau) :**

$$\text{Indice de Larson (IL)} : (\text{SO}_4^{2-}) + (\text{Cl}^-) / (\text{HCO}_3^-)$$

Tableau N °13 : résultats de l'indice de larsen (Eau traite SAA)

Date de prélèvement / paramètres	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Indice de larsen (IL)
16/03/2017	226	110	195.2	1.6
30/03/2017	238	115	192	1.8
20/04/2017	244	120	201	1.75
02/05/2017	236	120	207	1.67

Tableau N ° 14 : Résultats de l'indice de larsen (Eau de mélange SP3)

Date de prélèvement / paramètres	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Indice de larsen (IL)
16/03/2017	105	75	183	0.98
30/03/2017	115	71	176.9	1.05
20/04/2017	120	75	183	1.06
02/05/2017	110	67.5	189.1	0.93

Pour la détermination de la corrosivité de l'eau et relativement aux résultats de l'indice

De larsen, nous avons enregistré :

L'indice de larsen à l'eau traitée SAA est élevé (supérieur à 1) qui indique que

La qualité d'eau traitée SAA est un peu corrosif, par contre l'indice de larsen

Pour le mélange SP3 est presque le seuil de corrosivité (environ de 1) qui indique

Que la qualité d'eau de mélange est équilibré (ni pas corrosif)

➤ **Etude l'agressivité de l'eau traitée SAA et de mélange SP3 :**

Mettre une eau à l'équilibre, c'est lui donner, par un traitement approprié, des caractéristiques stables dans le temps qui s'écoule entre son stockage après traitement et son utilisation par le consommateur.

- ✓ Le gaz carbonique est un facteur déterminant de l'équilibre physico-chimiques d'une eau, mais d'autre facteurs y jouent un rôle important, tels que la teneur en calcium, l'alcalinité, le PH, la totalité des sels dissous et la température, il suffit et donc que l'un ou plusieurs de ces éléments subissent une modification quelconque pour que l'équilibre physico-chimiques de l'eau varie avec comme conséquence une augmentation de ses tendances à l'incrustation ou l'agressivité
- ✓ L'indice de Langelier permet de contrôler l'efficacité de l'opération de reminéralisations qui vise à produire une eau équilibrée (**Rodier et all,1996**)

Tableau N° 15: variation de PH de saturation de l'eau traitée SAA

Date de prélèvement / paramètres	Ca ⁺² (F°)	TAC (F°)	PH	PH _s
16/03/2017	8.1	16	7.71	7.61
30/03/2017	8.8	15.5	7.75	7.65
20/04/2017	8.5	16.5	7.65	7.5

Tableau N° 16 : variation de PH de saturation de l'eau de mélange SP3

Date de prélèvement / paramètres	Ca ⁺² (F°)	TAC (F°)	PH	PH _s
16/03/2017	6.5	15	7.56	7.53
30/03/2017	6.6	14.5	7.53	7.51
20/04/2017	7.1	15	7.55	7.51
02/05/2017	7.1	15.5	7.5	7.5

➤ **Indice de langelier :**

Tableau N°17 : résultats de l'indice de langelier (Eau traitée SAA)

Date de prélèvement / paramètres	Ca ⁺² (F°)	TAC (F°)	PH	PH _s	Indice de langelier (IL)
16/03/2017	8.1	16	7.71	7.61	0.1
30/03/2017	8.8	15.5	7.75	7.65	0.1
20/04/2017	8.5	16.5	7.65	7.5	0.15
02/05/2017	8.2	17	7.68	7.5	0.18

Tableau N°18 : résultats de l'indice de langelier (Eau de mélange SP3)

Date de prélèvement / paramètres	Ca ⁺² (F°)	TAC (F°)	PH	PH _s	Indice de langelier (IL)
16/03/2017	6.5	15	7.56	7.53	0.03
30/03/2017	6.6	14.5	7.53	7.51	0.02
20/04/2017	7.1	15	7.55	7.51	0.04
02/05/2017	7.1	15.5	7.5	7.5	0

Pour l'eau traitée SAA ≥ 0

Pour le mélange SP3 =0

D'après les valeurs de l'indice de langelier, nous constaté que l'eau traitée est peut incrustante donc elle est riche en calcium et magnésium et l'eau de mélange SP3 es une eau équilibrée ni agressive ni entartrant.

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'évaluation de la qualité physico-chimique et l'équilibre calco-carbonique à partir des traiter de barrage Bouroumi et le mélange avec les eaux des forages de la région de Mazafran.

Les résultats obtenus de cette étude nous permettent de conclure que :

Les eaux de distribution de la station de Mazafran ont des caractéristiques physico-chimiques bien définis est une eau non polluée, équilibre (pH 7,55), présente une turbidité très faible et un caractère légèrement basique, une diminution assez importante de la dureté(42,5 f°) et sulfate(220mg/l),chlorures(100 mg/l),TAC(17 mg/l).

On constate que malgré la baisse de la dureté et de sulfate dans l'eau de mélange les valeurs de ces derniers restent toujours élevées dont le risque que cette eau engendre des problèmes. Alors mélanger une eau superficielle traite avec une eau souterraines de bonne qualité semble une solution pour améliorer la qualité de l'eau produite au sein de cette station et effectivement tous les résultats d'analyses effectuer montrent qu'il y a certe une amélioration de la qualité de l'eau pour presque tous les paramètres. Donc le fait de mélanger l'eau de surface traite avec l'eau souterraine permettra d'obtenir une eau potable de bonne qualité peut être distribué à la consommation humaine.

De ce fait, nous recommandons pour parvenir à distribuer une eau de meilleure qualité point de vue dureté et sulfates :

- Changer de désinfectant et l'oxydant et employer l'hypochlorite de sodium.
- L'utilisation d'un procédé adéquat pour le traitement de l'eau de surface brute.
- De faire une desulfatation de l'eau de surface traitée et de changer de coagulant.
- Optimiser l'injection des réactifs (sulfate d'alumine) lors de la coagulation.

Les eaux potables :

Les réserves disponibles d'eau naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lac retenues de barrage) ou en écoulement (rivière et les fleuves) et des eaux de mer (**Rodier et al. ,1996**)

1-Les eaux de surfaces :

Elles ont pour origine les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau, de rivière, ou d'eau de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisée par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles, c'est le cas des lacs ; ou artificielles, c'est le cas des retenues et des barrages, caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable (**Degremont, 1984**) .

1/ Les eaux de barrages :

Un barrage est un étendu d'eau plus ou moins profonds dont la rétention des eaux est due à l'existence d'une contre-pente qui peut se remplir par ruissellement (ou par des apports d'eaux de sources), et qui ne subit pas l'influence des mers et océans du globe. La composition de ces eaux tient à la nature géologique des terrains du bassin versant, et à celle du fond de la retenue. Ses variations sont dues :

- Au régime des vents qui modifie la concentration en CO₂ (par agitation de l'eau).
- Aux pluies qui apportent des matières en suspension.
- A la température qui règle les cycles de recirculation de la masse d'eau.

La surface des barrages est en contact avec l'atmosphère. Elle possède une température sensiblement identique à celle de l'atmosphère. Les parties les plus profondes sont occupées par l'eau a une densité supérieure à celle de la surface .Cette densité peut atteindre le maximum au fond pour une température de 4°C. (**Anonyme site 1**)

2/ Caractéristiques générales des eaux de surface :

Les eaux de surface comprennent les eaux des lacs, les oueds, les étangs et les retenues d'eau de pluie (VILLAGINES, 2003).

Le tableau n°1 : résume les caractéristiques des eaux de surface (Degremont ,1984)

Caractéristiques	Eaux de surface
Température	Variable suivant les saisons
Turbidité, MES (vraie ou colloïdale)	Variables, parfois élevées
Couleur	Liée surtout aux MES (argiles, algues), sauf dans les eaux très douces et acides (substances humiques)
Minéralisation (salinité totale)	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets, etc.
Fer et manganèse divalents (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf au fond des eaux en état d'eutrophisation
Gaz carbonique	Généralement absent
Oxygène dissous	Souvent au voisinage de la saturation
Ammonium (NH ₄)	Présent seulement dans les eaux polluées
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	Absent
Silice dissoute	Teneur en général modérée
Nitrates	Peu abondants en général
Micropolluants minéraux et organiques	Souvent présents ; dans les rivières, peuvent disparaître rapidement après suppression de la source polluante

3 / Processus de traitement des eaux de surface :

La grande majorité des eaux potables soit 85% est produite à partir des eaux de surface. Le traitement des eaux de surface comporte deux étapes essentielles : la clarification et la désinfection.

La clarification est l'opération qui assure l'élimination de MES (matières en suspensions), des matières colloïdales et des macromolécules susceptibles de communiquer à l'eau une turbidité ou une couleur indésirables. Il s'agit de matières organiques aussi bien que minérales, et des organismes vivants du phytoplancton (algues) et du zooplancton. La clarification élimine en même temps la fraction des polluants (organiques et minéraux) qui est associée à ces MES et macromolécules. La clarification se subdivise en trois étapes : **(Degremont, 1997)**

- Prétraitement
- Coagulation-floculation
- Séparation

a) La clarification**b) Les prétraitements :**

Les eaux de surface doivent subir un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations uniquement physiques ou mécaniques. Ils ont pour but d'extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait un gêne pour les traitements ultérieurs. Les opérations de prétraitements sont les suivantes : **(Degremont, 1984)**

❖ Le dégrillage :

Le dégrillage constitue le premier poste de traitement. Il est indispensable aussi bien pour les eaux de surface que pour les eaux résiduaires. Il permet :

De protéger les ouvrages avals contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation,

De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution. L'opération est plus ou moins efficace en fonction de l'écartement entre les barreaux des grilles.

❖ Le dessablage :

Il a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits. Il permet aussi de protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion de manière à éviter de perturber les traitements ultérieurs.

❖ Le débouillage :

Le débouillage est une étape de séparation solide-liquide qui précède la clarification des eaux de surface particulièrement chargées lorsque la décantation classique en un seul étage n'est plus possible. Le but de cette pré décantation est d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute, d'en assurer

❖ Le tamisage :

Le tamisage consiste en la rétention des particules fines en suspension et les débris de végétaux par le refus d'un tamis, pour des eaux de surface eutrophes ou charriant des particules inertes fines. Son objectif est d'éviter le colmatage trop rapide des filtres à sables situés en aval du traitement. **(Degremont, 1984)**

c) La coagulation-floculation :

❖ La coagulation :

La coagulation a pour but la déstabilisation des colloïdes et leur agglomération ainsi que celle des particules fines en suspension. Elle agit également par adsorption sur les substances dissoutes et les grosses molécules organiques hydrophiles.

❖ La floculation :

Elle a pour objet d'accroître le volume, le poids et la cohésion du floc formé. Dans un compartiment distinct de celui de la coagulation, on réalise une agitation lente qui permet, grâce à l'injection d'un réactif appelé « flocculant », l'agglomération des floccs et, donc leur grossissement. Les réactifs généralement utilisés la silice activée, alginate de sodium, les poly électrolytes etc. **(Desjardins et al. 1990)** .

d) Décantation :

La décantation est une technique de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc, après l'étape de coagulation-floculation.

Lors de la décantation, les particules, dont la densité est supérieure à celle de l'eau, vont avoir tendance à s'accumuler au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur. Les particules seront éliminées du fond du bassin périodiquement. L'eau clarifiée se situant à la surface du décanteur est redirigée vers un filtre. : **(Degremont, 1997)**

e) La filtration :

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. En effet, il subsiste de très petites particules présentes à l'origine dans l'eau brute ou issues de la floculation. La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériau utilisé.

f) La désinfection :

La désinfection est un traitement visant à éliminer les micro-organismes pathogènes, bactéries, virus et parasites ainsi que la majorité des germes banaux moins résistants. C'est le moyen de fournir une eau bactériologiquement potable, tout en y maintenant un pouvoir désinfectant suffisamment élevé pour éviter les reviviscences bactériennes dans les réseaux de distribution. **(Claude Cardot, 1999)**

2-Les eaux souterraines :

L'eau souterraine est l'eau qui existe dans les nappes, les aquifères et dans les sédiments sous la terre. Elle est issue des précipitations ou de la neige et puis, infiltre les sols dans les systèmes d'eaux souterraines. L'eau souterraine est un réservoir naturel à long terme pour le cycle de l'eau.

Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol. Celles –ci s'insinuent par gravité dans les pores, les microfissures et les fissures des roches, humidifiant des couches de plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une couche imperméable. Elles s'accumulent, remplissant le moindre vide, saturant d'humidité le sous –sol, formant ainsi un réservoir d'eau souterraine appelé aquifère.

2-3 différents types de nappes souterraines :

Les nappes d'eaux souterraines peuvent être de deux types selon le type de sol ou elles circulent, sous une couche perméable ou imperméable.

+ Les nappes situées sous un sol perméable :

Sont dites des nappes libres .au-dessus de la nappe en effet, les pores du terrain perméable ne sont que partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé, la pluie peut toujours l'imprégner d'avantage .Aussi le niveau de la nappe peut monter ou baisser à son aise. De telles nappes peuvent donc contenir des volumes d'eau variable.

+ Les nappes situées entre deux couches imperméable :

Sont dites des nappes captives car leur niveau ne peut monter, l'eau ne pouvant s'insinuer dans un sol imperméable .Ces nappes n'ont qu'un lien tenu avec la surface par où elles sont alimentées et qui correspond à la zone où la couche est perméable .Elles sont en général profondes, quelques centaines de mètres et plus, et si leur pente est forte, l'eau y est sous pression .La pression est même parfois suffisante pour que le creusement d'un puits permette à l'eau de jaillir en surface.

2-4 caractéristiques des eaux souterraines :

La qualité de l'eau change quand celle-ci traverse la couche souterraine .Les matières de la terres retiennent la plupart des bactéries .Les eaux souterraines sont habituellement limpides, incolores et de qualité sanitaire très élevée .Toutes les eaux souterraines contiennent des minéraux dissous.

Le tableau N°2 résume les caractéristiques des eaux souterraines : (Claude Cardot, 1999)

Paramètres	Abondances
Température	Relativement constante .
Turbidité	Faible ou nulle (sauf en terrain caustique).
Couleur	Liée aux matières en solutions (acide humique) ou due a une précipitation du fr ou mn
Gout et odeur	Rare sauf en forte presence du h2S
Minéralisation et oligo-elements	Constants et plus élevés que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Me a l'état dissout	Généralement présents
So₄⁻²	Présent en grande quantité
O₂ Dissout	Absent la plupart du temps
H₂S	Présent fréquemment
Nitrates	Des teneurs parfois élevées
Micropolluants organiques et minéraux	Absence
Eléments vivants	Ferro bactéries et sulfites
Solvants cholores	Absence sauf en cas dépollution de la nappe
CO₂ agressif	Souvent présent en grande quantité
NH₄	Present frequement sans etre un indice systematique de pollution bacterienne .
Silice	Teneur souvent elevee

5/ Traitement des eaux souterraines :**a) La deferrisation :**

La deferrisation a pour objectif d'éliminer le fer ferreux (Fe^{2+}) naturellement dissous dans l'eau pour éviter une mauvaise qualité organoleptique de l'eau (couleur rouge ,gout métallique),ainsi que les risques de bouchage ou de corrosion des canalisations du reseau,favorises par le développement de bactéries spécifiques.

b) La demanganisation :

Il s'agit d'éliminer le manganèse dissous dans l'eau, pour éviter une mauvaise qualité organoleptique de l'eau (couleur noire, goût métallique) .Le passage de l'état Mn^{2+} a l'état MnO_2 nécessite une oxydation puissante par du dioxyde de chlore, du permanganate de potassium ou de l'ozone a un Ph supérieur a 7.

c) Le traitement de la turbidité :

Le phénomène de turbidité affecte naturellement les aquifères karstiques. Ces eaux turbides sont chargées de matières en suspension et de germes qui peuvent être éliminés de plusieurs façons :

- Par clarification complète (coagulation-floculation-décantation-filtration)
- par coagulation sur filtre : le procédé consiste à flocculer directement les particules sur filtre qui va les retenir.
- Au moyen de membranes de filtration : seules les membranes de micro et d'ultrafiltration sont actuellement utilisées.

d) L'élimination de l'ammoniaque :

A pour objectif d'éviter une dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux .L'ammoniaque peut être éliminée de l'eau par 2 voix :

La chloration au point critique ou break-point et la nitrification biologique.

e) L'élimination des nitrates :

Le traitement des nitrates est nécessaire lorsque sa concentration dans les eaux souterraines dépasse 50mg/l de différente manière :

- ❖ dilution de la ressource polluée par mélange avec une ressource moins polluée.
- ❖ réalisation d'un forage plus profond.
- ❖ traitement d'élimination par résine échangeuse d'ions ou par voie biologique.

f) La neutralisation :

Son objectif est corriger l'agressivité de certaines eaux, en éliminant ou en neutralisant le gaz carbonique qu'elle contient en excès. Ce type de traitement s'adresse principalement aux eaux carboniques peu minéralisées.

Trois techniques sont principalement mises en œuvre :

- l'élimination physique du gaz carbonique par aération ouverte.
- La neutralisation par injection d'un réactif alcalin.
- La filtration sur produit alcalino-terreux) (**Degremont 1972**)

II / les critères de potabilités des eaux :

1- Paramètres organoleptiques :

ODEUR ET SAVEUR :

Une eau potable de bonne qualité a un bon goût et ne dégage pas d'odeur. La saveur dépend essentiellement de la qualité et de la nature des corps dissouts (**AFNOR,1999**)

COULEUR :

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissout ou colloïdal. Elle est dite vraie ou réelle lorsqu'elle contient des substances en solution et apparente. (**Saint Laurent, 1991**).

2 Paramètres physicochimiques :

La température :

La température est un paramètre qui doit absolument être mesuré sur le terrain, (**HÉBERT et LÉGARÉ, 2000**). Elle joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissouts et dans la détermination du pH (**DUSSART, 1966**). D'une façon générale, la température des eaux est influencée par la source d'où elles proviennent (superficielles ou profondes) (**RODIER et al., 2005**).

Dureté :

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) correspond à la concentration totale en ions calcium (Ca^{2+}) et en ions magnésium (Mg^{2+}). Ils proviennent de la dissolution des roches calcaires. (**TARDAT H et BEAUDRY, 1984**).

Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH mesure la concentration en ions hydrogène (H⁺) de l'eau. Les valeurs du potentiel d'Hydrogène se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (**CHAMPMAN et al., 1996**),

Le pH doit être mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**). Il est considéré comme étant l'un des paramètres les plus importants de la qualité des eaux (**BRISOU et DENIS, 1980**).

Conductivité :

La conductivité est la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Cette capacité dépend de plusieurs facteurs tels que la nature des ions présents et leur concentration totale. Elle donne une idée sur la salinité et permet une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau (**KOURRADI, 2007**)

Turbidité :

La turbidité est une caractéristique qui exprime le degré du trouble d'un liquide. C'est l'inverse de la transparence (**HADE, 2003**).

Cette transparence peut être perturbée par la présence de particules en suspension et de matière colloïdales dans l'eau (**APFELBAUM et al., 2009**)

Oxygène dissout :

Parmi les gaz dissous, l'oxygène est celui qui joue le rôle le plus important dans la qualité biotique des eaux. Indispensable à la respiration des organismes, il facilite la dégradation des matières organiques détritiques et l'accomplissement des cycles biochimiques. (**ALZIEU, 1989**).

Alcalinité de l'eau :

C'est la quantité totale de base dans l'eau. Ces bases pouvant être des hydroxydes de carbonates ou des bicarbonates. La quantité totale de carbone organique dépend des concentrations en calcium et magnésium. Elle s'exprime en mg/l de carbonate de calcium (CaCO₃) (**BANTON et BANGÉY, 1997**).

Matières en suspension :

Ce sont les matières non dissoutes dans l'eau. Elles correspondent à la fois des éléments minéraux et organiques. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux s'associent aux matières en suspension (**TOSE, 2006**).

Sulfates :

Les eaux naturelles contiennent toujours des sulfates, en proportions variables. Leur présence résulte de la légère solubilité de sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (**TARDAT et BEAUDRY, 1984**).

Matière organique :

Les matières organiques dissoutes dans l'eau proviennent souvent de l'attaque et de la décomposition des cadavres d'animaux et de végétaux par les bactéries ou les champignons inférieurs. Mais elles peuvent également provenir du métabolisme des êtres vivants supérieurs excréments racinaires des plantes et déjections des animaux (**LEFEVRE, 1993**).

Azote ammoniacal

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniaque (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dont les proportions dépendent du pH et de la température. L'azote ammoniacal provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

Nitrates

Les nitrates sont présents à l'état naturel dans l'eau suite à l'oxydation de la matière organique par les microorganismes. Mais ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais (**CHAPMAN et al. 1996**).

Nitrites

Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique qui sont de l'ordre de quelques micromoles par litre (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

Les phosphates :

Le phosphate joue un rôle important dans le développement des algues. Il est susceptible de favoriser leur multiplication dans le réservoir.

Fer et manganèse :

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Ces métaux peuvent provoquer une coloration et sont à l'origine de dépôts dans les réseaux.

✚ Le calcium :

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

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables.

✚ Ammonium :

Il est important d'éliminer l'ammonium avant l'introduction de l'eau dans le réseau parce qu'il réagit avec le chlore pour produire des chloramines, qui sont des désinfectants moins efficaces et peuvent provoquer des goûts désagréables. (RODIER, 1996).

3-Equilibre calco-carbonique :

Les eaux naturelles contiennent des sels composés chimiques qui se trouvent sous leur forme dissoute pour déterminer cet équilibre par le calcul de l'indice de Langelier et l'indice de Larsen (RODIER, 1996).

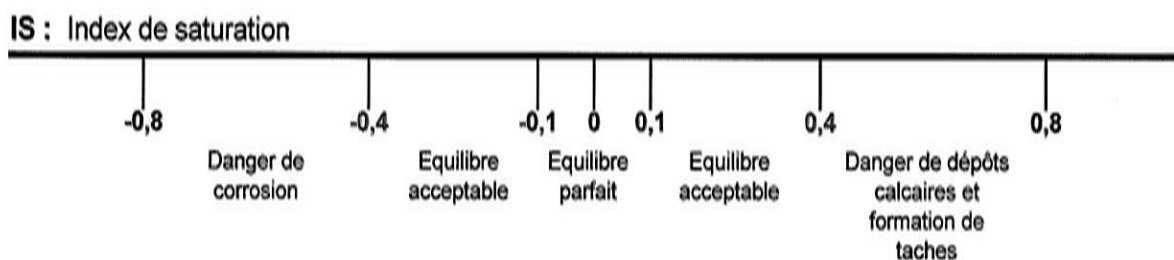
3-1 Indice de Langelier

Est un moyen puissant pour calculer la balance de l'eau et pour définir si une eau est corrosive ou incrustante.

Si $Is=0$ l'eau est **inerte**

Si $Is > 0$, l'eau est **incrustante**.

Si $Is < 0$, l'eau est considérée comme **agressive** (Baker, R.W. (2004)).



3-2 Indice de Larson :

est un moyen pour déterminer la corrosivité de l'eau par rapport aux sels (Ca^{2+} , Mg^{2+}) et aux métaux

Si $IL > 1$ l'eau est **corrosif**

Si $IL < 1$ l'eau n'est pas corrosif (**RODIER, 1996**).

ANNEXE I

- **Tableau N° 4** : Ainsi, directement à partir d'une analyse de l'eau, les tables suivantes permettent le calcul du PH de saturation. (l'indice de langelier)

Valeur de A Facteur de totalité des sels dissous(TDS)		Valeur de B Facteur de température (t°)		Valeur de C Facteur de dureté du calcium (TH)		Valeur de D Facteur de l'alcalinité totale (TAC)	
Ppm (mg /l)	A	C°	B	°f	C	°f	D
85à425	0.1	0 à 1	2.6	1 à 1.1	0,6	1 à 1,1	1,0
425à10000	0.2	2 à 5,5	2,5	1,2 à 1,3	0,7	1,2 à 1,3	1,1
		6,5 à 9	2,4	1,4 à 1,7	0,8	1,4 à 1,7	1,2
		10 à 13,5	2,3	1,8 à 2,2	0,9	1,8 à 2,2	1,3
		14 à 16,5	2,2	2,3 à 2,7	1	2,3 à 2,7	1,4
		17,5 à 21	2,1	2,8 à 3,4	1,1	2,8 à 3,5	1,5
		22 à 26,5	2	3,5 à 4,3	1,2	3,5 à 4,4	1,6
		27,5 à 31	1,9	4,4 à 5,5	1,3	4,5 à 5,5	1,7
		32 à 36,5	1,8	5,6 à 6,9	1,4	5,6 à 6,9	1,8
		37à 43,5	1,7	7,0 à 8,7	1,5	7 à 8,8	1,9
		44,5 à 50	1,6	8,8 à 11	1,6	8,9 à 11	2
		51 à 56	1,5	11,1 à 13	1,7	11,1 à 13	2,1
		56,5 à 63	1,4	13,9 à 17	1,8	14 à 17,6	2,2
		64,5 à 71	1,3	17,5 à 22	1,9	17,7 à 22	2,3
		72 à 81	1,2	23 à 27	2	23 à 27	2,4
		82 à 89	1,1	28 à 34	2,1	28 à 35	2,5
		90 à 96	1	35 à 43	2,2	36 à 44	2,6
		96 à 100	0,9	44 à 55	2,3	45 à 55	2,7
				56 à 69	2,4	56 à 69	2,8
				70 à 87	2,5	70 à 88	2,9
				88 à 100	2,6	89 à 100	3

ANNEXE II

Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques :**❖ Appareillage**

- Agitateur magnétique.
- Balance analytique.
- Conductimètre.
- pH mètre.
- Etuve.
- Plaque chauffante.
- Spectrophotomètre UV-Visible.
- Haute à flux laminaire.

❖ Verrerie

- Béchers
- Erlen Meyer.
- Fioles jaugées.
- Pipettes.
- Portoir.
- Tube à essai.
- Spatule.
- Eprouvettes graduées.
- flux laminaire.

❖ Réactifs et colorants

- Nitrate d'argent.
- Dichromate de potassium.
- Chlorure de baryum.
- Hydroxyde d'ammonium.
- Hydroxyde de sodium.
- Heptamolybdate d'ammonium.
- Salicylate de sodium.
- Tartrate double de sodium et de potassiums.
- Nessler.
- Acide chlorhydrique.
- Acide sulfurique.
- E D T A.
- Murexide.
- Noir ériochrome.

Composition des différents réactifs et solutions.**Sulfates** **Solution stabilisante**

- Acide chlorhydrique60ml.
- Ethanol.....200ml.
- Chlorure de sodium.....150 mg.
- Eau distillée.....q.s.p 1000

 Solution d'acide sulfurique

- Acide sulfurique pur.....0,5g.
- Eau distilléeq.s.p 100ml