

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*  
*Faculté des Sciences et de la Technologie*  
*Département : Génie de l'environnement.*

## *Mémoire*

*Présenté pour obtenir*

**LE DIPLÔME DE MASTER**

**FILIÈRE : Génie des procédés**

**Spécialité : Génie des procédés de l'environnement.**

Par

➤ **AKNIOU Noredine**

### *Intitulé*

**ANALYSE ET TRAITEMENT DE L'EAU DE PISCINE (20 Août 1955)**

**BORDJ BOU ARRERIDJ**

*Soutenu le : 23/06/2024*

*Devant le Jury composé de :*

<i>Nom &amp; Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Établissement</i>
<i>Dr. KARES Housseem Eddine</i>	<i>MCB</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Dr. BAHLOUL Ahmed</i>	<i>Pr</i>	<i>Encadrant</i>	<i>Univ-M'sila</i>
<i>Dr. DILMI Abd El Kader</i>	<i>MCB</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

*Année Universitaire 2023/2024*

## *Remerciement*

*Avant tout, je tiens à remercier **ALLAH** pour m'avoir donné force, courage, patience et volonté pour mener à terme ce modeste travail.*

*Je voudrais exprimer mes sincères gratitude à Monsieur*

***Pr. BAHLOUL Ahmed**, pour la confiance Qu'il a bien voulu m'accorder. Je le remercie pour sa disponibilité, sa patience, son soutien chaleureux et ses conseils avisés. Je tiens à lui exprimer ma profonde reconnaissance pour ses critiques constructives d'une rigueur absolue.*

*Je remercie également le président du jury, **Dr. KARES Houssemeddine**, et l'examineur, **Dr. DILMI Abd El Kader**, pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger mon travail.*

*Mes vifs remerciements s'adressent également à toute l'équipe du laboratoire de l'environnement, en particulier **M<sup>me</sup>Habbiche**, ainsi qu'à l'équipe du laboratoire de microbiologie, notamment **Dr. Rebai Khalil, Dr. Gahfif, Mr Mihoub Foued** sans oublier les techniciens des laboratoires. Ils m'ont accepté au sein de leurs laboratoires et m'ont beaucoup aidé.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude au **Mr Boubatra Redhouane** directeur du complexe 20 août 1955 de Bordj Bou Arreridj et **Mr. Abdelghani** pour leurs accueil chaleureux et leurs assistances précieuses lors des prélèvements.*

*Enfin, un grand merci à mes chers enseignants pour leur soutien tout au long de ce projet.*

## *Dédicace*

*Je dédie le fruit de ma patience, de ma persévérance à mes chers parents,*

*je les remercie de leur présence dans toute ma vie malgré ils n'ont plus.*

*(Que dieu leurs accorde dans les vastes paradis).*

*A ma chère épouse Djamila, merci d'être toujours à mes côtés.*

*A mes chers enfants : **Louai Abd Errahim et Anès Abd El Djalil.***

*A mes frères et sœurs et toute ma famille.*

## Table des matières

Remerciement

Dédicace

- a) liste des abréviations
- b) liste des figures
- c) liste des tableaux

Introduction générale.....	1
Introduction.....	3
1 Définition de piscine.....	3
1.1 L'eau de piscine.....	3
1.2 Les différents types des piscines.....	4
1.3 Les différents usages des piscines .....	4
1.4 Piscine olympique .....	4
1.4.1 Définition d'une piscine olympique .....	4
1.4.2 Les caractéristiques techniques et norme d'une piscine olympique .....	5
1.4.3 Température de l'eau de la piscine olympique .....	5
1.5 Piscine semi-olympique .....	5
1.5.1 Définition d'une piscine semi-olympique.....	5
1.5.2 Les caractéristiques techniques et norme d'une piscine semi olympique.....	5
1.5.3 Température de l'eau de la piscine semi-olympique.....	6
1.6 L'eau de piscine.....	6
1.7 Les paramètres des eaux des piscines .....	6
1.7.1 Les paramètres organoleptiques.....	6
1.7.2 Les paramètres physico chimiques. ....	6
1.8 Les paramètres microbiologiques.....	7
1.9 Source de pollution d'eau d'une piscine.....	7
1.9.1 Pollution des piscines .....	7
1.9.2 Polluants dissouts.....	7
1.10 Evaluation des risques sanitaires liés aux piscines.....	8
1.10.1 Les risques associés aux activités.....	8
1.10.2 Les risques physiques .....	8
1.10.3 Les risques chimiques .....	8
1.11 Micro-organismes pouvant contaminer les eaux de piscines .....	9

1.11.1	Les bactéries .....	10
1.11.2	Les virus .....	10
1.11.3	Les moisissures .....	11
2	Introduction .....	12
2.1	Normes de qualité des eaux.....	12
2.2	Les propriétés des eaux.....	12
2.2.1	Propriétés physiques de l'eau .....	13
2.2.2	Propriétés thermodynamiques de l'eau .....	14
2.2.3	Propriétés chimiques de l'eau .....	14
2.3	Le recyclage de l'eau des piscines.....	16
2.4	Qualités des eaux des piscines .....	16
2.5	Maintien de la qualité de l'eau du bassin .....	16
2.6	Traitement de l'eau de piscine .....	17
2.6.1	Le traitement physique. ....	17
2.6.2	Les traitements chimiques .....	18
2.6.3	Coagulation dans l'eau de la piscine .....	21
2.6.4	Turbidité .....	21
2.6.5	Équilibre du pH de l'eau.....	23
2.7	Méthode de nettoyage de piscine.....	23
2.8	Le système piscine .....	23
3	Introduction .....	25
3.1	Présentation de la wilaya et de la piscine d'étude .....	25
3.2	Siege de la piscine semi olympique du 20 Aout1955 .....	26
3.3	Stratégie d'échantillonnage .....	26
3.3.1	Conditions d'échantillonnage.....	26
3.3.2	Stockage des échantillons .....	26
3.4	Méthodes d'analyse l'eau de piscine .....	27
3.4.1	Méthodes d'analyse physique .....	27
3.4.2	Méthodes d'analyse chimique .....	28
3.4.3	Méthodes d'analyse biologique .....	29
3.5	Préparation des solutions au niveau de laboratoire.....	30
3.6	Matériels et produits .....	31
3.6.1	Matériels utilisés .....	31

3.7 Protocole suivi et méthodes de calcul	32
3.7.1 Paramètres physiques et chimiques	32
3.7.2 Les paramètres biologiques	33
4 Les résultats obtenus	35
4.1 Les analyses effectuées au niveau de laboratoire 5 (faculté des st)	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.2 Les analyses effectuées au niveau de laboratoire de biologie	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.3 Analyses physico-chimiques	35
4.3.1 Analyse de l'eau de forage	35
4.3.2 Analyse de l'eau de piscine	38
4.4 Ajustement de pH de l'eau de la piscine	42
4.4.1 Pour abaisser le pH on utilise	42
4.4.2 Pour Augmenter le pH on utilise	43
4.5 Calcul de l'indice de saturation de Langelier (IL)	43
4.6 Résultats des Analyses biologiques	46
4.6.1 Qualité de l'eau avant utilisation (08h00)	46
4.6.2 Qualité de l'eau après utilisation (20h00)	46
<b>Conclusion générale</b>	48
Références bibliographiques	50

a) Liste des abréviations.

<i>DBO<sub>5</sub></i>	Demande Biologique en Oxygène (en5 jours).
<i>DCO</i>	Demande chimique en Oxygène.
<i>Ph</i>	potentiel d'Hydrogène
<i>TAC</i>	Alcalinité (titre alcalimétrique complet)
<i>TH</i>	Dureté (titre hydrométrique)
<i>UTN</i>	Unités de turbidité néphélométrie
<i>M<sub>m</sub></i>	Masse molaire
<i>M<sub>v</sub></i>	Masse volumique
<i>C<sub>f</sub></i>	Coliformes fécaux
<i>C<sub>t</sub></i>	Coliformes totaux
<i>FTAM</i>	Flore aérobie mésophile totale
<i>VRBL</i>	Violet Red Bile Lactose Agar
<i>PCA</i>	Plate Count Agar
<i>O M S</i>	Organisation Mondiale de la Santé
<i>BCDMH</i>	1-bromo-3-chloro-5,5-diméthylhydantoïne

b) Liste des figures.

Numéro	Titre	Page
Figure 01	Filtres à eau de piscine	17
Figure 02	Skimmers	18
Figure 03	Brosse et aspirateur	18
Figure 04	Ozonneur	20
Figure 05	Anti-algue	20
Figure 06	Bonne clarté de l'eau	22
Figure 07	Mauvaise clarté de l'eau	23
Figure 08	Diagramme schématique des procès	24
Figure 09	Localisation de la wilaya de Bordj Bou Arreridj en Algérie	25
Figure 10	la piscine semi olympique du 20 Aout1955 BBA	26

Figure 11	Recherche des coliformes totaux, fécaux et FTAM	29
Figure 12	Différents types de chlore présent dans l'eau de piscine	43

### c) Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau 01	Variation de la tension superficielle de l'eau en fonction de la température.	14
Tableau 02	Plage de valeurs pour le titre hydrotimétrique.	15
Tableau 03	Classe de turbidités usuelles (UTN)	22
Tableau 04	Méthodes d'analyse les paramètres physiques	27
Tableau 05	Méthodes d'analyse les paramètres chimiques	28
Tableau 06	Les caractéristiques des réactifs et méthodes de préparation les solutions	30
Tableau 07	Matériels utilisés	31
Tableau 08	protocole suivi pour faire des analyses et les méthodes de calculs	32
Tableau 09	Méthodes d'analyse les paramètres Biologiques	34
Tableau 10	les résultats des échantillons d'eau de source et de piscine	35
Tableau 11	Les résultats du traitement biologique	36
Tableau 12	Analyses de l'eau de source (forage)	38
Tableau 13	Analyse de l'eau de piscine	41
Tableau 14	Normes physico-chimique de l'eau de piscine	44
Tableau 15	Calcul de l'indice de Langelier (IL)	45
Tableau 16	Normes biologiques de l'eau de piscine	47

## المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لنوعية المياه لمسبح 20 أوت 1955 ببرج بوعريريج. أين تم أخذ عينة من ماء المنبع يوم 15 ماي 2024 وعينات من ماء المسبح نصف الأولمبي أيام 19 و 28 ماي 2024 قبل وبعد استخدام المسبح. تم إجراء اختبار ومقارنة نتائج المتغيرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية بالطرق التحليلية القياسية. مثل،  $pH$ ,  $TH_t$ ,  $TAC$ ,  $C_f$ ,  $C_t$  FTAM، الكلور الحر، الكلور المتبقي، درجة الحرارة والعكارة.

**الكلمات المفتاحية:** نوعية المياه، حمام السباحة، مسبح برج بوعريريج، المعايير الفيزيائية والكيميائية وكذا المعايير البكتريولوجية.

## Résumé

Cette étude vise à évaluer les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau de la piscine de Bordj Bou Arreridj. Des prélèvements ont été effectués du 15 à 28 mai 2024 (15 mai 2024, 19 mai 2024 et le 28 mai 2024) à la piscine semi-olympique du 20 août 1955 avant et après avoir utilisé la piscine. Les tests et la comparaison des résultats des variables physiques et chimiques ont été effectués par des méthodes analytiques standards telles que  $pH$ ,  $TH_t$ ,  $TAC$ ,  $C_f$ ,  $C_t$  FTAM, chlore résiduel libre et total température et turbidité.

**Mots clés :** qualité de l'eau, piscine, piscine de Bordj Bou Arreridj, paramètres physico-chimiques, paramètres bactériologiques.

## Abstract

This study aims to assess the physical chemical and bacteriological parameters of the water quality of the BBA swimming pool. Samples were taken from May 15<sup>th</sup> to 28<sup>th</sup>, 2024, and day May 15<sup>th</sup>, 2024, day May 19<sup>th</sup>, 2024 and May 28<sup>th</sup>, 2024 at the August 20<sup>th</sup>, 1955 swimming pool (semi-Olympic BBA) in the evening and after using the pool. Testing and comparison of results of physical and chemical variables were performed by standard analytical methods such as  $PH$ ,  $TH$ ,  $TAC$ ,  $C_f$ ,  $C_t$ , FTAM, free and total residual chlorine, temperature and turbidity.

## Keywords

Water quality, swimming pool, BBA swimming pool, physico-chemical parameters and bacteriological parameters.

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قال الله تعالى ﴿أولم ير الذين كفروا أن السماوات والأرض كانتا رتقا ففتقناهما وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون﴾  
صدق الله العظيم. الآية 30 من سورة الأنبياء.

## Introduction générale

L'eau est l'une des ressources les plus précieuses et importantes sur terre, car elle est importante pour la vie de tous les êtres différents environnements, personne ne peut s'en passer, et l'homme utilise l'eau dans beaucoup de ses pratiques quotidiennes, mais pour les piscines d'eau, il est très important utilisé souvent dans la natation et aussi dans le traitement de certaines maladies [1].

La baignade en piscine est l'une des activités aquatiques dans le monde entier à cause des bienfaits de cette activité sportif et thérapeutique pour la santé (pour le développement et l'équilibre physique et mental de l'individu, bonne pour le diabète et le cœur) [2].

Les risques pour la santé associée à la contamination de l'eau de piscine sont généralement liés aux nageurs qui sont la principale source de pollution de l'eau donc la qualité hygiénique de cette eau est cruciale [3].

Les maladies à transmission hydriques provoquées par l'ingestion ou le contact avec l'eau contaminée sont liés à la qualité d'eau, elles présentent un risque sanitaire à cause des microorganismes pathogènes transmissibles (bactéries, parasites, virus, moisissures). Les microorganismes issus des matières fécales affectent la qualité sanitaire des eaux de piscine [4].

Le contrôle de l'eau de piscine repose principalement sur la détection et le dénombrement des microorganismes pathogènes qui indiquent un risque fécal, ce contrôle est effectué selon différentes méthodes [4].

Les divers facteurs qui aident à prévenir les risques infectieux liés aux piscines sont les mesures techniques telles que la conception de la piscine, la gestion, la désinfection de l'eau et la qualité de l'air.

Dans la présente étude, on s'est intéressé à faire des analyses physicochimiques et bactériologique pour l'eau de piscine du 20 Aout 1955 située au niveau de centre-ville de Bordj Bou Arreridj. Ce travail a été réalisé dans le laboratoire de génie d'environnement de la faculté des sciences et de la technologie, et laboratoire de biologie de la faculté des sciences de la nature et de vie.

Les objectifs principaux de cette étude sont :

- de mettre des analyses sur les paramètres physicochimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau de la piscine 20 Aout 1955 de Bordj Bou Arreridj.
- Étudier l'efficacité du traitement par chlore.
- Vérifier et ajuster le pH de l'eau.

## **Chapitre 01**

**Les piscines, leurs sources de pollution et les risques sanitaires.**

## Introduction

La baignade est une activité de loisir très pratiquée en Algérie, qui représente un facteur de santé, mais est devenue également un élément important de développement touristique, cette activité peut cependant comporter certains risques pour la santé liée notamment à la qualité de l'eau [5].

Les nageurs sont habituellement la principale source de pollution de l'eau de piscine. Il y a quelques mauvaises habitudes pour les visiteurs de la piscine, qui ne respectent pas les règles d'hygiène, et ils nagent dans l'eau tout en nageant sans les soins des autres. Il y a aussi ceux qui ignorent se nettoyer avant de nager, ce qui conduit au mouvement de la sueur dans l'eau. Les dames qui enlèvent complètement les cosmétiques de la peau avant de nager, à travers lesquels elles transfèrent les huiles et les cosmétiques à l'eau dans la piscine [6].

### 1 Définition de piscine

Une piscine, un bassin, une pataugeoire, ou simplement une piscine est une structure destinée à retenir l'eau pour permettre la baignade ou d'autres activités récréatives. Les piscines sont des installations de loisirs qui offrent de nombreuses possibilités de baignade, d'exercice et de détente. Elles peuvent être situées dans des centres de loisirs, des hôtels, des clubs de santé et des propriétés résidentielles. Les piscines peuvent être de différentes tailles, formes et profondeurs pour répondre aux besoins des différents utilisateurs.

Il est important de se rappeler que la sécurité est également une préoccupation importante lors de la baignade en piscine. Il est important de respecter les règles de sécurité et de surveiller les enfants lorsqu'ils sont dans la piscine. Les piscines peuvent offrir de nombreux avantages pour la santé, notamment l'amélioration de la circulation sanguine, le renforcement musculaire, la réduction du stress et l'amélioration de la qualité du sommeil [7].

#### 1.1 L'eau de piscine

L'eau est le cœur de toute vie sur notre planète. Elle est indispensable, c'est le premier élément constitutif des êtres vivants et de leur environnement.

L'eau de piscine est un élément vivant, complexe et instable. L'eau est particulièrement sensible aux conditions environnementales (climat, pollution, etc.), et a une importance fondamentale et directe sur l'apparence et la bonne conservation des matériaux qui composent la composition particulière, ainsi que sur le confort et la sécurité des utilisateurs. En ce qui concerne les piscines, il est nécessaire d'utiliser l'eau du réseau de distribution, qui correspond à la qualité de l'eau destinée à la directive sur la consommation humaine. Il est

fortement déconseillé d'utiliser de l'eau provenant d'autres sources (puits, bassins versants, puits, etc.) dont la composition physico-chimique n'est pas stable. Si cette précaution n'est pas respectée, l'utilisateur doit analyser l'eau [6].

## 1.2 Les différents types des piscines.

- a. Piscine en plein air ou découvertes (L'ensemble des bassins sont en plein air)
- b. Piscine couvertes.
- c. Piscine mixtes.
- d. Piscine transformable
- e. Piscine sport-loisirs.
- f. piscine naturelle [8].

## 1.3 Les différents usages des piscines

- a. **piscines sportives** : comprennent les piscines olympiques et semi olympiques pour la préparation et les compétitions organisées entre les athlètes.
- b. **piscines de loisirs** : sont des bassins, toboggans, espaces aquatiques et aires de jeux pour le loisir.
- c. **piscines éducatives** : sont des piscines de d'apprentissage de natation de fonction éducative
- d. **piscines pour rééducation et thérapie** : sont des piscines (y compris certain spa et piscine thermale) à exercices en piscine chaude et bains thérapeutique pour guérir certaines maladies.

## 1.4 Piscine olympique

### 1.4.1 Définition d'une piscine olympique

Une piscine olympique est un type de piscine dont les dimensions conviennent aux compétitions organisées dans des grands bassins (50 mètres de longueur), en particulier l'épreuve de natation des Jeux olympiques, mais aussi les Championnats du monde de natation, par opposition aux petits bassins de 25 mètres.

### 1.4.2 Les caractéristiques techniques et norme d'une piscine olympique

Pour qu'une piscine puisse être reconnue « piscine olympique » il faut obligatoirement que cette dernière réponde à certains critères établis par la fédération internationale de natation :

- Longueur : 50 mètres
- Largeur : 25 mètres
- Nombres de couloirs : 8 + 2 qui sont numérotés de 0 à 9.
- Profondeur : 2 mètres minimum, 3 mètres recommandés.
- Volume : 2500 m<sup>3</sup> minimum pour une profondeur de 2 mètres, 3750 m<sup>3</sup> pour 3 mètres.
- Largeur des couloirs : 2,5 mètres.
- Piscine d'eau douce.

### 1.4.3 Température de l'eau de la piscine olympique

La température de l'eau dans une piscine olympique est entre 24 et 28°C.

## 1.5 Piscine semi-olympique

### 1.5.1 Définition d'une piscine semi-olympique

L'une des types de piscine dont les dimensions conviennent aux compétitions organisées dans des grands bassins (50 mètres de longueur), en particulier l'épreuve de natation des jeux olympiques, mais aussi les championnats du monde de natation, par opposition aux petits bassins de 25mètres [9].

### 1.5.2 Les caractéristiques techniques et norme d'une piscine semi olympique.

Pour qu'une piscine puisse être reconnue « piscine semi-olympique » il faut obligatoirement que cette dernière réponde à certains critères établis par la fédération internationale de natation :

- Longueur : 25 mètres
- Largeur : 12,5 mètres
- Nombres de couloirs : 5 qui sont numérotés de 0 à 9.
- Profondeur : 1,7 mètres minimum, 2 mètres recommandés.

- Volume : 531,25 m<sup>3</sup> minimum pour une profondeur de 1,7 mètres, 625 m<sup>3</sup> pour 2 mètres.
- Largeur des couloirs : 2,5 mètres.
- Piscine d'eau douce [8].

### 1.5.3 Température de l'eau de la piscine semi-olympique

La température de l'eau dans les piscines semi-olympique varie généralement entre 25 et 28 degrés Celsius.

## 1.6 L'eau de piscine

L'eau de piscine est un élément vivant, complexe et instable. L'eau est particulièrement sensible aux conditions environnementales (climat, pollution, etc.), et a une importance fondamentale et directe sur l'apparence et la bonne conservation des matériaux qui composent la composition particulière, ainsi que sur le confort et la sécurité des utilisateurs. En ce qui concerne les piscines, il est nécessaire d'utiliser l'eau du réseau de distribution, qui correspond à la qualité de l'eau destinée à la directive sur la consommation humaine. Il est fortement déconseillé d'utiliser de l'eau provenant d'autres sources (puits, bassins versants, puits, etc.) dont la composition physico-chimique n'est pas stable. Si cette précaution n'est pas respectée, l'utilisateur doit analyser l'eau [10].

## 1.7 Les paramètres des eaux des piscines

### 1.7.1 Les paramètres organoleptiques

- a) **le goût** : Le goût est l'ensemble des sensations gustatives et olfactives perçues au moment de boire (la boisson en contact de la bouche).
- b) **L'odeur**: l'odeur de chlore dans les piscines est causée par l'ajout de la chloramine [11].
- c) **La couleur** : la couleur de l'eau de piscine est généralement bleue et transparente grâce à la filtration mécanique et les produits de traitement chimiques [12].
- d) **La turbidité**.

### 1.7.2 Les paramètres physico chimiques.

Ils correspondent aux caractéristiques de l'eau telles que le pH, la température et la conductivité. Ils concernent donc tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau

et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments, notamment des ions comme les chlorures, le potassium et les sulfates [15].

a) **La température** : la température idéale de l'eau d'une piscine doit être entre 26°C et 29°C pour assurer le confort de baignade [7].

b) **Le potentiel d'hydrogène (pH)** : Le pH de l'eau de piscine doit être entre 7 et 7,4 [7].

### 1.8 Les paramètres microbiologiques

Permettent de vérifier que l'eau ne contient pas de germes pathogènes (bactéries, virus, parasites, les champignons et levures ...etc.) qui provoqueraient des maladies chez les consommateurs et les baigneurs. C'est le critère le plus important concernant la potabilité et l'utilisation de l'eau.

### 1.9 Source de pollution d'eau d'une piscine

#### 1.9.1 Pollution des piscines

L'eau des piscines publiques contient des micro-organismes et des substances indésirables, qui proviennent de la peau et des produits d'excrétion des baigneurs. Les baigneurs apportent beaucoup de polluants à l'eau, tels que des bactéries, par la salive, les produits d'excrétion, les vêtements de bains, les tissus de la peau, le sébum, la sueur, les poils, les cosmétiques et l'ammoniaque (NH<sub>3</sub>). Garantir une eau propre par un rafraîchissement constant est souvent trop cher. De plus, ceci ne résout pas le problème des polluants qui restent sur les parois des piscines. L'eau est recyclée ce qui entraîne une augmentation des concentrations en polluants et microorganismes pathogènes. Les micro-organismes se multiplieront et causeront un risque de propagation des maladies [9].

#### 1.9.2 Polluants dissouts

L'eau de piscine contient des polluants dissouts, telles que l'urine et la sueur, et d'autres produits d'excrétion des baigneurs. La sueur et l'urine apportent à l'eau de l'urée et de l'ammoniaque. Ces substances contiennent aussi de la créatine, de la créatinine et des acides aminés. Les composants de la sueur et de l'urine ne sont pas nocifs pour la santé des hommes. Cependant, lorsque ces produits réagissent avec les désinfectants de l'eau, tel que le chlore, des produits de réaction indésirables peuvent être formés, notamment des chloramines [9].

L'eau peut contenir des polluants dissouts qui proviennent des désinfectants et des agents de nettoyage qui sont utilisés pour les piscines. Les polluants dissouts sont en grande partie

éliminés par oxydation. Ceci signifie que les polluants sont décomposés en produits chimiques. Les substances qui ne sont pas décomposés (même partiellement) sont éliminés du système de recirculation par un rafraichissement de la piscine [9].

### 1.10 Evaluation des risques sanitaires liés aux piscines

Les principaux risques sanitaires sont liés à la présence de dangers chimiques ou biologiques, dans l'eau des bassins, l'air et les surfaces. Ces dangers peuvent être apportés par l'eau d'alimentation des bassins et le circuit hydraulique, les baigneurs et le personnel technique, l'air, les produits de traitement ou tout autre élément entrant dans l'environnement de la piscine [9].

#### 1.10.1 Les risques associés aux activités.

L'utilisation des piscines comporte de nombreux risques physiques, chimiques et microbiologiques qu'il s'agisse. Ces risques peuvent être liés à toutes les propriétés de l'eau, des diverses surfaces accessibles et de l'air alentours [3].

#### 1.10.2 Les risques physiques

Les risques physiques liés aux établissements balnéaires sont nombreux , comme exemple: les noyades ou toutes sortes de malaises, incluent les chutes. Des chutes peuvent se produire sur des surfaces glissant, surtout autour des piscines, et peuvent causer des blessures plus ou moins graves [14].

Nous ne pouvons pas non plus oublier la surface intérieure du bassin, qui doit être exempte de matières, ou les sédiments peuvent rendre anormalement glissantes pour les gens, et qui se tient là causant des déséquilibres et des chutes de toutes sortes. Il est nécessaire de surveiller les lieux par des employés sensibilisés à ces risques particuliers et formés pour les prévenir et y faire face [14].

Il faut également considérer qu'une activité intense dans une piscine avec de l'eau surchauffée présente un risque physique pour les nageurs. En effet, la chaleur sur son corps sera plus difficile à dissiper, et les désagréments seront plus ou moins importants. La température de l'eau du spa ne doit pas dépasser la limite de tolérance pour les personnes âgées et sujettes à des maladies respiratoires [14].

#### 1.10.3 Les risques chimiques

Les risques chimiques sont principalement liés aux produits utilisés pour le traitement et la désinfection de l'eau de piscine. Ainsi qu'aux produits d'entretien ménager. Les plus

exposés sont les employés qui manipulent le produit, qui pourraient subir une allergie aiguë en cas d'accident, de mauvaise manipulation ou de mélange de plusieurs produits [14].

Les produits à base de chlore se mélangent accidentellement avec des acides, produisant du chlore gazeux dans l'atmosphère. Les réservoirs de produits chimiques présentent un danger chimique. Ceux-ci doivent être parfaitement étanches et munis d'évents. Ils doivent être placés dans un bassin de rétention au cas où le réservoir déborderait ou éclaterait accidentellement. Enfin, les précautions d'emploi du produit contenu dans le réservoir ainsi que la fiche signalétique doivent être clairement affichées à proximité de la cuve correspondante.

Il y'a aussi la formation de sous-produits de la désinfection par le chlore entraînant la formation de chloramines par exemple. En raison de leur solubilité dans l'eau et de leur volatilité, ces produits peuvent provoquer des effets néfastes pour les baigneurs lorsqu'ils sont en contact avec les yeux, les muqueuses et l'appareil respiratoire.

L'exposition à long terme aux produits chimiques qui peuvent résulter d'un mauvais stockage des produits chimiques utilisés dans le traitement et la désinfection de l'eau et l'entretien ménager [14].

### 1.11 Micro-organismes pouvant contaminer les eaux de piscines

Le risque microbien est lié à la présence de microorganismes pathogènes dans l'eau. Ces microorganismes peuvent être des bactéries, des virus, des parasites ou des champignons. Les maladies qu'ils transmettent sont principalement les dermatites, les otites, les conjonctivites, l'hépatite et les gastro-entérites [16].

Dans la grande majorité des cas, les baigneurs eux-mêmes sont responsables de la présence de ces micro-organismes dans l'eau de la piscine. Certaines infections ne sont pas directement liées à l'immersion, mais plutôt à l'environnement du baigneur. Ils se propagent en touchant le sol ou d'autres surfaces sales (douches, vestiaires, marche, etc.) et provoquent des infections cutanées. Autres infections se propagent par inhalation et provoquent une pneumonie. Ces infections peuvent être évitées lorsque l'entretien et le fonctionnement des locaux et les niveaux résiduels de désinfectants dans l'eau sont suffisants [3].

### 1.11.1 Les bactéries

#### 1.11.1.1 Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des bactéries de la famille des Entérobactéries. Ce sont des bacilles à Gram négative, aéroanaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase négative, ils fermentent le lactose avec production de gaz et se multiplient en présence de sels biliaires à 37C° pendant 48h. Ils constituent un groupe de bactéries que l'on retrouve dans l'intestin des mammifères (l'homme) et fréquemment dans l'environnement et survivent plus longtemps dans l'eau [16].

La détection des coliformes dans l'eau indique la présence probable des germes pathogènes ayant une origine identique [16].

#### 1.11.1.2 Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux : on les appelle coliformes thermo tolérants, ce sont un sous groupe des coliformes totaux, ils sont capables de fermenter le lactose avec production de gaz à 44C°, l'espèce la plus fréquente est *Escherichia coli*. La présence de ces bactéries indique une insuffisance dans le traitement d'eau [16].

#### 1.11.1.3 *Escherichia coli*

*Escherichia coli* est une bactérie fait partie des Enterobacteriaceae, elle représente l'espèce la plus fréquente des coliformes fécaux ,bacille à Gram négatif , mobile ou non , anaérobie facultatif, asporulé, catalase positif , oxydase négatif , elle se multiplie à température optimale de 37C° , elle est capable de fermenter le lactose et de produire l'indole présent naturellement dans l'intestin humain et dans l'environnement (l'eau de piscine) [17].

#### 1.11.1.4 Streptocoques fécaux

Streptocoques fécaux sont des bactéries de la famille des Streptococcus, ils appartiennent au groupe D ( susceptible de contaminer les eau ) ceci à gram positif , ils se disposent en diplocoques ou en chaînettes, ils sont présent dans l'intestin humain ,c'est un bon indicateur de la contamination fécale [18].

### 1.11.2 Les virus

les virus sont des particules infectieux, très petit, possèdent un seul type d'acide nucléique ADN ou ARN parasite des cellules vivantes (ils besoin d'un hôte pour se multiplier). Les virus entériques responsables des maladies d'origine hydrique tel que

Norovirus, le virus de l'hépatite A et E, les Rotavirus et les Enterovirus peuvent contaminer les eaux de piscines [19].

### 1.11.3 Les moisissures

Les champignons responsables des pathologies liés aux eaux de baignade sont les dermatophytes responsables des mycoses (Eczéma) et des moisissures qui provoquent des infections des orteils [20].

## **Chapitre 02**

# **Qualité et traitement l'eau de piscine**

## 2 Introduction

L'eau est un fluide indispensable à la vie, très largement répandue à la surface de la terre et jouant un rôle essentiel dans la structure organique des êtres vivants et des végétaux, est un composé chimique qui résulte de la combinaison de deux atomes d'hydrogène, et d'un atome d'oxygène pour former le bien connu « H<sub>2</sub>O ».

L'étude des eaux a pour objet de déterminer leurs possibilités d'utilisation. Elle comporte une analyse physico-chimique et un examen bactériologique. Grâce à ces analyses, on détermine les limites d'utilisation d'une eau à usage soit domestique, baignade ou industriel [21].

L'eau des piscines doit être nettoyée et désinfectée en permanence car de nombreuses personnes s'y baignent, et l'eau de ces piscines est traitée pour la garder propre et exempte de substances nocives telles que les bactéries, les virus, les algues et autres micro-organismes pathogènes, et pour garder son odeur acceptable, et il peut être utilisé par les baigneurs, Elle nécessite plusieurs étapes [6].

L'eau de piscine est traitée à l'aide de certains produits chimiques et de nombreuses méthodes pour que l'eau de la piscine reste de haute qualité après différentes étapes de purification.

### 2.1 Normes de qualité des eaux

L'analyse physico-chimique permet de déceler les eaux risquant d'exercer une action chimique sur les canalisations et permet de définir les traitements de potabilisation et de baignade.

L'examen bactériologique permet de déterminer la qualité microbiologique de l'eau, notamment en vue de son emploi comme eau potable, eau de piscine ...

L'unité de base pour la chimie de l'eau est le milligramme par litre (mg/L). Une unité également employée est le milliéquivalent par litre (meq/L) d'une substance dissoute et ionisée [21].

### 2.2 Les propriétés des eaux

Sur la terre, l'eau existe dans les trois états : liquide (eau proprement dite), solide (glace) gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau-vapeur, glace-vapeur selon les conditions de température et de pression [21].

### 2.2.1 Propriétés physiques de l'eau

L'eau a de nombreuses propriétés physiques assez particulières. Les propriétés les plus intéressantes pour le traitement de l'eau sont les suivantes :

#### 2.2.1.1 Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH.

##### 2.2.1.1.1 La température d'ébullition :

Dans les conditions normales elle est de 100 degrés Celsius.

#### 2.2.1.2 Masse volumique

Une des propriétés physiques les plus particulières de l'eau est que, lorsqu'elle gèle dans les lacs, les rivières..., elle ne commence pas à geler par le fond mais par la surface. C'est dû au fait que la glace est plus légère que l'eau. L'eau augmente de volume en se solidifiant, sa densité va donc être moindre. La densité est le rapport de la masse par rapport au volume.

- ✚ Masse volumique de la glace : 0,920 g/cm<sup>3</sup>
- ✚ Masse volumique de l'eau : 0,997 g/cm<sup>3</sup>

La masse volumique ( $\rho$ ) de l'eau varie avec la température. Elle augmente de 0 à 4°C, puis décroît. Le maximum est situé à 3,98°C avec  $\rho = 0.999973$  g/ml [17].

#### 2.2.1.3 Viscosité

Par sa définition, la viscosité est une grandeur qui caractérise les frottements internes du fluide, autrement dit sa capacité à s'écouler. Elle caractérise la résistance d'un fluide à son écoulement lorsqu'il est soumis à l'application d'une force. C'est à dire, les fluides de grande viscosité résistent à l'écoulement et les fluides de faible viscosité s'écoulent facilement.

On distingue deux types de viscosités :

**La viscosité dynamique (notée  $\eta$  [êta])** est une grandeur physique qui caractérise la résistance à l'écoulement laminaire (écoulement plus ou moins dans la même direction) d'un fluide incompressible (eau, huile ou miel par exemple). La viscosité dynamique s'exprime en **Pa.s** (Pascal seconde) ou en Poiseuille (Pl).

**La viscosité cinématique (notée  $\nu$  [nu])** est le quotient de la viscosité dynamique par la masse volumique du fluide ( $\nu = \eta/\rho$ ). Elle s'exprime en m<sup>2</sup>/s [22].

#### 2.2.1.4 Tension superficielle

La tension superficielle exprime la force par unité de surface avec laquelle les molécules sont attirées vers l'intérieur du liquide. La tension superficielle diminue avec l'augmentation de la température [21].

**Tableau 01** : Variation de la tension superficielle de l'eau en fonction de la température.

Température (°C)	0	20	25	37	50	100
$\gamma$ ( $10^{-3}$ N/m)	75.64	72.8	71.97	70	67.91	58.85

### 2.2.1.5 La conductivité électrique

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Elle quantifie la concentration globale en ions dissous. Plus la minéralisation de l'eau est élevée, plus la concentration en ions dissous est élevée et plus la conductivité électrique est grande [23]. Cette conductivité électrique est mesurée en micro Siemens/cm mais est généralement exprimée par son inverse qui est la résistivité électrique exprimée en Ohm.cm.

L'eau est légèrement conductrice. Cette conductivité très faible mais jamais nulle, elle est expliquée par une légère dissolution de la molécule d'eau selon l'équation chimique suivante :  $H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^-$ . Exprimer en  $\mu S/cm$ .

### 2.2.2 Propriétés thermodynamiques de l'eau

❖ **La chaleur massique** de l'eau appelé aussi capacité thermique à 20°C est de 4.18 kJ/kg.C. Cette chaleur massique varie en fonction de la température elle de 4,1784 KJ/Kg.C à 30°C et de 4.2159 KJ/ Kg.C à 100°C

❖ Les enthalpies, **chaleur latente**, de fusion et de vaporisation de l'eau à pression normale et température de 100°C sont 334 kJ/Kg et 2259 KJ/Kg, respectivement [21].

### 2.2.3 Propriétés chimiques de l'eau

#### 2.2.3.1 Potentiel d'hydrogène pH

Le pH exprime l'acidité ou l'alcalinité de l'eau, il mesure la concentration en ions  $H^+$ .

Le pH traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0-14 :

7 étant le pH de neutralité,  $pH < 7$  : eau acide et  $pH > 7$  : eau alcaline.

#### 2.2.3.2 Salinité (minéralisation globale de l'eau)

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. Toute fois la minéralisation déterminée par pesée du Résidu Sec n'est pas rigoureusement identique à celle calculée à partir de la conductivité. En fait, le calcul de la minéralisation à partir de la conductivité ne permet pas d'avoir une valeur exacte [21].

#### 2.2.3.3 Dureté, titre hydrotimétrique (TH)

Le titre hydrotimétrique (que l'on appelait autrefois la dureté totale) mesure la totalité de ces minéraux dissous sous forme de sels : carbonates, bicarbonates, sulfates, chlorures

et hydroxydes. La dureté d'une eau est de 1 degré hydrotimétrique français (1°F) lorsqu'elle contient 10 mg par litre de CaCO<sub>3</sub> [13].

**Tableau02** : Plage de valeurs pour le titre hydrotimétrique.

TH (°F)	0-5	5-12	12-25	25-32	>32
Eau	Très <b> douce</b>	Douce	Moyennement dure	Dure	Très dure

on distingue :

❖ **La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH** : qui est la somme des concentrations des cations alcalinoterreux (ions positifs) sauf les monovalents (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), soit les ions calcium et magnésium essentiellement qui sont des éléments importants dans la formation du tartre.

❖ **La dureté calcique** : exprime la teneur globale en sels de calcium.

❖ **La dureté magnésienne** : correspond à la teneur globale en sels de magnésium.

❖ **La dureté carbonatée (TAC)** : est la teneur en hydrogénocarbonate et carbonate de calcium et de magnésium [22].

#### 2.2.3.4 Alcalinité, titre Alcalimétrique (TA)

L'alcalinité d'une substance caractérise la possibilité qu'a cette substance de libérer des ions OH<sup>-</sup> et de rendre basique une solution. Dans l'eau, les substances alcalines sont au nombre de trois:

❖ **Titre Alcalimétrique**: Correspond à la concentration de l'eau en ions OH<sup>-</sup> (alcalinité libre) et 1/2 de la concentration en ions carbonates, si pH d'une eau < 8,2, alors TA = 0.

$$TA = [OH^-] + 1/2 [CO_3^{2-}]$$

❖ **Titre alcalimétrique hydroxyde (TAOH)** : Correspond à la concentration de l'eau en ions OH<sup>-</sup>.  $TAOH = [OH^-]$

❖ **Titre alcalimétrique complet TAC** : Correspond à la concentration de l'eau en ions OH<sup>-</sup>, en ions carbonates CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> et bicarbonates HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, le TAC est toujours > TA.

$$TAC = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-].$$

- La teneur en ions OH est :  $[OH^-] = TAOH$ .
- La teneur en ions carbonates :  $[CO_3^{2-}] = 2 (TA - TAOH)$
- La teneur en ions bicarbonates :  $[HCO_3^-] = TAC - 2TA$  [22].

### 2.3 Le recyclage de l'eau des piscines

Le recyclage de l'eau est le nettoyage des résidus des produits chimiques c'est un élément stratégique de tout bassin versant qui respecte les normes établies de qualité de l'eau, il vise à atteindre les objectifs suivants :

- ✚ Permettre le traitement de l'eau
- ✚ Aide à éviter les zones mortes qui peuvent causer des dépôts
- ✚ Permettre un traitement aussi rapide que possible
- ✚ Répartir uniformément l'eau traitée [3].

### 2.4 Qualités des eaux des piscines

Une eau de piscine doit être désinfectée et désinfectante : l'utilisation d'un produit désinfectant est donc obligatoire. Ce produit ne doit pas entraîner de risque pour la santé des baigneurs ; c'est pour cette raison que les désinfectants utilisés pour le traitement de l'eau des piscines doivent figurer sur une liste établie par le ministère de la santé [6].

La réglementation impose aux exploitants de piscine de réaliser journalièrement des vérifications de la qualité de l'eau des bassins par des méthodes normalisées. Les résultats de ces mesures doivent figurer sur un carnet sanitaire [6].

L'environnement des bassins a une influence directe sur la qualité de leur eau :

- **Pour les piscines couvertes** : l'atmosphère fermée peut se saturer rapidement en composés chimiques dérivés notamment de la désinfection de l'eau. Sous certaines conditions, ces composés peuvent se retrouver à nouveau dans l'eau des bassins. Il est à noter que les dérivés de chlore (notamment les chloramines) sont des composés nocifs pour la santé. Leur nocivité dépend du composé, de la dose ingérée et de la durée d'exposition.
- **Pour les piscines extérieures** : les conditions météorologiques agissent directement sur l'eau et peuvent faire varier la qualité physico-chimique de l'eau : l'ensoleillement, fortes pluies, ... Ainsi, le chlore peut s'évaporer ou l'eau se troubler.

### 2.5 Maintien de la qualité de l'eau du bassin

Le bon entretien des piscines sont connues pour être efficaces dans la prévention de la plupart des problèmes de santé liés à ces piscines [1].

L'entretien sous-optimal de la piscine où les biofilms doivent être éliminés, la réalimentation en eau, la filtration, l'aération (si la piscine est à l'intérieur) et la désinfection sont des mesures préventives essentielles dont l'efficacité est contestée.



2.6 Traitement de l'eau de piscine

Les traitements de l'eau d'une piscine sont de deux ordres :

### 2.6.1 Le traitement physique.

**La filtration :** L'objectif de la filtration est d'éliminer les matières en suspension dans l'eau des piscines afin de garantir une eau limpide et de détruire les supports et nourritures pour les germes. De ce fait, la filtration participe grandement à l'amélioration de la qualité de désinfection de l'eau. Les modes de filtration sont de deux types :

❖ **la filtration en profondeur** réalisée à l'intérieur d'un média filtrant (en règle générale, il s'agit de sable) à l'intérieur duquel les matières organiques sont retenues, ce mode de filtration peut être accompagné par une coagulation-floculation.

❖ **la filtration en surface** d'un support filtrant (filtration sur diatomite) sur lequel sont déposées les matières filtrées. Chacun des deux modes de filtration demande des conditions particulières de fonctionnement qui doit prendre en compte notamment :

- la hauteur de média filtrant et la surface de filtration.
- la vitesse de passage à l'intérieur du filtre.
- la différence de pression entre l'entrée et la sortie du filtre [24].



Figure 01 : Filtres à eau de piscine

**Skimmers :** Dispositifs installés sur les parois de la piscine pour aspirer et éliminer les débris flottants, tels que les feuilles et les insectes.

**Figure 02 : Skimmers**

**Brossage et aspiration :** Dispositifs installés sur les parois de la piscine pour aspirer et éliminer les débris flottants, tels que les feuilles et les insectes.



**Figure 03 : brosse et aspirateur.**

## 2.6.2 Les traitements chimiques

### 2.6.2.1 La correction de l'équilibre de l'eau

Les dispositifs mis en place ont pour objectif principal de garantir le pH de l'eau à des valeurs conformes aux normes. Dans certains cas, ils peuvent aussi permettre une réduction de la concentration en « tartre » dans l'eau (adoucissement de l'eau). Il existe deux types de produits permettant de corriger le pH :

- ❖ les produits acides pour diminuer le pH (souvent vendus sous l'appellation PH moins).
- ❖ les produits basiques (ou alcalins) pour augmenter le pH (souvent vendus sous l'appellation PH plus)

La correction du pH permet d'optimiser la qualité de filtration et de désinfection de l'eau des bassins [24].

### 2.6.2.2 Chloration

Utilisation de chlore sous forme de granulés, de pastilles ou de liquide pour désinfecter l'eau.

Le chlore élimine non seulement les bactéries et les algues en désinfectant (tuant), mais il oxyde également (détruit chimiquement) d'autres matériaux tels que la saleté et les chloramines.

Les produits du chlore disponibles sont de deux ordres

❖ Le chlore conventionnel peut être de l'hypochlorite de sodium, de calcium ou de lithium ou être produit à partir de chlorure de sodium (Na Cl).

❖ Le chlore stabilisé Ce composé permet de limiter la destruction par le soleil des formes chlorées libres dans l'eau des bassins. Pour cela, il se combine chimiquement avec le chlore pour former des composés appelés les chlorocyanurates [24].

### Types de chlore

Le chlore existe sous forme solide, liquide et gazeuse. La force de chaque type est déterminée par la quantité de chlore dans le matériau qui est efficace à la fois comme désinfectant et comme oxydant.

#### a. Le chlore liquide

(Hypochlorite de sodium) contient 12 à 16 % de chlore disponible. (En revanche, l'eau de Javel domestique contient généralement environ 5 % de chlore disponible.)

#### b. Le Chlore solide (Poudre ou granulés)

A. Hypochlorite de calcium

B. Iso cyanurates chlorés

C. Hypochlorite de lithium

#### c. Le chlore gazeux

Contient 100 % de chlore disponible. Cette substance est hautement toxique et nécessite donc des procédures particulières lors de son utilisation.

#### 2.6.2.3 Bromation.

Le produit le plus souvent utilisé par les responsables de piscine qui choisissent la désinfection au brome est le BCDMH. Cette molécule libère à la fois du chlore libre et du brome libre, soit du HOCl et de l'acide hypobromeux (HOBr). Toutefois, la concentration de brome dépasse largement celle du chlore libre. Au même titre que le chlore libre, le brome libre peut se lier à de la matière organique et former des bromamines, aussi désignées par le terme « brome combiné ».

Les formes libres et combinées de brome sont mesurées puisque les bromamines possèdent une activité désinfectante intéressante. Les exigences règlementaires et les limites de référence portent donc sur le brome total. Pour le chlore, la forme libre seulement est mesurée puisque les formes combinées (ou chloramines) offrent un pouvoir désinfectant très faible. Le brome provoquerait moins de symptômes irritatifs que le chlore, même à des concentrations quatre fois supérieures à ce dernier. Les formes combinées de désinfectants, qui sont responsables d'effets irritatifs, sont plus instables dans le cas du brome et ont donc moins tendance à s'accumuler dans les bassins. Par contre, le brome peut occasionner des réactions cutanées allergiques [24].

#### 2.6.2.4 Traitement à l'ozone

Utilisation d'ozone, un gaz produit par un générateur, pour détruire les contaminants organiques et inorganiques dans l'eau.



**Figure 04** : générateur produit gaz d'ozone (ozonateur).

#### 2.6.2.5 Traitement à l'algicide (Anti Algues)

Utilisation de produits chimiques pour prévenir et éliminer la formation d'algues dans l'eau de la piscine.



**Figure 05** : anti-algue.

### 2.6.3 Coagulation dans l'eau de la piscine

Des réactifs de coagulation spéciaux sont utilisés pour le traitement et la purification de l'eau, Les produits chimiques doivent être utilisés strictement selon les instructions aux doses exactes.

La coagulation est un processus chimique qui grossit les impuretés colloïdales circulant dans le milieu traité. Ils se transforment en flocons visibles à l'œil humain, qui se forment lors du processus d'adhésion de petites particules. Ensuite, les flocons sont précipités et éliminés à l'aide de filtres mécaniques [25].

La coagulation est utilisée comme moyen de purification de l'eau dans certains domaines comme nettoyage de piscine.

### 2.6.4 Turbidité

La mesure de la turbidité permet de connaître la quantité de particules en suspension dans l'eau, un reflet de l'efficacité de la filtration. Certains appareils mesurent la turbidité par néphélométrie, l'unité de mesure étant l'unité de turbidité néphélométrique (UTN) [26].

La turbidité des bassins artificiels ne doit pas dépasser 1 UTN. La circulation de l'eau est un autre élément important. Il est essentiel qu'elle soit efficace afin d'assurer la filtration régulière de l'eau du bassin. De plus, la stagnation de l'eau favorise le développement de biofilms sur les parois et dans la tuyauterie du spa. Il est recommandé que le cycle de l'eau ne dépasse pas six minutes alors que pour d'autres organisations, la limite fixée peut aller jusqu'à une heure.

Une mauvaise clarté de l'eau dans une piscine peut être un danger important pour la santé, Lorsque la clarté de l'eau est si mauvaise que pour masquer la vue des baigneurs sous l'eau ou le fond de la piscine, fermeture immédiate de la piscine est nécessaire.

Une turbidité excessive peut entraver la visibilité des sauveteurs des clients qui peuvent être en détresse sous l'eau et interférer avec la visibilité des autres Nageurs, des parois de la piscine et du sol, ce qui pourrait entraîner des blessures par impact et même la mort [27].

**Tableau 3** : Classe de turbidités usuelles (UTN, unités de turbidité néphélobométrique).

2.6.4.1

Eau Claire	Eau légèrement trouble	Eau trouble
		
Turbidité < 5 UTN	5 < turbidité < 30 UTN	Turbidité > 50 UTN

2.6.4.2 Effet de la turbidité sur l'eau

- Augmente la température de l'eau.
- Affectant les animaux aquatiques.
- Offre un milieu favorable aux micro-organismes (Bactéries..).
- Transport les polluants [22].

Une turbidité élevée (mauvaise clarté) résulte généralement de :

- Mauvaise circulation et filtration de l'eau.
- Mauvais fonctionnement, entraînant l'accumulation d'algues et de saletés environnementales.
- Mauvais équilibre hydrique (pH élevé, alcalinité totale élevée ou dureté calcique élevée).
- Désinfection/oxydation inexistante ou inefficace.
- Ajout de produit inapproprié.
- Mauvaise aération [15].



Figure 06 : Bonne clarté de l'eau



Figure 07 : Mauvaise clarté de l'eau

### 2.6.5 Équilibre du pH de l'eau

Le degré de la valeur de (pH), qui est le niveau de basique et acide, et la valeur doit être entre à (7,2 et 7,8), une valeur inférieure à ce degré d'excellente classe Stérilisation du brome et du chlore, et fermeture du filtre, de sorte que les matériaux sont placés pour maintenir le niveau d'alcalinité en ajoutant de l'acide cyanurique. Le niveau d'acidité est augmenté, donc le bicarbonate de sodium ou la poudre de soude est augmentée, et le pourcentage du niveau de TAC est réduit, de 90 à 150 par million [7].

### 2.7 Méthode de nettoyage de piscine.

Pour nettoyer la piscine, nous devons utiliser le filtre afin de purifier l'eau immédiatement après la baignade afin de se débarrasser de toute saleté liée à la piscine, les experts conseillent que l'une des meilleures étapes pour nettoyer la piscine est de faire fonctionner le filtre tous les jours pendant jusqu'à 5 heures afin de garder le fond de la piscine propre et de ne pas tomber accumulations en elle [6].

Les piscines sont nettoyées en suivant les étapes suivantes :

- nettoyage la surface de la piscine à l'aide du filet abrasif.
- Nettoyage les côtés de l'évier et des escaliers à l'aide de la brosse.
- Nettoyage des sols à l'aide d'un aspirateur spécial.
- Nettoyage le filtre de la piscine et la zone environnante vigoureusement, en enlevant les débris et la saleté.

### 2.8 Le système piscine

Le système de piscine fonctionne comme suit :

- La pompe de circulation permet de générer un débit d'eau permanent en circuit fermé.

- L'eau est aspirée via les skimmers bouches semi –immergées placées sur les parois de la piscine et via la bonde de fond.
- Elle est ensuite réinjectée dans la piscine par les bouches de refoulement. L'eau est débarrassée des particules par le filtre à sable. Une pompe à chaleur assure le réchauffement de l'eau.

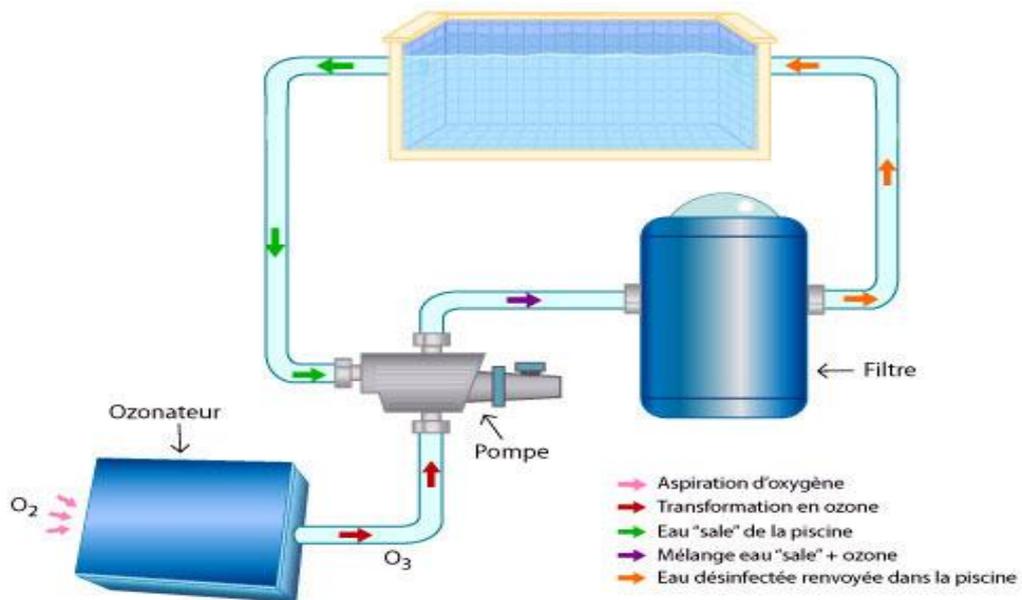


Figure 08 : Diagramme schématique des procès

## **Chapitre 03**

# **Matériaux et méthodes de traitement l'eau de piscine**

### 3 Introduction

Le travail expérimental de ce mémoire a été réalisé au niveau de laboratoire de Génie des Procédés, Facultés des sciences et technologie et au niveau de laboratoire de biologie, faculté des sciences nature et de vie à l'Université de Mohamed El Bachir El Ibrahimi, durant la période comprise entre 19 et 28 mai 2024.

L'objectif de l'étude consiste au faire des analyses physico-chimiques sur l'eau de source et l'eau de piscine du 20 aout 1955 de Bordj Bou Arreridj, et un test bactériologique pour le but de la recherche et le dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux et les FTAM présents dans l'eau de piscine avant et après d'entrée les baigneurs à la piscine.

#### 3.1 Présentation de la wilaya et de la piscine d'étude

La wilaya de Bordj Bou Arreridj est l'une des 58 wilayas l'Algérie, sise dans les hauts plateaux, à cheval sur la chaîne de montagne des Bibans . En effet, elle se trouve à mi-parcours du trajet séparant Alger de Constantine.

Elle est délimitée :

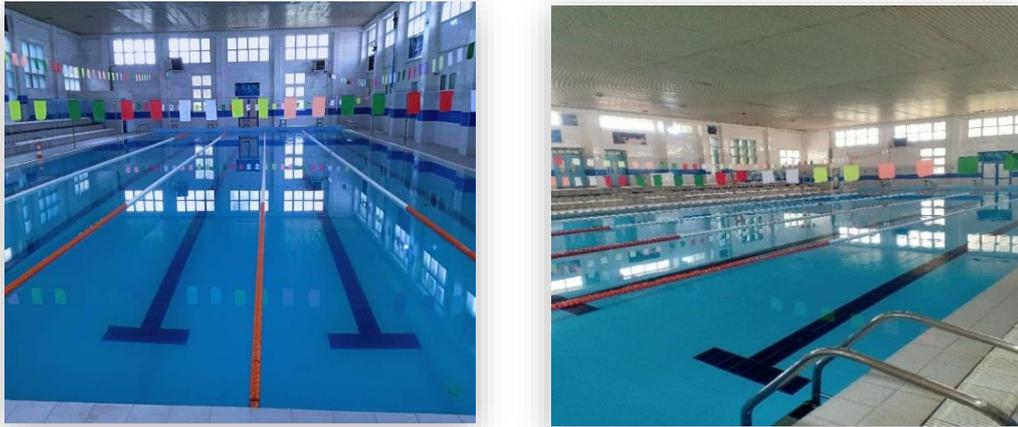
- au Nord par la wilaya de Bejaia.
- à l'Est par la wilaya de Sétif.
- à l'Ouest par la wilaya de Bouira.
- au Sud par la wilaya de M'sila.

La wilaya de Bordj Bou Arreridj possède de nombreuses sources d'eau, elle enregistre la présence de thermes naturels, dont les eaux sont dotées de vertus curatives. La plus connue est Hammam El Biban, à l'ouest qui a été rénovée. Le principal cours d'eau traversant la wilaya est l'Oued Bou Sellam ainsi que l'Oued el Ksub dans le sud de la wilaya. Le thermalisme est de plus exploité dans les 200 sources thermales de la wilaya.

La wilaya se caractérise par un climat continental, qui offre des températures chaudes en été et très froides en hiver, parmi les plus basses d'Algérie. La pluviométrie annuelle est de 300 à 700 mm [28].



**Figure 09 :** Localisation de la wilaya de Bordj Bou Arreridj en Algérie.



**Figure10** : la piscine semi olympique du 20 Aout1955 Bordj Bou Arreridj.

### 3.2 Siege de la piscine semi olympique du 20 Aout1955

La piscine semi olympique 20 Aout1955 sise au centre-ville Bordj Bou Arreridj, est une piscine couverte, ouverte toute l'année, même en hiver, sauf certains jours (vacances...). Le bassin mesure 25 mètres de long, 12,5 mètres de large et un profondeur varié entre 1, 2 et 2 mètres, contient 5 couloirs avec un volume total de 500 mètres cubes, La piscine est alimentée en eau par deux sources (eau de forage et l'autre source appartient à la société Algérienne Des Eaux « A D E »)

### 3.3 Stratégie d'échantillonnage

#### 3.3.1 Conditions d'échantillonnage.

L'eau de source et de piscine a été échantillonnée sur les semaines du 15 au 28 mai 2024. Des échantillons d'eau ont été prélevés avant et après la baignade pour réaliser des analyses pendant les heures normales d'exploitation. A une distance d'environ 50 cm du bord de l'étang et à une profondeur d'environ 30 cm sous la surface de l'eau dans des récipients propres.

#### 3.3.2 Stockage des échantillons

Après avoir prélevé l'échantillon, certaines analyses et mesures physiques, chimiques et biologiques sont effectuées sur celui-ci, et elles sont analysées dans un délai ne dépassant pas une demi-heure, et certaines d'entre elles principalement dans les 12 heures, et certains échantillons sont stockés à 4 degrés Celsius.

3.4 Méthodes d'analyse l'eau de piscine

3.4.1 Méthodes d'analyse physique

**Tableau 4** : Méthodes d'analyse les paramètres physiques

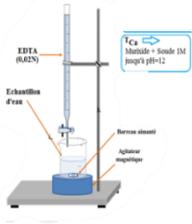
Paramètre	Outils utilisés	Méthode
La température		À l'aide d'un thermomètre, on prélève un échantillon d'eau à analyser dans un grand bœcher en verre ; Plonge un thermomètre dans la vasque et attendez quelque minute que la température se stabilise, Puis lisez, La température de l'eau peut aussi être mesurée directement dans la piscine
Détermination du Ph		À l'aide d'un PH mètre, on prélève un échantillon d'eau à analyser dans un bœcher en verre, on rince leur l'électrode avec l'eau distillée puis le Plonger dans l'échantillon d'eau et on attend quelque minute que se stabilise.
Conductivité CE		À l'aide d'un conductimètre, on prélève un échantillon d'eau à analyser dans un récipient en verre. L'électrode est plongée dans l'échantillon. On attend la confirmation du résultat, puis on lit la valeur sur l'appareil, Puis lavons le côté immergé de l'appareil et le récipient avec de l'eau distillée et répétons la mesure dans un autre échantillon.
Salinité		On clique sur le bouton M pour indiquer la valeur de la salinité
T D S		On clique sur le bouton M deuxième fois pour indiquer la valeur de TDS
Turbidité		A l'aide d'un turbidimètre en mesurant la quantité de lumière qui traverse l'eau à analyser par rapport à la quantité de lumière réfléchiée par les molécules d'eau.

3.4.2 Méthodes d'analyse chimique

Tableau 5 : Méthodes d'analyse les paramètres chimiques.

Paramètre	Montage	Méthode suivi	
<b>Chlore libre</b>		<p>On met 50 ml d'un échantillon de l'eau à analyser dans un bécher + 1g KI +10 ml d'acide acétique, puis on titre avec thiosulfate 0,02N. Jusqu'à ce que la couleur soit jaune pâle jusqu'à la disparition de couleur.</p> <p>Chlor libre = <math>V_1 * N * 354,5 / V_2</math>  <math>(N_2S_2O_3 \text{ eq / l})</math></p> <p><math>V_1</math> : volume <math>Na_2S_2O_3</math>.  <math>V_2</math> : volume d'échantillon.</p>	
<b>Chlore Combine</b>		<p>On met un échantillon de l'eau à analyser dans un volume de 50 ml + 1g KI +5 ml d'acide acétique+ 0,5 ml de solution <math>KMnO_4</math>, titrer avec thiosulfate 0,02N. Jusqu'à ce que la couleur soit jaune pâle (lire la taille par précaution) ici on met 2 gouttes amidon 0,5% , Nous continuons à calibrer jusqu'à ce qu'il devienne move</p>	
<b>Alcanite (TAC)</b>		<p>On met 50 ml d'eau de piscine dans un bécher, puis on ajoute une goutte de solution de thiosulfate 0,1M. Puis on ajoute 0,1 ml de méthyl orange et on titre avec de l'acide sulfurique</p> <p><math>TAC F^\circ = (V_e - V_b) \times \text{titre}</math>  <math>V_e</math> : volume d'échantillon d'eau <math>V_b</math> : volume <math>H_2SO_4</math> utilise.  <math>TAC \text{ mg/l } CaCO_3 = TAC F^\circ \times 10</math></p>	
<b>Dureté totale (TH)</b>		<p>On prend 10 ml d'eau de piscine + 3 ml de tampon 10 + un grain de N E T pur (rouge violé), puis on titre avec l'EDTA jusqu'à ce que la couleur devienne bleu.....meq/l *5= <math>F^\circ * 10 = \text{mg/l } CaCO_3</math></p> <p><math>V_{EDTA} = \dots \text{ml} = \dots * 10 \text{ }^\circ F = \dots * 10 \text{ mg/l}</math></p>	

**Dureté calcique**  
 $Ca^{+2}$



On prend 20 ml d'eau de piscine + une quantité de miracidium + soude 1M jusqu'à pH = 12) puis on titre avec l'EDTA.



### 3.4.3 Méthodes d'analyse biologique

#### 3.4.3.1 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (VRBL)

##### Réalisation des séries de dilutions et l'ensemencement : Dilution décimale en cascade

Pour diminuer le nombre des bactéries on a opté pour des dilutions décimales. La dilution décimale en cascade est effectuée en transférant une prise d'essai de 1 ml de suspension à diluer dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile.

Après avoir réalisé les dilutions nécessaires on a étiqueté les boîtes de pétri stérile avec les noms des échantillons et la dilution et on a passé à l'ensemencement. Chaque échantillon d'eau trois dilutions.

Les étapes suivies pour réaliser l'ensemencement :

- on dépose 1ml de chaque échantillon dilué à  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$  dans une boîte de Pétri vide (stérile).
- on ajoute une couche de milieu Rothe avec l'agitation puis on ajoute aussi une quantité de milieu VRBL, (généralement 10 à 20ml), ou la température du milieu doit être maîtrisée.
- ont procédé à l'agitation. Elle doit se faire en forme de « 8 » afin de répartir l'échantillon de manière homogène dans le milieu de culture.

Cette opération doit être effectuée pour les deux échantillons d'eau en double pour chaque dilution car :

- La première série de boîtes sera incubée à  $37^{\circ}C$  et sera réservée à la recherche des coliformes totaux.
- La deuxième série de boîtes sera incubée à  $44^{\circ}C$  et sera réservée à la recherche des coliformes fécaux.

3.4.3.2 Recherche et dénombrement les FTAM (PCA)

Les mêmes étapes pour le milieu PCA, mais dans cette opération on doit effectuer une série de boîtes sera incubée pendant 24 heures à 37°C et sera réservée à la recherche des FTAM. L'opération effectuera pour chaque échantillon d'eau (E<sub>1</sub> et E<sub>2</sub>).



Figure 11 : Recherche des coliformes totaux, fécaux et FTAM.

3.5 Préparation des solutions au niveau de laboratoire

Solution	Caractéristique des réactifs	Méthodes de calcul	méthodes de préparation la solution
<p><b>Acide sulfurique</b> <b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> <b>0,01M</b> <b>(0,02N)</b></p>	<p>formule : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> M<sub>m</sub> : 98g/mol M<sub>v</sub> : 1,83g/cm<sup>3</sup> Densité : 1,83 Taux de concentration : 97% Point d'ébullition : 337 °C Point de fusion : 10,31 °C</p>	<p><math>C_1V_1 = C_2V_2 \Rightarrow V_1 = C_2V_2 / C_1</math> C<sub>1</sub> concentration molaire de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> C<sub>2</sub> concentration molaire de H<sub>2</sub>O V<sub>1</sub> volume de l'eau distillée V<sub>2</sub> volume de l'acide sulfurique On calcul d'abord C<sub>1</sub> d = 1,840c à d 1,840 Kg → 1L 1840g → 100% m(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) → 97% <math>C_1 = m(H_2SO_4) / M(H_2SO_4) \times V_t</math> <math>= (1840g / 98g \cdot mole^{-1} \times 1l) \times 97\% / 100\%</math> <math>= 18,21M</math> <math>V_1 = C_2V_2 / C_1 = 0,01M \times 500 ml / 18,21M</math> <math>= 0,274 ml \rightarrow 0,01M</math> 2,74 ml → 0,1M</p>	<p>On met 2,740ml d'acide sulfurique dans d'une fiole puis on la remplir avec d'eau distillée jusqu'à 500 ml.  Ou On met 0,548 ml d'acide sulfurique(avec une micropipette) dans une quantité d'eau distillée puis on remplit la fiole avec d'eau distillée jusqu'à 100 ml.</p>
<p><b>Thiosulfate di sodique</b> <b>(penta hydrate)</b> <b>0,01M</b> <b>(0,02N)</b></p>	<p>Formule : Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub>S<sub>2</sub> 5H<sub>2</sub>O M<sub>m</sub> : 248,18g /mol M<sub>v</sub>:1,667 g/cm<sup>3</sup> densité 1,667</p>	<p><math>C(Na_2O_3S_2 \cdot 5H_2O) = m / M \times V_t</math> <math>m = C \times M \times V_t</math> <math>= 0,01mol / l \times 248,18g / mol \times 0,1L</math> <math>= 0,24818g</math></p>	<p>On prend 0,2418g de poudre de thiosulfate di sodique dans une fiole puis on ajoute l'eau distillée jusqu'à 100ml</p>
<p><b>L'EDTA</b></p>	<p>L'EDTA Formule : C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>O<sub>8</sub></p>	<p><math>C(EDTA) = m / M \times V_t</math> V<sub>t</sub>= 100ml =0,1litre <math>m = C \times M \times V_t</math></p>	<p>On prend 0,37224g de poudre de EDTA dans une</p>

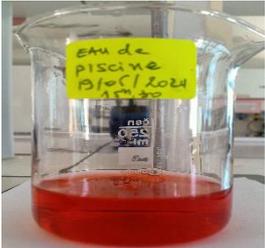
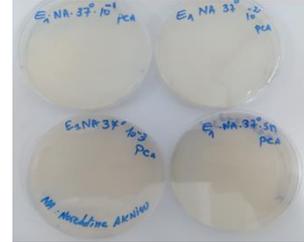
(di hydrate) <b>0,01M</b> <b>(0,02 N)</b>	$M_m : 372,24g /mol$ $M_v:0,86 g/cm^3(20 ^\circ c)$	$= 0,01mol /l \times 372,24g /mol \times 0,11$ $= 0,37224g$	fiolle puis on ajoute l'eau distillée jusqu'à 100ml
<b>Amidon</b> <b>0,5 %</b>	Formule : $C_6H_{10}O_5$ $M_m: g /mol$ $M_v:g/cm^3(20 ^\circ c)$		On prend 0,5g de poudre d'amidon dans un bécher puis on ajoute l'eau distillée jusqu'à 10ml

**Tableau 06 :** les caractéristiques des réactifs et méthodes de préparation les solutions.

### 3.6 Matériels et produits

#### 3.6.1 Matériels utilisés

**Tableau 07 :** Matériels utilisés

Conductivité mètre	Turbidimètre	PH mètre	Distillateur
Flacons stérilisés			Barreau magnétique
			
Fioles	Bécher	Burette	Tubes à essai stériles
			
Erlenmeyer	Bécher	Balance sensible	Support
			
Portoir	Autoclave	Thermomètre	Boites de petri sterile



### 3.7 Protocole suivi et méthodes de calcul

#### 3.7.1 Paramètres physiques et chimiques

Paramètre	Outils utilisés	Protocole suivi	Méthodes de calculs
<b>Alcanité (TH)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Burette. Bécher</li> <li>. Acide sulfurique</li> <li>. Orange de méthyle</li> <li>. Eau à analyser</li> </ul>	<p>On prend 50ml d'eau dans un bécher, on ajoute 5gouttes d'orange de méthyl puis on titre avec l'acide sulfurique jusqu'à changement la couleur du mélange (orange⇒ rouge).</p>	$N_1 V_1 = N_2 V_2 \rightarrow N_2 = N_1 V_1 / V_2$ $N_1 : N(\text{H}_2\text{SO}_4) = M_m \times Z \quad (Z = 2)$ $= 0,1 \times 2 = 0,2\text{N}$ $V_1 = V(\text{H}_2\text{SO}_4)$ $V_2 = \text{Volume de l'eau}$
<b>Dureté totale (TAC)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Burette. Bécher</li> <li>. Solution d'EDTA</li> <li>. Iodure depotassium</li> <li>. Amidon 0,5%</li> <li>. Tampon 10</li> <li>. Eau à analyser</li> </ul>	<p>On prend 10ml d'eau dans un bécher, on ajoute 4ml d'amidon 0,5% et un grain d'iodure de potassium puis on titre avec EDTA jusqu'à changement la couleur du mélange (marron→ violet).</p> <p>On répète l'essai 2 à 3 fois pour confirmer.</p>	$N_1 V_1 = N_2 V_2 \rightarrow N_2 = N_1 V_1 / V_2$ $N_1 : N(\text{EDTA}) = M_m \times Z$ $= 0,1 \times 2 \quad (Z = 2) = 0,2\text{N}$ $V_1 = V(\text{EDTA})$ $V_2 = \text{Volume de l'eau à analyser}$ $\text{TAC} = V(\text{EDTA}) \cdot 10^\circ\text{F}$ $= V(\text{EDTA}) \times 10^\circ\text{F} \times 10 \text{ (mg /l)}$
<b>Dureté calcique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Burette</li> <li>. Bécher</li> <li>. Solution d'EDTA</li> <li>. N E T</li> <li>. Tampon 10</li> <li>. Eau à analyser</li> </ul>	<p>On prend 20ml d'eau à analyser dans un bécher et on ajoute 3ml de tampon 10 et un grain de NET pur (rouge violé), puis on titrer avec l'EDTA jusqu'à ce que la couleur devienne bleue.</p>	$N_1 V_1 = N_2 V_2 \rightarrow N_2 = N_1 V_1 / V_2$ $N_1 : N(\text{EDTA}) = M_m \cdot Z$ $= 0,1 \times 2 = 0,2\text{N}$ $V_1 = V(\text{EDTA})$ $V_2 = \text{Volume de l'eau à analyser}$ $\text{TAC} = V(\text{EDTA}) \times 10^\circ\text{F}$ $= V(\text{EDTA}) \times 10^\circ\text{F} \times 10 \text{ (mg /l)}$
<b>TH<sub>Mg+2</sub></b>			$\text{TH}_{\text{Mg}+2} = \text{TH} - \text{TH}_{\text{Ca}+2}$

<b>Chlore libre</b>	. Burette. Bécher . Thiosulfate . Iodure de p (KI) . Amidon 0,5% . Acide acétique	On prend 50ml d'eau à analyser dans un bécher et on ajoute 4ml d'acide acétique, 2 à 3 gouttes d'amidon et un grain de KI puis on titre avec thiosulfate jusqu'à la disparition de la couleur.	Chlore libre = $V_1 \times N \times 35,45 / V_2$ $V_1$ : volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . $V_2$ : volume d'eau à analyser. $N (\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,2 \text{ N}$
<b>Chlore combine</b>	. Burette. Bécher . Thiosulfate . KI et $\text{KMNO}_4$ . Amidon 0,5% . Acide acétique . Eau à analyser	On prend 50ml d'eau à analyser dans un bécher, on ajoute 4ml d'acide acétique, 2 gouttes d'amidon 0,5% et 0,5 ml de solution $\text{KMNO}_4$ et un grain de KI puis on titre avec la thiosulfate jusqu'à ce que la couleur devienne move.	Chlore combine = $V_1 \times N \times 35,45 / V_2$ $V_1$ : volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . $V_2$ : volume d'eau à analyser. $N (\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,2 \text{ N}$
<b>Chlore totale</b>			Chlore totale= Chlore combine+ Chlore libre

**Tableau 08** : protocole suivi pour faire des analyses et les méthodes de calculs.

### 3.7.2 Les paramètres biologiques

#### a) Détermination de coliformes totaux et fécaux

Mode opératoire :

Le dénombrement s'effectue dans le milieu (VRBL).

- A partir des suspensions mères (échantillons de l'eau de piscine) on précède tout d'abord à préparer les dilutions décimales ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$ ) en utilisant l'eau physiologique stérile.

- À l'aide d'une pipette on prélève 1 ml (dite inoculum) de la suspension mère et on l'ensemence dans des boites de Pétri stérile

- Le milieu de culture VRBL est rajouté par la suite ;

- Après homogénéisation, une série de boites de Pétri est incubée à  $27^\circ\text{C}$  pendant 24H pour la recherche des coliformes fécaux et l'autre série à  $44^\circ\text{C}$  pendant 48H pour la recherche des coliformes totaux.

On identifie immédiatement chaque boite avec une étiquette ou une référence qui porte le nom de l'échantillon, la dilution décimale, le milieu utilisé, la date et l'heure du prélèvement.

#### b) Détermination des bactéries Flore Mésophile Aérobie Total (FTAM) à $37^\circ\text{C}$

Le dénombrement s'effectue dans La "Plate Count Agar" ou PCA.

- À partir des dilutions décimales ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$ ) :

• L'aide d'une pipette on prélève 1 ml de la suspension mère et on l'ensemence dans des boîtes de Pétri stériles.

- Le milieu de culture PCA est rajouté par la suite ;
- Après homogénéisation, une série de boîtes de Pétri est incubée à 37°C pendant 24H.

On identifie immédiatement chaque boîte avec une étiquette ou une référence qui porte :

- ✚ le nom de l'échantillon
- ✚ la dilution décimale
- ✚ le milieu utilisé
- ✚ la date et l'heure du prélèvement.

**E<sub>1</sub>** : Eau de piscine prélevée dans une bouteille verre stérilisée précédemment à 08<sup>H</sup> : 00 du matin

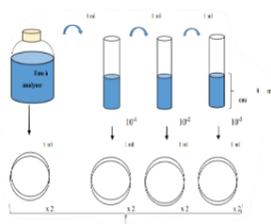
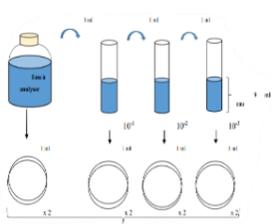
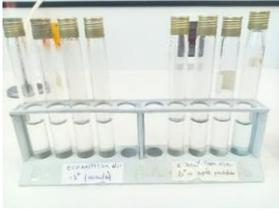
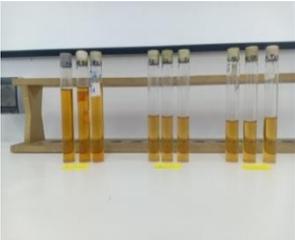
**E<sub>2</sub>** : Eau de piscine prélevée dans une bouteille verre stérilisée précédemment à 20<sup>H</sup> : 00 du soir

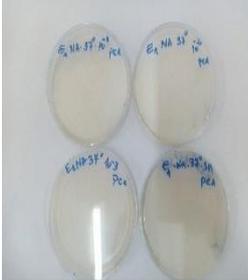
**SM** : Solution mère (eau de piscine).

**S / C** : Simple concentration de milieu Roth.

**D / C** : Double concentration de milieu Roth.

**Tableau 09** : Méthodes d'analyse les paramètres Biologiques

Echantillon	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	Image
Dilution 10 <sup>-1</sup> 10 <sup>-2</sup> 10 <sup>-3</sup>			
Les concentrations de milieu Rothe S/C : simple concentration D/C : double concentration			

<p>Une série de boîtes sera incubée à 37°C réservée à la recherche des coliformes totaux.</p>			
<p>Une série de boîtes sera incubée à 44°C réservée à la recherche des coliformes fécaux</p>			
<p>Une série de boîtes sera incubée à 37°C réservée à la recherche des FTAM</p>			

# **Chapitre 04**

## **Résultats et discussion**

## 4 Les résultats obtenus

### 4.1 Analyses physico-chimiques.

#### 4.1.1 Analyse de l'eau de forage.

Le 19 mai 2024 à 9h30, un échantillon d'eau de forage destiné à remplir la piscine du 20 août 1955 à Bordj Bou Arreridj a été prélevé selon la norme ISO [29], qui établit les protocoles de prélèvement pour garantir la représentativité et la qualité de l'échantillon d'eau. Le récipient stérile utilisé pour la collecte a été soigneusement stérilisé pour éviter toute contamination. L'échantillon a été prélevé en plongeant le récipient dans l'eau de forage et en le remplissant sans laisser d'air, puis étiqueté avec la date, l'heure et le lieu de prélèvement avant d'être transporté dans des conditions adéquates pour maintenir la stabilité des échantillons.

Les analyses physicochimiques ont inclus la mesure de la température, du pH, de la conductivité, de la salinité, des solides dissous totaux (TDS), de la turbidité, de la dureté totale ( $TH_{totale}$ ), de la dureté calcique ( $TH_{Ca}$ ), de la dureté magnésienne ( $TH_{Mg}$ ), et de l'alcalinité. La température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre en plongeant celui-ci dans l'échantillon jusqu'à stabilisation de la lecture. Le pH a été déterminé avec un pH-mètre, étalonné avec des solutions tampons standards avant chaque mesure. La conductivité et la salinité ont été évaluées à l'aide d'un conductimètre et d'un salinomètre respectivement, après étalonnage avec des solutions standards. Les solides dissous totaux (TDS) ont été mesurés avec un TDS-mètre, également étalonné avant utilisation.

La turbidité de l'eau a été analysée avec un turbidimètre, en utilisant des solutions de turbidité standards pour l'étalonnage. La dureté totale, calcique et magnésienne de l'eau a été déterminée par titrage avec l'EDTA. Pour mesurer la dureté totale, un volume précis de l'échantillon a été titré avec une solution d'EDTA après ajout d'un indicateur (NET). La dureté calcique a été déterminée en utilisant un indicateur spécifique au calcium (Murixide), tandis que la dureté magnésienne a été calculée en soustrayant la dureté calcique de la dureté totale. Enfin, l'alcalinité a été mesurée par titrage avec l'acide sulfurique après ajout de l'indicateur orange de méthyle.

Tous les résultats ont été notés et comparés aux normes de qualité de l'eau pour les piscines afin de s'assurer que l'eau de forage est appropriée pour l'usage prévu. En cas de non-conformité, des traitements supplémentaires de l'eau seront envisagés avant utilisation. Les mesures de sécurité ont été respectées tout au long du processus, notamment le port de

gants et de lunettes de protection, et les déchets générés ont été éliminés conformément aux réglementations locales.

**Tableau12** : Analyses de l'eau de source (forage) (19 mai 2024 à 9h30).

Paramètre	Eau de source	OMS	Algérienne
<b>La température (°C)</b>	18	15 - 25°C (recommandé)	Pas de limite spécifique
<b>Ph</b>	7,13	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
<b>Turbidité (UTN)</b>	0,01	< 1 UTN	< 1 UTN
<b>Conductivité (µS/cm)</b>	2041	< 2000 µS/cm	< 2800 µS/cm
<b>Salinité</b>	1	3 - 5 g/L (max Recommandé)	Pas de limite spécifique
<b>TDS (mg/l)</b>	856	< 1000 mg/L	< 1200 mg/L
<b>Chlore libre (mg/l)</b>	0	Pas de norme spécifique	Pas de norme spécifique
<b>Chlore combiné (mg/l)</b>	0	Pas de norme spécifique	Pas de norme spécifique
<b>Chlore totale (mg/l)</b>	0	Pas de norme spécifique	Pas de norme spécifique
<b>Alcalinité (mg/l)</b>	659	100 - 200 mg/L (recommandé)	Pas de limite spécifique
<b>Dureté totale (°F) ou (mg/l)</b>	69 °F 690 mg/l	< 50°f	< 50°f
<b>Dureté calcique (°F) ou (mg/l)</b>	41 °F 164 mg/l	Pas de limite spécifique	Pas de limite spécifique
<b>Dureté magnésienne (°F) ou (mg/l)</b>	28 °F 67,2 mg/l	Pas de limite spécifique	Pas de limite spécifique

Les analyses physicochimiques effectuées ont révélé les résultats suivants tableau 12 : une température de 18°C, un pH de 7,13, une conductivité de 2041  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , une salinité de 1 g/L, des solides dissous totaux (TDS) de 856 mg/L, une turbidité de 0,01 UTN, une dureté totale (TH) de 69°f (690 mg/L), une dureté calcique ( $\text{TH}_{\text{Ca}}$ ) de 41°f (164 mg/L), une dureté magnésienne ( $\text{TH}_{\text{Mg}}$ ) de 28°f (67,2 mg/L) et une alcalinité de 659 mg/L.

L'analyse des résultats par rapport aux normes ISO et algériennes révèle les observations suivantes :

➤ **Température** : La température de l'eau de 18°C est appropriée pour les usages domestiques et récréatifs, y compris pour les piscines. Elle est conforme aux recommandations générales qui préconisent des températures comprises entre 15 et 25°C.

➤ **pH** : Un pH de 7,13 est proche de la neutralité, ce qui est idéal pour le confort des baigneurs et la prévention de la corrosion des équipements. La norme algérienne et les directives de l'OMS recommandent un pH entre 6,5 et 8,5, ce qui signifie que cette eau est conforme.

➤ **Conductivité** : La conductivité mesurée à 2041  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dépasse légèrement les valeurs recommandées par certaines normes internationales pour l'eau potable (environ 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Cependant, pour une piscine, cette valeur peut être acceptable, bien que des contrôles réguliers soient conseillés pour éviter une accumulation excessive de sels.

➤ **Salinité** : Une salinité de 1 g/L est relativement basse et adéquate pour une piscine. Les valeurs de salinité sont acceptables tant qu'elles ne dépassent pas 3-5 g/L pour éviter les effets néfastes sur les équipements et le confort des baigneurs.

➤ **Solides Dissous Totaux (TDS)** : Avec 856 mg/L, les TDS se situent bien en dessous de la limite de 1000 mg/L recommandée par l'OMS pour l'eau potable, ce qui indique une qualité de l'eau acceptable pour la piscine.

➤ **Turbidité** : Une turbidité de 0,01 UTN est extrêmement basse, indiquant une eau très claire, ce qui est idéal pour une piscine. La norme algérienne et les directives internationales recommandent des niveaux inférieurs à 1 UTN.

➤ **Dureté Totale (TH)** : La dureté totale de 69°f (690 mg/L) est élevée selon les normes de l'OMS qui fixent une recommandation pour l'eau potable à moins de 50°f (500 mg/L).

Une dureté élevée peut entraîner des dépôts de calcaire, mais cela est gérable avec des traitements adaptés.

- **Dureté Calcique (TH<sub>Ca</sub>)** : La dureté calcique de 41°f (164 mg/L) est dans les limites acceptables pour éviter les problèmes de corrosion et d'entartrage, bien que légèrement élevée par rapport aux recommandations pour éviter l'accumulation de calcaire.
- **Dureté Magnésienne (TH<sub>Mg</sub>)**: La dureté magnésienne de 28°f (67,2 mg/L) est également élevée, mais reste dans des niveaux gérables avec un traitement approprié de l'eau.
- **Alcalinité** : Une alcalinité de 659 mg/L est supérieure aux valeurs recommandées (100-200 mg/L). Une alcalinité élevée peut nécessiter des ajustements chimiques pour maintenir le pH stable et prévenir l'entartrage.
- **Chlore Libre** : 0 mg/L, il est normal de ne pas trouver de chlore libre dans l'eau de forage non traitée.
- **Chlore Combiné** : 0 mg/L, il est normal de ne pas trouver de chlore combiné dans l'eau de forage non traitée.
- **Chlore Total** : 0 mg/L, il est normal de ne pas trouver de chlore total dans l'eau de forage non traitée.

Les résultats montrent que l'eau de forage est globalement appropriée pour remplir la piscine, avec quelques paramètres (conductivité, dureté totale, dureté calcique, dureté magnésienne, et alcalinité) nécessitant une attention particulière et éventuellement un traitement. L'absence de chlore est normale pour de l'eau de forage non traitée et nécessite une chloration appropriée pour la désinfection avant utilisation en piscine. Les valeurs respectent en grande partie les normes algériennes et les recommandations de l'OMS, bien que des ajustements soient nécessaires pour certains paramètres afin d'assurer une qualité d'eau optimale pour les utilisateurs de la piscine.

### 4.1.2 Analyse de l'eau de piscine

Le prélèvement des échantillons d'eau de piscine a été effectué les 20 et 28 mai 2024 à différentes périodes de la journée, afin de capturer les variations potentielles de la qualité de l'eau avant et après la baignade des utilisateurs. Le 20 mai, les prélèvements ont été réalisés à 09h30, 15h00, et 20h00, tandis que le 28 mai, ils ont été effectués à 08h00 et 20h00.

Ces horaires ont été choisis stratégiquement pour observer les conditions de l'eau en début de journée, après une période d'utilisation intensive et en fin de journée, pour évaluer les effets cumulés des activités de baignade et des traitements chimiques quotidiens.

Chaque échantillon a été prélevé conformément aux normes en vigueur, en utilisant des récipients stériles et en suivant un protocole rigoureux pour éviter toute contamination. Le point de prélèvement a été situé à l'entrée de la piscine. Les paramètres analysés incluent la température, le pH, la turbidité, la conductivité, la salinité, les solides dissous totaux (TDS), la teneur en chlore libre, combiné et total, ainsi que l'alcalinité et la dureté calcique. Ces analyses permettent d'assurer que l'eau de la piscine reste dans les limites acceptables pour la santé des baigneurs et l'intégrité des équipements. Les résultats obtenus fourniront des informations cruciales pour l'ajustement des traitements chimiques nécessaires à la maintenance de la qualité de l'eau de la piscine.

**Tableau 13** : Analyses de l'eau de piscine.

Paramètre	Eau de piscine					
	Date et heure de prélèvement	20 MAI 15 <sup>H</sup> : 00	2024 20 <sup>H</sup> : 00	28 MAI 08 <sup>H</sup> : 00	2024 20 <sup>H</sup> : 00	
Température (°C)	09 <sup>H</sup> : 30	25	28	28	25	28
Ph		8,28	8,20	8,33	8,19	8,28
Turbidité (UTN)		0,08	0,09	0,15	0,06	0,29
C E (µS/cm)		1841	1832	1798	1890	1885
Salinité		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
TDS (mg/l)		773	765	755	793	793
Chlore libre (mg/l)		1,84mg /l	1,55mg /l	1,13mg /l	0,99 ml/l	0,84mg/l
Chlore combiné (mg/l)		1,84 mg /l	1,70 mg /l	1,55 mg /l	2,53 mg /l	/
Chlore totale (mg/l)		3,68 mg /l	3,25 mg /l	2,68 mg /l	3,52 mg/l	/
Alcalinité (mg/l)		488	366	355	341,6	341,6
Dureté totale (mg/l) (°F) ou (mg/l)		69 °F 690 mg/l	73 °F 730 mg/l	79 °F 790 mg/l	78 °F 780 mg/l	80 °F 800 mg/l
Dureté calcique (°F) ou (mg/l)		40,5 °F 162 mg/l	40 °F 160 mg/l	33,5 °F 134 mg/l	34,0 °F 136 mg/l	33,5 °F 134 mg/l
Dureté magnésienne (°F) ou (mg/l)		28,5 °F 68,4 mg/l	33 °F 79,2 mg/l	45,5 °F 109,2 mg/l	44 °F 105,6 mg/l	46,5 °F 111,6 mg/l

Les résultats des analyses de l'eau de piscine réalisées aux dates du 20 mai 2024 et du 28 mai 2024 montrent plusieurs variations dans les paramètres physico-chimiques.

### 4.1.2.1 Paramètres de Température et pH

➤ **Température** : Les mesures de la température de l'eau oscillent entre 25°C et 28°C. Ces valeurs sont conformes aux recommandations de l'OMS pour une utilisation confortable en piscine, qui se situent entre 25°C et 28°C.

➤ **pH** : Les valeurs de pH mesurées varient de 8,19 à 8,33, ce qui est légèrement au-dessus de la plage recommandée par l'OMS de 7,2 à 7,8. Un pH trop élevé peut entraîner des irritations pour les baigneurs et diminuer l'efficacité du chlore. Un ajustement chimique est nécessaire pour ramener le pH dans la plage optimale.

### 4.1.2.2 Paramètres de turbidité, conductivité et salinité

➤ **Turbidité** : Les mesures de la turbidité varient de 0,06 à 0,29 UTN, restant en dessous de la limite recommandée par l'OMS de 0,5 UTN, sauf pour la mesure de 20H : 00 du 28 mai 2024, qui atteint 0,29 UTN. Une turbidité basse indique une eau claire.

➤ **Conductivité** : Les valeurs de conductivité mesurées varient entre 1798  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 1890  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ce qui est conforme aux normes de l'OMS ( $< 2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), indiquant une salinité et un niveau de minéraux dissous acceptables.

➤ **Salinité** : La salinité mesurée reste constante à 0,9 g/L, bien en dessous de la limite recommandée par l'OMS de 3 - 5 g/L, ce qui est idéal pour l'eau de piscine.

### 4.1.2.3 Paramètres de Solides Dissous Totaux (TDS)

➤ **TDS** : Les valeurs de TDS varient de 755 mg/L à 793 mg/L, toutes conformes aux normes recommandées par l'OMS ( $< 1000 \text{ mg/L}$ ), indiquant une bonne qualité de l'eau en termes de minéraux dissous.

### 4.1.2.4 Paramètres de Chlore

➤ **Chlore Libre** : Les valeurs de chlore libre varient de 0,84 mg/L à 1,84 mg/L. Les valeurs les plus basses (0,84 mg/L) sont en dessous de la plage recommandée par l'OMS de 1,0 - 3,0 mg/L, nécessitant un ajustement pour garantir une désinfection adéquate.

➤ **Chlore Combiné** : Les mesures de chlore combiné varient de 1,55 mg/L à 2,53 mg/L, dépassant souvent la limite recommandée par l'OMS de  $< 0,5 \text{ mg/L}$ . Un niveau élevé de chlore combiné peut indiquer la présence de chloramines, qui peuvent causer des irritations et une odeur désagréable.

➤ **Chlore Total** : Les valeurs de chlore total mesurées vont de 2,68 mg/L à 3,68 mg/L, ce qui est globalement conforme aux normes recommandées par l'OMS (1,0 - 3,0 mg/L), bien que certaines mesures soient légèrement au-dessus de la plage recommandée.

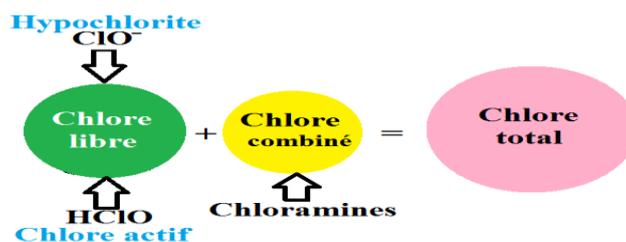


Figure 12 : Différents types de chlore présent dans l'eau de piscine.

On doit savoir que le chlore libre représente la fraction du chlore présent dans l'eau de piscine qui est potentiellement désinfectante (Figure 08). Il est divisé en deux formes : le chlore actif (HClO) et l'ion hypochlorite (ClO<sup>-</sup>), dont la proportion dépend du pH de l'eau. Plus le pH est élevé, moins il y a de chlore actif, qui est la forme efficace contre les bactéries, virus et algues. C'est pourquoi il est crucial de maintenir un pH entre 7,2 et 7,4 pour assurer une désinfection optimale. Lorsque le chlore actif élimine les impuretés, il se transforme en chlore combiné ou chloramines, qui sont des sous-produits de la désinfection. Ces chloramines se vaporisent et créent l'odeur caractéristique de chlore, mais elles sont moins efficaces comme désinfectant et peuvent provoquer des irritations. Il est donc important de surveiller les niveaux de chlore libre et combiné pour maintenir une eau de piscine saine et sûre.

#### 4.1.2.5 Paramètres de Dureté et Alcalinité

➤ **Alcalinité** : Les valeurs d'alcalinité, interprétées en volumes de titration, semblent incohérentes et très basses, nécessitant une re-vérification. L'OMS recommande une alcalinité de 80 - 120 mg/L pour stabiliser le pH de l'eau.

➤ **Dureté Totale** : Les mesures de dureté totale varient de 69 °F (690 mg/L) à 80 °F (800 mg/L), bien au-dessus de la plage recommandée par l'OMS de 10 - 50 °F. Une dureté élevée peut entraîner des dépôts de calcaire et des problèmes de confort pour les baigneurs. Un traitement de réduction de la dureté est nécessaire.

➤ **Dureté Calcique** : Les valeurs de dureté calcique varient de 33,5 °F (134 mg/L) à 40,5 °F (162 mg/L). Bien que ces valeurs soient gérables, elles contribuent à la dureté totale élevée.

➤ **Dureté Magnésienne** : Les valeurs de dureté magnésienne varient de 28,5 °F (68,4 mg/L) à 46,5 °F (111,6 mg/L), contribuant également à la dureté totale élevée.

**Tableau 14 :** Normes physicochimiques de l'eau de piscine.

Paramètre	Normes OMS
Température	25 - 28°C
Ph	7,2 - 7,8
Conductivité	< 2000 µS/cm
Salinité	3 - 5 g/L (max recommandé)
Solides Dissous Totaux (TDS)	< 1000 mg/L
Turbidité	< 0,5 UTN
Dureté Totale (TH)	100 - 500 mg/L (10 - 50°F)
Alcalinité	80 - 120 mg/L (recommandé)
Chlore Libre	1,0 - 3,0 mg/L
Chlore Combiné	< 0,5 mg/L
Chlore Total	1,0 - 3,0 mg/L

Les résultats montrent que l'eau de la piscine est globalement de bonne qualité, mais nécessite quelques ajustements pour se conformer aux normes recommandées par l'OMS. Les paramètres de pH, chlore combiné, dureté totale, dureté calcique et dureté magnésienne doivent être surveillés et ajustés. La température, la conductivité, la salinité, les TDS, et la turbidité sont dans les plages recommandées par l'OMS (Tableau 14). Un ajustement du chlore libre est nécessaire pour maintenir une désinfection efficace, et des mesures régulières doivent être prises pour maintenir un équilibre chimique optimal de l'eau de la piscine.

#### 4.2 Ajustement de pH de l'eau de la piscine

L'ajustement du pH de l'eau de piscine est crucial pour maintenir une eau saine, assurer l'efficacité des désinfectants et éviter les irritations de la peau et des yeux des baigneurs. Les produits chimiques utilisés pour ajuster le pH de l'eau de piscine, on trouve des produits pour abaisser le pH et des produits pour augmenter le pH.

##### 4.2.1 Pour abaisser le pH on utilise

**Acide Chlorhydrique (HCl) :** L'acide chlorhydrique est couramment utilisé pour abaisser le pH de l'eau de piscine. Il est très efficace et doit être manipulé avec précaution. Généralement, on utilise environ 1 litre d'acide chlorhydrique à 30% pour chaque une diminution de 0,1 unité de pH dans 100 m<sup>3</sup> d'eau.

**Bisulfate de Sodium (NaHSO<sub>4</sub>)** : Le bisulfate de sodium, également appelé (pH Minus ou pH Down), est une alternative plus douce à l'acide chlorhydrique. La quantité nécessaire dépend de la concentration du produit, généralement entre 100 et 150 grammes par 10 m<sup>3</sup> pour abaisser le pH de 0,1 unité.

#### 4.2.2 Pour Augmenter le pH on utilise

**Bicarbonate de Sodium (NaHCO<sub>3</sub>)** : Le bicarbonate de sodium, aussi connu sous le nom de pH Plus ou pH Up, est utilisé pour augmenter le pH de l'eau de piscine. On utilise environ 1,5 kg pour augmenter le pH de 0,1 unité par 100 m<sup>3</sup> d'eau.

**Carbonate de Sodium (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)** : Le carbonate de sodium est plus fort que le bicarbonate et est utilisé lorsque des ajustements de pH plus importants sont nécessaires. On utilise environ 1 kg pour augmenter le pH de 0,2 unité par 100 m<sup>3</sup> d'eau.

Dans notre cas pour ajuster le pH de la piscine étudiée de 500 m<sup>3</sup>, nous utiliserons de l'acide chlorhydrique (HCl) (esprit de sel, produit disponible dans le marché) sa pureté est dans l'ordre de 30%. Alors, pour déterminer la quantité nécessaire d'acide pour abaisser le pH de 8,3 à 7,4.  $\Delta\text{pH}=8,3-7,4 = 0,9$  unité

Pour calculer la quantité totale d'acide requise, on utilise 1 litre d'acide chlorhydrique à 30% pour chaque diminution de 0,1 unité de pH dans 100 m<sup>3</sup> d'eau. Ce qui signifie 5 litres pour chaque diminution de 0,1 unité de pH dans 500 m<sup>3</sup>. Par conséquent, pour abaisser le pH de 8,3 à 7,4, soit de 0,9 unité, il nous faut 45 litres d'acide.

Pour la sécurité du manipulateur :

- Il faut porter toujours des équipements de protection (gants, lunettes) lorsque vous manipulez des produits chimiques.
- Il faut ajouter l'acide progressivement en plusieurs étapes, en vérifiant le pH après chaque addition pour éviter une baisse excessive du pH.
- Il faut bien assurer que le système de filtration de la piscine est en marche pour bien disperser le réactif dans toute la piscine.

#### 4.3 Calcul de l'indice de saturation de Langelier (IL)

Lors de l'ajustement du pH de l'eau de la piscine, il est essentiel de choisir une valeur de pH optimale pour maintenir une eau saine et garantir l'efficacité des désinfectants. De plus, l'eau doit posséder un caractère équilibré, c'est-à-dire ni tartrante ni agressive. Pour atteindre

cet équilibre, il est nécessaire d'ajuster le pH en calculant des indices de stabilité tels que l'indice de saturation de Langelier (IL) ou l'indice de stabilité de Ryznar (IR). Ces indices permettent de déterminer le bon équilibre chimique pour une eau de piscine idéale.

L'indice de saturation de Langelier (IL) est un outil crucial utilisé pour évaluer la tendance d'une eau à être soit corrosive (agressive) soit incrustante (tartrante). Ce calcul est particulièrement important pour la gestion de l'eau des piscines, où un équilibre chimique adéquat est nécessaire pour protéger les installations et assurer la santé des baigneurs.

L'indice de Langelier est basé sur l'équilibre entre plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau, notamment le pH, la température, l'alcalinité totale, la dureté calcique et les solides dissous totaux (TDS). La formule simplifiée pour calculer le LSI est la suivante :

$$IL = pH + CT + CA + CD - 12,2$$

Où :

- **pH** : mesure de l'acidité ou de la basicité de l'eau.
- **CT** (Correction Factor) : facteur de correction pour la température (en °C).
- **CA** (Alkalinity Factor) : facteur pour l'alcalinité totale (en mg/L de CaCO<sub>3</sub>).
- **CD** (Hardness Factor) : facteur pour la dureté calcique (en mg/L de CaCO<sub>3</sub>).
- **12.2** : constante utilisée pour ajuster l'échelle à la température de référence.

**Tableau 15** : Calcul de l'indice de Langelier (IL).

Date et heure de prélèvement	20 MAI2024			28 MAI2024	
	09 <sup>h</sup> : 30	15 <sup>h</sup> : 00	20 <sup>h</sup> : 00	08 <sup>h</sup> : 00	20 <sup>h</sup> : 00
Facteur de température (°C)	25	28	28	25	28
pH	8,28	8,20	8,33	8,19	8,28
Facteur de l'alcalinité	2.69	2.56	2.54	2.53	2.53
Facteur de la Dureté calcique	1,784	1,784	1,704	1,704	1,704
IL	1,14	1,02	1,05	0,81	0,99
Caractère de l'eau	incrustante	Incrustante	incrustante	Incrustante	incrustante
pH saturation	<b>7,14</b>	<b>7,18</b>	<b>7,28</b>	<b>7,38</b>	<b>7,29</b>

On observe d'après les résultats (Tableau 15) de calcul de l'indice de Langelier (IL). Les échantillons d'eau de la piscine montrent une tendance à être tartrante avec un pH mesuré trop élevé par rapport au pH de saturation. Tous les échantillons montrent des valeurs d'IL de 1,14, 1,02, 1,05, 0,81 et 0,99 respectivement. Cela signifie que l'eau est tartrante,

tendant à déposer du calcium. Ce qui indique que l'eau est sursaturée en calcium, favorisant la formation de dépôts calcaires sur les surfaces de la piscine. Le pH mesuré de l'eau de la piscine varie de 8,19 à 8,33, ce qui est supérieur au pH de saturation calculé (de 7,14 à 7,38). Un pH élevé peut réduire l'efficacité des désinfectants et favoriser l'irritation des yeux et de la peau des baigneurs. Pour ajuster le pH de l'eau de la piscine et le ramener dans la plage optimale (7,2 à 7,4), on utilise l'acide Chlorhydrique (HCl) 30%

Le tableau 16 présente les normes microbiologiques de l'eau de piscine telles que définies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Ces normes établissent des seuils stricts pour divers microorganismes afin de garantir la sécurité sanitaire des utilisateurs. Les coliformes totaux, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterocoques*, et *Clostridium perfringens* doivent tous être absents dans un échantillon de 100 mL d'eau, ce qui signifie que leur concentration doit être de 0 / 100 mL. Pour *Legionellaspp.*, la norme autorise une concentration inférieure à 1000 unités formant colonies par litre (UFC/L). Le respect de ces normes est essentiel pour prévenir les infections et assurer une eau de piscine propre et sûre.

**Tableau 16 :** Normes microbiologiques de l'eau de piscine.

Paramètre	Normes OMS
<b>Coliformes Totaux</b>	0 / 100 ml
<b>Escherichia coli</b>	0 / 100 ml
<b>Pseudomonas aeruginosa</b>	0 / 100 ml
<b>Enterocoques</b>	0 / 100 ml
<b>Legionellaspp</b>	< 1000 UFC/L
<b>Clostridium perfringens</b>	0 / 100 MI

La qualité microbiologique de l'eau de piscine, des prélèvements ont été effectués selon les normes en vigueur à deux moments distincts de la journée : à 08h00 du matin, avant l'utilisation de la piscine par les baigneurs, et à 20h00 du soir, après une journée d'utilisation intensive.

Les échantillons d'eau ont été analysés pour détecter la présence de coliformes totaux, de coliformes fécaux et de flores mésophiles totales aérobies mésophiles (FTAM) à l'aide d'un compteur de colonies. Ces indicateurs microbiologiques sont couramment utilisés pour évaluer la qualité de l'eau et la performance des procédés de désinfection.

#### 4.4 Résultats des Analyses biologiques

**Coliformes totaux** : Absence totale détectée à 08h00 et à 20h00.

**Coliformes fécaux** : Absence totale détectée à 08h00 et à 20h00.

**Flore totale aérobie mésophile (FTAM)** : Absence totale détectée à 08h00 et à 20h00.

##### 4.4.1 Qualité de l'eau avant utilisation (08h00)

L'absence totale de coliformes totaux, de coliformes fécaux et de FTAM dans les échantillons prélevés à 08h00 indique que l'eau de la piscine est microbiologiquement propre avant l'arrivée des baigneurs. Cela suggère que les procédés de désinfection et de filtration appliqués avant l'ouverture de la piscine sont efficaces pour éliminer les bactéries pathogènes et les autres microorganismes potentiellement nuisibles.

##### 4.4.2 Qualité de l'eau après utilisation (20h00)

L'absence des mêmes microorganismes à 20h00, après une journée d'utilisation, démontre que la piscine maintient une haute qualité microbiologique même après une période prolongée d'exposition à des baigneurs. Ce résultat est particulièrement significatif, car il montre que les systèmes de traitement de l'eau (désinfection continue, filtration, etc.) sont capables de gérer efficacement la charge microbienne introduite par les utilisateurs.

L'absence de coliformes totaux, de coliformes fécaux et de FTAM à la fois avant et après l'utilisation de la piscine reflète une gestion rigoureuse et efficace de la qualité de l'eau. La désinfection effectuée au niveau de cette piscine, probablement incluant l'utilisation de chlore ou d'autres agents désinfectants, ainsi que la filtration mécanique, semblent être parfaitement optimisées.

Ces résultats rassurants confirment que les baigneurs peuvent profiter de l'installation en toute sécurité, sans risque de contamination microbiologique. Il est important de maintenir ces bonnes pratiques de désinfection et de surveillance régulière pour assurer la continuité de cette qualité exemplaire.

## **Conclusion et Perspectives**

### Conclusion générale

L'analyse et le traitement de l'eau de piscine à Bordj Bou Arreridj ont permis d'évaluer divers paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de forage et de la piscine. Les résultats obtenus montrent que l'eau de forage utilisée pour remplir la piscine respecte majoritairement les normes algériennes et les recommandations de l'OMS, à l'exception de la conductivité et de l'alcalinité, qui dépassent légèrement les valeurs recommandées.

Les analyses physico-chimiques de l'eau de piscine, effectuées à différentes périodes de la journée, indiquent que certains paramètres, tels que le pH et l'alcalinité, sont légèrement supérieurs aux valeurs recommandées. Cependant, la salinité, la turbidité et les TDS restent dans les limites acceptables, ce qui témoigne d'une gestion relativement efficace. Les niveaux de chlore libre et combiné sont également bien contrôlés, bien que quelques variations soient notées en fonction de l'heure de prélèvement.

Sur le plan microbiologique, l'absence de coliformes totaux, de coliformes fécaux et de FTAM avant et après l'utilisation de la piscine reflète une désinfection rigoureuse et une gestion optimale de la qualité de l'eau. L'utilisation de chlore combinée à une filtration mécanique efficace, semble être une stratégie réussie pour maintenir une eau de piscine saine et sécurisée pour les baigneurs.

Pour améliorer encore la qualité de l'eau de piscine à Bordj Bou Arreridj, plusieurs perspectives peuvent être envisagées. Tout d'abord, une attention particulière pourrait être portée à la réduction de la conductivité et de l'alcalinité de l'eau de forage. L'adoption de technologies de traitement de l'eau, comme l'osmose inverse ou la nanofiltration, pourrait être explorée pour atteindre des niveaux plus conformes aux recommandations internationales. Ensuite, un suivi plus fréquent et plus rigoureux des paramètres physico-chimiques de l'eau de piscine permettrait d'ajuster en temps réel les traitements nécessaires. L'utilisation de systèmes de surveillance automatisés pourrait faciliter cette tâche et garantir une qualité constante de l'eau. De plus, bien que les résultats microbiologiques soient satisfaisants, il serait judicieux de continuer à évaluer et à améliorer les méthodes de désinfection. L'intégration de nouvelles technologies de désinfection, comme l'utilisation d'UV ou d'ozone, pourrait être envisagée pour compléter l'action du chlore et des agents désinfectants actuels. Enfin, la formation continue du personnel de gestion de la piscine sur les meilleures pratiques en matière de traitement de l'eau et de désinfection est essentielle pour maintenir une qualité d'eau optimale. En adoptant ces perspectives, il sera possible de

garantir une eau de piscine de qualité supérieure, assurant ainsi la santé et la sécurité des baigneurs tout en répondant aux normes et recommandations en vigueur.

## Références bibliographiques

## Références bibliographiques

- [1] : <https://www.who.int/fr>.
- [2] : Fleuret, Sébastien. *Aller-retour entre tourisme et santé : Du tourisme médical à la santé globale*. Vol. 7. ISTE Group, 2022
- [3] : Catatonie, Carole, et al. "Risques sanitaires liés aux baignades artificielles." *Cahiers de l'Association Scientifique Européenne pour l'Eau et la Santé* 20 (2015) : 3
- [4] : Khékili, W., and F. Bakri. "Les maladies à transmission hydrique en Algérie." *Journal Algérien des Régions Arides* 14 (2017) : 74-83.
- [5] : GUENFOUD, Ahmed. *Etude hydro biologique comparative des eaux des deux oueds, Mekerra et Saida, à la traversée des zones urbains des villes de Sidi Bel Abbés et Saida: impact sur la santé et l'environnement*. Diss. 2020.
- [6] : EAU 2007 (L'Organisation mondiale de la Santé (EAUX.2007)
- [7] : DACHER, O., & GOUNI, Z. *Etude et contrôle qualité (propriétés physiques et chimiques) de l'eau de la piscine semi-olympique de Belaid Mohamed Touggourt* (Doctoral dissertation, Université KASDI-MERBAH Ouargla) (2021/2022).
- [8] : <https://www.lemagdelapiscine.com/dossier-2-principaux-types-piscine.html>
- [9] : <https://www.lenntech.fr/procedes/desinfection/piscine/desinfection/piscine-pollution.htm>
- [10] : <https://dspace.univ-eloued.dz/server/api/core/bitstreams/394ec9df-3b8e-4309-ba87-0bf26fc104f6/content>
- [11] : Avis de l'Anses Saisine n «2007-SA-0409 » 2.: Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines. Date 09/05/2022
- [12] : Carmontelle, Sylviane. "Les risques sanitaires des produits dérivés de la chloration des eaux de bassins de natation." *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement* 4.1 (2003).
- [13] : Caillât, Loïc, Laure Meunier-Salinas, and Marie-Amande Coignard. "Régénération continue des bains de PEG utilisés pour la consolidation des bois archéologiques gorgés d'eau." *Technè. La science au service de l'histoire de l'art et de la préservation des biens culturels* 42 (2015): 115-120.
- [14] :Anses. Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines Partie II: bains à remous .Édition scientifique (2013).
- [15] :Bernhard, Maïté, et al. "Identification et étude de sensibilité du modèle d'évaporation sur l'évolution de la température de l'eau d'une piscine collective en milieu tropical." *Congres Français de Thermique SFT*. 2019.
- [16] : Fernández-Santisteban, María Teresa. "Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas." *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* 51.2 (2017): 70-73.

[17] : Gomes AT., Elias WP., Scaletsky I., EC Guth B., Rodrigues JF., MF Piazza R., Ferreira L., Martinez MB. *Escherichia coli* diarrhéique. revue brésilienne de microbiologie. 47, P 3-30. (2016).

[18] : Koffi-Nevry R., Assi-Clair BJ., Assemmand EF., Affou SW., Koussemon M

Origine des témoins de contamination fécale de l'eau d'arrosage de la laitue (*Lactucasativa*) cultivée dans la zone périurbaine d'Abidjan. Journal of Applied Biosciences. Vol 52, P 3669-3675. . (2012).

[19] : Guyader FS., Ollivier J., Le Saux JC., Garry P. Les virus entériques humains et l'eau. Revue Francophone des Laboratoires. N° 459 , P 41-49. (2014).

[20] : Festy B., Hartemann P., Ledrans M., Levallois P., Payment P., Tricard D. Qualité de l'eau. environnement et santé publique-Fondements et pratiques. Chapitre 13 P 333-368. (2003).

[21] : Dr Merzougui moufida. *Notes de cours : Cours et exercice corrigés. Traitement et Conditionnement des eaux de Procès.* (Université de Bordj Bou Arreridj) (2022-2023)

<https://elearning.univ-bba.dz/course/index.php?categoryid=798>

[22] : Pr Bahloul Ahmed. *Notes de cours : Chimie des eaux.* (Université de Bordj Bou Arreridj) (2021-2022) <https://elearning.univ-bba.dz/course/index.php?categoryid=669>

[23] : Rodier, Jean, et al. "L'analyse de l'eau-9e éd." *Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.* Dunod (2009).

[24] : <https://www.lozere.gouv.fr/content/download/7142/45706/file/PISCINE>

[25] : <https://ihome.techexpertolux.com/kanalizaciya/koagulanty-dla-ocistki-vody/>

[26] : Degremont, Gilbert. *Mémento technique de l'eau.* Ed. Techniques Ingénieur, 1972.

[27] : Aquatic-Guidelines-Section-6; Section 6: Pool Water Quality Management.PDF. P 62

[28] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Communes\\_de\\_la\\_wilaya\\_de\\_Bordj\\_Bou\\_Arreridj](https://fr.wikipedia.org/wiki/Communes_de_la_wilaya_de_Bordj_Bou_Arreridj)

[29] : <https://www.iso.org>