

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Blida -1-



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie
Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme de Master
Option : Microbiologie
Thème

**Etude comparative des paramètres physicochimiques
et microbiologiques des eaux de piscines de la wilaya
de Blida.**

Date de soutenance :

Présenté par :

M^{lle} Mahieddine Mahmoud Feryal

M^{lle} Saoudi Chaima

M^{lle} Bourdjem Fella

Devant le jury :

Présidente : M^{me} OUAHCHIA C.

MCB

Université Blida -1

Examinatrice : M^{me} AIT SAADI N.

MCA

Université Blida -1

Promotrice : M^{me} LOUNACI L.

MCB

Université Blida -1

Co-promotrice : M^{me} TOBAL SEGHIR S.

MAA

Université Blida -1

Promotion : 2022-2023

Remerciements

*Nous tenons à remercier en premier lieu **Dieu** le tout puissant de nos avoir guidés durant toutes ces années et nous a permis de réaliser ce travail en nous donnant la force, la patience et la volonté.*

*C'est avec un grand plaisir qu'on exprime notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice : **Dr. Lounaci. L.** Nous lui exprimons notre reconnaissance pour ces précieux conseils qui nous ont permis de bénéficier de son expérience et d'acquérir de nombreuses connaissances tout le long de ce travail.*

*Nous aimerons également exprimer nos remerciements à **Mme Tobal Seghir.** S d'avoir accepté à la co-promotion de ce travail de fin d'étude. Nos remerciements s'adressent à notre président de jury **Dr. Ouahchia. C.** qui nous a fait le grand honneur de présider ce mémoire et d'évaluer ce modeste travail, Qu'il trouve ici le témoignage de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.*

*Nous aimerons également exprimer nos remerciements à notre examinatrice de jury **Dr. Ait Saadi. N** d'avoir accepté d'examiner ce travail et de l'enrichir par ces propositions.*

*Nous tenons à exprimer nos remerciements à **Mr TEFALI Djamel** pour son encadrement exceptionnel au cours de notre stage, pour sa patience, ses conseils, son soutien moral, sa rigueur et sa disponibilité ainsi nos sincères remerciements à **Mme BOUZERTINI.A** et **Mme Khadidja** pour la confiance et l'aide qu'il nous à accorder et tout le personnel de laboratoire d'hygiène et de santé publique Ouled yaich Blida de nous avoir bien accueillis et guidé.*

*Nous remercions beaucoup **HACIM** pour son soutien et son aide. Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

Dédicace

Je remercie Dieu le Généreux pour m'avoir guidé vers la lumière de la recherche, du savoir et de la science.

Du plus fond du cœur et avec l'intensité de mes émotions,

Je dédie ce travail :

À mon très cher père Abdoun,

Pour son amour infini, pour ses sacrifices qu'il a consentis pour ma réussite. Qu'il trouve ici le témoignage de mon profond respect, de ma profonde reconnaissance, de ma gratitude et de mon amour.

À ma très chère mère Rukaia,

En témoignage de mon amour éternel et de ma grande reconnaissance pour tous les efforts et les encouragements qu'elle a consentis pour moi tout au long de mes études. Qu'elle trouve dans ce travail le témoignage de ma profonde gratitude et infini dévouement.

À mes chers frères Abderrahmane, Youcef, Zakaria, et mes adorables sœurs Khadidja et Maria, Pour toute l'affection qu'ils m'ont toujours témoignée, je leur souhaite une vie pleine de bonheur, de gloire, de triomphe et de succès. Que Dieu nous garde toujours unis et heureux.

A mes chers trinômes Chaïma et Feryal pour ses ententes et ses sympathies.

À toute ma famille en particulier

À tous mes enseignants depuis l'école primaire jusqu'à ce jour.

À mes amis, mes collègues et tous ceux qui me sont chers qui sont nombreux et que je ne citerais pas ici volontairement de peur d'oublier l'un d'entre eux avec tout mon respect.

Je vous souhaite tous le bonheur du monde et un brillant avenir.

Vous êtes toujours dans mes pensées.

FELLA

Dédicace

*Avant tout, louange à " Allah " tout puissant qu'il m'a
Guidé tout au long de ma vie, qu'il m'a donné courage et
Patience pour passer tous les moments difficiles, qu'il m'a
Permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre
Vos mains aujourd'hui.*

Je dédie le fruit de 17 ans de mes études surtout à :

*A mes très chère parents, ma mère REZIG Souad et mon père ALI
Qui m'ont entouré de tout pour leur amour, leur tendresse, et pour leur
soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie*

A mon cher frère mon deuxième père : FETHIE

Pour son encouragement permanent, et son soutien moral.

A mes chers frères AMINE, ISHAK, NASR EDDINE.

A ma très chère tante KHADIDJA

A mes chères cousines AKILA, MEZORA

*A mes chères trinômes FELLA, FERYAL de passé des bonnes moments
inoubliables ensembles.*

CHAIMA

Dédicace

Grâce à Dieu le tout puissant

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents ma mère et mon cher père,

Pour leur patience, leur amour

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard,

De me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre

Mes objectifs.

A la mémoire de ma grand-mère « Mani »

A mes frères Mounir et Islam

Pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au

Long de mes études

A mes chers trinôme Chaïma et Fella

Pour ses ententes et ses sympathies

A mes très chères cousines Manel, Serine, Hadil et Chourouk

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles

A mes amies Leïla, Basma et Nihad

A toute ma famille.

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du

Moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.

FERYAL

Liste des tableaux

Tableau I : Classes de turbidité usuelles (NTU, Néphélométric Turbidity Unity).....	6
Tableau II : les différents paramètres physicochimiques régulièrement suivis dans les eaux de piscine.....	7
Tableau III : Les principales bactéries pathogènes rencontrées dans les eaux de piscines. ...	11
Tableau IV : Principales espèces plus rencontrées dans les piscines.	14
Tableau V : Différents virus causant des pathologies trouvés dans les eaux de piscines.	15
Tableau VI : Caractéristiques et parasites rencontrées dans les eaux de piscines.	16
Tableau VII : Normes des paramètres physicochimiques et microbiologiques recommandées par l'AFNOR dans les eaux de piscines.	17
Tableau VIII : Résultats du contrôle de qualité physicochimiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida.	38
Tableau IX : Résultats du contrôle de qualité microbiologiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida.....	39
Tableau X : Comparaison entre la qualité physicochimiques et microbiologiques des eaux de piscines analysées.....	40

Liste des figures

Figure 1 : Valeurs de pH mesurées dans les eaux de piscines analysées.....	31
Figure 2 : Valeurs de température (°C) mesurées dans les eaux de piscines analysées.....	32
Figure 3 : Valeur du chlore résiduel dans les eaux des piscines analysées.....	32
Figure 4 : Observation macroscopique des colonies de coliformes totaux cultivés sur milieu CCA et incubées à 24 h et à 37°C.....	33
Figure 5 : Observation macroscopique des colonies de coliformes fécaux dans le milieu CCA.....	33
Figure 6 : Confirmation de la présence de <i>E. coli</i> sur bouillon tryptophane incubé à 44°C pendant 24 h.....	34
Figure 7 : Observation macroscopique des colonies de streptocoque fécaux sur le milieu Slanetz incubé à 37 °C pendant 24 h à 48 h.....	34
Figure 8 : Résultat de test de confirmation des streptocoques fécaux dans le milieu BEA à44°C pendant 2h à 4h.....	35
Figure 9 : Noircissement du bouillon Giollité cantonné indiquant la présence de <i>Staphylococcus sp</i> après incubation à 37°C pendant 24h.....	35
Figure 10 : Observation macroscopique des colonies de <i>S. aureus</i> sur milieu Chapman incubées à 37°C pendant 24h.....	36
Figure 11 : Observation de résultat de test de catalase et l'apparition des bulles d'air.....	36
Figure 12 : Résultat de BHIB après l'incubation à 37°C pendant 24h.....	37
Figure 13 : Résultat de test de coagulase positif.....	37
Figure 14 : Résultats du contrôle de qualité physicochimiques (chlore résiduel) des eaux de piscines analysée.....	38
Figure 15 : Répartition des résultats du contrôle de qualité microbiologiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida.....	39
Figure 16 : Répartition des résultats du contrôle de qualité microbiologiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida.....	40

Liste des abréviations

% : pour cent.

(-) : négatif.

(+) : positif.

°C : Degré Celsius.

Afsset : Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail.

ASR : Anaérobie sulfito-réducteurs.

BEA : Bile esculine azoture.

BHIB : Bouillon infusion cœur cerveau.

Cl : chlore.

D/C : Double concentration.

DPDN°1 : Diéthyl-p- phénylènediamine N°1.

E. coli : *Escherichia coli*.

Fe : fer.

H : heure.

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

H₂S : hydrogène sulfide.

HOCL : Acide hypochloreux.

Max : Maximum.

mg/l : milligramme par litre.

Min : Minimum.

OMS : organisation mondiale de la santé.

ORL : Oto-rhino-laryngologie.

pH : potentiel hydrogène.

SFB : Bouillon sélénite-cystéine.

SPCs : sous-produits de chloration.

TSC : gélose tryptone sulfite cyclo-sérine.

TTC : le chlorure de triphényltétrazolium.

UFC : unités formants colonies.

VF : viande de foie.

VHA : virus hépatite A.

Résumé

L'eau d'une piscine présente un grand nombre de polluants, qui nécessite d'effectuer un traitement de l'eau régulier. Le contrôle sanitaire des eaux de piscine vise à assurer la protection sanitaire des baigneurs, et pour cette activité des normes ont été proposées.

Dans notre étude, 68 échantillons d'eau prélevés de différentes piscines de la wilaya de Blida ont été analysés, dont 37% présentent des résultats positifs (présence de micro-organismes) et 63% présentent résultats négatifs (absence de micro-organismes).

Les tests des paramètres physico-chimiques (pH, chlore résiduel et la température) ont été effectués par des méthodes analytiques standards. Certains résultats indiquent une mauvaise conformité générale quant à leur degré de conformité aux normes de l'AFNOR (81-324,1981).

L'énumération des bactéries indicatrices de risque fécale et de certaines bactéries pathogènes, elle est réalisée par la méthode de filtration après mise en culture sur milieu spécifique et sélectif.

Les résultats de l'analyse montrent la présence de pollution bactériologique dans certains prélèvements étudiés de l'eau de piscine, il s'agit principalement de (coliformes totaux, coliformes fécaux, *E. coli*, *S. aureus*). Cette pollution constitue un danger non négligeable pour la santé des populations qui fréquentent ce lieu.

En comparant nos résultats avec les normes AFNOR (81-324,1981), et en tenant compte les paramètres physicochimiques, il ressort que le taux des piscines conformes est 1% et des piscines non conformes est de 99%.

En tenant compte les paramètres microbiologiques le taux des piscines conformes est 63% dont 58% sont du secteur privé et 42% sont étatiques.

Alors que 37% des piscines analysées sont non conformes dont 44% sont du secteur privé et 56% sont étatiques.

On peut déduire de cette étude que les systèmes de filtration d'eau de piscine et les désinfectants utilisés (chlore) jouent un rôle important dans l'élimination des germes, mais rien n'empêche une contamination probable lors de la baignade car le système de régénération d'eau est fermé, ce qui nous mène à proposer des recommandations visant le système de filtration et régénération de l'eau ainsi que le système d'aération.

Les mots clés : Paramètres physico-chimiques, microbiologiques, les eaux de piscine, pollution, risques sanitaire.

Abstract

The water in a swimming pool contains a large number of

In our study, 68 water samples taken from various swimming pools in the wilaya of Blida were analysed, with 37% showing positive results (presence of microorganisms) and 63% showing negative results (absence of microorganisms).

Tests for physical and chemical parameters (pH, residual chlorine and temperature) were carried out using standard analytical methods. Some of the results show poor compliance with AFNOR standards (**81- 324,1981**).

The enumeration of fecal risk indicator bacteria and certain pathogenic bacteria is carried out using the filtration method after culturing on a specific and selective medium and selective medium.

The results of the analysis show the presence of bacteriological pollution in some of the pool water samples studied. Swimming pool water samples studied, mainly (total coliforms, fecal coliforms, E. coli, S. aureus). This pollution represents a significant health hazard for the people the health of the people who frequent this area.

By comparing our results with the AFNOR standards (**81-324, 1981**), and taking into account the physical and chemical parameters, it emerges that the rate of compliant pools is 1% and of non-compliant pools is 99%. Non-compliant pools are 99%.

Taking microbiological parameters into account, the rate of compliant swimming pools is 63%. Of which 58% are in the private sector and 42% are state-owned.

While 37% of swimming pools analysed were non-compliant, 44% were in the private sector and 56% were state-owned.

We can deduce from this study that swimming pool water filtration systems and the disinfectants used (chlorine) play an important role in eliminating germs. Used (chlorine) play an important role in the elimination of germs, but nothing contamination during swimming, as the water regeneration system is closed, which leads us to propose regeneration system is closed, which leads us to propose recommendations for the filtration and water regeneration system and the aeration system.

Key words: Physico-chemical and microbiological parameters, swimming pool water, pollution, health risks

ملخص

في دراستنا، تم تحليل 68 عينة مياه مأخوذة من حمامات سباحة مختلفة بولاية البليدة، منها 37% أظهرت نتائج إيجابية (وجود كائنات دقيقة) و63% أظهرت نتائج سلبية (عدم وجود كائنات دقيقة).

تم إجراء اختبارات المتغيرات الفيزيائية والكيميائية (الأس الهيدروجيني والكلور المتبقي ودرجة الحرارة) بالطرق التحليلية القياسية. تشير بعض النتائج إلى ضعف الامتثال العام من حيث درجة الامتثال لمعايير AFNOR

(81-324,1981)

يتم تعداد البكتيريا التي تشير إلى مخاطر البراز وبعض البكتيريا المسببة للأمراض بواسطة طريقة الترشيح بعد الزراعة على وسط محدد وانتقائي.

أظهرت نتائج التحليل وجود تلوث جرثومي في بعض عينات مياه حمامات السباحة المدروسة، وهي بشكل رئيسي (القولونيات الكلية، القولونيات البرازية، الإشريكية القولونية، المكورات العنقودية الذهبية). يشكل هذا التلوث خطراً كبيراً على صحة السكان الذين يترددون على هذا المكان.

من خلال مقارنة نتائجنا مع معايير AFNOR (81-324، 1981)، مع الأخذ في الاعتبار المعلمات الفيزيائية والكيميائية، يبدو أن معدل حمامات السباحة المتوافقة هو 1% والتجمعات غير المتوافقة 99%.

مع الأخذ في الاعتبار المعلمات الميكروبيولوجية، يبلغ معدل حمامات السباحة المتوافقة 63%، منها 58% من القطاع الخاص و42% مملوكة للدولة.

في حين أن 37% من حمامات السباحة التي تم تحليلها غير متوافقة، منها 44% من القطاع الخاص و56% مملوكة للدولة.

يمكن أن نستنتج من هذه الدراسة أن أنظمة تنقية مياه حمامات السباحة والمطهرات المستخدمة (الكلور) تلعب دوراً هاماً في القضاء على الجراثيم، لكن لا شيء لا يمنع التلوث المحتمل أثناء السباحة بسبب نظام تجديد المياه مغلق، مما يقودنا إلى اقتراح توصيات لنظام الترشيح وتجديد المياه ونظام التهوية.

الكلمات المفتاحية: العوامل الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية، مياه حمامات السباحة، التلوث، المخاطر الصحية.

Sommaire :

Remerciements

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction..... 1

Partie bibliographique

I.1 . Définition de piscine : 3

I.2 . Qualité de l'eau de piscine : 3

I.3 . Les différents types de piscines : 3

I.4 . Usage et activité des piscines : 3

I.5 . Pollution de l'eau de piscine : 4

I.6 . L'origine de pollution : 4

I.6.1 Pollution apportée par les baigneurs : 4

I.6.2 Pollution apportée par les sous-produits de désinfection : 4

I.7 . Paramètres de mesure de la pollution : 5

I.7.1 Paramètres organoleptiques : 5

I.7.2 Paramètres physico-chimiques : 6

I.8.Evaluation des risques sanitaires liés aux piscines : 8

I.8.1 Évaluation des risques physiques et chimiques pour la santé : 8

I.8.1.1.Risques physiques : 8

I.8.1.2.Risques chimiques : 8

I.9 .Les paramètres microbiologiques : 9

I.9.1 Paramètres bactériologiques : 9

I.9.2 Paramètres fongiques : 13

I.9.3 Paramètres virales : 14

I.9.4 Paramètres parasitaires :.....	16
I.10.Recommandations sur les normes de qualité :	16
I.11.Hygiène des baigneurs :	17
I.12.Traitement de l'eau :	18

Partie expérimentale

II.1.Matériel :.....	20
II.1.1 Matériel biologique :	20
II.1.2 Matériel non biologique :	20
II.2.Méthodes :	20
II.2.1 Echantillonnage et mode de prélèvement :.....	20
II.2.2 Transport et conservation des échantillons :	21
II.3.Analyse physico-chimiques :.....	21
II.3.1 Mesure du pH :	21
II.3.2 Mesure de température :	21
II.3.3 Mesure du chlore :.....	21
II.4.Recherche des microorganismes dans les eaux de piscines analysées :.....	21
II.4.1 Méthode de filtration sur membrane :	21
II.4.2 Recherche des coliformes totaux et fécaux :	22
II.4.3 L'identification biochimique de <i>Escherichia coli</i> :.....	23
II.4.4 Recherche des streptocoques fécaux :	23
II.4.5 Recherche des bactéries anaérobies-sulfito-réducteurs (ASR) :	24
II.4.6 Recherche de <i>Staphylococcus aureus</i> :.....	25
II.4.7 Recherche de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> :	26
II.4.8 Recherche de <i>Salmonella sp</i> :.....	27
II.5.Recherche des parasites dans les eaux de piscines analysées :.....	28
II.5.1 Filtration de l'échantillon et élution :	28
II.5.2 Concentration de l'échantillon :	28
II.5.3 Identification parasitaire :.....	28

II.5.4 Technique de coloration de Ziehl-Neelsen modifiée par Henriksen et Pohlenz :	28
II.6.Recherches des mycètes dans les eaux de piscines analysées :	29

Résultats et discussion

III.1.Résultats de recherche des paramètres Physico-chimiques et microbiologiques des eaux de piscines au niveau de wilaya de Blida :	31
III.1.1.Résultats des paramètres Physico-chimiques :	31
III.1.1.1.Le pH :	31
III.1.1.2.Température (°C) :	31
III.1.1.3.Le chlore résiduel :	32
III.1.2.Résultats de recherche des microorganismes :	32
III.1.2.1.Résultat de recherche et dénombrement des coliformes totaux :	32
III.1.2.2.Résultat de recherche et dénombrement de coliformes fécaux :	33
III.1.2.3.Résultat d'identification d' <i>Escherichia coli</i> :	33
III.1.2.4.Résultats de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :	34
III.1.2.5.Résultats de recherche de <i>Pseudomonas sp</i> :	35
III.1.2.6.Résultat de recherche de <i>Salmonella sp</i> :	35
III.1.2.7.Résultat de recherche des spores anaérobies sulfito-réducteurs :	35
III.1.2.8.Résultat de recherche de staphylocoques :	35
III.1.3.Résultat de recherche des parasites :	37
III.1.4.Résultat de recherche des champignons :	37
III.2.Résultats du contrôle de qualité physicochimiques et microbiologiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida :	38
III.2.1.Résultats du contrôle de qualité physicochimiques :	38
III.2.2.Résultats du contrôle de qualité microbiologiques :	39
III.3.Comparaison entre la qualité physicochimiques et microbiologiques des eaux de piscines analysées :	40
III.4.Discussion :	41
Conclusion.....	45

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

L'eau est l'une des ressources les plus importantes qui intervient dans toutes les composantes de la vie sur terre (**Dosso,2017**).

L'homme utilise l'eau dans beaucoup de ses pratiques quotidiennes : production agropastorale, alimentation, industrie et loisirs comme le cas des piscines destinées à la pratique de la natation (**OMS, 2006**).

L'eau de la piscine doit être propre ou claire à l'origine (avant la baignade), une fois qu'elle est fréquentée par les baigneurs, elle se contamine très rapidement d'autant plus qu'elle est régénérée en circuit fermé (**AFNOR 90-421,1989**).

Les baigneurs sont habituellement la principale source de pollution de l'eau de piscine, parce qu'ils contribuent à l'altération de la qualité des eaux de piscine, il s'agit entre autres de matières organique (urines, sueur...) et des produits chimiques (produits cosmétiques, désinfectants...) (**Zwiener et al.,2007**).

La plupart des microorganismes généralement liés aux piscines comprennent : *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholera*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mycobactérium spp*, *Staphylococcus aureus*, *Légionella*, *Cryptosporidium parvum*, *Giardia*, *Microsporidia*, *Dermatophytes* et champignons kératinophiles, et les virus de l'Hépatite A et E. Cela signifie que le risque lié à ces pollutions est principalement microbiologique (bactéries, virus, protozoaires et champignons microscopiques) qui peuvent provoquer des maladies d'origine hydrique tel que le choléra, la typhoïde, etc... (**OMS,2006**).

Concernant les risques chimiques, ils sont de deux types toxique et cancérigène et peuvent être l'origine des problèmes oculaires et irritations cutanées pour les baigneurs (**OMS,2006**).

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est :

- ✓ D'évaluer la qualité physico-chimique (taux du chlore résiduel, température et pH) des eaux de piscines de la wilaya de Blida et ses environs.
- ✓ Evaluer la qualité microbiologique des eaux des piscines pour protéger la santé des baigneurs en se basant sur la détection et le dénombrement des bactéries indicatrices de risque fécale (les coliformes thermotolérants, *E. coli*, *Streptocoques*), et de certaines bactéries pathogènes (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylocoques aureus* et *Salmonella sp*).

- ✓ Essayer d'établir une estimation de la qualité des piscines de la wilaya de Blida et ses environs à savoir des piscines étatique et privés en comparant nos résultats d'analyses avec les normes française AFNOR (**AFNOR 81-324,1981**).

Partie
bibliographique

I.1. Définition de piscine :

Une piscine se définit comme un bassin artificiel, de forme et de dimensions variables aménagé pour la baignade et la natation (**Catastini et al., 2015**).

Les piscines offrent tous les bienfaits des activités pratiquées en milieu aquatique. Elles jouent un rôle incontestable dans le développement et l'équilibre physique et mental de l'individu quel que soit son âge et sa constitution (**Fleuret,2022**).

I.2. Qualité de l'eau de piscine :

La qualité idéale d'une piscine nécessite une eau claire. Inodore, non irritant pour la peau et les yeux, sans danger pour les maillots de bain et a une température adaptée aux activités qui s'y déroulent (**Festy et al., 2003**).

I.3. Les différents types de piscines :

On distingue plusieurs types de piscines selon leur construction comme les piscines découvertes dotées d'un toit ouvrant, les piscines couvertes placés dans des bâtiments fermés (**Nicolas,2021**), des piscines mixtes (**Auvray,2009**) et transformables (à couverture amovible) (**Le Base,2000**).

I.4. Usage et activité des piscines :

Le groupe d'experts a retenu les classifications de l'OMS pour déterminer la typologie des piscines liée à leur usage (**OMS, 2006**) à savoir, une piscine privée à usage domestique, une piscine semi-publique au niveau d'un hôtel, d'établissement scolaire, club de remise en forme, de copropriété, de bateau de croisière...etc. Et une piscine publique (municipale).

Selon le guide précité, différents types de bassins peuvent être identifiés en fonction des Activités qui y sont pratiquées (**EDF France et al., 2003**), notamment :

- Les bassins d'apprentissage destiné aux enfants de 5 à 11 ans d'une superficie inférieure ou égale à 125 m² et d'une profondeur maximale de 1,2 m.
- Pataugeoire adaptées aux enfants de 2 à 5 ans dont la profondeur de l'eau n'excède pas 0,20 m à la périphérie et 0,40 m au centre.

- Bassin à vagues ayant un profil de fond et une profondeur adaptés à la production des vagues.
- Bassin pour bébés nageurs de petite taille dont la température de l'eau du bassin doit être amenée à 32°C et profondeur est d'environ 1 m.
- Piscine « sport-loisirs » établissement intégrant des fonctions sportives et des fonctions ludiques, il peut être constitué de plusieurs éléments : des bassins couverts, des bassins de plein air ou transformables.
- Bassin de plongée ayant au minimum une profondeur de 5 m, permettant de se familiariser avec la pratique de la plongée.

I.5. Pollution de l'eau de piscine :

La contamination de l'eau de piscine par des composés organiques et minéraux est causée par les composés apportés par l'eau d'appoint (eau de distribution), par les réactifs utilisés pour le traitement des eaux (coagulants-floculants, réactifs pour ajuster le pH, désinfectants, stabilisants ...), par les composés apportés par les baigneurs et par les composés formés lors du traitement des eaux et en particulier lors de la chloration des eaux (**Seux et al.,1985**).

I.6. L'origine de pollution :

I.6.1 Pollution apportée par les baigneurs :

Selon **Zwiener et al., (2007)** la pollution apportée par les baigneurs dans le bassin prend différentes formes :

- Les polluants d'origine humaine (pollution particulaire), ex : cheveux, peaux mortes...etc.
- Pollution diffuse, ex : urine, sueur, sébum.

Pollution liée à la contribution de certains produits cosmétiques et notamment celle des écrans solaires.

I.6.2 Pollution apportée par les sous-produits de désinfection :

Les produits désinfectants halogénés (chlore, brome) peuvent réagir avec les composés organiques présents dans l'eau et donner naissance à de très nombreux sous-produits (**Richardson et al., 2007**).

Parmi les sous-produits de désinfection il existe :

❖ **Sous-produits de chloration :**

Comme les chloramines organiques et minérales, en particulier la trichloramine, les trihalométhane (THM), les acides haloacétiques (AHA), l'hydrate de chloral et les acides haloacétonitriles (HAN) qui sont présents dans l'eau en concentration relativement élevée (**Walse et Mitch, 2008**).

❖ **Sous-produits de bromation :**

Selon l'**OMS, (2000)** les principaux sous-produits issus de la désinfection par le brome recensé sont : les chlorates, les THM bromés, dont principalement le bromoforme, l'hydrate de bromal, les bromates, les bromamines.

❖ **Sous-produits d'ozonation :**

Les sous-produits formés lors de la désinfection de l'eau par l'ozone dans les piscines (**OMS, 2000**).

I.7. Paramètres de mesure de la pollution :

I.7.1 Paramètres organoleptiques :

Les facteurs organoleptiques concernent les qualités sensibles de l'eau (couleur, turbidité et odeur) constituent souvent les Facteurs d'alerte pour une pollution. Ils n'ont pas de valeur sanitaire directe (**Genoudet, 2001**).

▪ **Turbidité :**

La turbidité est un indicateur de la pollution qui traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, Argiles, organismes microscopiques...) (**Chungachako et Wafula, 2017**). Une haute valeur de la turbidité au niveau des eaux de piscines pourrait entraîner une prolifération des microorganismes causant un risque sur la santé des baigneurs (**Koné, 2011**), (**Tableau I**).

Tableau I : Classes de turbidité usuelles (NTU, Néphélométric Turbidity Unity).

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

(Joel,2003)

▪ **Couleur :**

Grâce à la filtration mécanique et les produits de traitement chimique ; la couleur de l'eau de piscine est généralement bleue et transparente (Caillat et al., 2015).

▪ **Odeur :**

L'odeur de chlore dans la piscine a pour l'origine la présence de chloramine (Carbonelle,2003).

I.7.2 Paramètres physico-chimiques :

Les paramètres régulièrement suivis, lors des contrôles de qualité physico-chimiques comprennent : la turbidité, le pH, la température, le chlore libre et les éléments minéraux, qui présentent des risques sur la santé humaine (OMS, 2000).

Selon Houti et al., (2014) sodium, Potassium, sulfate sont des éléments chimiques présents aussi dans l'eau.

Le Tableau ci-après résume les différents paramètres physicochimiques régulièrement suivis dans les eaux de piscines.

Tableau II : les différents paramètres physicochimiques régulièrement suivis dans les eaux de piscine.

Paramètres Physiques	
Le potentiel d'hydrogène (pH)	Le pH de l'eau de piscine doit être entre 7 et 7,4 (Freyfer, 2012). C'est l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau de piscine, Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes les opérations de traitement. (Rodier, 2009).
Température	La température est maintenue entre 26 à 39 toute l'année, pour assurer le confort de baignade pour la plupart de nageur. Elles ne doivent cependant pas être supérieures ou inférieures à cet (Bernhard et al., 2019).
Conductivité	C'est la capacité de l'eau à conduire le courant électrique (la teneur en ions) (Houti et al., 2014). La mesure de la conductivité permet donc de connaître la quantité de sels dissous dans l'eau. Ce paramètre doit obligatoirement être mesuré sur le terrain (Joel, 2003).
Paramètres chimiques	
Chlore	C'est le produit chimique le plus couramment utilisé dans le traitement de l'eau de piscine. Il désinfecte non seulement les bactéries et les algues en désinfectant, mais il oxyde également d'autres matériaux tels que la saleté et les chloramines (Carbannelle, 2003). Il est souvent utilisé comme un indice de pollution (Makhoukh, 2011). Le chlore se trouve dans l'eau sous plusieurs formes chimiques au pouvoir désinfectant plus ou moins important et dont les proportions des différents dérivés dépendent des facteurs physico-chimiques du milieu (pH, matières organiques et minérales, température)(OMS, 2000).

I.8 Evaluation des risques sanitaires liés aux piscines :

I.8.1 Évaluation des risques physiques et chimiques pour la santé :

I.8.1.1 Risques physiques :

Les piscines sont des environnements humides et mouillés, ainsi le sol y est toujours glissant et mouillé, pouvant causer des chutes et noyades causant des blessures plus ou moins graves (Anses, 2013).

La température peut être considérée comme un danger direct puisque rapporte des cas de décès suite à la fréquentation de bain à remous dont la température de l'eau était de 43 °C. Ou même dans le cas de bains froids (8-10 °C) (OMS, 2006).

L'augmentation de la température de l'eau permet l'évolution des vitesses des réactions entre les produits de désinfection et la matière organique apportée par les baigneurs, ce qui augmente la formation des sous-produits de désinfection, qui devenant un danger sur la santé des baigneurs (Rodriguez et al., 2001).

I.8.1.2 Risques chimiques :

Les produits de désinfection de l'eau (chlore, brome, ozone...) se recombinaient avec la matière organique apportée dans l'eau par les baigneurs et forment des sous-produits qui sont des contaminants chimiques nocifs, comme les trichloramines ou le chloroforme (Afsset, 2010).

Ces composés peuvent atteindre des taux capables d'entraîner des troubles respiratoires (asthme, bronchites...), cutanés (eczéma) et oculaires chez les personnes qui fréquentent les piscines à commencer par les plus réguliers d'entre eux (nageurs sportifs, maîtres-nageurs, personnels d'entretien et d'accueil). Mais ces risques touchent également les très jeunes enfants dont les systèmes respiratoire et immunitaire sont encore en développement (Afsset, 2010).

Dans le cas des piscines chlorées, il n'y aurait probablement pas de risque cancérigène lié à l'exposition aux sous-produits de désinfection considérés (Panyakapo et al., 2008), et aussi les usagers fréquentant des piscines désinfectées par le chlore (Pardo et al., 2007).

L'exposition aux sous-produits de chloration (SPCs) provoque la génotoxicité, il est à noter que les SPCs bromés sont plus toxiques que les SPCs chlorés et que les SPCs azotés sont généralement plus toxiques que les SPCs carbonés (Manasfi et al., 2017).

Concernant l'acide dichloroacétique (DCA), il est à noter cependant une probabilité d'apparition de cancer du foie légèrement supérieure à la limite acceptable pour les nageurs adultes sportifs et des nageurs de haut niveau (**Panyakapo et al., 2008**).

Les nageurs exposés aux THM de l'eau de piscine, peut provoquer un cancer des voies respiratoires ou de la sphère ORL(**Panyakapo et al., 2008**).

I.9 Les paramètres microbiologiques :

I.9.1 Paramètres bactériologiques :

L'analyse bactériologique de l'eau de piscine consiste à rechercher un certain nombre de germes test, car il est très difficile d'identifier tous les germes dangereux dite de contamination fécale.

La recherche et le dénombrement portent sur :

I.9.1.1 Bactéries indicateurs spécifiques de contamination fécale :

Selon **Dahel, (2009)** trois indicateurs sont à noter : les coliformes totaux, coliformes fécaux, et les streptocoques fécaux.

I.9.1.1.1 Les coliformes totaux :

Les coliformes comprennent un certain nombre d'espèces bactériennes qui appartiennent en fait à la famille des *Enterobacteriaceae* (**Fernandez-Santisteban,2017**).

Sont définis comme étant des bactéries aérobies et anaérobies facultatives à gram négatifs, non sporulés, en forme de bâtonne, ils fermentent le lactose avec production de gaz, possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35-37°C en moins de 24 heures (**Fernandez-Santisteban,2017**).

Dans une eau de piscine désinfectée, ces bactéries constituent plutôt un indicateur d'efficacité de la désinfection que d'une contamination fécale (**AFNOR, 1999**).

I.9.1.1.2 Les coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux, ou dite coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose.

Sont capables de se développer à 44°C alors qu'aucune croissance n'est observée à cette température pour les souches non fécales. Ils ne sont pour la plupart pas pathogènes sauf

Escherichia coli O157:H7, et, dans une moindre mesure certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* sont aussi considérés comme coliformes fécaux (Elmund et al.,1999 ;Santé Canada,1991 ;Edberg et al.,2000).

I.9.1.1.3 Streptocoques fécaux :

Ce sont les streptocoques du groupe D ; des bactéries qui se présentent sous forme de cocci à Gram positive en chainettes, sphériques ou ovoïdes, catalase négatif et anaérobies facultatives (Seghir,2008).

I.9.1.2 Bactéries non réellement spécifiques de contamination fécale :

Bactéries anaérobies sulfito-réductrices(ASR) :

Est un groupe de bactéries capables de réduire les sulfites présents dans le milieu de culture en sulfures se développant uniquement en absence d'oxygène (Delarass, 2007).

Sont des bactéries anaérobies à Gram positif, sporulées, résistant en raison de sa capacité à produire des spores et présentent une certaine thermotolérance (46°C). Dans ce groupe on retrouve principalement *Clostridium perfringens* mais également le groupe des *Clostridium botulinum* (Carip et al., 2015).

Ils sont ainsi témoins d'une contamination fécale ou tellurique. C'est pourquoi, leur utilisation en tant qu'indicateurs de contamination fécale d'une eau n'est pas très spécifique (Carip et al., 2015).

Les principales bactéries pouvant causer des pathologies notables lors d'une infection sont résumées dans le tableau III.

Tableau III : Les principales bactéries pathogènes rencontrées dans les eaux de piscines.

Bactéries	Caractéristiques	Pathologies associées aux baignades en piscine
<i>Escherichia coli</i>	<p>Est une bactérie gram-négative de la famille des Enterobacteriaceae en forme de bacille, anaérobie facultative et ne forme pas de spore (Hunter, 2003).</p> <p>Elle est pourvue des cils, mobile grâce à une ciliature péritriche (Bey, 2009)</p> <p>A Oxydase (-), H₂S (-), Uréase (-), β-galactosidase(+), ONPG(+) et par la production d'indole (Haouzi, 2013).</p>	<p>·Infection urinaire :</p> <p>Elle est plus fréquente chez la femme en raison de la brièveté de l'urètre, Chez l'homme, l'infection est généralement secondaire à un obstacle sur les voies urinaires. Elle peut se compliquer de prostatite.</p> <p>·Infection intestinale :</p> <p>Se manifestent par des diarrhées d'allure banale, diarrhée cholériforme, diarrhée sanglante. La diarrhée chez les nourrissons peut rapidement entraîner une déshydratation (Muylaert et al., 2012).</p>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<p>Connu sous le nom de bacille pyocyanique, bacille du pus bleu ou Pyo (OMS, 2006)</p> <p>Gram négatif non fermentatif, parfois entouré d'une pseudo-capsule (Solbi, 2013).</p> <p>bacille fin sous forme de bâtonnet de 1 à 5 µm de longueur (Chaker, 2012)</p>	<p>Otite, folliculite, infection urinaire ou respiratoire, conjonctivite, elle concerne les enfants, personnes âgées ou immunodéprimés, personnes atteintes de mucoviscidose (OMS, 2006).</p>

<p><i>Aeromonas hydrophila</i></p>	<p>Bactérie opportuniste pour l’homme, très répandu dans l’environnement, adapté au milieu hydrique. Les <i>Aeromonas</i>, représentées initialement par l’espèce <i>A. Hydrophila</i>, comprennent 16 espèces (Nichols et al., 2002).</p> <p>La température optimale de croissance de la bactérie est de 30°C à 37°C mais elle peut se multiplier dans l’eau entre 5°C et 45°C (Harf-Monteil, 2000)</p>	<p>Gastro-entérite, une infection cutanée (OMS,2006b).</p> <p>Une gastro-entérite infectieuse banale, de faible durée. Chez les enfants, les personnes âgées et celles dont le système immunitaire est compromis des complications gastro-intestinales : diarrhée dysentérique, diarrhée aqueuse ou sanglante (Horneman et al.,2007).</p>
<p><i>Staphylococcus aureus</i></p>	<p>Une bactérie de la famille des Micrococcaceae, cocci, non sporulé, de 0,5 µm à 1,5 µm de diamètre (OMS,2006).</p> <p>Aéro-anaérobie facultative avec une température optimale de 37°C et un pH optimal de croissance de 7,5 (Robert, 2013).</p> <p>Gram positives se présentent généralement en grappes, en cellules individuelles ou par paires (OMS,2006).</p> <p>Indole (-), acétone (+), uréase (+), réduisent le télorite de potassium et les nitrates en nitrites, et produisent de l’ammoniaque à partir de l’arginine (Aouati,2009).</p>	<p>•Infections urinaires et infections cutanéomuqueuses (infections des plaies, impétigos, furoncles, abcès, conjonctivites, Otites externes, angines, sinusites, etc.) (Brun et Bes, 2000).</p>

<p><i>Salmonella sp.</i></p>	<p>Bacilles à Gram négatif, généralement mobiles, aéro-anaérobies facultatifs, oxydase (-), fermentative du glucose, lactose (-), H₂S (+) ou (-) de la famille des Enterobacteriaceae (Fuli Wu et al.,2016). La température optimale de croissance des salmonelles est de 35 à 37°C (Baraduc,2000).</p>	<p>Salmonellose : qui caractérisée par une fièvre à 40°C, de la diarrhée, des vomissements, des maux de tête, des douleurs abdominales, des nausées et une fatigue générale. Chez les sujets immunodéprimés, les jeunes enfants et les personnes âgées, l'infection peut être mortelle(FAO) (Neto et al., 2010).</p>
<p><i>Legionella pneumophila</i></p>	<p>Un bacille à Gram négatif aérobie stricte de la famille des Legionellaceae et mobiles. Il se présente sous la forme d'un court bâtonnet de 3 à 5 µm de longueur (Edelstein, 2007).</p>	<p>•Pneumonie et autres infections respiratoire : touche les personnes immunodéprimés, fumeurs insuffisants respiratoires, cardiopathies, personnes âgées accompagnée par des diarrhées, vomissements, nausées et douleurs abdominales(OMS, 2006).</p>

I.9.2 Paramètres fongiques :

Les champignons microscopiques sont très répandus dans la nature et se rassemblent fréquemment dans les piscines en deux groupes morphologiquement distincts : les champignons filamenteux ou les moisissures, les champignons ou les levures unicellulaires(Schaechter M, 1999). Ils ont besoin d'une humidité élevée et d'un confinement d'air pour se reproduire. Ils se rassemblent souvent dans les piscines (Spinasse, 2000).

Le tableau IV représente les espèces fongiques pathogènes les plus rencontrées dans les piscines.

Tableau IV : Principales espèces plus rencontrées dans les piscines.

Les champignons	Caractéristiques	Pathologies associées aux baignades en piscine
<i>Candida albicans</i>	Le pH optimum de croissance se situe en milieu acide (pH 2 à 6), mais il peut survivre jusqu'à pH 9. Sa température optimale de croissance est comprise entre 25°C et 37°C (Schaechter et al., 1999).	Mycoses superficielles cutanéomuqueuses : candidoses cutanées, onyxis, candidoses vulvo-vaginales, et Oomycètes (Dorko et al., 2004).
Dermatophytes (<i>Epidermophyton, Microsporium et Trichophyton</i>)	Les dermatophytes sont des champignons filamenteux, au tropisme préférentiel pour la peau et les phanères (cheveux et ongles). La température optimum de croissance d' <i>Epidermophyton, Microsporium</i> et <i>Trichophyton</i> se situe entre 25 °C et 30°C (Taplin et al., 1969).	Les mycoses des plis inter-orteils « pied d'athlète ». <i>Epidermophyton, Microsporium</i> et <i>Trichophyton</i> sont à l'origine de diverses manifestations cliniques dont des mycoses-cutanées et des phanères (OMS, 2006).

I.9.3 Paramètres viraux :

Dans les piscines, les virus ont généralement une origine fécale ou cutanéomuqueuse. Ils peuvent parfois être présents en grande quantité dans l'eau, par exemple lors d'un accident fécal. De nombreux virus pathogènes pour l'homme ont un tropisme spécifique pour les cellules humaines et leur réservoir est exclusivement humain. Il est à noter, que si la désinfection par chloration inactive les virus, son efficacité est souvent réduite par la présence de matières organiques dans l'eau (Afssa, 2007).

Le tableau ci-après résume les virus les plus redoutables dans une eau de piscine.

Tableau V : Différents virus causant des pathologies trouvés dans les eaux de piscines.

Virus	Caractéristiques	Pathologies associées aux bains en piscine
Norovirus	<p>Sont des virus à ARN simple brin non enveloppés. Il se distingue par sa grande diversité donnant naissance à plusieurs groupes génétiques.</p> <p>A noter que les norovirus sont sensibles au chlore (Shin et Sobsey, 2008).</p>	<p>Les norovirus sont des agents de gastro-entérite aiguë. Les symptômes premiers apparaissent entre 24 et 48 heures. Cette gastro-entérite est relativement bénigne.</p> <p>Cependant, il existe des formes cliniques plus sévères observées, en particulier chez les personnes immunodéprimées des formes chroniques et des cas de déshydratation ont été décrits (Afssa, 2007).</p>
L' hépatite A	<p>Le virus de l'hépatite A (VHA) est un virus à ARN simple brin non enveloppé. Il est très résistant et persiste dans le milieu extérieur ce qui facilite sa transmission indirecte à l'homme.</p> <p>Le VHA est sensible au chlore : son pouvoir infectieux diminue de 99,99% (4 log) en 6 min, après traitement avec 0,5 mg.L⁻¹ de chlore libre à pH 6 (Afssa, 2007).</p>	<p>L'hépatite A est une infection aiguë généralement bénigne se manifestent par un ictère accompagné d'un syndrome pseudo-grippal et d'une forte asthénie (Afssa, 2007).</p>
Adenovirus	<p>Virus non enveloppés à ADN bicaténaire, classé en six espèces.</p> <p>La sensibilité au chlore est dépendante du type d'adénovirus (Baxter et al., 2007).</p>	<p>Les adénovirus A, B, C, D, E sont responsables de conjonctivites, de kératites et de syndromes respiratoires avec fièvre, peu sévères qui peuvent conduire dans certains cas, à des pneumonies (OMS, 2005).</p>

I.9.4 Paramètres parasitaires :

Les espèces parasitaires les plus rencontrées dans les eaux de piscines sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau VI : Caractéristiques et parasites rencontrées dans les eaux de piscines.

Parasites	Caractéristiques	Pathologies associées aux baignades en piscine
<i>Cryptosporidium</i>	Est un protozoaire, unicellulaire, cosmopolite d'origine fécale (OMS, 2009). Les oocystes c'est la forme de dissémination de <i>cryptosporidium</i> , de forme ovoïde, sporulés, de petite dimension varie à 2-6 µm (Khellaf, 2007). Il faut exposer les oocystes de <i>Cryptosporidium</i> à une concentration de chlore de 30mg/l pendant 240 min pour avoir 99 % d'élimination (Burlion et al., 2004).	Les cryptosporidioses, se caractérisent par une gastro-entérite qui est reconnue par une diarrhée et des troubles digestifs des nausées, des vomissements, des crampes abdominales et une fièvre. Chez les patients (O'Donoghue, 1995) Chez les sujets immunodéprimés. <i>Cryptosporidium</i> est responsable d'infections persistantes et sévères, pouvant être mortelles (OMS, 2005).
<i>Giardia lamblia</i> (intestinalis)	C'est un protozoaire flagellé, zoonose intestinale, ubiquitaire (OMS, 2005). Les cystes de <i>Giardia</i> sont très résistants aux désinfectants, Ainsi il faut exposer les cystes <i>Giardia</i> à une concentration de chlore de 5 mg/l pendant 30 min pour avoir 99 % d'élimination (Burlion et al., 2004).	Giardiase, maladie pouvant se manifester par des problèmes digestifs, fréquente et plus sévère chez l'enfant, souvent asymptomatique, elle peut être à l'origine d'une entérite chronique accompagnée d'un syndrome maldigestion-malabsorption (Sandrine, 2002).

I.10 Recommandations sur les normes de qualité :

Le respect rigoureux des normes de qualité physicochimique et microbiologique de l'eau des piscines fournit l'indication que ces bassins sont exploités de manière à minimiser les risques de maladies infectieuses et les risques physicochimiques.

La réglementation française sur le contrôle de la qualité des eaux de baignade publie des normes ou des valeurs-guides à respecter pour que ces risques demeurent faibles, et les révisent périodiquement pour tenir compte de l'évolution des connaissances, cette directive a été traduite par le décret n°81-324 du 7 avril 1981 (**AFNOR 81-324,1981**).

Les normes recommandées dans les eaux de piscines concernant les paramètres physicochimiques et microbiologiques sont indiquées dans le **tableau VII**.

Tableau VII : Normes des paramètres physicochimiques et microbiologiques recommandées par l'AFNOR dans les eaux de piscines.

Paramètres	Unités	Normes AFNOR
Physico-chimiques		
pH	/	6,9 à 8,2
Chlore	mg/L	Entre 0,4 et 0,6
Temperature	°C	≤ 30
Microbiologiques		
Coliformes totaux	UFC/100mL	<10 germes/100ml
Coliformes thermotolérants	UFC/100mL	Absence dans 100ml
<i>Streptocoques fécaux</i>	UFC/100mL	Absence dans 100ml
Les anaérobies sulfito-réducteurs	UFC/100mL	Absence dans 100ml
<i>Staphylococcus aureus</i>	UFC/100mL	Absence dans 100ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	UFC/100mL	Absence dans 100ml
<i>Salmonella sp</i>	UFC/100mL	Absence dans 100ml

(AFNOR 81-324,1981)

I.11 Hygiène des baigneurs :

L'hygiène des baigneurs a un impact direct sur la qualité de l'eau dans les piscines. Elle a aussi un impact direct sur la propreté et la contamination des surfaces.

Il est essentiel de respect de règles élémentaires d'hygiène corporelle avant l'accès aux bassins, et à appliquer des règles souvent admises à l'étranger comme par exemple :

- Le respect des zones de déchaussage (zones pieds nus / pieds chaussés).
- L'utilisation d'un maillot de bain spécial.
- Le port d'un bonnet de bain.
- Le respect des précautions intimes avant la baignade (passage aux toilettes).
- L'absence d'utilisation de produits cosmétiques.
- Déconseille le port des lentilles de contact pendant la baignade en piscine (**Afsset,2009**).

I.12 Traitement de l'eau :

L'eau de piscine demande un minimum d'entretien car chaque jour, elle fait l'objet de nombreuses agressions : pollution par les végétaux, les insectes, les baigneurs. Pour pallier à cela, une bonne filtration, un traitement chimique adapté et un entretien courant du bassin sont à la fois indissociables et indispensables (**Afsset,2009**).

On traite l'eau d'une piscine grâce à deux méthodes : La filtration et la désinfection.

- La première est un traitement mécanique qui conduit à éliminer les particules polluantes.
 - Elle fait vraiment partie des bases à connaître en matière de piscine.
 - Elle est responsable sur 80% de la qualité de l'eau de baignade (les 20 % restants reviennent aux produits de traitement). La filtration est intégrée au circuit hydraulique et une bonne installation en piscine (**Afsset,2009**).
 - La seconde est la désinfection : Traitement chimique qui complète l'action de la filtration en tuant les micro-organismes indésirables (souvent pathogènes) et en maintenant l'eau équilibrée et confortable pour le baigneur (**Afsset,2009**).
 - Les procédés de désinfection ou produits de traitement sont le chlore, le brome, le Polyhexaméthylène biguanide (pHMB), l'oxygène actif, l'ozone et les ultra-violets. C'est le chlore qui est le plus couramment utilisé (**Afsset,2009**).
 - Le mode de diffusion est soit manuel (ex : je jette un galet de Chlore dans le skimmer.), soit automatique (électrolyse, régulations automatiques et pompes doseuses).
- Parallèlement à cela, il faut aussi savoir maintenir ce qu'on appelle « l'équilibre de l'eau » (niveau de pH, dureté, Titre alcalimétrique complet (TAC)) pour que la piscine soit confortable pour le baigneur et, surtout pour que les produits soient efficaces (**Afsset,2009**).

Partie

expérimentale

Cette étude a été réalisée au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida pendant quatre mois de stage (du mois de février au mois de mai), 68 échantillons ont été prélevés à partir des piscines étatiques et privées.

L'objectif de notre travail consiste à réaliser une analyse comparative entre les paramètres physicochimiques et microbiologiques des eaux de piscines et évaluer la pollution pendant chaque utilisation, c'est-à-dire en présence de baigneurs.

II.1 Matériel :

II.1.1 Matériel biologique :

Les 68 échantillons des eaux de piscines de la wilaya de Blida ont été prélevés de différentes piscines semi olympique et des piscines de loisirs (piscines étatique et privées). Les échantillons ont été prélevés pendant la natation de différentes catégories de personnes : adultes (Femmes/Hommes) et enfants. Les prélèvements ont été effectués au cours de la semaine dans des horaires différents.

II.1.2 Matériel non biologique :

Le matériel non biologique représenté par la verrerie, les milieux de culture, les réactifs, les colorants et appareillage sont représentés au niveau de l'annexe 1,2 et 3.

II.2 Méthodes :

II.2.1 Echantillonnage et mode de prélèvement :

Le prélèvement des échantillons est l'une des étapes les plus importantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Il est donc essentiel que l'échantillonnage soit effectué avec prudence et dans des conditions d'asepsie rigoureuse, pour éviter les sources possibles de contamination (AFNOR 90-421,1989).

- Les échantillons d'eau sont prélevés soigneusement dans des flacons stériles de 500 ml en verre à bouchon rodé.
- Les flacons stériles sont plongés à une distance qui varie de 0 à 20 cm la surface assez loin des bords.
- Les flacons sont remplis au 9/10 avec toutes les précautions d'asepsie nécessaires.
- Une fois que le prélèvement est terminé, on inscrit sur l'étiquette les indicateurs nécessaires à l'identification du prélèvement comme : la date, heure de prélèvement et le nom de piscine ...etc.

II.2.2 Transport et conservation des échantillons :

Après prélèvement, le flacon contenant l'échantillon d'eau étiqueté sera transporté dans une glacière avec bloc réfrigérantes dans une température variant de 4 à 6°C.

Les échantillons d'eau peuvent être envoyés au laboratoire afin d'y être traités le plus rapidement possible (idéalement dans les 24 heures) et pour éviter que la teneur initiale en germes des eaux ne risque de subir des modifications dans le flacon.

Après l'analyse, les échantillons sont conservés au réfrigérateur à $5^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ jusqu'à remise des résultats d'analyse.

II.3 Analyse physico-chimiques :

II.3.1 Mesure du pH :

A l'aide d'un pH-mètre, on prélève un échantillon d'eau de piscine 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 on lave le côté immergé de l'appareil et le récipient avec de l'eau distillée et répétons la mesure dans un autre échantillon.

II.3.2 Mesure de température :

On mesure la température des eaux de piscines analysées à l'aide d'un thermomètre. Un échantillon d'eau est mis dans un grand bécher en verre d'une capacité de 125 mL. Ensuite, on introduit le thermomètre (fil électrique) dans la vasque pendant une minute ou deux le temps que la température se stabilise, puis on lit le résultat.

La température de l'eau peut aussi être mesurée directement dans la piscine.

II.3.3 Mesure du chlore :

Le chlore est mesuré en remplissant la cuvette d'analyse avec l'eau de piscine à analyser, puis on ajoute une pilule DPD1. Ensuite, on agite jusqu'à dissolution complète, puis attendre 2min. Enfin, on place cette cuvette dans le comparateur et comparer la couleur de l'eau obtenue avec l'échelle colorée pour le chlore.

II.4 Recherche des microorganismes dans les eaux de piscines analysées :

II.4.1 Méthode de filtration sur membrane :

•Principe :

Les bactéries présentes dans l'échantillon à analyser sont retenues sur un filtre de $0,45\ \mu\text{m}$ de diamètre. Le filtre qui a retenu les bactéries contenues dans l'eau, est ensuite déposé sur un

milieu de culture approprié où les bactéries puisent les éléments nécessaires à leur croissance et se développent.

Après incubation, les UFC (unités formants colonies) sont comptées pour évaluer la qualité microbiologique de l'eau. Selon le milieu de culture où est déposé le filtre, On met en évidence la présence de différents types de microorganismes.

• **Méthode :**

La filtration de l'eau sur membrane est une étape préalable à toutes les cultures pour l'isolement des différents germes recherchés. Le dispositif utilisé pour la filtration est constitué d'un :

- Entonnoir cylindrique, recevant l'échantillon.
- Support de filtre, sur lequel la membrane filtrante sera posée, d'une fiole réceptrice reliée à une pompe qui sert à faire le vide.

La méthode consiste à faire passer l'échantillon à analyser sur une membrane filtrante en nitrate de cellulose de porosité de $0,45\mu\text{m}$ pour l'isolement des coliformes, entérocoques et Staphylocoques, *Pseudomonas*, et un filtre de $0,22\mu\text{m}$ de diamètre pour les ASR.

La membrane est ensuite placée dans une boîte de pétri, contenant un milieu de culture spécifique aux germes recherchés tout en veillant à ne pas emprisonner de bulles d'air sous la membrane. Les boîtes sont enfin incubées à des différentes températures dans un incubateur pendant 24 à 48 heures (Cuq, 2007).

II.4.2 Recherche des coliformes totaux et fécaux :

Après filtration d'un volume de 100ml d'eau de piscine à analyser, la membrane est placée dans une boîte de pétri, contenant le milieu Chromogène coliforme agar (CCA) et ensuite incubée à 37°C dans un incubateur pendant 24 à 48 heures.

• **Lecture :**

Les colonies des coliformes totaux se caractérisent par une coloration rouge ou rosée tandis que celles des coliformes fécaux sont reconnaissables par une coloration bleu ou violette.

Cette différence de coloration s'explique par le fait que les coliformes possèdent l'enzyme β -galactosidase, qui à 35°C est capable de transformer le lactose présent dans le milieu en acide lactique, ce qui conduit au virage de l'indicateur coloré, donnant ainsi les différentes couleurs.

II.4.3 L'identification biochimique de *Escherichia coli* :

• Principe :

En aérobiose, les souches possédant une tryptophanase dégradent le tryptophane en indole. Après culture de la souche, l'indole produit est révélé par ajout du réactif de Kovacs.

À l'aide de pipette Pasteur stérile on prélève une colonie caractéristique bleu ou violette, cette dernière est repiquée dans un bouillon tryptophane et mis dans une étuve à 44°C pendant 24h. Après incubation, on ajoute quelques gouttes de réactif de Kovacs.

• Lecture :

La présence d'un anneau rouge indique la présence d'*E. coli* dans le milieu.

II.4.4 Recherche des streptocoques fécaux :

• Principe :

Le milieu Slanetz est utilisé pour la recherche et l'isolement des streptocoques fécaux, il contient un composé (le chlorure de triphényltétrazolium (TTC)) inhibant les bactéries à Gram négatif et sélectionnant les streptocoques.

• Test de présomption :

Après filtration, la membrane est placée sur une boîte de pétri, contenant le milieu Slanetz et Bartley (SB) et incubée à 37°C pendant 24h à 48h.

• Lecture :

Après 48 heures d'incubation, des colonies de taille moyenne et de couleur rouge dont la coloration est due à la réduction du TTC sont considérées comme étant des colonies suspectes de streptocoques fécaux.

• Test de confirmation :

Toute membrane présentant ce type de colonie suspecte est transférée sur un milieu de confirmation qui est une gélose billée à l'esculine azide (BEA) ce milieu permet l'isolation sélective des entérocoques. Après l'incubation à 44°C pendant 2h à 4h dans ce milieu sélectif, les colonies confirmées sont celles qui présentent un halo noir traduisant l'hydrolyse de l'esculine en esculetine. Ce dernier a la capacité de se lier au fer pour donner la couleur caractéristique.

II.4.5 Recherche des bactéries anaérobies-sulfito-réducteurs (ASR) :

La recherche des ASR est réalisée par un prélèvement de 100 ml d'eau de piscine à analyser dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.

Après le chauffage, refroidir immédiatement le tube sous l'eau de robinet (choc thermique).

Après le choc thermique il existe 2 méthodes pour rechercher les ASR :

➤ **Méthode 1 :**

Après choc thermique, on fait passer 100 ml de l'échantillon à analyser sur une membrane filtrante en nitrate de cellulose de porosité de 0,22 µm.

Après la filtration on verse environ 10 ml de gélose TSC dans une boîte de pétri et on dépose de manière aseptique la membrane sur la boîte à l'aide de pince stérile, ensuite on reverse environ 10 ml de gélose TSC. Après solidification du milieu, on incube la boîte à 37°C pendant 24 à 48 heures.

• **Lecture :**

Une première lecture est réalisée après 24 heures et une deuxième après 48 heures.

Les colonies des ASR apparaissent isolées et entourées d'un halo noir, dans la profondeur de la gélose (donc en anaérobiose).

Ces colonies correspondent aux spores thermorésistantes des ASR.

➤ **Méthode 2 :**

• **Principe :**

Les ASR se développent en 24 à 48 heures sur une gélose viande-foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe²⁺ donne (le sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (**Labres et Mouffok, 2008**).

Après le choc thermique, le contenu du tube est réparti dans 4 tubes différents préalablement stérilisés, à raison de 5 ml par tube. Ensuite, on ajoute environ 20 ml de gélose VF fondue, additionnée d'une ampoule d'Alun de Fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.

L'incorporation se fait dans un tube et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air. On mélange doucement le milieu et l'inoculum en évitant la formation

des bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène. Enfin, après solidification, on incube les tubes à 37°C pendant 24 à 48 heures.

• **Lecture :**

Après la période d'incubation, les tubes contenant de grosses colonies noires sont considérés comme positive et correspondent au *Clostridium sulfito-réducteurs*.

II.4.6 Recherche de *Staphylococcus aureus* :

➤ **Méthode 1 :**

• **Test de présomption :**

Après filtration de la prise d'essai (100 ml), la membrane est appliquée sur la gélose Chapman au mannitol préalablement préparée. Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 heures à 48 heures.

➤ **Méthode 2 :**

• **Test de présomption :**

10 ml du bouillon Giollité-cantoni IXOID sont versées dans le tube à essai, puis on ajoute 5 ml d'eau de piscine à analyser et on incube à 37°C pendant 18 à 24 h. Après incubation, un noircissement au fond ou dans toute le milieu est observé généralement dus à la réduction de la tellurite en tellure métallique.

Ensuite, le mélange de bouillon avec l'eau analyser est ensemencé par stries sur un milieu d'isolement pour *staphylocoques*, comme milieu Chapman et incubé à 37°C pendant 18 à 24h.

• **Lecture :**

Les souches des *S. aureus* se caractérisent par une taille importante et élaborent leur propre pigment, elles apparaissent en jaune, surmontant une zone jaune du milieu sous la membrane par suite de la fermentation du mannitol et virage du rouge de phénol.

D'autres espèces de staphylocoques peuvent donner naissance à de petites colonies qui, le plus souvent ne se colorent pas et ne modifient pas la teinte du milieu.

✚ **Test de confirmation :**

✓ **Test de catalase :**

La confirmation de la présence des staphylocoques consiste à mettre en contact une colonie suspecte avec une goutte de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), l'apparition de bulles d'air révèle la présence de catalase (Singleton,2005).

✓ **Test de coagulase :**

Ce test est réalisé pour la mise en évidence l'espèce *S. aureus*, Il s'agit de déposer des colonies suspectes dans un tube contenant du Bouillon Infusion Cœur Cerveau (BHIB), incubé à 37°C pendant 24h.

Après incubation du BHIB, on ajoute stérilement 0,1 ml de cette suspension à 0,3 ml de plasma humain contenu dans un tube stérile à hémolyse. Incuber de nouveau à 37°C pendant 2 à 6 h.

• **Lecture :**

On considère que la réaction à la coagulase est positive quand le coagulum occupe plus des trois quarts du volume initialement occupé par le liquide (présence de *S. aureus*).

On considère que la réaction à la coagulase est négative quand il n'y a pas de coagulation (autres espèces de staphylocoques).

II.4.7 Recherche de *Pseudomonas aeruginosa* :

• **Principe :**

La gélose au cétrimide est utilisée pour l'isolement et l'identification présomptive de *P. aeruginosa*. Le cétrimide est un ammonium quaternaire qui inhibe la croissance de la plupart des autres espèces bactériennes. La croissance de *P. aeruginosa* colore ce milieu en bleu-vert par production de pyocyanine.

• **Test de présomption :**

Après filtration, on transfère immédiatement la membrane à l'aide d'une pince stérile à la surface de gélose cétrimide préalablement préparé. Et on incube à 37°C pendant 24h.

• **Lecture :**

Après incubation, les colonies de *P. aeruginosa* pigmentées en bleu vert indiquent que l'espèce est productrice de pyocyanine.

✚ **Tests de confirmation :**

Les colonies nécessitent également une confirmation biochimique basée sur :

a) **Test d'oxydase :**

A l'aide de pinces un disque d'oxydase est placé sur une lame porte objet. Une colonie bien isolée est prélevée et est déposée sur le disque. L'apparition d'une coloration violette dans un délai ne dépassant pas les 10 secondes indique la positivité du test.

• **Lecture :**

Coloration bleu foncé à violette apparaissant dans un délai de 10 secondes.

b) Repiquage sur le milieu King A :

Les colonies oxydase positive seront ensuite repiquées sur le milieu King A.

• **Lecture :**

Après l'incubation à 37°C pendant 24h, l'apparition d'une colonie de *P. aeruginosa* présentant une couleur bleue.

II.4.8 Recherche de *Salmonella* sp :

• **Test de présomption :**

Les salmonelles sont recherchées par différents étapes durant 5 jours :

❖ **Pré-enrichissement :**

Filtré l'eau à analyser et on le met dans l'eau peptoné tamponné après incuber à 37 °C pendant 24h.

❖ **1^{er} Enrichissement :**

Prendre 1ml d'eau peptoné tamponné et introduire dans un bouillon sélénite-cystéine double concentration (SFB D/C) et incuber à 37 °C pendant 18 à 24h.

❖ **Isolement et 2^{ème} enrichissement :**

Après l'incubation du 1^{er} enrichissement effectuée sur le milieu SFB (D/C), le virage de couleur du flacon du jaune au rouge implique de fortes présomptions de la présence de salmonelle dans l'échantillon.

Ce flacon fera l'objet :

-D'une part, d'un 2^{ème} enrichissement sur milieu SFB à raison de 0,1mL.

-D'autre part, d'un isolement sur gélose hektoen. L'incubation se fait à 37°C pendant 24h.

❖ **2^{ème} isolement :**

-2^{ème} sur Hektoen à partir du 2^{ème} enrichissement s'il est positif.

-incuber à 37°C pendant 24h.

• **Lecture des résultats :**

La lecture des résultats et l'identification des colonies sur le milieu Hektoen s'effectue en tenant compte que les salmonelles se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur vert avec un centre noir.

II.5 Recherche des parasites dans les eaux de piscines analysées :

II.5.1 Filtration de l'échantillon et élution :

100 mL d'eau de piscine est filtrée à l'aide d'un appareil de filtration, le filtre permet de retenir les kystes et les oocystes ainsi que les particules étrangères.

Une fois la filtration est terminée, on ajoute l'eau physiologie pour libérer les kystes et les oocystes retenus par le filtre afin d'obtenir un éluât.

II.5.2 Concentration de l'échantillon :

On centrifuge l'éluât, ce qui entraîne la formation d'un culot.

II.5.3 Identification parasitaire :

On prélève des gouttes à partir du culot et on ajoute quelques gouttes de lugol on la déposant sur une lame propre.

Ensuite, en déposant une lamelle, on effectue une observation microscopique au grossissement 40 puis au 100 (ajout d'une goutte d'huile à émersion).

II.5.4 Technique de coloration de Ziehl-Neelsen modifiée par Henriksen et Pohlenz,1883 :

La coloration de Ziehl-Neelsen modifiée selon Henriksen et Pohlenz est utilisée pour la mise en évidence des oocystes de *Cryptosporidium*.

➤ Confection d'un frottis :

Le frottis est réalisé à partir d'une goutte prélevée du culot, celle-ci est bien étalée sur la lame porte-objet, puis séchée à température de laboratoire.

➤ Fixation et coloration du frottis :

Elle est réalisée selon les étapes suivantes :

- Fixation du frottis au éthanol pendant 5 minutes puis séchage de la lame à l'air pendant 5 à 10 minutes.
- Coloration du frottis pendant au moins 1 heure dans une solution de Fuschine Phéniquée, rinçage du frottis coloré sous l'eau courante.
- Différenciation dans une solution d'acide sulfurique à 2% pendant 20 secondes en immergeant et en retirant le frottis jusqu'à l'élimination de l'excès de la fuschine. Rinçage sous l'eau courante.

- Coloration avec le bleu de méthylène pendant 5 minutes, puis rinçage sous l'eau courante.
- Séchage à l'air, puis la lecture du frottis sous microscope à Gx40, puis Gx100.

• **Lecture :**

Les oocystes de *Cryptosporidium* apparaissent comme des éléments grossièrement sphériques de 5 à 6 µm de diamètre, colorés en rose par la fuschine sur un fond vert bleuté. Quelques oocystes ne prennent pas la coloration « oocystes fantôme » (reste de couleur blanche).

II.6 Recherches des mycètes dans les eaux de piscines analysées :

• **Test de présomption :**

La méthode d'analyse consiste à utiliser le milieu OGA (Oxytetracycline-Glucose-Yeast Extract Agar) qui est un milieu sélectif utilisé pour la recherche et le dénombrement des levures et des moisissures.

On ajoute quelques gouttes de l'eau de piscine à analyser, étaler l'inoculum en surface à l'aide d'un étaloire en verre stérile. Puis l'incubation des boîtes à 25°C pendant 5 à 7 jour pour les champignons et pendant 2 à 3 semaines par apport les dermatophytes.

• **Lecture :**

On observe l'apparition des colonies filamenteuses des couleurs différentes, en présence des champignons et des colonies de couleur blanc crème à jaunâtre, de texture variable plus ou moins crémeuses en présence de levure *Candida albicans*.

Résultats et discussion

III.1 Résultats de recherche des paramètres Physico-chimiques et microbiologiques des eaux de piscines au niveau de wilaya de Blida :

Selon les interrogations réalisées avec les personnels des piscines une estimation de nombre moyenne de nageurs par heure était de 17 et il variait de 13 à 35 nageurs. Leur âge varie de 5 à 56 ans.

Pendant la baignade, des 68 échantillons ont été prélevés et étudiés à savoir les paramètres physicochimiques et microbiologiques des eaux de piscines.

III.1.1 Résultats des paramètres Physico-chimiques :

III.1.1.1 Le pH :

Le pH des eaux de piscines analysées varie entre 6,9 et 7,9. Cette valeur est idéale ni trop acide ni trop basique (pH neutre) (**figure 01**).

Donc tous les prélèvements sont conformes au norme AFNOR (pH=6,9 à 8,2) (**AFNOR 81-324, 1981**).

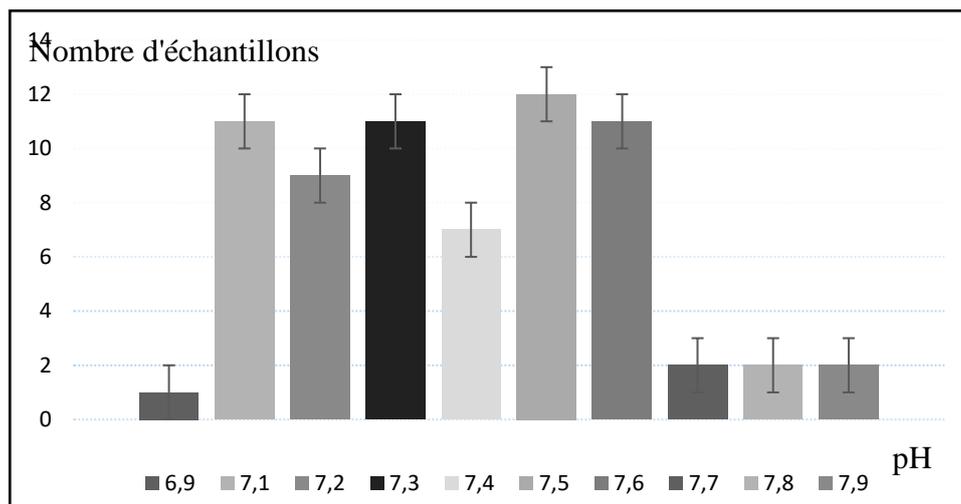


Figure 1 : Valeurs de pH mesurées dans les eaux de piscines analysées.

III.1.1.2 Température (°C) :

Les valeurs de température de l'eau de la piscine analysées restent légèrement élevées, avec un maximum de 29°C, et une température moyenne de 27°C (**AFNOR 81-324, 1981**), (**Figure 02**).

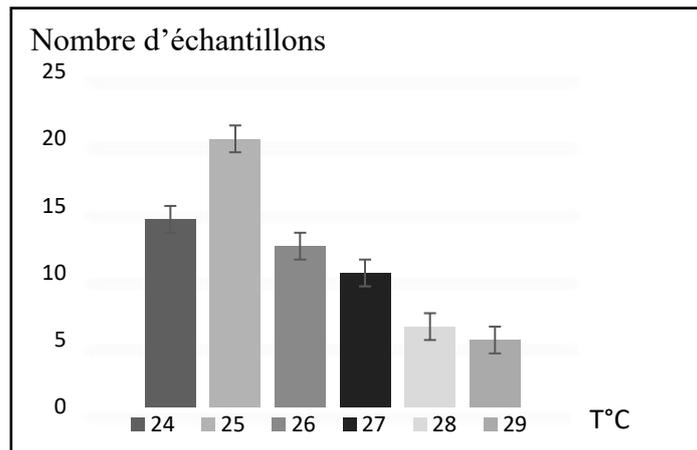


Figure 2 : Valeurs de température (°C) mesurées dans les eaux de piscines analysées.

III.1.1.3 Le chlore résiduel :

25 prélèvements des eaux de piscines analysées, ce sont révélées à chlore négative (chlore=0mg/L). C'est-à-dire pas de changement anormale de couleur d'eau après addition de DPD N°1 ce qui n'est pas conforme aux normes AFNOR (figure 03), (AFNOR 81-324, 1981).

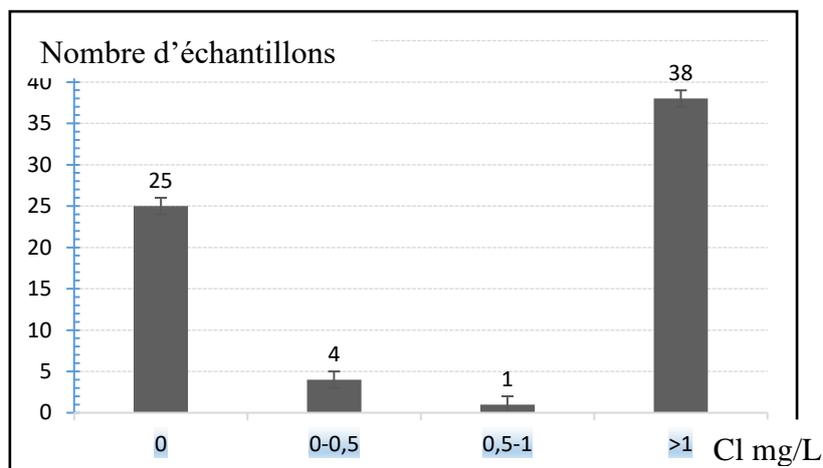


Figure 3 : Valeur de taux du chlore résiduel dans les eaux des piscines analysées.

III.1.2 Résultats de recherche des microorganismes :

III.1.2.1 Résultat de recherche et dénombrement des coliformes totaux :

Les résultats d'ensemencement en surface sur la gélose CCA a révélé la présence des colonies des coliformes totaux. Les colonies sont de forme ronds de couleur violette ou rose poussant en masse (Figure 04). La concentration de coliformes totaux varie entre une valeur minimale de 1 UFC/100ml dans l'échantillon d'eau de la piscine et une valeur Maximale de 64 UFC/100ml.

De façon générale, elles dépassent les limites fixées par les normes de AFNOR (≤ 10 germes/100ml Comme concentration maximal), (AFNOR 81-324, 1981).



Figure 4 : Observation macroscopique des colonies de coliformes totaux cultivés sur milieu CCA et incubées à 24 h et à 37°C.

III.1.2.2 Résultat de recherche et dénombrement de coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux sont présents dans les prélèvements de l'eau analysée. Les teneurs trouvées sont supérieures aux normes prescrites par la réglementation de AFNOR (AFNOR 81-324, 1981), avec une valeur maximale de 7 germe/100ml et un minimal de 01 germe/100ml dans le prélèvement de l'eau analysée.

Les résultats ont révélé l'apparition des petites colonies lisses légèrement bombées à contour régulier et pigmentée en bleu (Figure 05).



Figure 5 : Observation macroscopique des colonies de coliformes fécaux dans le milieu CCA.

III.1.2.3 Résultat d'identification d'*Escherichia coli* :

L'apparition d'un anneau rouge dans les 10 prélèvements après l'addition de 2 à 3 gouttes de Kovacs à un bouillon tryptophane incubé pendant 24 h à 44 °C, indique la présence de *E. coli* (Figure 06).

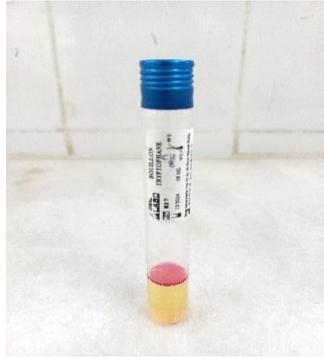


Figure 6 : Confirmation de la présence de *E. coli* sur bouillon tryptophane incubé à 44°C pendant 24 h.

III.1.2.4 Résultats de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

Sur le milieu Slanetz, les boîtesensemencées et incubées à 37 °C pendant 24 h à 48 h à permet l'observation des colonies lisses, légèrement bombée, à contour régulier, et pigmentées en rouge, rose ou marron, à tête d'épingle, ce qui signifie la présence des streptocoques fécaux. Certains échantillons sont non conformes aux normes AFNOR (0 germes/100ml) (**AFNOR 81-324, 1981**), (**figure 07**).

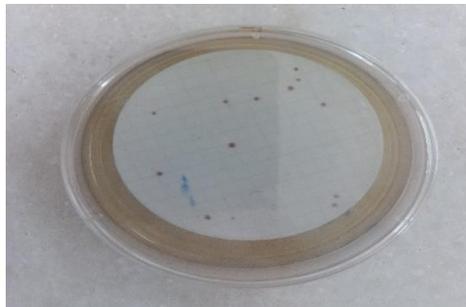


Figure 7 : Observation macroscopique des colonies de streptocoque fécaux sur le milieu Slanetz incubé à 37 °C pendant 24 h à 48 h.

✚ Résultat de test de confirmation :

Les résultats à révéler la formation des colonies noirâtre pouvant être limitées à leur centre ou à leur périphérie par une zone plus claire, signifie la présence des Streptocoques fécaux (**Figure 08**).



Figure 8 : Résultat de test de confirmation des streptocoques fécaux dans le milieu BEA à 44°C pendant 2h à 4h.

III.1.2.5 Résultats de recherche de *Pseudomonas aeruginosa* :

Il a été observé l'absence de ce germe dans les 68 échantillons analysés. Donc ces derniers sont conformes aux norme AFNOR (AFNOR 81-324, 1981).

III.1.2.6 Résultat de recherche de *Salmonella sp* :

Il a été observé l'absence de ce germe dans les 68 échantillons analysés. Donc ces derniers sont conformes aux norme AFNOR (AFNOR 81-324, 1981).

III.1.2.7 Résultat de recherche des spores anaérobies sulfito-réducteurs :

D'après nos résultats des eaux de piscines (pendant la baignade) aucun germe des anaérobies sulfito-réducteurs n'est détecté.

III.1.2.8 Résultat de recherche de *staphylocoques* :

Après l'incubation à 37°C pendant 24h, on observe un noircissement du bouillon giollité cantonni. Ce qui indique la présence des bactéries du genre *Staphylococcus* (**Figure 09**).

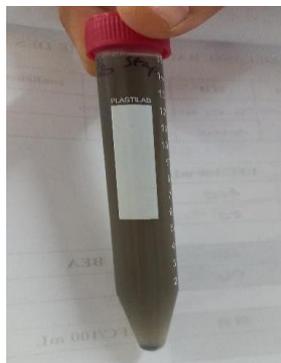


Figure 9 : Noircissement du bouillon Giollité cantonni indiquant la présence de *Staphylococcus sp* après incubation à 37°C pendant 24h.

✚ Confirmation par ensemencement sur milieu Chapman :

On observe le jaunissement du milieu Chapman, après l'incubation à 37°C pendant 24 h, cela est dû au métabolisme du mannitol, ils apparaissent le plus souvent en colonies crémeuses, (typiquement jaune d'or) et opaques. Cette observation confirme la présence de *S. aureus* (Figure 10).



Figure 10 : Observation macroscopique des colonies de *S. aureus* sur milieu Chapman incubées à 37°C pendant 24h.

• Résultat de test de catalase :

Le test de catalase réalisé sur les colonies suspectes de *S. aureus*, a révélé un résultat positif se traduisant par un dégagement de bulles d'air avec en contact de l'eau oxygénée (Figure 11).



Figure 11 : Observation de résultat de test de catalase et l'apparition des bulles d'air.

• Résultat du test coagulase:

Après incubation à 37°C pendant 24h dans le BHIB, on observe un trouble caractéristique de *Staphylocoques* (Figure 12).

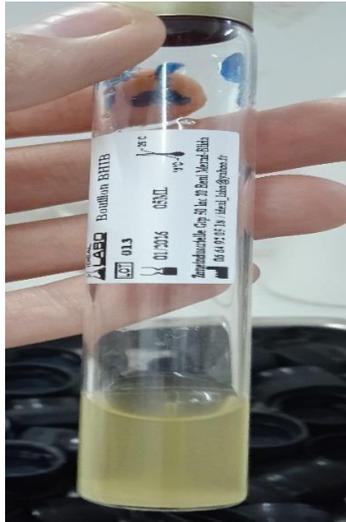


Figure 12 : Résultat de BHIB après l'incubation à 37°C pendant 24h.

La figure 13 montre un résultat positif du teste de coagulase indiquant la présence de *S aureus*.

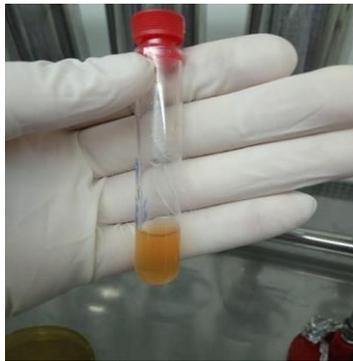


Figure 13 : Résultat de test de coagulase positif.

III.1.3 Résultat de recherche des parasites :

Les résultats révèlent que tous les eaux de piscines prélevé ne contiennent aucune charge parasitaire.

III.1.4 Résultat de recherche des champignons :

Les résultats montrent l'absence des mycètes dans les échantillons des eaux de piscines analysées.

III.2 Résultats du contrôle de qualité physicochimiques et microbiologiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida :

Les tableaux et les figures présentent les résultats du contrôle de qualité des piscines étatiques et privées au niveau de la wilaya de Blida.

Les valeurs des paramètres physicochimiques et microbiologiques sont comparées selon les normes Française AFNOR précité (AFNOR 81-324,1981).

III.2.1 Résultats du contrôle de qualité physicochimiques :

Le tableau VIII et la figure 14 présentent les résultats du contrôle de qualité physicochimiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida.

Tableau VIII : Résultats du contrôle de qualité physicochimiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida.

Paramètres physicochimiques	Nombres d'échantillons	Qualité des eaux de piscines
pH	68	Conforme
Température (°C)	68	Conforme
Chlore résiduel (mg/L)	1	Conforme
	67	Non conforme

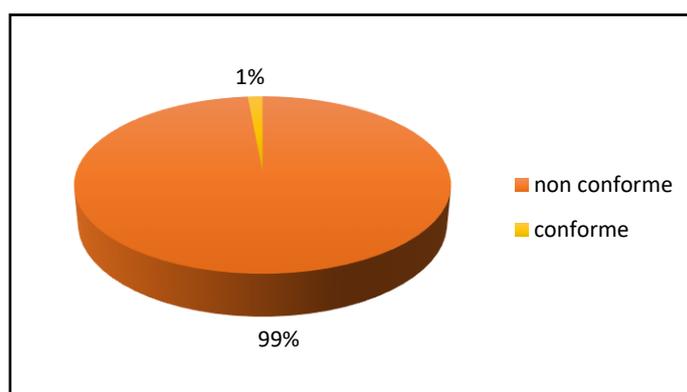


Figure 14 : Résultats du contrôle de qualité physicochimiques (chlore résiduel) des eaux de piscines analysée.

Selon le tableau VIII et la figure 14, nous avons noté que les résultats des paramètres physicochimiques (pH et température) des piscines analysées sont conforme à 100%.

Alors que 99% des piscines analysées sont non conforme par apport le chlore résiduel dont 1% sont conformes.

III.2.2 Résultats du contrôle de qualité microbiologiques :

Le tableau IX et la figure 15 présentent les résultats du contrôle de qualité microbiologiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida en comparant nos résultats avec les normes AFNOR (AFNOR 81-324,1981).

Tableau IX : Résultats du contrôle de qualité microbiologiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida.

Nombres d'échantillons	Types de piscine	Qualité des eaux de piscines
11	Privée	Non conforme
14	Étatique	
25	Privée	Conforme
18	Étatique	

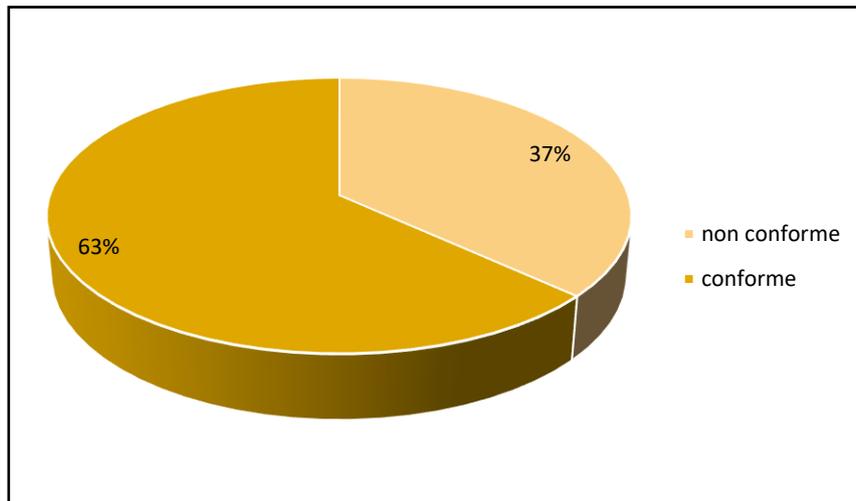


Figure 15 : Répartition des résultats du contrôle de qualité microbiologiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida.

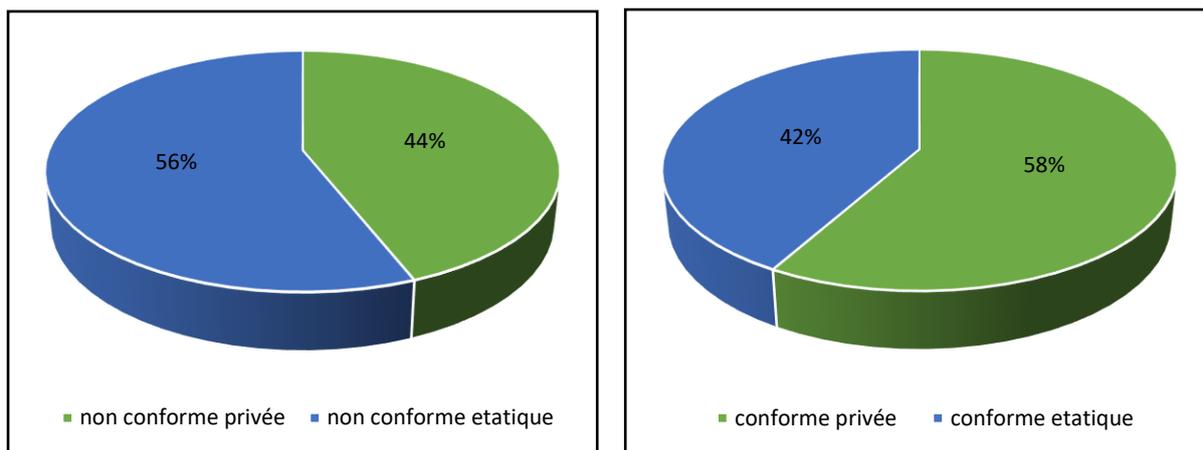


Figure 16 : Répartition des résultats du contrôle de qualité microbiologiques des eaux de piscines analysées au niveau de la wilaya de Blida.

Selon le tableau IX et les figures 15 et 16, nous avons noté que 37% des piscines analysées sont non conforme dont 44% sont du secteur privé et 56% sont étatiques.

Alors que 63% des piscines analysées sont conforme dont 58% sont du secteur privé et 42% sont étatiques.

III.3 Comparaison entre la qualité physicochimiques et microbiologiques des eaux de piscines analysées :

Le tableau ci-après représente une évaluation comparative de nos résultats avec les normes AFNOR (AFNOR 81-324,1981)

Tableau X : Comparaison entre la qualité physicochimiques et microbiologiques des eaux de piscines analysées.

Qualité physicochimiques		Qualité microbiologiques	
Conforme	1%	Conforme	63%
Non conforme	99%	Non conforme	37%

En tenant compte les paramètres physicochimiques le taux des piscines conforme est 1% et des piscines non conformes est de 99%.

En tenant compte les paramètres microbiologiques le taux des piscines conforme est 63% et des piscines non conformes est de 37%.

III.4 Discussion :

Cette étude s'inscrit dans un cadre visant à analyser et évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de piscine afin de caractériser les risques liés à l'utilisation de cette eau.

Les résultats des analyses physico-chimiques dévoilent que les propriétés de l'eau sont généralement bonnes pour l'ensemble des paramètres (pH, température) à l'exception du chlore résiduel de certaines eaux de piscines qui présentent des quantités non conformes par rapport aux normes fixé par l'AFNOR (**AFNOR 81-324,1981**). En effet, L'analyse des résultats a montré que les concentrations de chlore dans l'eau de la piscine étaient varié entre [0 et >1mg/L].

Le chlore est un produit chimique souvent utilisé comme un indice de pollution lorsqu'il est en quantité moindre que la quantité initiale utilisée lors du traitement des eaux de piscines avant la baignade (**Makhoukh, 2011**).

Selon la décision du Ministère égyptien de la santé montre que le faible pourcentage du chlore favorise la croissance des microorganismes et entraîne des risques pour la santé liée à l'arrangement microbiologique, c'est le cas dans notre résultat de piscine (**MES,2011**).

Par ailleurs, quand le chlore est en haute concentration dans l'eau de piscine, il attaque et assèche l'épiderme. Il peut être à l'origine des infections oculaires, comme une conjonctivite, chez les personnes aux yeux sensibles. A noter également que les vapeurs de chlore sont nocives pour les muqueuses et voies respiratoire (**Eaux,2007**).

Nos résultats corroborent avec ceux trouvés par **Benmoussa et Seddiki, (2022)**. En effet, ils ont trouvé un taux de chlore résiduel dans un intervalle de 0 et ≥ 1 mg/L lors de l'analyse des eaux de piscines de wilaya de Blida et de Tipaza.

Dacher et Gouni, (2022) ont trouvé un taux de chlore résiduel de 0,1 mg/L lors de l'analyse de la piscine semi-olympique « Belaid Mohamed » à Touggourt en Algérie, ce résultat est plus faible que celui trouvé dans notre étude.

Le pH est l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau de piscine. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes les opérations de traitement (**Rodier, 2009**).

Le pH de l'eau de piscines analysées de Blida est compris entre 6,9 et 7,9. Nous constatons que les valeurs de pH se situent dans une gamme de pH favorable aux eaux de baignades, tel que préconise la norme fixée par la France de la qualité des eaux de piscine (6,9 à 8,2) (**AFNOR 81-324, 1981**).

Abderrahmane, (2016) a trouvé un pH compris entre 7,1 et 7,9 lors de l'analyse des eaux de piscine de Ouagadougou. Son résultat corrobore avec celui de notre étude.

Dacher et Gouni, (2022) ont trouvé un pH compris entre 7,7 et 8,33 lors de l'analyse de la piscine semi-olympique « Belaid Mohamed » à Touggourt en Algérie, ce résultat est plus élevé que celui trouvé dans notre étude.

De même, **Benmoussa et Seddiki, (2022)** ont trouvé un pH compris entre 6,8 et 7,2 lors de l'analyse des eaux de piscines de wilaya de Blida et de Tipaza.

Selon la réglementation française **AFNOR, (1981)** les piscines destinées à la baignade sont chauffées par une pompe à chaleur.

Au cours de cette étude la température est mesurée entre 25°C à 29°C, cette dernière est acceptable et adaptée aux baigneurs ce qui conforme au norme précitée.

La température d'eau comprise entre 26 à 30°C est le plus confortable pour la plupart des baigneurs. Elles ne doivent pas dépasser cet intervalle, car cela peut être dangereux pour les femmes enceintes et les enfants. En effet, la croissance de certains microorganismes dans l'eau de piscine peut être favorisée par la température la plus élevée (**OMS, 2006**).

Dacher et Gouni, (2022) ont trouvé une température moyenne de 27°C lors de l'analyse de la piscine semi-olympique « Belaid Mohamed » à Touggourt en Algérie, ce résultat est plus élevé que celui trouvé dans notre étude.

De même, **Benmoussa et Seddiki, (2022)** ont trouvé une température comprise entre 29°C et 30°C lors de l'analyse des eaux de piscines de wilaya de Blida et de Tipaza.

Les analyses microbiologiques ont révélé une présence des germes pathogènes et des germes de contamination fécale. Le danger de la pollution bactériologique constitue sans aucun doute une menace pour les baigneurs.

L'analyse bactériologique normale d'une eau de baignade consisterait logiquement à rechercher les germes pathogènes qu'elle pourrait contenir. La recherche des coliformes totaux dans l'eau permet d'estimer la possibilité de la présence des germes pathogènes (**Rodier, 2009**).

Cependant, certaines espèces peuvent être pathogènes opportunistes et causent des infections chez les personnes dont le système immunitaire est affaibli. En effet, la forte concentration en germes totaux génère des problèmes d'ordre organoleptique et sanitaire (**Khichane et Khouas, 2019**).

Le nombre des coliformes totaux est un paramètre très important pour estimer le degré de pollution d'un écosystème aquatique et surtout pour déterminer l'origine de la contamination.

Ce nombre de coliforme totaux est dû à une pollution fécale qui a des origines multiples et sont utilisés comme des indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau de piscine. (**Rodier et al., 2009**).

En ce qui concerne les prélèvements positifs on a trouvé une moyenne de 14 UFC/100mL de coliforme totaux, ce qui est supérieur des normes recommandées par AFNOR (≤ 10 UFC/100ml) (**AFNOR 81-324, 1981**).

On peut noter que le système de filtration d'eau de piscine et les désinfectants utilisés (chlore) jouent un rôle important dans l'élimination des germes (**Afsset, 2009**). Sachant que les coliformes totaux sont sensibles au chlore, leurs présences dans l'eau de piscine peuvent indiquer un manque d'efficacité du traitement (**AFNOR, 1999**).

Selon **Ezeet et al., (2015)** la présence des coliformes totaux peut être expliquée par une forte fréquentation de baigneurs et le non-respect de consigne sur l'hygiène publique et par une irrégularité de chloration, défaut dans le processus de filtration.

De même, les coliformes fécaux sont trouvés à une moyenne de 03 UFC/100 ml, ce qui est non conforme aux normes AFNOR (0UFC/100ml) (**AFNOR 81-324, 1981**), leur présence peut être due à l'augmentation de la température qui favorise la croissance des coliformes fécaux, car la résistance de ces germes est du même ordre que celle des *Salmonella* et celles des Streptocoques fécaux, mais cette survie varie selon les conditions (température, nature de l'eau...etc.) (**Rodier et al., 1997**).

Pour les Streptocoques fécaux, leur présence est due à la contamination des eaux par une pollution d'origine fécale ancienne (OMS,2000). Dans notre étude, une moyenne de 04 UFC /100 ml est trouvé dans les eaux de piscines analysées. Ce qui est non conforme aux norme AFNOR (0UFC/100ml) (AFNOR 91-980,1991).

L'abondance de ces derniers dans l'eau de la piscine est corrélée à l'apparition des gastro-intestinales chez les baigneurs (Alico et Dragonjac, 2006).

La contamination de l'eau d'un bassin par *S. aureus* peut être liée au nombre important de nageurs d'une part et au non-respect des règles d'hygiène d'autre part. La forte concentration de cette bactérie est associée avec un risque épidémiologique élevé (Ladjal et Latrache,2017).

Dans notre étude, la présence de *S. aureus* dans les eaux de certaines piscines est non conforme aux norme AFNOR (0UFC/100ml) (NF T 81-324, 1981).

Les staphylocoques trouvés dans l'eau proviennent principalement des baigneurs, ces germes présentent une résistance aux différents agents de désinfection utilisés dans l'entretien des piscines publiques (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2016).

Conclusion

Notre travail porte une contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux des piscines. Il s'agit d'une approche analytique, qualitative et quantitative, dont l'intérêt est l'amélioration de la qualité des eaux des piscines afin de préserver la santé des baigneurs.

Pour les analyses physico-chimiques des échantillons de l'eau de piscines, sont dans les normes à l'exception du chlore qui est non conforme au norme AFNOR (**81-324,1981**). La charge microbienne des eaux dénombrée par des méthodes normalisées dans des milieux de cultures sélectifs a révélé pour les échantillons de l'eau de piscines la présence d'une flore microbienne diversifiée pour les échantillons de chlore négative, il s'agit des coliformes totaux, fécaux et des streptocoques fécaux...etc.

Par contre, Les échantillons de chlore positif ont présenté une qualité des eaux exempte de toutes pollution par les microorganismes, donc sont des piscines de bonne qualité.

De ce fait, une surveillance plus strict devrait être entreprise par le ministère de la santé et se concentrer sur le nettoyage périodique des systèmes de filtration afin d'éliminer les microorganismes et d'améliorer la désinfection.

Pour assurer un environnement de piscine plus sûr, il est également nécessaire :

- ✓ D'accroître la connaissance et la sensibilisation des utilisateurs aux risques afin de pour favoriser les bons comportements, la recherche et la surveillance ne doivent pas être interrompues.
- ✓ Interdire aux non baigneurs, l'accès au circuit réservé aux baigneurs afin d'éviter les débris responsables de la turbidité de l'eau.
- ✓ Exiger aux autres gestionnaires des piscines de faire un contrôle de suivi hebdomadaire de la qualité de leurs eaux tel que préconise l'OMS.
- ✓ Assurer au personnel d'entretien, une formation de façon à maîtriser l'entretien du bassin et des équipements.
- ✓ Faire un suivi journalier des matières organiques pour avoir une idée sur les matières organiques libérées.
- ✓ Séparer le sexe, la tranche d'âge des baigneurs.

En perspective, ce travail n'est qu'une contribution partielle à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux de piscines, il est souhaitable donc de

- ✓ Compléter l'étude par un effectif d'échantillonnage plus élevé, plus représentatif.
- ✓ Réaliser une surveillance sanitaire à toutes les eaux de surface utilisées comme eau de baignade en Algérie.
- ✓ Poursuivre des études complémentaires pour mieux comprendre la théorie et la gestion de l'utilisation des piscines.
- ✓ Etablir des normes nationales en matière d'eau de baignade et de piscines.

Références bibliographiques

A

- AFNOR. (1999). NF EN ISO 6222 – Qualité de l’eau – Dénombrement des micro-organismes revivifiables – Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.
- Afssa. (2007). Bilan des connaissances relatives aux virus transmissibles à l’homme par voie orale. Maisons-Alfort : Afssa. 448 p.
- Afsset. (2009). Avis de l’Agence française de sécurité sanitaire de l’environnement et de la santé (Afsset). (2009). Risques sanitaires liés aux baignades artificielles. Evaluation des risques sanitaires. Avis de l’Afsset. Rapports d’expertise collective. Maisons-Alfort : Afsset. 197 p.
- Afsset. (2010). Risques sanitaires liés aux piscines – Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines. Partie 1 : piscines réglementées. Avis de l’Afsset. Rapport d’expertise collective Eau et agents biologiques, P (229).
- Agence de la santé publique du Canada. *Aeromonas hydrophila*. (2001b) – Fiches Agence nationale de sécurité sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du Travail (Anses). (2013). Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines Partie II : Bains à remous. Édition scientifique p 3 – 4.
- Alico et Dragonjac. (2006). Evaluation of culture media for recovery of *Staphylococcus aureus* from swimming pools. *Applied Environmental Microbiology*, 51, 699-702.
- Amala et Aleru. (2016). Bacteriological Quality of Swimming Pools Water in Port Harcourt Metropolis. *Natural Science*, 79-84.
- Aouati, H. (2009). Isolement des souches de *Staphylococcus aureus* résistantes à la pénicilline. Etude de leur sensibilité aux autres familles d’antibiotiques. Mémoire. Université Mentouri Constantine-1. Microbiologie appliquée et biotechnologies microbiennes, Algérie. 94p.
- Auvray, E. (2009). The teaching of swimming in physical education (PE) Between 1945 and 1995 (second degree), schooling and sportivisation: myth or reality. *Staps*. Vol 4. N° 86, P 59-77.

B

- Baraduc R. (2000). *Escherichia coli* et autres *Escherichia*, *Shigella*. Dans : Précis de Bactériologie clinique. Paris : Eska : p. 1115-36

- Baxter C.S., Hofmann R., Templeton M.R. et al. (2007). Inactivation of adenovirus types 2, 5, and 41 in drinking water by UV light, free chlorine, and monochloramine. *J. Environ. Eng.* ; 133 (1) : 95-103.
- Bernhard M., Marc O., Quilichini E., Castaing J. (2019). 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. Congrès Français de Thermique, P 335-352
- Bey F. (2009). Etude de l'interaction antagoniste entre *Lactobacillus* sp et quelques souches d'entérobactéries. Mémoire. Université d'Oran Es-Senia. 109 P.
- Brun B., Bes Y. (2000). *Staphylococcus*. Dans : Précis de bactériologie clinique. Paris : Eska : p. 784-830.
- Burlion et al. (2004). ANALYSE DES TECHNOLOGIES EXISTANTES EN MATIERE DE DESINFECTION DES PISCINES ET PROPOSITION D'UN MANUEL DE CONSEILS AUX GESTIONNAIRES DE CES ETABLISSEMENTS. CONVENTION N° 01/13243, 6-44.

C

- Caillat L., Meunier-Salinas L., Coignard MA. (2015). 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*, P 115-120.
- Carbonnelle, S. (2003). Les risques sanitaires des produits dérivés de la chloration des Eaux de bassins de natation. *Vertigo – la revue électronique en sciences de L'environnement*. Vol 4. N°1.
- Carbonnelle, S. (2003). Les risques sanitaires des produits dérivés de la chloration des Eaux de bassins de natation. *Vertigo – la revue électronique en sciences de L'environnement*. Vol 4. N°1.
- Carip C., Salavert M. H., Tandau A. 2015. *Microbiologie, hygiène et droit alimentaire*. 2ème édition. Lavoisier TEC & DOC, Paris. 475p.
- Catastini C., Lagriffoul A., Cournoyer B., Boutin C., Devauchelle N., Korboulewsky N., Leboulanger C., Mejean A., Occhialini-Cantet A., Paul E., Pena L., Pourcher AM., Rauzy S., Schvoerer E., Servais P., Tracol R., Villena I., Wallet F., et Panetier p. (2015). Risques sanitaires liés aux baignades artificielles. *Cahiers de l'ASEES*. Vol.20, N°3.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, (2016). Méthodes d'analyse, Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*, MA,700-STA1,0, P 5-18.
- Chaker H. 2012. Régulation de l'adaptation de la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* à son hôte : implication des métabolites du tryptophane. Thèse de doctorat, université Grenoble-

France, 291 p.

- Chedad et Assobhei. (2007). Etude de la survie des bactéries de contamination fécale (coliformes fécaux) dans les eaux de la zone ostréicole de la lagune de Oualidia (Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat section Sciences de la Vie, 71-79.
- Cholley P. 2010. Analyse génétique des souches multi-résistantes de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'Est de la France, apport prédictif potentiel sur le risque infectieux. Thèse de doctorat, université de Franche-Comté, France, 162 p.
- Chunga Chako, I et Wafula MD. (2017). Etude quantitative et qualitative d'aquifères De la ville de Bukavu, Province du sud-kivu, RD CONGO. International Journal of Innovation and Applied Studies. Vol 19. N°2, P 385-395.
- Cup.J.L(2007):Microbiologie alimentaire controle microbiologique des aliments ,édition sciences et techniques du languedoc,université de montpellier2,département de sciences et technologie des industries alimentaires ,montpellier ,France.

D

- Dahel Zanat, Mémoire de Magistère, Analyse de la qualité bactériologique des eaux du Littoral Nord-Est Algérien à travers un bioindicateur la moule *Perna perna*, Université Badji Mokhtar, Annaba, 2009, p : 69.
- Décret n°81-324 du 7 avril 1981 fixant les normes d'hygiène et de sécurité applicables aux piscines et aux baignades aménagées, Journal Officiel du 10 avril 1981.
- Delarras C., 2007. Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Edition. Lavoisier : Tec & Doc. Paris : 463 p.
- Dorko E., Jenca A., Orencak M. Et al. (2004). Otomycoses of candidal origin in eastern Slovakia. Folia Microbiol. (Praha); 49 (5): 601-4.
- OV. (2017) evaluation de l'eau de baignade de la cascade de man. Dosso Thèse de doctorant en pharmacie, université Félix Houphouët Biogny .UFR sciences pharmaceutiques et biologique de Cote d'ivoire,P2.

E

- EAUX2007sa0409Ra ; Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines – Anses : En ligne : <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra.pdf> . Fichier PDF date ;15/04/2022.
- Edelstein, P. H. (2007). Legionella*. In P. R. Murray (Ed.), Manual of Clinical Microbiology (9th ed., pp. 835). Washington, DC : ASM Press.
- EDF France, Association des Ingénieurs Territoriaux de France et l'association des

Techniciens supérieurs Territoriaux de France (2003). Guide technique des piscines Publiques. 42 p. Paris : EDF France.

- El Moustaine, R. (2013). Qualité de l'eau en élevage avicole dans la région de Meknes (Maroc), impact sur la santé et la production, Lahyss journal, ISSN 1121-3680, n)13, P 58.
- Elmund, GK, MJ Allen et EW Rice (1999) Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. Water Environ. Res., 71: 332-339.
- Ezeet, V.C., Onwuakor, C.E. and Ikwuegbu, A.L. (2015). Microbiological and Physicochemical Characteristics of Swimming Pool Water in Owerri, Imo State, Nigeria. Journal of Applied and Environmental Microbiology, 3, 6-10.

F

- F et dragonjac. (2006.). Evaluation of culture media for recovery of Staphylococcus aureus from swimming pools. Applied Environmental. Microbioiogy, 51: 699-702.
- Fernández-Santisteban, MT. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en Aguas de usotecnológico para las centrífugas.ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña De Azúcar. Vol 51. N 2, P 70-73.
- Festy B., Hartemann P., Ledrans M., Levallois P., Payment P., Tricard D. (2003). Qualité de l'eau. Environnement et santé publique-Fondements et pratiques.Chapitre 13 P 333-368.
- Fleuret, S. (2022). Allers-retours entre tourisme et santé : Du tourisme médical à la Santé globale. ISTE éditions. P 40- 95.
- Freyfer,DA. (2012). Sous-produits de chloration dans les eaux de piscine-Effet de L'ozonation. Thèse de doctorat en Chimie et microbiologie de l'eau. École doctoraleSciences pour l'environnement.
- Fuli Wu, Xuebin Xu, Jing Xie et Shengjie Yi, « Molecular Characterization of Salmonella enterica Serovar Aberdeen Negative for H2S Production in China », PLOS.

G

- Genoutdet. (2001) : L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de Bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.

H

- Haouzi R. (2013). Etude biologique des effets des microondes sur Escherichia coli. Mémoire. Université des sciences et de la technologie d'Oron Mohamed Boudiaf. 60P.
- Harf-Monteil M. (2000). Aeromonas. Dans : Précis de Bactériologie clinique. Paris : ESKA.

P. 1115-360.

- Horneman, A. J., Ali, A., & Abbott, S. L. (2007). *Aeromonas*. In P. R. Murray, E. J. Baron, M. L. Landry, J. H. Jorgensen & M. A. Pfaller (Eds.), *Manual of Clinical Microbiology* (9th ed., pp. 715-722). Washington, D.C. : ASM Press.).
- Houti A., Benbrahim KF., El OualiLalami A., Zbadi L., Rachiq S. (2014). QualitéPhysicochimique et bactériologique de trois stations thermales dans les régionsde Fès, Maroc. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*. Vol 10. N° 4, P 158-168.
- Hunter, P. R. (2003). Drinking water and diarrhoeal disease due to *Escherichia coli*. *Journal of Water and Health*, 1(2), 65-72.

J

- Joel, G. (2003) : La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités. Paris,France.p 65.

K

- K. Seghir, Thèse de Doctorat En Géologie Appliquée Vulnérabilité à la pollution,protection des ressources en eaux et gestion active du sous-système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien), Faculté des Sciences de la Terre de Badji Mokhtar, Annaba, 2008.
- KHELEF, D. (2007). Enquête epidemiologique sur les diarrhees neonatales du veauDans certains elevages du centre et de l'est de l'ALGERIE et essai de prophylaxie (Doctoral dissertation, INA). P 62 _64.
- Koné, D. (2011). Infiltration-percolation sur sable et sur filtre de coco, filtres plantés et et épuration des eaux usées domestiques à dominance agroalimentaire sous le climattropical sec : cas des eaux résiduaires urbaines de Ouagadougou, Burkina Faso. Thèse de doctorat/ Université de Ouagadougou, 232.

L

- Le Bas, A. (2000). Des piscines et des villes : genèse et développement d'un équipement De loisir.Histoire urbaine.Vol . N 1, P 145-162.
- Lebres. E, et Mouffok. F., (2008). Le cours nationale d'hygiène et de microbiologie de seaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. 53p.

M

- Makhoukh, M. (2011) : Contribution à l'étude physico-chimique des eauxSuperficielles de l'oued Moulouya. (Maroc). p46
- Manasfi, T., Temime-Roussel, B., Coulomb, B., Vassalo, L., and Boudenne, J.-L., 2017.

Occurrence of Brominated disinfection byproducts in the air and water of chlorinated seawater swimming Pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220 (3), 583–590.

- Mena et Gerba, (2009)., Mena K. D. and Gerba C.P. (2009). Risk assessment of *Pseudomonas aeruginosa* in water. *Rev Environmental Contamination and Toxicology* 201 :71-115.
- MES2011 : le ministère égyptien de la santé 2010 et 2011.
- Muylaert A., Mainil J.G. (2012). Résistances bactériennes aux antibiotiques : les mécanismes et leur Contagiosité. [En ligne].

N

- Neto, O.C.D., Penha, R.A.C., Barrow, P., Berchieri, A., 2010, Sources of Human NonTyphoid Salmonellosis: A Review. *Brazilian Journal of Poultry Science* 12, 1-11.
- Neelsen F (Ein casuistischer Beitrag zur lehre von der Tuberkulose) *Cbl Med Wiss.*1883;28:497-501.
- Nichols G.L., Holt D., Said B. (2002). NSF International/World Health Organization Symposium on HPC Bacteria in Drinking Water. Geneva, Switzerland.
- Nicolas, L. (2021). Longueurs à la piscine. Temps aménagés et temps vacants dans les Bassins parisiens (années 1880-1930). *L’histoire culturelle*. N°3.

O

- OMS, (2006). Microbial hazards. In: *Guidelines for Safe Recreational Water environments. Swimming Pools and similar Environments*, 2. WHO Press, Geneva,Switzerland, P 26-59 (Chapter 3).
- OMS. (2000). « Guidelines for safe recreational water environments », Vol 2, FinalDraft, Chapter 4.
- OMS. (2000). « Guidelines for safe recreational water environments », Vol 2, Final draft, chapter 4.
- OMS. (2000). *Guidelines for safe recreational water environments – Volume 2 – Swimming Pools, Spas and similar recreational – water environments*, Final draft. 15p.
- OMS. (2005). *Water Recreational and Disease Plausibility of Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality*. London-Seattle : OMS. 239 p.
- OMS. (2006). *Guidelines for drinking-water quality, third edition, incorporating first and second addenda. Volume 1 – Recommendations*. Geneve : OMS. 516 p.
- OMS. (2006). *Guidelines for safe recreational waters. Volume 2 – Swimming pools and*

Similar recreational-water environments. Geneve : OMS. 118 p.

- OMS. (2006). microbial hazards.in: Guidelines for safe recreational water environments. swimming pools and similar environments, 2.WHO press, GenevanSwitzerland.,26-59(chapter3).
- OMS. (2006b). Guidelines for safe recreational waters. Volume 2 – Swimming pools and Similar recreational-water environments. Geneve : OMS. 118 p. OMS. (2009). Risk assessment of Cryptosporidium in drinking water. Genève, Suisse : OMS. 134 p.
- OMS. (2009). Risk assessment of Cryptosporidium in drinking water. Genève, Suisse : OMS. 134 p.
- ONE, vol. 11, no 8, août 2016, e0161352 (ISSN 1932-6203, PMID 27552230, 23
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS) (World Health Organization). Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2,Swimming pools and similar environments, 2006.

P

- Panyakapo M., Soontornchai S., Paopuree P. (2008). Cancer risk assessment from Exposure to trihalomethanes in tap water and swimming pool water. J. Environ. Sci. ;20 (3) : 372-8.
- Pardo A., Nevo K., Vigiser D. Et al. (2007). The effect of physical and chemical properties of swimming pool water and its close environment on the development ofcontact dermatitis in hydrotherapists. Am. J. Ind. Med. ; 50 (2) : 122-6.
- PMID PMC4994947, DOI 10.1371/journal.pone.0161352, lire en ligne [archive],consulté le 7 janvier 2020.

R

- Rapport sur l’opportunité de modifier le règlement sur la qualité de l’eau des piscines et autres bassins artificiels, Direction des politiques de l’eau, Ministère du développement durable, de l’environnement, de la Faune et des Parcs, Québec, juin 2013., p10-13.
- Richardson S.D., Plewa M.J., Wagner E.D. et al. (2007). Occurrence, genotoxicity, and Carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinkingwater: a Review and roadmap for research. Mutat. Res. ; 636 (1-3) : 178-242.
- Robert H (1999). Qualité microbiologique des eaux brutes distribuée par BRL.Mémoire de l’école national de la santé publique.
- Robert, D (2013). Staphylococcus aureus résistant à la méticilline (SARM) : généralités, antibiotiques actifs, résistances acquises, et implication en pathologie communautaire illustrée par l’exemple des infections acquises au cours de la pratiquesportive. Thèse de Doctorat.

Université angers, France. 115 p.

- Rodier, J. (2005) : L'analyse de l'eau, Eaux résiduaires, Eaux de mer. 8ème Edition. Dunod. Paris, p .1383 ,1479.
- Rodier, j. (2009). Analyse de l'eau 9ème édition.
- Rodier, j. (2009). Analyse de l'eau 9^{ème} édition.
- Rodriguez M.J., Serodes J.B. (2001). Spatial and temporal evolution of trihalomethanes in three Water distributionsystems, Water Res.;35 (6): 1572-1586.0.

S

- Sandrine Herzog 2002 Etude Epidémiologique De La Giardiose En Elevage Canin Essai De Traitement Au Fenbendazole.
- Schaechter M., Medoff G., Eisenstein B.I (1999). Microbiologie et pathologie infectieuse. Paris : DeBoeck Université. 973 p.
- Seux, R., 1988. Evolution de la pollution apportée par les baigneurs dans les eaux de piscines sous l'action du chlore. Journal Français d'Hydrologie, 2 (19), 151–168.
- Shin G.A., Sobsey M.D. (2008). Inactivation of norovirus by chlorine disinfection of water. Water Res. ; 42 (17) : 4562-8.
- Solbi S. 2013. Effet du repiquage de *Pseudomonas aeruginosa* sur les caractères morphologiques, biochimiques et sensibilités aux antibiotiques. Thèse de Doctorat, université Mohammed V, Rabat, 116 p.
- Spinasse A. (2000). Hygiène et piscine publique. J. Pediatr. Pueric. ; 13 (6) : 334-41.

T

- Taplin D., Zaias N., Rebell G. Et al. (1969). Isolation and Recognition of Dermatophytes on a New Medium (DTM). Arch. Dermatol.; 99 (2) : 203-9.
- Techniques santé/sécurité (FTSS). 23 janvier 2001. En ligne : <http://www.phacaspc.gc.ca/msds-ftss/msds6f-fra.php>

W

- Walse S.S., Mitch W.A. (2008). Nitrosamine carcinogens also swim in chlorinated pools. Environ. Sci. Technol; 42 (4) : 1032-7.

Z

- Zwiener, C., Richardson, S.D., De Marini, D.M., Grummt, T., Glauner, T., and Frimmel, F.H., 2007. Drowning in Disinfection Byproducts? Assessing Swimming Pool Water. Environmental Science & Technology, 41 (2), 363–372.

Annexes

Annexe 1 : matériels lourds.

Matériaux	Le nom	Matériaux	Le nom
	La hotte		Rampe de filtration
	Ph mètre		Bec benzen
	Centrifugeuse		Pupinèle
	chlorométrie		Bain marie
	Microscope optique		Etuve(37°C)

	Réfrigérateur		Etuve(44°C)
	Etuve(55°C)		Etuve(25°C)
	Autoclave		

Annexes 2 : la composition des milieux de culture utilisé.

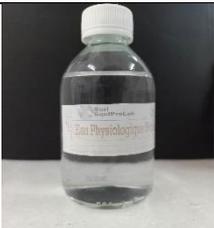
Le milieux	La composition		Photos originals
Chapman	Peptone Extrait de viande de bœuf Chlorure de sodium Mannitol Rouge de phénol Agar PH = 7,5 Eau distillée	10,0 g 1,0 g 75,0 g 10,0 g 0,025 g 15,0 g 1 L	
Hektoen	Protéose-Peptone Extrait de levure..... Désoxycholate de sodium..... Lactose..... Saccharose..... Salicine..... Bleu de bromothymol..... Fuchsine acide..... Thiosulfate de sodium..... Citrate ferrique ammoniacal Chlorure de sodium..... Agar..... PH = 7,5 Eau distillée.....	12,0 g 3,0 g 9,0 g 12,0 g 12,0 g 2,0 g 65,0 mg 100 mg 5,0 g 1,5 g 5,0 g 15,0 g 1 L	
BEA	Tryptone Peptone..... Extrait de levure Bile de bœuf déshydratée Chlorure de sodium Esculine..... Citrate de fer et d'ammonium Azoture de sodium (NaN3) Agar PH=7,1 ± 0,2g	17,0g 3,0g 5,0g 10,0g 5,0g 1,0g 0,5g 0,15g 15g	

Cetrimide	Peptone de gélatine.....	20,0g	
	Chlorure de magnésium.....	1,4g	
	Sulfate de potassium.....	10,0g	
	Cétrimide.....	0,3g	
	Glycérol.....	10ml	
	Gélose	13,6g	
Slanetz	Agar-agar	10,0g	
	Peptone	20,0g	
	Azide de sodium	0,4	
	Glucose	2,0g	
	TTC (chlorure de 2-3-5-triphényl- tétrazolium)	0,1g	
PH = 7,2			
Viand-foie(V.F)	Base viande-foie.....	30,0g	
	Glucose.....	2,0g	
	Agar.....	6,0g	
	Eaux distillée.....	1L	
	ph=7,6		
OGA	Extrait autolytique de levure.....	5,0g	
	Glucose.....	20,0g	
	Agar bactériologique.....	15,0g	
	Eau.....	1L	
TSC	Tryptone	15,0g	
	Peptone papainique de soja	5,0g	
	Extrait autolytique de levure	5,0g	
	Métabisulfite de sodium	1,0g	
	Citrate ferrique ammoniacal	1,0g	
	Agar agar	15,0g	
	PH (25°C) = 7,6.		

CCA	Digestat enzymatique de caséine	1,0g	
	Extrait autolytique de levure	2,0g	
	Chlorure de sodium	5,0g	
	Dihydrogénophosphate de sodium x 2		
	H ₂ O	2,2g	
	Hydrogénophosphate disodique	2,7g	
	Pyruvate de sodium	1,0g	
	Sorbitol	1,0g	
	Tryptophane	1,0g	
	Tensioactif à l'éthoxylate d'alcool secondaire.....	0,15g	
	6-Chloro-3-indoxyl-β-D galactopyranoside	0,2g	
	Acide 5-Bromo-4-chloro-3-indoxyl- β-D glucuronique	0,1g	
	Isopropyl-β-D-thiogalactopyranoside (IPTG).....	0,1g	
	Agar,agar	16,0g	
	pH (25 °C) : 6,8.		

Annexes 3 : réactifs, indicateurs colorés, bouillons, verreries et d'autre.

Les réactives	Photo original	Les réactives	Photos original
Additive sélénite		Peroxyde d'hydrogène(H ₂ O ₂)	
Tellurite		Kovacs	
DpD1			
Les indicateurs colorés			
Lugol		Fuschine	
Bleu de methylene			

Les bouillons			
Giollité-cantoni		Infusion cœur cerveau(BHIB)	
Tryptophane		SFB	
D'autre			
Huile de Vaseline		Serum humain	
Huile d'emersion		Alcool	
Eau physiologie			
Les verreries			
Becher		Pipette	

Tube à essaie		Seringue	
Tube sterile			