

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ 20 AOÛT 1955 SKIKDA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Ingénierie & Gestion de l'Eau

Élaboration d'un filtre biologique pour le
traitement des eaux de piscine

Soutenu le 20/06/2023

Réalisé par :
RAHAIE Kawther

BOUKERMA Manel

BOUAITA Amel

Encadré par :
Pr. Nadjla CHAIB

Année Universitaire 2022- 2023

Remerciements

Au terme de cet ouvrage, je voudrais rendre hommage à tous ceux qui l'ont eu de loin ou de près

Offrez leurs encouragements.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon encadrante Pr. Nadjla chaib, pour sa présence, son encadrement, sa confiance et ses conseils.

Qu'elle m'a généreusement offert.

Je tiens à remercier le Directeur du Laboratoire de Santé Publique de la wilaya de Skikda, car il ne nous a pas lésiné sur ses précieux conseils pour bénéficier de son expérience, ainsi que tous ceux qui nous ont aidés durant la période de stage, notamment sabra, Samiha et Tamin Wafaa.



Dédicace

Je dédie cet ouvrage

A ma maman qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études, mon père pour son soutien durant toutes mes études.

A mes frères, Ramzi et Djalil et ma sœur Ikram Ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A ma famille boukerma et mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

A tous ceux que j'aime

Manel

Dédicace

Avec un amour éternel et par la force de mes sentiments,
je dédie ce

Travail humble d'abord à Dieu Tout-Puissant pour la
patience

L'habileté et le courage qu'il m'a donné pour arriver à ce
point

A la personne qui a toujours été une source d'inspiration
et de courage à celle qui s'est sacrifiée pour moi et mes
frères A la femme qui vaut mille hommes A la femme
sans qui je ne peux imaginer ma vie A ma chère mère
que Dieu la protège.

Je dédie ce succès à mon cher père qui m'a quitté
prématurément, j'espère que tu es fier de votre fille.

Mes soutiens dans la vie mes frères: Fares et Abd Raouf,
et la chère épouse de mon frère, Kenza.

Pour me soutenir dans la vie, mon cher mari Oubaid, tu
m'as donné quelque chose de beau qui ne finit jamais.

A ma chère grand-mère Malika

À la femme de mon cher oncle, Tata Nora.

Et tous ceux qui portent le nom de famille Rahaie.

Et à tous mes amis et proches, chacun en son nom.

Kawther



Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mes parents pour tous les sacrifices consentis, pour ces encouragements et son soutien moral. Merci pour être sacrifiées pour que ces enfances grandissent et prospèrent.

A mon frère et mes sœurs pour leur disponibilité, leur soutien moral, leur encouragement.

A tous mes collègues et amies.

Amel

Résumé :

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'efficacité d'un biofiltre bactérien conçu pour le traitement des eaux de piscines. La qualité physique, chimique et bactériologique de l'eau de piscine a été évaluée afin de vérifier avant et après traitement biologique à l'aide de notre biofiltre. Les résultats obtenus ont montré que notre biofiltre a participé efficacement à la diminution des quantités des sels dissous, matière organique et matières en suspension, ainsi que la contamination fécale de l'eau de piscine après traitement par filtration biologique.

Abstract :

The aim of this study was to evaluate the effectiveness of a bacterial biofilter designed for the treatment of swimming pool water. The physical, chemical and bacteriological quality of pool water was assessed before and after biological treatment with our biofilter. The results obtained showed that our biofilter was effective in reducing the quantities of dissolved salts, organic matter and suspended solids, as well as faecal contamination in pool water after treatment by biological filtration .

ملخص:

كان الهدف من هذه الدراسة هو تقييم فعالية المرشح الحيوي البكتيري المصمم لمعالجة مياه حمامات السباحة، تم تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه حمامات السباحة من أجل التحقق قبل وبعد المعالجة البيولوجية باستخدام الفلتر الحيوي الخاص بنا . أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المرشح الحيوي الخاص بنا قد ساهم بشكل فعال في تقليل كميات الأملاح الذائبة والمواد العضوية والمواد العالقة ، بالإضافة إلى التلوث البرازي لمياه حمامات السباحة بعد المعالجة بالترشيح البيولوجي.

Sommaire :

Sommaire

Remercîments

Dédicace

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction Général 1

Chapitre I : Généralités sur les eaux de piscines

I.1. Introduction..... 3

I.2. Définition d'une piscine 3

I.3.Types de piscine..... 3

I.4.Caractéristiques générales d'une eau de piscine 5

I .5. Règlementation algérienne concernant les eaux de piscines 6

I .6. Evaluation des risques sanitaires liés aux piscines.....7

I.6.1.Identifier les risque.....7

I.6.2.Evaluation des risques microbiologiques 8

I.6.3.Effets des polluants des piscines sur la santé des baigneurs..... 8

I.7.La pollution de l'eau d'une piscine..... 9

I.7.1.Substances dissoutes 10

I.7.2.Matières organiques 11

I.7.3.Microorganismes : contamination microbienne	11
I.7.4.Calcaire.....	11
I.8.Traitement et élimination des polluants des eaux de piscines	12
a.Les produits primaires.....	13
b.Les produits chlorés.....	13
c.Exemple.....	14
I.9.Conclusion.....	17

CHAPITRE II : Filtration biologique des eaux

II.1.Introduction	18
II.2Généralités sur le traitement biologique	19
II.2.1Principe de l'épuration biologique	19
II.2.2.La croissance bactérienne.....	20
II.2.3.Modélisation de la cinétique de croissance bactérienne.....	21
II.3.Les techniques de traitement par filtration biologique.....	22
II.3.1.Principe de la biofiltration.....	22
II.3.1.1.Principe de fonctionnement.....	23
II.3.1.2Les paramètres de fonctionnement des biofiltres.....	23
II.3.2.Types des biofiltres	24
II.3.2.1.Disques biologiques	24
a. Principe de fonctionnement	24
b. Les paramètres de fonctionnement du Disques biologiques	25
c. Classification des Disques biologiques	25
II.3.2.2.Lits bactériens.....	25
a. Principe de fonctionnement	25
b. Les paramètres de fonctionnement du lit bactérien.....	26
c. Classification des lits bactériens	28
II.3.2.3.Bioréacteurs à membrane.....	30

a. Principe de fonctionnement	30
b. Les paramètres de fonctionnement des Bioréacteurs à membrane.....	31
c. Types des Bioréacteurs à membrane.....	31
II.4.Composition des eaux destinées pour la biofiltration.....	33
II.5.Les avantages et les inconvénients de la biofiltration biologique.....	33
II.6.Conclusion.....	34

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1. Introduction	35
III.1.Méthode de prélèvement	35
III.2.Matériel de prélèvement	35
III.3.Description de la piscine pilote conçue.....	36
III.3.1.Choix du matériau	36
III.3.2.Dimensions	37
III.3.3.Remplissage.....	37
III.4.Conception du filtre biologique pour le traitement des eaux de piscines.....	37
III.5.Mise en culture du biofilm microbien sur le bio filtre	39
III.5.1.Conditions de culture	39
III.5.2.Contrôle de la prolifération du biofilm microbien dans le bio filtre.....	39
III.5.2.1.Mise en culture sur milieu solide	39
III.52.2.Observation macroscopique	43
III.6..Paramètres contrôlés pour l'eau de piscine.....	43
III.6.1.Paramètres physico-chimiques.....	43

III.6.1.1.Température.....	43
III.6.1.2.PH.....	44
III.6.1.3.Conductivité	44
III.6.1.4.Détermination de la dureté totale TAC.....	45
III.6.1.5.Mesure de la TH	45
III.6.1.6.Turbidité	47
III.6.1.7.Des matières en suspension (MES)	47
III.6.1.8.Détermination de la matière organique (MO).....	48
III.6.2.Analyse bactériologique.....	49
III.6.2.1.Recherche des germes fécaux et totaux	50
a/Mode opératoire.....	50
b/Incubation et lecture.....	50
c/Test de confirmation.....	50
d/Expression des résultats.....	51
III.6.2.2. Recherche des streptocoques fécaux.....	51
a/Mode opératoire.....	51
b/Incubation et lecture.....	52
c/Test de confirmation.....	52
d/Expression des résultats.....	53
III.7.Conclusion.....	53

CHAPITER IV : Résultats et discussion

IV.1.Introduction.....	54
------------------------	----

IV.2.Paramètre de contrôle de production du biofilm bactériologique.....	54
IV.2.1.Paramètres physico-chimiques	54
IV.2.2.Contrôle de la formation du biofilm bactériologique	55
IV.3.Paramètres de contrôle de la qualité de l'eau de piscine	56
IV.3.1.Paramètres physico-chimiques	56
IV.3.1.1. Température.....	56
IV.3.1.2. pH.....	57
IV.3.1.3.Turbidité.....	58
IV.3.1.4.Conductivité.....	59
IV.3.1.5.TAC	60
IV.3.1.6.TH.....	61
IV.3.1.7.Matières organiques oxydables (Indice de permanganate de Potassium).....	62
IV.3.1.8. Matières en suspension.....	63
IV.3.2. Contrôle bactériologique	64
IV.4. Discussion	65
Conclusion Général.....	67

Liste des Figures

Figure I.1.piscine en plein air	03
Figure I.2.piscine couverte	04
Figure I.3. Piscine mixte.....	04
Figure I.4.piscine extérieure	05
Figure I .5. Piscine sportive et de loisir.....	05
Figure I.6.Analyse Eau de piscine, Spa, Jacuzzi	08
Figure I.7.substances que nous cache la piscine	08
Figure I.8. Le traitement de l'eau de votre piscine	14
Figure II.1. Croissance d'une Culture Bactérienne	19
Figure II.2. Schéma du principe d'un biofiltre	21
Figure II.3. schéma de principe d'un disque biologique (Menoret, C., 2001).	23
Figure II 4. Synoptique d'une STEP à disque biologique(Menoret, C., 2001).	23
Figure II.5. Coupe transversale dans un lit bactérien (ADJEROUD Kh., 2016)	25
Figure II.6. Pouzzolane naturelle	28
Figure II.7.bioréacteur à membrane à boucle externe (Gagnaire et al' 2008)...	31
Figure II.8.Bioréacteur à membrane à boucle immergé (Gagnaire et al 2008) ..	31
Figure III.1. Bassin circulaire en forme de piscine.....	36
Figure III.2. Bassin en verre en forme de l'aquarium	36
Figure III.3. Le filtre avant le remplissage	37
Figure III.4. L'éponge	38
Figure III.5. Le sable	38
Figure III.6.la ouate.....	38
Figure III.7. La pierre	39

Figure III.8. L'eau extrait du filtre biologique dans un bécher.....	40
Figure III.9. Met la gélose PCA dans la boîte de Pétri	40
Figure III.10. Stérilisation de membrane	41
Figure III.11. Nous mettons le filtre	41
Figure III.12. Filtration membranaire dans laboratoire	42
Figure II.13. Le papier filtre sur la gélose PCA	42
Figure III.14. L'étuve dans laboratoire	42
Figure III.15. Boîtes de Pétri après les avoir placées dans l'étuve à 40 c° pendant 48 heures	43
Figure III .16. Résultats de température	43
Figure III .17. PH-mètre de paillasse de type de wtkrb Ph7310	44
Figure III .18. Conductivité-mètre	44
Figure III .19. Résultat de titrage TAC dans laboratoire.	45
Figure III .20. Résultat de titrage de TH dans laboratoire.....	45
Figure III .21. Résultat de titrage de TH dans laboratoire.....	46
Figure III .22. L'appareil de Turbidimètre.....	47
Figure III .23. Filtration de l'eau pour mesure des MES.	48
Figure III .24. Titrage de MO dans laboratoire.	48
Figure III.25. Les échantillons dans le bain-marie.	49
Figure III .26. Ajout de KMnO4.....	49
Figure III.27. L'étuve d'incubation a 44 c°	50
Figure III.28. Le résultat final après l'incubation 24 h.....	51

Figures III.29. Du travail dans laboratoire	52
Figure III.30. Incubation des réactifs	52
Figure IV.1 : La température de l'eau de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration	57
Figure IV.2 : pH de l'eau de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration	58
Figure IV.3 : Variation de turbidité de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration	59
Figure IV.4 : Variation de conductivité de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration	60
Figure IV.5 : Variation de TAC la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration	61
Figure IV.6 : Variation de TH de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration	62
Figure IV.7 : Variation de matière organique de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration	63
Figure IV.8 : Variation de Matière en suspension de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration	64

Liste des Tableaux

Tableau I.1. Quantité d'azote apportée par baigneur (OMS, 2006)	10
Tableau III .1. Les dimensions de bassin circulaire.....	37
Tableau III.2. Les dimensions de bassin en en forment de l'aquarium.....	37
Tableau IV.1: Résultats des analyses physicochimiques de l'eau de production du biofilm bactériologique.....	54
Tableau IV.2 : dimensions des colonies macroscopiques.....	55
Tableau IV.3: Résultats des analyses chimique et physique de l'eau De piscine	65
Tableau IV.4: Qualité bactériologique de l'eau de la piscine 20 AOUT AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration biologique.....	65

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est d'une importance biologique et économique vitale. L'hydrosphère est à la base de l'équilibre entre la vie et les écosystèmes. L'hydrosphère est le fondement de l'équilibre entre la vie et les écosystèmes. L'eau est un aliment et, dans certains cas, un médicament, et matière première pour l'industrie, l'énergie et l'agriculture. Ses utilisations sont donc multiples, Notre civilisation moderne utilise de plus en plus l'environnement aquatique pour les loisirs et les vacances, en particulier pendant les mois d'été.

Notre civilisation moderne utilise de plus en plus le milieu aquatique pour les loisirs et les vacances, en particulier pendant les mois d'été, et pour une variété de sports et de loisirs aquatiques. Gestion des risques pour la santé. Si la natation est un loisir qui permet de se détendre et de faire de l'exercice physique mais la natation peut aussi comporter certains risques. Ces risques peuvent être liés à l'un des éléments suivants la qualité de l'eau, les activités associées à la baignade et souvent le comportement.

Les eaux de baignade peuvent être contaminées par des polluants aquatiques.

Collectivement ou individuellement à partir de sources environnementales externes, telles que les eaux usées municipales les eaux usées collectives ou individuelles, les eaux de ruissellement, les sources de pollution ponctuelles ou transitoires. En raison de sources de pollution temporaires, telles que les excréments du bétail ou de la faune, bien que les principales causes soient les suivantes les baigneurs libèrent naturellement un grand nombre de bactéries (et parfois des agents pathogènes) dans l'eau Les baigneurs libèrent naturellement un grand nombre de bactéries (parfois pathogènes) dans l'eau par leur peau, leurs appendices et leurs sécrétions (fèces, urine, sueur, etc.), urine, sueur, etc.) dans l'eau. Les principales voies d'exposition sont l'ingestion d'eau, le contact avec la peau elle-même et, dans une moindre mesure, l'ingestion d'eau. Et, dans une moindre mesure, la voie respiratoire. La plupart des micro-organismes sont communément associés aux piscines. Cela signifie que les risques liés à cette contamination sont principalement microbiologiques (bactéries, virus, protozoaires et champignons microscopiques), qui peuvent être à l'origine d'otites et d'infections oculaires, d'infections digestives, d'infections respiratoires et d'infections de la peau. Ils peuvent provoquer des infections, des infections gastro-intestinales, des maladies de la peau et des infections des voies respiratoires supérieures. L'absence de contrôle des normes sanitaires dans les eaux de baignade peut être à l'origine d'une grave contamination microbienne. Sources graves de contamination microbiologique dues à l'utilisation des eaux de baignade par une variété de personnes de

INTRODUCTION GENERALE

niveaux sociaux et sanitaires différents. Sources sérieuses de contamination microbiologique dues à l'utilisation des eaux de baignade par des personnes de statuts sociaux et sanitaires différents. Il existe différentes manières de traiter l'eau des piscines, dont certaines présentent plus d'inconvénients que d'avantages, comme le chlore, qui peut provoquer des allergies chez les baigneurs. Nous avons donc conçu un filtre biologique pour traiter l'eau de la piscine. Le filtre biologique que nous avons conçu est-il une solution efficace ? C'est ce que nous allons chercher à savoir dans le cadre de notre recherche.

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer l'efficacité d'un biofiltre bactérien conçu pour le traitement biologique des eaux de piscine. Nous utilisons des paramètres physico-chimiques et bactériologiques pour vérifier la qualité de l'eau de piscine avant et après le traitement par le filtre biologique.

Ce présent mémoire est divisé en quatre chapitres :

Le chapitre 1 fournit une description générale de l'eau de piscine, des risques sanitaires posés par l'eau de piscine et de la manière de traiter l'eau de piscine.

Le chapitre 2 traite de la biofiltration sous toutes ses formes.

Le chapitre III analyse les propriétés physiques, chimiques et bactériologiques de l'eau de piscine et la formation du biofilm.

Le chapitre IV présente les principaux résultats obtenus, leur interprétation et leur discussion.

Enfin, le document se termine par une conclusion générale et des références.

Partie Théorique

Chapitre I

Généralité sur les eaux de piscine

I.1.Introduction

L'eau des piscines doit être nettoyée et désinfectée en permanence, car de nombreuses personnes s'y baignent. Pendant que les gens se baignent, l'eau de la piscine est traitée et maintenue propre pour s'assurer qu'elle est exempte de substances nocives telles que bactéries, virus, algues et autres micro-organismes. Des substances nocives telles que les bactéries, les virus, les algues et autres micro-organismes.

Ce chapitre a couvert tout ce qui concerne l'eau de piscine.

I.2.Définition d'une piscine

Une piscine, un étang, une pataugeoire ou simplement une piscine est une structure conçue pour stocker de l'eau en vue de la natation ou d'autres activités récréatives. Les piscines peuvent être hors sol (intérieures) ou enterrées (autonomes ou faisant partie d'une structure telle qu'un bâtiment) et peuvent être situées sur des navires de haute mer ou des navires à passagers. Les piscines intérieures sont généralement fabriquées dans des matériaux tels que le béton, la pierre naturelle, le métal, le plastique ou la fibre de verre, et leur taille et leur forme varient du sur-mesure au standard, la plus grande étant la piscine olympique. (Mlle. MEHDA Wafa Mlle. TAHRAOUI Imane 2019/2020)

I.3.Types de piscines

Tout le monde aime les piscines, non pour le plaisir qu'elles procurent, mais aussi seulement parce qu'elles constituent un bel ajout artistique à leur jardin. Bien entendu, il existe de nombreux types de formes et de conceptions de piscines, notamment :

- a) Piscines en plein air : Toutes les piscines sont en plein air et les annexes sont généralement couvertes.



Figure I.1.piscine en plein air

- b) **Piscines couvertes** : Installations où la piscine et les installations annexes sont situées dans un bâtiment fermé.



Figure I.2.piscine couverte

- c) **Piscines mixtes** : Installations comportant à la fois des piscines intérieures et extérieures.



Figure I.3. Piscine mixte

- d) **Piscines extérieures** : disponibles à la mi-saison. Ces installations peuvent être utilisées en hiver grâce à un sas (voie d'eau) permettant d'accéder à la piscine depuis l'annexe. Dans ce cas, la piscine peut être utilisée sans devoir sortir de l'annexe (dans ce cas, une couverture thermique doit être installée dans l'annexe). (Dans ce cas, il faut prévoir des couvertures isothermes pour réduire les pertes d'énergie lorsque la piscine n'est pas utilisée). (Dans ce cas, il est conseillé d'installer une couverture isotherme dans l'annexe) (**EDF France,2003**).



Figure I.4.piscine extérieure

e) Piscines sportives et de loisirs : Cette installation intègre des fonctions sportives et de loisirs et se compose de plusieurs éléments. Elle comprend plusieurs éléments, notamment des piscines couvertes, des piscines extérieures et des piscines transformées



Figure I .5. Piscine sportive et de loisir

I.4.Caractéristiques générales d'une eau de piscine :

Lorsque l'eau arrive dans une piscine par le biais de canalisations, elle a des propriétés similaires à celles de l'eau potable. Cependant, en raison du processus de baignade et du contact avec les baigneurs, la composition de l'eau change. Il en résulte une absorption progressive de divers contaminants microbiologiques, chimiques et physiques du corps du baigneur dans l'eau de la piscine. Il existe trois voies d'exposition à la contamination de

l'eau de piscine : (1) l'ingestion directe de l'eau, (2) l'inhalation de composés volatils et (3) l'absorption cutanée.

I.5.Règlementation algérienne concernant les eaux de piscines

Expression regulation piscine publique piscine Le chlore combiné (chloramine) doit être inférieur à 0,6 ppm. L'eau de piscine sans stabilisant (acide isocyanurique) doit avoir un chlore actif compris entre 0,4 et 1,4 ppm. Représentation regulation piscine publique piscine L'eau de piscine avec stabilisants doit avoir un minimum de 2,0 ppm (ou 2 mg/L) et un maximum de 5,0 ppm (ou 5 mg/L) de chlore libre. Représentation reglementation piscine publique piscine Les piscines couvertes doivent avoir une teneur en trichloramine dans l'air inférieure à 0,5 mg/m³. Le taux de stabilisants (acide isocyanurique) présent dans l'eau doit être inférieur à 75 ppm. Si un appareil à ozone est utilisé pour la désinfection, le taux d'ozone directement contrôlé dans la piscine doit être nul (l'ozone n'est présent qu'entre la pompe de filtration et le filtre dans le local technique). Règles d'expression Piscines publiques Piscines La nouvelle alimentation en eau doit être d'au moins 30 litres par baigneur et par jour (la recommandation est de 50 litres par baigneur et par jour).

Art1 :

- Le présent décret à pou objet de définir la qualité des eaux de baignade a l'exception des eaux destinées aux usages thérapeutiques et des eaux de piscine.

Art. 2 :

Au sens du présent décret on entend par :

- "eaux de baignade" les eaux ou parties de celles-ci douces, courantes ou stagnantes ainsi que l'eau de mer, dans lesquelles la baignade est autorisée ou n'est pas interdite et habituellement pratiquée par un nombre important de baigneurs,
- "zone de baignade" l'endroit ou se trouvent des eaux de baignade.

Art 3 :

- La qualité des eaux de baignade doit satisfaire aux paramètres microbiologiques et physico-chimiques indiqués à l'annexe du présent décret. Les méthodes d'échantillonnage, de conservation, de manipulation et d'analyses des échantillons sont effectuées selon les normes algériennes en vigueur.

Art. 4:

- La fréquence minimale des prélèvements, le nombre minimal d'échantillons et d'analyses sont déterminés par arrêté conjoint du ministre chargé de l'environnement et des ministres concernés.

Art. 5.

- Lorsque la qualité des eaux de baignade ne satisfait pas aux paramètres prévus à l'annexe du présent décret, le wali territorialement compétent interdit la baignade pour cause de pollution.

Art. 6

. - L'agence nationale pour la protection de l'environnement (A.N.P.E) est chargée d'effectuer les opérations de surveillance de la qualité des eaux de baignade et ce, en liaison avec les organismes et institutions concernés. Elle peut, à cet effet, faire appel à des laboratoires agréés conformément à la réglementation en vigueur, agissant sous sa direction et son contrôle.

Art. 7

- Le présent décret sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire. Fait à Alger, le 10 juillet 1993.

I.6.Evaluation des risques sanitaires liés aux piscines

Les baigneurs sont à la fois une source et un objet de pollution. Les baigneurs peuvent être par les cheveux, les fragments de peau, la salive et les crachats. Le risque de contamination se situe principalement dans l'eau. Les risques de contamination se situent principalement dans l'eau (Agence Régionale de Santé des Pays de la Loire- Département Sécurité Sanitaire des Personnes et de l'Environnement)

I.6.1 Identifier les risques

Les baigneurs sont à la fois une source et un objet de pollution. Les baigneurs peuvent être par les cheveux, les fragments de peau, la salive et les crachats. Le risque de contamination se situe principalement dans l'eau. Les risques de contamination se situent principalement

dans l'eau. Le risque pour le sol dû à un nettoyage inadéquat des installations sanitaires, des sols, etc. ne peut être ignoré.



Figure I.6. Analyse Eau de piscine, Spa, Jacuzzi

I.6.2. Evaluation des risques microbiologiques

L'examen de la littérature scientifique montre que l'apparition de certaines maladies peut être associée à la pratique de la natation en piscine. Les infections cutanées (mycoses, dermatites virales ou bactériennes, verrues plantaires) sont les plus fréquentes, suivies par les lésions oto-rhino-laryngologiques (otites, angines, rhinites, conjonctivites), les maladies intestinales (gastro-entérites) dans une moindre mesure et les maladies pulmonaires. De rares cas de méningite ont également été observés et une hépatite virale a été identifiée.

L'eau, la surface, le sol et l'air autour des piscines peuvent être microbiologiquement contaminés (Bactéries, virus, parasites et champignons microscopiques). Cependant, leurs concentrations dans l'eau de la piscine sont souvent inconnues et la dose minimale est également inconnue.

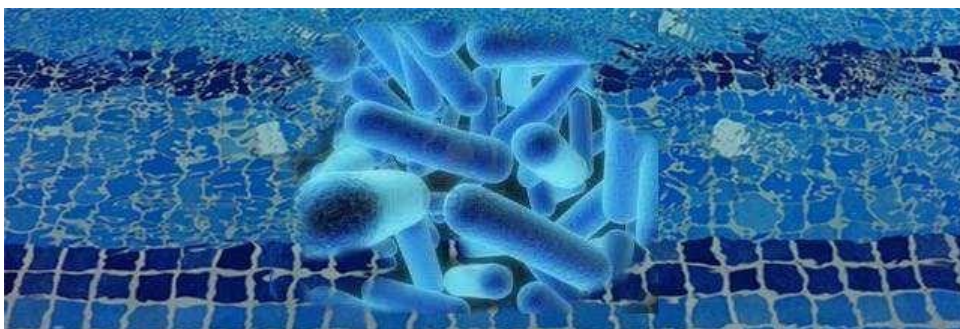


Figure I.7. substances que nous cache la piscine

I.6.3. Effets des polluants des piscines sur la santé des baigneurs

La natation expose les nageurs à des micro-organismes pathogènes. Le refroidissement et l'absorption de l'eau réduisent la résistance des muqueuses du

nageur, ce qui les rend vulnérables aux micro-organismes pathogènes présents dans l'air, dans l'eau et dans le corps du nageur. Les micro-organismes introduits dans l'eau par les matières fécales du nageur peuvent provoquer toute une série de symptômes. La plupart des micro-organismes pathogènes provoquent des diarrhées et des troubles cutanés, mais certains peuvent provoquer des symptômes plus graves tels que paralysie, encéphalite, cardite, jaunisse, fièvre, vomissements, diarrhée, infections respiratoires et oculaires. Les micro-organismes pathogènes présents dans les piscines comprennent des bactéries, des virus et des parasites protozoaires. Les jeunes enfants, les personnes âgées et les personnes dont le système immunitaire est affaibli sont plus sensibles aux infections causées par ces micro-organismes et risquent davantage de tomber malades. Les personnes atteintes d'un cancer, quel qu'il soit, peuvent également avoir une résistance réduite aux infections d'origine hydrique. Toutes les personnes in fêtées peuvent tomber malades, mais elles ne doivent pas nécessairement être contagieuses. Dans les pays en développement, l'augmentation du nombre de personnes touchées par le sida au cours des deux dernières décennies a entraîné une augmentation du nombre de personnes dont l'immunité est réduite.

I.7.La pollution de l'eau d'une piscine

L'eau des piscines contient des micro-organismes et des substances indésirables provenant de la peau et des excréments des baigneurs. Elles proviennent de la peau et des excréments des baigneurs. Les baigneurs apportent de nombreux contaminants. Les baigneurs introduisent des bactéries et d'autres contaminants dans l'eau par leur salive, leurs excréments, leurs vêtements de bain, les tissus cutanés, le sébum, la sueur, les cheveux et les produits cosmétiques. Il s'agit notamment des tissus cutanés, du sébum, de la sueur, des cheveux, des produits cosmétiques et de l'ammoniac (NH₃). Garantir la propreté de l'eau en la renouvelant constamment est souvent trop coûteux. De plus, cela ne résout pas le problème des contaminants. Ne résout pas le problème des contaminants sur les parois de la piscine. En réutilisant l'eau.

Peut entraîner une augmentation des concentrations de contaminants et de microorganismes pathogènes. Les microorganismes prolifèrent, ce qui crée un risque de propagation des maladies. Microorganismes prolifèrent, créant un risque de propagation de maladies.

I.7.1. Substances dissoutes

Les polluants tels que l'urine et la sueur des baigneurs sont dissous dans l'eau de la piscine. La sueur et l'urine contiennent des purines et de l'ammoniaque. Ces substances contiennent également de la créatine, de la créatinine et des acides aminés. Les composants de la sueur et des purines ne sont pas nocifs pour le corps humain. Cependant, lorsqu'ils réagissent avec des désinfectants de l'eau tels que le chlore, des produits de réaction indésirables tels que les chloramines peuvent se former.

L'eau peut contenir des contaminants lessivés provenant des désinfectants et des agents de nettoyage utilisés dans les piscines. Les contaminants lessivés sont en grande partie éliminés par oxydation. Les substances qui ne sont pas

Décomposées (même partiellement) sont éliminées du système de recirculation. Systèmes de recirculation avec rafraîchissement des égouts.

Tableau I.1. Quantité d'azote apportée par baigneur (OMS, 2006).

Composés	Sueur	Urine	Baigneur
	Azote (mg. L-1)	Azote (%) Azote (mg. L-1)	(%) Azote (mg)
Urée	680- 68	10240- 84	320 – 840
Ammoniaque	180 18	560 - 5	30-60
Créatinine	7 - 1	460 - 5	15-50
Acide Amine	45 - 5	280 - 2	10-25
Autres composent	992 - 100	100 - 12220	400- 1000
Azote total	992 - 100	100 - 12220	400- 1000

I.7.2.Matière organique

Chaque nageur apporte de la matière organique et des germes dans la piscine. Ces polluants sont:

- **Le Baigneur** : Sueur, urine, salive / Sécrétion des muqueuses / Particules de peau, Pellicules cheveux / Graisse, Produits cosmétiques.
- **La Nature** : Herbe, feuillage, terre, poussière / Pollen, spores d'algues.
- **L'environnement** : Suie, pluie acide, graisse, huile...
- **L'adduction d'eau** : Spores d'algues / Matières organiques dissoutes

I.7.3.Microorganismes : Contamination microbienne

Les microbes sont de petits organismes omniprésents dans l'environnement, notamment dans le sol, l'eau et l'air. Leurs principales caractéristiques sont leur petite taille en micromètres, leur petite masse en picogrammes et leur capacité à former des populations denses, souvent avec des taux de division très rapides. Dans de nombreux cas, ils s'adsorbent et se multiplient sur des surfaces inertes ou biologiques, formant des dépôts appelés biofilms. En raison de leur faible masse, ils sont également facilement en suspension dans l'air et sont souvent adsorbés par des particules inertes.

Le terme microorganismes désigne les champignons microscopiques (levures et moisissures) et les bactéries, ainsi que les protozoaires tels que *Cryptosporidium* et *Giardia*, fréquents dans les eaux douces, les algues microscopiques (dont certaines sont toxiques) et les virus.

I.7.4.Calcaire

Le calcaire, comme le grès et le gypse, est une roche sédimentaire soluble dans l'eau, composée principalement de carbonate de calcium CaCO_3 et contenant également du carbonate de magnésium MgCO_3 . Cette roche carbonatée est d'une grande importance géologique et économique.

Ils se forment principalement sur les fonds marins, parfois dans des lacs, par le dépôt de coquilles et de squelettes de microalgues et d'animaux marins. Ils se forment également par précipitation en milieu continental.

Les géologues établissent des classifications basées principalement sur la structure des roches carbonatées, ce qui nécessite souvent l'utilisation d'un microscope, ou au moins d'une loupe puissante. Ils utilisent également une nomenclature pratique basée sur les caractéristiques les plus saillantes : Selon le rapport entre le calcaire et la dolomie, elles sont appelées : calcaire pur (100-95% de calcaire et jusqu'à 5% de dolomie), calcaire magnésien (5-10% de dolomie) et calcaire dolomitique (10-50% de dolomie) ; Marne (5-35% d'argile), marne (35-65% d'argile), en fonction de la proportion de calcaire et d'argile.

I.8. Traitement et élimination des polluants des eaux de piscines

- ✓ Le traitement de l'eau de piscine a pour objectif de :
 - Maintenir la clarté de l'eau
 - évaporer et éliminer les impuretés et les particules de l'eau
 - Détruire le maximum de micro-organismes dans l'eau : utiliser des produits de désinfection tels que le chlore, le brome ou l'ozone, car l'eau doit être désinfectée et stérilisée. Utilisation de produits de désinfection : chlore, brome ou ozone.
 - Limiter les propriétés irritantes de l'eau.
 - Prévenir le développement d'algues dans l'eau et sur les murs
 - Maintenir une température de l'eau satisfaisante

Un traitement stable garantit une eau limpide et de bonne qualité microbiologique et chimique ; les microorganismes sont dans ce cas rapidement détruits et ne peuvent pas proliférer. (Agence Régionale de Santé des Pays de la Loire- Département Sécurité Sanitaire des Personnes et de l'Environnement).

a. Les produits primaires

Il est indispensable de posséder en permanence les produits suivants :

- Chlore ou chlore stabilisé (cf.. fiche « produit chloré »)

- Acide iso cyanurique (ou stabilisant) qui bloque le chlore partiellement et le libère progressivement dans le bassin, ce qui permet de maintenir permanent d'une teneur en désinfectant satisfaisante et une réduction de la consommation de chlore.

. - Thiosulfate de sodium qui permet de baisser la concentration en chlore dans l'eau du bassin.

- Sulfate de cuivre utilisé comme anti-algues. - Acide chlorhydrique, utilisé pour baisser, si nécessaire, le pH de l'eau du bassin afin d'optimiser le traitement de chloration.

- Carbonate de sodium, qui permet de relever, si nécessaire, le pH.

- Sulfate d'alumine, floculant utilisé pour améliorer la filtration dans le cas d'utilisation de filtre à sable.

- Dans les piscines traitées à l'ozone, un désinfectant non permanent, la chloration doit être ajoutée pour obtenir une action désinfectante durable. Dans ce cas, la quantité résiduelle de désinfectant est la même que lors d'une chloration classique. Dans les piscines utilisant de l'eau de mer, le chlore introduit dans le circuit de traitement se combine au bromure de l'eau de mer pour former du brome. Ce brome est le véritable désinfectant de l'eau de la piscine et doit donc être mesuré régulièrement. Sa teneur doit toujours être comprise entre 1 et 2 mg/L . Et le pH doit être compris entre 8 et 8,2.(Agence Régionale de Santé des Pays de la Loire- Département Sécurité Sanitaire des Personnes et de l'Environnement)

b. Les produits chlorés

Le chlore existe sous plusieurs formes chimiques dans l'eau avec des propriétés bactéricides différentes, et la proportion des différents dérivés dépend des facteurs physiques et chimiques de l'environnement (pH, matières organiques, minéraux, etc.). Les

proportions dépendent des facteurs physiques et chimiques du milieu (pH, matières organiques et minérales, température, etc.) Le chlore est un agent oxydant très puissant et son effet est persistant. En réagissant avec les matières organiques et les minéraux, le chlore forme du chlore combiné, qui a un faible pouvoir bactéricide. Chlore combiné contenant des chloramines Le chlore combiné contenant des chloramines est très irritant pour les yeux et dégage une mauvaise odeur (odeur de chlore perçue par les baigneurs dans l'eau ou au bord de la piscine). (Agence Régionale de Santé des Pays de la Loire- Département Sécurité Sanitaire des Personnes et de l'Environnement).

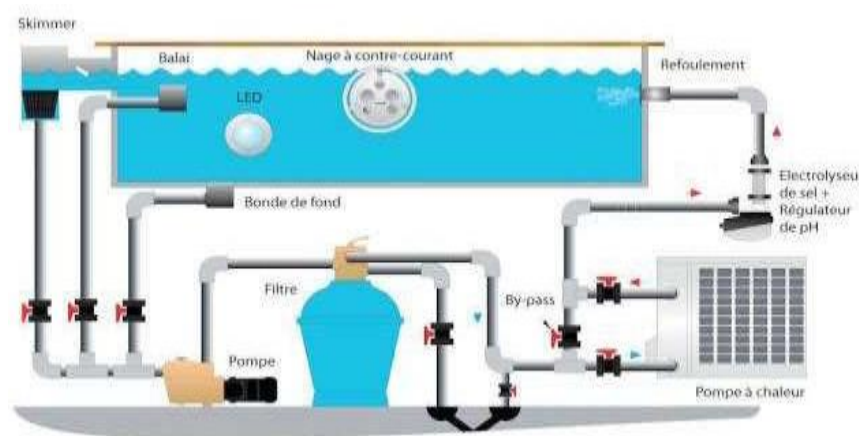


Figure I.8. Le traitement de l'eau de votre piscine

c. Exemple de traitement de l'eau de piscine

Les produits ne doivent jamais être versés dans le bassin en la présence de baigneurs et sans être dilués au préalable. L'injection des produits doit être réalisée progressivement dans le circuit de recyclage (bac tampon, skimmers, goulottes, pompes doseuses ...) afin de permettre une homogénéisation parfaite et rapide (Agence Régionale de Santé des Pays de la Loire- Département Sécurité Sanitaire des Personnes et de l'Environnement).

<p>Chloration EAU DE JAVEL</p> <p>La concentration en eau de javel est indiquée en % de Chlore Actif: en France 2 concentrations sont couramment commercialisées □ à 9,6% de C.A soit 110,59 g/L de chlore □ à 2,6% de C.A soit 26,96 g/L de chlore Pendant longtemps en France on a utilisé le degré chlométrique Gay Lussac : 1 ° chlorométrique correspond à 3,17 g/L Dans un litre d'eau de javel à 36°chl, on a $36 \times 3,17 = 114,12 \text{ g/L}$ de chlore . Pour obtenir une concentration de 1,5 mg/l (ou 1,5 g/m³) de chlore dans un bassin de volume en m³ « V », on ajoute un volume en litre d'eau de javel à 9,6 % en C.A de : $1,5 \times V / 110,5$</p>	<p>Exemple :</p> <p>Pour un bassin de 140 m³, le volume d'eau de javel à 9,6% de C.A° à ajouter pour obtenir une concentration de 1,5 mg/l de chlore est .</p> $1,5 \times 140 / 110,59$ <p>= 1,90 litre</p>	<p>A réaliser à chaque fois que la teneur en chlore libre est insuffisante.</p>
<p>ACIDE ISOCYANURIQUE PUR (stabilisant) Une concentration de 50 de 50 mg/l (ou 50 g/m³) est satisfaisante. L'apport peut être unique et effectué en</p>	<p>Exemple:</p> <p>Pour un bassin de 140 m³, l'apport en kg d'acide isocyanurique pur en poudre sera : L'excès de stabilisant ne peut être éliminé que par</p>	

une seule fois toutes les 3 à 4 semaines. Pour obtenir une concentration de 50 mg/l (ou 50 g/m ³) de stabilisant dans un bassin de volume en m ³ « V », on ajoute en kg: $50 \times V / 1000$	des apports d'eau neuve importants. $50 \times 140 = 7 \text{ kg}$.	L'excès de stabilisant ne peut être éliminé que par des apports d'eau neuve importants.
SULFATE DE CUIVRE (Anti-algue) Il est employé de manière préventive à une teneur de 0.5 à 1 g / m ³ Pour obtenir une concentration de 0,5 g/m ³ de sulfate de cuivre dans un bassin de volume en m ³ « V », on ajoute en g : $0,5 \times V$	Exemple Pour un bassin de 140 m ³ , l'apport en g pour prévenir le développement d'algue est : $0,5 \times 140 = 70$	Si l'eau est « grasse » au toucher, augmenter la dose. Attention, à forte concentration ce produit peut « verdier » les cheveux blonds.
THIOSULFATE DE SODIUM (Neutralisant du chlore) 5 g de thiosulfate de sodium dans 1 m ³ font baisser le chlore libre de 1 g/m ³ .	Exemple: Pour un bassin de 140 m ³ , l'apport en g de thiosulfate pour abaisser la teneur en chlore libre de 2 mg/l dans le bassin est de : $(140 \times 2) / 1 = 280 \text{ g}$ de thiosulfate de Sodium	A réaliser en cas d'excès de chlore libre dans le bassin. Attention, ce réducteur puissant fait baisser le pH.
BICARBONATE DE SODIUM Voir dose suremballage		Voir dose sur emballage A utiliser pour augmenter le pH

Conclusion :

L'eau des piscines publiques contient des micro-organismes et des substances indésirables. C'est pourquoi. La surveillance de la qualité de l'eau permet de s'assurer que les normes de qualité de l'eau sont respectées et, dans le cas contraire, que des mesures correctives sont prises sans délai.

Chapitre II

Filtration biologique des eaux

II.1.Introduction:

Le principe de la biofiltration repose sur l'utilisation de matériaux filtrants granulaires colonisés par une biomasse épuratrice et traversés par l'effluent à traiter. Les technologies de biofiltration développées par les différents fabricants se distinguent par leur mode de fonctionnement. Un système d'alimentation en eau peut être installé en dessous ou au-dessus du biofiltre, permettant à l'eau de s'écouler vers le haut ou vers le bas. La plupart des biofiltres sont actuellement équipés d'un système d'alimentation en eau ascendant. Les caractéristiques des grains qui composent le massif filtrant (type, densité, forme, etc.) sont propres à chaque fabricant. Les matériaux (argile expansée, polystyrène, etc.) sont très variables, mais peuvent être classés en fonction de leur densité.

Le type de biomasse épuratrice présente dans le lit filtrant dépend des conditions de fonctionnement du biofiltre (forme de l'agent oxydant, type de polluant à traiter). La présence de carbone organique et d'oxygène dans le milieu contribue au développement de bactéries hétérotrophes aérobies qui dégradent la pollution carbonée. En revanche, la limitation du carbone organique favorise le développement d'une biomasse autotrophe capable d'utiliser les sources de carbone minéral et l'azote ammoniacal comme source d'énergie.

Le processus de traitement biologique est linéaire et consiste en trois étapes successives de biofiltration visant à réduire la pollution carbonée, la nitrification et la dénitrification de l'eau.

II.2. Généralités sur le traitement biologique

Certains micro-organismes ont une grande capacité à dégrader les substances biodégradables (Menoret, C., 2001).

Leur croissance rapide et leurs actions biochimiques et leurs actions biochimiques en font des agents de purification extrêmement efficaces. Leur traitement biologique est largement utilisé pour la décontamination de l'eau.

Le traitement biologique est largement utilisé pour la décontamination de l'eau et peut être considéré comme une reconstruction écologique simplifiée.

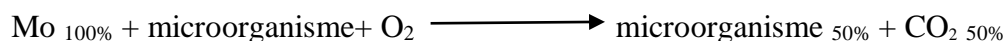
Reconstituer un écosystème simplifié et sélectionné à l'aide de la microfaune bactérienne et protozoaire.

Reconstituer des écosystèmes simplifiés et sélectionnés à l'aide d'une microfaune composée de bactéries et de protozoaires. L'épuration biologique consiste à favoriser la croissance de ces micro-organismes.

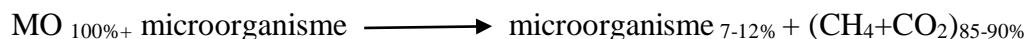
L'épuration biologique consiste à stimuler la croissance de ces micro-organismes et à utiliser leurs propriétés saillantes dans les conditions les mieux adaptées au résultat souhaité.

Il s'agit de favoriser la croissance de ces micro-organismes dans des conditions optimales pour le résultat souhaité (BLIEFERT & PERRAUD, 2009)

- a-Traitement aérobie :



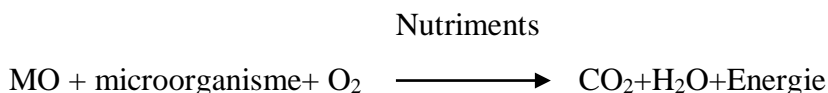
b-Traitement anaérobie :



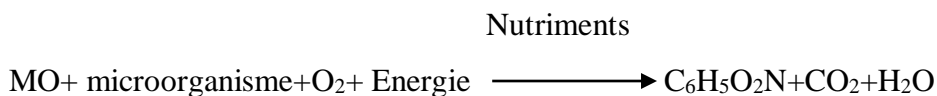
II.2.1. Principe de l'épuration biologique

L'épuration est réalisée par le métabolisme bactérien. Ce dernier est composé de :

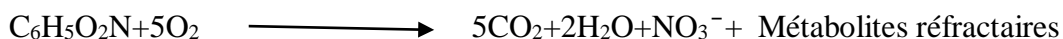
- Réaction de catabolisme :



- Réaction d'anabolisme :



- Réaction d'oxydation de biomasse (respiration endogène) :

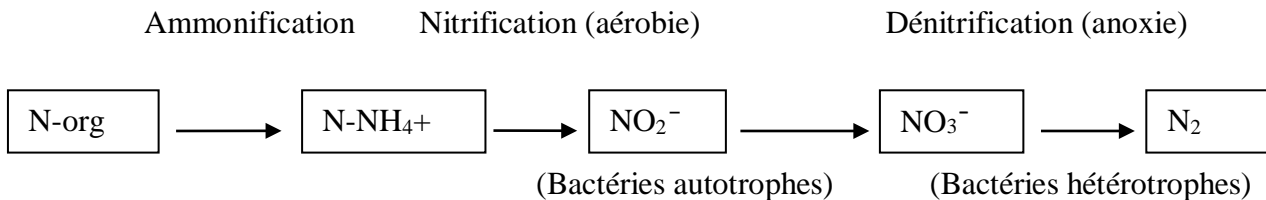


- Bilan d'oxygène :

$$\Delta\text{DCO (SOLUBLE)} = \Delta\text{DCO (BIOMASSE)} + \Delta\text{O}_2 \text{ (UTILISE)} \text{ [22]}$$

-Élimination de l'azote :

Le processus d'élimination de ce composé nutritif par les bactéries des eaux se déroule en plusieurs étapes schématisées ci-dessous.



II.2.2.La croissance bactérienne :

La croissance d'une biomasse de concentration X, à l'instant zéro, en présence d'un substrat biodégradable de concentration S, comporte quatre phases (figure II.1)

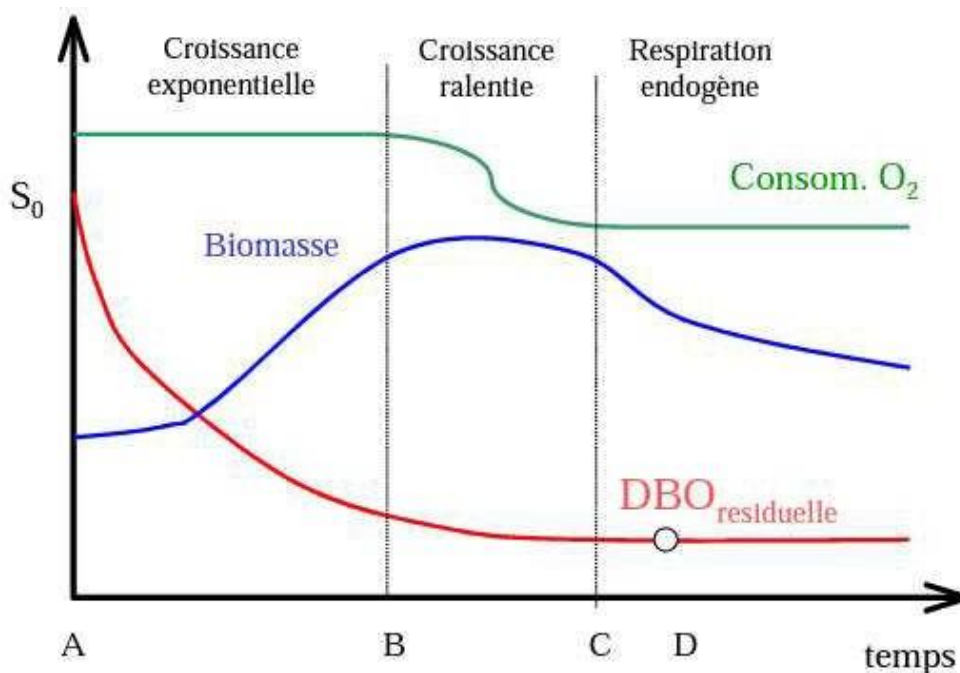


Figure II.1. Croissance d'une Culture Bactérienne

- **Phase de latence** : correspond à l'adaptation des micro-organismes au milieu nutritif. La vitesse de croissance de la biomasse est presque nulle.
- **Phase de croissance exponentielle** : c'est la phase où le taux de reproduction cellulaire atteint est maximal et reste constant en présence d'une concentration en substrat non limitante. La vitesse de croissance (1) et celle de la consommation du substrat (2) s'écrivent :

$$X/dt = \mu m X \dots\dots\dots (1)$$

$$ds /dt = -Y \mu m X \dots\dots\dots (2)$$

Avec :

X : la concentration en matière organique active (g/l),

t: le temps en heure,

μ : taux de croissance maximale des micro-organismes par heure (h-1),

S : substrat dégradé exprimé en taux de consommation d'oxygène (DBO₅ éliminée) en (g/l),

Y : masse (g) de cellules produites par unité (g) de substrat de concentration S. Y est le "rendement cellulaire".

- **Phase de stabilisation** : à ce niveau, le taux de croissance bactérienne (μ) s'annule et le nombre de bactéries vivantes constant. La stabilisation est attribuée à l'épuisement du substrat et il s'ensuit l'accumulation des déchets toxiques et l'évolution défavorable des conditions physico-chimiques tel que le pH.

- **Phase de respiration endogène** : la biomasse est dans la phase d'autolyse. Sa masse chute et la décroissance est proportionnelle à la concentration des micro-organismes Sa comme le montre l'équation (3):

$$dX_a/dt = -b_a X_a \dots\dots\dots (3)$$

Où :

b_a : taux de mortalité des micro-organismes par heure, il est de 0,18 à 20°C et de 0,135 à 13°C .

II.2.3. Modélisation de la croissance bactérienne

Le modèle mathématique le plus utilisé pour la quantification de la croissance bactérienne est le modèle de Monod exprimé par l'équation suivante

Avec:

$$d x/dt = \mu x \text{ avec } \mu = \mu_{ms} / (k+s), \text{ (valable pour un RPAC)}$$

μ (h⁻¹) : taux de croissance à l'instant t.

S (g/l) : substrat dégradé exprimé en consommation d'oxygène (DBO₅ éliminée).

K (mg/l): concentration seuil au-dessus de laquelle le taux de croissance doit très dépendant de la concentration en substrat .

II.3. Les techniques de traitement par filtration biologique

On distingue plusieurs types de traitement biologique

II.3.1. Principe de la biofiltration :

Zidane et al (2006) décrivent les principaux composants de la biofiltration comme suit.

- L'influent à traiter (plus ou moins chargé) est introduit sur un support et traité sur ce support.
- La formation de populations bactériennes qui assurent la co-absorption et la dégradation biologique des polluants et une certaine quantité de dégradation biologique.
- Dégradation biologique des polluants et une certaine filtration physique.
- Les micro-organismes sont immobilisés sur le support de filtration (revêtement) sous la forme d'un biofilm. Immobilisés sous la forme d'un biofilm. Les contaminants passent de la phase liquide en mouvement à la phase liquide.
- Les contaminants se déplacent de la phase liquide en mouvement vers le biofilm immobilisé, qui forme une phase solide immobile. Les contaminants sont alors dégradés par les micro-organismes du biofilm (Dumont et al. 2008). Que sont les micro-organismes ?
- Les micro-organismes (généralement des bactéries, des champignons et des protozoaires) peuvent
- La capacité de décomposer les polluants par voie aérobie (en présence d'oxygène) en eau (H_2O), en biomasse et en dioxyde de carbone.
- Les micro-organismes peuvent décomposer les polluants par voie aérobie (en présence d'oxygène) en eau (H_2O), en biomasse et en dioxyde de carbone (CO_2) (Agarwal et Ghoshal, 2008).

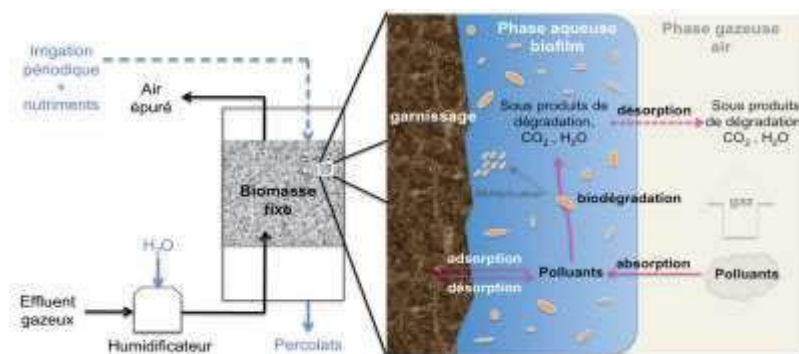


Figure II.2. Schéma du principe d'un biofiltre

II.3.1.1.Principe de fonctionnement

Un biofiltre est un lit composé d'un matériau filtrant sur lequel se fixent des micro-organismes. En fait, ils s'y multiplient, formant une couche biologiquement active appelée (biofilm, biomasse, foreurs, herbes biologiques). La biofiltration peut donc être considérée comme une technologie à biomasse fixe (**BECHLAGHEM A., 2013**).

Cette méthode de traitement est souvent aérobie. Cela signifie que le matériel biologique a besoin d'oxygène pour initier la transformation des polluants. Par conséquent, cette activité microbiologique ou bactériologique est un facteur important de l'efficacité du processus. Plusieurs facteurs influencent le processus (composition et charge surfacique de l'eau à traiter, type de matériel, stratégie d'alimentation (percolation), âge de la biomasse, température, aération, etc.) L'ensemble de ces facteurs constitue les conditions d'exploitation pour le bon fonctionnement du procédé (**BONTOUX J. & PICOT B., 1994**).

II.3.1.2.Les paramètres de fonctionnement des biofiltres :

Différents paramètres opérationnels affectent les performances d'épuration des biofiltres. Ils peuvent être divisés en trois catégories :

- Compartiment du biofiltre (ou composants physiques et biologiques) : nature et composition du matériau de remplissage, origine des micro-organismes (plantés ou indigènes),
- Paramètres physico-chimiques : température, humidité, pH,
- Paramètres caractérisant l'effluent gazeux : débit, vitesse, temps de séjour théorique du gaz dans le garnissage, composition et concentration des polluants.

II.3.2.Types des bio filtres :

II.3.2.1.Disques biologiques

a. Principe de fonctionnement

Les micro-organismes sont générés à la surface d'un disque intermédiaire en plastique monté sur un arbre horizontal, formant une membrane d'épuration biologique. Les disques sont semi-permanents (environ 40 % de la surface du disque) et leur rotation permet d'alterner l'oxygénation de la biomasse fixée et la décomposition de la pollution. (Menoret, C., 2001)

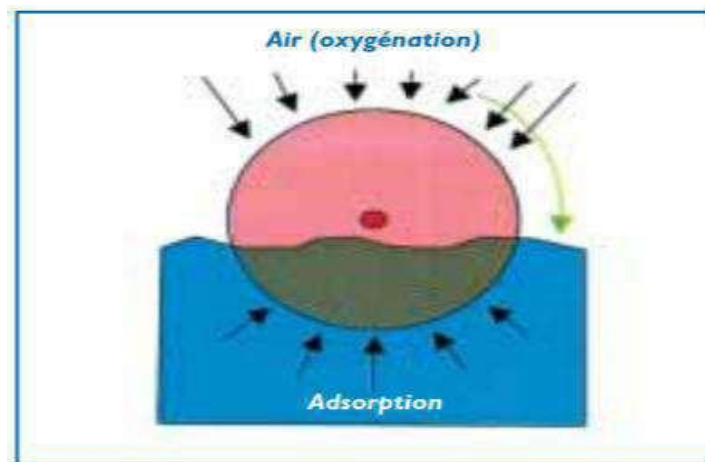


Figure II.3.schéma de principe d'un disque biologique (Menoret, C., 2001)

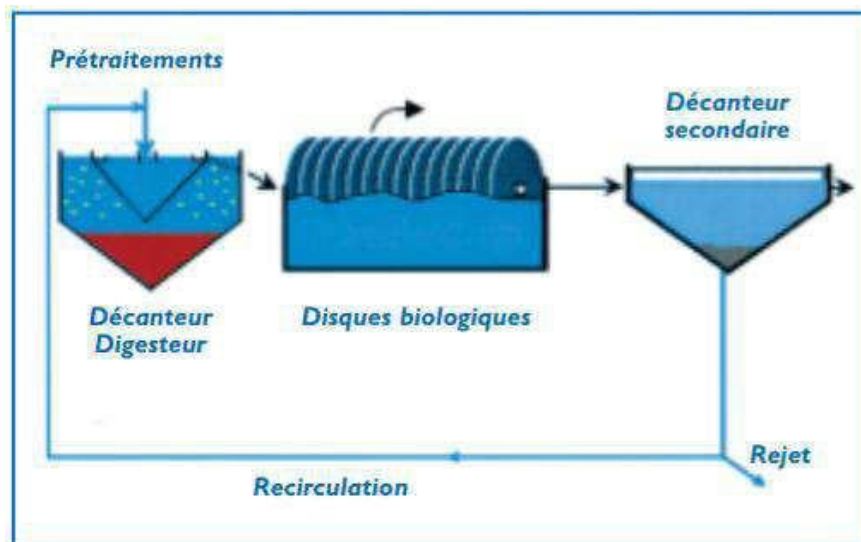


Figure II 4. Synoptique d'une STEP à disque biologique(Menoret, C., 2001).

b. Les paramètres de fonctionnement du disque biologique

- Charge massique : le rapport entre la saleté entrante et l'unité de masse de la population bactérienne responsable de l'élimination de la saleté, la masse des bactéries étant évaluée en fonction du poids des MES (matières volatiles en suspension). La charge massique est un paramètre recommandé pour comprendre les conditions de fonctionnement des stations à boues activées (à des charges massiques élevées, les micro-organismes font une réserve et ne consomment qu'une partie de la matière oxydable) :
 - V (m³) : volume du bassin d'aération.
 - St (kg/m³) : concentration en matière sèche des boues pendant l'aération.
 - L_0 (kg/l) : concentration moyenne en DBO₅ de l'eau traitée.
 - Q (kg/l) : concentration moyenne en DBO₅ de l'eau traitée.
 - Q (kg/l) : concentration moyenne en DBO₅ de l'eau traitée.
 - L_0 (kg/l) : concentration moyenne de DBO₅ dans l'eau traitée.
 - Q (m³ /j) : débit journalier des eaux.
- Charge volumique : intéressante pour le dimensionnement rapide du bassin d'aération, elle est le rapport entre le débit de pollution journalier et le volume du bassin d'aération et n'a pas de signification biologique.

c. Classification des disques biologiques

Les contacteurs biologiques rotatifs (technologie biodisque) sont un type de traitement secondaire des eaux dans lequel des disques biologiques parallèles étroitement espacés, montés sur un arbre rotatif, sont placés juste au-dessus de la surface des eaux.

II.3.2.2. Lits bactériens**a. Principe de fonctionnement**

Le principe de fonctionnement d'un filtre à ruissellement est le suivant : les eaux pré-décantées passent à travers un dispositif situé au sommet de l'installation, appelé sprinkler. L'eau usée passe sur une masse de matériau poreux qui supporte des micro-organismes épurateurs (RACAULT Y., SEGUERT F., 2004)

Ce dispositif comprend également un élément de drainage, un système d'aération au fond du lit, un décanteur secondaire (lit à forte charge) et des tuyaux. Permet la réutilisation de l'eau de décantation (BENSAYAH N. A., LEKHAL I., 2017).

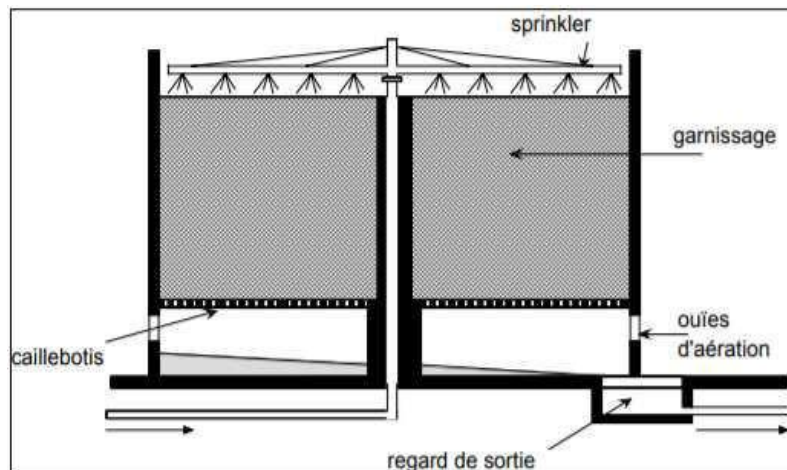


Figure II.5. Coupe transversale dans un lit bactérien (ADJEROUD Kh., 2016).

Les lits traditionnels (galets) ont une hauteur de 1 à 3 m et les lits modernes (plastiques ou synthétiques) de 6 m. Leur grande surface spécifique d'environ $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ et leur indice de porosité de 90 % permettent la formation de biofilms sans entraver la circulation de l'air (BENSAYAH N. A., LEKHAL I., 2017).

Dans les filtres à ruissellement, la masse active des micro-organismes est attachée à un support poreux inerte sous vide à travers lequel les eaux pénètrent (lits minéraux tels que la pouzzolane ou le coke métallurgique, ou le plastique

Le matériau de garnissage doit être régulier ou lâche et le débit de l'effluent ne doit être ni trop rapide pour laisser suffisamment de temps à la digestion bactérienne des polluants organiques, ni trop lent pour assurer une bonne élimination de l'excès de MES.

Les filtres à tambour sont plus efficaces que les méthodes à boues activées :

- 30 à 40 % des virus,
- 50 à 95 % des bactéries,
- 20 à 90 % des œufs d'helminthes,
- 83 à 99 % des kystes de protozoaires

b. Les paramètres de fonctionnement du lit bactérien

- **L'aération :**

L'aération peut être réalisée par ventilation naturelle ou forcée. Elle a pour but de fournir aux bactéries aérobies l'oxygène dont elles ont besoin pour fonctionner correctement. Les polluants présents dans l'eau et l'oxygène de l'air se diffusent à travers le biofilm vers les micro-organismes assimilateurs dans un flux à contre-courant.

Les biofilms contiennent des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond de la colonne. Les sous-produits et le dioxyde de carbone issus du processus de raffinage sont libérés sous forme de liquides et de gaz

- **Les microorganismes :**

Certaines de ces populations microbiennes ont la capacité de décomposer les polluants présents dans les eaux en, en dioxyde de carbone et en minéraux, réduisant ainsi l'impact de la pollution sur l'environnement récepteur.

Les organismes dotés de propriétés purificatrices sont les suivants :

- **Les bactéries**

Organismes unicellulaires dont la structure interne est la plus simple de toutes les espèces vivantes. Ils se multiplient généralement par fission binaire. Ces cellules constituent la population la plus importante des communautés microbiennes dans tout processus biologique, avec des concentrations dépassant souvent 10^6 cellules/ml . La majeure partie du poids sec des micro-organismes est généralement composée de carbone (50 %), d'oxygène (20 %), d'azote (10 à 15 %), d'hydrogène (8 à 10 %) et de phosphore (1 à 3 %).

- **Les protozoaires :**

Leur structure est plus complexe que celle des bactéries. La distinction entre les protozoaires est plus simple. Certains d'entre eux sont de redoutables prédateurs des bactéries. Ils sont mobiles et sont classés selon leur mode de migration (nage, reptation). Ils jouent un rôle important dans le processus d'épuration par leur abondance et leur interaction avec les bactéries (compétition et prédation).

- **Les algues :**

Organismes photosynthétiques unicellulaires ou multicellulaires, formant des populations hétérogènes. Les algues sont indésirables dans les cours d'eau de tête car elles véhiculent des odeurs et des goûts. En matière de traitement, il n'existe que deux types de procédés, les lits bactériens et les lagunes, mais seules ces dernières jouent un rôle bénéfique dans l'épuration.

a. La qualité de matériau :

Il doit avoir une surface spécifique élevée pour une activité biologique maximale, une bonne aération et perméabilité et, enfin, une résistance à la fracturation et à la corrosion.

b. La répartition de l'effluent sur le lit :

Pour ce faire, on utilise un dispositif à bras multiples appelé arroseur, dans lequel l'eau placée sur le dispositif est pulvérisée uniformément sur la surface du lit à une vitesse modérée et avec un mouvement rotatif.

Le jet ne doit pas être trop fin, car il a été démontré que la finesse du jet augmente le colmatage. Les arroseurs sont le système le plus approprié et le plus largement utilisé car ils ont un débit suffisant pour assurer un mouvement dynamique.

c. Classification des lits bactériens**a. la charge****-Les lits à faible charge**

La charge hydraulique est inférieure à $0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ et la charge en DBO_5 est de $0,08\text{-}0,15 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3.\text{d}$. L'efficacité de ce type de lit est d'environ 95%. Les filtres à ruissellement à faible charge sont sujets au colmatage, sont coûteux et peuvent éliminer l'azote

-Les lits à forte charge :

La charge hydraulique est supérieure à $0,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ et la charge en DBO_5 est comprise entre $0,7$ et $0,8 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3.\text{d}$. Les lits de cette classe nécessitent. Une recirculation pour s'assurer que :

- L'autocurage du lit,
- L'ensemencement des eaux décantées,
- La dilution des eaux à traiter.

b- le matériau de remplissage

La masse active de micro-organismes est ancrée dans un support poreux inerte (pouzzolane, plastiques, roches et cailloux) d'une porosité d'environ 50 %, à travers lequel les eaux à traiter sont filtrées. Ces dernières années, divers matériaux ont été utilisés pour remplacer les matériaux de remplissage des filtres à ruissellement conventionnels. Ils se caractérisent par une porosité élevée d'environ 90 %, la capacité de former une membrane biologique sans entraver le passage de l'air, l'uniformité pour une meilleure distribution des eaux et une excellente résistance chimique.

C. Les lits à remplissage traditionnel :

L'intérieur des lits où se forment les biofilms est rempli de pouzzolane (roche volcanique à structure alvéolaire), de coke métallurgique (gros morceaux de coke ou de charbon à coke très résistants à la compression), de silice et de cailloux. Il est caractérisé par sa surface

spécifique, exprimée en m^2 / m^3 , et sa porosité, qui est le rapport entre le volume des vides et le volume total du support, exprimé en pourcentage. La surface spécifique et la porosité sont des propriétés nécessaires pour les supports et les garnitures, et ces deux quantités sont liées et jouent un rôle important dans la conception des réacteurs à culture fixée.

Ces matériaux ont une surface spécifique de 90-105 m^2/m^3 . La hauteur du support est d'environ 2 m. Lorsque les lits sont fortement chargés, le taux d'épuration diminue (66 %).

La pouzzolane :

Le nom de pouzzolane est dérivé de la ville portuaire italienne de Pouzzoles, une ville riche en sable volcanique, située au pied du mont Vésuve dans le golfe de Naples.

Il s'agit d'une roche volcanique siliceuse, faiblement cohésive et friable, dont la couleur varie du gris au rouge, et qui a longtemps été utilisée comme ingrédient secondaire dans le ciment et le mortier.

Il s'agit d'une substance naturelle ou artificielle riche en silice et en alumine, qui peut réagir avec la chaux en présence d'eau pour former un produit ayant des propriétés liantes à la fin de la réaction.



Figure II.6. Pouzzolane naturelle

Les pouzzolanes artificielles sont des matériaux composés principalement de silice, d'alumine et d'oxyde de fer, auxquels on confère des propriétés pouzzolaniques par traitement thermique. Les pouzzolanes artificielles sont des déchets provenant de diverses industries. Il s'agit notamment de résidus de produits industriels tels que le fer, le bois et les cendres de charbon, ainsi que de résidus de briques et de tuiles fabriquées à partir d'argile pure à des températures modérées.

Les lits à remplissage plastique

Les matières plastiques sont synthétiques et n'existent pas dans la nature. Elles sont fabriquées à partir de matériaux tels que le charbon, le pétrole et le bois. Ce sont de mauvais conducteurs d'électricité. Les matériaux de remplissage en plastique ont été introduits vers 1975. Ils peuvent exercer une charge beaucoup plus importante sur la litière que les matériaux conventionnels (galets, graviers, pouzzolane).

Ces matériaux réduisent considérablement le risque de colmatage et ont un coefficient de transfert d'oxygène plus élevé que les matériaux de remplissage conventionnels .

Ils sont beaucoup plus hauts que les remblais conventionnels, avec une hauteur de 12 m, une surface spécifique de 150-220 m^2/m^3 et une porosité d'environ 90-95%. Ces lits peuvent accueillir des charges volumétriques de 1 $\text{kg}/\text{m}^3.\text{d}$ et 5 $\text{kg}/\text{m}^3.\text{d}$.

Ils sont souvent utilisés pour les eaux industrielles, la charge hydraulique appliquée est élevée et peut atteindre 10 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$, leur performance de traitement est meilleure et ils peuvent même traiter des eaux contenant du phénol.

On peut distinguer deux types de présentation :

- Remplisseurs bien rangés
- Matériaux de remplissage en vrac.

La durée de vie moyenne des lits de remplissage en plastique est d'environ 10 ans. Les causes de leur remplacement sont le colmatage, l'écrasement et un mauvais support.

II.3.2.3. Bioréacteurs à membrane**a. Principe de fonctionnement**

Le bioréacteur à membrane (MBR) est un procédé de traitement de l'eau de plus en plus utilisé dans le secteur du traitement des eaux usées municipales. Le système est plus efficace pour traiter les contaminants que les procédés conventionnels à boues activées et présente l'avantage d'être plus compact et plus flexible. Une membrane agissant comme un séparateur entre la boue activée et l'eau traitée remplace le clarificateur et peut retenir complètement les solides en suspension et les bactéries. Cependant, la principale limite des bioréacteurs à membrane est la gestion de la capacité de filtration de la membrane, qui nécessite une attention particulière et une bonne connaissance du processus de la part de l'opérateur. Le traitement préventif permet de maintenir au maximum les propriétés de la membrane. Il s'agit notamment du lavage à contre-courant, de la relaxation, du dégazage à grosses bulles et du nettoyage chimique préventif. En cas de colmatage de la membrane,

les solutions de traitement existantes (nettoyage chimique à l'acide ou à l'eau de Javel) peuvent être utilisées pour restaurer la perméabilité de la membrane à celle d'une membrane neuve. La filtration dans les bioréacteurs à membrane suit la loi de Darcy où J est le flux de filtration (en $\text{m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{s}$), TMP est la pression inter membranaire (en Pa), μ est la viscosité dynamique du milieu (assimilée à l'eau, soit $10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ à 20°C) et R est la résistance hydraulique de la membrane à la filtration (en m^{-1}).

b. Les paramètres de fonctionnement des Bioréacteurs à membrane

Le bioréacteur à membrane est constitué d'une cuve de 1 m^3 contenant la zone anaérobie (environ 1/3) et le volume restant aéré et agité par une turbine, le pilote étant alimenté par de l'eau prélevée dans la canalisation de sortie de l'hôpital à travers une crépine de 5 mm et pré-alimentée par des boues provenant de la station d'épuration des **eaux (BaM de Nailloux)**.

Le volume de réaction dans le biotank est ajusté en fonction du temps de séjour hydraulique visé : des modules membranaires à fibres creuses de $7,5 \text{ m}^2$ ($0,2 \mu\text{m}$) sont fournis par Polymem avec un débit de filtration nominal de 30 l/h. La filtration est séquentielle (2 min). La filtration est séquentielle (2 min/2 min). L'aération du réservoir organique a été ajustée au cours de l'essai pour assurer une bonne élimination de l'azote. Une aération syncopée au pied du module (1 min/1 min) a permis de réduire le colmatage. Conditions de fonctionnement/campagnes L'essai a été divisé en cinq campagnes. Seuls les résultats des campagnes 3,4 et 5 sont présentés. L'objectif de la campagne 3 était de passer d'un TSH (temps de séjour hydraulique) de 24 heures à TSH = 48 heures. La campagne 4 a poursuivi l'essai à TSH = 48 h et la campagne 5 est revenue à TSH = 24 h. En ajustant le taux d'aération et l'alcalinité (ajout de CaCO_3), l'élimination du carbone et de l'azote a pu être améliorée.

c. Types des Bioréacteurs à membrane

- Les BRM à boucle externe : il s'agit du premier type de BRM mis au point. Le module membranaire est installé à l'extérieur du bioréacteur et les boues activées sont pompées hydrauliquement à des débits élevés à travers le module membranaire pour obtenir un effet de cisaillement important (vitesse de circulation de 1 à 5 m/s). Ceci, probablement combiné à la circulation de gaz près de la surface de la membrane, a réduit l'accumulation de matière solide sur la surface du filtre et a augmenté le débit de perméat (50 - 120 LMH) .

Cependant, cette configuration a des coûts de filtration élevés de 10 à 50 kWh/m³ et n'est pas adaptée au traitement des eaux municipales avec des débits de traitement élevés

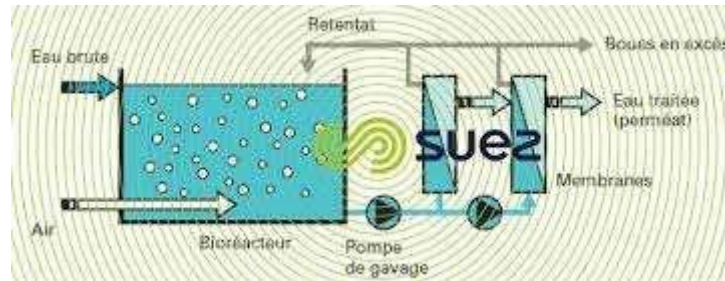


Figure II.7. bioréacteur à membrane à boucle externe (Gagnaire et al' 2008)

- BRM avec "membrane immergée" : ce type de BRM a été développé par la suite pour réduire les coûts d'exploitation des BRM. La membrane est immergée directement dans le bioréacteur ou dans un réservoir auxiliaire, mais sans recirculation à haut débit. Une configuration avec une pompe pressurisée en amont et une pompe aspirante en aval ou une pression gravitaire sur le module permet de produire du perméat à de faibles pressions transmembranaires (0,05 à 0,5 bar). L'aération (bulles larges, moyennes et fines) réduit l'accumulation de particules près de la surface de filtration. La consommation d'énergie de l'étape de filtration est plus faible que dans les configurations conventionnelles (< 1 kWh/m³), car une pompe de filtration à haut débit n'est pas nécessaire dans cette configuration. Cependant, en raison du volume de perméat plus faible (10 - 40 LMH), la surface de membrane à installer est par conséquent plus grande que dans le BRM à "boucle externe". Les coûts d'investissement initiaux sont donc plus élevés, mais cette configuration permet de maintenir la perméabilité de la membrane à un coût économiquement acceptable dans le traitement de l'eau domestique.



Figure II.8. Bioréacteur à membrane à boucle immergée (Gagnaire et al 2008)

II.4. Composition des eaux destinées pour la biofiltration

Les eaux soumises à un traitement biologique doivent être constituées essentiellement de substances organiques d'origine animale et végétale, qui doivent être biodégradables, c'est-à-dire susceptibles d'être transformées par divers processus biochimiques d'activité biologique microbienne et de convection. La proportion de substances biodégradables peut être divisée en deux groupes : **La matière aisément dégradables et la matière lentement dégradable**

II.5. Les avantages et les inconvénients de la biofiltration biologique

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> Faible coût : 40-50% moins cher que les boues activées. Les boues activées (deux raisons) La biofiltration est peut traiter des charges organiques plus importantes en raison des concentrations plus élevées de biomasse dans les boues activées. Les charges organiques plus élevées peuvent être traitées en raison des concentrations plus élevées de la biomasse et parce que la biomasse est fixe, aucun équipement de clarification n'est nécessaire. Aucun clarificateur n'est nécessaire car la biomasse est fixée dans le réservoir. 	<ul style="list-style-type: none"> Le temps de rétention de la Biomasse difficile à Contrôlable
<ul style="list-style-type: none"> Moins d'espace occupé (1/10 ou moins de boues activées, boues activées. Moins de 1/10^e des boues activées, moins de 1/5^e des lits bactériens) 	
<ul style="list-style-type: none"> Il n'y a pas de risque de feutrage dû à l'action des Filamenteuses 	<ul style="list-style-type: none"> Formation de chemins préférentiels. Formation d'un chemin préférentiel pour À l'écoulement de l'eau Traitement.
<ul style="list-style-type: none"> Peu de boues générées 	
<ul style="list-style-type: none"> Faiblement toxique hautement dégradable pour plusieurs polluants. La raison en est que l'âge des boues est important et que le choix est naturel. Il est naturel de choisir la 	
<ul style="list-style-type: none"> Concentrations élevées de biomasse et grande diversité microbienne. (Diversité microbienne). Rétention des boues Durée de rétention des boues de 10 à 250 jours. 	<ul style="list-style-type: none"> Risque élevé de colmatage
<ul style="list-style-type: none"> Démarrage rapide Résistance à la température et aux variations de température Charge 	<ul style="list-style-type: none"> Il est difficile de contrôler la Quantité de biomasse dans le biofiltre.
<ul style="list-style-type: none"> Concentration de biomasse 10-15 g/L de matière sèche Matière sèche dans les biofiltres 	

II.6. Conclusion

Ce chapitre est consacré aux problématiques de l'eau. La présentation du procédé (biologique...) a contribué à une description complète de la chaîne de traitement en mentionnant l'enchaînement des étapes technologiques. Le traitement biologique a suscité un intérêt particulier. Parmi les principaux dispositifs figurera le procédé de biofiltration

Partie Pratique

Chapitre III

Matériels et méthodes

III.1. Introduction

Ce chapitre expose les méthodes de prélèvement, de conservation et d'analyse des échantillons nécessaires à l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques .

III.1. Méthode de prélèvement

Les échantillons destinés à l'analyse chimique ont été prélevés à une profondeur de 15 à 30 cm sous la surface de l'eau pendant les heures d'ouverture normales.

Les échantillons ont été prélevés dans des zones où aucun baigneur n'était présent .Des efforts ont également été faits pour garder les mains et les doigts propres et éviter la contamination par la sueur ou les résidus chimiques .

III .2. Matériel de prélèvement

1. Utiliser des flacons en verre de 250, 500 ou 1000 ml
2. Avant l'usage, ces flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique.
3. Il est recommandé d'apposer une étiquette permettant d'inscrire ultérieurement l'identification du prélèvement.
4. Stériliser soit à l'autoclave (120 °C) durant 15 minutes, soit au four Pasteur (170 °C) durant 1 heure.

III.3.Description de la piscine pilote conçue :

III.3.1.Choix du matériau :

1- Un bassin en verre en forme de l'aquarium



Figure III.1.Bassin en verre en forme de l'aquarium

2- Un bassin circulaire en forme de piscine



Figure III.2. Bassin circulaire en forme de piscine

- ✓ Les deux bassins d'une capacité de 10 litres

III.3.2 Dimensions :**Tableau III .1. Les dimensions de bassin circulaire :**

Diamètre	27
Dimensions	La valeur en (cm)
Longueur	35

Tableau III.2. Les dimensions de bassin en en forme de l'aquarium :

Dimensions	La valeur en (cm)
Longueur	17.5
Largeur	29.5

III.3.3. Remplissage :

1- Nous remplissons le bassin en plastique avec 10 litres d'eau de piscine

2- Nous remplissons le deuxième bassin (forme aquarium) avec 10 litres de l'eau de robinet contient des nutriments (Glucose, Extrait de sol, levure, amidon) afin de favoriser le développement des bactéries dans l'eau et le filtre biologique.

III.4. Conception du filtre biologique pour le traitement des eaux de piscines

- ❖ Nous avons fabriqué un filtre biologique pour filtrer l'eau de la piscine de surface ;50.24cm².
- ❖ Le filtre est une boîte en plastique illustrée dans l'image suivante :

**Figure III.3. Le filtre avant le remplissage**

- ❖ Nous mettons plusieurs couches à l'intérieur de la boîte.

- ❖ La première couche est une éponge



Figure III.4. L'éponge

- ❖ 1g Suivi d'une couche de sable 62 g.



Figure III.5. Le sable

Troisième couche est en Ouate 2 g



Figure III.6.la ouate

- ❖ Suivi d'une couche en pierre 60 g.



Figure III.7. La pierre

- ❖ La cinquième couche est une éponge identique à celui utilisé précédemment
- ❖ Et enfin, une couche de Ouate identique à celui utilisé précédemment.

III 5. Mise en culture du biofilm microbien sur le bio filtre

III.5.1. Conditions de culture

- Température 37 °C
- pH Neutre
- Sources d'énergie
- Eau riche en nutriments

III5.2. Contrôle de la prolifération du biofilm microbien dans le bio filtre

III.5.2.1. Mise en culture sur milieu solide

- ✓ **Comptage sur les membranes de filtration**

Très utile lorsque le nombre de bactéries est très faible comme preuve de la contamination fécale.

- ✓ **Mode opératoire**

Preuve de la contamination fécale : 15 ml d'eau sont filtrés à travers une membrane et incubés sur un milieu gélosé dans une solution de Pétri.

1- Chauffer la gélose PCA pour la liquéfier

2- Après avoir extrait le jus des couches du filtre biologique, nous avons récupéré l'eau et à la faisons passer par un filtre stérile dans une rampe à filtration.



Figure III.8. L'eau extrait du filtre biologique dans un bécher

3- On met la gélose PCA dans deux boîtes de Petri et on la laisse durcir.

(Boîte de pétri 1 de l'eau de piscine)

(Boîte de pétri 2 de l'eau de formation de biofilm)



Figure III.9. Met la gélose PCA dans la boîte de Pétri

3- Stériliser la membrane :

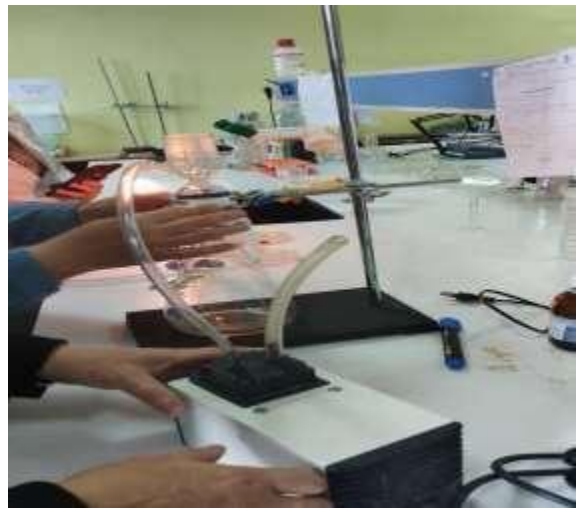


Figure III.10. Stérilisation de membrane

4- Déposer un filtre sur la membrane



Figure III.11. Nous mettons le filtre

5-Nous filtrons l'eau sur du papier filtre :



Figure III.12. Filtration membranaire dans laboratoire

6-Après filtration, mettre du papier filtre sur la gélose PCA :



Figure II.13. Le papier filtre sur la gélose PCA

7-Nous mettons les boîtes de Pétri à l'intérieur de l'étuve à 40 °C pendant 48 heures :

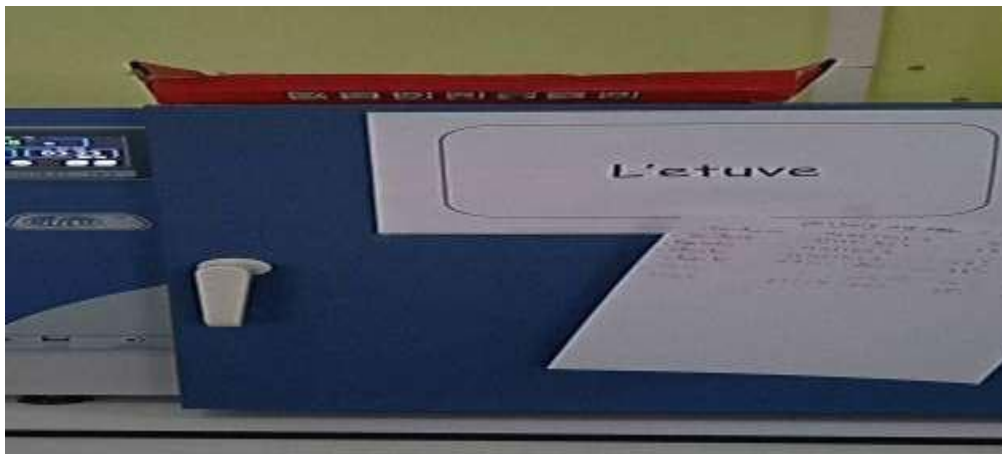


Figure III.14. L'étuve dans laboratoire

III.5.2.2. Observation macroscopique



Figure III.15. Boîtes de Pétri après les avoir placées dans l'étuve à 40 c° pendant 48 heures

III.6. Paramètres contrôlés pour l'eau de piscine

III.6.1. Paramètres physicochimiques

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées de deux manières :

- **Propriétés chimiques** : organiques ou minérales ;
- **État physique** : substances dissoutes, colloïdes, matières en suspension.

III.6.1.1. Température

À l'aide d'un thermomètre, prélevez de l'eau dans un grand bécher en verre d'une capacité de 125 ml. Plongez le thermomètre (fil électrique chauffant) dans le bécher et attendez 1 à 2 minutes que la température se stabilise. La température de l'eau peut également être mesurée directement dans la piscine. Elle peut également être mesurée directement dans la piscine (ADE : algérienne des eaux (Touggourt))

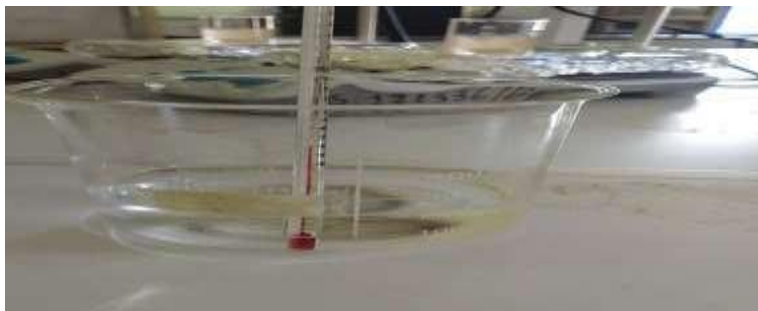


Figure III .16. Résultats de température

III.6.1.2.pH

➤ **Principe :**

Ajouter l'indicateur à l'eau à analyser et comparer la couleur obtenue avec une échelle de couleurs préparée à partir d'une solution de pH connu. Préparé à partir de solutions de pH connu (L'analyse de L'eau Jean Rodier).

On utilise l'appareil du pH- mètre .

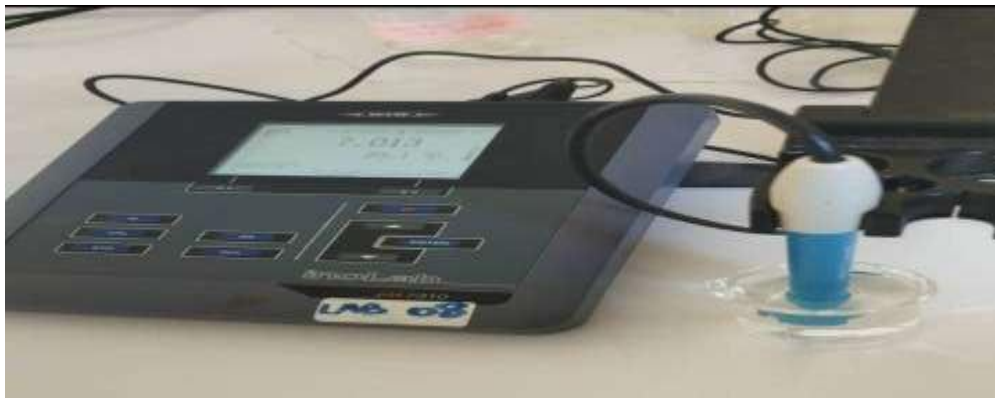


Figure III .17. PH-mètre de paillasse de type de wtkrb Ph7310

III.6.1.3.Conductivité

➤ **Principe :**

La conductivité est la propriété de l'eau qui permet à un courant électrique de la traverser. Cela est dû à la présence d'ions dans le milieu qui peuvent se déplacer dans un champ électrique (en fonction de la nature de ces ions dissous et de leur concentration). (Rejsek, 2002)

On utilise l'appareil de conductivité-mètre



Figure III .18. Conductivité-mètre

III.6.1.4. Le titre alcalimétrique complet TAC

➤ Principe

Ces mesures sont basées sur la neutralisation d'une certaine quantité d'eau avec de l'acide minéral dilué. Elles sont basées sur la neutralisation par (L'analyse de L'eau Jean Rodier).

➤ Mode opératoire

Prélevez un échantillon de l'eau de la piscine 100ml et ajoutez-y une goutte de la solution concentrée 0.1N thiosulfate Et ajouter deux gouttes de méthyle orange Agiter le flacon jusqu'à ce que les solutions soient mélangées Ensuite, nous commençons à le calibrer avec H_2SO_4 Ensuite, nous commençons à lire lorsque la couleur change.



Figure III .19. Résultat de titrage TAC dans laboratoire.

III.6.1.5. Dureté totale (TH)

- Dureté totale par titrimétrie à l'EDTA : Cette méthode permet de mesurer rapidement les ions calcium et magnésium et convient à la plupart des types d'eau, à condition de prendre certaines précautions. Avec des précautions, elle convient à la plupart des types d'eau (L'analyse de L'eau Jean Rodier).



Figure III .20. Résultat de titrage de TH dans laboratoire.

➤ **Principe**

Les terres alcalines présentes dans l'eau sont amenées à former des complexes de type chélate par le sel disodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique à un pH de 10. Au pH 10, le sel disodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique forme un complexe de type chélate. Perte de la dernière trace de l'élément libre à mesurer. La disparition de la dernière trace de l'élément libre à mesurer est détectée par un changement de couleur de l'indicateur spécifique, le Noir Ériochrome. Dans dans un milieu convenablement tamponné pour éviter la précipitation du magnésium, la méthode permet de mesurer la somme du calcium et du magnésium. peut mesurer la somme des ions calcium et magnésium (L'analyse de L'eau Jean Rodier).

➤ **Mode opératoire**

Placer 50 ml de l'eau à analyser dans un ballon femelle de 250 ml et ajouter 4 ml de solution tampon. Ajouter 4 ml de solution tampon et 3 gouttes de solution Eriochrome Noir T. La solution devient rouge foncé ou violette. Tout en agitant, verser la solution d'EDTA, d'abord rapidement, puis goutte à goutte lorsque la solution devient plus épaisse. Ensuite, lorsque la solution commence à devenir bleue, verser une goutte à la fois. Vérifiez la coloration. Ajoutez une autre goutte d'EDTA (L'analyse de L'eau Jean Rodier).



Figure III .21. Résultat de titrage de TH dans laboratoire.

➤ **Méthode de travail**

Nous prélevons un échantillon de l'eau de la piscine 50ml et y ajouter 4ml tompo10(pH=10) et deux gouttes (NET) Agiter le flacon jusqu'à ce que les solutions soient bien mélangées, Nous titrons par (EDTA).

III.6.1.6. Turbidité

La turbidité est une mesure de la quantité de solides en suspension qui causent la turbidité. (Beaux, 1998) Lors de l'utilisation d'un turbidimètre, il est recommandé de prendre les mesures le plus tôt possible après l'échantillonnage, L'échantillon doit être agité avant la mesure. (Cité dans Boukertouta et al. 2009.

On utilise l'appareil de turbidimètre.

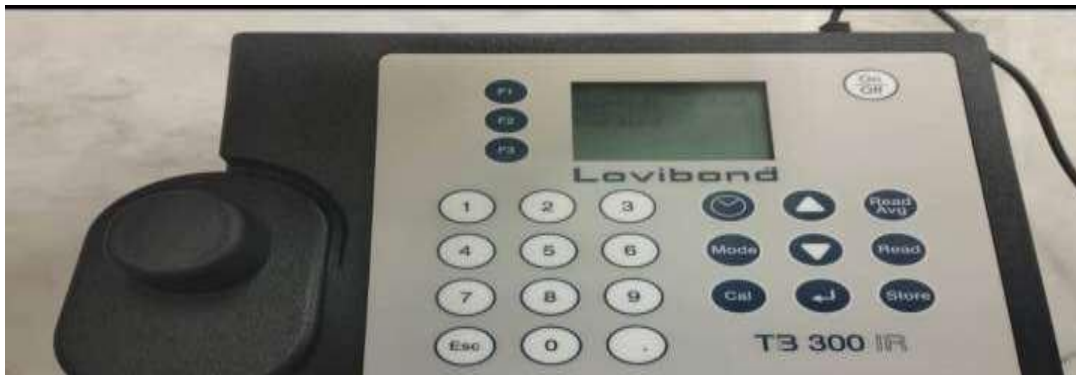


Figure III .22. L'appareil de Turbidimètre.

III.6.1.7. Des matières en suspension (MES)

➤ Principe

Un échantillon représentatif est filtré à travers une membrane filtrante en fibre de verre. et séché à 105 °C après filtration et rinçage. L'échantillon filtré est L'échantillon retenu sur le filtre est séché à 105 °C et pesé avec le filtre. Masse des solides en suspension. La masse des solides en suspension est obtenue en calculant la différence entre la masse du filtre contenant le résidu séché et la masse initiale. Calculer la différence entre la masse du filtre contenant le résidu séché et la masse initiale du filtre, en tenant compte des éléments suivants Volume filtré (AWWA).

➤ Méthode de travail

Prélever un de l'eau à utiliser 50ml dans un bécher de la solution concentrée Et utiliser le papier filtre et filtré l'eau jusqu'à dernier goutte, On met le papier filtre dans la balance pour obtenir une valeur Prélevez m_0 (papier filtre sèche). Nous filtrons l'eau sur le papier filtre et la remesurons, nous obtenons donc la valeur de m_1 avoir fait la filtration de l'eau, nous disons de mettre le papier une valeur m_2 à

l'étuve Dans température 105°C pendant 90 minutes.



Figure III .23. Filtration de l'eau pour mesure des MES.

III.6.1.8. Détermination de la matière organique (MO)

➤ Définition

La quantité de permanganate de potassium (KMnO_4) consommée pour oxyder la matière organique dans l'eau en un temps donné (4 heures de froid ou 10 minutes d'ébullition) dans des conditions acides ou alcalines. Les résultats peuvent être exprimés en mg/l d' O_2 ou en mg/l de KMnO_4 (traitement des eaux).



Figure III .24. Titrage de MO dans laboratoire.

➤ Principe

L'eau est portée à ébullition en présence d'une solution diluée de permanganate de potassium et l'excès est mesuré après une ébullition de 10 minutes exactement (traitement des eaux).

➤ **Mode opératoire**

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on introduit : 100 ml d'eau à analyser, 15 ml de la solution d'acide sulfurique 1M, 15 ml de la solution de permanganate de potassium 0,01N le mélange est porté à ébullition et maintenu pendant 10 minutes.

après refroidissement, on ajoute 15 ml de la solution d'acide oxalique 0,01 N ; la solution est alors chauffée entre (60 et 70) C° et l'excès d'acide oxalique a dosé une solution 0,01 de permanganate de potassium.



Figure III.25. Les échantillons dans le bain-marie.

- ✓ Réservé pour la recherche des coliformes fécaux sur un milieu plus sélectif (VRBL) à une température de 44°C à partir des tubes positifs du test présumptif.



Figure III .26. Ajout de KMnO4

III.6.2. Analyse bactériologique

L'analyse bactériologique a pour but de détecter et de dénombrer les bactéries présentes dans l'échantillon d'eau à analyser. Il convient de noter que les tests bactériologiques ne peuvent être interprétés que s'ils sont effectués sur des échantillons correctement prélevés dans des récipients stériles, selon des procédures précises pour éviter toute contamination accidentelle, correctement transportés au

laboratoire et analysés sans délai ou après une courte période de stockage dans des conditions satisfaisantes (Rodier, 2005). En raison de la diversité des espèces bactériennes, virales et parasitaires, l'analyse des organismes testés représentera les aspects microbiologiques de ces eaux.

III.6.2.1 Recherche des germes fécaux et totaux :

La dénombrement des coliformes a été effectué par la méthode ,Il fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

a. Mode opératoire :

- ✓ Réserve la recherche des coliformes totaux. Fait sur un milieu sélectif (bouillon lactose), sa fermentation se traduit par un dégagement de gaz dans la cloche de Durham et un trouble après.
- ✓ Réserve pour la recherche des coliformes fécaux sur un milieu plus sélectif (VRBL) à une température de 44°C, à partir des tubes positifs du test présumptif.

b. Incubation et lecture :

- Incubation à 37°C pendant 24h(totaux).

-Incubation à 44 °pendant 24h (fécaux).

c. Test de confirmation :



Figure III.27. L'étuve d'incubation a 44 c°

d. Expression des résultats :

Le trouble ou production de gaz : Aucun présence un changement se traduit des coliformes totaux.

Aucun coliforme fécaux test négatif résultats dans cette figure suivant :



Figure III.28. Le résultat final après l'incubation 24 h.

III.6.2.2. Recherche des streptocoques fécaux :

Les Streptocoques fécaux sont dénombrés en milieu liquide par la méthode du NPP à l'aide de deux bouillons de culture, milieu de Rothe et le milieu Eva Litsky. Cette méthode fait appel à deux tests consécutifs test de présomption suivi d'un test de confirmation (**Chaouche, 2007 ; Lebres et Mouffok, 2008**).

a. Mode opératoire :

- Réserve à la recherche des streptocoques :

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- ✓ 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C
- ✓ 03 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C
- ✓ 3 fois 0,1 ml dans 3 tube contenant 10ml de milieu ROTHE S/C.



Figures III.29. Du travail dans laboratoire

b -incubation et lecture :

Incuber les tubes après leurs mélanges à 37 °C pendant 24-48 heures.



Figure III.30. Incubation des réactifs

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

c - Test de confirmation :

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoque fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTHE positifs, après l'agitation, prélevée de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu LITSKY EVA.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

d – Expression des résultats :

Après incubation, les boîtes ayant un nombre de colonies entre 30 et 300 sont seulement pris en considération. Le dénombrement des colonies est effectué par un compteur des colonies à affichage numérique. Nos résultats sont exprimés en unité formant colonie UFC/ml.

III.7. Conclusion

Le rôle de la mesure et de l'analyse physico-chimique des eaux de baignade est important pour maintenir le confort des baigneurs et la qualité des eaux de baignade, et l'échantillonnage est une étape importante dans les études sur la qualité des eaux de piscine. Les méthodes de collecte, de stockage et d'analyse des échantillons sont abordées dans les exercices pratiques du chapitre suivant.

Chapitre IV

Résultat et discussion

IV.1.Introduction

L'objectif principal de notre travail consiste à déterminer l'efficacité de notre filtre biologique conçu pour le traitement biologique des eaux de piscines. L'évaluation de l'efficacité de notre filtre biologique a été déterminée grâce au contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de piscines avant et après traitement au filtre biologique.

IV.2.Paramètres de contrôle de production du biofilm bactériologique

Les paramètres suivants ont été contrôlés au cours de la période de production et de développement du biofilm bactérien sur les différentes couches de notre biofiltre.

IV.2.1.Paramètres physico-chimiques

Le tableau suivant résume les principaux paramètres et conditions de qualité de l'eau pour la production du biofilm bactérien dans les différentes couches du biofiltres.

Tableau IV.1: Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de production du biofilm bactériologique

Paramètres	Unité	Avant production	Après production
Température	C°	27,2	27
Ph		5,76	6,432
Turbidité	NTU	Trop élevée	217
Conductivité	µS/cm	337	308
TAC	mg/l de CaCO ₃	10	7.5
TH	mg/l de CaCO ₃	Absence	Absence
Matière organique	mg/l	0,00073	0,0003
Matières en suspension	mg/l	1,44	0,02

La température de l'eau de formation de biofilm était maintenue constante entre 27,2 et 27 C°.

Les valeurs de pH pour l'eau de formation de biofilm varient entre 5,76 et 6,43 indiquant le caractère acide des eaux

A travers les valeurs de la turbidité de l'eau de formation de biofilm avant la filtration est trop élevée et sa valeur diminuée après la filtration.

La conductivité montre une légère diminution de la conductivité de l'eau de formation de biofilm avant et après la production du biofilm.

Selon les résultats de l'alcalinité de l'eau de formation de biofilm on constate que l'alcalinité de l'eau après la filtration diminuée par rapport de sa valeur avant la filtration à 10 mg /de CaCO₃.

D'après les résultats de la matière organique, on constate qu'elle adiminué après la filtration à 0,0003 mg/l par rapport de sa valeur initiale avant la filtration à 0,00073mg/l.

Les matières en suspension ont été également diminuées après production du biofilm à 1,44 mg/l.

IV.2.2. Contrôle de la formation du biofilm bactériologique

- ✓ On à 93 colonies
- ✓ Couleur jeune clair

Tableau IV.2 .dimensions des colonies macroscopiques

Nombre de colonies	Diamètre en (cm)
1	2
2	0,1
3	0 ,1
4	0,1
5	0,1
6	0,2
7	0,1
8	0,1

IV. 3. Paramètres de contrôle de la qualité de l'eau de piscine

IV.3.1. Paramètres physico-chimiques

Les résultats des paramètres de contrôle de la qualité de l'eau de piscine avant, en cours et après filtration à travers notre biofiltre sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.3: Résultats des analyses chimique et physique de l'eau de piscine

Les Paramètres	Unité	Echantillon01	Echantillon02	Echantillon03	Echantillon04	Rendement R%
Température	C ^o	28	28,4	28,8	27,6	
Ph		7,03	7,01	7,02	7,03	
Turbidité	NTU	2,12	1 ,82	1,40	0 ,72	66%
Conductivité	μS/cm	1234	1069,66	1057	958,66	22%
TAC	mg/l de CaCO ₃	90	80	75	65	27%
TH	mg/l de CaCO ₃	64	60	60	44	31%
Matière Organique	mg/l	0,002	0,0008	0,0002	0,00015	92%
Matière en Suspension	mg/l	1,66	1,44	0,6	0,58	65%

IV.3.1.1. Température:

Si la température de l'eau de la piscine dépasse 28°C, le chlore se dissipe plus rapidement, la croissance des algues est plus probable et la formation de tartre (dépôt de carbonate de calcium) est plus probable.

- Echantillon n° 1 : eau de piscine avant filtration
- Echantillon n° 2 : prélèvement après 24 heures
- Echantillon n° 3 : prélèvement après 48 heures
- Echantillon n° 4 : eau de piscine après filtration

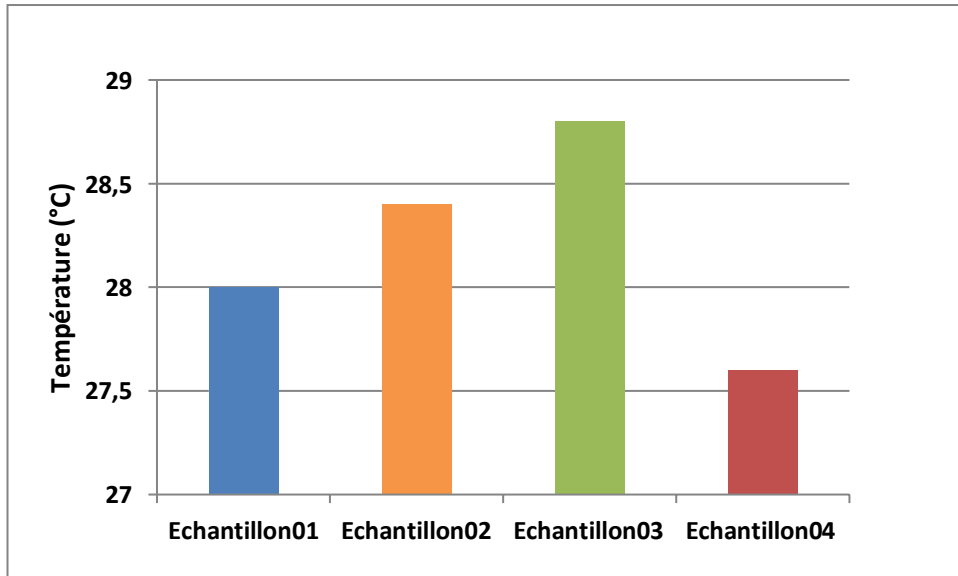


Figure IV.1 : La température de l'eau de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration

La température de l'eau de piscine avant et après la filtration variant entre 27,6 et 28°C. La valeur est normale ne dépasse pas la température de l'eau requise dans la piscine entre 26 et 28 °C.

IV.3.1.2.pH :

Le pH est un facteur important pour une bonne désinfection. Le pH de l'eau pure à 25°C est égal à 7 et a été choisi comme valeur de référence pour les milieux neutres.

Un pH autour de 7 est caractéristique de la vie humaine. Dans les piscines publiques, la valeur légale du pH doit être comprise entre 7,4 et 7,6.

- Echantillon n°1 : eau de piscine avant filtration
- Echantillon n°2 : prélèvement après 24 heures
- Echantillon n°3 : prélèvement après 48 heures
- Echantillon n°4 : eau de piscine après filtration

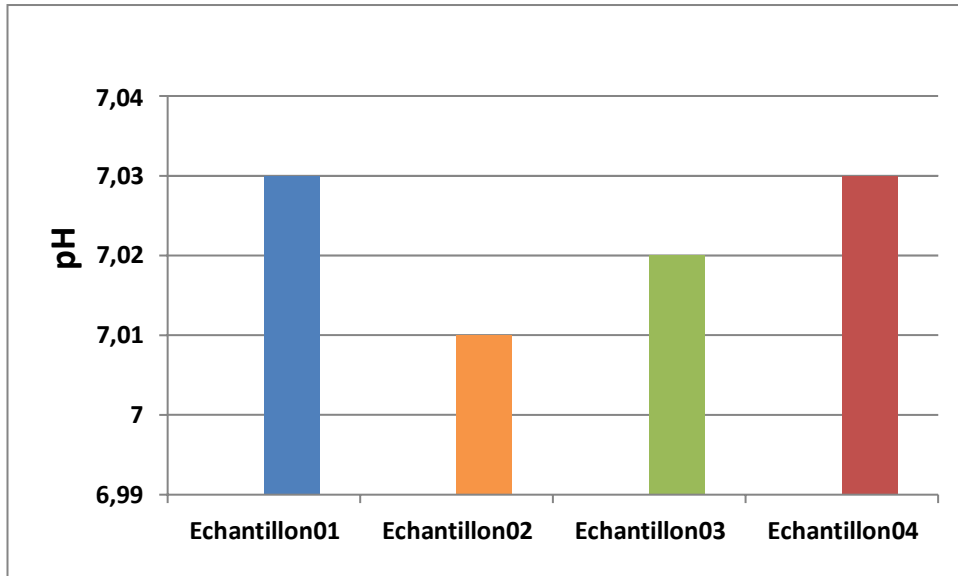


Figure IV.2 : pH de l'eau de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration

Les résultats de concertation du pH de la piscine avant et après la filtration sont les même, estimés à 7,03 ce que signifie que le pH de l'eau de la piscine est neutre et il convient très bien pour la baignade et ne présente aucun risque pour les baigneurs et pour les canalisations de la piscine.

III.3.1.3. Turbidité :

La turbidité est due à la présence de matières en suspension qui modifient la transparence (diffraction de la lumière).

- Echantillon n°1 : eau de piscine avant filtration
- Echantillon n°2 : prélèvement après 24 heures
- Echantillon n°3 : prélèvement après 48 heures
- Echantillon n°4 : eau de piscine après filtration

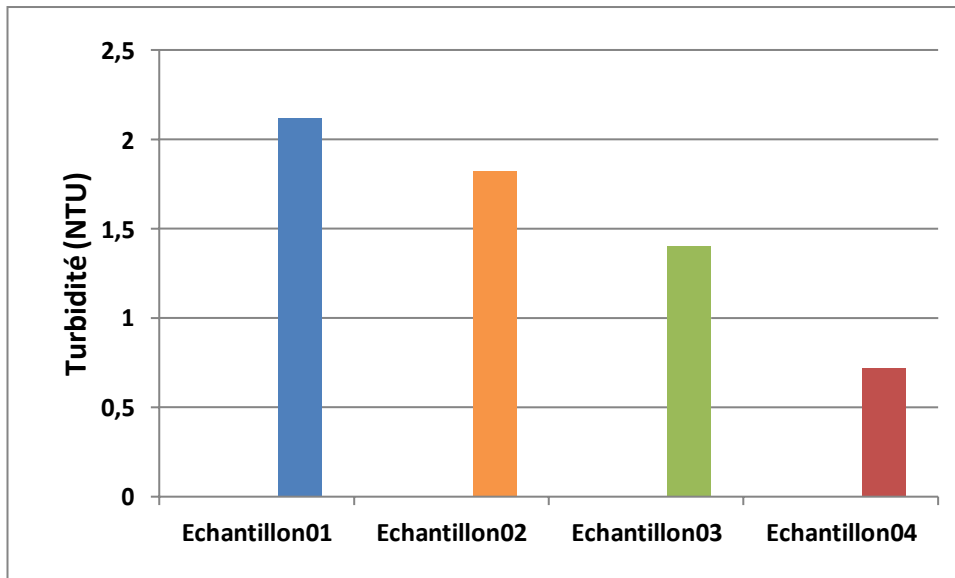


Figure IV.3 :Variation de turbidité de la piscine 20 AOÛT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration

D'après la figure (IV.3), on constate que la turbidité de l'eau après la filtration a diminué considérablement de 2,12 à 0,72 NTU.

IV.3.1.4. Conductivité :

La conductivité est la propriété de l'eau qui permet à un courant électrique de la traverser et est attribuée à la présence d'ions dans le milieu qui se déplacent dans un champ électrique. La température influe sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec la température. Elle est également utilisée pour évaluer la qualité des sels dissous dans l'eau (Rejsek, 2000). Des changements dans les paramètres de conductivité des eaux de surface peuvent se produire tout au long de l'année et de façon saisonnière, en fonction de la température qui affecte la solubilité des ions (Rodier, 2005).

- Echantillon n° 1 : eau de piscine avant filtration
- Echantillon n° 2 : prélèvement après 24 heures
- Echantillon n° 3 : prélèvement après 48 heures
- Echantillon n° 4 : eau de piscine après filtration

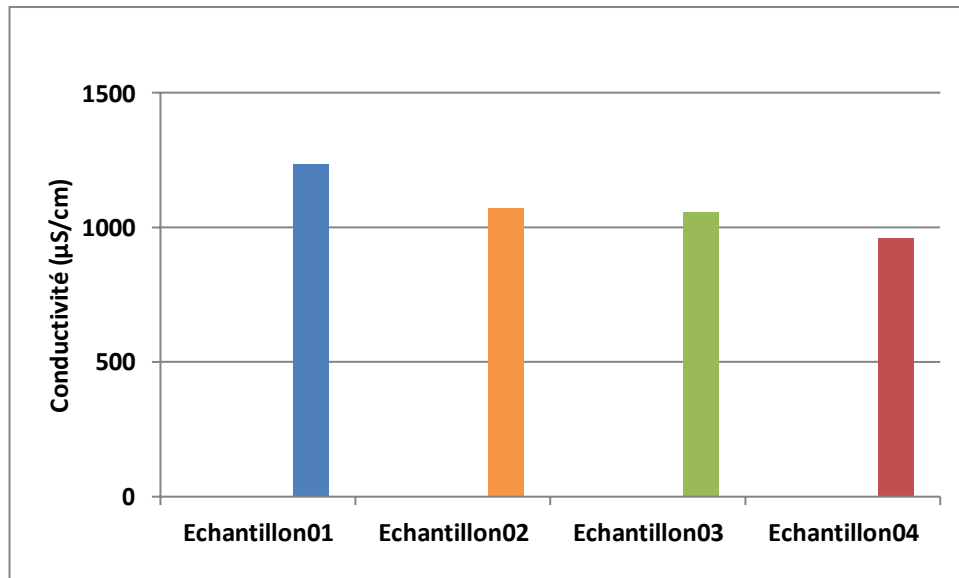


Figure IV.4 : variation de conductivité de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration

D'après la figure (IV.4), la valeur de conductivité de l'eau de piscine après filtration a diminué significativement de 1234 µS/cm (avant la filtration) à 958,66 µS/cm (après filtration).

Cette diminution indique que notre biofilm formé sur la différente couche du biofiltre a consommé une quantité des sels minéraux présents dans l'eau de piscine, comme source de nutriments, et a participé par conséquent à l'abatement de la valeur de la conductivité de l'eau à la fin du traitement.

IV.3.1.5.TAC :

Le TAC de l'eau est la teneur totale en bicarbonate (HCO_3^-) et en carbonate (CO_3^{2-}) en mg/L CaCO_3 en ppm. Le TAC est un paramètre très important pour le contrôle de l'eau de piscine car plus cette valeur est élevée, moins le pH varie lors de l'ajout de produits acides ou basiques. Il représente le pouvoir tampon de l'eau et est généralement légèrement supérieur au TH.

Méthode de calcul

$$N1 \cdot V1 = N2 \cdot V2$$

$$N(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \text{TAC} \cdot V(\text{échantillon})$$

$$0,01 \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \text{TAC} \cdot 100$$

$$\text{TAC} = 0,01 \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) / 100$$

- Echantillon n° 1 : eau de piscine avant filtration

- Echantillon n° 2 : prélèvement après 24 heures
- Echantillon n° 3 : prélèvement après 48 heures
- Echantillon n° 4 : eau de piscine après filtration

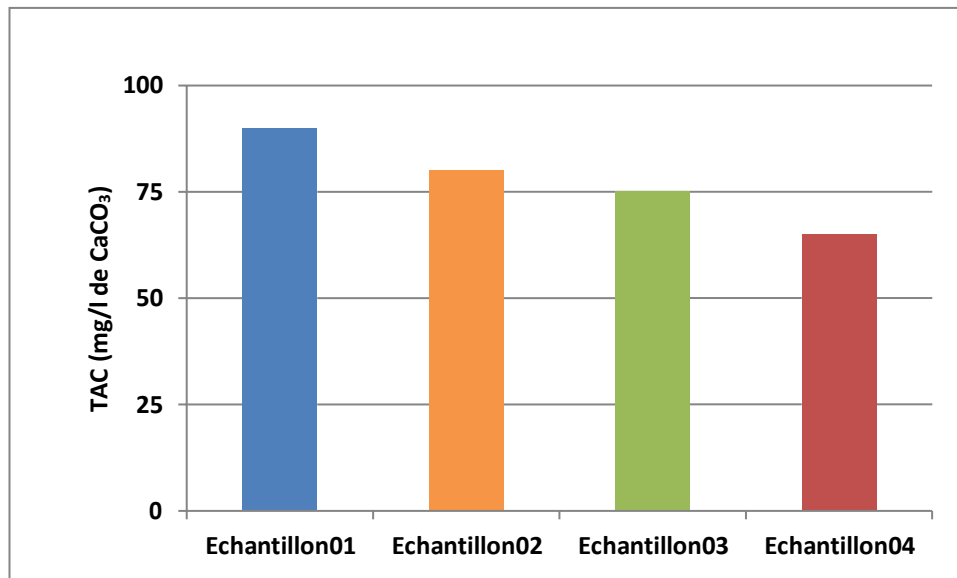


Figure IV.5 : Variation de TAC la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration

Selon la figure (IV.5), il y a une diminution de l'alcalinité de l'eau de piscine, où la plus grande valeur avant la filtration était de 90 mg/l de CaCO₃, et sa valeur la plus basse après filtration déterminée de 65 mg/l de CaCO₃.

Afin de corriger l'alcalinité élevée d'une eau de piscine, on propose d'introduire de l'acide chlorhydrique et le verser rapidement dans l'eau au cours de la filtration. Pour augmenter l'alcalinité de l'eau, nous utilisons du bicarbonate de calcium ou du carbonate de sodium.

IV.3.1.6.TH :

Le TH représente la valeur de la somme des sels de calcium et de magnésium dissous dans l'eau. Il s'agit de la dureté totale de l'eau.

Méthode de calcul :

$$N1 \cdot V1 = N2 \cdot V2$$

$$N(\text{EDTA}) \cdot V(\text{EDTA}) = \text{TH} \cdot V(\text{échantillon})$$

$$0,02 \cdot V(\text{EDTA}) = \text{TH} \cdot 50 \text{ml}$$

- Echantillon n°1 : eau de piscine avant filtration

- Echantillon n°2 : prélèvement après 24 heures
- Echantillon n°3 : prélèvement après 48 heures
- Echantillon n°4 : eau de piscine après filtration

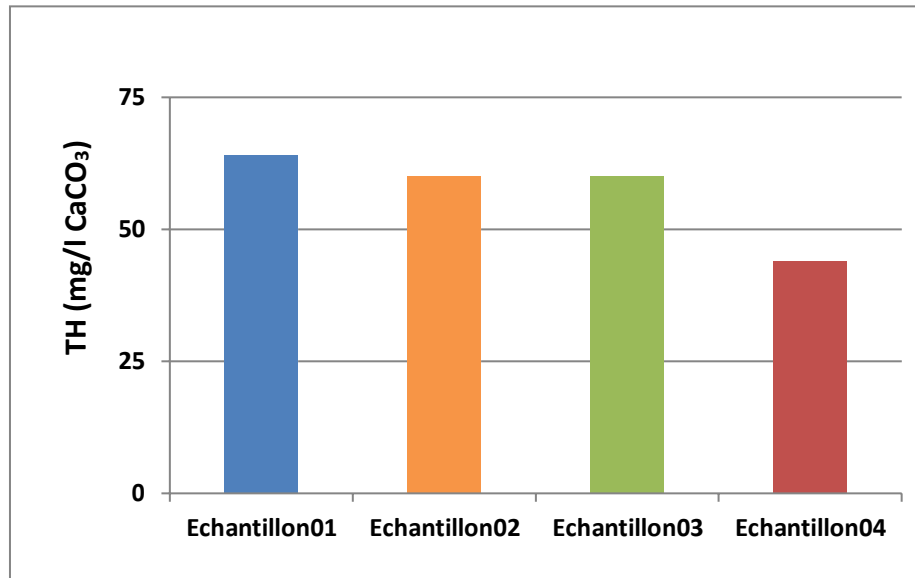


Figure IV.6 : Variation de TH de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration

D'après la figure (IV.6), la valeur de la dureté l'eau de piscine avant la filtration estimée à 64 mg/l de CaCO₃ et sa valeur a diminué après la filtration à 44 mg/l de CaCO₃

Pour corriger les valeurs élevées de TH d'une eau de piscine, il faut équiper la piscine d'un adoucisseur, et enlever un peu de calcium pour prévenir le tartre

IV.3.1.7. Matière organique oxydables (Indice de permanganate de Potassium) :

La matière organique est essentiellement composée de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Certaines matières organiques, comme les protéines, contiennent des oligo-éléments tels que l'azote, le phosphore, le potassium et le soufre.

Méthode de calcul :

$$N1 \cdot V1 = N2 \cdot V2$$

$$N(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) = M0 \cdot V (\text{échantillon})$$

$$0,01 \cdot V(\text{KMnO}_4) = \text{MO} \cdot 100$$

- Echantillon n° 1 : eau de piscine avant filtration
- Echantillon n° 2 : prélèvement après 24 heures

- Echantillon n° 3 : prélèvement après 48 heures
- Echantillon n° 4 : eau de piscine après filtration

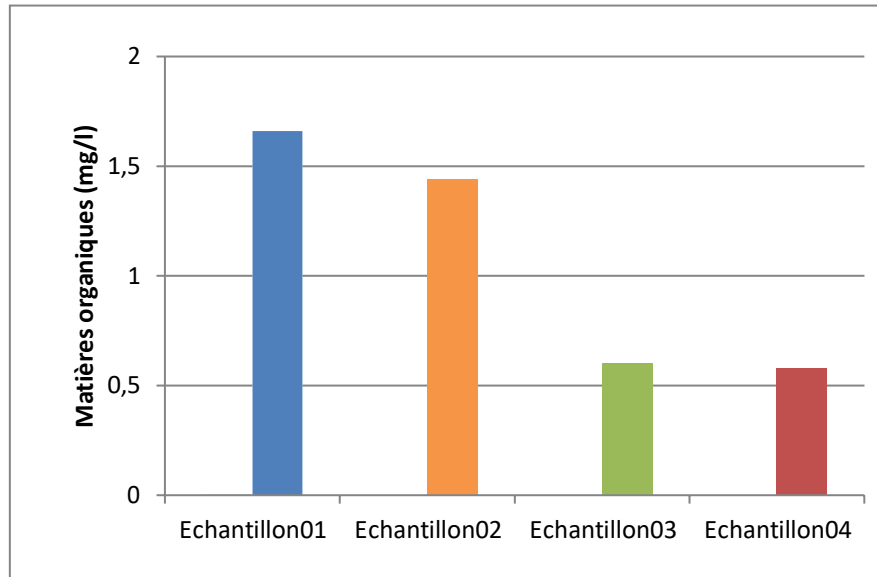


Figure IV.7 : Variation de matière organique de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration

Les résultats de matière organique de l'eau de piscine après la filtration a diminué de 1,66 mg/l avant la filtration jusqu'à 0,58 mg/l après filtration.

IV.3.1.8.Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension dans l'eau (principalement les eaux de surface) sont des particules organiques (Doré, 1989) composées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles et de produits de décomposition de micro-organismes, de plantes et d'animaux, et sont très variables en fonction de leur taille. L'état dispersé, qui peut être divisé en suspendu et colloïdal, diffère de l'état dissous, notamment en termes de taille des particules.

Méthode de calcul :

$$\frac{(M_1 - M_2) - (M_2 - M_0)}{V} \times 1000$$

V (ml)

M_0 : masse du filtre à sec

M_1 : masse du filtre humide

M_2 : masse du filtre après séchage à 105°

V : volume d'échantillon 50 ml

- Echantillon n° 1 : eau de piscine avant filtration

- Echantillon n° 2 : prélèvement après 24 heures
- Echantillon n° 3 : prélèvement après 48 heures
- Echantillon n° 4 : eau de piscine après filtration

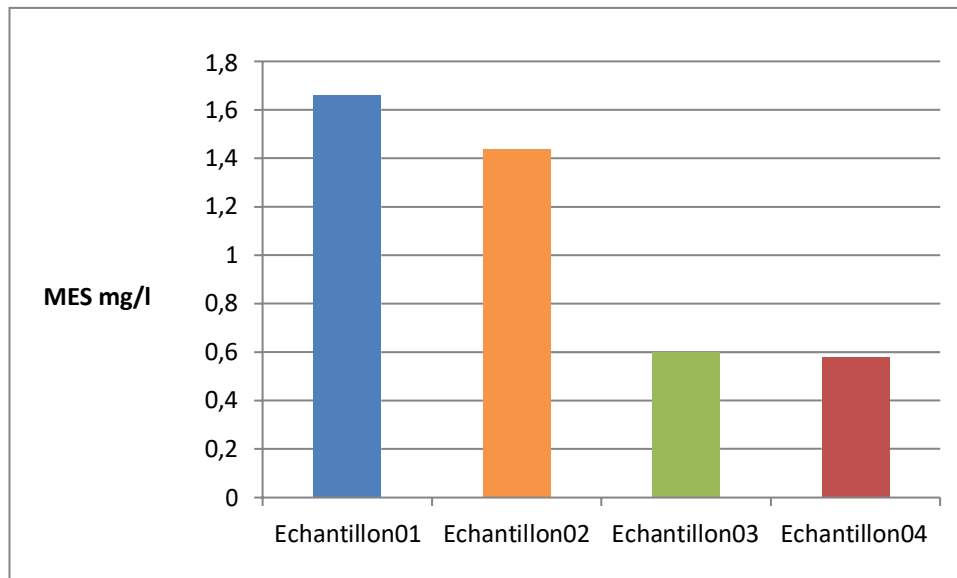


Figure IV.8 : Variation de Matière en suspension de la piscine 20 AOUT 1955 AISSADRAOUI avant et après traitement par filtration

D'après la figure (IV.8), on observe que la valeur de matière en suspension de l'eau de piscine après filtration (0,58 mg/l) a diminué considérablement par rapport de sa valeur initiale (1,66 mg/l) dans l'eau de piscine avant la filtration.

IV.3.2. Contrôle de la qualité bactériologique

Afin de vérifier la qualité bactériologique de l'eau de piscine et tester l'efficacité de notre filtre biologique à éliminer la contamination fécale de l'eau de piscine, nous avons effectué un dénombrement du nombre le plus probable (NPP) des coliformes fécaux/totaux et streptocoques dans l'eau, avant/après filtration

Après l'incubation à 37°C pendant 48 heures, nous avons trouvé 3 tubes positifs des dilutions 10^{-1} et 10^0 et 10^1 et à travers la table de McGrady, nous avons déterminé 1400 UFC/100ml avant filtration.

Après filtration tous les tubes étaient négatifs, donc 0 UFC/100ml. Ce qui correspond à une élimination totale de la contamination fécale par notre biofiltre (Tableau IV.3).

- _ Echantillon n°1 : eau de piscine avant filtration
- _ Echantillon n°2 : eau de piscine après filtration

Tableau IV.4: Qualité bactériologique de l'eau de la piscine 20 AOUT 1955 AISSA DRAOUI avant et après traitement par filtration biologique

Echantillon	Unité	Echantillon01	Echantillon02
Germes/g			
Coliformes totaux	/100 ml	1400	00
Coliformes fécaux	/100 ml	00	00
Streptocoques	/100 ml	00	00

IV.4. Discussion :

Nous avons réalisé cette étude afin d'évaluer la qualité du filtre biologique que nous avons conçu, où nous avons étudié la qualité physique, chimique et bactériologique de l'eau de piscine et de l'eau de production de biofilm. L'examen des données montre qu'il y a une diminution significative de la contamination de l'eau de piscine avant et après l'utilisation du biofiltre.

La température d'eau plus élevées peut favoriser la croissance de certains micro-organismes. La température de la piscine varie entre 26 et 31 degrés Celsius Acceptable et adapté aux nageurs A travers les résultats nous disons que Température dans la plage spécifiée avant et après filtration Quant à l'eau de formation de biofilm La température s'adapte à sa composition.

Les résultats ont montré que le pH de l'eau de la piscine avant et après filtration était neutre. La France fixe des valeurs du pH entre 6,9 et 8,2 pour l'eau des piscines industriel.

Quant au pH dans l'eau du biofilm, il était acide puisque sa valeur avant filtration était de 5,76 et après filtration de 6,43.

Quant à la dureté totale de l'eau ou TH, elle détermine le taux de calcaire présent dans l'eau. L'eau calcaire devient trouble, s'écaille des appareils, des revêtements, des tuyaux et de l'équipement, et irrite la peau et les yeux des baigneurs Après avoir obtenu les résultats que nous avons obtenus, on dit que sa valeur après filtration a diminué par rapport à ce qu'elle était avant filtration, à partir de 65 mg/litre de CaCO_3 elle est passée à 44 mg/litre de CaCO_3 . Quant à l'eau de formation de biofilm la dureté de l'eau est très élevée avant et après la filtration.

Pour l'alcalinité (TAC), il est préférable de maintenir l'alcalinité totale dans la plage Entre 80 et 120 mg/L : si la valeur est inférieure ou supérieure, il doit s'agir de la valeur TAC Avec le rééquilibrage, l'alcalinité de la piscine augmente avec plus de nageurs Lorsque la valeur est inférieure à 80 ppm, l'eau peut devenir agressive et le pH peut devenir biaisé Facilement de haut en bas et en arrière. Si la valeur est supérieure à 120 ppm, il peut s'agir d'eau Ils deviennent troubles et squameux et le pH a tendance à augmenter. Les résultats obtenus ont montré que sa valeur dans l'eau de piscine est comprise entre 90 mg/L de CaCO_3 avant filtration et 65 mg/L de CaCO_3 après filtration. Nous avons obtenu une eau de formation de biofilm estimée à 10 mg/L CaCO_3 avant filtration et 7,5 mg/L CaCO_3 après filtration.

Ainsi, la conductivité électrique reste élevée dans le bassin avant et après la filtration avec du milieu 958,66 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Elle est directement liée aux formations du terrain géologique qu'elle traverse Alimentation en eau pour deux piscines. La conductivité varie de 958,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 1234 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui dépasse les normes acceptées pour l'eau potable.

D'après les résultats que nous avons obtenus, nous disons qu'Après la filtration la turbidité de l'eau de piscine est diminuée et c'est grâce à notre biofiltre à lui, la turbidité de l'eau de la piscine a diminué

Après les résultats obtenus lors du calcul de la valeur des matières organiques dans l'eau de la piscine et dans l'eau de formation de biofilm, nous disons qu'après filtration, la valeur des matières organiques diminue dans les deux.

La filtration a contribué à réduire la valeur des matières en suspension dans l'eau de piscine Où elle était 1,66 mg/L et est devenu 0,58mg/l.

Enfin, La filtration est essentielle pour la qualité globale de l'eau. Si la filtration est mauvaise, la clarté en sera affectée et la pureté de l'eau est un facteur clé pour assurer la sécurité du baigneur.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

La natation est l'un des sports les plus importants. Elle apporte joie et bonheur, fournit une activité physique et de l'énergie. La natation est une activité physique.

C'est pourquoi les piscines doivent être constamment entretenues, maintenues propres et désinfectées, car de nombreuses personnes s'y baignent et elles sont constamment exposées à la pollution.

L'objectif de notre étude était d'évaluer l'efficacité du filtre biologique conçu sur le traitement de l'eau de piscine.

Le principe de conception de notre filtre biologique consiste à favoriser tout d'abord la formation d'un biofilm bactérien sur les différentes couches composant le biofiltre.

Ce biofilm aura pour rôle la biodégradation des matières organiques azotées et phosphorées, ainsi qu'une quantité des sels minéraux contenus dans l'eau de piscine, et par conséquent l'abattement de leurs concentrations après traitement par passage au travers du biofiltre.

La nature et structure poreuse des différentes couches de notre biofiltre permettent également de retenir efficacement les particules solides en suspension (Turbidité 66% et MES 65%), et que les bactéries ont consommé les matières organiques présentes dans l'eau de piscine dont un rendement d'élimination de 92%.

Dans ce cadre, nous avons réalisé des études et des expérimentations sur l'eau avant et après l'utilisation du filtre. De plus, nous avons expliqué les principales méthodes expérimentales et les étapes utilisées au cours de cette étude. - Les résultats obtenus expérimentalement ont été concrétisés sous la forme de courbes qui montrent les changements dans les valeurs des paramètres physiques et chimiques avant et après filtration, ainsi que bactériologiques, où nous avons remarqué qu'après l'utilisation du filtre biologique, les valeurs de tac, matière organique, matière en suspension, turbidité de l'eau diminué par rapport à ce qu'ils étaient avant de l'utiliser.

En conclusion, les résultats obtenus indiquent que le biofiltre conçu pour le traitement biologique des eaux de piscines est efficace et qu'il rend l'eau en très bon état.

Références

Bibliographie

Chapitre III : Matériels et Méthodes

Webographie

Introduction

En ligne ;

<https://www.lenntech.fr/procedes/desinfection/piscine/desinfection/piscine-traitement.htm>. En 04/04/2023

Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines – Anses :

En ligne :

<https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra.pdf> · Fichier PDF 29/03/2023

Matière organique

En ligne ;

<https://www.piscine-clic.com/news/2010/12/les-3-sources-de-pollution-qui-perturbent-leau-dune-piscine/> 08/06/2023

Effets des polluants des piscines sur la santé des baigneurs

En ligne ;

<https://www.lenntech.fr/procedes/desinfection/piscine/desinfection/piscine-pollution.htm#:~:text=Les%20effets%20sur%20la%20sant%C3%A9%20des%20polluants%20des%20piscines&text=Les%20microorganismes%20qui%20entrent%20dans,des%20probl%C3%A8mes%20sur%20la%20peau.>
08/06/2023

La pollution de l'eau d'une piscine

En ligne;

<https://www.lenntech.fr>.

pollution de l'eau de la piscine

En ligne ;

<https://www.lenntech.fr/procedes/desinfection/piscine/desinfection/piscine-pollution.htm> 04/04/2023

EAUX2007sa0409Ra ; Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines – Anses : En ligne :

<https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra.pdf> · Fichier PDF Date ;15/04/2023.

OMS_ 2006_- QUALITE DES EAUX DE PISCINE - Les services de l'État. Département de

Calcaire

de

ligne

;

[google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https%3A%2F%2Ffaolex.fao.org%2Fdocs%2Ftexts%2Falg43520.doc&ved=2ahUKEwjCzP_A8Yj_AhVOCewKHXjyBpkQFnoECA8QAAQ&usg=AOvVaw0NUPih3n-3zpZ3XMrJ3Ns4&fbclid=IwAR0gQXptjT4OHg6ctRghyn1IKpxOI8y1m-K2N7UqWMrHeSvtqYNRwXixUZM](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https%3A%2F%2Ffaolex.fao.org%2Fdocs%2Ftexts%2Falg43520.doc&ved=2ahUKEwjCzP_A8Yj_AhVOCewKHXjyBpkQFnoECA8QAAQ&usg=AOvVaw0NUPih3n-3zpZ3XMrJ3Ns4&fbclid=IwAR0gQXptjT4OHg6ctRghyn1IKpxOI8y1m-K2N7UqWMrHeSvtqYNRwXixUZM)
03/05/2023

Chapitre III : Matériels et Méthodes

Références Bibliographique :

ADE;algerienne des eaux (Touggourt).

L'analyse de L'eau Jean Rodier)

Rejsek 2002. analyse des eaux aspects réglementaires Et techniques.

Ameamerican water works association (awwa).

Rodier. 2005.Beaux jf 1998: l'environnement Répare pratique NATHAN 155P

Traitement des eaux " traitement de de l'eau de source bousfer ORAN 1945 Guelma 36.

AsLabres M et Mouffok F., (2008). Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux, Institut Pasteur d'Algérie.

Agence Régionale de Santé des Pays de la Loire- Département Sécurité Sanitaire des Personnes et de l'Environnement

la LOZERE. Résultats 2009 et évolution depuis l'année 2000. PDF. Page 11/52.

Mlle. MEHDA Wafa Mlle. TAHRAOUI Imane ; UniversitéHAMMA LAKHDAR ELOued, Année universitaire : 2019/2020.

Edf France . 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 .

Menoret, C.2001

Traitement d'effluents concentrés par cultures fixées sur gravier ou pouzzolan.

-Thèse : Académie des sciences et techniques du Languedoc, université Montpellier II, France. 105

Bolmstedt, J, 2000

Dynamic modelling of an activated sludge process at a pulp and paper

BLIEFERT, PERRAUD, 2009, chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets, 2ème édition, Bruxelles,

Boeck université, 478 p : Y. RACAULT, F. SEGUERT, 2004

base de dimensionnement des stations d'épuration rurales, éléments de conception et de dimensionnement des lits bactériens,17-19/05/2004, Toulouse, France, 18 p.

Degrémont, 1978, Mémento technique de l'eau, huitième édition, France, 1200 p, technique et documentation.

Chapitre III : Matériels et Méthodes

A. BECHLAGHEM, 2013, étude de faisabilité de réutilisation des eaux usées issues de la STEP de Chlef à des fins agricoles, mémoire Master, technologie de traitement des eaux, université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 119 p.

J. BONTOUX, B. PICOT, 1994, canada, volume 29, possibilités et limites des bassins lagunaires dans l'épuration des eaux usées.

C. BASSOMPIERRE, 2007, procédés à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles, thèse doctorat automatique, Grenoble, Institut National Polytechnique de Grenoble, 232 p.

L.PASQUINI, 2013, micropolluants issus de l'activité domestique dans les eaux urbaines et leur devenir en station d'épuration, thèse doctorat, géosciences, France, université de Lorraine, 298 p.

Y. RACAULT, F. SEGUERT, 2004, base de dimensionnement des stations d'épuration rurales, éléments de conception et de dimensionnement des lits bactériens, 17-19/05/2004, Toulouse, France, 18 p.

N. A. BENSAYAH, I. LEKHAL, 2017, l'étude des systèmes de collecte et épuration des eaux usées de groupement urbain de Tlemcen, mémoire Master, eau, sol et aménagement, université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 155 p.

Kh. ADJEROUD, 2016, étude physico-chimique et organique des eaux usées de la ville d'Ain Beida, et leur impact sur l'irrigation, mémoire Master, hydraulique urbaine, université Larbi Ben M'hidi- Oum El Bouaghi, faculté des Sciences et Sciences Appliquées, Oum El Bouaghi, 115 p.

BLIEFERT, PERRAUD, 2009, chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets, 2ème édition, Bruxelles, Boeck université, 478 p. J.M.BERLAND, 2014, traitement des eaux résiduaires des agglomérations-filières intensives, référence : C5222 V1.

C. BASSOMPIERRE, 2007, procédés à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles, thèse doctorat automatique, Grenoble, Institut National Polytechnique de Grenoble, 232 p.

J. BONTOUX, B. PICOT, 1994, canada, volume 29, possibilités et limites des bassins lagunaires dans l'épuration des eaux usées.

www.eaudumaroc.com , consulté le : 20/04/2020 Dauphin, S., 1998

Connaissance et contrôle du fonctionnement des stations d'épuration, intérêt et limites des moyens métrologiques actuels : application à la gestion hydraulique d'un décanteur secondaire.

-Thèse : Faculté des sciences et techniques de l'eau, Université Luis Pasteur de Strasbourg, France.

Chapitre III : Matériels et Méthodes

Hadj-Sadok, Z. M., 1999

Modélisation et estimation dans les bioréacteurs ; prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau.

-Thèse : Faculté des sciences de l'ingénieur, Université de Nice – Sophia Antipolis, France.

Boari, G., Mancini, I.M. and Trulli, E., 1997

Technologies for water and wastewater treatment.

-Séminaires Méditerranéens, Sér. A /n037, Università degli Studi della Basilicata Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell 'Ambiente Potenza, Italy.

F.Z. DEHBI, 2015, étude comparative des performances d'un lit bactérien à garnissage en pouzzolane de beni Saf et d'un lit bactérien à garnissage plastique, mémoire Master, hydraulique, Tlemcen, université Abou Bakr Belkaid, 195 p.

J.M.BERLAND, 2014, traitement des eaux résiduaires des agglomérations-filières intensives, référence : C5222 V1.

Koseoglu, H., Yigit, N. O., Iversen, V., Drews, A., Kitis, M., Lesjean, B., Kraume, M., « Effects of several different flux enhancing chemicals on filterability and fouling reduction of membrane bioreactor (MBR) mixed liquors», Journal of Membrane

Alain Grasmick, Corinne Cabassud, Mathieu Sperandio, and Christelle Wisniewski. Bioréacteurs à membranes et traitement des eaux , August 2007. 4, 9, 10

CH Xing, E Tardieu, Y Quian, and XH Wen. Ultrafiltration membrane bioreactor for urban wastewater reclamation. Journal of Membrane Science, 177 :73–82, August 2000

Pierre Le-Clech, Vicki Chen, and Tony A. G. Fane. Fouling in membrane bioreactors used in wastewater treatment. Journal of Membrane Science, 284(1–2) :17–53, November 2006. 10, 17, 18, 36, 41, 47, 100, 131, 159

Annex

ANNEX

table NPP (Mac Grady)

Nombre de tubes donnant une repense positive			Indice NPP
3 tubes de 10ml	3 tubes de 1ml	3 tubes de 0.1ml	
0	0	0	0
0	0	1	3
0	1	0	3
0	1	1	6
0	2	0	6
1	0	0	4
1	0	1	7
1	0	2	11
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
1	2	1	15
1	3	0	16
2	0	0	9
2	0	1	14
2	0	2	20
2	1	0	15
2	1	1	20
2	1	1	30
2	2	2	20
2	2	0	30
2	2	1	35
2	2	2	35
2	3	3	40
2	3	0	30
2	3	1	35
3	0	2	40
3	0	0	25
3	0	1	40
3	1	2	65
3	1	0	45
3	1	1	75
3	1	2	115
3	2	3	160
3	2	0	95
3	2	1	150
3	2	2	200
3	3	3	300
3	3	0	250
3	3	1	450
3	3	2	1100
3	3	3	1400



Balance



Bécher



Spatule



Poire à pipeter



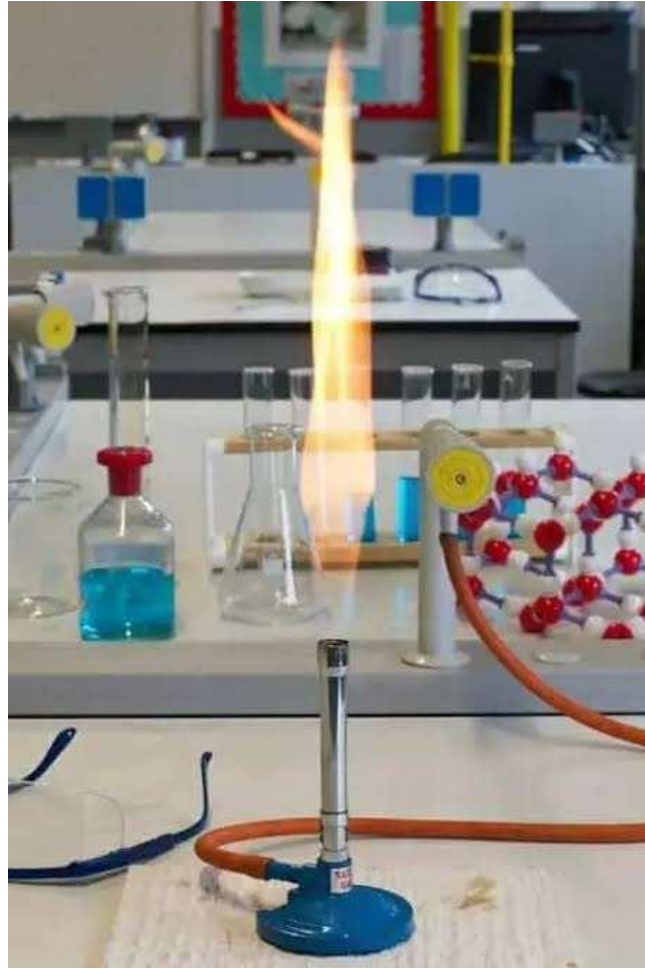
Fiole



Eprouvette



Les boites de pétris



Bec bunsen