

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département Ecologie et Environnement



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme Master en Ecologie et Environnement

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Thème

***Analyse de la microflore bactérienne et
fongique du Lac noir.***

Réalisé par :

MEFTAHI Nadia

MOUHOUB Assia

Devant le jury :

Mme. BRAHMI F. Présidente du jury Maitre de conférences (B) UMMTO

Mme LARDJANE N. Promotrice Professeur UMMTO

Mme DERMECHE S. Co-promotrice Maitre de conférences (B) UMMTO

Mme YAKOUBI S. Examinatrice Maitre assistante (B) UMMTO

Année universitaire : 2022–2023

Remerciements

Au terme de cette étude, nous tenons d'abord et avant tous de remercier le bon dieu tout puissant de nous avoir guidés et pour le courage, la patience, la santé et la volonté pour pouvoir accomplir ce modeste travail.

Nos sincères remerciements à notre promotrice, la professeur **LARDJANE. N** de nous avoir proposé ce sujet et d'accepter de nous encadrer. On a l'honneur et le grand plaisir de travailler sous sa direction de nous avoir dirigés tout au long de ce travail, pour sa disponibilité, ses conseils, son aide permanente, son soutien, ses encouragements et sa gentillesse, ont été plus que précieux.

Nos vifs remerciements à notre co-promotrice **Mme DERMECHE. S** qui nous a proposé le sujet, encadré et fournit tout le matériel, produits et consommables nécessaires. Sa rigueur, ses conseils judicieux et ses orientations, son aide ont été plus que précieux.

Nous tenons également à remercier **Mme AKIF.K** pour son aide, sa disponibilité et ses orientations, son soutien, et surtout pour sa simplicité.

Nous remercions vivement les membres de jury qui nous feront l'honneur d'évaluer notre travail. Nous sommes très honorés que **Mme BRAHMI.F** a accepté la présidence du jury de soutenance. Nous remercions également **Mme YAKOUBI. S** pour avoir acceptée d'examiner notre travail de mémoire.

Enfin, nos remerciements vont également à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce travail à

Mes très chers parents, qui sont toujours présent et continuent de l'être pour faire mon bonheur, et pour leur patience. Que dieu les protèges et leur donne une bonne santé.

Mes proches pour leur disponibilité, leur encouragement, leur soutien, et d'être compréhensif.

Mes copines pour leur soutien, et leur compréhension.

Mon binôme Assia avec qui j'ai partagé ce modeste travail, et que je remercie pour sa patience et son amitié.

Tous ceux qui mon aidée de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Nadia

Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail à :

Ma mère, qui est la lumière de notre maison.

Mon père, qui est le guide de réussite dans ma vie.

Je dédie aussi aux personnes qui sont chères à mon cœur parmi lesquelles :

Mes chers frères :

Ali, Hicham, Yanis et Fayssel.

Ma chère sœur :

Manel

A la mémoire de mes grands – parents maternels et paternel.

*A mes oncles, mes tantes, mes cousins et cousines chacun son nom particulièrement Zaïf
Abdellah et Boualam.*

A mes meilleures amies Tina, Sarah et Nadia

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de loin ou de près.

Assia

Liste des abréviations

µm : micro mètre.

µs : microsiemens.

ALT : Alternaria

Asp .F : Aspergillus Flavipes

Asp.N : Aspergillus niger

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de Boromocrésol.

BP : Baird Parker

Cm : centimètre

Ech : échantillon

Em : extrait de math

EPA : Eau Peptonée Alcaline

FUS : Fusarium.

G : gramme

GC :GiolittiContoni

GC :GiolittiContoni

GN : gélose nutritive

GNAB : gélose nutritive ordinaire alcaline.

h : heure

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

k : constante d'étalonnage.

m : mètre

ml : mil litre

mm : millimètre

NPP : méthode de Nombre Plus Probable

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PCA : Plate Count Agar.

PDA : Potato Dextro Agar.

Pen .G : Penicillium glabrum.

Pen : Penicillium

pH : Potentiel hydrogène.

SFB : Sélénite Cystéine

SM : solution mère

SS : gélose Salmonella – Shigella .

T° : température

TGEA : Tréptone Glucose Extrac

UFC : Unité Format Colonies..

VF : viande – fois.

Liste des figures

Figure 1 : Déférénts état de l'eau.....	4
Figure 2 : Schéma sur le cycle de l'eau.....	4
Figure 3 : Les différentes zones d'un lac.....	7
Figure 4 : Stratification thermique d'un lac.....	8
Figure 5 :Les déférénts stades de lac.....	10
Figure 6 : Les trois parties des zones humides.....	15
Figure 7 : Escherichia.....	20
Figure 8 : Salmonella.....	20
Figure 9 :Enterococcus.....	21
Figure 10 : Shigella.....	21
Figure 11 : Vibrio cholerae.....	21
Figure 12 : Illustration de la fission binaire et du bourgeonnement chez les levures.....	26
Figure 13 : Le mécanisme du bouturage.....	26
Figure 14 : Reproduction sexuée "téléomorphe" chez les mycètes.....	27
Figure15 : Chytridiomycète.....	29
Figure 16 : Zygomycète.....	29
Figure 17 : Ascomycota.....	30
Figure 18 :Basidiomycète.....	30
Figure 19 :La station d'Akfadou (lac noir).....	31
Figure 20 :L'emplacement du lac noir de la wilaya de Bejaia (Google Maps).....	32
Figure 21 :Peuplement mixte (chêne zéen et chêne liège).....	33
Figure 22 : Les trois sites de prélèvement.....	34
Figure 23 : Mesure de la température in situ.....	35
Figure 24 : Thermomètre.....	35
Figure25 : pH mètre.....	35
Figure 26 : conductimètre.....	36

Figure 27 : Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.....	38
Figure 28 : Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	40
Figure29 : Dénombrement des Entérocoques (Streptocoques fécaux).....	42
Figure30 : Dénombrement des Clostridium sulfito - réducteurs	44
Figure31 : Dénombrement des salmonelles.....	45
Figure 32 : Dénombrement des vibrions.....	46
Figure 33 : Dénombrement des Staphylocoques.....	47
Figure 34 : Préparation des dilutions.....	49
Figure 35 : Purification des souches bactériennes.....	50
Figure 36 : Variation de la température de l'eau du lac noir Akfadou.....	52
Figure 37 : Variation du pH de l'eau de lac noir Akfadou.....	53
Figure 38 : Variations de la conductivité électrique de l'eau de lac noir Akfadou.....	54
Figure 39 : Résultats du test de présomption des streptocoques fécaux sur le milieu Rothe (herbe, pierre et arbre).....	56
Figure40 : Représentation des tubes correspond à la recherche et dénombrements des clostridiumsulfito – réducteurs.....	57
Figure 41 :Dénombrementde salmonelle.....	58
Figure42 :Résultats de la recherche de staphylocoques sur milieu BP.....	61
Figure 43 : Aspect de quelques colonies bactériennesensemencées sur milieu PCA à 30°C.....	66
Figure 44 : Aspect de quelquescoloniesbactériennesensemencées sur milieu GN à 37°C.....	66
Figure45 : Aspect de quelquessouchesensemencées sur milieu PCA à 22°C.....	67
Figure 46 :Photographies des résultats des tests d'antagonisme.....	70
Figure 47 : Aspect microscopique des deux souches 5 Fus (6A), et 6 pen (3B), respectivement (Coloration de gram).....	74

Liste de tableau

Tableau 1 : Principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraine.....	6
Tableau2 :Principalesmaladies transmises par l'eau.....	13
Tableau 3 :Maladies provoquées par les microorganismes contaminants l'eau	22
Tableau 4 : Classification enseignée en 2006 par Régis Courte cuisse, suite aux apports de la biologie moléculaire.....	28
Tableau 5 : Illustration de quelques Propriétés principales des champignons.....	30
Tableau 6 :Techniques utilisées pour la recherche des microorganismes.....	36
Tableau 7 :Variation des paramètres physico-chimiques.....	52
Tableau 8 :Dénombrement des colonies de la flore aérobic mésophile totale.....	54
Tableau 9 : Résultats du dénombrements de la flore mésophile.....	55
Tableau 10 : Résultats dudénombrement selon la table de Mac Grady.....	55
Tableau 11 : Résultats du dénombrement bactériennes dans la solution mère coliformes /ml.....	56
Tableau 12 : Résultats du dénombrement des Clostridium sulfito – réducteurs.....	57
Tableau13 : Résultats dela recherche de vibrions.....	59
Tableau 14 : Résultats destreptocoques.....	60
Tableau 15 : Résultats de l'examen macroscopiques des souches bactériennes isolées à partir des trois échantillons (herbe, pierre, arbre).....	63
Tableau16 : Résultats de l'examen microscopique des souches bactériennes étudiées.....	71

Sommaire

Introduction.....	1
Première partie : Partie bibliographique	
Chapitre I : Généralités sur l'eau	
I. Les eaux naturelles.....	3
1. Définition.....	3
2. Les trois états de l'eau.....	3
3. Les changements d'états de l'eau.....	3
4. Cycle de l'eau.....	4
5. Les ressources en eaux.....	5
5.1. Les eaux atmosphériques.....	5
5.2. Les eaux souterraines.....	5
5.3. Les eaux de surface.....	6
6- Comparaison entre les eaux de surface et souterraines.....	6
II. Description d'un lac	
1. Définition de Lac.....	7
2. Les différentes parties des lacs.....	7
3. Stratification thermique.....	8
4. Evaluation d'un lac.....	9
5. Propriétés physico-chimiques des lacs.....	10
6. Propriétés biologiques.....	10
a) Les algues	10
b) Les plantes aquatiques.....	11
c) Les décomposeurs.....	11
7. Pollution des eaux des lacs.....	11
7.1. Origine des pollutions.....	11

7.2. Agent pathogènes véhiculés par les eaux usées.....	13
7.3. La solution pour remédier à cette pollution.....	13

Chapitre II : Biodiversité des microorganismes d'un lac.

1. Les zones humides.....	15
1.1. Compositions des zones humides.....	15
1.2. Types des zones humides.....	16
1.3. Importance des zones humides.....	16
1.4. Fonctions des zones humides.....	16
1.5. Valeurs des zones humides.....	17
1.5.1. Valeur économique.....	17
1.5.2. Valeur biologique.....	17
1.5.3. Valeur esthétique.....	17
1.5.4. Valeur socioculturelle.....	17
1.5.5. Amortisseurs climatiques.....	17
1.6. Biodiversité des zones humides.....	18
1.7. Problèmes des zones humides.....	18
2. Les microorganismes d'un lac.....	19
2.1. Les germes totaux.....	19
2.2. Bactéries indicatrices spécifiques de pollution fécale.....	19
2.2.1 Les coliformes totaux.....	19
2.2.2. Les coliformes fécaux.....	20
2.2.3. Les streptocoques fécaux.....	20
2.3. Les clostridium sulfito-réducteurs.....	21
2.4. Bactéries pathogènes.....	21
3. Maladies provoquées par les micro-organismes contaminants l'eau.....	22

3.1. Choléra.....	23
3.2. Fièvre typhoïde.....	23
3.3. Fièvre paratyphoïde.....	23
3.4. Dysenterie.....	23
3.5. Poliomyélite.....	24
3.6. Les hépatites virales.....	24
3.7. Le paludisme (la malaria)	24
3.8. Schistosomiase.....	24
4 -Les champignons.....	24
4.1. Définition.....	24
4.2. La reproduction chez les champignons.....	25
a) Reproduction asexuée anamorphe.....	25
b) Reproduction sexuée "téléomorphe"	27
4.3. Taxinomie des champignons.....	27
-Hytridiomycota ou Chytridiomycètes.....	28
-Zygomycota ou Zygomycètes.....	29
-Ascomycota ou Ascomycètes.....	29
-Basidiomycota ou Basidiomycètes.....	30
4.4. Propriétés principales des Champignons.....	30

Deuxième partie : Partie expérimentale

1. Présentation de la région d'étude.....	31
1.1. Localisation géographique et administrative de lac noir.....	31
1.2. Caractéristiques climatiques de la région d'étude.....	32
1.3. Caractérisation écologique de la région d'étude.....	32
□ La richesse floristique.....	32
□ La richesse faunistique.....	33
2. Matériel et Méthodes	

2-1 Matériel biologique	33
2-2. Echantillonnage.....	33
2-3. Méthodes d'analyses physicochimiques.....	34
□ Température.....	34
□ Potentiomètre.....	35
□ Conductivité.....	36
2-4. Méthodes d'analyses bactériologiques.....	36
2.4.1. Dénombrement de la flore aérobie mésophiles totale (germes totaux)	37
2.4.2. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux	39
2.4.3. Dénombrement des Entérocoques (streptocoques fécaux)	41
2.4.4. Dénombrement des bactéries anaérobies sulfite –réductrices (Clostridium sulfite-réducteurs)	43
2.4.5. Recherche des germes pathogènes.....	44
a) Les salmonelles.....	44
b) Les vibrions.....	45
c) Les staphylocoques.....	46
2.5 Test d'antagonisme de quelques isolats du lac noir vis-à-vis de champignons pathogènes.....	47
2.5.1. Isolement des colonies microbiennes	47
• Préparation des dilutions.....	48
• Purification des souches bactériens.....	50
2.5.2 Test d'antagonisme.....	51
• Coloration de Gram des isolats.....	51

Chapitre 4

1- Résultats des analyses physico-chimiques	52
2-Résultats de l'analyse microbiologique.....	54
3-Résultats des tests antifongiques.....	62
Conclusion.....	75

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

L'eau est indispensable à la vie, elle soutient les écosystèmes et régule le climat, agriculture, alimentation, énergie, transports, l'eau est au cœur de notre existence. Cependant, elle est inégalement répartie (Henri, 2012). Elle est présente sous différentes formes, notamment liquide, solide (glace) et gazeuse (vapeur d'eau). Environ 71 % de la surface de la Terre est couverte d'eau, principalement sous forme d'océans, de mers, de rivières et de lacs. (Moulin, 2004).

Les écosystèmes d'eau douce, tels que les rivières, les lacs et les marais, abritent une biodiversité incroyable. Ces habitats aquatiques fournissent un refuge à de nombreuses espèces végétales et animales uniques, contribuant ainsi au maintien de la diversité biologique. Des écosystèmes à préserver mène parfois à une augmentation de l'écotourisme (Buckley, 2000).

Un lac est une étendue d'eau entourée de terre. Il peut être d'origine glaciaire, volcanique ou formé par d'autres processus géologiques. Les lacs sont souvent entourés de paysages magnifiques. Ils sont non seulement des habitats pour de nombreuses espèces de plantes et d'animaux, mais ils offrent également des activités de loisirs comme la baignade, la pêche et le tourisme. Certains lacs sont également des habitats importants pour la faune et la flore (Jean-Pierre. D, 2022).

La pollution du lac est une préoccupation majeure de nos jours. Elle peut être causée par diverses activités humaines telles que le rejet de déchets industriels, l'utilisation excessive de produits chimiques agricoles, les déversements d'eaux usées non traitées, et même le tourisme de masse. Toutes ces actions contribuent à la dégradation de la qualité de l'eau, ce qui peut avoir un impact négatif sur la faune, la flore et la santé des êtres humains qui dépendent de ce lac.

La pollution microbiologique des lacs se réfère à la présence et à la propagation de micro-organismes pathogènes tels que des bactéries, des virus et des parasites dans les eaux du lac. Ces agents pathogènes peuvent provenir de diverses sources, notamment les eaux usées non traitées, les déversements d'origine agricole ou industrielle, ainsi que les activités humaines telles que la pêche intensive et l'utilisation de bateaux à moteur. Cette pollution peut être à l'origine des maladies infectieuses à transmission hydrique (Haslay et Leclerc, 1993).

Le lac noir d'Akfadou est un magnifique lac situé dans la région montagneuse du parc national d'Akfadou de la wilaya de Béjaïa en Algérie. Il est réputé pour ses eaux sombres et son environnement naturel préservé. Entouré de montagnes majestueuses, le lac noir d'Akfadou offre un paysage à couper le souffle et est un lieu idéal pour les amateurs de randonnée et de nature.

L'objectif de ce travail est l'analyse de la microflore bactérienne et fongique dans les eaux du lac noir d'Akfadou ainsi que la recherche d'activités antifongiques des isolats.

L'analyse microbiologique des échantillons d'eau a été effectuée au niveau du laboratoire microbiologique de l'université Mouloud Mammeri de wilaya Tizi-Ouzou. Pour mener à terme cette étude ce manuscrit est structuré en deux parties :

-La partie bibliographique qui comporte deux chapitres : le premier chapitre est consacré aux généralités sur l'eau. Le deuxième chapitre concerne la biodiversité des microorganismes existant dans le lac

-La partie expérimentale où sont exposés le matériel utilisé, la méthodologie expérimentale adoptée et les résultats obtenus ainsi que leurs interprétations,

Enfin, cette étude se termine par une conclusion avec quelques perspectives.

Partie bibliographie

Chapitre 1

Les eaux naturelles

I. Les eaux naturelles

1. Définition

L'eau est un liquide incolore, inodore et insipide qui constitue un élément fondamental dans la vie de tous les êtres vivants (LAROUSSE, 2002). C'est le seul composé pouvant se retrouver dans les trois états de la matière (solide, liquide, ou gazeux), aux températures ordinaires (RODIER, 1997). La terre se compose de 71% d'eaux. Les océans représentent 97% de cette eau, et 2% des glaciers, des calottes glaciaires et des neiges. Les lacs, les rivières et les marais contiennent environ 0,3% de l'eau douce totale, tandis que les eaux souterraines en représentent environ 0,7% ; ce qui lui vaut le joli nom de planète bleue.

2. Les trois états de l'eau

L'eau sous l'action conjuguée de la chaleur et de la pression atmosphérique change d'état.

➤ L'état gazeux

Caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas de liaison entre les molécules, et son indépendant les unes des autres.

➤ L'état solide

A basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières.

➤ L'état liquide

Caractérisé par une forme non définie, les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires (MARSILY, 1995).

3. Les changements d'états de l'eau

Le schéma suivant résume les différents changements d'état possible selon la température et l'action de soleil ou le vent (figure 1).

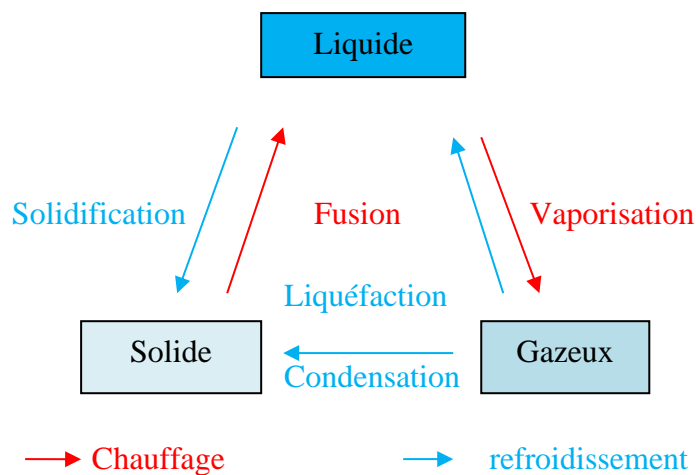


Figure 1 : Différents états de l'eau (originale 2023).

4. Cycle de l'eau

L'eau suit un cycle de renouvellement comme suit (figure 2) :

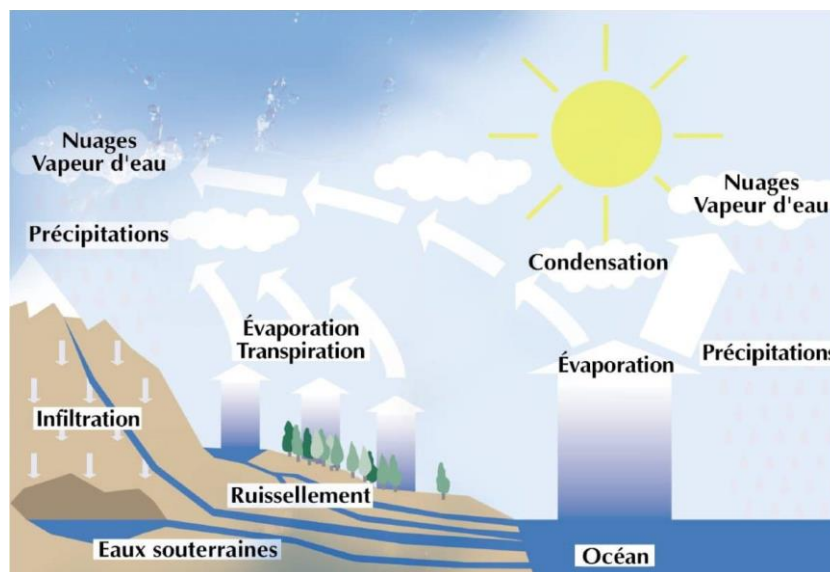


Figure 2 : Schéma sur le cycle de l'eau (Kalman, B et Sjonger. R, 2006).

Ce circuit implique des mouvements d'eau de masses océaniques vers l'atmosphère, de l'atmosphère vers les masses continentales puis des masses continentales vers les océans.

Sur terre, l'eau est stockée principalement dans les océans, grâce aux rayons de soleil, se l'eau peut passer à l'état gazeux et s'évaporer dans l'atmosphère. Ensuite avec l'abaissement de la température, cette vapeur d'eau se transforme en fines gouttelettes par la condensation, qui se maintiennent en suspension dans l'atmosphère pour former les différents types de nuages. Les

gouttelettes d'eau s'agglutineront et grossiront jusqu'à ce qu'elles atteignent le poids critique qui causera leur chute. Selon les vents et les climats, l'eau retombera sous forme de pluie, de grêle ou de neige (HEBERT et LEGARE 2000).

En tombant au sol, une partie de l'eau s'écoule à la surface des terres jusqu'aux ruisseaux, aux rivières et aux fleuves pour finalement rejoindre la mer, c'est le ruissellement. Plus la pente du terrain est prononcée et moins le sol est poreux, plus le volume de ruissèlements sera important. Le bassin hydrologique ou bassin versant d'un cours d'eau correspond en fait à l'ensemble du territoire drainée par ce dernier (HEBERT et LEGARE 2000).

Une autre partie de l'eau tombée pénètre le sol par percolation et atteint les nappes d'eau souterraine ; cette eau peut se déplacer verticalement ou horizontalement sous la surface de la terre jusqu'à ce qu'elle rejoigne des eaux de surface. L'eau qui pénètre dans le sol peut aussi être captée par les racines des végétaux. Une partie de celui-ci est ensuite rejetée dans l'atmosphère par l'évapotranspiration qui se réalise au niveau des feuilles. Tout au long de son parcours en surface, l'eau peut également se transformer en vapeur sous l'action du soleil et entreprendre un nouveau cycle (HEBERT et LEGARE, 2000).

5. Les ressources en eaux

5.1 Les eaux atmosphériques

L'eau atmosphérique regroupe tous les types d'eau fournie par l'atmosphère : précipitation (eau de pluie), neige, brouillard, brume et toute humidité atmosphérique, à l'exclusion des eaux du sol (Stevens, B et bony, S ;2013)

5.2 Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont issues de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol. Elles forment deux types de nappes appelées également aquifères :

- Les nappes phréatiques proches de la surface du sol ;
- Les nappes captives qui sont plus profondes.

Ces eaux sont ensuite recueillies par captage puis traitées dans des usines de traitement afin de produire de l'eau potable pour la consommation humaine (Marillys Macé ,2010).Le cycle de l'eau : le voyage de l'eau travers la terre.

5.3 Les eaux de surface

Les eaux de surface sont tous les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues de barrages) (DEGRMONT, 2005).

6- Comparaison entre les eaux de surface et souterraines

Les eaux de surface présentent plusieurs caractéristiques qui les différencient des eaux souterraines, les principales différences sont mentionnées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Les principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines (DEGREMONT, 2005).

Caractérisation	Eaux de surface	Eaux souterraine
Température	Variable suivant saison	Relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES (argile, algue...) sauf dans les eaux très douces et acides (acide humique)	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques par exemple)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets ...	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région.
Fe et Mn divalente (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation.	Généralement présents.
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grandes quantité
O ₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées.	Absent la plupart du temps.
H ₂ S	Généralement absent	Souvent présent
NH ₄	Présent seulement dans les eaux polluées.	Présent fréquemment
Nitrate	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur en général modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suspension de la source.	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.
Eléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal, végétal)	Ferrobactéries fréquents
Solvants chlorés	Rarement présents	Souvent présents
Caractère eutrophe	Fréquent accentué par les températures élevés	Non

II. Description d'un lac

1. Définition de Lac

Un lac est un système complexe. Il s'agit en fait d'un système écologique c'est à dire d'une communauté d'animaux, des plantes et de micro-organismes.

2. Les différentes parties d'un lac

Un lac est une étendue, généralement entourée de la terre d'eau douce qui contient les zones suivantes (figure 3).

- **Zone littorale** : c'est une partie des lacs et des cours d'eau qui s'étend à partir de la ligne des hautes eaux vers le centre du plan d'eau. Cette zone s'oppose une faune et une flore spécifique vit.
- **Zone pélagique** (sublittoral) : elle qualifie toute l'eau qui n'est ni à proximité du fond, ni à proximité de la rive. La zone pélagique peut être considérée en termes d'un cylindre imaginaire ou de la colonne d'eau qui va de la surface de la mer, presque jusqu'au fond.
- **Zone benthique** (profonde) : c'est la région écologique au niveau le plus bas d'un plan d'eau tel qu'un océan, un lac ou un cours d'eau, y compris la surface des sédiments et certaines couches souterraines. Le nom benthique signifie les profondeurs (Fortier,2006)

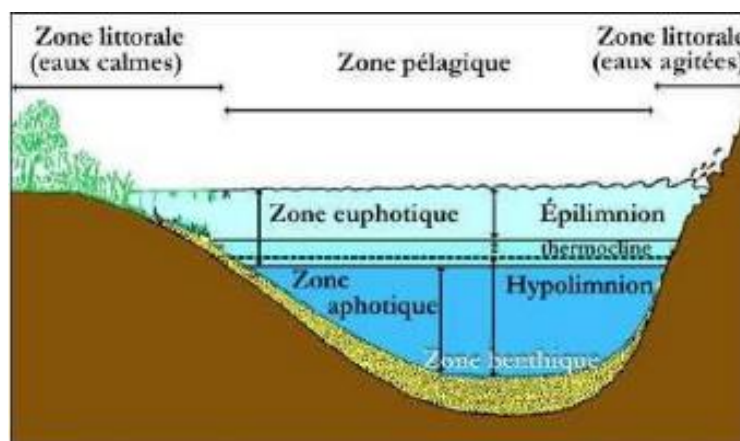


Figure 3 : Les différentes zones d'un lac (André ,2002)

3. Stratification thermique

La stratification thermique est un phénomène de stratification qui consiste en ce que les liquides ont tendance à être disposés en couches superposées les unes sur les autres. La formation de ces couches dépend de leurs densités et les différences de températures (Milot, 2015). Dont on distingue trois couches comme Suits (figure 4) :

- **L'épilimnion** : c'est la couche la plus chaude et qui accueille la plus grande partie de la vie aquatique puisqu'elle reçoit la lumière du soleil. Elle subit un brassage constant par le vent, elle a donc une température plutôt uniforme (Milot, 2015).
- **Le métalimnion** : c'est une zone de transition intermédiaire entre la couche la plus chaude et froide, il présente une baisse température rapide. En été, cette variation de température forme une barrière qui limite les échanges entre l'épilimnion et l'hypolimnion (Laniel, 2012).
- **L'hypolimnion** : sombre et froide, la température de cette couche d'eau est généralement uniforme. Elle se recharge en oxygène dissous lors du brassage printanier et automnal, au moment où toutes les couches d'eau ont la même température et se mélangent. Parfois, l'oxygène disparaît complètement de cette couche d'eau, phénomènes que l'on appelle anoxie (Milot, 2015).

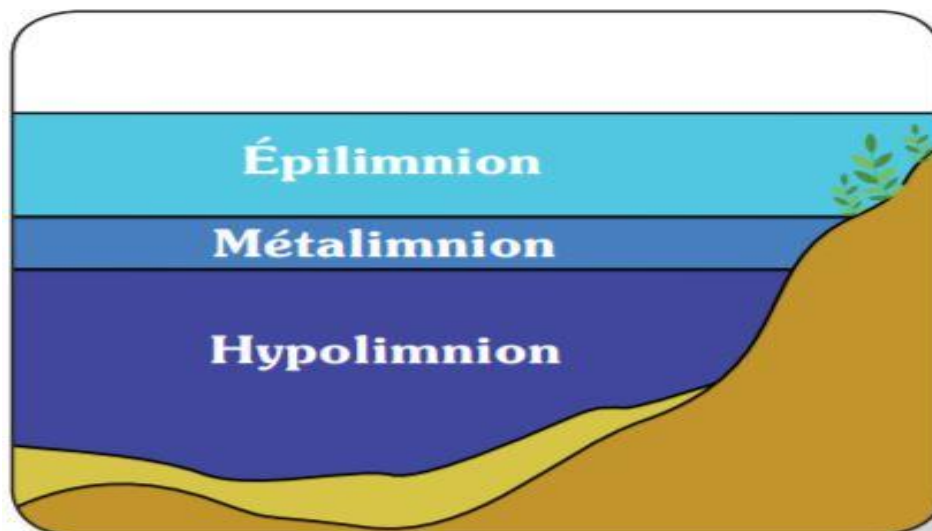


Figure 4 : Stratification thermique d'un lac (Milot, 2015).

4. Evaluation d'un lac

On distingue trois stades évolutifs de l'eutrophisation d'un lac comme suit (figure 5) :

- **Stade oligotrophe** : C'est le stade jeune du lac. Généralement est un lac profond, ses eaux claires, fraîches, bien oxygénées, contiennent un petit nombre d'espèces végétales et animales qui sont essentiellement représentées par des planctons (observatoire-eau-bretagne.fr, 2006).
- **Stade mésotrophe** : la zone aquatique est riche en minéraux dissous, avec abondance d'algues et des plantes. Avec le temps qui s'écoule, la matière minérale et organique entre dans le lac par ruissellement des eaux ou par l'action du vent. Cet apport permet un développement plus important du phytoplancton et de zooplancton permettant ainsi l'apparition d'invertébrés aquatiques. Au fil des siècles, les cadavres de diatomées s'empilent au fond du lac. Ils sont ensuite décomposés par les bactéries en matières minérale. Cette dernière vient enrichir l'eau grâce à une remise en circulation au moment des brassages annuels des eaux. L'activité bactérienne a également pour conséquence d'appauvrir les couches profondes du lac en oxygènes dissous (observatoire-eau-bretagne.fr, 2006).
- **Stade eutrophe** : C'est le dernier stade d'un lac. Le milieu est très riche en matière organique. Cette surabondance augmente le déficit en oxygène dissous et ralentit considérablement la minéralisation des matières organiques, la décomposition bactérienne est incomplète et il y a production du méthane. Avec le temps, le lac se referme lentement, il est recouvert par les plantes qui envahissent la bordure peu profonde. Ensuite vient la colonisation du fond par les algues, c'est la phase d'eutrophisation ayant pour stade ultime le comblement total et définitif du plan d'eau. Ce phénomène naturel va se trouver amplifié s'il y a un apport d'éléments azotés et phosphatés supplémentaires (observatoire-eau-bretagne.fr, 2006).

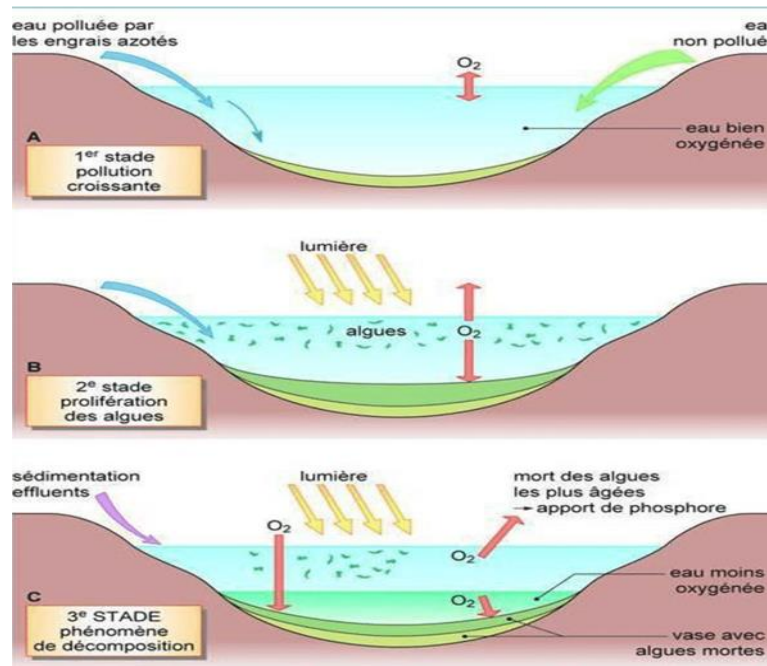


Figure 5 : Les différents stades d'un lac (Vivien Lecomte, 2012)

5. Propriété physico-chimiques des lacs

Les paramètres physico-chimiques jouent un rôle important dans les processus biologiques, physiques et chimiques qui se déroulent dans le milieu aquatique. La valeur de chacun de ces paramètres du lac influencera la présence et l'abondance des organismes aquatiques (Naminata et al ; 2022).

6. Propriétés biologiques :

Un lac est un système complexe. Il s'agit en fait d'un système écologique, c'est-à-dire d'une communauté d'animaux, de plantes et de microorganismes qui interagissent les uns avec les autres et qui dépendent les uns des autres de même que de l'environnement dans lequel ils vivent (OUBAGHA N., 2011).

a) Les algues

Les algues sont des organismes photosynthétiques présents dans l'eau sous forme de cellules microscopiques simple ou de colonies visibles. Les algues constituent un élément vivant important des lacs, sont capables de photosynthèse sont les producteurs primaires de l'énergie alimentaire biologique à l'intérieur du réseau trophique d'un lac (Person et al, 2010).

b) Les plantes aquatiques

Elles jouent un rôle vital dans l'écologie d'un lac. Elles se présentent sous de nombreuses formes et tailles et elles fournissent un couvert, un habitat et de la nourriture à la vie aquatique dans un lac (Raynal – A ; 1976)

c) Les décomposeurs

Les décomposeurs, notamment les bactéries, les champignons et autres microorganismes, se nourrissent des restes de matières organiques, comme les algues, les plantes, les insectes et les animaux morts qui proviennent des eaux de surface (Person et al, 2010).

7. Pollution des eaux des lacs

La pollution des eaux des lacs est la dégradation voire la destruction de leur pouvoir auto-épurateur à cause des déférents rejets qui perturbent les conditions de vie et l'équilibre de milieu aquatique et compromets les utilisations de l'eau. Cette pollution est un sérieux problème pour l'environnement qui remonte très loin dans le temps à partir de nombreuses activités humaines comme la déforestation, l'érosion et le comblement de zones humides (Luvagho.K ;2013)

7.1 Origine des pollutions

Selon leur origine, les polluants des eaux de surface se divisent en plusieurs groupes :

1) Les polluants chimiques

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxique dans les cours d'eaux par exemple : les nitrates, les phosphates et autres sels ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses.

- ✓ Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories : les substances chimiques dites indésirables, les pesticides, les produits apparentés, les détergents et les colorants et autres éléments toxiques (TOUATI ,2020).

2) Les polluants radioactifs

Il existe plusieurs types de rayonnements :

- **Les rayons alpha** : le rayon alpha, émis par un atome radioactif, est un faisceau de noyaux d'hélium composé de deux protons et deux neutrons.
- **Les rayons bêta** : Le rayonnement beta, émis par un atome radioactif, est un faisceau d'électrons. Le rayonnement bêta cause plus de dégâts que le rayonnement alpha car il est chargé électriquement.
- **Les rayons gamma** : le rayonnement gamma est composé de photons de haute énergie. Ce rayonnement va pénétrer d'avantage dans l'organisme par rapport aux rayonnements alpha et bêta, mais il modifie moins les particules qu'il rencontre.

3) Les polluants thermiques

Le rejet de la chaleur dans l'environnement constitue de nos jours une forme de pollution physique du milieu naturel susceptible de provoquer de véritables bouleversements biocénétiques car elle agit sur un facteur écologique primordial : la température du milieu.

L'augmentation de la température de l'eau réduit la teneur en oxygène et augmente la vitesse de réactivité chimique (Anderson. L,1973).

4) Les polluants biologiques

Ils sont constitués d'organismes libres et des agents pathogènes.

a) Les organismes libres

Les organismes libres présents et importants dans l'eau sont : le plancton qui est un organisme vivant essentiellement en suspension dans l'eau, se compose de zooplancton et de phytoplancton ; et les macro- invertébrés qui sont susceptibles de réduire l'efficacité des systèmes de traitement (Bartram. J et al ; 1999).

b) Les agents pathogènes

Ils comprennent les virus, les bactéries et les parasites.

- **Les virus** : sont les plus préoccupants en matière de transmission par l'eau des maladies infectieuses. Ce sont essentiellement ceux qui se multiplient dans l'intestin ou entérovirus. Ils pénètrent essentiellement dans l'eau par les effluents des égouts ou la contamination directe par les matières fécales (Gary W ; 2000).

- **Les bactéries** : Ce sont des micro-organismes de taille microscopique allant de 1 à 5 micromètre (μm), regroupent généralement les coliformes et les streptocoques (Lawson, L ; 2023)
- **Les parasites** : C'est surtout le milieu physique et les caractéristiques physico-chimiques qui créent les conditions propices à la prolifération des vecteurs et hôtes intermédiaires des parasites. Les parasites les plus importants sont les protozoaires et les helminthes (Lavoisier, 2003).
- **Les champignons** : ils sont connus aussi sous le nom de fungi, sont des micro-organismes eucaryotes d'origine végétale. La plupart de temps, ces agents vivent en ubiquité dans l'environnement et se propagent par diffusion de spores dans l'air. Il en existe plusieurs types, dont les plus connus sont : les levures et les moisissures (*Aspergillus. Niger*) ... (Jordan W., (2001).

7.2 Agents pathogènes véhiculés par les eaux usées

Les principales maladies humaines qui peuvent être transmises par l'eau sont énumérées ci-dessous (tableau 2), avec indication de l'agent causal.

Tableau 2 : Les principales maladies transmises par l'eau (Muriel, 1992)

Agent étiologique	Maladie
<i>Vibrio cholerae</i>	Choléra
<i>Escherichia coli</i>	Gastro-entérite
<i>Salmonella typhi</i>	Fièvre typhoïde
<i>Shigella dysenteriae</i>	Shigellose
<i>Shigella boydii</i>	Dysenterie bacillaire
<i>Shigella sonnei</i>	

7.3 La solution pour remédier à cette pollution

Le traitement des eaux usées a normalement pour but non seulement de stabiliser les matières putrescibles désagréables à la vue, mais aussi d'éliminer les agents pathogènes.

Voici quelques solutions pour lutter contre la pollution de l'eau comme rapporté par Dejoux C., 1988 :

- **Traitement des eaux usées** : consiste à éliminer les polluants des eaux usées par un processus physique, chimique ou biologique, plus ces processus sont efficaces, plus l'eau devient propre.

- **L'agriculture verte** : il s'agit de créer un filtre végétal naturel diminuant l'arrivée des polluants dans les cours d'eau.
- **La prévention de la pollution atmosphérique** : la pollution atmosphérique provoque une acidification rapide des océans, et menace la vie marine et les coraux. La prévention de la pollution atmosphérique est le meilleur moyen d'empêcher ce phénomène.
- **Réduction des déchets plastiques** : environ 80% du plastique présent dans nos océans provient de sources terrestres, pour réduire cette quantité qui pénètre dans nos océans, nous devons réduire notre utilisation du plastique au niveau mondiale et améliorer la gestion des déchets plastiques.
- **Utilisation d'énergies propres et renouvelables** : comme l'énergie solaire, éolienne ou hydrique.

Chapitre 2

Biodiversité des
microorganismes d'un lac

1. Les zones humides

Les zones humides ont des définitions multiples, elles sont toutes focalisées sur l'élément essentiel de leur fonctionnement qui est l'eau. Selon le code de l'environnement, les zones humides sont « des terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année » (Anonyme, 1992)

Au sens de la convention de RAMSAR, les zones humides sont des étendues de maris, de fagnes, de tourbières où l'eau est naturelle ou artificielle, permanente ou temporaire, stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur ne dépasse pas six mètres.

1.1 Compositions des zones humides

Selon Ramsar, 1971, les zones humides se composent de trois parties (figure 6) sont :

- La première comprend des terres hautes, soit des zones sèches qui abritent des arbres, des plantes herbacées et d'autres types de végétation ;
- La deuxième partie est constituée d'une bande riveraine, il s'agit d'une lisière de terre et de végétation entre les terres hautes et les zones d'eau de faible profondeur ;
- La troisième partie est la zone aquatique.



Figure 6 : Les trois parties de la zone humide (Ramsar, 2013).

1.2 Types des zones humides

D'après la convention **Ramsar (2013)**, il existe généralement cinq principaux types de zones humides, à savoir :

- Zones humides marines : ce sont des zones côtières comprenant les lagunes côtières les berges rocheuses et les récifs coralliens ;
- Zone humides estuariennes : comprennent les deltas, les marais cotidaux et les marécages à mangroves ;
- Zones humides lacustres : elles sont représentées par les lacs ;
- Zones humides riveraines : elles bordent les rivières et les cours d'eau ;
- Zones humides palustres : elles sont représentées par les marécages et les tourbières.

1.3. Importance des zones humides

Une zone humide est une dépression naturelle et la mise en eau de celle-ci est fonction d'un équilibre entre les entrées (précipitation, nappe d'eau souterraines), et les sorties (évaporation) d'eau. Elles ont un rôle multidimensionnel et elles contribuent au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau en agissent comme un filtre épurateur, filtre physique. Les zones humides constituent également un lieu propice de la diversité biologique (ALIAT, T., KABACHE, M., 2013).

1.4 Les fonctions des zones humides

Les zones humides jouent de multiples fonctions, parmi lesquelles son peut distinguer :

Fonction économique : elle dépend de nombreuses activités économiques comme l'aquaculture, la pêche, la production d'osier, de sel, de tourbe, le tourisme ...etc. (AIDOUD A., 2003).

Fonction hydrologique : les zones humides participent au stockage et à la restitution progressive de grandes quantités d'eau en jouant le rôle d'une éponge (Cyril, 2016).

Fonction biologique : les zones humides constituent un réservoir de biodiversité e une source de nourriture pour divers organismes. Ces fonctions biologiques confèrent aux zones humides une extraordinaire capacité à produire de la matière vivante, elles se caractérisent par une productivité biologique nettement plus élevée que les autres milieux (Fustec et Frochot, 1996).

1.5. Valeurs des zones humides

Les zones humides sont des territoires assis sur des terrains fonciers. La valeur d'un territoire peut naturellement être évaluée selon sa valeur foncière ou selon la valeur de sa production agricole (Allout, 2013).

1.5.1. Valeur économique

La valeur économique est importante de ces lieux. La valeur marchande des productions issues de ces milieux pour les hommes est inestimable. Comme l'effet tampon des inondations, épuration des eaux et le potentiel génétique des êtres vivants présents (Ramsar, 2016).

1.5.2. Valeur biologique

Les zones humides possèdent une biodiversité exceptionnelle comparée aux autres milieux terrestres avoisinants. Elles représentent un réel enjeu pour le maintien de la biodiversité (Ramsar, 2016).

1.5.3. Valeur esthétique

Les zones humides sont des espaces très convoités par l'agritourisme et l'écotourisme. Les paysages d'eau, de verdure et d'espèces animales sont très appréciés (Ramsar, 2016).

1.5.4. Valeur socioculturelle

L'utilisation des sociétés humaines des zones humides leur a conféré une vocation sociale de convivialité, donne à ces milieux une valeur spirituelle (Djennati et Drissi, 2015).

1.5.5. Amortisseurs climatiques

Les évènements climatiques deviennent de plus en plus extrêmes, des sécheresses prolongées ainsi que des précipitations massives, les zones humides sont de véritables solutions, elles sont très efficaces pour gérer les changements climatiques, l'érosion côtière, avec la hausse des niveaux marins, les zones humides servent d'amortisseurs et de barrières, afin d'atténuer les effets des eaux, les effets de l'extraction du sable et les effets du surpâturage qui provoque la disparition du couvert végétal ce qui affecte tout l'écosystème (Vaschalde, 2014)

1.6. Biodiversité des zones humides

Les zones humides sont vitales pour l'homme, pour les autres écosystèmes et pour notre climat car elles fournissent des services écosystémiques essentiels tels que la régulation de l'eau, notamment la maîtrise des inondations et la purification de l'eau. La biodiversité des zones humides est importante pour notre santé, notre approvisionnement alimentaire, le tourisme et l'emploi. Les zones humides absorbent également le dioxyde de carbone et contribuent ainsi à ralentir le réchauffement de la planète et à réduire la pollution, d'où leur surnom de « reins de la terre » (LADOUCHE et WENG, 2005).

1.7. Problèmes des zones humides

Les principales causes de la régression des zones humides algériennes sont :

Le drainage : les zones humides et les oiseaux d'eau sont en permanence menacés souvent de façon accrue par les projets de mise en valeur, les programmes d'assèchement et d'irrigation.

Pollution : En Algérie les eaux douces ont subi de grave altération au cours de ces dernières années par l'intermédiaire de la charge humaine et les métaux lourds (Genin et al., 1997).

Perte et perturbation des habitats : La perte des zones humides est un phénomène qui présente un problème mondial. Les scientifiques estiment que 64% des zones humides de la planète ont disparu depuis 1900. Les zones humides intérieures disparaissent plus vite que les zones humides côtières (PNRZH, 2005)

L'agriculture : Les zones humides ont souvent été considérées comme un obstacle à l'agriculture, et elles continuent à être drainées afin de rendre plus de terres disponibles pour l'agriculture. Mais le rôle essentiel des zones humides en appui de l'agriculture devient de plus en plus évident, et des pratiques agricoles efficaces qui soutiennent les zones humides saines sont à mettre au premier plan (Pinheiro et Caussade, 1997).

La pêche : si la pêche et la pisciculture intensive peuvent entraîner la dégradation des zones humides, mais aussi provoquer la disparition de certaines espèces d'oiseaux par la disparition de leurs habitats naturels (roselières, tapis de nénuphars ...etc.) (Boude J.-P. et Charles E., 2002).

2. Les microorganismes d'un lac

Généralement, tous les ressources d'eaux soient des lacs, des rivières, des fleuves, aussi bien (des nappes phréatiques un peu profondes, contient trois types des germes : typiquement aquatique, tellurique (due par ruissellement) et des germes de contamination humaine ou animale (contamination fécal) ; que ce soit le type du germe il peut engendrer des maladies infectieuses chez l'homme (Debabza ,2005).

La majorité des microorganismes proviennent de déjections humaines ou animales, l'importance de pollution microbiologique nous oblige de faire un traitement avant d'être distribuer au public (Belala ,2006).

2.1 Les germes totaux

Les germes totaux représentent l'ensemble des microorganismes aérobies présents dans l'environnement en général (sols, végétation et eau). Ils peuvent être issus de la microflore environnementale. Le dénombrement des bactéries aérobies à 22°C et 37° C s'effectue sur la gélose glucosée à l'extrait de levure ou plate count agar (PCA).

2.2 Bactéries indicatrices spécifiques de pollution fécale

Ces bactéries sont présentes en grand nombre dans les selles des animaux à sang chaud qui sont des sources fréquentes de contamination assez grave, qu'elles sont détectables facilement. Trois indicateurs sont à noter : les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux (Dahel, 2009).

2.2.1 Les coliformes totaux

Le terme de coliformes est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*, correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulés, aéro/anaérobies facultatifs, possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35- 37 °C, ils sont sensibles au chlore. (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2015).

Ils se répartissent en deux catégories :

- Les germes thermophiles ;
- Les germes psychrophiles (aquatique ou terrigène).

Leur intérêt plus moindré pour déceler une contamination d'origines fécales.

Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia* (figure7), *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*

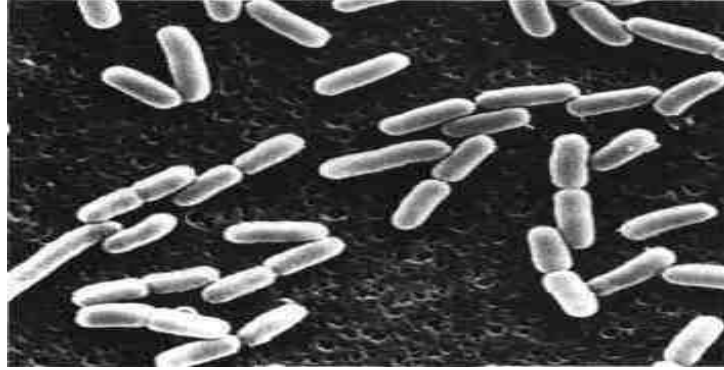


Figure 7 : *Escherichia* (Rodier, 2005).

2.2.2. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont un sous-groupe de coliformes totaux, l'existence de ces germes peut être une indication de la présence des microorganismes entéropathogènes, comme les *salmonelles* (Figure8).

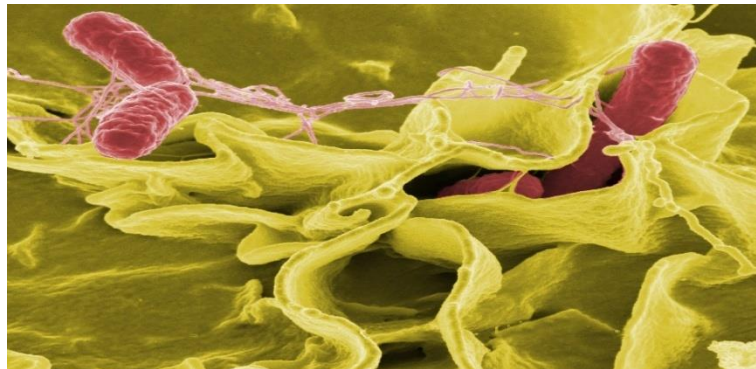


Figure 8 : *Salmonelle* (Debabza ,2005).

2.2.3. Les streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaîne, Gram positif, catalase négative et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous – groupes : *Enterococcus* (figure9) et *Streptococcus*. Ce sont les Streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lance Field.

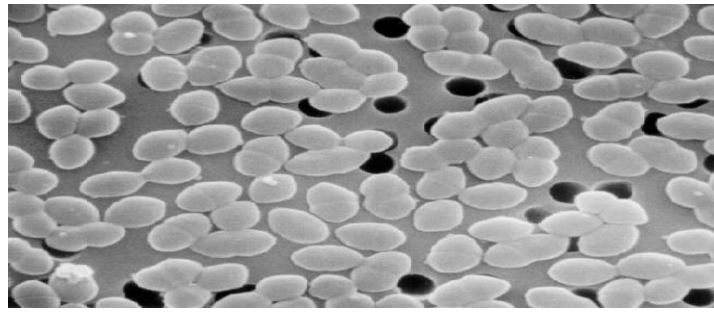


Figure 9 : *Enterococcus* (Rodier, 2005).

2.3. Les clostridium sulfito-réducteurs

Les clostridium sulfito-réducteurs sont des bactéries à Gram positif mesurant 4 à 6 μm de long et 1 à 2 μm de large produisant des spores dont le plus caractéristique est *Clostridium perfringens*. Elles font partie de la flore tellurique naturelle, aussi bien que dans les matières fécales humaines et animales. C'est pourquoi, leur utilisation en tant qu'indicateurs de contamination fécale d'une eau n'est pas très spécifique (Maiga, 2005).

L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside dans la propriété de sporuler, ce qui les rend particulièrement résistant au traitement de désinfection (Hélène, 2000).

2.4. Bactéries pathogènes

Les bactéries pathogènes jouent le rôle de signal d'alarme. Seules les *Salmonelles* et les *Shigelles* (figure 9) sont des bactéries fréquemment recherchées, en dehors de cas d'épidémies. Ces dernières années cependant, une certaine importance a été attribuée aux *Yersinia*, *Campylobacter*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Legi*), *onnellapneumophila*, *Aeromonashydrophila*, *Vibrio cholerae* (figure 11) (Conner et al., 2016).



Figure 10 : *Shigella*

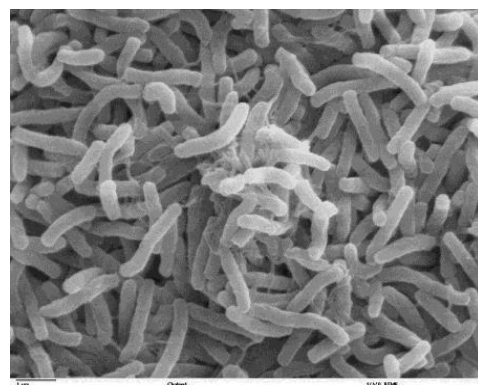


Figure 11 : *Vibrio cholerae*

3. Maladies provoqués par les micro-organismes contaminants l'eau

L'eau joue un rôle important pour la vie, la santé, l'accès à l'hygiène et au confort, mais elle peut véhiculer en particulier de nombreux micro-organismes, bactéries, virus et protistes de tout genre, qui y vivent et s'y développent. Dans les pays industrialisés, où l'hygiène individuelle et collective est de mieux en mieux respectée, on n'observe plus d'épidémies inquiétantes des maladies infectieuses liées à l'eau, mais le pire est à venir dans les pays du Tiers-monde en pleine expansion démographique (Tableau 3) (Tourab2013).

On distingue deux groupes de pathologies d'origine hydrique :

- Les maladies acquises au contact de l'eau polluée ou transmises par des vecteurs ;
- Maladies liées à la consommation d'une eau contaminée par des germes pathogènes.

Leur signe d'appel est toujours la diarrhée (Monjour, 1997).

Selon l'organisation mondiale de la santé chaque jour, 6000 personnes meurent dans le monde à cause de maladies diarrhéiques. En 2001, on a ainsi dénombré près de 2 millions de morts, dont plus de la moitié sont des enfants.

Tableau 3 : Maladies provoquées par les microorganismes contaminants l'eau (Rodier ,2009).

Maladies	Agents pathogènes
D'origine bactérienne : - La Typhoïde et la paratyphoïde ; - La dysenterie bacillaire ; - Le choléra ; - La gastro-entérite aigue et la diarrhée.	-Salmonelle typhique ; Salmonelle paratyphique A et B ; - <i>Shigellasp</i> ; - <i>Vibriocholerae</i> ; <i>Escherichia coli</i> ; <i>Enterococcus</i> ; <i>Campylobacter</i> ; <i>Yersiniaenterocolitica</i> ; <i>Salmonella sp</i> ; <i>Shigellasp</i> .
D'origine virale : - L'hépatite A et B ; - La polio ; la Gastro – entérite aigue et chronique.	-Virus de l'hépatite A et B ; -Virus de la poliomyélite ; virus Norwalk Rotavirus ; Enterovirus ; Adenovirus.
D'origine parasitaire : Dysenterie amibienne parasite gastro- entérite.	<i>Entamoebahistolytica</i> ; <i>Giardia lamblia</i> ; <i>Cryptosporidium</i> .

3.1. Choléra

C'est une maladie contagieuse d'origine bactérienne *Vibriocholerae* qui provoque des infections intestinales aiguës, elle provoque la mort en quelques heures, dont les symptômes

sont diarrhées fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide. Le choléra apparait au Pérou en 1991 (300 000 malades avec près de 3 000 décès) et s'étend, rapidement, sur l'Amérique du sud et central. Il apparait au Bangladesh, en 1993, faisant 107 000 victimes, provoquant 1 500 décès. (Monjour, 1997).

En Algérie, le choléra, introduit en 1971, enregistre 1332 cas malades et 110 décès, le pic choléra peut être considéré comme une catastrophe épidémiologique nationale en 1986 (8000 cas clinique de choléra et 450 décès).

3.2. Fièvre typhoïde

Fièvre d'origine bactérienne salmonella typhus qui entraîne de la fièvre, des maux de tête, de l'anorexie, un ralentissement du rythme cardiaque, une augmentation du volume de la rate, la formation de taches roses sur le corps, une toux sèche et de la constipation. (OMS, 2018)

3.3. Fièvre paratyphoïde

Maladie d'origine virale, cliniquement semblable à la fièvre typhoïde. Le taux de mortalité est toutefois plus faible.

Les fièvres paratyphiques accompagnent toutes les situations d'exception : guerres, catastrophes, déplacements massifs de population, flux de migrants sans ressources, sans médicaments (OMS, 2018).

3.4. Dysenterie

Dysenterie, une infection intestinale douloureuse généralement provoquée par une bactérie ou un parasite. La dysenterie se caractérise par une diarrhée accompagnée de sang, de pus et du mucus et elle est habituellement accompagnée de douleur. Cette maladie est fréquente lorsque les conditions sanitaires sont insuffisantes, en particulier lorsque les aliments et l'eau ne sont pas propres (INSP,2015).

3.5. Poliomyélite

Cette maladie est une infection virale due aux entérovirus poliovirus. La plupart des pays du monde ont réussi à éradiquer la polio mais on la retrouve dans certaines zones, en particulier dans là où les installations de traitement et d'assainissement des eaux sont inexistantes ou mal entretenues, elle est causée par une infection due au poliovirus (Baziz, 2008)

3.6. Les hépatites virales

L'hépatite A est une maladie du foie qui est due à l'infection par un virus à ARN de la famille des picornavirus, l'hépatite A se transmet majoritairement par l'ingestion d'eau ou d'aliments souillés par des matières fécales qui contiennent du virus ou par les mains sales « maladies de mains sales » (Insp, 2015).

3.7. Paludisme (la malaria)

C'est une infection parasitaire propagée par le moustique anophèle. Le paludisme n'a pour origine ni un virus ni une bactérie, mais un parasite formé d'une cellule unique qui se multiplie dans les globules rouges des êtres humains. On ne peut contracter le paludisme que par une piqûre de moustique infecté ou par une transfusion sanguine d'une personne infectée. Le paludisme peut aussi être transmis de la mère au fœtus pendant la grossesse (Anofel,2014).

3.8. Schistosomiase

La schistosomiase est une maladie hydrique considérée comme la deuxième infection parasitaire en importance après le paludisme. La schistosomiase chez l'homme, l'hôte final, est causée par les trois principales espèces de plathelminthes (OMS 2012)

4 -Les champignons

4.1. Définition

Les champignons représentent l'un des plus importants groupes d'organismes sur terre et jouent un rôle clé dans un grand nombre d'écosystèmes (Mueller et Schmit, 2007). Ce sont des organismes eucaryotes unicellulaire ou pluricellulaire à mode de reproduction sexuée ou asexuée. Les spores produites peuvent avoir un rôle dans la dispersion des champignons, mais peuvent également jouer un rôle dans la survie de l'organisme lorsque les conditions environnementales deviennent défavorables (Madelin, 1994). Ces organismes sont dépourvus de chlorophylle et sont tous hétérotrophes (Carlile et Watkinson, 1994 ; Redecker, 2002). Ils ne peuvent pas faire de photosynthèse, ces organismes sont très importants et vivent en relation avec d'autres organismes, selon plusieurs manières :

-Saprophytes : ils prélèvent leurs nutriments à partir de matières organiques en décomposition. Ils sont très importants en tant que décomposeurs et recycleurs de matières mortes (Klein et Paschke, 2004)

- Parasites : leurs nutriments proviennent de la matière vivante :

* **mycoses** (chez les animaux) ;

* **maladies fongiques** (chez les végétaux : phytopathogène) : fabrication de mycotoxines (Agrios, 2005).

-**Symbiotes** : ces mycètes obtiennent leurs nutriments grâce à un autre organisme, leur procurant en retour certains bénéfices. Ce type d'association est essentiel pour les végétaux, 90% des plantes seraient en symbiose avec ces champignons. Ces champignons sont appelés mycorhizes. D'autres mycètes vivent en relation avec une algue. Ils ne peuvent survivre l'un sans l'autre. Ce sont les lichens (Vander et al., 1998).

4.2. La reproduction chez les champignons

La reproduction des champignons est complexe, reflétant ainsi l'hétérogénéité de leur mode de vie. Elle peut être sexuée ou asexuée, bien que certains champignons alternent entre les deux types de reproduction (Nester et al., 1998).

a) Reproduction asexuée anamorphe

La reproduction asexuée chez les champignons peut se faire par bourgeonnement, fission binaire, fragmentation, ou par formation de spores (Alexopoulos et al., 1996).

❖ Le bourgeonnement et la fission binaire

Le bourgeonnement et la fission binaire sont les formes de reproduction asexuée les plus simples. Le bourgeonnement est une division inégale du cytoplasme, résultant en une cellule parente et une cellule fille, celle-ci étant plus petite que la cellule parente. La fission binaire par contre aboutit à deux cellules identiques (figure 12) (Abedon, 1997).

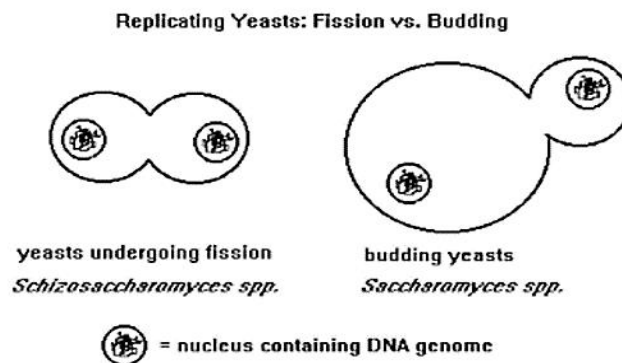


Figure 12 : Illustration de la fission binaire et du bourgeonnement chez les levures

(Abedon, 1997)

❖ Le bouturage

Le mécanisme, le plus simple, est celui du bouturage. Dans ce cas, le thalle végétatif se fragmente et les articles libérés, contenant les noyaux, font office de spores. Ils se dispersent et peuvent se fixer sur un substrat favorable. Ce mécanisme reste limité dans la nature, peut être en raison de la fragilité des articles (figure13) (MARTIN B. 1997)

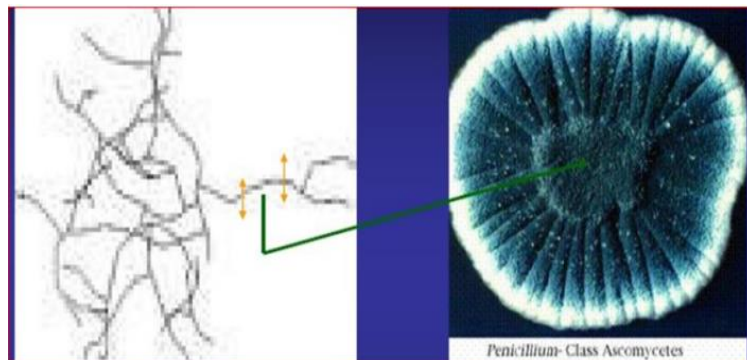


Figure 13 : Le mécanisme du bouturage (MARTIN B. 1997)

La sporulation

La sporulation est la plus importante forme de reproduction asexuée chez les champignons. Elle se fait à travers les spores asexuées, formées au cours de la phase asexuée du cycle de vie des champignons (phase anamorphe) (Moulinier, 2003).

b) Reproduction sexuée "téléomorphe"

La reproduction sexuée (ou la téléomorphe) fait intervenir la rencontre de filaments spécialisés (plasmogamie), la conjugaison des noyaux (caryogamie) et enfin une réduction chromatique (méiose) suivie d'une ou plusieurs mitoses. Ces événements sont suivis par la formation de spores (les ascospores, les basidiospores, les zygosporés), dont le processus varie en fonction des différentes classes de champignons (figure14) (Deacon, 2005).

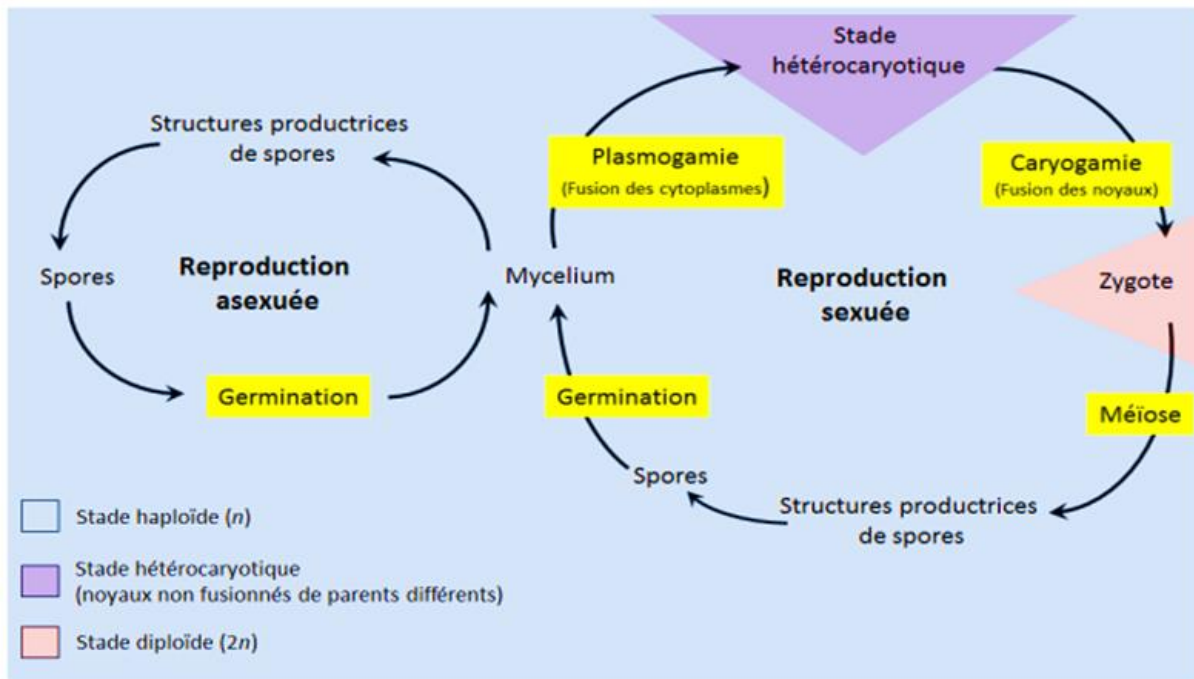


Figure 14 : Reproduction sexuée "télomorphe" chez les mycètes) (Deacon, 2005).

4.3. Taxinomie des champignons

La taxinomie des microorganismes est une discipline de la biologie qui étudie la classification des différents micro-organismes, tels que les bactéries, les champignons et les protozoaires. Elle utilise principalement des caractéristiques morphologiques, physiologiques, écologiques et génétiques pour regrouper ces organismes en différentes catégories taxonomiques, notamment les genres, les espèces et les familles (tableau 4).

Tableau 4 : Classification enseignée en 2006 par Régis Courte cuisse, suite aux apports de la biologie moléculaire.

Règne	division	classe
Fungi	Deuteromycota (=Adelomycetes) (pas de reproduction sexuée) sorte de poubelle d'attente où on range sous le nom de Fungi imperfecti des espèces dont on ne connaissait que le stade anamorphe, mais dont le stade téléomorphe les dirige vers les basidio-ou les ascomycota → classe : MyceliaSterilia , Coelomycètes , Hyphomycètes , Blastomycètes .	
	Chytridiomycota (zoospores à un flagelle ; pas de mycélium)	
	Zygomycota (zygospores (fusion de 2 gamétanges) ; mycélium siphonné sans cloisons)	Zygomycètes : reproduction par mitospores (asexuées) ordres des Mucorales , Dimargaritales , Entomophtorales , Zoopagales , Kickxellales .
		Trichomycètes : reproduction par Zygospores (sexuées) ordres : Harpellales , Amoebiales , aselariales , Ecrinales .
	Ascomycota (spores contenues dans des asques ; hyphes septées, ou levures)	
Basidiomycota (spores portées par des basides ; hyphes septées)		

- **Hytridiomycota ou Chytridiomycètes**

Les Chytridiomycètes sont des champignons primitifs, parfois unicellulaires. Leur thalle coenocytique est peu développé. Ils produisent au cours de leur cycle des zoospores (spores uni flagellées) mais l'étude chimique de leurs parois et les données de la biologie moléculaire confirment qu'ils ont un lien parenté avec les champignons supérieurs (la présence de la chitine par exemple). Ils sont en général aquatiques ; aussi bien parasites que saprophytes (figure15) (Heckman et al., 2001)



Figure15 : Chytridiomycète (Heckman et al.,2001)

-Zygomycota ou Zygomycètes :

Comme tous les vrais champignons, produit des parois cellulaires contenant de la chitine. Ils se développent principalement sous forme de mycélium, ou filaments de longues cellules appelées hyphes (figure16). Contrairement aux soi-disant « champignons supérieurs » comprenant les Ascomycota et les Basidiomycota qui produisent régulièrement des mycéliums septés, la plupart des Zygomycota forment des hyphes qui sont généralement coenocytaires car ils sont dépourvus de parois croisées ou de septa. Il existe cependant plusieurs exceptions et des septas peuvent se former à des intervalles irréguliers dans les parties les plus anciennes du mycélium (Tanabe et al., 2000)



Figure 16 : Zygomycète (Tanabe et al., 2000)

-Ascomycota ou Ascomycètes (figure 17)

- Champignons à filaments cloisonné ;
- Spores produites à l'intérieur de sacs (les asques), projetées, à maturité, à l'extérieur par ouverture de l'asque.

-**Basidiomycota** ou Basidiomycètes (figure 18)

- Champignons à filaments cloisonné ;
- Spores se développent à l'extrémité de cellules spécialisées (les basides), dispersées par le vent à maturité.

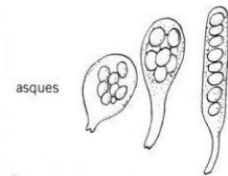


Figure 17 : Ascomycota

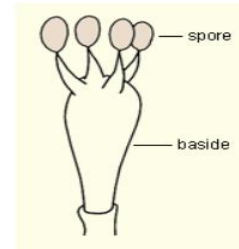


Figure 18 : Basidiomycota

4.4. Propriétés principales des Champignons

Tableau 5 : Illustration de quelques Propriétés principales des Champignons (Delarras, 2007)

Forme	Structure filamenteuse, hyphes ou filaments à paroi souvent composées de chitine, septés ou siphonnés -espèces dimorphiques avec une forme levure qui se multiplie par bourgeonnement ou scissiparité.
Croissance des hyphes	Croissance strictement apicale, puis ramification de l'hyphe conduisant à la formation d'un mycélium ou thalle
Métabolisme général	Chimiohétérotrophes – source de carbone et d'énergie : molécules carbonées organiques – suivant les espèces, peuvent lyser les polymères complexes grâce à des enzymes extracellulaires : cellulose, amidon, pectines, mais des protéines et des lipides
Mode de reproduction	Sexuée ou asexuée par l'intermédiaire des spores.
Habitats naturels et autres	-Air, eaux, sols ...vivent en saprophytes ou parasites. -Champignons pathogène pour l'homme. -Matières premières alimentaires, aliment ...pouvant être contaminés par des moisissures toxigènes.

Partie expérimentale

Matériel et Méthode

Lieu et objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude expérimentale est d'explorer la microflore bactérienne et fongique de l'eau du lac noir Akfadou à Bejaia. Le travail s'est déroulé entre le mois de mai et juin 2023. Les différentes analyses ont été effectuées au niveau du Laboratoire de Biochimie Analytique et Biotechnologies de l'Université Mouloud Mammeri.

1. Présentation de la région d'étude



Figure 19 : Station d'Akfadou (lac noir) (Photographie originale prise en 2023).

1.1. Localisation géographique du lac noir

Lac noir (Agelmim aberkan) est un lac naturel, situé dans le massif montagneux de l'Akfadou à l'Ouest de la wilaya de Bejaia, à 150 km à l'est d'Alger, à 65 km au sud-est de wilaya de Tizi-Ouzou.

Il dépend administrativement des départements de Bejaia et de Tizi-Ouzou. Le massif forestier s'étend sur une superficie d'environ 11 000 ha, soit 18% de la chênaie caducifoliée d'Algérie (Messaoudène, 2007). Le massif est limité au nord par la daïra d'Adekar à 1200 m d'altitude, et d'une superficie de 3 hectares et de 1 mètre de profondeur, à l'Est par la commune de Tifera et Tinebdar, au Sud par la commune de Chimini et à l'Ouest par la wilaya de Tizi-Ouzou (figure 20).

La latitude : 36,695844N

La longitude : 4,601990 E

Altitude : 1200 m



Figure 20 : L'emplacement du lac noir de la wilaya de Bejaïa (Google Maps).

1.2. Caractéristiques climatiques de la région d'étude

La région de Yakouren akfadou bénéficie d'un climat méditerranéen de types tempéré chaud de l'étage humide de l'Algérie. L'hiver est caractérisé par des précipitations bien plus importantes qu'en été. La température moyenne annuelle est de 15.45° C à Yakouren. Le mois le plus chaud de l'année est celui d'aout avec une température moyenne de 29.6°C. Janvier est le mois le plus froid de l'année avec une température moyenne de 7.4°C à cette période (Salamani, 1991).

Les précipitations moyennes annuelles dans cette région sont de l'ordre de 1053mm par an. La différence de précipitation entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 177mm (SELTZER, 1946).

1.3. Caractérisation écologique de la région d'étude

Le classement de l'Akfadou en parc naturel régional est nécessaire pour assurer son équilibre biologique et pour sauvegarder son patrimoine forestier et floristique.

❖ La richesse floristique

La forêt de l'Akfadou se distingue par une mosaïque de peuplements, de groupement végétal et par sa diversité floristique. Elle est caractérisée par une richesse floristique très importante. Nous trouvons à la fois le chêne zéen (*Quercus canariensis*), le chêne Afars (*Quercus afars*) et le chêne liège (*Quercus suber*) (Messaoudé et al., 2007).

Parmi les espèces qui constituent cette strate on trouve : le cytise (*Cytisustriflorus*), la bruyère (*Erica arborera*), l'arbousier (*Arbuste unedo*) la ronce (*Rubusulmufolius*) (Messaoudéne et al., 2008).



Figure 21 : Peuplement mixte (chêne zéen et chêne liège) (originelle,2023).

❖ La richesse faunistique

Le lac noir Akfadou abrite une faune diversifiée formé de : singe magot (*Macacasyllvanus*), le chacal (*Canisaureus*), le renard (*Vulpes vulpes*), la genette (*Genettagenetta*), le hérisson (*Erinaceusalgirus*). Comme on retrouve également des espèces d'oiseaux comme la chouette chevêche, le pic vert le vautour fauve.

2 – Matériel et méthode

2.1 Matériel biologique

Au cours de cette étude des champignons pathogènes et des microorganismes isolés du lac noir ont été utilisés. Les champignons utilisés sont : *Aspergillus niger*, *Penicillium sp*; *Penicillium glabrum*; *Fusariumsp Alternariaspet Aspergillus flavipes*.

2-2Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate pour laquelle le plus grand soin doit être apporté. Pour l'analyse microbiologique trois flacons en verre stérilisés ont été utilisés pour prélever trois échantillons sur trois sites différents (figure 22). L'ouverture et la fermeture des flacons se fait dans l'eau en profondeur de 20 à 25 cm du lac de manière à éviter

de remplir totalement les flacons. Pour l'analyse physico-chimique, des bouteilles en plastiques propres et préalablement rincées à l'eau distillée ont été utilisées (Bouras et Sekfali, 2013).

Après prélèvement et transport des échantillons dans une glacière à 4°C, nous procédons à l'analyse bactériologique qui doit être faite dans les 24 h suivant après l'échantillonnage.



Herbes



Pierres



Arbres

Figure 22 : Les trois sites de prélèvement (originelle, 2023).

2-3 Méthodes d'analyses physicochimiques

❖ Température et potentiel hydrogène (pH)

La température est un facteur important de la vie aquatique. Un changement de la température affecte les diverses propriétés de l'eau (figure 23). Elle joue un rôle important dans la solubilisation des sels minéraux et des gaz particuliers. Elle influe sur la solubilité de l'oxygène dans l'eau et la cinétique des réactions biochimiques. Par conséquent la température influe également sur le pouvoir auto-épurateur des cours d'eaux (DEGREMONT, 2005). La mesure de la température a été effectuée sur terrain en utilisant un thermomètre gradué (figure 24) (Rodier et al, 2005).

Sur le terrain on plonge le thermomètre dans l'eau de lac noir à environ 15 cm de profondeur et attendre la stabilisation du thermomètre puis réaliser la lecture.



Figure 23 : Mesure de la température in situ

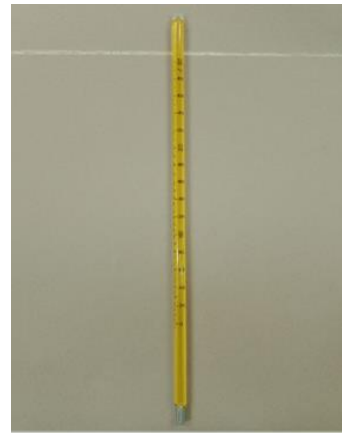


Figure 24 : Thermomètre

Le pH représente la concentration en ions hydrogènes dans une solution. C'est un paramètre d'appréciation de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau (JORA, 1998). Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Dans les eaux, les valeurs du potentiel hydrogène se situent entre 6 et 8.5 (Chapman et al ,1996). Le pH a été mesuré avec un pH-mètre électrométrique (figure 25). La lecture est faite après stabilisation du pH à une température de 20°C.



Figure 25 : pH mètre (METROHM / 620 pH-mètres) (originelle,2023) inutile

❖ Conductivité

La conductivité est l'aptitude d'une eau à permettre le passage du courant électrique. La conductivité est l'inverse de la résistivité. Elle augmente avec le teneur se sels dissous. Elle dépend de la température. On l'exprime usuellement en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (LAVOISIER, 2006). La conductivité électrique de l'eau est donnée par l'expression suivante : $\text{Cond } (\mu\text{S}/\text{cm}) = \text{Conductivité } (\mu\text{S}) / K$ (constante d'étalonnage).

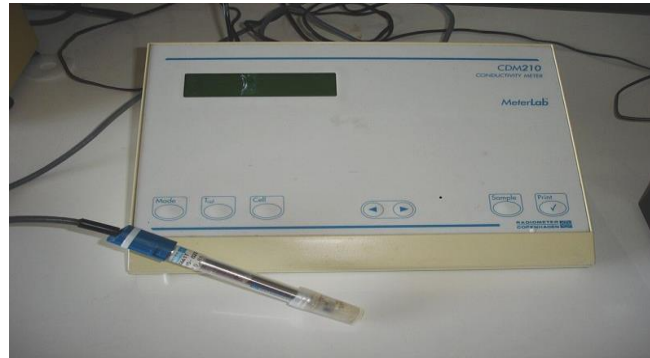


Figure 26 : Conductimètre.

2-4. Méthodes d'analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques de l'eau sont procédures effectuées pour évaluer la présence et la concentration de micro-organismes dans l'eau par de déférentes techniques (tableau 6).

Tableau 6 : Techniques utilisées pour la recherche des microorganismes

Type de micro-organisme dénombré	Milieu de culture utilisé	Condition d'incubation	Test complémentaire
Germes revivifiables	PCA	37°C /48h	Aucun
Coliformes totaux et fécaux	BCPL	37°C/24h	Schubert + réactif Kovacs
Streptocoques fécaux	Rothe	37°C/48h	Eva Litsky
Bactéries anaérobies sulfito-réductrices (Clostridium)	Viande foie + Alun de fer et sulfite de sodium	37°C/24h	Aucun
Salmonelles	SFB	37°C/ 24h	Gélose <i>Salmonella</i> – <i>Shigella</i>
Vibrions	EPA	37°C/24h	Gélose GNAB
Staphylocoques	Giolitti Cantoni	37°C/48h	Gélose Chapman

2.4.1 Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (germes totaux)

➤ Le principe de la technique

Il s'agit d'une technique de numération de manière non spécifique du plus grand nombre de microorganismes après incorporation de volumes d'échantillon ou de ses dilutions dans un milieu gélosé (Norme NF EN ISO 6622 juillet 1999).

➤ Mode opératoire

Préparation de l'échantillon

Agitation d'un flacon contenant la solution mère, de manière à mettre les microorganismes en suspension homogène ; puis dans la zone stérile on prélève à l'aide d'une pipette graduée ; 1 ml d'échantillon mère ; et on le met dans le premier tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique, à partir de ce dernier 10^{-1} on prend 1 ml et on l'introduit dans le deuxième tube 10^{-2} et on refait la technique jusqu'à l'obtention de la dilution 10^{-4} (figure 27).

•L'ensemencement

Dans une zone stérile, ensemer en masse deux séries de boîtes de pétri en versant 1 ml d'inoculum (échantillon mère) et de ses dilutions décimales successives ; puis on ajoute la gélose fondue de PCA ou TGEA en surfusion mais légèrement refroidie ; et homogénéiser avec des mouvements circulaires ; laisser refroidir la gélose sans la bouger en zone stérile ; enfin on incube une série de boîte de pétri durant 24h à 37°C (recherche des germes pathogènes) et l'autre série à 22°C (germes banaux ou saprophytes) (Rejsek, 2002).

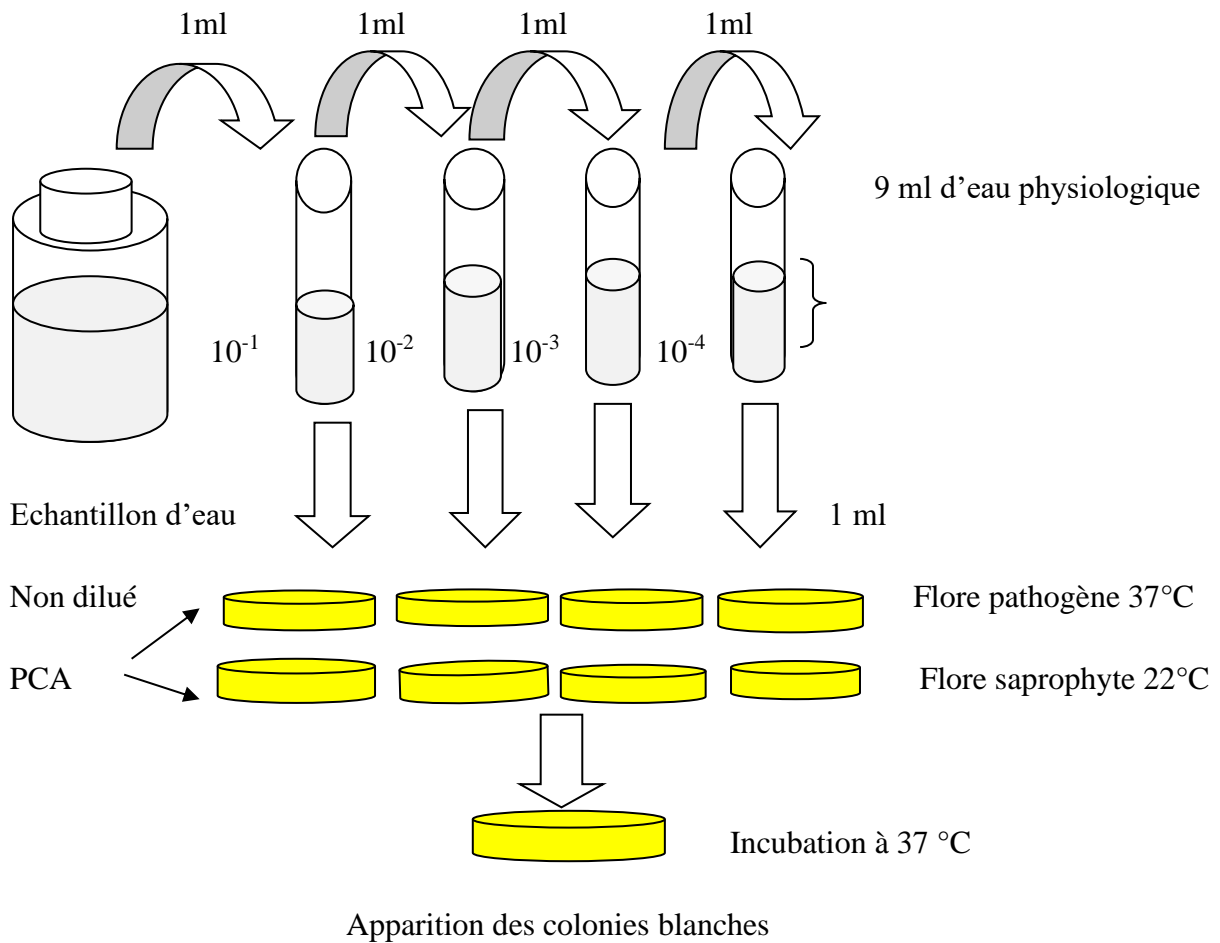


Figure 27 : Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.

•Dénombrement

Le dénombrement des colonies apparente est fait à l'aide du compteur de colonies qui calcule le nombre d'unités formant colonies (UFC) par millilitre d'échantillon, à partir du nombre de colonies apparues sur le milieu de culture et en respectant le mode de calcul donné par la norme, selon la formule suivante :

$$N = \frac{\sum \text{Colonies}}{V_{ml} \times (n_1 + 0,1n_2) \times d_1}$$

N : nombre d'UFC par ml de produit initial ;

\sum Colonies : sommes des colonies des boites interprétables ;

V_{ml} : volume d'inoculum déposé par boite (1 ml) ;

n_1 : nombre de boîtes considéré à la première dilution retenue ;

n_2 : nombre de boîtes considéré à la seconde dilution retenue ;

d_1 : facteur de la première dilution retenue (Rejsek, 2002).

2.4.2 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (selon la norme ISO 9308)

Le dénombrement au milieu liquide par la technique de nombre le plus probable (NPP), se déroulent en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes ;
- Le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermos tolérants parmi lesquels *Escherichia coli*.

➤ **Mode opératoire**

- **Test présomption**

Après l'homogénéisation des échantillons, nous avons réalisé trois dilutions décimales successives (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) dont ces derniers sont toujours effectués dans des conditions aseptiques.

On ensemence une série de 9 tubes contenant le milieu BCPL (avec cloche de Durham) : on prend 3 tubes avec 1 ml de la dilution 10^{-1} ; 3 tubes avec 1 ml de la dilution 10^{-2} et 3 tubes avec 1 ml de la dilution 10^{-3} , l'incubation se fait à 37 ° C pendant 24 h (figure 28).

Après la lecture, les tubes positifs présentant à la fois un dégagement de gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) et un trouble microbien avec un virage de la couleur vers le jaune ce qui indique la fermentation du lactose présent dans le milieu (Bricha et al., 2007) ; et déterminer le nombre des coliformes avec la table de Mac Grady (voir annexe).

Expression des résultats des Coliformes totaux

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table Mac Grady qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

- **Test confirmatif**

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse à boucle dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham et on incube à 44° C pendant 48 heures (Delarras et Trébaol, 2003). Après l'incubation les tubes positifs présentant à la fois : Un trouble microbien ; un dégagement de gaz et la présence d'anneau rouge en surface indique la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes de Kovacs. Le dénombrement des coliformes thermotolérants se fait avec la méthode NPP en se reportant aux tables de Mac Grady.

Expression des résultats des Coliformes fécaux

Le dénombrement d'E. Coli s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Grady.

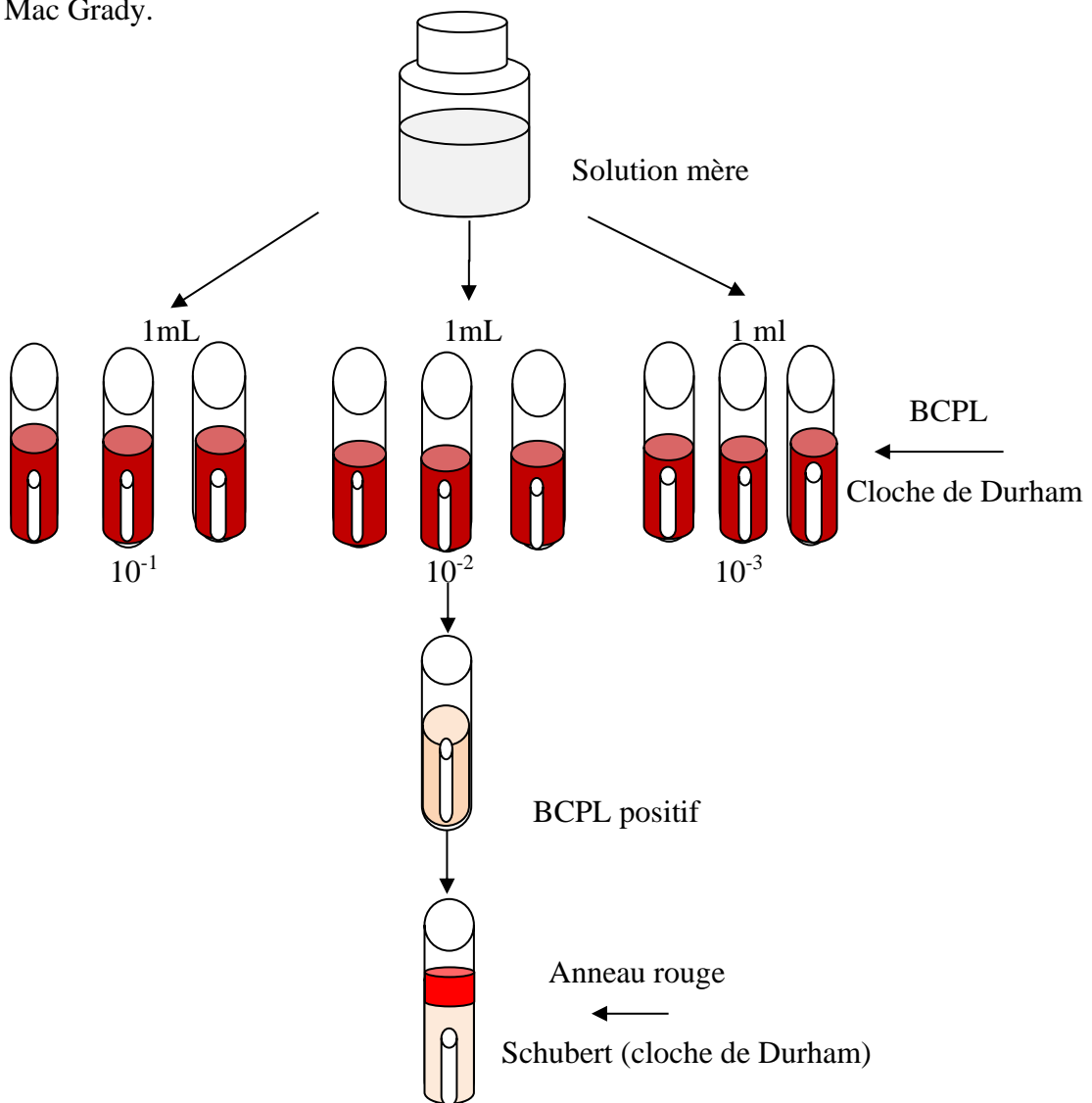


Figure 28 : Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

2.4.3 Dénombrement des Entérocoques (streptocoques fécaux) selon la norme NA 765, ISO 7899.

- **Test présomptif**

La recherche des streptocoques fécaux se déroule selon le même procédé utilisé pour la recherche des coliformes par la méthode du nombre le plus probable (NPP) sauf qu'ici on utilise le milieu Rothe (figure 29) et l'incubation à 37 °C pendant 48 h. Après l'incubation, la lecture des tubes positifs qui présentant un trouble dans le test présomptif indique la présence d'une activité biologique.

- **Test confirmatif**

Le test est spécifique pour la confirmation des streptocoques qui se fait par un repiquage des tubes de Rothe positifs à l'aide d'une anse à boucles, et réalisée dans les milieux Eva-Letsky et mélanger bien le milieu ; puis incubé à 37°C pendant 24 heures. La présence d'un trouble et d'une pastille violette au fond de tube indique la présence des streptocoques.

Expression des résultats

Les résultats du dénombrement sont exprimés en nombre de germes par 100 ml d'échantillon. En se référant à la table Mac Gredy (Bricha et al. 2007).

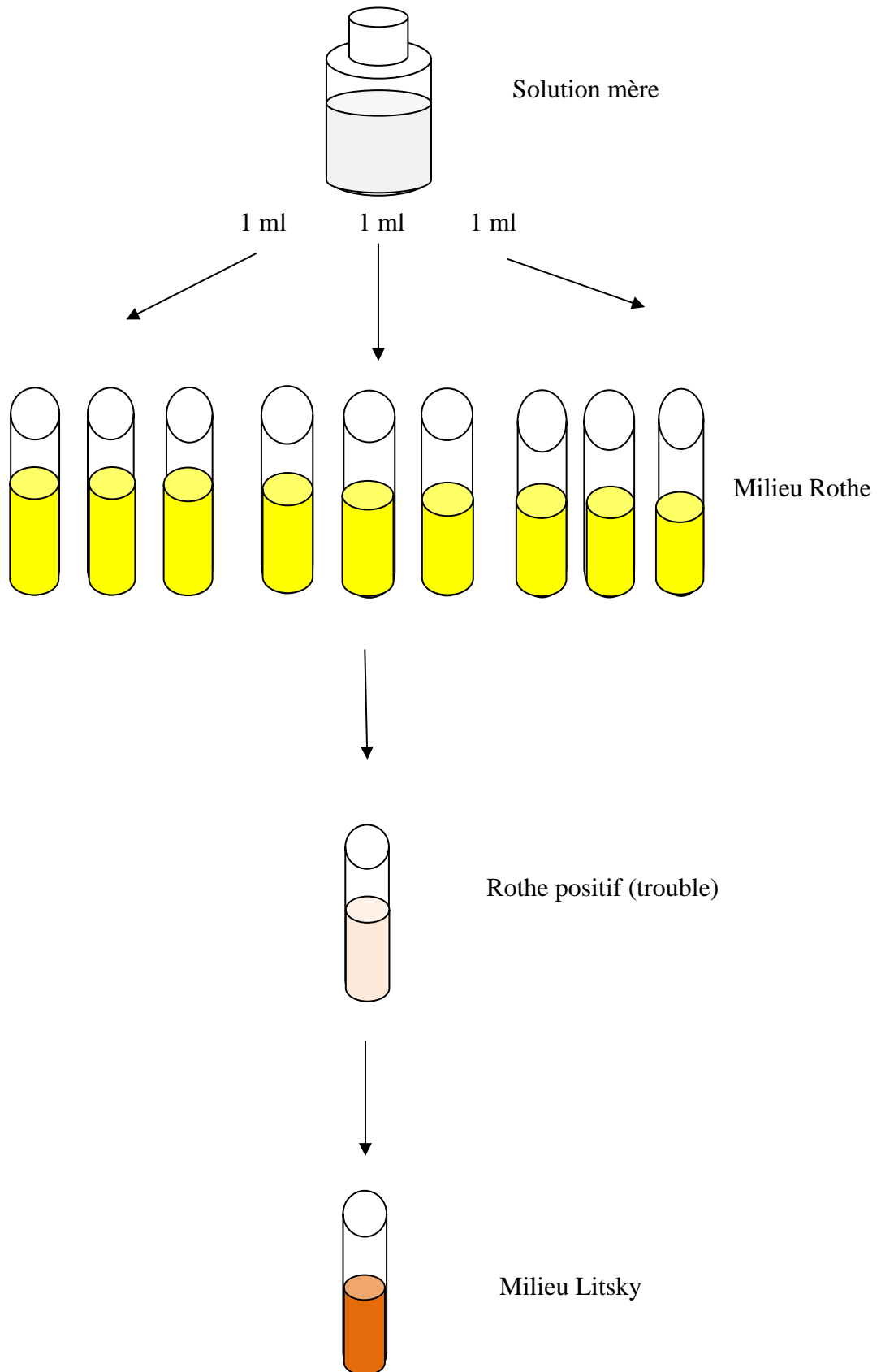


Figure 29 : Dénombrement des Entérocoques (Streptocoques fécaux).

2.4.4 Dénombrement des bactéries anaérobies sulfito –réductrices (Clostridium sulfito-réducteurs)

La réalisation de dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs se fait avec le milieu viande foie contenant de l'alun de fer et du sulfite de sodium.

- **Mode opératoire**

On introduit dans 5 tubes à essai 25 ml d'échantillon d'eau à analyser (5 ml dans chaque tube) ; on les place au bain marie à 80 °C pendant 10 minutes ; dans le but de préparer les spores à la germination, puis on ajoute dans les 5 tubes 15 ml de la gélose viande foie, alun de fer et sulfite de sodium en surfusion, on recouvre avec une fine couche d'huile de vaseline ; incubation à 37 °C pendant 24 heures (figure 30). Les Clostridium sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies noires dû à la formation de sulfure de sodium (Hammoudi et al., 2013).

Expression des résultats

- On compte toute colonie noire de 0.5 mm de diamètre dans chaque tube et on rapporte le nombre total des colonies dans les cinq tubes ;
- On exprime les résultats en nombre de germes par 25 ml.

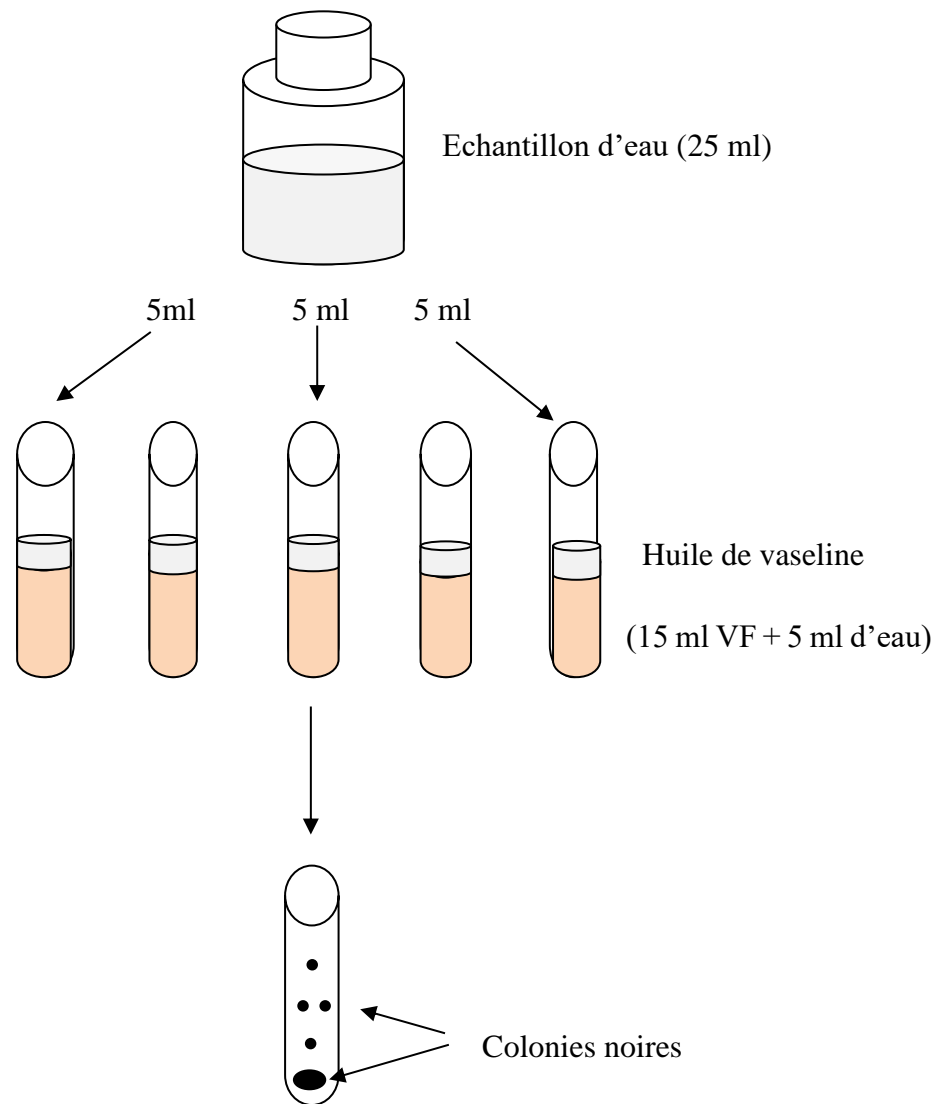


Figure 30 : Dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs

2.4.5 Recherche des germes pathogènes

a) Les salmonelles

Mode opératoire

La recherche des germes pathogènes (salmonelles) se fait sur le milieu SFB contenant le sélénite de sodium qui permet l'inhibition des micro-organismes autre que les salmonelles et notamment des coliformes et des entérocoques.

Mettre 10 ml d'inoculum à l'aide d'une pipette stérile dans un tube contenant 150 ml du milieu SFB pour chaque échantillon, incubation à 37°C pendant 24 heures ;

Après l'incubation on a repiqué sur un milieu d'isolement qui est la gélose Salmonella-Shigella (SS) à l'aide d'une pipette stérile, incubation à 37 °C pendant 24 heures (figure 31).

Observation des colonies incolores et transparentes (lactose -) à centre noir (H_2S+) : suspicion de *Salmonella*, et des colonies incolores et transparentes (lactose -) sans centre noir (H_2S-) : suspicion de *Shigella*.

Expression des résultats

Dénombrement de colonies claires avec centre noir par le compteur de colonies.

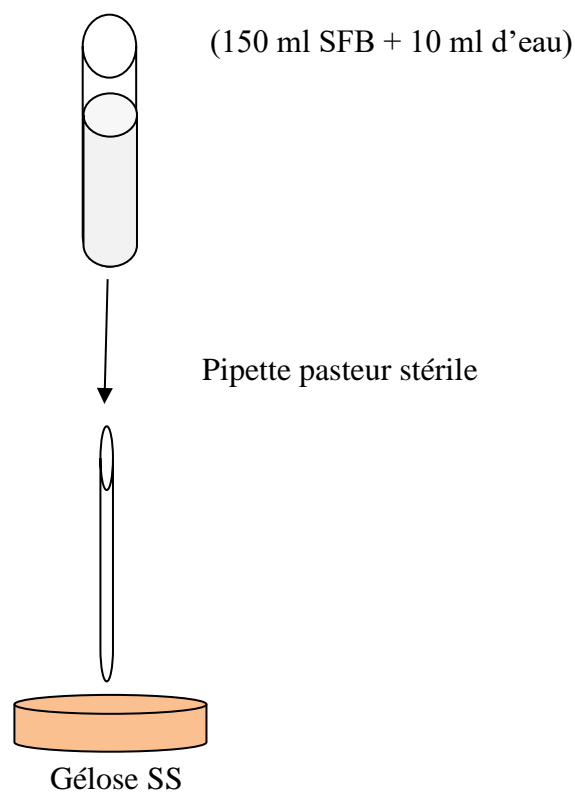


Figure 31 : Dénombrement des salmonelles

b) Les vibrions

Mode opératoire

Faire un enrichissement de 1 ml d'eau non diluée (solution mère) dans un tube contenant 10 ml du milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA), incubé à 37 °C pendant 24 heures. Après l'observation d'un trouble, on réalise un isolement sur la gélose nutritive ordinaire alcaline (GNAB), incubé

une autre fois à 37 °C pendant 24 h à 48 heures (figure 32).la lecture se faite au microscope après coloration de Gram.

Expression des résultats

Présente sous la forme de bacilles gram négatifs fins.

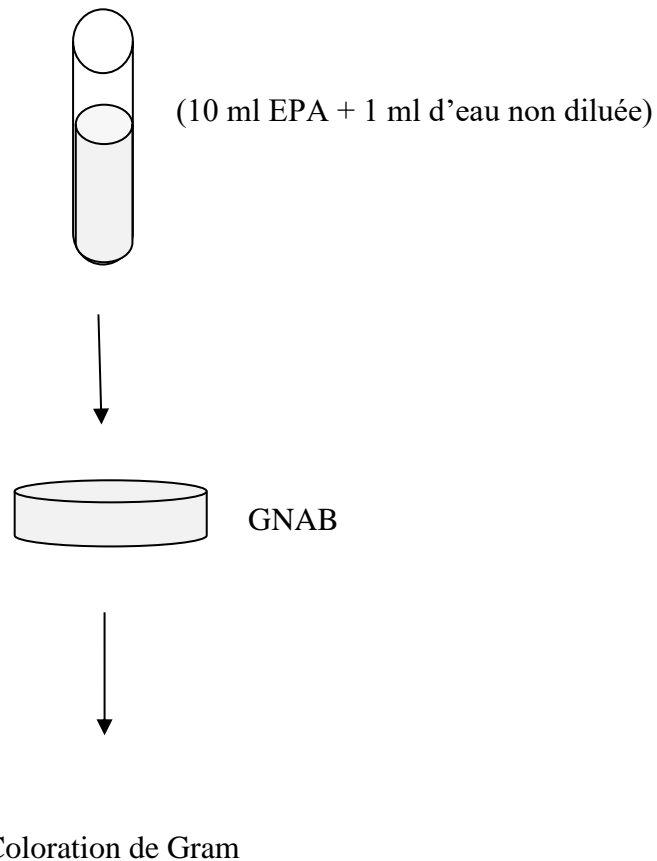


Figure 32 : Dénombrement des vibrions.

c) Les staphylocoques

Mode opératoire

Ensemencer 10 ml d'eau non diluée, pour chaque échantillon dans un tube contenant 10 ml du milieu Giolitti Cantoni, incuber à 37 °C pendant 48 h, repiquage sur les deux milieux Chapman et Baird Parker (figure 33).

Lecture

Colonies jaune doré, fermentation du mannitol : suspicion de *Staphylococcus aureus* pour le milieu Chapman et des colonies noires, halo clair plus opaque pour le milieu BP.

Expression des résultats

Présente sous la forme des coques gram positifs arrondis.

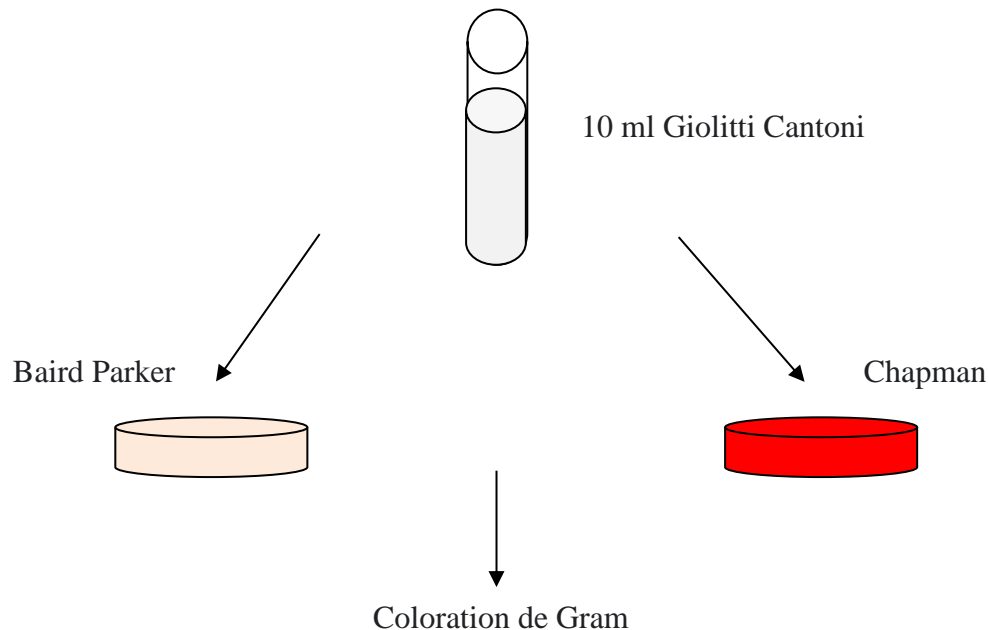


Figure 33 : Dénombrement des Staphylocoques

2.5. Test d'antagonisme de quelques isolats du lac noir vis-à-vis de champignons pathogènes

L'objectif de cette partie est la recherche d'antagonisme qui serait exercé par les isolats microbiens vis-à-vis de certains champignons pathogènes. La technique repose sur la méthode de confrontation directe sur milieu gélosé. Les milieux de culture utilisés sont présentés en annexe

2.5.1. Isolement des colonies microbiennes

Dans cette partie est étudiée l'action antagoniste des isolats microbiens à l'égard des six champignons par confrontation directe sur gélose.

- **Préparation des dilutions**

La préparation des dilutions consiste à préparer la solution mère du lac noir :

Dans la zone stérile on prélève 1ml d'échantillon de solution mère de chaque zone (herbe, pierre, arbre) à l'aide d'une pipette graduée, par la suite on introduit le volume prélevé dans le tube contenant 9 ml d'eau physiologique (flamber l'ouverture et la fermeture de tube), agiter ce tube avec un agitateur, prélever 1ml et verser le dans un autre tube contenant 9 ml d'eau physiologique (dilution 10^{-1}) ; l'opération est renouvelée en versant 1 ml dans un nouveau tube contenant 9 ml d'eau physiologique (dilution à 10^{-2}) et l'opération est renouvelable jusqu'à (10^{-6}) (figure 34).

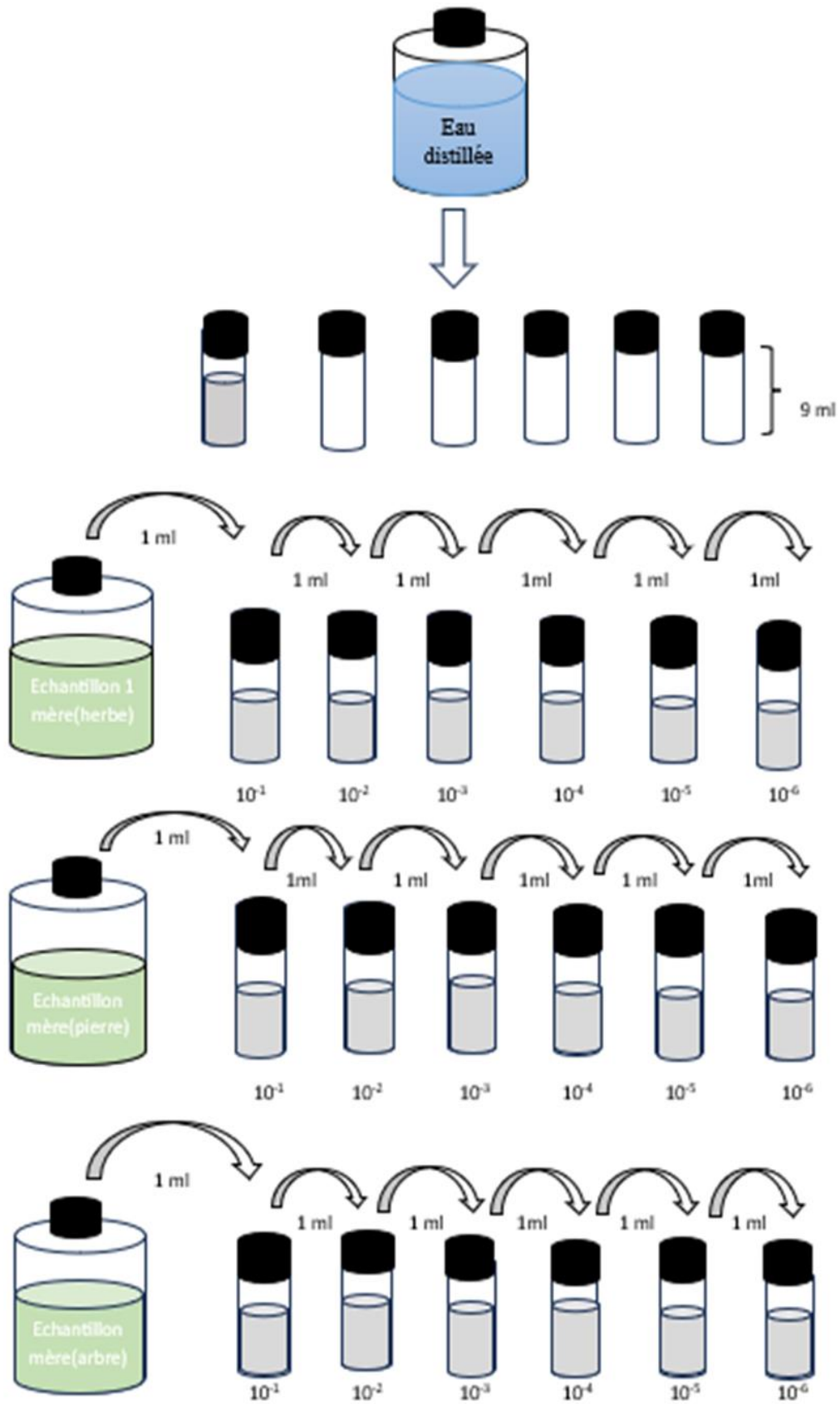


Figure 34 : Préparation des dilutions

- **Ensemencement**

Commencer par couler les milieux de cultures GN et PDA dans les boites de pétri entre deux becs bunsen (zone stérile) ; en suite prélever 1 ml de chaque dilution (SM, 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}). Pour chaque prélèvement mettre deux à trois gouttes sur les côtés de la boîte de Pétri ; une pipette de Pasteur est utilisée pour confectionner un râteau à l'aide de la flamme du bec bunsen et puis la gélose est ensemencée par un mouvement de rotation de la boîte de Pétri.

Après ensemencement, les boites Pétri sont incubées à l'étuve à deux températures, qui contiennent les deux milieux GN et PDA à 37°C et à 28°C respectivement.

- **Purification des souches bactériennes**

Après isolement des souches, nous avons procédé à la purification, en effectuant des repiquages successifs (figure 35). Ces derniers ont été réalisés par la méthode des stries par épuisement. Le choix des colonies a été fait en tenant compte de leurs aspects macroscopiques (forme, contour, relief, taille, surface, couleur et opacité).

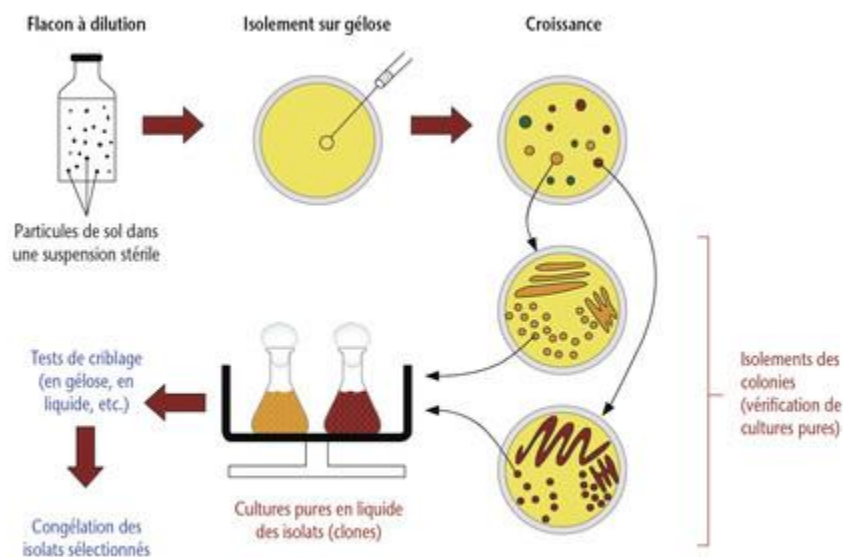


Figure 35 : Purification des souches bactériennes (Louis Tessier, 2018).

2.5.2 Test d'antagonisme

Cinquante bactérien sont été testés à l'égard des six champignons, *Aspergillus niger*, *Penicillium*, *penicillium glabrum*, *Fusarium*, *Alternaria sp*, *Aspergillus flavipes*, par confrontation direct sur gélose extrait malt (EM).

La méthode consiste à placer dans la même boite de Pétri contenant un milieu EM : Un disque fongique prélevé d'une culture de 72h (placé au centre) et six isolats bactériens différents sont déposés à 1cm de la périphérie. L'incubation a été effectuée à 28°C pendant 7 jours avec une vérification quotidienne de l'apparition ou non d'une d'inhibition.

- **Coloration de gram des isolats**

La coloration se fait au frais avec le colorant bleu de méthylène, et repiquage d'une colonie à l'aide d'une pipette pasteur entre deux becs bunsen et la mettre sur une lame on l'étale avec de l'eau puis sécher la lame avec le bec bunsen pendant quelques minutes et verser deux gouttes de violet de gentiane et attendre 1min, après rincer avec de l'eau ; verser une goutte de Lugol attendre 45 s après rincer avec de l'eau, répéter une deuxième fois ; verser l'alcool pendant 30 s et rincer avec de l'eau .A la fin on verse la fushine pendant 1min, et rincer avec de l'eau. Observation au microscope pour désignation certains détails de la structure comme :

- Les spores ;
- Cloisonnement des hyphes.

Résultats et discussion

1-Résultats des analyses physico-chimiques

Afin de caractériser les échantillons, la mesure de certains paramètres a été effectuée selon les méthodes décrites plus haut : pH (potentiel d'hydrogène), température et conductivité électrique. Les valeurs enregistrées sont représentées dans le tableau 7-

Tableau 7 : Variation des paramètres physico-chimiques.

Echantillon paramètre	Ech 1 Herbe	Ech 2 Pierre	Ech 3 Arbre
Température (C°)	20	18.5	19
PH (potentiel d'hydrogène)	6.9	6.7	6.8
Conductivité électrique (µs / cm)	0.75	0.76	0.82

1-1 La température

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique (Belghithial., 2013). Dans la région d'étude les résultats obtenus montrent que le degré de cette température ne présente pas de grandes variations (figure 36). Selon Beaugrand (1988), la température étant un facteur très important pour le fonctionnement des écosystèmes, pour les eaux superficielles elles sont dues aux influences atmosphériques et particulièrement les changements de la température de l'air. D'après Delince (1992), ce facteur déterminant agit sur la solubilité des sels et des gaz qui à leur tour agissent sur l'ensemble de l'écosystème.

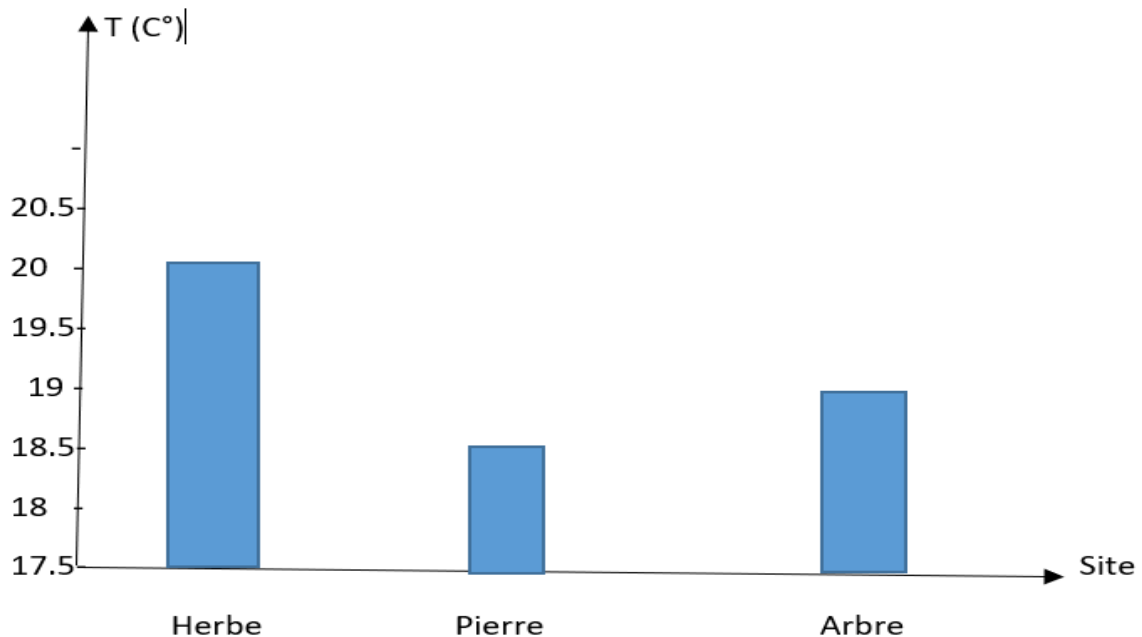


Figure 36 : Variation de température de l'eau de lac noir Akfadou.

1-2-Le potentiel d'hydrogène

Parmi les paramètres importants dans l'étude des milieux aquatiques le pH. Les valeurs enregistrées sont comprises entre 6,7 et 6,9 (figure 37). Les résultats du pH sont à l'intervalle de la norme OMS (Rabilou et al ,2018) 6,5 – 8,5, ce qui indique que ces eaux du lac sont de nature neutre. Le pH du lac noir est faiblement alcalin, ce qui pourrait être justifié par sa faible teneur en minéraux. La charge en minéraux des eaux du lac dépend de plusieurs facteurs, notamment de la composition géologique du sol environnant et de minéraux dissous dans l'eau (Bernard, al.2008). Un pH entre 6.5 – 8.5 correspond à la zone de tolérance de la majorité des organismes vivants. Lorsque le changement du pH est significatif, ceci entraîne généralement des modifications de la faune et de la flore existantes (Hade ,2003).

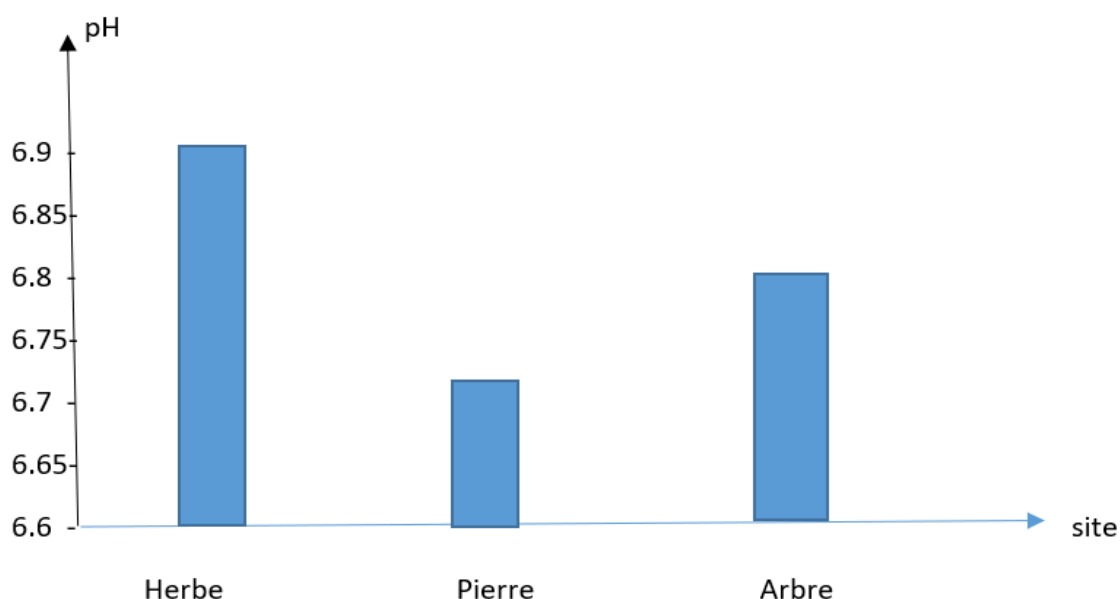


Figure 37 : Variation du pH de l'eau de lac noir Akfadou.

1-3 Conductivité électrique

La conductivité, qui varie en fonction de la température, est étroitement liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature (Rodier et al., 2005). D'une manière générale, plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (rejsek, 2002).

Les valeurs enregistrées sont inférieures à 100 $\mu\text{s}/\text{Cm}$ et démontrent une très faible minéralisation de l'eau du lac noir (Flavien et al., 2011) (figure 38). La faible conductivité des eaux de lac noir (0.7-3.5) laisse supposer une très faible mise en solution des minéraux sur le bassin versant. Les couches d'eau profondes devenant plus conductibles que les couches d'eau superficielles.

Selon Hade (2003), la conductivité serait influencée par divers facteurs naturels et anthropiques comme la géologie du bassin versant, la température, l'évaporation de l'eau et les variations du débit des apports qui alimentent les lacs et les apports d'eau d'origine domestique.

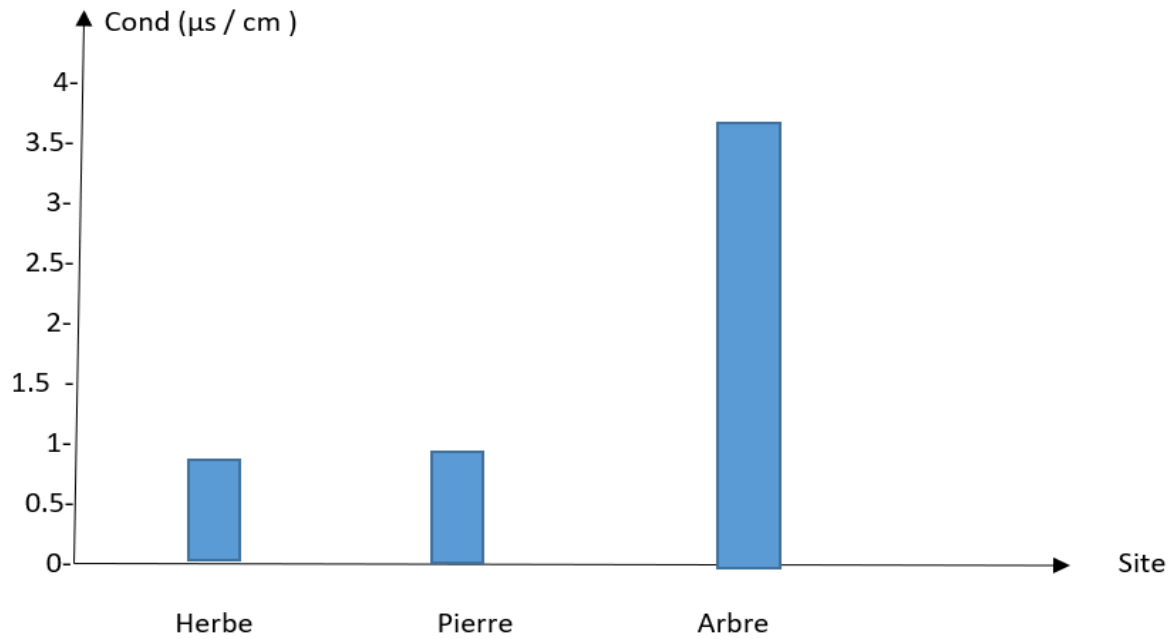


Figure 38 : Variations de la conductivité électrique de l'eau de lac noir Akfadou.

2-Résultats de l'analyse microbiologique

2-1-Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (germes totaux)

La flore aérobie mésophile totale désigne l'ensemble des microorganismes aérobies qui peuvent se développer dans des conditions de température modérée en la présence d'oxygène.

Tableau 8 : Dénombrement des colonies de la flore aérobie mésophile totale.

Flore ln du nombre *10	Flore mésophile pathogène 30°C			Flore mésophile saprophyte 22°C		
	Herbe	Pierre	Arbre	Herbe	Pierre	Arbre
Ln UFC	7,6	5,3	6	7,7	5,4	7,5

Calculer le ln du nombre *10 : $199 \cdot 10 = 1990$ Ln UFC=7.6

Tableau 9 : Résultats du dénombrement de la flore mésophile

Flore	Herbe UFC/ml	Arbre UFC/ml
Flore mésophile pathogène 30°C	8.3	8.2
Flore mésophile saprophyte 22°C	7.5	6.7

Calculer le ln du nombre *10 : Ln 3990.9=8.3

D'après les résultats affichés dans le tableau 9 il est constaté que les colonies de l'échantillon 1 et 3 sont dénombrables. Par contre, les colonies de l'échantillon 2 sont trop rares.

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateur beaucoup plus général, vis à vis de toute pollution microbiologique ce qui exprime la charge bactérienne. D'après les résultats illustrés dans le tableau 10, il peut être remarqué que le nombre des germes totaux pathogène et saprophyte sont plus élevés dans les deux échantillons 1 (herbe) et 3 (arbre) par rapport à l'échantillon 2 (pierre) qui est rare.

2-2-Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes totaux et fécaux sont des groupes des bactéries recherchés pour évaluer la qualité de l'eau. Les résultats du dénombrement suivant la table de Mac Grady sont illustrés dans le tableau 11.

Tableau 10 : Résultats du dénombrement selon la table de Mac Grady.

BCPL positif	10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³			Nombre de tubes positifs	NPP
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Herbe	+	+	+	-	+	-	-	-	-	310	4
Pierre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/
Arbre	-	-	+	+	-	-	-	-	-	110	0,7
Schubert positif Herbe	+	-	+	-	+	-	-	-	-	210	1,5
Schubert positif Arbre	-	-	-	+	-	-	-	-	-	010	0,3

Tableau 11 : Résultats du dénombrement bactériennes dans la solution mère coliformes /ml

	Herbe	Arbre	Norme algérienne (JORA ,2017)	Unité
Coliformes totaux	108	19	0	UFC / 100 ml
Coliforme fécaux	40	8	0	UFC / 100 ml

Les coliformes totaux sont les plus importants des paramètres microbiologiques pris en compte dans le contrôle de la qualité des eaux et leurs présences suffisent à confirmer qu'il y a effectivement une pollution. Le résultat obtenu varie entre 19 et 108 UFC / ml pour les coliformes totaux, et 8 et 40 UFC/ ml pour les coliformes fécaux. Les valeurs dépassent les normes acceptées 0 UFC/ml.

2-3-Dénombrement des Entérocoques

Les entérocoques sont associés aux coliformes fécaux, ils sont considérés comme un bon indicateur de pollution, aussi utilisées comme indicateurs d'efficacité de traitement, car ils sont nettement plus résistants que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes. L'analyse des prélèvements de l'eau de lac noir montrait l'absence des streptocoques (figure 39).



Figure 39 : Les résultats de test présomptif des streptocoques fécaux sur le milieu Rothe (herbe, pierre et arbre).

2-4-Dénombrement de clostridium sulfito- réducteurs

Les clostridium sulfito- réducteurs sont une famille de bactéries anaérobies présentent dans divers environnements. Les résultats sont donnés sur tableau 12.

Tableau 12 : Résultats du dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs

Site de prélèvement Bactérie	Ech 1 : Herbe	Ech 2 : Pierre	Ech 3 : Arbre
Clostridium sulfito réducteur	Absence des colonies noires dans les 5 tubes.	Absence des colonies noires dans les 5 tubes.	Absence des colonies noires dans les tubes sauf le tube 4 qui contient 14 colonies noires au niveau du culot.

Les résultats illustrés dans le tableau 12 et la figure 40 indiquent que les spores de clostridium d'échantillon 3 peuvent être dénombrées et cela signifie que leur charge bactériologique est faible, par contre, dans l'échantillon 1 et 2 l'absence totale de Clostridium sulfito-réducteur est notée.

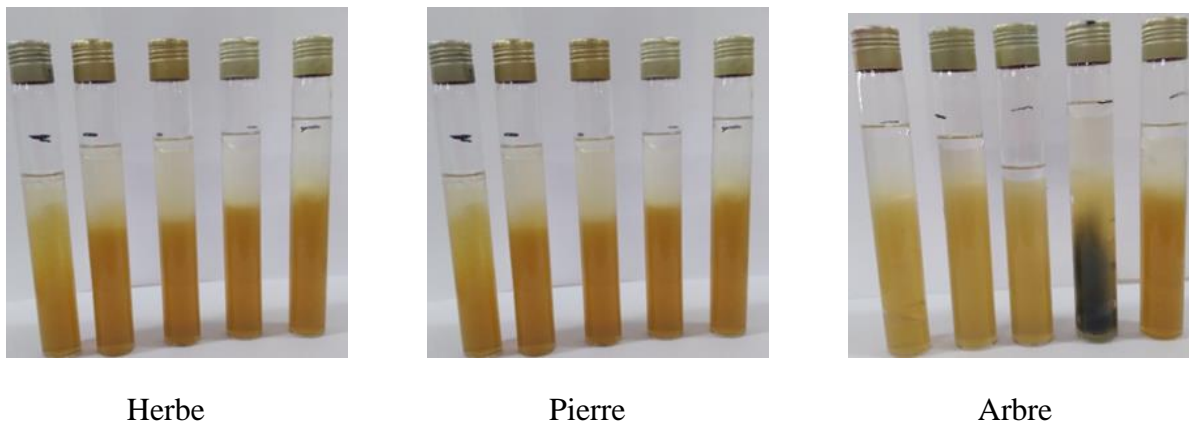


Figure 40 : Représentation des tubes correspondants à la recherche et dénombrements des spores Clostridiums sulfito – réducteurs.

2-5-Les germes pathogènes

➤ Les salmonelles

Les résultats obtenus après l'incubation à 37°C pendant 24H sont illustrés sur la figure 41.

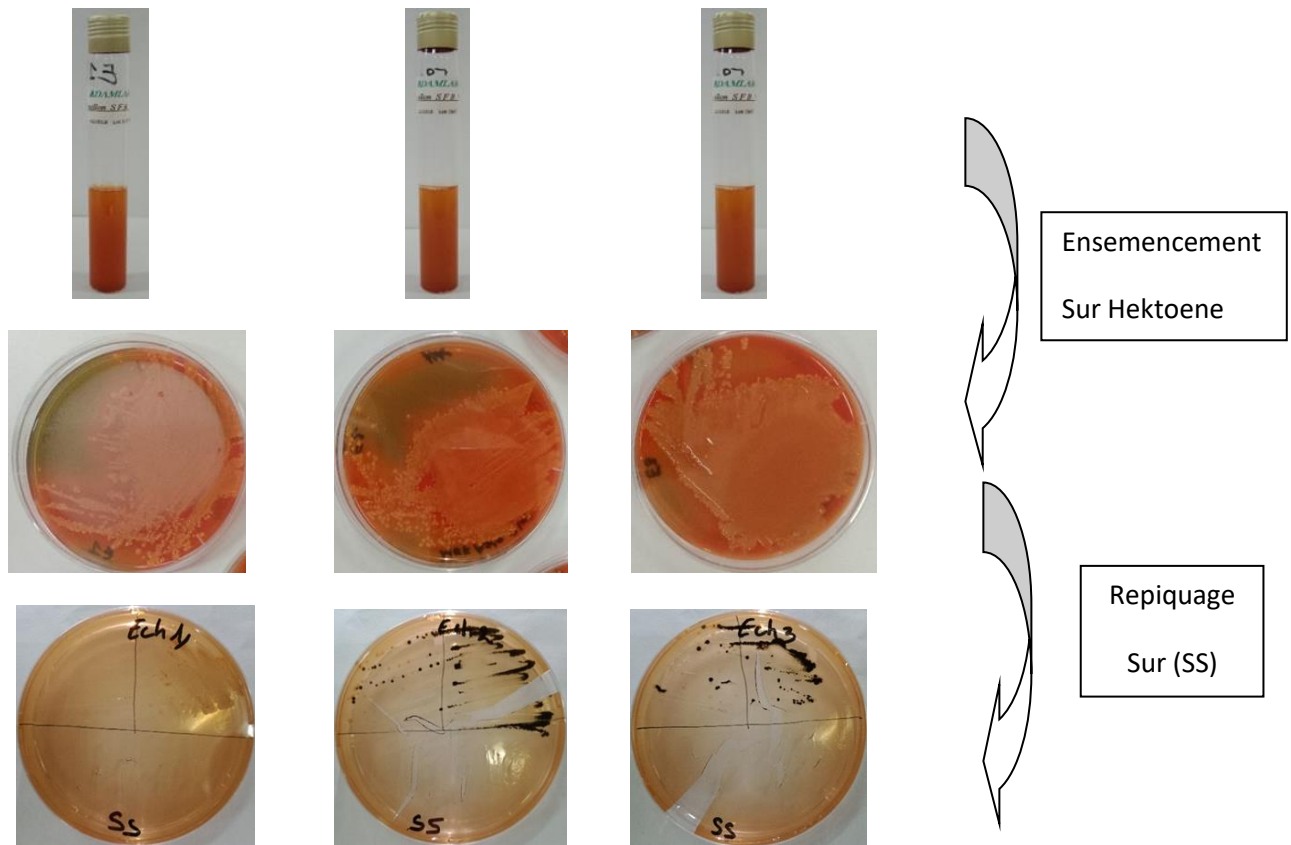



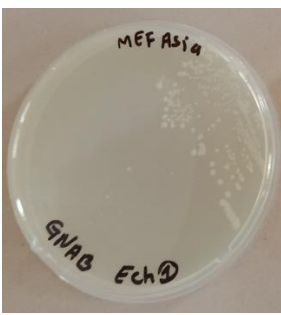
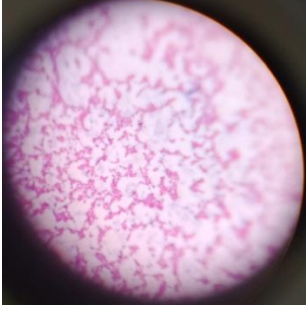




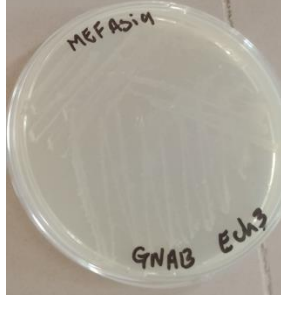
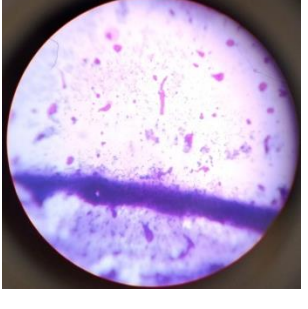
Figure 41 :Recherche de salmonelle

Les résultats obtenus sur le milieu hektoen présente l'apparition de colonies Saumon lactose (+) suspension d'Escherchia coli qui indique la présence de salmonelle . Par contre sur le milieu SS on a des colonies claires avec un centre noir qui justifier la présence des germes pathogènes « salmonelle .

➤ **Vibrion :**

Les vibrions d'eau sont des bactéries qui appartiennent à la famille des *Vibrionaceae*. Ce sont des organismes aquatiques qui peuvent être présents dans différents milieux. Certains vibrions d'eau peuvent être pathogènes pour les humains, entraînant des infections gastro-intestinales Leur présence dans l'eau indique une contamination. Les résultats (tableau 13) montrent que les trois tubes sont positifs par la présence du trouble. Des colonies blanches non caractéristiques sont observées sur milieu GNAB, elles présentent différentes formes (moyenne, grande). Par contre, après coloration de gram, des coccobacilles (Gram -) et des bacilles (Gram +) sont observées.

Tableau13 : Résultats de la recherche de vibrions



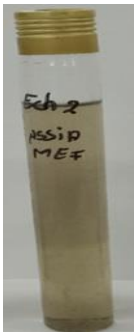
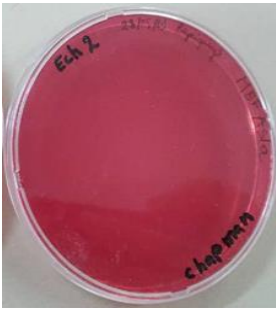


	EPA Le 17/05/2023	GNAB Le 22/05/2023	Aspect microscopique Le 23/05/2023
Ech1 (herbe)			 Coccobacilles (Gram-)
Ech 2 (pierre)			 Coccobacilles (Gram-) en amas
Ech 3 (arbre)			 Bacille diplocoque en chainettes(Gram+)

➤ **Staphylocoques**

Les staphylocoques de l'eau sont des bactéries du genre *Staphylococcus* qui peuvent se retrouver dans les sources d'eau contaminées. Les résultats obtenus sur Chapman (tableau 14) sont positifs dans l'échantillon 1 par la présence des colonies jaunes dorées (Mannitol dégradé). Sur

le milieu Baird Parker sont observées des colonies noires, halo clair et opaque qui désigne la présence des *Staphylocoques aureus* dans l'Ech 1 et l'Ech 2 (figure42).

Tableau 14 : Résultats de staphylocoques

Echantillon	Giolitti Cantoni	Chapman	Aspect macroscopiques
Ech 1 : herbe			Colonies jaunes doré (fermentation du mannitol)
Ech 2 : pierre			Absence des colonies jaunes
Ech 3 : arbre			Absence des colonies jaune

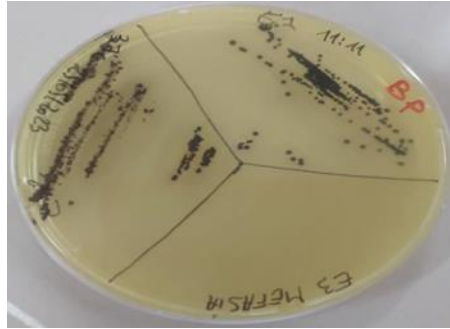


Figure 42 : Staphylocoques sur le Baird-Parker

Discussion

Les résultats bactériologiques des échantillons d'eau du lac révèlent que les eaux sont polluées par la présence des FMAT, les coliformes totaux et fécaux en particulier les *E. Coli*, les *Clostridium* sulfito-réducteur et les germes pathogène (*Salmonella* (suspicion) et les staphylocoques) qui sont présent dans les deux sites herbe et pierre les plus contaminés. En effet la présence d'un de ces microorganismes pathogènes dans un volume de 100 ml d'eau d'échantillon indique que ces eaux ne cadrent pas avec les seuils recommandés et sont hors normes de l'OMS (OMS, 2014). La présence d'un taux de germes totaux dénombrés à 22°C et 30°C dans les eaux montre que le lac est contaminé par les indicateurs globaux.

Les coliformes totaux constituent un groupe hétérogène de bactéries d'origines fécale et environnementale. En effet, la plupart des espèces de coliformes totaux peuvent se trouver naturellement dans le sol et la végétation. Leur présence dans l'eau n'indique pas une contamination fécale ni un risque sanitaire, mais plutôt une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau.

Les résultats ont montré la présence des indicateurs de la contamination fécale en particulier *Escherichia coli*. Au plan qualitatif, la pollution bactériologique du lac est due à une contamination fécale de par leur position de réceptacle dans le réseau. En effet, les bactéries d'origine fécale sont souvent apportées aux milieux aquatiques par des rejets d'eaux usées venant des terres et eaux environnantes (Servais et al. 2003). De la même manière, l'abreuvement intensif d'animaux et les activités domestiques sont la cause de fortes contaminations fécales des eaux (Dianou et al., 2011).

Les bactéries *E. coli* sont très abondantes dans la flore intestinale humaine et animale, et c'est aussi la seule espèce qui soit strictement d'origine fécale. Les bactéries *E. coli* sont considérées comme le meilleur indicateur de contamination fécale. Leur présence dans l'eau signifie que cette dernière est contaminée par une pollution d'origine fécale et qu'elle peut donc contenir des microorganismes pathogènes.

3-Résultats du test d'antagonismes

3-1- Isolement des souches bactériennes

A partir des trois suspensions mères Ech 1 (herbe), Ech 2 (pierre), Ech3 (arbre) prélevés respectivement au niveau du lac noir Akfadou, wilaya de Bejaia, 50 souches bactériennes ont été isolées. Elles ont été sélectionnées en tenant compte de leurs caractéristiques macroscopiques.

3-2-Examen macroscopique

Les critères macroscopiques des 50 souches bactériennes isolées sur milieu gélose nutritive (GN) et gélose PCA à (22°C ,30°C) sont représentés dans le tableau15.L'observation des colonies cultivées sur les deux milieux GN et PCA à (22°C, 30°C) a révélé différents aspects morphologiques (formes, reliefs, couleurs). Les figures 43, 44 et 45 montrent, respectivement, l'aspect de quelques colonies bactériennes ensemencées sur milieu PCA à 30°C et milieu GN à 37°C et PCA à 22°C

Tableau 15 : Résultats de l'examen macroscopiques des souches bactériennes isolées à partir des trois échantillons (herbe, pierre, arbre).

Milieux des cultures	Echantillons	Souches	Formes	Reliefs	Couleurs
PCA 22°C	Ech 1 (Herbe)	1	Ronde, grande	Légèrement convexe	Blanchâtre
		2	Ovale, petite	Plate	Blanchâtre
		3	Ronde, petite	Plate	Blanchâtre
		4	Ronde, moyenne	Convexe	Blanchâtre
	Ech 2 (Pierre)	1	Ronde, grande	Plate	Blanchâtre
		2	Ronde, moyenne	Convexe	Blanchâtre
		3	Irrégulière, petite	Convexe	Crèche
		1	Ronde, petite	Plate	Blanchâtre
		2	Ronde, petite	Plate	Jaunâtre
	Ech 3 (Arbre)	1	Ovale, petite	Convexe	Jaunâtre
		2	Ronde, grande	Plate	Blanchâtre
		3	Ronde, grande	Plate	Blanchâtre
		4	Ronde, grande	Plate	Blanchâtre
		5	Ronde, petite	Convexe	Blanchâtre

Suite du tableau 15 : Résultats de l'examen macroscopiques des souches bactériennes isolées à partir des trois échantillons (herbe, pierre, arbre).

Milieux des Cultures	Echantillons	Souches	Formes	Reliefs	Couleurs
PCA 30°C	Ech 1 (Herbe)	1	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		2	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		3	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		1	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		2	Ronde petite	Plate	Blanchâtre
		3	Ronde petite	Plate	Blanchâtre
	Ech 2 (Pierre)	1	Ronde moyenne	Convexe	Jaunâtre
		2	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		3	Ronde petite	Plate	Rouge brique
		1	Ovale grande	Plate	Blanchâtre
		1	Très grande	Convexe	Noirâtre bordure blanc
		2	Très grande	Convexe	Saumon
		3	Très grande	Convexe	Blanchâtre
	Ech 3 (Arbre)	1	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		1	Ronde petite	Plate	Blanchâtre
		2	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		3	Ronde moyenne	Plate	Blanchâtre

Suite du tableau 15 : Résultats de l'examen macroscopiques des souches bactériennes isolées à partir des trois échantillons (herbe, pierre, arbre).

Milieux des cultures	Echantillons	Souches	Formes	Reliefs	Couleurs
GN	Ech 1 (Herbe)	1	Ronde petite	Plate	Blanche
		2	Ronde petite	Plate	Maron
		3	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		4	Ronde	Plate	Blanchâtre
		1	Ronde	Plate	Blanchâtre
		1	Ronde	Plate	Blanchâtre
	Ech 2 (Pierre)	1	Ronde petite	Convexe	Jaunâtre
		2	Ronde grande	Légèrement bombé	Blanchâtre
		1	Ronde petite	Plate	Blanchâtre
		2	Ronde	Plate	Blanchâtre
		1	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		2	Ronde	Plate	Blanchâtre
	Ech 3 (Arbre)	1	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		2	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		3	Ronde petite	Plate	Blanchâtre
		4	Ronde petite	Bombée	Blanchâtre
		1	Ronde grande	Plate	Blanchâtre
		2	Ronde petite	Plate	Blanchâtre
		1	Ronde grande	Plate	Blanchâtre

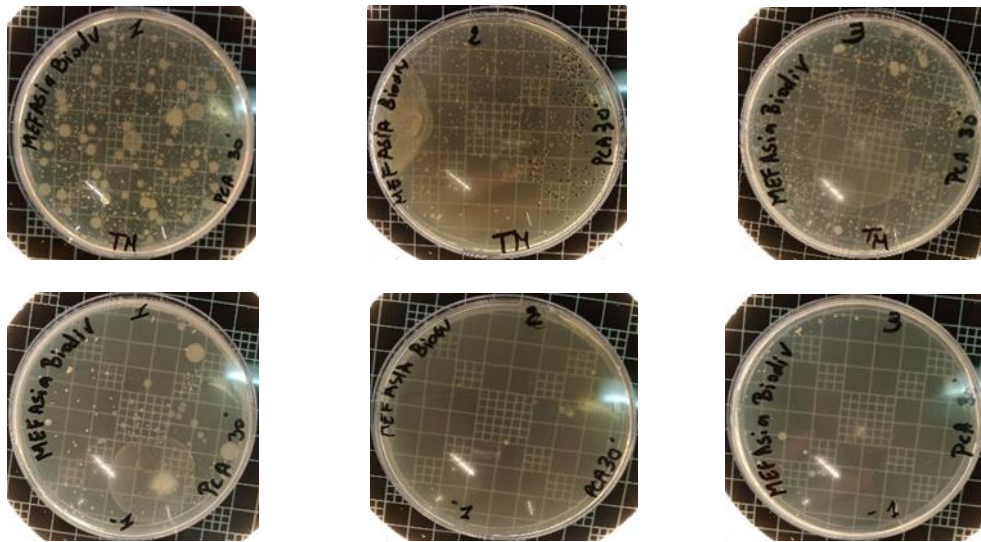


Figure 43 : Aspect de quelques colonies bactériennes ensemencées sur milieu PCA à 30°C

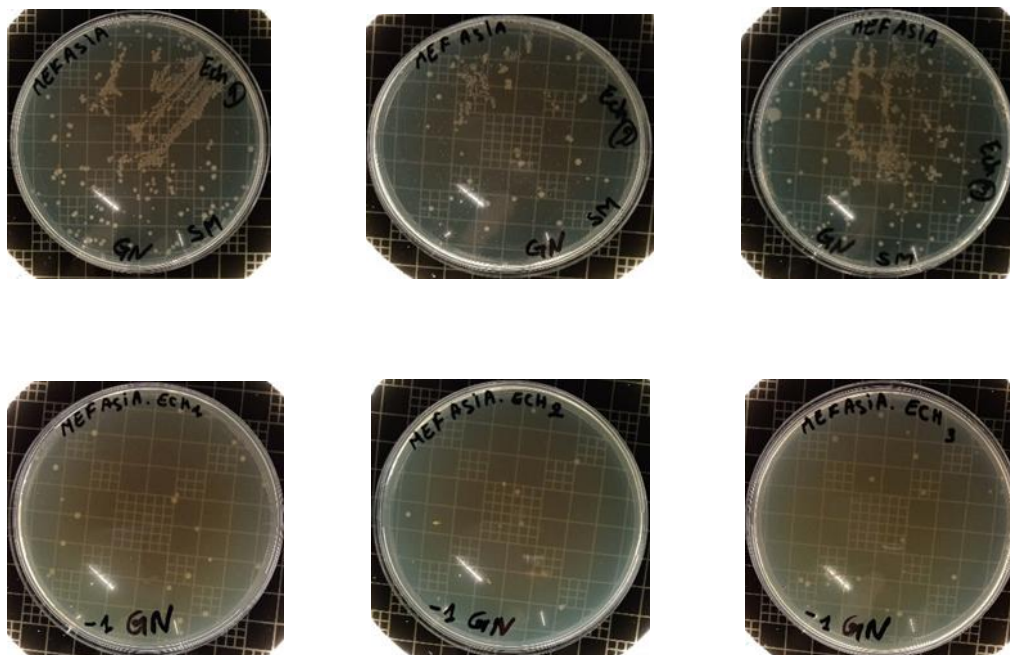


Figure44 : Aspect de quelque colonie bactérienne ensemencée sur milieu GN à 37°C.

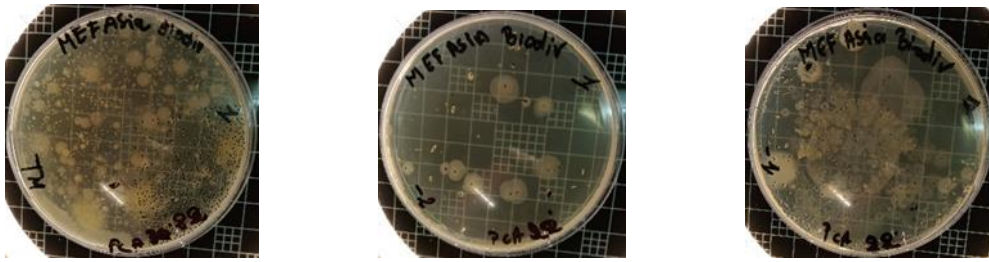
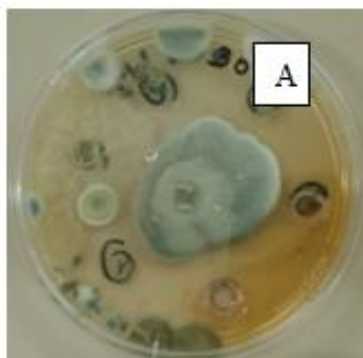


Figure 45 : Aspect de quelques souches ensemencées sur milieu PCA à 22°C.

3-3-Recherche d'activité d'antagonisme entre les isolats du lac noir vis-à-vis des champignons pathogènes

3-3-1-Potentiel inhibiteur des bactéries antagonistes

Parmi les 50 souches bactériennes isolées à partir du lac noir d'Akfadou, et qui ont fait l'objet du test d'antagonisme à l'égard des six souches de champignons pathogènes (*Aspergillus niger*, *Penicillium*, *penicilliumglabrum*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillusflavipes*), 12 souches ont donné les résultats les plus intéressants car elles inhibent le développement des champignons.

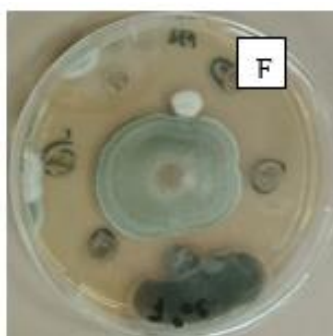


Surface

Pen G (6A)

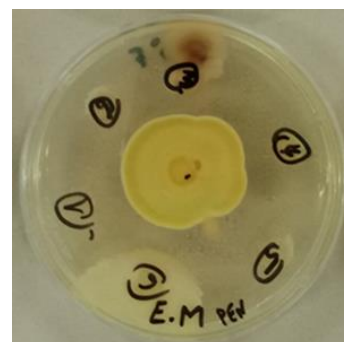


Revers

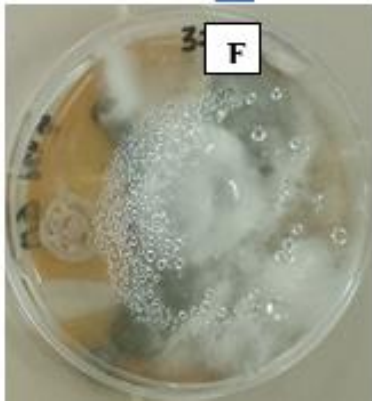


Surface

Pen (6F)

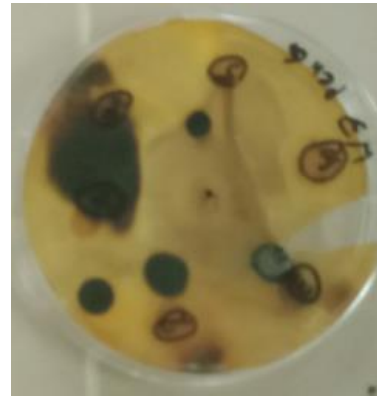


Revers

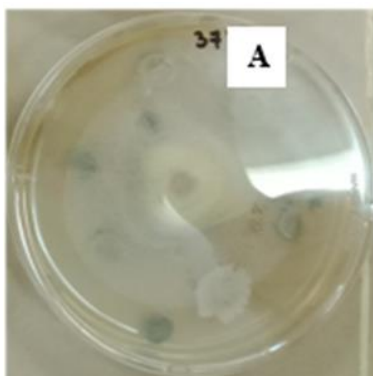


Surface

Pen G(2F)

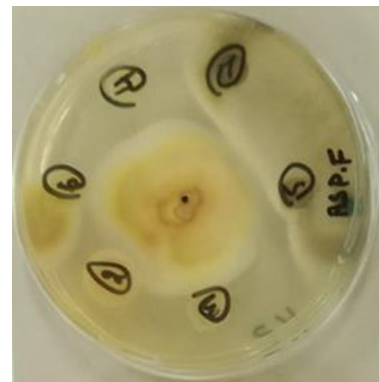


Revers

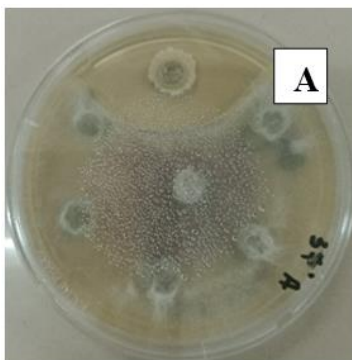


Surface

Asp F (2A)

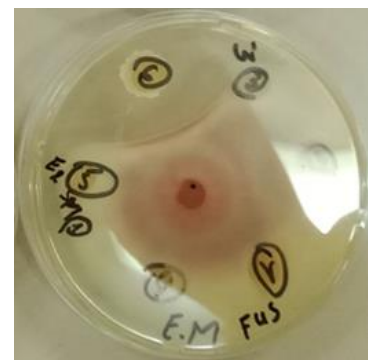


Revers

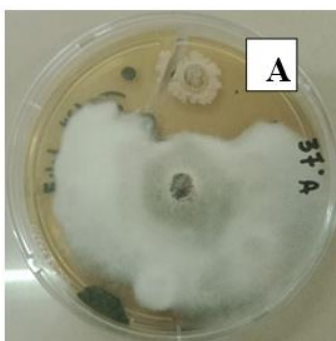


Surface

Fus (6A)

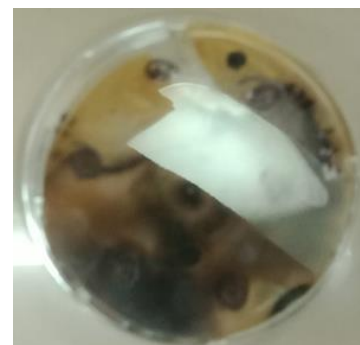


Revers

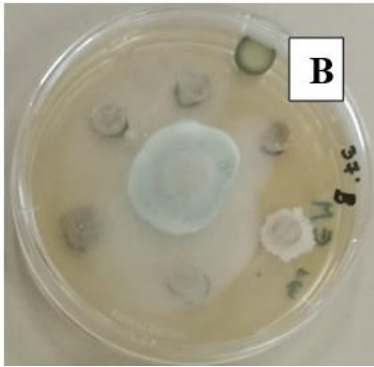


Surface

Alt (2A)

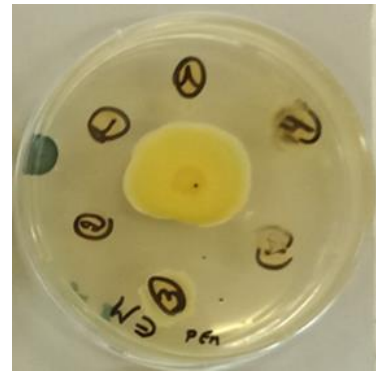


Revers

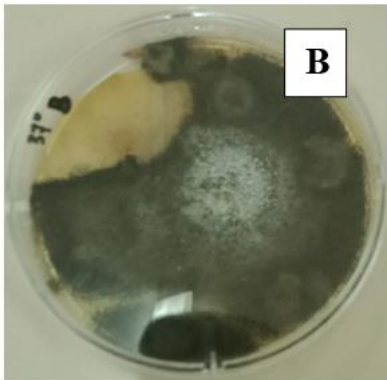


Surface

Pen (3B)

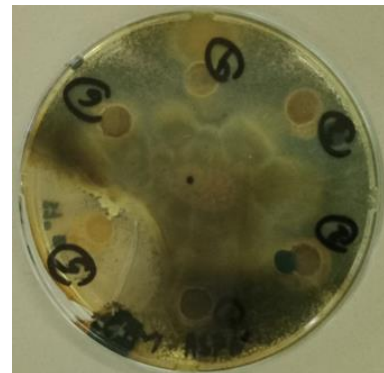


Revers

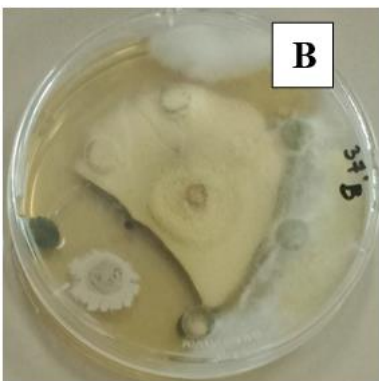


Surface

Asp N (5B)



Revers

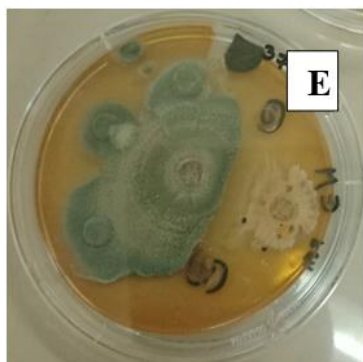


Surface

Asp F (3B)



Revers

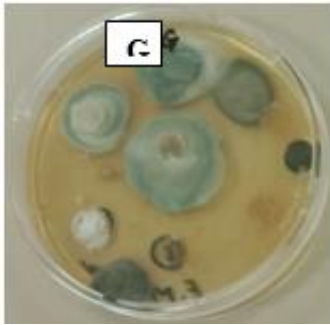


Surface

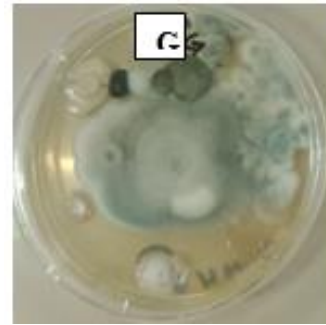
Pen (3E)



Revers



Pen (1G)



Pen G (1G)

Figure 46 : Photographies des résultats du test d'antagonisme

L'observation de la diminution de la charge fongique et le ralentissement de sa croissance au tour des disques de différentes souches bactériennes avec inhibition signifie qu'il y a une activité biologique qui est une interaction d'antagonisme qui s'est produite entre ces deux organismes comme cela est montré par la figure 46.


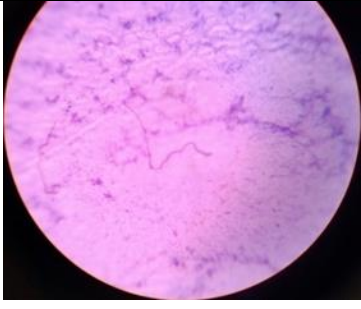
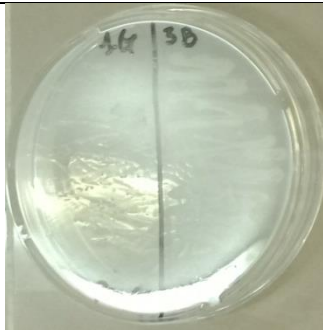

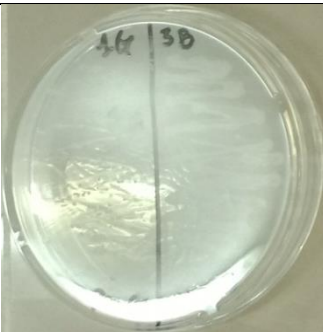
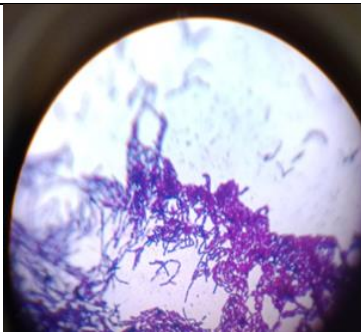
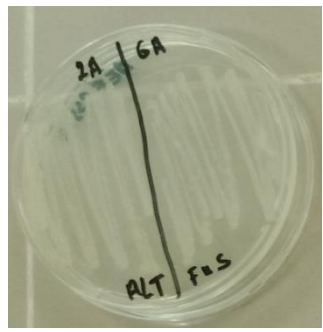
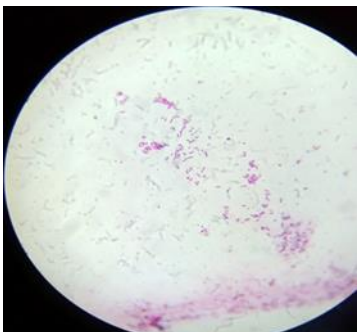
3-3-2-Examen microscopique

Après avoir effectué la coloration différentielle de Gram, les frottis colorés sont observés au microscope optique au grossissement GR (40,100). Cette technique a révélé des bactéries Gram négatif et des bactéries Gram positif de tailles différentes. Les souches étudiées présentent des morphologies différentes : en bâtonnet, en coque.

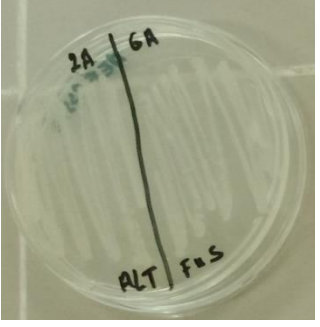
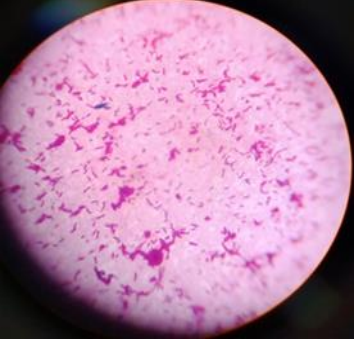
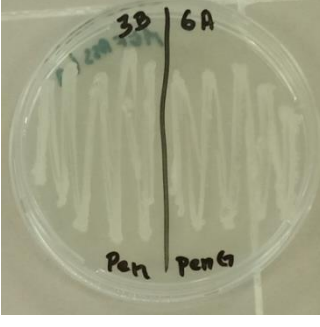
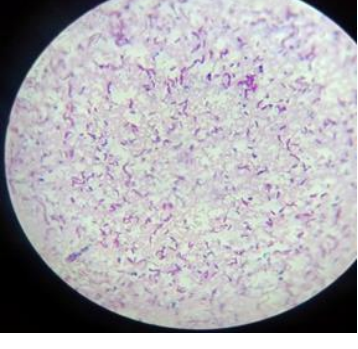

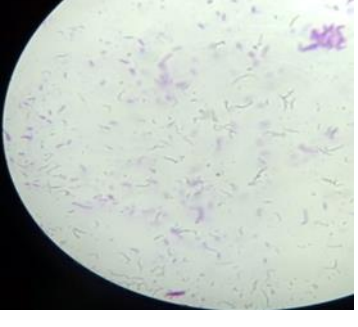
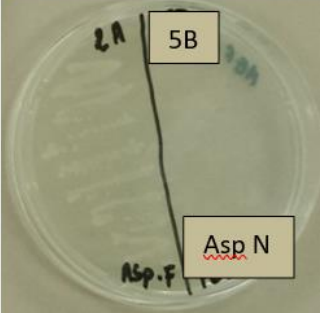
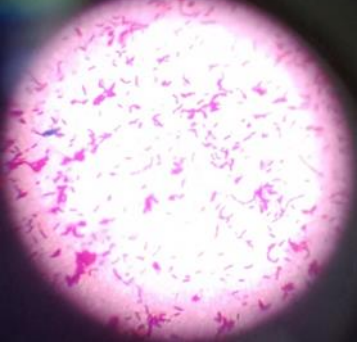
L'examen microscopique des 12 souches bactériennes isolées à partir du lac noir, la plupart sont à Gram positif et de formes différentes : bacilles, coccobacilles. Par contre les souches bactériennes à Gram négatif étaient des bacilles de petite taille et moyenne.

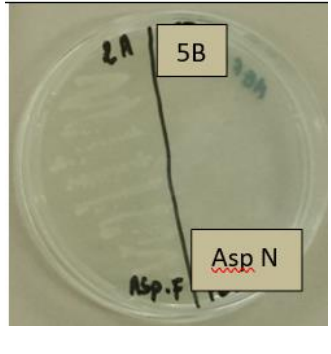
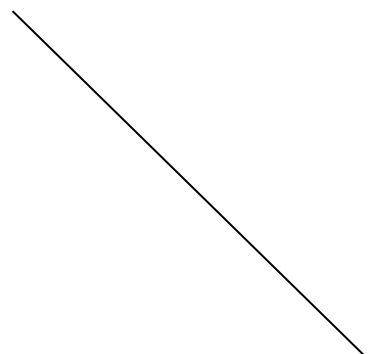
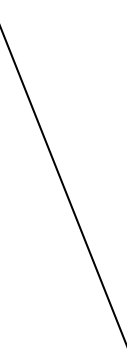

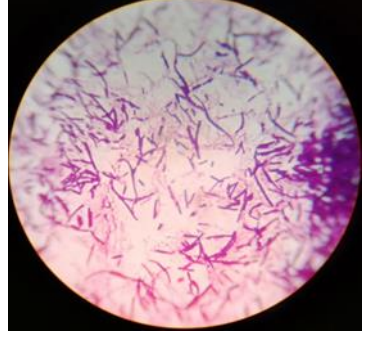
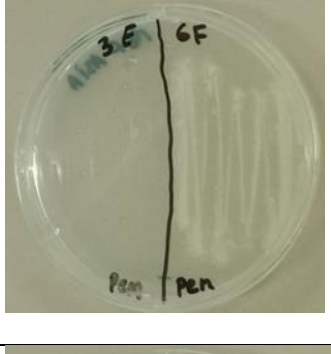
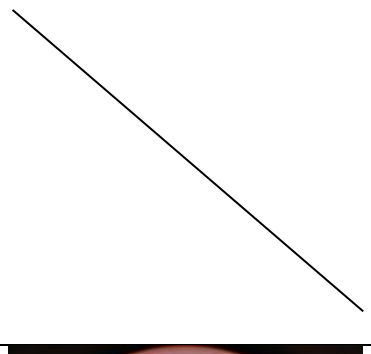
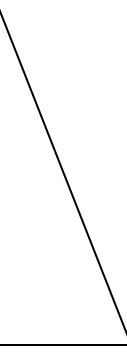


Les résultats sont présentés dans le tableau 16

Tableau16 : Résultats de l'examen microscopique des souches bactériennes étudiées

Souches	Isolats	Coloration de Gram			
	Aspect macroscopique	Aspect microscopique	Gram	Agencement	Forme
Souche 1 Pen (1G)			Positif	Isolées	Filament, longue actinomycète
Souche 2 Pen G (1G)			Positif	Isolées	Actinomycète en filament
Souche 3 Asp F (3B)			Positif	Isolées	Coccobacille mixte
Souche 4 Alt (2A)			Positif	Isolées	Bacille

Résultats et discussion

<p>Souche 5 Fus (6A)</p>			Négatif	Isolées	<p>Exospore Coccobacille</p>
<p>Souche 6 Pen (3B)</p>			Positif	Isolées	<p>Bacille, exospore, ovale, subterminal</p>
<p>Souche 7 Pen G (6A)</p>			Positif	Isolées	Exospore
<p>Souche 8 Asp F (2A)</p>			Négatif	Isolées	Bacille

<p>Souche Asp N (5B)</p>				<p>Isolées</p>	<p>Point noir</p>
<p>Souche 10 Pen G (2F)</p>			<p>Positif</p>	<p>Isolées</p>	<p>Actinomycète</p>
<p>Souche 11 Pen (3E)</p>				<p>Isolées</p>	<p>Absence</p>
<p>Souche 12 Pen (6F)</p>			<p>Positif</p>	<p>Isolées</p>	<p>Actinomycète</p>

Les souches bactériennes étaient différentes d'une espèce à une autre ; ainsi les bactéries à Gram négatif étaient soit isolées ou en diplobacilles. Les bactéries à Gram positif étaient soit : isolées, en chaînettes, ou en diplobacilles. L'examen microscopique a aussi révélé la présence d'exospores à l'extérieur des cellules bactériennes de la souche 5 (fus 6A), et la souche 6 (pen 3B) (figure 47).

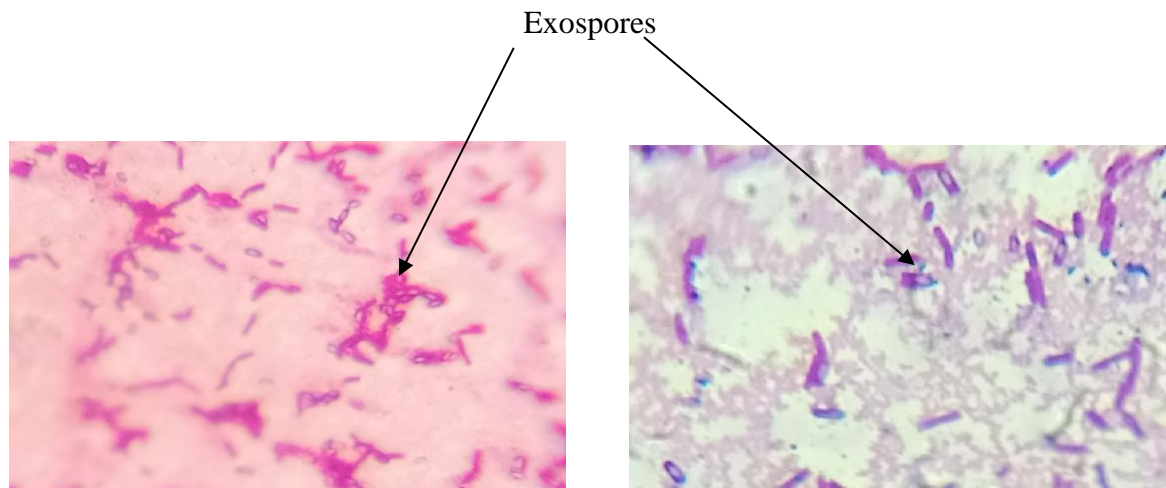


Figure47 : Aspect microscopique des deux souches 5 Fus (6A), et 6 pen (3B), respectivement (Coloration de gram)

Discussion

Le test adopté par Ramash et al. (2002) consiste à déposer un disque de 5mm de diamètre d'une culture fongique jeune au centre de la boîte de pétri contenant le milieu gélosé à extrait de malt. Six cultures bactériennes jeunes sont déposées à une distance de 1,5 cm de la périphérie de la boîte de pétri. Les boîtes sont incubées 28 °C pendant 7 jours avec une vérification quotidienne de l'apparition ou non d'une zone d'inhibition.

Dans les résultats obtenus, nous avons trouvé plus de bactéries contrairement aux champignons qui sont complètement rare dans le lac noir. Si les bactéries l'emportent ainsi presque constamment sur les moisissures, dans la lutte pour la vie, c'est par suite d'une plus grande résistance vitale et surtout d'une pullulation infiniment plus rapide due, elle-même, au phénomène de la bipartition ou scissiparité. Mais il ne semble pas que les toxines microbiennes soient appelées à jouer un rôle actif dans cette lutte et dans ses résultats (Ernest Duchesne, 1897).

Les lacs sont des écosystèmes complexes où les interactions entre les différentes espèces sont importantes. Si l'équilibre écologique du lac favorise d'autres formes de vie plutôt que les champignons et les moisissures, leur absence peut être observée. Cet équilibre joue un rôle dans le maintien de la propreté de l'eau. Les moisissures ne se développent pas, ou disparaissent, tout au moins, très hâtivement dans l'eau, sous un certain volume, et cela pour les principales raisons suivantes : a) l'exagération même de l'humidité ; b) le mouvement de la masse liquide ; c) enfin et surtout le résultat de la concurrence vitale (Ernest Duchesne, 1897). L'absence des champignons signifie que le lac noir est propre. La propreté d'un lac peut également dépendre de la région géographique, des conditions météorologiques et de nombreux autres facteurs.

Conclusion

L'objectif du présent travail est l'analyse microbiologique des germes existants dans le lac noir d'Akfadou wilaya de Bejaia ainsi que l'exploration de leur activité antifongique.

L'analyse de la microflore bactérienne du lac noir a permis d'observer quelques bactéries importantes présentes dans l'écosystème du lac noir comme la famille des micrococcaceae (*Staphylocoques aureus*) dans le site 1 herbe et le site 2 pierre qui est responsable des infections cutanées, la famille des entérobacteriaceae (*E. coli*) cette espèce est souvent responsable des gastro-entérites graves pouvant être mortelles dans certains cas pour l'absence de traitement, et la suspicion de *Salmonella* au niveau du site qui provoque la diarrhée, les nausées, les vomissements, les crampes abdominales et parfois de la fièvre.

L'échantillon le moins ou non contaminé par les germes pathogènes est celui prélevé au niveau des arbres.

Concernant les microorganismes fongiques, ceux-ci sont absents dans les échantillons prélevés du lac noir, cela peut indiquer une perturbation de l'écosystème ou un déséquilibre dans les conditions environnementales nécessaires à la croissance fongique. Cependant, c'est une bonne indication sur la propreté du lac.

Les micro-organismes pathogènes présents peuvent causer des maladies chez les personnes qui entrent en contact avec l'eau contaminée, et aussi la surabondance de certains organismes peut perturber l'équilibre écologique du lac et entraîner la mort de certaines espèces aquatiques. Enfin, la pollution microbiologique du lac noir est un problème sérieux qui nécessite une attention et des mesures adéquates pour préserver la santé humaine et l'équilibre de l'écosystème aquatique.

Parmi 50 isolats, 12 souches se sont révélées intéressantes au vue de leur activité antifongique. Dans ce contexte la présente étude mérite d'être approfondie

Références bibliographiques

A

- **AIDOU A., 2003.** Fonctionnement des écosystèmes Méditerranéens.3ème conférence. Laboratoire d'Écologie végétale, Univ. Rennes 1. Complexe Scientifique de Beaulieu, 35042, Rennes. 11, 13p.
- **ALEXOPOULOS, C.J ; MIMS, C.W. &BLACKWELL, M, 1996.** Introductory mycology; 4e éd. Wiley and Sons, New York. 868p.
- **ALIAT, T., KABACHE, M., 2013.** Caractérisation phytoécologique de la zone humide Chott El Beida (Sétif, Algérie). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie, n° 35.
- **ANCTIL F ; LAUZON.N ; ROUSSELLE .J, 2012.** Hydrologique cheminement de l'eau ; Deuxième éditions 3 p.
- **ANDRE .H, 2002.** Nos lac : les connaitre pour mieux les protéger ; Edition fides préface de Pierre Danser eau359 p.
- **Anderson .L, 1973.** Pollution thermiques des petits lacs p 64.
- **ANOFEL, 2014.**Paludisme Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie ; 6ème édition. Format utile, p 108-126. Bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Haouz .
- **Anonyme1992 :**<http://www.zones-humides.org/reglementation/travaux-reglementes-en-zones-humides>.

B

- **Bartram. J., CarmichaelW.W., Chorus I., Jones J. & Skulberg O.M., 1999.** Introduction. In I. Chorus, J. Bartram [eds.], Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. WHO, New York.
- **Baziz, 2008.** Mémoire de Magister Etude sur la qualité de l'eau potable et risque potentiels sur la santé cas de la ville de BATNA p 79.
- **BEAUGRAND G – 2010** <https://vertigo.revues.org/10143>

- **BELALA, 2006.** Mémoire de Magister, Etude et traitement de l'eau du barrage Djorf-El torba de la wilaya de Bechar par filtration sur sable, Université Hassiba Benbouali des sciences et sciences de l'Ingénieur, Bechar (Algérie), 2006, p128.
- **Boude J.-P. et Charles E., 2002.** Label qualité et écolabel dans la pêche artisanale, en jeux et impacts pour le producteur, externalités sur la ressource et son exploitation. Valorisation des produits de la pêche artisanale, revenus des pêcheurs et pratiques de pêche. Note de synthèse programme Val pêche, OFIMER, AgrocampusRennes
- **BOUGHARID, 2016.** Caractérisation et de traitement des eaux résidue d'une industrie textile (Sofact .Tissemsilt).
- **BRICHA .S ; OUNINE.K ; OULKEIR.S ; ELHALOULN & ATTARASSI.B.2007.**Etude de la qualité physicochimiques et bactériologiques de la nappe phréatique M'nesra (Maroc) .3(3) ,391-404.
- **BUCKLEY, R.C, 2000.** Tourism in the most fragile environments. Tourism Recreation Resource 25, 31-40.

C

- **CARLILE M.J ; WATKINSON S.C, 1994.**The Fungi (Academic Presseds).Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp. 59-126
- **CEAEQ (2015a).** Recherche et dénombrement simultané des coliformes fécaux et d'Escherichia coli dans l'eau potable avec le milieu de culture MI; méthode par filtration sur
- **CHAPMAN .D; KIMSTACH. V, 1996.** Selection of water quality variables. Water quality .cholerae's Cycle of Environmental Survival, Transmission, and Dissemination .Microbiology Spectrum, 4(2). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.VMBF-0015-2015>.
- **Conner, J. G., Teschler, J. K., Jones, C. J., & Yildiz, F. H. 2016.** Staying Alive : Vibrio
- **Cyril F., 2016.** – Rapport Les zones humides : fonctions, services et enjeux. Département de Géographie France. 22p.

D

- **DAHIEL ZANAT, 2009.** Mémoire de Magistère, Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est algérien à travers un bio indicateur la moule *Perna perna*, Université Badji Mokhtar, Annaba, p 69.
- **DEBABZA, 2005.** Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba(Algérie).
- **DEGREMONT 2005.** Mémento technique de l'eau. ; Tome II. 10^{ème} édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris.1412.
- **Dejoux C., 1988.** La pollution des eaux continentales africaines : expérience acquise, situation actuelle et perspectives, Paris, France, éditions de l'ORSTOM, collection Travaux et Documents n°213, 513p.
- **DELARRAS.C ;TREBAOL.B, 2003.**Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux –Réglementation prélèvements, analyses .TEC DOC.
- **DELINCE, G, 1992.**The ecology of the fish pond ecosystem with special references to Africa. Kluwer Academic, London. Développement. Revu Forst France N04 ,262 P.
- **DERNEST DUCHESNE, 1897.**Concurrence vitale chez les microorganismes Antagonisme entre les moisissures et les microbes ,98-N°59.
- **DJENNATI Kh. et DRISSI A, 2015.** - Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimiques des eaux de quelques zones humides de la région d'El Oued. Mémoire de master académique. Université de Kasdi Mrebah –Ouargla. p80.

F

- **FUSTEC ET FROCHOT, 1996.** Guide technique interagences les zones humides et la ressource en eau fonctions des zones humides P 25 N 89.
- **FUSTEC, E., LEFEUVRE, C., 2000** - Fonctions et valeurs des zones humides. Ed. Dunod. Paris, 426 p.

G

- **Gary W. Moorman. 2000.** "Controlling Pathogens in Recirculated Water." GMPro. Feb 2000, pg 27-30.
- **Genin B., Chauvin C., Menard F. 1997.** Cours d'eau et indices biologiques. Pollutions - Méthodes -IBGN. Dijon, ENESAD-CNERTA, 87p.

H

- **HADE. A, 2003.** Nos lacs, les connaître pour mieux les protéger. Editions Fides.
- **HAMMOUDI.A; BOUSMAHA.F; BOUZID. R; AGGAD.H & SAEGERMAN.C, 2013.** Evaluation de la contamination bactérienne superficielle des carcasses bovines dans un abattoir algérien .19, 2901.2907.
- **HASLAY .C ; LECLERC.H, 1993.**Thèmes de Microbiologie des eaux d'alimentation : Analyses, traitement de l'eau Microbiologie – bactériologie, Ouvrage de 496 p.
- **HAUT COMMISSARIAT AUX EAUX ET FORET ET LA LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION (HCEFLCD) ,2006.** Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p.
- **HAUT COMMISSARIAT AUX EAUX ET FORET ET LA LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION(HCEFLCD), 2007.** Etude diagnostique de la zone humide AL Massira- Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat, Maroc, 242p.
- **HEBERT.S ; LEGARE.S.** Ministère de l'environnement gouvernement du Québec octobre 2000, suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau.
- **Heckman DS, Geiser DM, EidellBR, Stauffer RL, Kardos NL& Hedges SB, 2001** Molecular evidence for the early colonization of land by fungi and plants. science293:1129-1133.
- **HELENE, 2000.**Thèse d'Ingénieurs du génie sanitaire Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL, l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Languedoc Roussillon France, p: 81.

I

- **INSP2015.** Situation épidémiologique sur la base des cas déclarés à L'INSP. Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie.

J

- **JEAN-PIERRE-COLLIN, 2022.** Meilleure thèse et le meilleur mémoire en études urbaines.p19.
- **JORA ,1998** journal officiel de république Algérienne.
- **Jordan W., 2001.** Le livre ultime sur les champignons. Maison d'Hermès.
- **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 39 ,2017 .**Eaux, boissons et jus de fruits et de légumes, 25p.

K

- **Kalman .B ; Sjonger .R, 2006.** Livre de cycle de l'eau (petit monde vivant) p 10.
- **Klein, D.A., Paschke, M.W, 2004.** Filamentous Fungy: The indeterminate lifestyle

L

- **LADOUCHE, B., WENG, P., 2005** - Hydrochemical assessment of the Rochefort marsh: Role of surface and groundwater in the hydrological functioning of the wetland. Journal of Hydrology 314: 22-42.
- **LANIEL .M 2012.**Conseil régional de l'environnement des Laurentides.
- **LAMBERT.R.** Presses universitaire du Mirail 1996, géographie du cycle de l'eau.

- **LAROUSSE 2002**<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/eau/27209>.
- **LAWSON .L, 2023**. Désinfection de l'eau - partie biologie des pathogènes dans les sources d'eau.
- **LAYEB.SAIOUDI, 2013**, contrôle microbiologique des eaux du lac oubeira (El-Taref).
- **Louis Tessier, 2018**. Technologies des bioprocédés industriels, *2^e édition*. Procédure d'isolement d'un microorganisme d'intérêt industriel
- **Luvagho .K 2013**. La pollution de l'eau, impact et perspective .Licence en environnement en développement durable.

M

- **MADLIN T.M, 1994**. Fungalaero sols: areview. Journal of aerosol science. 25: 1405-
- **MAIGA, 2005**.Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali p77.
- **MANCEUR. Dj, 2016**. Mémoire de Master, Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa Université Larbi Tébessi – Tébessa p12.
- **MARSILY. J.L, 1995**.Pathogens in lives tock waste, their potential for movement through soil and environmental pollution; vol. 2, pp 1-15; WDSLEY.
- **MARILLYSMACE. 2010** .Le cycle de l'eau : le voyage de l'eau à travers la terre.
- **MARTIN B. 1997**. Le bouturage des arbres forestiers progrès récent, perspectives de
- **MESSAOUDENE.M; TAFER.M; LOUKKAS.A; MARCHAL.R, 2008**. Propriétés du bois des chênes zéen du foret d'Ait Ghobri (Algérie) 40 p .Bois et foret des tropiques N°29(4).
- **MESSAOUDENEM, L ; ARIBI.M ; DERRIDJ .A, 2007**.Etude de la diversité floristique de la forêt de l'akfadou (Algérie).Bois et forêt des tropiques 291.75-81. microbialecology. MicrobialEcology. 47: 224-235.
- **MILOT.S, 2015**. La qualité de l'eau, fédération des lacs de Val- des Monts.

- **MONJOU, 1997** Les pathologies d'origine hydrique et la potabilité de l'eau Faculté de Médecine Pitié-Salpêtrière – Paris.
- **MOULIN, J-F, 2004.** Le discours silencieux du corps enseignant [version électronique].Carrefours de l'éducation, 17, 142-159. Consulté le 27 janvier 2014 www.cairn.info/revuecarrefours-de-l-education-2004-1-page-142.htm.
- **Moulinier, C., 2003.** Parasitologie et mycologie médicale: éléments de morphologie et de biologie, Paris : Lavoisier ,796p
- **MURIEL .N, 1992.** La crypto sporidies .Importance de la contamination de l'eau .INRA Prod .Anim, 5(5), 319-327.

N

- **Naminata koné1 *, amalansylvie n'da2, kouassibrahiman kien3, gnonlébafranck dit hervis boguhé2 et siaka berté2** caractérisation physico-chimique des eaux du lac du barrage hydroélectrique de kossou, fleuve bandama, côte d'ivoire rev. ivoir. sci. technol. 39 (2022) 55 – 69
- **NESTER, E.W; ROBERTS, C.E; PEARSALL, N.N; ANDERSON, D.G &NESTER, M.T, 1998.**Microbiology: A Human Perspective. 2nd ed. WBC/McGraw-Hill, New York, USA, 415, pp.434-435.
- **NORME ISO 7899** : recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux (Méthode par filtration sur membrane).
- **NORME ISO 9308.** Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes (méthode par filtration sur membrane).
- **NORME ISO 6222(1986)** : Dénombrement des microorganismes revivifiables : comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.

O

- **(observatoire-eau-bretagne.fr, 2006)** Portail de l'information environnementale en Bretagne – Effets de l'eutrophisation des eaux sur la santé, l'économie et les milieux aquatiques – Octobre 2006 (l'article n'est plus en ligne).
- **OMS 1994.** Directives de qualité pour les eaux de boisson; Volume 1- Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2e édition ; 202p.
- **OUBAGHA N., 2011** : Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique. Mémoire magister : Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 151 p.

P

- **Person J., Lando D., Mathiu D. 2010** : Algues, filières du futur : Livre Turquoise. Adebioihech. 6
- **Pinheiro A., Caussade B. 1997.** Fresh water Contamination (Proceedings of Rabat Symposium S4, April-May 1997). Simulation de la pollution diffuse dans des bassins versants agricoles.
- **Programme National de Recherche sur les Zones Humides, 2005** « Caractérisation des Zones Humides », Tome 2, Cahiers Thématiques ,62 p

R

- **Rabilou, S. M., Mousbahou, M. A. M., Laouali, M. S., Ibrahim, N., & Habou, I. 2018.** Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux Souterraines Du Socle De La Région De Zinder (Niger) Pendant La Saison Des Pluies Et La Saison Sèche. *European Scientific Journal, ESJ, 14(27)*, 317. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n27p317>

- **RAMSAR, IRAN, 1971.**Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau.
- **RAMSAR, 2013.**Le Manuel de la Convention de Ramsar, Guide de la Convention sur les zones humides, 6^{ème} édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse, p 85. Barbas. Paris. 1383 p.
- **Ramsar, 2016.** Introduction à la Convention sur les zones humides (anciennement Le Manuel de la Convention de Ramsar).5e éditions. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse
- **Raynal – roque .A, 1976 .**Les plantes aquatiques (plantes à fleurs et fougères) p 64.
- **REJSEK. F, 2002.**L'analyse des eaux technique et aspects règlementaires scéen CRDP aquitaine. Résiduaires, eaux de mers. 8ème édition : Dunod. Paris. France, 1381p.
- **RODIER. J, 1997.** L'analyse de l'eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer, Ed: Dunod
- **RODIER. J, 2005.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8emeédition: Dunod, Paris.
- **RODIER. J, 2009.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9emeédition: Dunod, Paris.
- **RODIER .J ; LEGUBE.B ; MERLET.N &BRUNET. R ,2009.**L'analyse d'eau. 9^{ème}Ed .Dunod, Paris.

S

- **SALAMANI .M, 1991**premieres données palynologiques sur l'histoire holocène du Massif de l'Akfadou (Grande – Kabylie , Algérie) pp 145-159 .
- **SELTZER. P, 1946-** Le climat de l'Algérie. Trav .Inst .Météor et Phys du Globe, Alger, p 219.
- **SERVAIS, P ; GARCIA, AT ; LIZIN. P ; MERCIER. P, &ANZIL. A, 2003.** Analyses des risques chimiques et microbiens, Sources et dynamique des coliformes fécaux dans l'estuaire de la Seine. Ecologie des Systèmes Aquatiques, Seine Aval, Rapport Programme, 28 p.
- **Stevens.B ; Bony .S, 2013.** Atmospheric water, physico today.
-

T

- **Tanabe Y., O'Donnell K., Saikawa M., Sugiyama J. 2000.** Molecular phylogeny of parasitic Zygomycota (Dimargaritales, Zoopagales) based on nuclear small subunit ribosomal DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 16: 253-262.
- **Techniques Cadi Ayyad**, FST Marrakech (Maroc), 2013, p: 82.
- **TOUDI. L, 2020.** Cours de pollution des eaux, université Frères Mentouri Constantine 1.
- **Tourab, 2013.** Mémoire de fin Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique.
- **Vander Heijden, M.G.A., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I.R. ,1998.** Mycorrhizal fungal diversity de termines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*. 396: 69-72.
- **Vaschalde D., 2014.** – Rapport technique sur les Services écologiques rendus par les zones humides en matière d'adaptation au changement climatique Etat des lieux des connaissances et évaluation économique. France. 78 P.
- **Vivien Lecomte, 2012** .Eutrophisation des milieux aquatiques ; les effets des substances toxiques (polluants) sur l'environnement (faune et flore).

Annexes

Annexes

Méthode du nombre le plus probable (NPP)



Table de Mac Grady pour 3 tubes par dilution

Nombre de tubes positifs au niveau de trois taux de dilutions retenus			NPP	Nombre de tubes positifs au niveau de trois taux de dilutions retenus			NPP
0	0	0	< 0,3	2	2	1	2,8
0	0	1	0,3	2	3	0	2,9
0	1	0	0,3	3	0	0	2,3
0	2	0	0,6	3	0	1	4
1	0	0	0,4	3	0	2	6
1	0	1	0,7	3	1	0	4
1	1	0	0,7	3	1	1	7
1	1	1	1,1	3	1	2	12
1	2	0	1,1	3	2	0	9
1	2	1	1,5	3	2	1	15
1	3	0	1,6	3	2	2	21
2	0	0	0,9	3	2	3	29
2	0	1	1,4	3	3	0	20
2	1	0	1,5	3	3	1	50
2	1	1	2,0	3	3	2	110
2	2	0	2,1	3	3	3	> 110



Décompteur de colonies

a) Préparation des milieux de culture

Milieu de culture	Abréviation	Utilisation
Gélose nutritive	GN	Isolement des souches bactériennes.
Gélose extrait malt	EM	Dénombrement des levures et des moisissures. Isolement et l'entretien des souches.
Gélose Potato dextrose agar	PDA	Cultiver des champignons.

Deux catégories de milieu peuvent être distinguées :

- **Milieu de culture gélose nutritive (GN)**

- On prend 10g /l de peptone, 3g/l d'extrait de viande, 3g/l d'extrait de levure, 5g/l chlorure de sodium, 18 g/l d'agar, pesés à l'aide d'une balance et mis dans un flacon en verre gradué en complétant le volume jusqu'à 1000 ml (1 litre) avec l'eau distillée ;

- Ensuite on met le flacon au bain marie à 100°C pendant 20 min, le mélanger après chaque 5 min à 10 min jusqu'à homogénéisation des constituants ;

- On verse le milieu liquide dans des flacons stériles en verre.

- **Milieu de culture PDA**

- Dans un flacon en verre gradué on met 40 g de poudre PDA en ajoute 1 litre d'eau distillée ;

- Ensuite on met le flacon au bain marie 100 °C pendant 20 min ;

- On verse le milieu liquide dans des flacons stériles en verre.

- **stérilisation des milieux**

La stérilisation est réalisée dans un autoclave par la vapeur d'eau sous pression, à haute température (120°)

Résumé

Le lac noir d'Akfadou est un magnifique lac situé dans la région montagneuse du parc national d'Akfadou de la wilaya de Béjaïa en Algérie. Il est réputé pour ses eaux sombres et son environnement naturel préservé. Les écosystèmes d'eau douce, tels que les rivières, les lacs et les marais, abritent une biodiversité incroyable intéressante à explorer. Dans ce contexte, l'objectif de cette étude était d'analyser la microflore bactérienne et fongique du lac noir et d'évaluer leur bio activité. Des échantillons d'eau du lac noir ont été collectés et sont ensuite analysés. Les résultats de l'analyse physicochimiques ont montré que les eaux de ce lac sont de nature neutre pH = 6.7 ce qui indique sa faible teneur en minéraux.

Les analyses microbiologiques ont révélé une diversité de micro-organismes, avec la présence de quelques genres de bactéries appartenant aux familles dans les sites suivants : *Entérobactéries (E-coli)* site 3(Arbre), et *micrococaceas (S aureus)* site (Herbe, Pierre), suspicions de *Salmonella*, et une absence totale de champignons. Cette étude a permis d'explorer la biodiversité bactérienne du lac noir et pourrait avoir des implications pour la santé environnementale de cet écosystème aquatique. Parmi 50 isolats, 12 souches se sont révélées intéressantes au vue de leur activité antifongique. Dans ce contexte la présente étude mérite d'être approfondie

Mots clés : Lac noir d'Akfadou, microflore, analyses bactériologique, identification fongique, analyses physico chimiques.

Abstract

Lac noir d'Akfadou is a magnificent lake located in the mountainous region of the Akfadou National Park in the wilaya of Béjaïa, Algeria. It is renowned for its dark waters and unspoilt natural environment. Freshwater ecosystems such as rivers, lakes and marshes are home to an incredible biodiversity worth exploring. In this context, the aim of this study was to analyze the bacterial and fungal microflora of Black Lake and assess their bioactivity. Water samples from Lac Noir were collected and analyzed. The results of the physicochemical analysis showed that the lake water is neutral in nature, pH = 6.7, indicating its low mineral content.

Microbiological analyses revealed a diversity of micro-organisms, with the presence of a few genera of bacteria belonging to the following families in the following sites: *Enterobacteria (E-coli)* site 3(Tree), and *micrococaceas (S aureus)* site (Grass, Stone), suspicions of *Salmonella*, and a total absence of fungi. This study explored the bacterial biodiversity of Black Lake, and could have implications for the environmental health of this aquatic ecosystem. Among 50 isolates, 12 strains proved interesting for their antifungal activity. In this context, the present study merits further investigation.

Key words: Lac noir d'Akfadou, microflora, bacteriological analyses, fungal identification, physico-chemical analyses.