

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Sciences biologiques

**Spécialité/Option :** Microbiologie appliquée

**Département :** « écologie et génie de l'environnement »

### Thème

# *La biorétention par des microorganismes*

#### Présenté par :

- GHELEB Malika
- HADJAR Ilham
- SALAH SALAH Abir

#### Devant le jury composé par :

Présidente	Mme MAAIRIF. S	M.C.B	Université de Guelma
Examinatrice	Mme DJEMIL. W	M.A.B	Université de Guelma
Encadrante	Mme BEDIQUI. S	M.C.B	Université de Guelma

Juin 2024

## ***Remerciements***

*Tout d'abord, nous remercions notre Dieu tout puissant qui nous a donnés la Foi, qui nous a guidés durant notre vie et qui nous a donnés la volonté de continuer les études.*

*Avant tout Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury madame la présidente **Mme MAAIRIF Samah (MCB)** et madame l'examinatrice **Mme DJEMIL Wafa (MAB)** de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail*

*Nous tenons à remercier notre chère encadrante **Mme BADIOUI Soraya (MCB)** Pour sa confiance en nous dans ce travail et pour les conseils, informations et soutien qu'elle nous a apportés.*

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> Une figure montre le lac Tonga .....	5
<b>Figure 2:</b> Localisation du lac Tonga.....	6
<b>Figure 3:</b> une figure montre la forme des bactéries en microscope .....	21
<b>Figure 4:</b> une figure montre la structure d'une cellule bactérienne .....	22

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Formation et structure géologique. ....	7
<b>Tableau 2:</b> Hydrologie du lac Tonga. ....	7
<b>Tableau 3 :</b> Climat du lac Tonga.....	8
<b>Tableau 4:</b> La Flore du lac Tonga .....	9
<b>Tableau 5:</b> La faune du lac Tonga.....	10
<b>Tableau 6 :</b> les critères de classification des bactéries .....	25

## Liste des abréviations

**ZHM** : zone humide

**SPREM** : espèce rare et menacé

**GDB** : gestion durable

**RNQE** : ressources naturelles et l'équilibre écologique

**MTL** : métaux lourds

**NDF** : nidification

**CRC** : crucial

**EQE** : équilibre écologique

**ETM** : élément-trace métallique

## GLOSSAIRE

**Zone marécageuse** : est un écosystème aquatique avec une végétation dense, souvent inondée. Ces zones sont importantes pour la biodiversité et la régulation de l'eau.

**Le Paléogène** : est une période géologique qui s'est déroulée il y a environ 66 à 23 millions d'années. C'est une période clé de l'histoire de la Terre, marquée par des changements climatiques, l'évolution des mammifères et l'expansion des plantes à fleurs.

**Convention de RAMSAR** : convention relative aux zones humides d'importance internationale

**Rétention** : la capacité d'un matériau ou d'un milieu à retenir certains éléments ou substances. La rétention peut également être utilisée pour décrire la capacité des tissus corporels à retenir l'eau ou d'autres liquides, tels que le sang ou la lymphe

## Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations et acronymes

GLOSSAIRE

Introduction

### Chapitre I : Description de la zone d'étude

I	Introduction générale.....	5
II	Description de la zone d'étude .....	5
III	Localisation du lac Tonga .....	6
IV	Les caractéristiques du lac Tonga .....	6
	IV.1 Les caractéristiques physiques.....	7
	IV.2 Les caractéristiques et la biodiversité du lac Tonga .....	9
V	L'emménagement et l'intérêt socio-économique du lac Tonga.....	11
	V.1 La pêche .....	11
	V.2 L'agriculture .....	11
	V.3 L'élevage .....	12

### Chapitre II : La contamination des eaux du lac tonga par les métaux lourds

I	Définition des métaux lourds .....	14
II	Sources de pollution par les métaux lourds.....	14
	II.1 Les sources naturelles.....	14
	II.2 Les sources anthropiques.....	15
III	Déférente type d'éléments trace métallique .....	15
	III.1 Les métaux toxiques.....	15
	III.2 Les métaux essentiels ou oligoéléments .....	16
IV	Les principaux effets toxiques des ETM sur les plantes .....	16

IV.1	Effet sur la germination .....	16
IV.2	Effet sur la photosynthèse.....	16
IV.3	Effet sur la croissance et nutrition .....	17
V	Répartition des métaux lourds dans l'environnement.....	17
V.1	Contamination des sols .....	17
V.2	Le processus de transfert.....	17
V.3	Répartition des métaux lourds dans les sols.....	17
V.4	Contamination de l'air .....	18
V.5	Contamination de l'eau .....	19

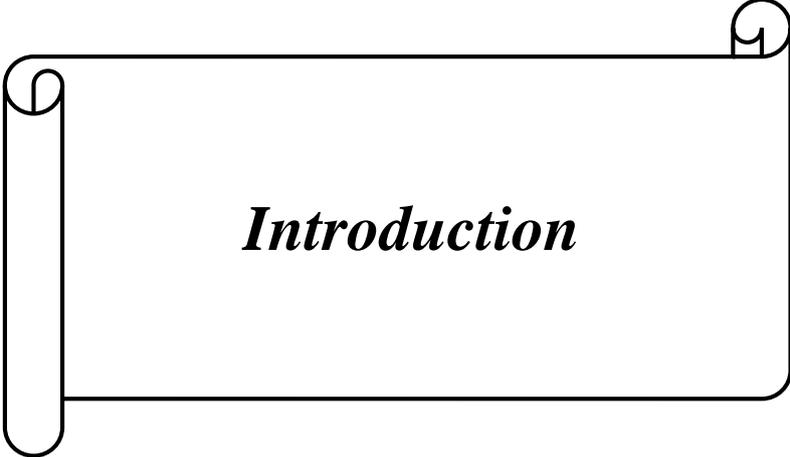
### Chapitre III : Les bactéries

I	Introduction .....	21
II	Définition des bactéries .....	21
III	La structure bactérienne .....	22
III.1	Membrane plasmique (ou cytoplasmique).....	22
III.2	Paroi .....	23
III.3	Le cytoplasme .....	23
III.4	Espace périplasmique.....	24
III.5	Le matériel génétique.....	24
IV	Rôle des bactéries dans la nature.....	24
IV.1	Cycles biogéochimiques .....	24
IV.2	Décomposition des matières organiques.....	24
IV.3	Production de nutriments essentiels.....	25
V	La classification des bactéries .....	25
VI	Application des bactéries dans la vie quotidienne.....	26
VI.1	Fermentation alimentaire .....	26
VI.2	Production de probiotique.....	27
VI.3	Conservation des aliments .....	27

VI.4	Production d'enzymes alimentaires .....	27
VI.5	Dégradation des contaminants .....	27
VII	Les modes de reproduction des bactéries .....	28
VII.1	Division binaire .....	28
VII.2	Conjugaison.....	28
VII.3	Transformation .....	28
VII.4	Transduction .....	28

Conclusion

Résumé



*Introduction*

L'eau joue un rôle crucial (CRC) dans la vie et les activités humaines, Il s'agit d'une partie essentielle du monde minéral et organique. Elle prend part à toutes les tâches quotidiennes, telles que les tâches domestiques, industrielles et agricoles (30).

La contamination de l'environnement aquatique par la présence des substances organiques et inorganiques constitue une menace réelle pour l'écosystème cas lac Tonga en provoquant des maladies pathogènes graves (24).

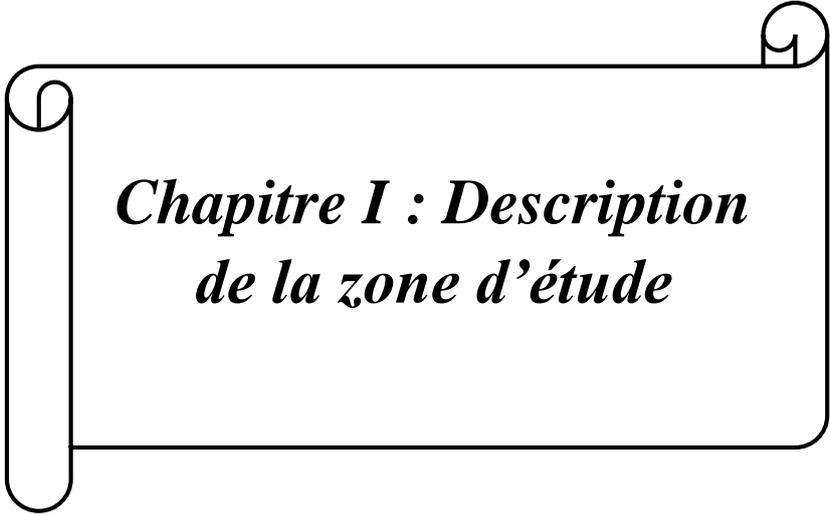
Tonga, fait partie du complexe d'El Kala, se caractérise par la présence de plusieurs espèces rares telles que *Glyceria fluitans*, *Iris pseudacorus*, *Marsilea minuta*, *Nymphaea alba*, *Oenanthe aquatica*, l'*erismature à tête blanche*, le *filugule nyroca*, *Grus grus*, *ciraetus gallicus* (29).

Les poissons, les mollusques et les crustacés ont également été confrontés à des effets indésirables qui se traduisent par un retard dans le développement embryonnaire, des malformations et une croissance tardive pour des adultes. (74)

Des perturbations de la reproduction ainsi qu'une augmentation ou une diminution du taux des biomarqueurs de défenses (40).

Seulement l'augmentation des concentrations de métaux lourds (MTL) par rapport aux charges naturelles est devenue un enjeu de plus en plus inquiétant (11).

Le présent travail est contient une partie théorique qui consiste faire une analyse bibliographique sur le lac Tonga et leur contamination par différents aspects des métaux lourds.



*Chapitre I : Description  
de la zone d'étude*

## Introduction générale

Le lac Tonga Niché au cœur du parc national d'El Kala dans la wilaya d'El Tarf en Algérie, le lac Tonga se présente comme un havre de paix et un trésor écologique d'une beauté saisissante. Reconnu site Ramsar le 11 avril 1983, ce lac d'eau douce s'impose comme la plus importante aire de nidification (NDF) d'Afrique du Nord, abritant une faune et une flore d'une richesse exceptionnelle (9).

D'une superficie de 2 600 hectares, le lac Tonga s'étend au milieu d'un bassin versant totalisant 1 500 hectares. Alimenté par les oueds El-Hout et El-Eurg, il bénéficie d'un climat tempéré et humide, avec une pluviométrie annuelle atteignant 700 mm (66).

Ce havre de paix abrite une biodiversité remarquable, comptant plus de 300 espèces d'oiseaux, dont certaines rares et menacées, telles que *l'érismaure à tête blanche*, *le balbuzard pêcheur* et *la spatule blanche*. Les zones humides (ZHM) d'Algérie : importance écologique et enjeux de conservation. Le lac attire également une variété d'animaux terrestres, tels que les sangliers, les chacals et les renards (10).

## II Description de la zone d'étude

Lac Tonga est un lac d'eau douce situé dans le nord-est de l'Algérie, dans la wilaya d'El Tarf à environ 20 km au nord-est de la ville d'El Kala. Il fait partie du Parc national d'El Kala, classé ZHM Ramsar d'importance internationale. Le lac est un habitat important pour une grande variété d'espèces végétales et animales, et constitue une ressource précieuse pour les populations locales (66).



**Figure 1** : Une figure montre le lac Tonga [01] (640×426)

### III Localisation du lac Tonga

Le PNEK fait partie intégrante de la wilaya d'El Tarf et couvre une superficie de 80 000 hectares, soit 26 % de la superficie de la wilaya. (35).

Lac Tonga c'est une zone marécageuse qui prend par endroit en hiver les formes d'un étang d'eau douce et en été celles d'un marécage. Il est situé à 5 km au sud-est d'El-Kala et à 65 d'Annaba.

Ses coordonnées géographiques au centre sont 36° 51' 511 Nord – 8° 30' 100 Est. Sa longueur, selon un axe Nord-est – Sud-ouest, est de 7,1 km. Sa largeur selon un axe est-ouest passant par le centre est de 3,5 km en moyenne. En pleine eau, sa Superficie est égale à 2600 ha. Le plan d'eau du lac joue un rôle important dans la maîtrise des crues en période hivernale, comme il retient les sédiments arrachés en amont qui participent à son comblement (9).

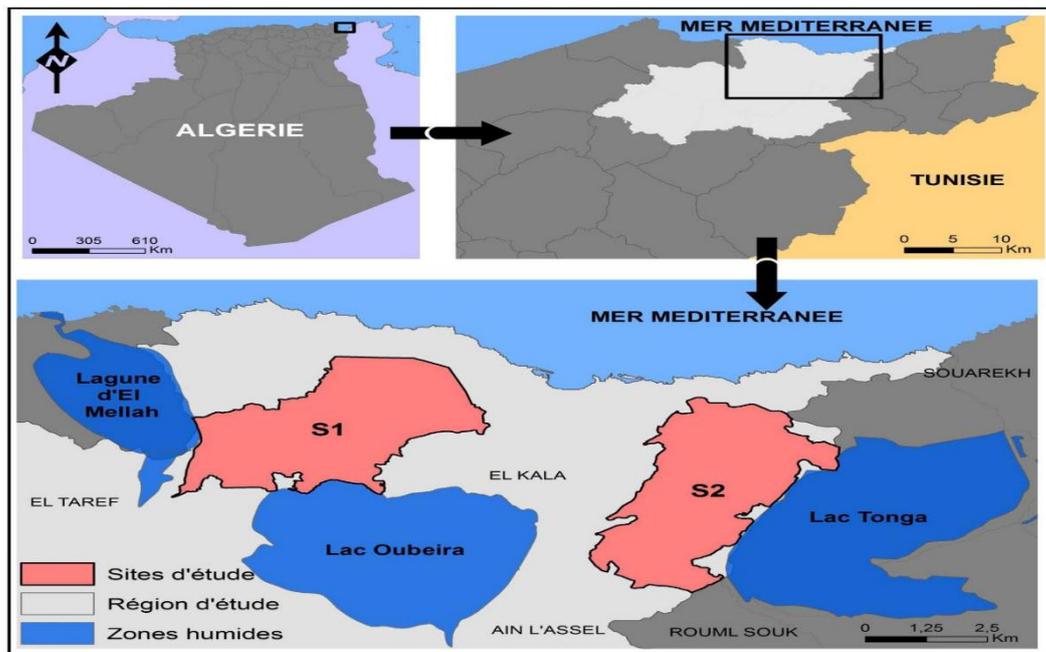


Figure 2: Localisation du lac Tonga [02] (0/1.25km)

### IV Les caractéristiques du lac Tonga

Le lac Tonga, situé dans le nord-est de l'Algérie, se distingue par ses caractéristiques physiques uniques qui façonnent son environnement et influencent la vie qu'il abrite (66).

## IV.1 Les caractéristiques physiques

### IV.1.1 Géologie du lac Tonga

**Tableau 1:** Formation et structure géologique (66).

<b>Origine géologique</b>	Le lac Tonga s'est formé dans une dépression créée par l'érosion hydrique et la subsidence tectonique.
<b>Roches encaissantes</b>	Le bassin versant du lac est constitué de roches sédimentaires, principalement des calcaires et des grès datant du Crétacé et du Paléogène.
<b>Failles géologiques</b>	Des failles traversent le bassin versant du lac, influençant le drainage et la morphologie du lac.

### IV.1.2 Hydrologie du lac Tonga

**Tableau 2:** Hydrologie du lac Tonga (66).

<b>Régime hydrique</b>	
<b>Type de lac</b>	Le lac Tonga est un lac endoréique, n'ayant pas d'exutoire direct vers la mer.
<b>Apports en eau</b>	Les apports en eau du lac proviennent des précipitations, des eaux souterraines et des ruissellements des collines environnantes.
<b>Variations du niveau d'eau</b>	Le niveau d'eau du lac varie selon les saisons, avec un maximum en hiver et un minimum en été.
<b>Hydrodynamique</b>	
<b>Circulation de l'eau</b>	La circulation de l'eau dans le lac est influencée par les vents, les apports en eau et la topographie du bassin.

<b>Stratification de l'eau</b>	Le lac peut présenter une stratification thermique en été, avec une couche d'eau chaude à la surface et une couche d'eau froide en profondeur.
<b>Qualité de l'eau</b>	
<b>Salinité</b>	La salinité de l'eau du lac est faible, proche de celle de l'eau douce.
<b>Qualité physico-chimique</b>	La qualité physico-chimique de l'eau du lac est généralement bonne, mais peut être affectée par les activités humaines dans le bassin versant.

#### IV.1.3 Climat du lac Tonga

**Tableau 3 :** Climat du lac Tonga (66).

<b>Climat méditerranéen</b>	
<b>Températures</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le climat du lac Tonga est de type méditerranéen, avec des hivers doux et des étés chauds.</li> </ul>
<b>Précipitations</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 600 mm, concentrées en hiver.</li> </ul>
<b>Ensoleillement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le lac bénéficie d'un ensoleillement important tout au long de l'année.</li> </ul>
<b>Influence du climat sur le lac</b>	
<b>Evaporation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'évaporation de l'eau du lac est importante, surtout en été, et contribue à la variation du niveau d'eau.</li> </ul>
<b>Vent</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les vents dominants influencent la circulation de l'eau dans le lac et peuvent créer des vagues.</li> </ul>

## IV.2 Les caractéristiques et la biodiversité du lac Tonga

Le lac Tonga, niché dans le nord-est de l'Algérie, se distingue par ses caractéristiques uniques et sa richesse en biodiversité, faisant de lui un véritable joyau naturel. Plongeons au cœur de cet écosystème exceptionnel pour découvrir ses trésors faunistiques et floristiques (66).

### IV.2.1 Flore du lac Tonga

Le lac Tonga arbore une flore riche et variée, s'adaptant aux différents habitats aquatiques et terrestres qui l'entourent. (66)

**Tableau 4:** La Flore du lac Tonga (66)

L'habitat	Exemple d'espèce
Habitats aquatiques	<b>Immergées :</b> Des plantes aquatiques telles que les potamogetons ( <i>Potamogeton spp.</i> ) et les nénuphars ( <i>Nymphaea spp.</i> ) colonisent les fonds du lac, offrant un refuge et une source de nourriture aux animaux aquatiques (66).
	<b>Émergentes :</b> Les roselières à <i>Phragmites australis</i> et les saulaies à <i>Salix alba</i> bordent les rives du lac, créant des zones de NDF et de protection pour les oiseaux (66).
	<b>Flottantes :</b> Des plantes flottantes comme les lentilles d'eau ( <i>Lemna spp.</i> ) et les jacinthes d'eau ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) recouvrent la surface du lac, contribuant à la régulation de la température de l'eau et à la filtration des polluants (66).
Habitats terrestres	<b>Forêts :</b> Les collines environnantes du lac sont tapissées de forêts de pins d'Alep ( <i>Pinus halepensis</i> ), de chênes verts ( <i>Quercus ilex</i> ) et de genêts ( <i>Spartium junceum</i> ), offrant un habitat aux mammifères, aux reptiles et aux oiseaux terrestres (66).
	<b>Prairies :</b> Des prairies à <i>Scirpus maritimus</i> et des formations à Typha <i>domingensis</i> s'étendent le long des rives du lac, fournissant nourriture et abri aux oiseaux et aux amphibiens (66).
Espèces végétales remarquables	

Le nénuphar nain d'Afrique ( <i>Nymphaea lotus</i> )	Cette espèce rare et menacée, présente dans les zones peu profondes du lac, est protégée par la Convention sur le commerce international des espèces menacées d'extinction (CITES) (53).
------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### IV.2.2 Faune du lac Tonga

Le lac Tonga abrite une faune riche et diversifiée, composée d'espèces aquatiques et terrestres qui contribuent à l'EQE du site (39).

**Tableau 5:** La faune du lac Tonga (39)

Le groupe	Exemple d'espèce
Les oiseaux	<b>Anatidés :</b> Canards et sarcelles fréquentent les ZHM du lac pour se nourrir et se reproduire.
	<b>Échassiers :</b> Foulques et grèbes trouvent refuge dans les roselières et les zones peu profondes du lac.
	<b>Rapataces :</b> Des rapaces majestueux tels que le faucon pèlerin et l'aigle royal survolent le lac, chassant leurs proies.
Poissons	Des carpes, des barbeaux, des gardons et des anguilles peuplent les eaux du lac, constituant une source de nourriture importante pour les oiseaux piscivores.
Amphibiens	Grenouilles, crapauds et salamandres trouvent un habitat favorable dans les ZHM et les forêts autour du lac.
Reptiles	Lézards, serpents et tortues s'épanouissent dans les différents habitats terrestres du lac, contribuant au contrôle des populations d'insectes et de petits animaux.
Les espèces animales remarquables	Le caméléon commun ( <i>Chamaeleo chamaeleon</i> ): Ce petit reptile, présent dans les forêts et les maquis autour du lac, est connu pour sa capacité à changer de couleur. Il est une espèce protégée en Algérie.
	La tortue d'Hermann ( <i>Testudo hermanni</i> ): Cette tortue terrestre, présente dans les zones sèches et ensoleillées, est menacée par la destruction de son habitat et le commerce illégal. Elle est également protégée en Algérie.

	<p>L'aigle royal (<i>Aquila heliaca</i>): Cet imposant rapace, visible en vol au-dessus du lac et des montagnes environnantes, est un symbole de la force et de la liberté. Il est une SPREM en Algérie et dans le monde entier.</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## V L'emménagement et l'intérêt socio-économique du lac Tonga

Le lac Tonga représente un atout socio-économique précieux pour la région, offrant des moyens de subsistance et des opportunités de développement. Cependant, la préservation de ses ressources naturelles et de son environnement est essentielle pour garantir sa pérennité et son exploitation durable. Un juste équilibre entre la gestion des activités économiques et la protection de l'environnement est CRC pour assurer la prospérité des populations locales et la conservation de ce joyau naturel unique (7).

### V.1 La pêche

#### Importance de la pêche :

- La pêche joue un rôle CRC dans l'économie locale, fournissant des revenus et de la nourriture aux populations riveraines.
- Le lac Tonga abrite une diversité de poissons appréciés tels que les carpes, les barbeaux et les gardons, pêchés par des pêcheurs artisanaux et professionnels (7).

#### Gestion durable de la pêche :

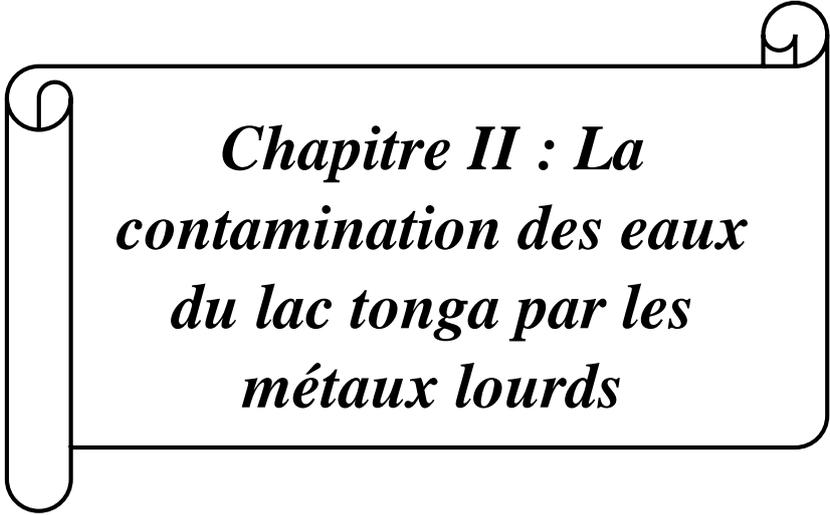
- Des mesures de gestion durable (GDB) sont essentielles pour garantir la pérennité des ressources halieutiques du lac.
- Cela implique la mise en place de quotas de pêche, la lutte contre la pêche illégale et la protection des habitats naturels des poissons (7).

### V.2 L'agriculture

- Les terres fertiles autour du lac Tonga favorisent l'agriculture, permettant la production de céréales, légumes et fruits.
- Cette activité contribue à la sécurité alimentaire des populations locales et dynamise l'économie locale (7).

### V.3 L'élevage

- L'élevage de bovins, ovins et caprins est pratiqué dans les zones pastorales autour du lac, fournissant du lait, de la viande et des produits laitiers.
- Un bon encadrement et une GDB des pâturages sont nécessaires pour préserver les RNQE (7).



*Chapitre II : La  
contamination des eaux  
du lac tonga par les  
métaux lourds*

## I Définition des métaux lourds

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser.

D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être définis comme :

- Tout métal ayant une densité supérieure à 5 (g/cm<sup>3</sup>).
- Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du Sodium (Z=11).
- Tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques.

Les MTL présentent quelques caractéristiques communes :

- Ils se transforment, changent de forme chimique, mais ne se détruisent pas.
- Ils ont de bonnes propriétés convoitées par de nombreuses industries.
- Ils présentent une toxicité pouvant entraîner des effets irréversibles.

Les MTL dans les eaux peuvent se présenter sous formes colloïdale, soluble ou en suspension. On peut rencontrer les métaux solubles sous forme d'ions simples ou complexes, tandis que les particules en suspension et les substances colloïdales sont constituées de sels insolubles ou sont associées à des matières organiques ou argileuses.

## II Sources de pollution par les métaux lourds

Chaque année, des millions de tonnes de MTL sont extraits et ensuite dispersés dans la biosphère. Aujourd'hui, l'évolution de la ville est un aspect pesant dans la dégradation de l'environnement, d'une façon générale, et dans le développement industriel, en particulier.

Les aspects globaux qui expliquent l'interaction du couple environnement / ville (zone industrielle et eau usée), leurs implications sur la vie humaine sont vastes et complexes.

Les sources de la pollution peuvent être d'origine naturelle ou artificielle.

### II.1 Les sources naturelles

Les MTL se retrouvent dans tous les compartiments de l'environnement, les réserves les plus importantes se trouvent dans les roches et/ou les sédiments océaniques. Les gisements naturels ; deviennent des sources de contamination des eaux dans les situations suivantes :

- L'exploitation des mines ;
- L'érosion qui transporte les métaux vers les sols, les eaux de surface et les sédiments ;
- Des éruptions volcaniques terrestres ou sous-marines ;

On estime que les volcans libèrent en moyenne annuellement dans le monde près de 800 à 1400 tonnes de Cadmium ; une fois en circulation, les métaux se distribuent dans tous les compartiments de la biosphère : terre, air et océan.

## **II.2 Les sources anthropiques**

La pollution d'origine humaine, dite anthropique provient des multiples activités humaines quotidiennes. Par exemple : les activités et les cheminées industrielles, les gaz d'échappement des voitures et des camions, l'agriculture, les centrales électriques qui fonctionnent au charbon, au pétrole ou au gaz, aux activités minières, aux décharges...etc

Il est souvent difficile pour la nature de s'adapter à tous ces polluants supplémentaires, et on peut trouver des concentrations élevées de polluants à plus ou moins grande échelle.

La pollution anthropique peut aussi être divisée en deux groupes en fonction des caractéristiques de l'émission :

- les émissions contrôlées, qui sont autorisées par la loi et sont placées sous la surveillance de spécialistes,
- les émissions accidentelles, qui ont lieu par exemple lors de la destruction de bâtiments anciens, l'exploitation de carrières, les catastrophes industrielles ou les fuites que peuvent avoir des usines.

## **III Définition type d'éléments trace métallique**

Il existe deux types qui dépendent de leurs effets physiologiques et toxiques d'un point de vue biologique, ce sont des métaux essentiels et des métaux toxiques.

### **III.1 Les métaux toxiques**

Tout élément est toxique quand il est absorbé en excès par rapport à la capacité d'assimilation de l'organisme.

La toxicité des métaux lourds pour un même organisme dépend du type de sol, de sa disponibilité de chaque métal de l'état physiologique d'un organisme.

### **III.2 Les métaux essentiels ou oligoéléments**

Les métaux essentiels sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques. Certains peuvent devenir toxiques à fortes concentrations. C'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn).

Par exemple, le zinc (Zn), à la concentration du milli-molaire, est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinase, peptidase).

## **IV Les principaux effets toxiques des ETM sur les plantes**

La toxicité des ETMs dans les plantes peut comprendre plusieurs effets comme l'inhibition de la photosynthèse, la germination, la chlorose (inhibition de la synthèse de chlorophylle), la faible croissance des plantes qui peuvent être accompagnés d'une réduction de l'absorption d'eau et des nutriments et des troubles du métabolisme des plantes.

### **IV.1 Effet sur la germination**

La germination et les plantules sont les stades physiologiques le plus sensible d'une plante, de plus, ces stades sont plus sensibles à la pollution métallique en raison du manque de certains mécanismes de défense.

### **IV.2 Effet sur la photosynthèse**

La photosynthèse est le processus bioénergétique qui permet aux plantes et à certaines bactéries de synthétiser de la matière organique en exploitant la lumière du soleil. Faisant intervenir de nombreuses étapes qui sont affectées de manière différente par les facteurs de l'environnement comme la pollution par les ETM, s'accompagnent des perturbations de la machinerie photosynthétique, notamment la structure des chloroplastes et la biosynthèse de la chlorophylle. Ils agissent également sur les enzymes du système photosynthétique affectant les trois étapes clés du cycle de Calvin (carboxylation, réduction, régénération).

### **IV.3 Effet sur la croissance et nutrition**

L'effet toxique des ETM sur la croissance de la plante se manifeste par une réduction de la croissance des parties aériennes et des racines. Ces effets s'accompagnent très souvent de nombreux autres indices de dysfonctionnement tel que la perturbation de l'équilibre de l'auxine, la perturbation de l'alimentation en éléments minéraux pour la croissance des plantes, chlorose foliaire, jaunissement progressif, dessèchement du feuillage. Il est toutefois important de noter que les ETM n'affectent pas la croissance de toutes les plantes avec la même sévérité. Certaines plantes dites hyper accumulatrices sont capables de croître, se développer, à la présence des concentrations élevées de ETM. Des perturbations de la nutrition potassique.

## **V Répartition des métaux lourds dans l'environnement**

### **V.1 Contamination des sols**

Tous les sols contiennent naturellement des éléments traces métalliques. On parle de contamination d'un sol lorsque sa teneur en élément trace est supérieure à la concentration naturelle, mais sans influence sur la qualité du sol.

La concentration naturelle de l'élément trace dans le sol résulte de son évolution à partir de la roche initiale. On parle de pollution des sols par un élément trace lorsque l'élément trace est présent à une dose constituant une menace pour l'activité biologique ou les fonctions du sol. Les contaminations diffuses, qui affectent les niveaux superficiels des sols, résultent de phénomènes naturels tels que les retombées atmosphériques d'aérosols d'origine volcanique, ou d'actions anthropiques intentionnelles ou non : poussières et dépôts atmosphériques, fertilisants minéraux (cuivre contenu dans les phosphates), pesticides, lisiers et fumiers, boues de stations d'épuration, activités minières, déchets industriels (bâtiments) ou urbains, transports, etc.

### **V.2 Le processus de transfert**

Les précipitations et l'irrigation sont les principales sources d'eau des sols. Une partie est évacuée par évaporation ou ruissellement de surface. Une partie pénètre dans le sol et se dirige alors soit vers les racines des plantes, soit, par gravité, vers les horizons profonds et les nappes phréatiques. Au cours de ces transports, l'eau se charge en éléments en traces dissous.

### **V.3 Répartition des métaux lourds dans les sols**

L'étude de la répartition d'un élément trace métallique entre les composants solides

S'appelle la spéciation appréhendée par une technique qui porte le nom « d'extraction séquentielle ». La variable déterminante de cette répartition est le degré de solubilité du métal.

Si le métal est soluble, il va passer dans les nappes ou dans la plante.

S'il est insoluble, il va rester dans le sol.

La solubilité va dépendre de plusieurs facteurs, le plus important est l'acidité du sol.

Un sol acide facilite la mobilisation. Les métaux lourds ne s'accumulent pas. Ils sont transférés vers les nappes phréatiques et les fleuves ou absorbés par les plantes et présentent alors un risque pour la santé.

Un sol calcaire contribue à l'immobilisation de certains métaux (certains éléments réagissent différemment, notamment l'arsenic, plus mobile dans un sol calcaire). Il n'y a donc pas de risque immédiat pour la santé. Mais le sol est contaminé durablement et la concentration en métaux lourds augmente avec les années. Ces derniers sont susceptibles d'être relargués quand l'environnement est modifié. Au niveau des sols, les risques sont divers (transfert vers les nappes phréatiques, biodisponibilité, écotoxicité), et dépendent principalement de la spéciation (degré d'oxydation, mode de complexation avec les macromolécules organiques et les constituants minéraux du sol).

#### **V.4 Contamination de l'air**

Les MTL se dispersent dans les hautes couches de l'atmosphère et retombent ailleurs, après un transport sur de très longues distances. On estime qu'une particule de mercure dans l'atmosphère reste un an dans celui-ci, avant de retomber. Les MTL dans l'air peuvent se trouver principalement sous deux formes :

- soit sous forme gazeuse pour certains composés métalliques volatiles ou dont la pression de vapeur saturante est élevée ;
- soit sous forme de composés métalliques solides, déposés sur les très fines particules ou poussières formées lors des phénomènes de combustion. Les principales sources de métaux dans l'air sont des sources fixes. Les MTL sont transportés par des particules atmosphériques provenant de combustions à haute température, de fusions métallurgiques, véhicules. Les effets biologiques, physiques et chimiques de ces particules sont fonction de la taille des particules, de leur concentration et de leur composition, le paramètre le plus effectif sur l'environnement étant la taille de ces particules. Dans l'air ambiant, on trouve de nombreux éléments, comme le

plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre, etc., dont la concentration est d'autant plus élevée que les particules sont fines.

### **V.5 Contamination de l'eau**

Les métaux présents dans l'eau peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou en solutions. Les principaux processus qui gouvernent la distribution et la répartition des métaux lourds sont la dilution, la dispersion, la sédimentation et l'adsorption/désorption. Certains processus chimiques peuvent néanmoins intervenir également. C'est ainsi que la spéciation selon les diverses formes solubles est régie par les constantes d'instabilité des différents complexes, et par les propriétés physico-chimiques de l'eau (pH, ions dissous, et température).

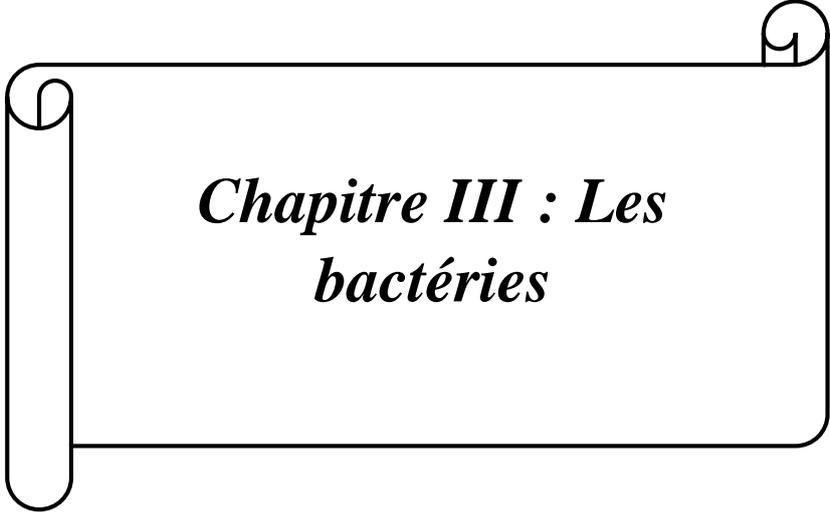
Les MTL subissent de nombreuses transformations : réduction par processus biochimique, méthylation, déméthylation et oxydation d'espèces de métaux isolées des réactions redox peuvent aussi faciliter certaines transformations. Les processus biochimiques sont effectués par des micro-organismes et par des algues. Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes :

Les eaux usées domestiques et industrielles,

La production agricole,

Les polluants atmosphériques,

Les anciennes décharges



*Chapitre III : Les  
bactéries*

## Introduction

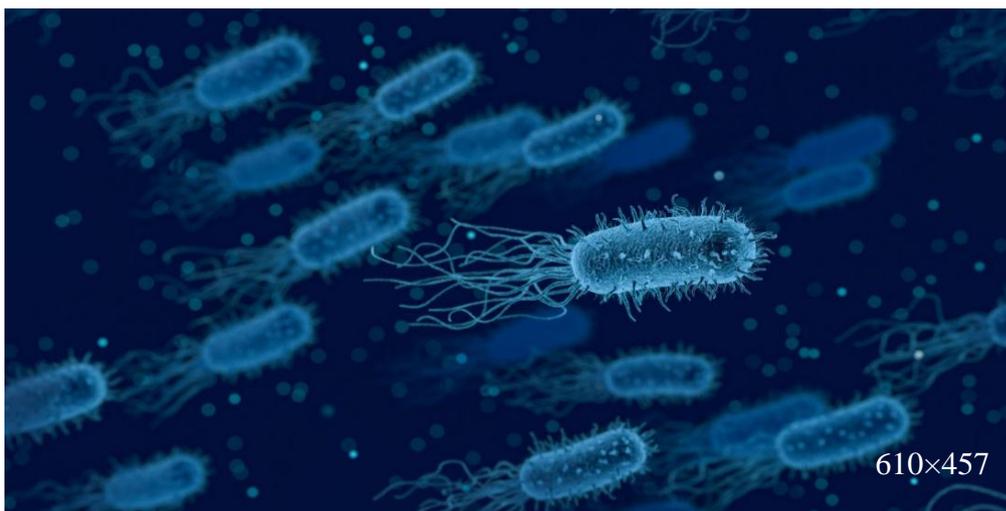
Dans un écosystème microscopique, une multitude de bactéries qui jouaient un rôle essentiel dans la nature. Ces minuscules organismes étaient présents partout, des profondeurs de l'océan aux sols fertiles, en passant par le corps humain.

Les bactéries, dont certaines étaient bénéfiques et d'autres pathogènes, vivaient en harmonie avec leur environnement. Les bactéries bénéfiques étaient impliquées dans des processus tels que la décomposition des matières organiques, la fixation de l'azote atmosphérique dans le sol, et la dégradation des polluants.

## II Définition des bactéries

Les bactéries sont des organismes composés pour la plupart d'une seule cellule. Elles mesurent environ 1 millième de millimètre et sont donc invisibles à l'œil nu. Apparues sur Terre il y a quelque 3.5 milliards d'années, c'est-à-dire bien avant nous, elles ont façonné notre planète en modifiant son atmosphère et sa surface, permettant à d'autres formes de vie de se développer.

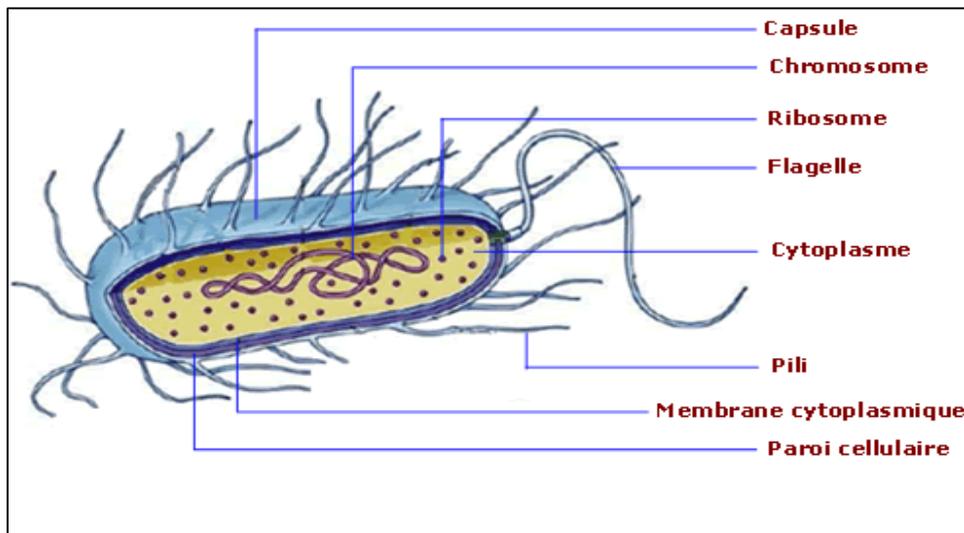
Une bactérie est en moyenne 10 à 100 fois plus petite qu'une cellule humaine. Son matériel génétique ne se trouve pas dans un noyau comme c'est le cas chez les cellules animales ou végétales. Pour cette raison, on appelle les bactéries des procaryotes (avant le noyau). Les cellules à noyau (comme les cellules humaines) sont quant à elles dénommées des eucaryotes (vrai noyau).



**Figure 3:** une figure montre la forme des bactéries en microscope

### III La structure bactérienne

Les bactéries sont des organismes vivants unicellulaires de petite taille, de morphologie variable qui présente des caractéristiques propres.



**Figure 4:** une figure montre la structure d'une cellule bactérienne (494×402)

La bactérie possède un cytoplasme qui est entouré, comme pour n'importe quelle cellule, par une membrane plasmique. Autour de celle-ci se trouve toujours une paroi peptidique, plus ou moins épaisse. C'est l'épaisseur de cette dernière qui détermine la réaction de coloration de Gram et classifie ainsi les bactéries en deux grands groupes : les Gram positif et le Gram négatif.

#### III.1 Membrane plasmique (ou cytoplasmique)

La membrane cytoplasmique correspond à l'enveloppe limitant la cellule, et la séparant du milieu extérieur. Il ne faut pas considérer la membrane cellulaire comme un élément fixe, mais plutôt comme un élément possédant une structure fluide (très lipidique).

Elle est constituée d'une double couche de phospholipides (35%) et de protéines associées (65%). Certaines de ces protéines jouent un rôle dans la synthèse du peptidoglycane. Elle se distingue de celle des cellules eucaryotes par l'absence de stérols.

La membrane possède de nombreuses fonctions :

- Perméabilité sélective et transport des substances solubles à l'intérieur de la bactérie : la membrane est à la fois barrière osmotique et un lieu de transport actif grâce aux perméases.
- Fonction respiratoire par transport d'électrons et phosphorylation oxydative dans les espèces aérobies.

- Excrétion d'enzymes hydrolytiques, qui dégradent les polymères en sous-unités suffisamment petites pour pouvoir traverser la membrane cytoplasmique et être importés dans la bactérie.
- Support d'enzymes et transporteurs de molécules impliquées dans la biosynthèse de l'ADN, des polymères de la paroi et des lipides membranaires.

### III.2 Paroi

Malgré la forte pression osmotique (5 à 20 atm) qui règne à l'intérieur du cytoplasme bactérien, la bactérie n'éclate pas grâce à l'existence d'une structure rigide appelée paroi, de nature polymérique. Les polymères et leur mode de liaison varient selon les espèces bactériennes. Toutefois, une substance de base, spécifique des bactéries, est partout présente : la muréine, appelée encore peptidoglycane.

La paroi joue plusieurs rôles :

- La paroi confère à la bactérie sa morphologie véritable. Elle constitue le squelette externe de la bactérie. Une bactérie ayant une forme sphérique est appelée « coque » alors qu'une forme de bâtonnet va porter le nom de « bacille ».
- Elle contient la pression osmotique interne. Sans paroi, les bactéries prennent une forme sphérique. Elles peuvent survivre et même se multiplier à condition d'être placées dans un milieu dont la pression osmotique est équilibrée avec la pression intracellulaire.
- Elle joue un rôle déterminant dans l'identification d'une souche.
- Elle joue un rôle déterminant dans la spécificité antigénique des bactéries.
- Elle est le support de l'action de certaines enzymes et de certains antibiotiques.
- Le LPS et le peptidoglycane ont un rôle important dans la défense non spécifique contre l'infection. Chez les bactéries Gram-, la partie lipidique du LPS (lipide A) est une endotoxine qui peut entraîner des troubles après la lyse de la cellule bactérienne (fièvre, chute de la pression artérielle).
- La paroi possède des récepteurs pour bactériophages (environnement moléculaire complémentaire des bactériophages).

### III.3 Le cytoplasme

L'eau est le principal composant d'une bactérie, elle représente environ 80% du poids. Le cytoplasme présente de l'ARN solubles (ARNm et ARNt) et de l'ARN ribosomal. Une variété

importante d'inclusions existe dans le cytoplasme. Elles servent à emmagasiner des réserves organiques (glycogène...) ou inorganiques (granules de polyphosphate...). Les ribosomes apparaissent sous la forme de petits grains en 2 sous-unités. On retrouve de l'ARN et des protéines car ils sont le siège de la traduction.

#### **III.4 Espace périplasmique**

Il renferme de nombreuses protéines (enzymes) qui peuvent être libérées par choc osmotique ou transformation des cellules en sphéroplast. De plus, il contient des « binding proteins » servant de transport au galactose et au maltose.

#### **III.5 Le matériel génétique**

L'appareil nucléaire est constitué d'un unique chromosome circulaire, pour la plus grande majorité des bactéries. Il est contenu dans une région de forme irrégulière appelé nucléoïde. C'est le support de l'information génétique. Il est composé de 60% d'ADN, 30% d'ARN et 10% de protéine. Le matériel génétique peut être extra-chromosomique. Les bactéries comportent un ou plusieurs plasmides, qui se trouvent dans le cytoplasme, sans aucune limite physique. Le terme de procaryote signifie littéralement l'absence d'un noyau et d'organites.

### **IV Rôle des bactéries dans la nature**

Les bactéries jouent un rôle crucial dans la nature en participant aux cycles biogéochimiques, en décomposant les matières organiques et en produisant des nutriments essentiels. Leur présence et leurs activités sont indispensables pour maintenir l'équilibre écologique et la santé des écosystèmes.

#### **IV.1 Cycles biogéochimiques**

Les bactéries jouent un rôle clé dans les cycles biogéochimiques de la nature. Par exemple, les bactéries nitrifiantes convertissent l'ammoniac en nitrates, jouant ainsi un rôle crucial dans le cycle de l'azote. Les bactéries dénitrifiantes, quant à elles, réduisent les nitrates en azote gazeux, contribuant à la dénitrification. Les bactéries sulfuroxydantes et sulfurreduisantes sont impliquées dans le cycle du soufre en oxydant ou en réduisant les composés sulfurés. Ces processus sont vitaux pour maintenir l'équilibre des éléments nutritifs dans les écosystèmes.

#### **IV.2 Décomposition des matières organiques**

Les bactéries jouent un rôle majeur dans la décomposition des matières organiques mortes, contribuant ainsi au recyclage des éléments dans les écosystèmes. Elles dégradent les composés organiques complexes en substances plus simples, libérant des nutriments

tels que l'azote, le phosphore, le carbone et le soufre, qui peuvent être réutilisés par d'autres organismes vivants. Ce processus de décomposition est essentiel pour maintenir la fertilité des sols et le fonctionnement des écosystèmes.

### IV.3 Production de nutriments essentiels

Les bactéries sont également responsables de la production de nutriments essentiels. Par exemple, les bactéries fixatrices d'azote sont capables de convertir l'azote gazeux atmosphérique en formes utilisables par les plantes, favorisant ainsi la croissance végétale. De plus, certaines bactéries sont capables de produire des vitamines et des acides aminés qui sont nécessaires à la santé et à la croissance des organismes vivants.

## V La classification des bactéries

La classification des bactéries se fait selon différents critères, notamment

**Tableau 6** : les critères de classification des bactéries

Les critères de classification	L'explication
Morphologie cellulaire	Les bactéries peuvent être classées en fonction de leur forme et de leur arrangement cellulaire. Par exemple, on distingue les bactéries en forme de coques (cocci), de bâtonnets (bacilles) et en spirale.
Coloration de Gram	La coloration de Gram est une méthode de coloration utilisée pour différencier les bactéries en deux groupes principaux : les bactéries à Gram positif qui retiennent le colorant violet, et les bactéries à Gram négatif qui retiennent le colorant rouge.
Composition de la paroi cellulaire	La paroi cellulaire des bactéries peut être composée de différents types de polymères, tels que le peptidoglycane chez les bactéries à Gram positif et le lipopolysaccharide chez les bactéries à Gram négatif.

Métabolisme	Les bactéries peuvent être classées en fonction de leur mode de métabolisme, notamment aérobies (utilisant l'oxygène), anaérobies (ne nécessitant pas d'oxygène), autotrophes (capables de synthétiser leurs propres nutriments) et hétérotrophes (dépendant de sources externes pour leurs nutriments).
Séquençage de l'ADN	L'analyse de séquences d'ADN permet de classer les bactéries en fonction de leurs similarités génétiques. Des méthodes telles que la PCR et le séquençage de l'ADN sont utilisées pour étudier le génome bactérien
Phylogénie	La classification des bactéries peut également se baser sur leur relation évolutive, en utilisant des techniques de phylogénie moléculaire pour construire des arbres phylogénétiques basés sur les séquences d'ADN.

## VI Application des bactéries dans la vie quotidienne

Les bactéries sont largement utilisées dans l'industrie alimentaire pour diverses applications bénéfiques. Voici quelques utilisations courantes de bactéries dans l'industrie alimentaire, de manière concise.

### VI.1 Fermentation alimentaire

Les bactéries lactiques, telles que *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*, sont utilisées pour la fermentation de nombreux aliments, tels que le yaourt, le fromage, le kimchi et la choucroute. Ces bactéries convertissent les sucres présents dans les aliments en acide lactique, ce qui améliore la saveur, la texture et la durée de conservation des produits fermentés.

## **VI.2 Production de probiotique**

Certaines souches de bactéries, notamment les bifidobactéries et les lactobacilles, sont utilisées pour produire des probiotiques. Ces bactéries bénéfiques sont ajoutées aux aliments ou aux suppléments pour favoriser la santé intestinale en améliorant l'équilibre de la flore intestinale.

## **VI.3 Conservation des aliments**

Des bactéries spécifiques, comme les bactéries acétiques, sont utilisées pour fermenter le vinaigre, ce qui permet de conserver les aliments et d'améliorer leur goût. De plus, certaines bactéries productrices d'acide lactique inhibent la croissance des bactéries indésirables et contribuent à prolonger la durée de conservation de certains aliments.

## **VI.4 Production d'enzymes alimentaires**

Certaines bactéries sont utilisées pour produire des enzymes alimentaires, telles que les amylases, les protéases et les lipases. Ces enzymes sont utilisées dans divers processus de fabrication alimentaire, tels que la production de pain, de fromage et de produits à base de viande, pour améliorer la texture, la saveur et la digestibilité des aliments.

## **VI.5 Dégradation des contaminants**

Certaines bactéries sont capables de dégrader les contaminants alimentaires indésirables, tels que les pesticides et les toxines. Ces bactéries peuvent être utilisées dans des processus de détoxification pour éliminer ou réduire la présence de ces substances nocives dans les aliments.

Ces utilisations bénéfiques des bactéries dans l'industrie alimentaire illustrent leur rôle important dans la transformation, la conservation et l'amélioration des caractéristiques des aliments. Cependant, il est crucial de respecter les bonnes pratiques d'hygiène et de sécurité alimentaire pour garantir la qualité et la salubrité des produits finaux.

Les bactéries jouent un rôle crucial dans la production d'énergie et la fabrication de médicaments. Dans la production d'énergie, elles sont utilisées pour produire des biocarburants tels que l'éthanol à partir de matières premières riches en sucres. Les bactéries méthanogènes sont également impliquées dans la production de biogaz à partir de la décomposition de la matière organique. En ce qui concerne la production médicale, les bactéries sont utilisées pour produire de l'insuline recombinante, en insérant les gènes responsables de sa production dans des bactéries pour une production à grande échelle.

De plus, certaines bactéries, comme *Streptomyces*, sont une source importante d'antibiotiques naturels utilisés dans le traitement des infections.

## **VII Les modes de reproduction des bactéries**

Les bactéries se reproduisent principalement par un processus de division cellulaire appelé la division binaire. Cependant, il existe également d'autres modes de reproduction chez les bactéries, notamment :

### **VII.1 Division binaire**

C'est le mode de reproduction le plus courant chez les bactéries. Il implique la duplication de l'ADN bactérien, suivie de la séparation des deux copies d'ADN et de la division de la cellule en deux cellules filles identiques.

### **VII.2 Conjugaison**

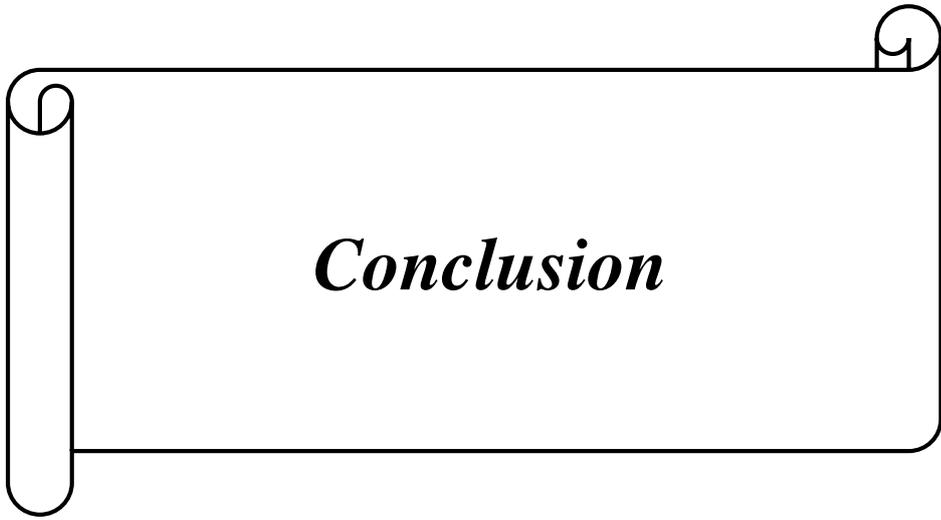
La conjugaison est un processus de transfert d'ADN entre deux bactéries par le biais d'un pilus de conjugaison. Cela permet le transfert de matériel génétique, tels que les plasmides, d'une bactérie donneuse à une bactérie receveuse. Cela peut contribuer à la diversité génétique et à l'acquisition de nouvelles caractéristiques.

### **VII.3 Transformation**

La transformation est un processus par lequel une bactérie peut absorber de l'ADN provenant de son environnement. Cet ADN peut provenir de bactéries mortes ou être libéré par des bactéries vivantes. L'ADN absorbé peut ensuite être intégré dans le génome bactérien, permettant ainsi l'acquisition de nouveaux gènes.

### **VII.4 Transduction**

La transduction est un mécanisme de transfert d'ADN bactérien médié par des bactériophages, des virus qui infectent spécifiquement les bactéries. Lors de l'infection, des morceaux d'ADN bactérien peuvent être enrobés par les bactériophages et transférés à d'autres bactéries lors de futures infections.



***Conclusion***

Lac Tonga fait partie du complexe d'El Kala située au nord-est de l'Algérie se caractérise par la présence de plusieurs types d'espèces rare tel que ; espèces végétales *Utricularia gibba*, *Typha latifolia*, *Tamarix gallica*, *Oenanthe aquatica*, *Marsilea diffusa*, *Nymphaea alba*, *Marsilea minuta* , *Glyceria fluitans*, *Iris pseudacorus* , *Ranunculus flammul*.

Malheureusement ces eaux sont contaminées par une pollution dite oxydante, en provoquant des maladies pathogènes grave après l'accumulation dans la chaine trophique donc la décontamination de ce lac est devenue une responsabilité majeure par l'utilisation des souches bactériennes.

## ملخص

تقع بحيرة تونغنا في قلب الحديقة الوطنية للقالمة في ولاية الطارف في الجزائر، وتعد بحيرة المياه العذبة هذه أكبر منطقة تعشيش في شمال أفريقيا، وهي موطن لثروة حيوانية ونباتية غنية بشكل استثنائي. ولسوء الحظ، فإن مياه بحيرة طونغنا ملوثة بالمعادن الثقيلة لعدة أسباب، بما في ذلك التصريف الصناعي المباشر، والمياه المنزلية والحضرية والمخلفات الزراعية. ويهدد هذا التلوث توازن النظام الإيكولوجي، مما يتسبب في انقراض أنواع حيوانية ونباتية وأمراض خطيرة لدى البشر نتيجة تراكمها في السلسلة الغذائية

**الكلمات المفتاحية:** التلوث، النظام الإيكولوجي، النظام البيئي، المعادن الثقيلة، بيولوجي، السلالات البكتيرية.

## Résumé

Le lac Tonga Niché au cœur du parc national d'El Kala dans la wilaya d'El Tarf en Algérie, ce lac d'eau douce s'impose comme la plus importante aire de nidification d'Afrique du Nord, abritant une faune et une flore d'une richesse exceptionnelle. Malheureusement les eaux du lac tonga sont polluées par les métaux lourds pour plusieurs raisons, notamment le déversement direct d'industrie, les eaux, domestiques et urbaines et les déchets agricoles. Cette contamination menace l'équilibre de l'écosystème par extinction espèces animales et végétales et provoque des maladies grave chez l'homme après l'accumulation a la chaine trophique

**Mots clés :** Contamination, écosystème, métaux lourds, biologique, souches bactériennes.

## Abstract

Lake Tonga Nestled in the heart of the El Kala National Park in Algeria's El Tarf wilaya, this freshwater lake is the most important nesting area in North Africa, home to an exceptionally rich fauna and flora. Unfortunately, the waters of Lake Tonga are polluted by heavy metals for a number of reasons, including direct industrial discharges, domestic and urban water and agricultural waste. This contamination threatens the equilibrium of the ecosystem by extinction of animal and plant species, and causes serious illnesses in humans after accumulation in the trophic chain.

**Key words:** Contamination, ecosystem, heavy metals, biological, bacterial strains.