République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de Recherche Scientifique

Université Dr. Tahar Moulay

Saida

Département : Biologie

Spécialité : microbiologie

Sous le Thème :

Microbiologie des eaux potable

Présenté par :

Mr : hamad ahmed

Devant le jury, composé par : **Soutenu le :**

Mr halla nouredine	**MCB**	**Univ.Saida**	**president**
Mr a AMMAM ABD ELKADER	**MCA**	**Univ.Saida**	**Encadreur**
Mr kadda hachem	**MCA**	**Univ.saida**	**Examinateur**

2019-2020

Dédicace

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur
amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,
Ama petit fammille ma femme et mes enfants
A mes chères sœurs …… pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,
A mes chers frères, …….., pour leur appui et leur encouragement,
A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,
Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fuit de votre soutien infaillible,
Merci d'être toujours là pour moi.

remercier

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m’avoir donné la force pour survivre, ainsi que l’audace pour dépasser toutes les difficultés.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude à mon encadreure de ce mémoire, **mr dr** amam AB , pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je tiens tout d'abord à **remercier** les membres du **jury**

Mr Dr kadda hachem

Mr Dr nor eddine halla

pour leur présence, pour leur lecture attentive de ma mémoire ainsi que pour les remarques qu'ils m'adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer mon travail

ملخص

نقول عن الماء أنه صالح لشرب إذا توفرت فيه الخصائص التالية : منعش ، صاف ، دون رائحة ، دون لون ، مهوى بكفاية ، قليل التمعدن ، مع غياب الجراثيم والمواد السامة

في الدول المتقدمة أعظم مشكل متعلق بالماء الموجه منذ زمن بعيد كان مرتبط بالجانب الصحي ، وابتداء من القرن العشرين بدأت الأمراض الكبرى ذات الأصل المائي تتقلص ثم تندثر.

بهدف حماية الإنسان من الأخطار المتعلقة باستعمال مياه ملوثة نكون بحاجة إلى معرفة الكائنات الحية الدقيقة المتواجدة بهذا الماء تصنيفهم وتعدادهم وكذا مراقبة مدى فعالية طرق معالجة المياه.

Abstract

Said drinking water when it meets the following criteria: fresh, clear, odorless, colorless and sufficiently ventilated slightly mineralized, lack of seed and toxic substances with pleasant taste.

In developed countries, the major problem of water intended for human consumption has long sanitary it is only since the early 20th century that major waterborne diseases have gradually regressed and then disappeared.

In order to protect human health risk related to the use of contaminated water in general, we need to know the microorganisms present in the water, and the identifiers in the counting and monitoring the effectiveness of methods water treatment.

Résumé

Une eau dite potable lorsqu' elle répond aux critères suivants : fraiche, limpide, inodore incolore et suffisamment, aérée légèrement minéralisée, absence de germe et substances toxiques avec gout agréable.

Dans les pays développés, le problème majeur de l'eau destiné a la consommation humaine a été longtemps d'ordre sanitaire c'est seulement depuis le début du 20^{éme} siècle que les grandes maladies d'origine hydrique ont progressivement sont régressés puis disparus.

Dans le but de protéger l'homme du risque sanitaire liée à l'utilisation d'une eau généralement souillé, nous avons besoin de connaitre les micro-organismes présents dans cette eau, en les identifiants et en le dénombrant et contrôler l'efficacité des méthodes de traitement de l'eau.

Liste des Figures

Figure	Titre	Page
1	E coli……..	13
2	Organisation de génome d'E.coli……..	16
3	Le génome d'E. faecium TX16 ……	20
4	P aeruginosa …….	21
5	Organisation de génome de p auruginosa……..……	23
6	Représentation schématique de mécanisme de Q. S chez p aeruginosa……	25
7	Staphylococcus aureus……...……	25
8	Le génome de Staphylococcus aureus……...	27

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Les bactéries pathogènes responsables de maladies d'origine hydrique…….	8
2	Facteurs et gènes de virulence des autres pathotypes d'*E. coli*……..	17
3	Les caractéristiques générales du génome *E. faecium* TX16……	19
4	Liste des gènes codants les facteurs de virulences d'entérocoque……	20
5	Les facteurs et gènes de virulence de *pseudomonas auruginosa*……..	24

6liste des gènes codants les facteurs de virulences de *Staphylococcus aeurus* …….. 28

*Table des matières

Titre	Page
Introduction …….....	1
Chapitre 01 : **La pollution des eaux** ……	2
I - Définition de la pollution bactérienne des eaux…….	4
I-1 Définition de l'eau ……	4
I-2 Les principaux types de sources d'approvisionnement en eau……..	4
I-2-1 Les eaux de surface……	4
I-2-2 Les eaux souterraines ……	4
I-3 Définition de la pollution de l'eau…….	5
I-4 Les sources de la pollution d'eau……..	6
I-4-1 Rejets d'effluents urbains …….	6
I-4-2 Effluents des établissements hospitaliers …….	7
I-5 L'effets de la pollution de l'eau……	7
I-5-1 La dégradation de la qualité de l'eau en la rendant impropre aux usages souhaités…..	7
I-5-2 Les maladies à transmission hydrique ……...	7
I-5-3 La destruction des organes bienfaisants et le bouleversement du processus d'autoépurations ……	9
Chapitre II **: Les bactéries contaminatrices des eaux……**	10
I - définition de la pollution microbienne ……..	11
II- Les différentes bactéries pathogènes peuvent survivre ou se multiplier dans l'eau……	11
II-1 Les coliformes totaux……..	11
II-1-1 Définition des coliformes …….	11
II-2 Les coliformes fécaux (coliformes thermotolérants) ……..	12
II-2-1 Définition……..	12
II-2 Escherichia coli……	13

II-2 -1 Définition de la bactérie ……. 13

II-2-2 Le génome …… 14

II-2-3 Les gènes de virulences chez *E.coli* …….. 17

II-3 Les entérocoques ……. 18

II-3-1 Définition des entérocoques…….. 18

II-3-2 Le génome …… 18

II-3-3 Les gènes de virulences chez les entérocoques …… 20

II-4 *Pseudomonas aeruginosa* …… 21

II-4-1 Définition de la bactérie ……...…… 21

II-4-2 Le génome …… 22

II-4-3 Les génes de virulences ……... 23

II-5 *Staphylococcus aureus* …… 25

II-5-1 Définition de la bactérie…… 26

II-5-2 Le génome …… 26

II-5-3 les gènes de virulences de *Staphylococcus aeurus*……. 28

***Chapitre III* : traitement des eaux** ……. 30

I – Définition de traitement des eaux usées :……..…… 31

II- Les étapes de traitement des eaux ……. 31

III-1 Le prétraitement …….. 31

II-2 Le traitement primaire …….. 31

II-3 Le traitement secondaire ……. 32

II-3-1 Les boues activées …….. 32

II-3-2 Lits bactériens anaérobie…… 33

II-3-3 Lits bactériens aérobie …….. 33

II-3-4 Les disques biologiques …… 33

II-4 Le traitement tertiaire…… 33

II-5 La désinfection…….…….. 34
II-5-1 la chloration de l'eau …….. 34
II-5-2 l'ozonation …….. 34
II-5-3 la stérilisation par les rayons U.V…… 35
II-5-4 La microfiltration …… 35
III- Contrôle de qualité d’eau …… 35
VI -Les normes de la potabilité d’eau …… 35

Introduction

Pendant longtemps l'eau a été considérée comme un bien naturel, un « don du ciel » gratuit, d'exploitation facile. Mais l'évolution spectaculaire que connaît l'environnement urbain et industriel pose dans de nombreux pays le problème de l'eau qui devient de plus en plus inquiétant non seulement si on le considère du point de vue quantité mais encore et davantage peut-être sous l'aspect de la qualité.

Elle est indispensable à toute forme de vie ; elle est nécessaire à la santé, l'agriculture, l'industrie, le tourisme, les loisirs, la navigation ….etc. L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel.

En effet, la pollution des eaux accidentelle ou volontaire par certains produits chimiques d'origine industrielle (hydrocarbures, phénols, colorants,..) ou agricole (pesticides, engrais,..) constitue une source de dégradation de l'environnement et suscite à l'heure actuelle un intérêt particulier à l'échelle internationale **[05]**.

L'eau polluée par les différents rejets (industriels, domestiques, agricoles,…etc), héberge et véhicule des bactéries en transit. Le transfert physique de ces dernières (lié au ruissellement) dépendra des conditions climatiques, pédologiques et géographiques. Par ailleurs, leur survie sera fonction de leur capacité physiologique d'adaptation à des environnements divers ; les conditions hivernales apparaissent les plus à risque, compte tenu du ruissellement induit par les pluies sur des sols nus et du faible ensoleillement favorisant la survie bactérienne.

Beaucoup des bactéries pathogènes accumulent les contaminants à de très fortes concentrations dans leurs tissus.

La consommation des eaux porte une contamination bactérienne, expose le consommateur à un risque de toxi-infection : Fièvre typhoïde, Salmonellose, Shigellose, Campylobactériose, Choléra, Gastro-entérite virale et Hépatite A.

L'analyse bactériologique d'eau consiste à la recherche et dénombrement des pathogènes qu'elle contient.

Ce travail, est divisé en 5 chapitre, dont le premier chapitre portera une généralité sur la pollution, dans le deuxième chapitre nous présenterons les différentes bactéries pathogènes, leur génome et leur facteurs de virulences .Le chapitre trois portera les étapes de traitement des eaux, le chapitre quatre réservé aux matériels et méthodes d'analyse bactériologique, tandis que le dernier chapitre est réservé aux résultats et discussion.

Enfin, cette étude se terminera par une conclusion générale.

L'objectif principal de ce travail est de déterminer la pollution bactérienne des eaux et d'identifier les bactéries pathogènes dans l'eau polluée.

Nous avons étudié la pollution de 3 stations déférentes au niveau de la wilaya de Milla.

La recherche des germes par des méthodes spécifiques a montré la contamination des deux stations (1 et 2) et la propriété de la 3eme station.

La station 2 est principalement contamine par les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux avec un nombre qui peut aller jusque a 2400 cellules/100ml et 93 cellules/100ml respectivement.

Une valeur de 2400 cellules/100ml de streptocoque fécaux est enregistré au niveau de la station 1.

Les staphylococcus et les coliformes totaux sont faiblement présents dans les 2 stations contaminées.

Nous avant noté que l'addition de l'eau de javel est le meilleur moyen pour nettoyer et éliminer les germes pathogènes.

CHAPITRE I

LA POLLUTION DES EAUX.

I – Définition de la pollution bactérienne des eaux

I-1 Définition de l'eau

L'eau est un élément essentiel pour le développement de la vie. Le corps d'un être humain adulte est composé à 60% d'eau et une consommation minimale de 1,5 litre d'eau par jour lui est nécessaire **[01].**

En raison de son caractère vital, l'eau doit être mise à la disposition des populations sous forme potable et donc de bonne qualité sanitaire **[02].**

Une eau potable se définit comme étant une eau exempte de germes pathogène qui provoquent des maladies à transport hydrique, de substances toxiques, ne contenant pas de quantités excessives de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide incolore et ne présenter aucun goût ou odeur désagréables. Les qualités requises sont donc d'ordre physique, chimique et bactériologique **[03].**

I-2 Les principaux types de sources d'approvisionnement en eau

I-2-1 Les eaux de surface

Les eaux de surface comprennent les eaux des cours d'eau (lacs, étangs, bassins, rivières, fleuves). Elles sont sujettes à contamination. En effet, ce sont des eaux où viennent boire les animaux et où pataugent parfois les enfants. Leurs abords constituent souvent des lieux de défécation et les feuilles des arbres s'y accumulent et s'y décomposent généralement **[04]**.

I-2-2 Les eaux souterraines

Ce sont les eaux des nappes. Elles peuvent être classées en deux catégories:

les nappes phréatiques ou nappes de puits : elles reposent non loin du sol (quelques dizaines de mètres) et sont peu protégées, donc soumises à la contamination biologique;

les nappes profondes : elles sont situées à quelques centaines de mètres de profondeur et reposent sur des couches d'argile imperméables, profondes. L'eau de pluie est ainsi filtrée à travers plusieurs couches de terre avant de constituer la nappe **[04].**

I-3 Définition de la pollution de l'eau

La pollution ou la contamination de l'eau peut être ainsi définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels **[05].**

La pollution de l'eau est l'introduction de n'importe quelle substance dans une rivière, un cours d'eau, un lac, ou dans l'océan qui altère les ressources naturelles de cet environnement. Il s'agit parfois d'objets fabriqués par l'homme comme des sacs en plastique, des capsules de limonade, du fil de pêche, des balles ou mêmes des chaussures. Mais le plus souvent, la pollution de l'eau n'est pas visible. Des produits agricoles fertilisants ou des produits chimiques industriels sont des sources de pollution de l'eau difficile à voir. Nos activités quotidiennes comme la chasse des toilettes, le lavage des aliments, le nettoyage des voitures sont aussi une cause de pollution de l'eau **[06].**

La pollution a donc de nombreuses origines qui sont reliées au cycle de l'eau. Elle peut provenir directement des activités humaines comme le déversement de déchets ou de substances chimiques dans l'eau, qui peut s'introduire n'importe où dans le cycle de l'eau. Il suffit par exemple d'imaginer le chemin parcouru par une goutte de pluie depuis le moment où elle atteint le sol jusqu'à ce qu'elle rejoigne une rivière, une nappe souterraine ou la mer. Quand l'eau ruisselle sur le sol, elle peut se charger de polluants provenant par exemple des *ROUTES*, des fermes, des pelouses. Quand elle s'infiltre dans le sol, elle peut entrer en contact avec des polluants qui s'échapperaient de décharges de déchets, de dépôts illicites d'ordures ou de produits chimiques. Elle peut être contaminée par des polluants rejetés en rivière par des installations industrielles. Dans l'atmosphère, la vapeur d'eau se condense dans un air pollué par les rejets des automobile*S*, des cheminées d'usines ou d'autres sources de pollution atmosphérique **[06].**

I-4 Les sources de la pollution d'eau

I-4-1 Rejets d'effluents urbains

Ces rejets sont de deux origines : origine domestique et origine industrielle.

I-4-1-1 Eaux usées domestiques

Essentiellement porteuses de pollution organique et se répartissant en eaux ménagères ou grises (salles de bains et cuisines) généralement chargées en détergents, en graisses, en solvant et en débris organiques ; et en eaux vannes (rejets des toilettes) caractérisées par une importante charge en diverses matières organiques azotées et en germes fécaux et pathogènes **[07]**.

I-4-1-2 Eaux usées industrielles

Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent aussi contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures **[07].**

I-4-1-2-1 Eaux usées pluviales

Pendant les périodes orageuses, elles peuvent constituer une importante source de pollution des cours d'eau. Quand l'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles) pendant son ruissellement, elle se contamine par des résidus: huiles de vidanges, carburants dans le périmètre urbain, et engrais et pesticides en zones rurales **[08]**.

I-4-1-2-2 Eaux usées d'origine agricole

Les engrais, indispensables à l'agriculture moderne, modifient la faune et la flore naturelle des cours d'eau et la composition chimique des eaux souterraines (ruissellement et lessivage par les eaux naturelles). Ces engrais sont composés de nitrates, phosphores, insecticides et herbicides chlorés et phosphorés, détergents, mouillants et matières organiques fermentescibles **[08]**.

I-4-2 Effluents des établissements hospitaliers

Les effluents hospitaliers ont une qualité proche des eaux usées domestiques avec un volume supérieur. Les effluents générés par l'activité hospitalière peuvent présenter un danger potentiel pour l'homme et son environnement compte tenu de la nature et de l'importance des substances spécifiques qu'ils contiennent (résidus médicamenteux, réactifs chimiques, antiseptiques, détergents, révélateurs et fixateurs de radiographies…) et en raison de leur évacuation, au même titre que les rejets urbains classiques, vers le réseau d'assainissement communal sans traitement préalable **[08].**

I-6 L'effets de la pollution de l'eau

Parmi les principaux effets de la pollution de l'eau, on cite :

I-6-1 La dégradation de la qualité de l'eau

En la rendant impropre aux usages souhaités.

I-6-2 Les maladies à transmission hydrique

Les eaux douce sont capables de véhiculer des agents pathogenes et des parasites stricts de l'homme et des animaux. Ils peuvent etre introduits occasionnellement dans l'eau et par fois disséminés loin par l'eau.

Dans le nouvel environnement les bacteries d'origine intestinale humaine (entérobacteris) persistent très longtemps. Mais elles ne se developpent pas dans l'eau. L'eau peut véhiculer des toxines comme la toxine botuliniques de type D lorsqu elle est contaminée par un cadavre. L'eau jout un role d'appel écobiologique pour certains vecteurs et oriente indirectement l'épidimiologie de la rage des arboviroses et de tout les maladie à transmission vectorielle. L'eau peut véhiculer des toxines comme la toxine botuliniques de type D lorsqu elle est contaminée par un cadavre. Certaines bacteries contaminent et vivent a l'état naturel dans l'eau. Elles s'y multiplent et y demeurent très longtemps surtout lorsqu elles sont sporulées **[01]**.

Les maladies à transmission hydrique sont le plus souvent transmises par voie féco-orale et la contamination de l'homme se réalise alors soit par consommation d'aliments contaminés par l'eau, soit lors d'un bain ou d'un contact avec des eaux à usage récréatif. Ces maladies sont généralement liées à la présence de bactéries strictement pathogènes ou opportunistes. Des protozoaires, des parasites et des virus sont également impliqués. Il faut signaler aussi que des intoxications peuvent être liées à la présence d'algues eucaryotes ou de cyanobactéries **[08].**

Les maladies d'origine hydrique englobent le choléra, la typhoïde, le shigella, la polio, la méningite et l'hépatite A et B. Les êtres humains et les animaux peuvent être les hôtes des bactéries, des virus et des protozoaires qui causent ces maladies. Des millions de gens n'ont guère accès, pour leur hygiène personnelle, à une évacuation contrôlée des eaux usées ou à une eau salubre. On estime que 3 milliards d'êtres humains, par exemple, n'ont pas de toilette sanitaire. Plus de 1,2 milliard de personnes courent des risques parce qu'ils n'ont pas accès à de l'eau salubre.

Les maladies diarrhéiques, qui sont les principales maladies d'origine hydrique, sont prévalentes dans de nombreux pays où l'épuration des eaux usées est insuffisante. En pareil cas, les déchets humains sont évacués à ciel ouvert dans des latrines, des fossés, des canaux et des cours d'eau, ou sont épandus dans les champs. On estime qu'il y a chaque année 4 milliards de cas de maladies diarrhéiques qui causent entre 3 et 4 millions de morts, surtout parmi les enfants. **[09].**

Tableau 01 : Les bactéries pathogènes responsables de maladies d'origine hydrique

Bactéries	**Pathologies**
Salmonella	Fièvre typhoïde et diarrhée.
Shigella	Diarrhée.
Campylobacter	Diarrhée (cause première des intoxications alimentaires).
Yersinia enterolitica	Diarrhée.
Escherichia coli O157 :H7 et certaines autres souches	Diarrhée risque de complications (urémie hémolytique) chez les enfants en bas âges.
Legionella pneumophila	Pneumonie et autres infections respiratoire.

I-6-3 La destruction des organes bienfaisants et le bouleversement du processus d'auto-épuration

Elle est éventuellement la modification de façon défavorable du milieu vivant. Dans le même contexte, on peut citer le phénomène d'eutrophisation. C'est une fertilisation excessive des eaux due à un apport massif de composés azotés et phosphorés provenant de l'activité agricole et des rejets domestiques et industriels. Ces composés favorisent le développement des micro-algues (phytoplanctons) et des macro-algues qui constituent le premier maillon de la quasi-totalité des chaînes alimentaires. L'eutrophisation induit un dysfonctionnement de l'écosystème, elle Conduit à son asphyxie par épuisement des réserves d'oxygène **[08].**

CHAPITRE II

LES BACTERIES CONTAMINATRICES DES EAUX.

I - définition de la pollution microbienne

La pollution microbienne est principalement liée aux eaux usées urbaines. Ces dernières sont très chargées en coliformes, bactéries pathogènes, virus et parasites. Le réservoir majeur des bactéries responsables des maladies à transmission hydrique se trouve être l'appareil digestif de l'homme et des animaux. L'élimination de ces bactéries par les matières fécales contamine les égouts urbains, les eaux résiduaires hospitalières et les eaux de surface **[08]**.

Parmi les nombreux micro-organismes qui peuplent les eaux douces, la plupart jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement biogéochimique des écosystèmes aquatiques mais d'autres ne prennent pas part à ce fonctionnement et ne font qu'être véhiculés par l'eau des rivières. Ces derniers proviennent essentiellement du tube digestif des hommes et des animaux. C'est de ces micro-organismes « fécaux » qu'il sera question ici. La plupart d'entre eux sont inoffensifs ; ils ne font que témoigner de l'existence d'une contamination des eaux par des excréments humains ou animaux **[10]**.

II- Les différentes bactéries pathogènes peuvent survivre ou se multiplier dans l'eau

Parmi ces bactéries on trouve :

1. Les coliformes totaux.

2. Les coliformes fécaux.

3. *Escherichia coli.*

4. *Pseudomonas aeruginosa.*

5. *Staphylococcus aureus.*

II-1 Les coliformes totaux

II-1-1 Définition des coliformes

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae.*

Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram-négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C.

Les coliformes comprennent les genres : *Esherichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia, Serratia* **[08]**.

Leur résistance aux agents antiseptiques, et notamment au chlore et à ses dérivés, est voisine de la résistance des bactéries pathogènes vis-à-vis desquelles ce type de traitement est instauré; ils constituent donc des indicateurs d'efficacité de traitement. Donc, le dénombrement des coliformes totaux est un examen capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant, et d'intérêt plus nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale **[08]**.

II-2 Les coliformes fécaux (coliformes thermotolérants)

II-2-1 Définition

Ce sont des coliformes qui présentent les mêmes propriétés et caractéristiques des coliformes totaux après incubation à la température de 44°C.

Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes:

Citrobacterfreudii, Citrobacterdiversus, Citrobacteramalonaticus, Enterobacteraerogenes, Enterobactercloacae, Esherichia coli, Klebsiellapneumoniae, Klebsiellaoxytoca, Moellerella wisconsensus, Salmonella (sous-genre III *Arizona*), *Yersinia enterolitica* **[05]**.

La présence de coliformes fécaux dans un milieu aquatique, et plus particulièrement d'*E.coli*, est considérée comme un bon indicateur d'une contamination récente du milieu par du matériel fécal humain ou d'animaux à sang chaud. Néanmoins, leur mise en évidence dans l'eau n'est pas la preuve de la présence de pathogènes, mais elle permet de la suspecter fortement.

Un autre test peut fournir les mêmes indications que celles fournies par le dénombrement des coliformes fécaux, c'est le dénombrement des *E.coli* présumés qui correspondent à des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, à 44°C. L'examen peut donc être orienté vers l'un ou l'autre de ces dénombrements **[08]**.

II-2 *Escherichia coli*

Figure 01 : *E coli* [25].

II-2 -1 Définition de la bactérie :

Escherichia coli (E.coli) est l'espèce type du genre *Escherichia* des entérobactéries. Appelée communément "colibacille" c.-à-d. "bacille à côlon". *E.coli* est un habitant de l'intestin et les selles des animaux et des reptiles à sang chaud **[26]**. Cette espèce qui a fait l'objet d'un très grand nombre d'études constitue le modèle des bacilles à Gram- aérobies. La plupart des *E. coli* se multiplient rapidement (18 à 24 h) sur les milieux habituels. Les colonies ont en moyenne 2 mm de diamètre**, [23]** et 2 à 4 microns de long sur 0,4 à 0,6 microns de large **[24].** Elles sont rondes, plastes et à bords réguliers **[23].**

C'est une protéobactéries, polynucléaires, neutrophiles, commensale, saprophytes **[24].**

E coli produit plusieurs facteurs de virulences comme :

les shiga toxines :

Qui sont des exotoxines ayant un effet cytopathogene sur certaines lignés cellulaires **[27].** . Elles entraînent la mort des cellules cibles par arrêt des synthèses protéiques **[28].**

les fimbrae ou adhésine :

Qui permettent à la bactérie d'adhérer aux cellules (urinaires, entérocytes, ..) **[29].** L'adhésion aux cellules épithéliales est un préalable au développement de nombreuses maladies **[30].**

L'intimine :

L'intimine est une protéine d'adhésion de la membrane externe associée aux lésions d'attachement-effacement **[30]**

Il y'a différents pathovars d'*E. Coli* :

les *E. coli* enterotoxinogènes : ETEC.

les *E. coli* entéropathogènes : EPEC.

les *E. coli* entérohémorragiques : EHEC.

les *E. coli* entéroinvasifs : EIEC **[31].**

II-2-2 Le génome

II-2-2-1 caractéristique de génome

La séquence complète a été déposée dans GenBank le 16 Janvier 1997.

La séquence *d'Escherichia coli* K-12 est composé 4.639.22 paires de bases. 4397 de gènes codant pour des protéines annotée, 38 pour cent ont pas de fonction attribué.

Le génome dans son ensemble est remarquablement organisé par rapport à la direction locale de la réplication; guanines, d'oligonucléotides possiblement liés à la réplication et de la recombinaison, et la plupart des gènes sont orienté. Le génome contient également la séquence d'insertion (IS), des restes de phages, et beaucoup d'autres taches de composition inhabituelle indiquant la plasticité du génome par transfert horizontal **[32].**

II-2-2-2 Organisation de génome d'*E coli*

La figure 02 montre une vue d'ensemble du génome de *E. coli*.

Il y'a deux ensembles de trois cercles.

L'ensemble externe de trois cercles sont disposés dans l'ordre des régions codantes de l'ADN (gènes sont marqués en rouge ou en bleu, en fonction de l'orientation), les niveaux d'expression de l'ARNm (cercle vert, ce qui est de données pour les cellules cultivées dans un milieu minimal), et des protéines.les niveaux de concentration (en bleu). Il y a 4397 gènes annotée dans le génome de *E. coli*, dont seulement 2005 sont exprimé à des niveaux détectables dans les cellules cultivées dans un minimum média comme indiqué dans le cercle vert; et seulement 233 protéines ont été constatée à des concentrations «abondantes» (Par exemple, supérieure à environ 100 molécules par cellule) sur la base. Le jeu intérieur de trois cercles correspond à les sites prévus pour l'IHF, IHF-RIB et les protéines de la FIS, respectivement. (IHF, FIS sont des protéines de la chromatine).

L'intensité de la couleur reflète la prédit de la force de la liaison. Au niveau de l'ensemble génome, les sites de liaisons prédites sont plus ou moins répartir uniformément dans tout le génome **[33].**

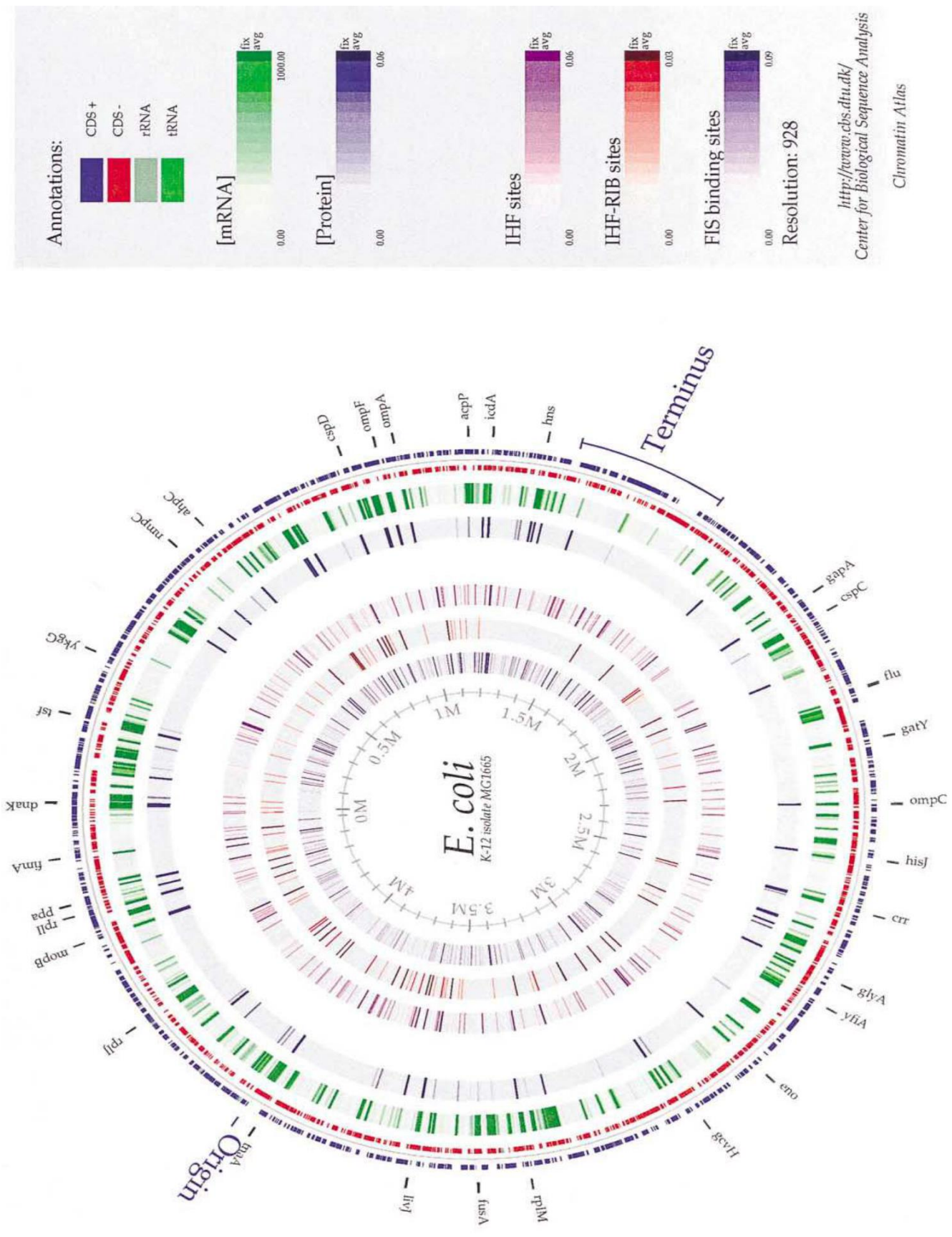

Figure 02 : Organisation de génome d'*E.coli* [33].

II-2-3 Les gènes de virulences chez *E.coli :* tableau 2

Tableau 02 : Facteurs et gènes de virulence des autres pathotypes d'*E. coli* [35].

Pathogènes	Facteurs	Pathogénie	Gènes
ETEC	Fimbriae F Entérotoxines	Adhérence aux villosités Intestinales. Hypersécrétion des Cl-, mal absorption digestive.	F4 et F18. LT, STa et STb.
STEC	Shigatoxines stx1 et stx2 Attachement/ effacement Hémolysine	Production de cytokines et apoptose c. Attachement/effacement des villosités intestinales cellulaires. SHU.	stx1, stx2. Eae. Ehx.
AEEC	Attachement/ effacement	Lésions d'attachement et d'effacement des villosités intestinales	Eae.

II-3 Les entérocoques

II-3-1 Définition des entérocoques

Les Enterococcus (E) étaient classés dans le genre *Streptococcus* (S) **[11].** Ils sont des grams positifs, commensaux du tube digestif **[12]** anciennement appelés streptocoques **[13].**

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de Lance Field. Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs **[14]** non-sporulant **[15]**. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homofermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz **[14]**. Ils sont anaérobies facultatifs **[16].** Il y a 5 espèces reconnues parmi les SF : *S. bovis, S. equinus, S. avium, S. faecalis et S. faecium* **[14].**

Les entérocoques se caractérisent par une résistance native aux céphalosporines médiée par une protéine de liaison à la pénicilline (PLP) **[21]**.

Tous les entérocoques sont naturellement résistants à bas niveau aux aminoglycosides**[22].**
Lors d'infections sévères à entérocoques, les traitements usuels consistent en lacombinaison d'ampicilline et d'aminoglycosides (gentamicine) qui sont connus pour avoir un effet synergique **[17].**

II-3-2 Le génome

II-3-2-1 Caractéristiques de génome

Certaines caractéristiques uniques du génome sont que plus de 25% du génome est constitué de séquences mobiles et / ou l'ADN exogène acquise, qui comprend un certain nombre d' transposons conjugaison et composites, une pathogénicité île, des gènes plasmidiques intégrées des régions phages et nombre de séquence d'insertion élevées [IS].

L'analyse du génome entier identifié 134 protéines exposées qui pourraient être associées à la colonisation ou la virulence.
Le génome d'*E. faecium* est estimé à environ 2,9 Mb, légèrement inférieure à 3,2 Mb de la

souche V583 de *E. faecalis*. Il se compose de 2, 928,706 paires de bases, 20 cadres de lectures ou plus, avec 3309 gènes codant pour des protéines potentielles **[18].**

II-3-2-2 Organisation de génome

Le génome d'*E. faecium* TX16 est constitué d'un chromosome et trois plasmides. Le chromosome (figure3) contient 2698137 des paires de bases avec 2703 ORF codant pour des protéines, 62 ARNt, 6 copies d'ARNr ribosomale et 32 d'autres ARN non codants.

Le chromosome a une teneur en GC de 38,15%, et il montre une inclinaison de GC clairement à l'origine de réplication (Figure 3). Les tailles des trois plasmides (PDO1, PDO2 et PDO3) sont 36.262, 66.247 et 251.926 pb (tableau 3**) [19].**

Tableau 03 : Les caractéristiques générales du génome *E. faecium* TX16 [19].

Caractéristiques	**Chromosome**	**Plasmide pDO1**	**Plasmide pDO2**	**Plasmide pDO3**
taille **(bp)**	2698137	36262	66247	251926
G+C%	38.15	36.51	34.38	35.97
ORFs	2703	43	85	283
ARNr opérons	6	0	0	0
ARNt	62	0	2	0

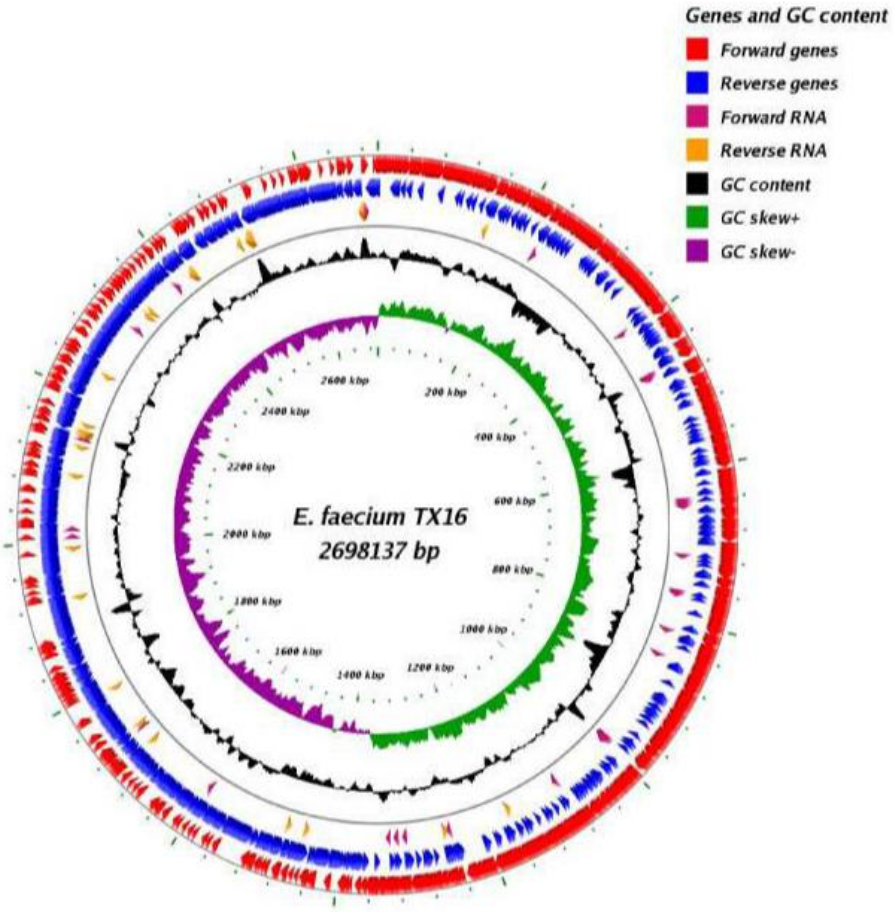

Figure 03 : Le génome d'*E. faecium* TX16 [19].

II-3-3 Les gènes de virulences chez les entérocoques: tableau 4

Tableau 04: Liste des gênes codantes les facteurs de virulences d'entérocoque [20]

Facteurs de virulence	Gènes	locus Homologues	Roles en pathogeneses
Adhesine	Scm	EfaeDRAFT_0418	Adherence
Pili	EbpABC ebpR rnjB	EF1091-EF1093 EF1090 EF1185	formation de Biofilm regulation de locus ebp regulation de locus ebp
Capsule	Eps	EFSG_00424, −25, −26, −31, −33, −35 to −41	Resistance aux phagocytoses

II-4 *Pseudomonas aeruginosa (P.A)*

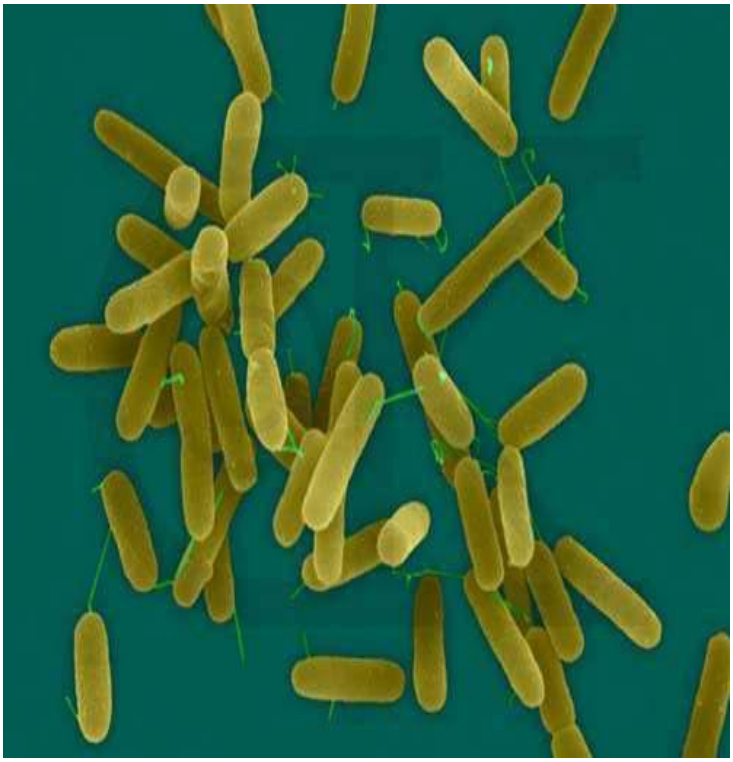

Figure 04 : *P aeruginosa* [36].

II-4-1 Définition de la bactérie

*P. Aeruginosa***,** bacille le plus commun du groupe Pseudomonas, famille des *Pseudomonadaceae*, est mobile grâce à son flagelle simple, Gram^{-} et aérobie stricte **[61]** bâtonnets droits ou incurvés, les flagelles sont polaires **[23].**

C'est une bactérie ubiquitaire qui vit dans des milieux humides et aquatiques **[38].**

Ce genre comprend plus d'une centaine d'espèces ubiquitaires (dont l'espèce type est Pseudomonas aeruginosa généralement dénommée Bacille pyocyanique) cependant de nombreuses espèces sont en cours d'exclusion (De par les progrès de la phylogénétique) ce qui pourrait réduire leur nombre à une soixantaine d'espèces **[12].**

Ils forment des biofilms sur des surfaces humides telles que celles des roches et du sol **[37].**

Cette bactérie représente un problème important de santé publique, comme l'une des principales causes d'infections nosocomiales et comme un agent infectieux pour les patients atteints de fibrose kystique.

La pathogénicité de cette bactérie dépend de la production et la sécrétion de multiples facteurs de virulence qui sont réglementés au niveau transrationnel par la réponse que l'on appelle le quorum sensing (QS) [39].

Elle peut produire des infections graves chez les patients immunodéprimés et est le principal facteur de morbidité et de mortalité chez les patients atteints de fibrose kystique **[37].**

Les infections à *P.aeruginosa*sont toujours difficiles à traiter en raison des résistances naturelles de ce germe **[43].**

II-4-2 Le génome

II-4-2-1 Les caractéristiques de génome

Le premier génome séquencé est de la souche PAO 1 en 1955 **[39].**

Le génome de *P. aeruginosa* est caractérisé par une teneur élevée en G + C.

Elle possède un génome plus grande que celles des deux autres principaux agents pathogènes nosocomiaux *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* qui ont une taille moyenne de 4,721 et 3,118, respectivement gènes **[40**]. Il contient 6,3 millions de paires de bases avec 5570 cadres de lecture prédit ouvert dont le génome code pour environ 6.200 protéines **[37].**

II-4-2-2 Organisation de génome

La figure 05 montre une vue d'ensemble du génome de *p auruginosa*.

Le cercle extérieur indique l'emplacement chromosomique en paires de bases (chaque tic est de 100 kb). La distribution des gènes est représentée par des boîtes de couleur ‘en fonction de la catégorie et la direction de la transcription fonctionnelle (bande extérieure est le brin plus; bande intérieure est le brin moins). Les flèches rouges indiquent les emplacements et les sens de la transcription des gènes de l'ARN ribosomique; flèche verte indique la région inversée qui résulte d'un événement de recombinaison homologue entre ARNr rrnB les flèches bleues, idiquent emplacement des deux régions contenant des bactériophages probables. L'intrigue noire dans le centre est le pourcentage de contenu G + C reporté comme la

moyenne des fenêtres ne se chevauchent pas 1 kb couvrant un brin pour l'ensemble de génome de *P.aeruginosa.*

Les barres jaunes indiquent les régions de 3,0 kb avec G + C contenu de deux écarts - types (<58,8%) en dessous de la moyenne (66,6%) **[41].**

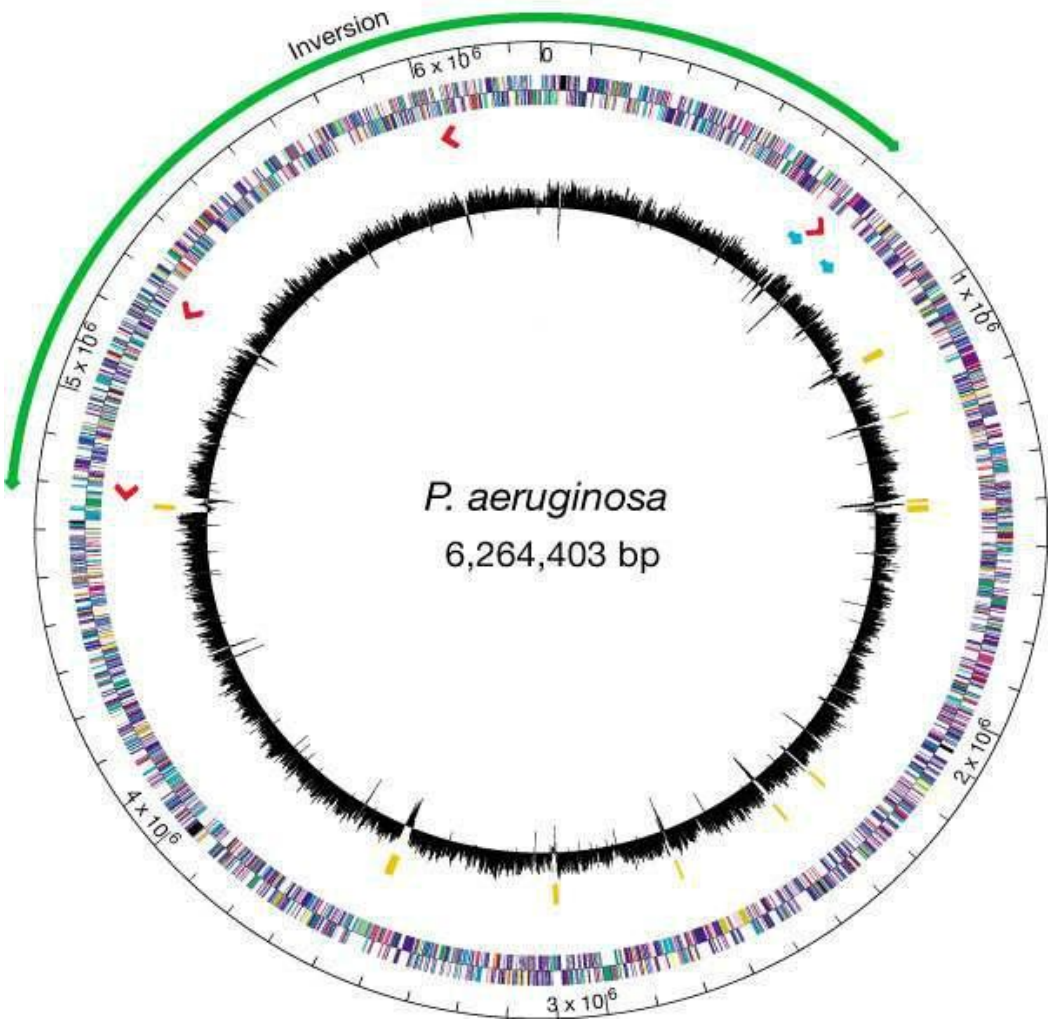

Figure 05 : Organisation de génome de *p auruginosa* [41].

II-4-3 Les gènes de virulences: Tableau 5

Tableau 05 : Les facteurs et gènes de virulence de *pseudomonas auruginosa* [42].

protéines de virulences	**Gènes**
Exotoxine A	*exo A*
Alas	*las A*
Xcp Machinerie	*Xcp*
Elastase LasB	*las B*
Protease alkaline	*apr A*
Rhamnolipide	*Rhl*
Pyocyanine	*Pycn*

Le Quorum sensing peut se définir comme un système de régulation de la transcription de gènes (notamment ceux impliqués dans la virulence) déclenché par la densité bactérienne. En termes de physiologie et d'adaptation : les bactéries " attendent " d'être en quantité suffisante pour sécréter des protéines de virulence. Les responsables de cette synthèse protéique sont des gènes en cours d'identification. Ils sont sous le contrôle de ce système de Quorum sensing avec un gène las responsable de la synthèse d'une protéine lasR et un gène lasI responsable de la synthèse des homosérines lactones. L'ensemble va devenir activateur transcriptionnel pour la production de toute une série de protéines responsables de la virulence de *Pseudomonas aeruginosa*.Ce système de Quorum sensing joue probablement un rôle important dans la pathogénicité **[42].**

Les gènes régulants sont : lasR – lasI – rhlR – rhlI **[42].**

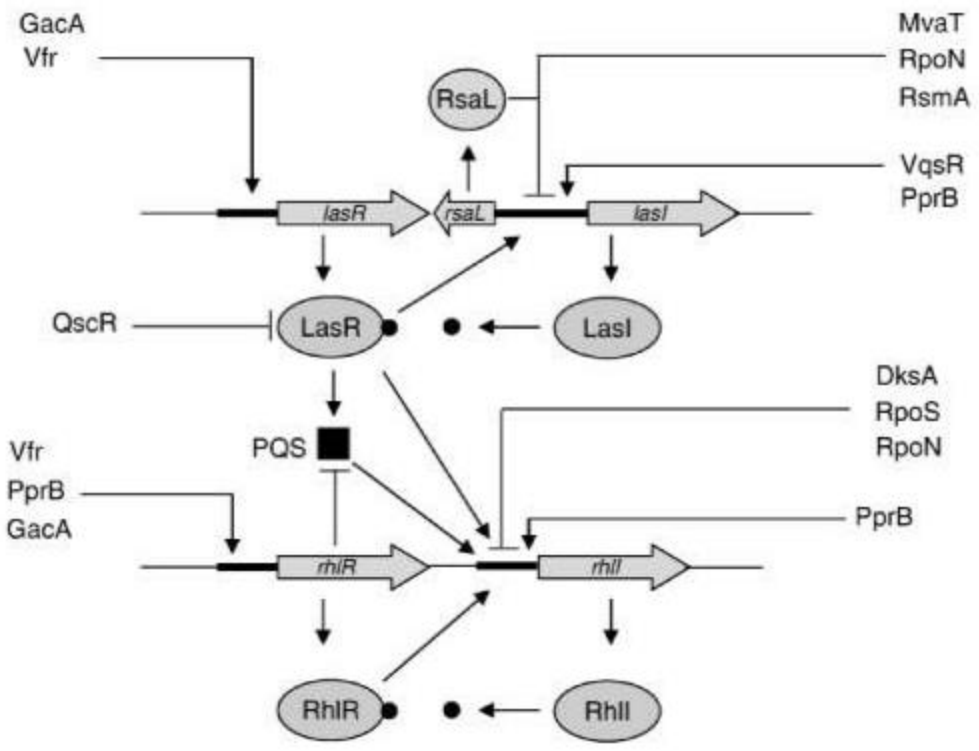

Figure 06 : Représentation schématique de mécanisme de Q. S chez *P auruginosa* [42].

II-5 *Staphylococcus aureus*

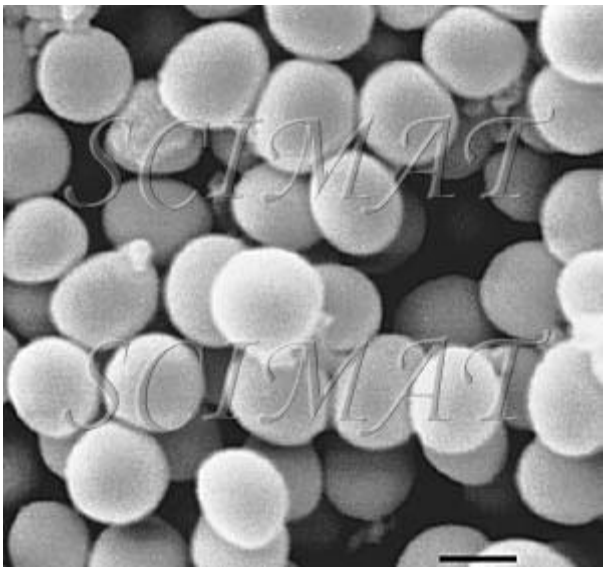

Figure 07 : *Staphylococcus aureus* [45].

II-5-1 Définition de la bactérie

Le *Staohylococcus aureus (S.A)* a été découvert en 1880 **[57].**

Les bactéries du genre *Staphylococcus* sont des coques (cocci) à Gram positif, groupés en amas ayant la forme de grappes de raisin, immobiles, non sporulés, catalase positive et oxydase négative **[12].** Elle a une forme sphérique les bactéries d'environ 1 Um de diamètre **[46].**

Les Staphylocoques sont facultatifs et possèdent une catalase qui permet de les différencier des Streptocoques. Ils sont asporulés et en général sans capsule. Les Staphylocoques dits à coagulase positif comme S. aureus ont un pouvoir pathogène important du à la présence de l'enzyme staphyloco agulase **[47].**

Le *Staohylococcus aureus* (*S.aureus*) est une bactérie commune ou germe qui peut vivre dans le nez, la peau ou dans l'intestin **[48]** et colonise la peau et des surfaces muqueuses de l'être humain ainsi que de plusieurs espèces animales **[49].**

S. aureus est équipé d'un grand nombre de facteurs de surface favorisant la colonisation de l'hôte **[52].**

S.A. résiste aux pénicillines M et à toutes les β-lactamines. La résistance est souvent associée à d'autres résistances (aminosides, fluoroquinolones et à pénicillinase) **[58].**

II-5-2 Le génome

II-5-2-1 Les caractéristiques de génome

Les premières séquences du génome des souches de *S. aureus* MU50 et N315 ont été publiés en 2001 **[50].**

Le génome complet de la souche *S. aureus* T0131 contient un seul chromosome circulaire de 2913900 pb, avec une teneur en GC de 32,8%, et aucun élément extra chromosomique. Au total, 2.711 gènes codant pour des protéines, 54 des gènes codant pour les ARNt, 6 opérons d'ARNr **[46].**

II-5-2-2 Organisation de génome

Affichage circulaire de chromosome de la souche *S. aureus*.

Les barres vertes à l'intérieur de la première (externe) cercle échelle indiquent les positions des îlots génomiques.

Le deuxième cercle montre des cadres de lecture ouverts orientés dans la direction vers l'avant, tandis que le troisième cercle indique celles qui sont orientées dans le sens inverse.

Les quatrième et cinquième cercles montrent les gènes de l'ARN et de transfert des ARN, respectivement.

Le sixième cercle représente les valeurs de contenu G + C. le Violet indique les domaines avec G + C des teneurs supérieures à 50% **[51].**

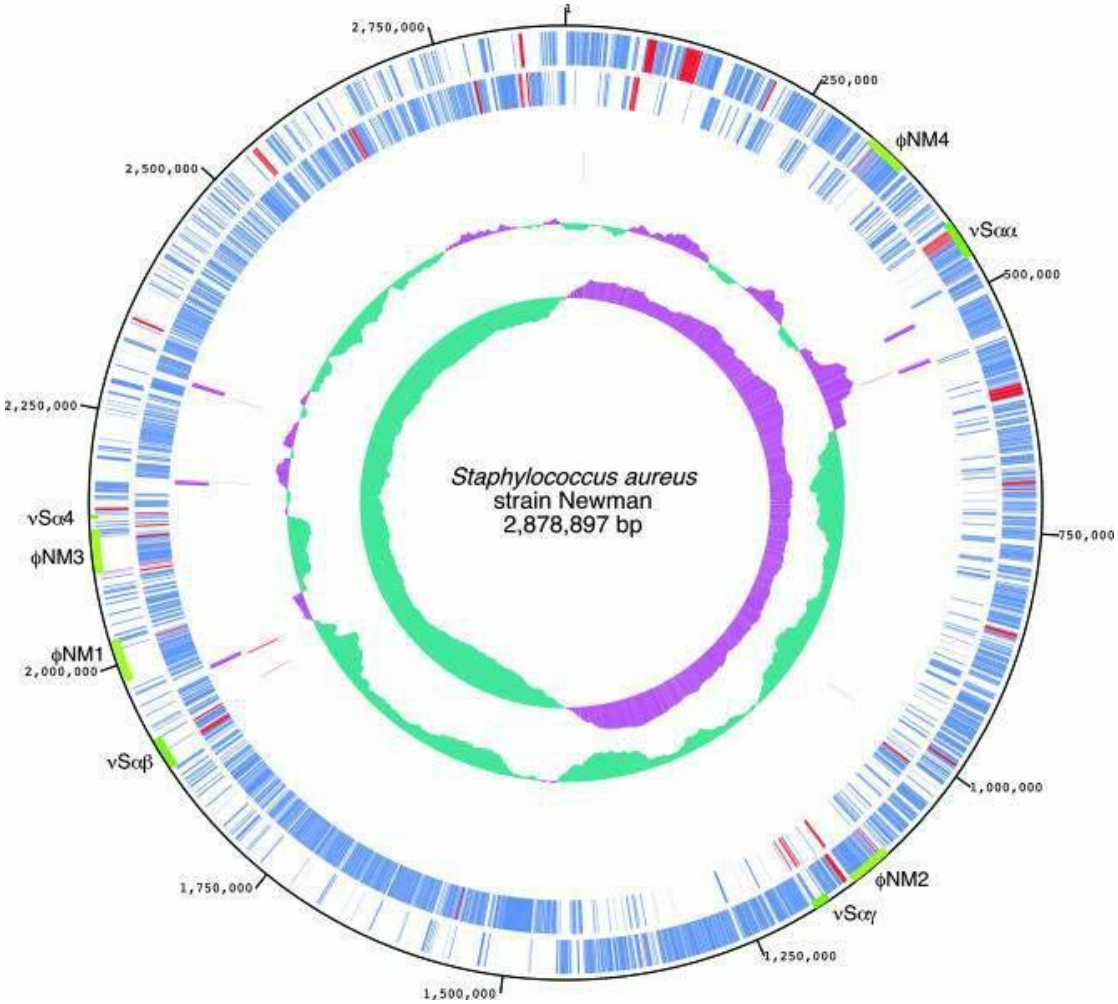

Figure 08 : Le génome de *Staphylococcus aureus* [51].

II-5-3 les gènes de virulences de *Staphylococcus aeurus*

Tableau 06 : liste des gènes codants les facteurs de virulences de *Staphylococcus aeurus* [55].

Facteurs de virulence	Gènes	Rôle
Protéine A	*coa* *spa*	Réagit avec la prothrombine pour former un complexe qui peut cliver le fibrinogène et causer la formation d'un caillot de fibrine. Liaison au fragment Fc de l'immunoglobuline G et inhibition de la phagocytose.
Protéinases	*Ssp*	Hydrolysent les proteins.
Entérotoxines (A, B, C, D, E et F)	Ent	Neurotoxine ayant une activité superantigène sur les lymphocytes T.
Hémolysines (alpha, beta, delta et gamma)	*hla, hlb,hld et hlg*	Lyse les erythrocytes.
Exfoliatines A et B	*eta, etb*	Toxine causant la perte des couches superficielles de la peau dans le syndrome de la peau ébouillantée.
Lipases et phospholipases	*Plc*	Activité enzymatique sur les lipides et les phospholipides.
Déoxyribonucléase		Enzyme hydrolysant l'ADN.
		Liaison au plasminogène et

Staphylokinase	*sak*	transformation en plasmine qui a une activité fibrinolytique et protéolytique. Aide à la dissémination.
Toxine-1 du syndrome de choc (TSST-1)	*Tst*	Activité superantigène.
Facteurd'agglutination	*clfA*	Liaison aux fibrinogens.
Leucocidine (PVL)	*luk*R, *luk*F et *luk*S	Inhibe la phagocytose par les granulocytes et les macrophages tout en les détruisant.
Protéines de surface	*fnb*A, *fnb*B, *can*	Liaison à la fibronectine, au collagène, etc.
Capsule	*Cap*	Inhibe la phagocytose et l'adhérence aux cellules épithéliales, endothéliales et aux monocytes.
Staphyloférrine B	NWMN_2079-2082	Sidérophore.
Bactériocines	Bsa	Inhibe les bactéries à Gram négatif.

CHAPITRE III

TRAITEMENT DES

EAUX USEES.

I – Définition de traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées sert à éviter le plus possible de la pollution de milieu naturel. Aujourd'hui, les stations de traitement des eaux usées sont devenues des usines de dépollution compactes, couvertes, désodorisées et automatisées. Elles mettent en oeuvre des traitements de plus en plus performants, capables d'éliminer à la fois les différentes substances polluantes carbonées, azotées et phosphorées. Ces stations sont dimensionnées pour traiter une certaines charges de pollution et assurer un rejet conforme aux valeurs limites définies par l'arrêté préfectoral d'autorisation **[62]**.

II- Les étapes de traitement des eaux

Les différentes étapes du traitement des eaux usées sont classiquement les suivantes :

II-1 Le prétraitement

Consistent à débarrasser les eaux usées des polluants solides les plus grossiers (dégrillage, dégraissage). Ce sont de simples étapes de séparation physique **[63].**

II-2 Le traitement primaire

Le traitement primaire regroupe les procédés physiques ou physico-chimiques visant à éliminer par décantation une forte proportion de matières minérales ou organiques en suspension. A l'issue du traitement primaire, seules 50 à 60 % des matières en suspension sont éliminées. Ce traitement primaire ne permete d'obtenir qu'une épuration partielle des eaux usées. Ils ont d'ailleurs tendance à disparaitre en tant que seul traitement, notamment lorsque l'élimination de la pollution azotée est requise. Pour répondre aux exigences réglementaires, une phase de traitement secondaire doit être conduite **[64]**.

Le principe du traitement physico-chimique

Utilisation d'adjuvants chimiques pour éliminer les matières en suspension. Il comporte une phase de coagulation (agglomération des colloïdes par addition par exemple de sels de fer ou d'aluminium), une phase de floculation et une phase de décantation pour assurer la séparation entre solide et liquide suite à l'injection des agents floculants tel le charbone

actif en poudre. Ces traitements acceptent les variations brutales de charges polluantes, mais ils sont très coûteux en exploitation selon les adjuvants chimiques utilisés **[63].**

II-3 Le traitement secondaire

Il s'agit d'un traitement biologique dont l'objectif est l'élimination de la pollution carbonée, azotée et phosphorée. Le principe de l'épuration par voie biologique consiste, dans un premier temps, à faire assimiler la pollution carbonée par des microorganismes dont l'activité est améliorée en la plaçant dans des conditions optimales, la pollution de l'eau est alors transformée en biomasse. Puis cette biomasse est extraite de l'eau sous forme de boues **[62].**

Le principe du traitement biologique

Il permet la biodégradation des matières organiques des eaux usées grâce à des bactéries aérobies ou anaérobies dans des systèmes suivants :

- **Système intensif** à cultures fixes telles que les lits bactériens et les disques biologiques ou à cultures libres telles que les boues activées.
- **Système extensif** dont le plus répandu et le plus classique est le lagunage surtout dans les pays à climat chaud et où le terrain est disponible à coût raisonnable. Il consiste en un lent écoulement de l'affluent dans un ou plusieurs réservoirs plus ou moins profonds **[63].**

II-3-1 Les boues activées

Le traitement par boues activées est très largement utilisé. Il s'agit d'un réacteur qui contient les eaux à traiter mélangées avec microorganismes floculant et de l'oxygène dissous. Les bactéries consomment la matière organique et contribuent à l'élimination de l'azote et du phosphate. Le bassin d'aération est équipé d'un système d'aération fonctionnant en discontinu. La nitrification s'effectue durant les phases aérobies et la dénitrification durant les phases d'anoxie **[62].**

II-3-2 Lits bactériens anaérobie

Si les réactions s'effectuent à l' abri de l'air, en milieu réducteur, le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de CO2, méthane et biomasse. Ce type de traitement appelé «digestion anaérobie » n'est utilisé que pour des effluents très concentrés en pollution carbonées, de type industriel (basserie, sucrerie, conserverie ...) **[65].**

Dans ce traitement l'oxygène n'est présent que dans les couches supérieures et dans laquelle, seule, une partie des M.E.S. est maintenue en suspension **[64].**

II-3-3 Lits bactériens aérobie

Si l'oxygène est associé aux réactions. Cette voie est celle qui s'instaure spontanément dans les eaux suffisamment aérées, le carbone organique se retrouve sous forme de CO2 et de biomasse **[65].**

Dans ce traitement l'oxygène et les M.E.S. sont uniformément répartis dans tout le bassin **[64].**

II-3-4 Les disques biologiques

Les biodisques sont des bioréacteurs dans lesquels des disques fixés sur un axe horizontal sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces biodisques se développe un biofilm bactérien. Lors de leur émersion, ces bactéries respirent dans l'air l'oxygène nécessaire à leur survie, tandis que pendant leur immersion dans les eaux usées, elles absorbent comme nourriture la pollution dissoute dans les eaux usées (Figure3).Avec le temps, le biofilm grossit et vieillit, puis finit par se détacher sous forme de flocs de boues des disques rotatifs. Ces résidus de boues biologiques sont entraînés vers un décanteur secondaire, où s'opère alors leur séparation avec les eaux épurées. Les boues biologiques sont généralement recyclées par pompage vers un digesteur pour y être minéralisées **[62].**

II-4 Le traitement tertiaire

Ce traitement est à la fois physico-chimique et biologiques. On les réalise après les traitements primaires et secondaires afin d’éliminer des éléments nutritifs résiduels, des

polluants organiques résistants, des métaux et des pigments. Par exemple, on peut utiliser des traitements biologiques avancés pour éliminer le phosphore par le Déplacement Nutritif Biologique (DNF). On fait passer l'eau par différents réservoirs avec des bactéries et dans des conditions environnementales différentes (différence de concentration en dioxygène par exemple).

On récupère ensuite les boues lors d'un nouveau passage dans un clarificateur **[66].**

II-5 La désinfection

La désinfection a pour but de détruire tous les organismes nocifs qui sont présents dans l'eau pour la rendre propre à la consommation **[67].**

Elle consiste à détruire le microorganisme pathogènes encore présent dans l'eau après la filtration. Plusieurs substances chimiques peuvent être utilisées comme désinfectant. Le chlore est employé sous formes de solutions Hypochlorite de calcium Ca_2Cl ou de sodium (Na Cl). Il peut aussi être utilisé sous forme gazeux **[68].**

Il existe actuellement quatre méthodes courantes pour la désinfection de l'eau : la chloration de l'eau, l'ozonation, la stérilisation par les rayons U.V, la microfiltration

II-5-1 la chloration de l'eau

La désinfection par le chlore est la plus utilisée car moins coûteuse et plus facile à mettre en application. En effet, le chlore et ses composés (exemple l'hypochlorite de calcium) sont bons marchés et faciles à obtenir. Il faut noter que son pouvoir rémanent fait de lui un produit très conseillé pour la désinfection de l'eau. Ses désavantages sont : il donne un goût caractéristique à l'eau, certains de ses dérivés **[69].**

II-5-2 l'ozonation

Le traitement de l'eau avec l'ozone est un procédé automatique qui permet de détruire les matières organiques, les bactéries, les germes et les virus. L'ozone désinfecte, améliore la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. Il se décompose facilement en oxygène sans laisser de produits dérivés dans l'eau comme le chlore. Il y a moins de produits chimiques qui agressent les yeux, la peau ou les cheveux. L'ozone étant très instable, il faut donc le préparer au fur et à

mesure des besoins.

Ses désavantages sont : sa production consomme de l'énergie, son utilisation est assez complexe et demande un investissement de départ très important, il ne possède pas de pouvoir rémanent **[69].**

II-5-3 la stérilisation par les rayons U.V

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes.

Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées. La durée d'exposition nécessaire est très courte (20 à 30 s) **[69].**

II-5-4 La microfiltration

Les micros filtres utilisés ont des pores suffisamment petits (0,2 micromètre) pour arrêter les bactéries présentes dans l'eau. Le système est très simple et les bactéries sont enlevées de l'eau et pas seulement inactivées. Mais c'est un système coûteux à l'utilisation car il faut renouveler régulièrement les cartouches filtrantes, il n'y a aucun effet sur les virus et n'a pas de pouvoir rémanent **[69].**

III- Contrôle de qualité d’eau

Les analyses s'effectuent aux différents points critiques des chaînes de traitement dans le but de vérifier l'efficacité des traitements et d'apporter les mesures et actions correctives en cas de non-conformité **[70].**

VI -Les normes de la potabilité d’eau

Une eau potable peut être définie comme une eau qui, lorsqu'elle est bue de façon permanente, ne présente aucun risque pour la santé. Et ceci lorsqu'elle respecte les normes de potabilité. Les normes de qualité de l'eau potable sont très rigoureuses. Elles s'appuient en général sur les travaux médicaux établissant les doses Maximales Admissibles (DMA), c'est-à-dire la quantité de telle ou telle substance qu'un individu peut absorber sans danger

quotidiennement tout au long de sa vie. La qualité bactériologique doit être assurée en toutes circonstances et faire l'objet d'une surveillance très stricte **[69].**

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène. La qualité microbiologique est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche de bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale.

Il est indispensable de toujours contrôler la qualité de l'eau après son traitement et avant sa consommation parce que ce dernier peut être défaillant ou que la qualité de l'eau peut s'altérer avant son arrivée au robinet du consommateur **[69]**