

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N° Réf :



Centre Universitaire

Abdel Hafid Boussouf Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme Master

En : - Domaine : Science de la nature et de la vie

- Filière : Ecologie et environnement

- Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Thème

***Contribution à l'étude de la qualité
bactériologique et physico-chimique de l'eau des
plages de la ville de Jijel (Cas des plages Kotama
et Beni Belaid)***

Préparé par :

 **KALKOUL Ines**

Soutenu devant le jury :

- Président : Dr.BRAHMIA Hafid MCB Centre Universitaire de Mila**
- Examineur : Dr.ELAICHAR Mehdi MCB Centre Universitaire de Mila**
- Promoteur : Dr.MERZOUG Seyf Eddine MCB Centre Universitaire de Mila**

Année universitaire : 2020/2021

Remerciement

Avant tout, nous remercions notre créateur « Allah » tout puissant qui nous guidé, donné la force, la santé et la volonté pour réaliser ce travail et arriver à ce stade scientifique.

Nous adressons mes sincères remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail :

*Monsieur **El Aïchar M.** maître de conférences en biologie au centre universitaire de Mila d'avoir accepté de présider le jury.*

*Nous exprimons toute notre gratitude à Monsieur **Brahmia H.** maitres de conférences en biologie au centre universitaire Mila d'avoir accepté d'examiner notre travail*

*Avec beaucoup de gratitude nous remercions exclusivement mon encadreur Monsieur **Merzoug Seyf Eddine.***

Nous remercions aussi Mademoiselle Sabah responsable du laboratoire dans la station d'épuration Ferdjioua AIN BAIDA HARRICHE ainsi que le chef de la statione

En dernier, nos vifs remerciements à toute personne qui ma soutenue durant ce long parcours.

Dédicace

Louange à Dieu tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu

Je dédie ce modeste travail :

*A mon très cher père **Achour***

Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.

Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi.

Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

*A ma très chère mère **Saida***

Aucune dédicace très chère maman, ne pourrait Exprimer la profondeur des sentiments que j'éprouve pour Vous, vos sacrifices innombrables et votre dévouement Firent pour moi un encouragement.

Vous avez guetté mes pas, et m'avez couvé de Tendresse, ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand Secours pour mener à bien mes études.

Vous m'avez aidé et soutenu pendant de nombreuses Années avec à chaque fois une attention renouvelée.

Puisse Dieu, tout puissant vous combler de santé, de Bonheur et vous procurer une longue vie.

*A mes adorables sœurs : **Bassama, yousra, omayma** qui ont prodigué soin, écoute et assistance.*

*Ainsi pour mon petit frère : **Mohamad amine**.*

*Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à Mon encadreur Monsieur **Merzoug seyf eddine**, Prof à L'Université de Mila, de m'avoir proposé le sujet de Mon mémoire. Je le remercie aussi de son suivi permanent De mon travail, ses remarques et suggestions sans Lesquelles ce mémoire n'aurait pas lieu*

SOMMAIRE

Liste des abreviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Résumé	
Introduction	1

Chapitre I: Généralités sur l'eau et les milieux aquatiques

Partie 01 : Généralités sur l'eau

1. Définitions de l'eau :	3
2. Les types des eaux :	3
2.1. Les eaux souterraines :	3
2.2. Les eaux de surface :	3
2.3. Les eaux des mers et océans :	4
2.4. Les eaux usées :	4
3. Le cycle de l'eau :	4
3.1 Evapotranspiration :	4
3.2 Précipitations :	5
3.3 Ruissellement :	5
3.4 Infiltration :	5
4. Utilisations de l'eau :	5
4.1. Utilisation de l'eau dans l'industrie :	5
4.2. Utilisation de l'eau en agriculture :	6
4.3. Les usages liés aux loisirs :	6
4.4. Autres utilisations :	6
5. Importance de l'eau :	7
6. La pollution de l'eau :	7
6.1. Origine des pollutions :	8

SOMMAIRE

6.1.1.	La pollution domestique :	9
6.1.2.	La pollution industrielle :	9
6.1.3.	La pollution agricole :	9
6.1.4.	Les phénomènes naturels :	9
6.2.	Les différents types de pollution des eaux :	9
6.2.1.	La Pollution organique :	9
6.2.1.1.	Les pollutions organiques facilement biodégradables :	10
6.2.1.2.	Les pollutions organiques difficilement biodégradables :	10
6.2.1.3.	Les pollutions organiques toxiques :	10
6.2.2.	Pollution chimique :	10
6.2.3.	Pollution biologique :	11
6.2.3.1.	Les micro-organismes polluants :	11
6.3.	Les principaux polluants :	11
6.3.1.	Les métaux lourds :	11
6.3.2.	Les hydrocarbures :	12
6.3.3.	Les matières en suspension (MES) :	12
6.3.4.	Les Eléments nutritifs :	12
6.4.	Les conséquences de la pollution des eaux :	13
6.4.1.	Sur la santé :	13
6.4.2.	Sur l'environnement :	13

Partie 02 :Les milieux aquatiques

1.	Ecosysteme aquatique :	14
2.	Type des ecosistemas aquatiques :	14
2.1.	Ecosystèmes continentaux :	14
2.1.1.	Les écosystèmes du domaine lotique :	14
2.1.2.	Les écosystèmes du domaine lentique (ou limnique) :	14

SOMMAIRE

2.2. Les écosystèmes aquatiques marins :	14
2.2.1. Les provinces néritiques :	15
2.2.2. Les provinces océaniques :	15
3. Les écosystèmes de transition : les écotones	15

Chapitre II: Description de site d'étude

1. Situations géographiques de la wilaya de Jijel :	16
2. Hydrographie :	16
2.1 réseau hydrographique :	16
3. Climat :	17
3.1. Etude climatique :	17
3.1.1. Température :	17
3.1.2. La précipitation :	18
3.1.3. L'humidité :	19
3.1.4. Le vent :	19
3.2. Synthèse climatique :	19
3.2.1. Diagramme ombro-thermique de bagnouls et gaussen :	19
3.2.2. Quotient pluviométrique d'emberger :	20
4. Données océanographiques :	21
4.1. Les houles :	21
4.2. La marée :	22
4.3. Les courants :	22
5. Caractéristiques géologiques :	23
6. Milieu biologique faune aquatique :	23

Chapitre III :Matériel et méthodes.

1. Descriptions la zone d'étude :	25
2. Échantillonnage :	26

SOMMAIRE

2.1. Matériel d'échantillonnage :	26
2.2. Méthode de prélèvement :	27
2.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons :	28
2.4. Transport et conservation des échantillons avant l'analyse :	28
3. Choix des stations de prelevement :	29
4. Nature et periode de prelevement :	30
5. Analyses physico-chimiques :	31
5.1. La température :	31
5.2. Le pH :	31
5.3. La conductivité électrique (CE) :	32
5.4. Matières en suspension (MES) :	33
5.5. L'oxygène dissous (OD) :	34
5.6. Nitrite NO_2^- :	34
5.7. Nitrates NO_3^- :	34
6. Les analyses microbiologiques :	35
6.1. Matériel de laboratoire :	35
6.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification <i>d'escherichia coli</i> en milieu liquide (méthode de npp) :	36
6.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (entérocoques) :	39
6.4. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito- réductrices asr (clostridium) :	41
6.5. Recherche des germes pathogènes :	43
6.5.1. Recherche des staphylocoques :	44
6.5.2. Recherche de <i>shigella</i> :	45
6.5.3. Recherche de <i>salmonella</i> :	45
6.5.4. Recherche de <i>vibrio cholérique</i> :	46
6.5.5. Recherche de <i>pseudomonas aeruginosa</i> :	47

SOMMAIRE

6.6.	L'identification :.....	49
6.6.1.	Examen macroscopique des caractères culturaux :.....	49
6.6.2.	Examen microscopique :.....	49
6.6.3.	Examens liés aux caractères biochimiques :.....	51
6.7.	L'API20 E :.....	52

Chapitre IV: Résultats et Discussion

1.	Resultats des analyses physico-chimiques :.....	52
1.1.	La température (T°) :.....	52
1.2.	Le potentiel hydrique de l'eau (pH) :.....	53
1.3.	Conductivité électrique (CE) :.....	54
1.4.	L'oxygène dissous (OD) :.....	55
1.5.	Matières en suspension (MES) :.....	56
1.6.	Nitrate (NO ₃ ⁻) :.....	57
1.7.	Nitrite (NO ₂ ⁻) :.....	58
2.	Resultats les analyses microbiologiques :.....	59
2.1.	Recherche et dénombrement des coliformes totaux :.....	59
2.2.	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :.....	60
2.3.	Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (asr) (clostridium) :.....	62
2.4.	Recherche et identification des germes bactériennes :.....	62
2.4.1.	Identification macroscopique des colonies :.....	63
2.4.2.	L'identification microscopique des bactéries :.....	66
2.5.	L'identification biochimique :.....	68
	Conclusion et perspectives	70
	References bibliographiques	72

Annexe

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol

BGN : Bacilles Gram négatifs

C : Carbone

C° : Degré Celsius

Cd : cardium

CF : Coliformes fécaux

Cm : Centimètre

CO₂ : Dioxyde d'oxygène

CE : la conductivité électrique

COV : Composé Organique Volatile

CT : Coliformes totaux

STEP : Stations d'épurations Ain Baida Harriche

Fig. : Figure

Eva Litsky : Bouillon à l'éthyle violet et azide de sodium.

E. coli : *Escherichia coli*

GEL : Gélatine

GNAB : Gélose nutritif Alcaline Bilée

h : heure

H : Hydrogène

H : Hauteur

Hm³ : hectomètre cube

IND : Indole

K° : Kelvin

Km : Kilomètre

Km² : kilomètre carré

m : mètre

MES : Matière en suspension

mg : milli gramme

NO₂⁻ : nitrite.

NO₃⁻ : Nitrate.

T : Température.

Rothe : Bouillon à l'azide de sodium.

mg/l : milli gramme par litre

ml : Milli litre

mm : millimètre

m² : mètre carré

m³ : mètre cube

m/s : mètre par seconde

Nbr : Nombre

NPP : Nombre plus probable

N° : Numéro

P : Précipitation

PH : Potentiel Hydrogène.

Q : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

ROTH : Bouillon à l'azide de sodium

S/C : Simple concentration

SF : Streptocoques fécaux

SS : *Salmonella-Shigella*

μS: Micro siemens.

T : Température

Tab : tableau

μm : Micromètre

VF : Viande Foie

% : pourcent

± : plus ou moins

(+) : positive

(-) : négative

> : Supérieure

< : Inférieure

≤ : Inférieure ou /et égale

- : Caractère négatif.

+ : Caractère positif.

° : Degré.

Tableau N°	Titre	Page
1	Récapitulatif des données climatiques de la région d Jijel 2006 / 2015	17
2	Présentation du point de prélèvement.	30
3	Nature et période du prélèvement	31
4	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température	53
5	Grille d'estimation de la qualité de l'eau selon le pH	54
6	Grilles d'évaluation SEQ EAU	56
7	Grilles d'évaluation SEQ EAU des Matières en suspension	57
8	Grille de qualité des eaux en nitrates	58
9	Grille de la qualité des eaux en nitrite	59
10	Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteur (ASR/20ml)	62
11	Aspects macroscopiques des colonies bactériennes isolées durant notre étude	63
12	Les espèces identifiées par L'API 20 E	68
13	Tableau de Mac GRADY	Annexe 1
14	Lecture de L'API20 E	Annexe 2

Figure N°	Titre	Page
1	Cycle de l'eau	5
2	Usage d'eau	7
3	Ecosystèmes aquatiques (les grands domaines)	15
4	Carte d'Algérie	16
5	Carte de la wilaya de Jijel	16
6	Variation de la moyenne de la température mensuelle dans la région d'étude Jijel	18
7	Variation de la moyenne de précipitation mensuelle dans la région d'étude Jijel	18
8	Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen de la région d'étude Jijel	20
9	Courbe d'Emberger de la région Jijel	21
10	Transport des Prélèvements	29
11	Points de prélèvement plage Kotama	29
12	Points de prélèvement plage Beni Belaid	30
13	pH mètre	32
14	La Conductimètre	33
15	Protocole de recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d' <i>E. coli</i> dans les eaux. (Méthode de NPP)	39
16	Protocole de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	41

	dans les eaux (Méthode de NPP)	
17	Protocole de la recherche et du dénombrement des Clostridium. Sulfito-réducteurs	43
18	Protocole de recherche des germes pathogènes des eaux	46
19	Protocole de recherche des Pseudomonas dans les eaux	48
20	Procédure de la coloration de Gram	51
21	Teste catalase positif	51
22	Préparations d'API20 E	53
23	Variation de la température des eaux des plages Kotama et Beni Belaid	52
24	Variation de pH des eaux des plages Kotama et Beni Belaid	53
25	Les variations de la conductivité électrique des eaux des plages Kotama et Beni Belaid	54
26	Variations d'oxygène dissous des eaux des plages Kotama et Beni Belaid	55
27	Variation de Matière en suspensions des eaux des plages Kotama et Beni Bealid	56
28	Les variations du nitrate des eaux des plages Kotama et Beni Belaid	57
29	Les variations du nitrite des eaux des plages Kotama et Beni Belaid	58
30	Dénombrement des coliformes totaux des eaux des plages Kotama et Beni Belaid	60
31	Estimation des coliformes totaux/ml des eaux des plages Kotama et Beni Belaid	60

32	Dénombrement des streptocoques fécaux des eaux des plages Kotama Et Beni Belaid	61
33	Estimations des streptocoques fécaux/ml des eaux des plages Kotama et Beni Belaid	61
34	Aspect des colonies sur le milieu Hektoen	63
35	Aspect des colonies sur le milieu SS	64
36	Aspect des colonies sur milieu	64
37	Aspect des colonies sur le milieu Chapman	65
38	Aspect des colonies sur le milieu cétrimide	65
39	Aspect des colonies sur le milieu VF	66
40	Bacilles, Gram négatif à partir du Hektoen	66
41	Coccobacille Gram négatif à partir de milieu BCPL	67
42	Bacille Gram négatif à partir du milieu VF	67
43	Cocci Gram positive à partir du milieu Chapman	68
44	Profile biochimique de la souche <i>Serratia odorifera 1</i>	69
45	Profile Biochimique de la souche <i>Serratia odorifera 2</i>	69
46	Profile Biochimique de la souche <i>Enterobacter sakazakii</i>	69
47	Profile Biochimique de la souche <i>Klebsiella pneumonie</i>	69

Résumé

Au cours de notre étude réalisée pendant les trois mois (Avril, Mai et Juin) les analyses physico-chimiques effectuées ont montré une qualité bonne à excellente des eaux des plages de Kotama et Beni Belaid. En ce qui concerne les analyses bactériologiques le dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale a montré des concentrations plus ou moins élevées en coliformes et en streptocoques fécaux surtout à la plage de Kotama, ainsi que la présence de quelques germes pathogènes (*Serratia*, *Klebsiella...* etc.). Ces résultats montrent la nécessité d'un traitement préalable des eaux de l'Oued qui sont déversés directement dans les eaux des plages, pour améliorer leur qualité selon les normes requises pour protéger l'environnement et la santé humaine.

Mots clé : plage de Kotama, Beni Belaid, analyse physico-chimique, analyse bactériologique, contamination fécale, santé humaine

During our study carried out during in three months (April, May and June) the physico-chemical analysis carried out showed a good to excellent quality of the waters of the beaches of Kotama and Beni Belaid . With regard to bacteriological analyses the count of germs indicating fecal contamination showed more or less high concentrations of coliforms and faecal streptococci especially at the beach of Kotama, as well as the presence of some pathogenic germs (Serratia, Klebsiella...etc.). These results show the need for prior treatment of the waters of the oued that are discharged directly into the waters of the beaches, to improve their quality according to the standards required to protect the environment and human health.

Keywords: Kotama beach, Beni Belaid, physico-chemical analysis, bacteriological analysis, fecal contamination, human health.

أثناء دراستنا التي أجريت خلال الأشهر الثلاثة (أفريل، ماي و جوان) أظهرت التحليلات الفيزيائية الكيميائية نوعية هذه المياه من جيدة إلى ممتازة لكل من شواطئ كوتاما و بني بلعيد. وفيما يتعلق بالتحاليل البكتريولوجية ، أظهرت وجود تركيزات عالية في الجراثيم التي تتمثل في القولونيات البرازية والعقديات البرازية ، خاصة في شاطئ كوتاما ، كما وتدلل هذه النتائج على ضرورة (سيراتيا، كلابسيالا... الخ) أظهرت التحاليل عن وجود بعض الجراثيم المسببة للأمراض المعالجة المسبقة لمياه الوادي التي يتم تصريفها مباشرة في مياه الشواطئ لتحسين نوعيتها وفقا للمعايير اللازمة لحماية البيئة وصحة الإنسان

الكلمات الرئيسية: شاطئ كتامة ، بني بلعيد ، التحليل الفيزيائي الكيميائي ، التحليل البكتريولوجي ، التلوث

Introduction



La terre est généralement appelée la « planète Bleue » car l'eau représente trois quarts de sa surface (**Kherifi et al., 2016**).

L'eau est indéniablement un élément vital et indispensable pour une vie normale, elle couvre 70% de la planète, c'est une molécule simple aux propriétés complexes qui existe dans la nature sous les trois formes « gaz, liquide et solide » et joue un rôle important dans tous les cycles biogéochimiques des éléments. Son importance pour l'économie ne cesse de croître, sa demande et son approvisionnement deviennent de plus en plus difficile à acquérir (**Rouaiguia et al., 2009**).

Les océans et les mers sont des étendues d'eau salée contrairement aux fleuves, rivières et lacs. Dans l'hémisphère Nord, ils représentent 61 % de la surface contre 81 % dans l'hémisphère Sud (**Djamaa et al., 2011**).

L'océan mondial comprend l'ensemble des océans et des mers de notre planète : ils se distinguent par leurs dimensions. Les océans ont une vaste superficie et une forte profondeur. Ils sont séparés par les continents. Moins étendues et moins profondes. Ils représentent un volume, une masse d'eau considérable estimée à 1 370 millions de kilomètres cubes, soit 97 % de l'eau qui existe sur la Terre (**Ayada, 2003**).

Les mers sont plus petites que les océans. Elles se situent à la bordure des océans et s'en distinguent par une salinité, des courants et un rythme de marées différents. La température de l'eau de mer de surface est en moyenne de 17,4 °C, mais elle varie suivant les zones climatiques, la saison, la profondeur. La composition de l'eau marine est complexe. On y trouve un nombre important d'éléments, les plus représentés étant le chlore (55 %), suivi par le sodium (30 %), le magnésium (4 %). La température et la salinité différencient les masses d'eaux océaniques.

Il existe trois sortes de mers : les mers de type méditerranéen, les mers fermées et les mers Intérieures (**Djamaa et al., 2011**).

Paradoxalement, l'insouciance de l'homme tend à rendre l'eau menacée dans sa qualité et dans sa quantité. Malgré toute l'importance que nous reconnaissons à l'eau pour notre santé et pour celle de l'environnement, de la faune et de la flore, nous contribuons, par toutes les activités de notre société, à la polluer et à en dégrader la qualité. La pollution de l'eau plus particulièrement celle des eaux superficielles vue leur importante exposition et utilisation, représente donc un sérieux problème causé par une multitude de faits anthropogènes indifférents à la santé de la nature. Tous les contaminants qui atteignent le milieu aquatique constituent toujours un risque environnemental majeur (**Berche et al., 1988**).

L'accroissement démographiques, économiques et urbains sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale (pollution atmosphérique, pollution des eaux de surfaces et profondes, pollution du sol...). Les eaux usées des diverses activités urbaines ne peuvent être rejetées telles quelles est dans l'environnement, car elles contiennent différentes sources de polluants organiques et minéraux (**Berche et al., 1988**).

Parmi ces sources de pollution l'eau usée souvent rejetées dans le milieu récepteur (mer, rivières, sols, barrage) sans traitement préalable génère de nombreuses maladies hydriques et une propagation des épidémies (**Bosca, 2002**).

Les écosystèmes aquatiques sont souvent victimes de pollutions chimiques et microbiologiques du fait qu'ils sont exposés à de nombreuses contaminations, ce qui engendre généralement des dégradations graves des différents compartiments qui les constituent (eau, faune et flore) et par conséquent une influence sur la santé publique. La qualité physicochimique et microbiologique des eaux est dégradée du fait que le plan d'eau est un récepteur principal de ces polluants, reçu essentiellement des activités humaines (industrie, agriculture, élevage, les rejets domestiques.....etc.). Une mesure d'hygiène s'impose et le contrôle de ces milieux récepteurs doit être obligatoire (**Panda et al., 2006**).

Cette analyse est importante car la qualité de l'eau n'est pas un paramètre stable, mais au contraire c'est un sujet à fluctuation, par pollution accidentelle, nécessitant des contrôles permanents (**Bouzeraa et al., 2018**).

Pour réaliser cette étude, nous allons adopter la méthodologie suivante :

Le premier chapitre est divisé en deux parties. La première est un rappel sur l'eau et les différents types de pollutions qui affectent l'eau. Et la deuxième partie sur les milieux aquatiques.

Nous présentons une description la situation géographique de la willaya de Jijel et la description des plages Kotama et Beni Belaid dans le deuxième chapitre. Et troisième chapitre exposons les différentes méthodes d'analyses ainsi que le matériel utilisé pour effectuer ces analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux des plages Koatma et Beni Belaid

Dans le quatrième chapitre, nous présentons les résultats d'analyses de l'eau sous forme d'histogramme avec une discussion sur ces résultats obtenus. Notre étude s'achèvera par une conclusion générale.

Chapitre I

*Généralités sur l'eau et
les milieux aquatiques*



Partie 01

Généralités sur l'eau



1. Définitions de l'eau

L'eau est un élément essentiel, indispensable à la vie des êtres vivants et surtout à celle de l'homme. Elle est certainement la substance qui nous est la plus familière (**Teixeira, 2006**).

L'eau est une substance liquide, transparente, sans saveur ni odeur, réfractant la lumière et susceptible de dissoudre un grand nombre de corps (**Hamed et al., 2012**).

L'eau n'est pas seulement une source d'oxygène et d'hydrogène mais elle est le constituant le plus abondant des êtres : l'homme en contient 60% de son poids, un végétal jusqu'à 95%, les graminées des prairies en contiennent 79% (**Duvignaud, 1980**).

Source et milieu de vie, solvant de lavage et de transport de minéraux, régulateur thermique, l'eau possède des propriétés remarquables et essentielles à tous les êtres vivants et au maintien des propriétés environnementales de la planète terre (**Ngô et al., 2004**).

2. Les types des eaux

2.1. Les eaux souterraines :

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en :

- Nappes phréatiques ou alluviales : peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.
- Nappes captives : plus profondes que le premier et séparées de la surface par une couche imperméable. L'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures.

La nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres car ils répondent en général aux normes de potabilité. Pourtant, ces eaux sont moins sensibles aux pollutions accidentelles, elles perdent totalement leur pureté originale dans le cas de contamination par des polluants (**Cardot Claude, 1999**).

2.2. Les eaux de surface :

Les eaux de surface continentales constituent une chaîne complexe de réservoirs en parallèle et en série qui communiquent entre eux dans l'espace et dans le temps. Cours d'eau : L'eau qui transite dans les ruisseaux, les rivières et les fleuves constitue ce que l'on appelle l'écoulement (**Aurèle, 2009**).

2.3. Les eaux des mers et océans :

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraines et superficielles).

Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (**Lounnas, 2008**).

2.4. Les eaux usées :

Les eaux usées sont les eaux résiduaires d'une industrie ou d'une communauté, qui sont destinées à être rejetées après usage.

Elles sont des eaux ayant perdu, par leur utilisation industrielle ou domestique, leur pureté initiale, et qui sont devenues impropres à d'autres utilisations de qualité.

Les eaux usées, ne doivent pas être rejetées en masse dans le milieu naturel avant d'avoir été traitées en vue de l'élimination des polluants indésirables par passage dans une station d'épuration (**Lounnas, 2008**).

3. Le cycle de l'eau

La quantité totale d'eau existante dans le monde est de l'ordre de grandeur de 1350 millions de Km³, dont plus de 97% constituent la masse des océans. Toute eau vient des océans et y retrouve tôt ou tard, par un cycle hydrologique continu (**Duvignaud, 1980**).

Le cycle de l'eau est la suite des procès autorisant le passage de l'eau d'un état à l'autre et d'un endroit à l'autre (**Touchart, 2003**).

Ce cycle naturel en perpétuel mouvement, impliquant toutes les composantes de la synthèse climatique globale, l'atmosphère, les océans, les terres immergées et la biosphère continentale (**Bomelii, 2016**) (**Fig.1**)

3.1 Evapotranspiration :

C'est la somme des pertes par transformation de l'eau en vapeur. Sous l'action du soleil, l'eau de mers, des lacs et des rivières s'évaporent. Les végétaux transpirent et rejettent eux aussi de la vapeur d'eau (**Drissi, 2008**).

3.2 Précipitations :

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages qui engendrent des précipitations sous forme de pluies, de neige ou de grêles. Les précipitations qui constituent l'origine de presque toutes nos réserves en eau douce, sont variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief qui sont des facteurs essentiels (Boeglin, 2006).

3.3 Ruissellement :

Parvenue sur le sol, une partie des précipitations s'écoule à la surface vers le réseau hydrographique et les étendues d'eau libre (lacs, mers), c'est le ruissellement de surface (Boeglin, 2006).

3.4 Infiltration :

Une partie des précipitations pénètre dans le sol et le sous-sol (Boeglin, 2006). L'infiltration joue un rôle essentiel dans les écosystèmes terrestres puisqu'elle permet la réhydratation des sols. Elle assure aussi l'alimentation des nappes phréatiques et des rivières souterraines (Boumelil, 2016).

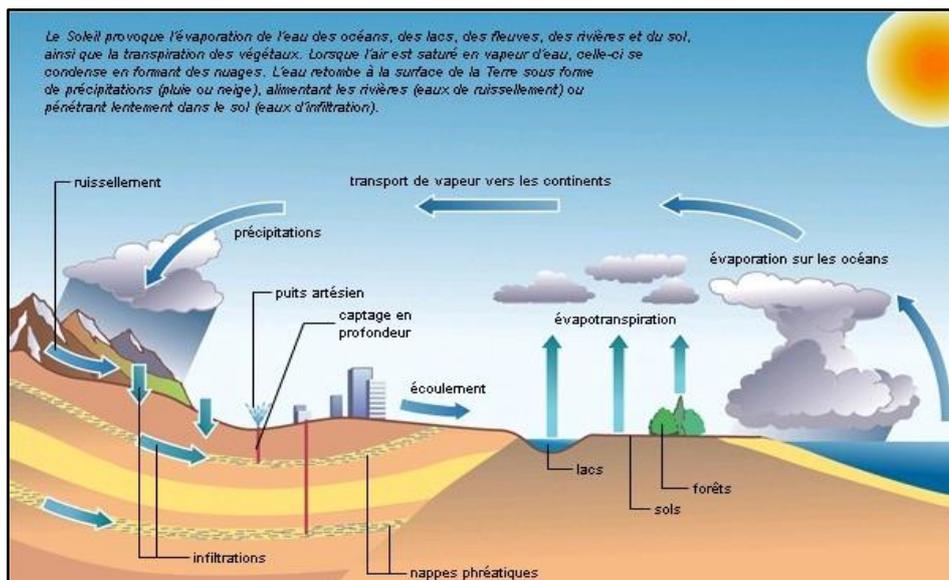


Figure 1: Cycle de l'eau (Sudhanshu, 2008).

4. Utilisations de l'Eau

4.1. Utilisation de l'eau dans l'industrie :

Les qualités d'eau requises dépendent en particulier des usages de l'eau. Il est impossible de dresser une liste exhaustive de tous les usages que l'on peut faire de l'eau dans une usine.

Tout au plus peut-on essayer de les regrouper dans les principales catégories. La diversité de ces utilisations et des exigences de qualité d'eau propres à chacune d'elles explique la complexité des problèmes de l'eau dans l'usine et des filières de traitement. Dans la mesure du

possible, l'industriel et le constructeur rechercheront ensemble la meilleure solution technique, qui consistera souvent en un traitement centralisé de toute l'eau consommée dans l'usine, dénominateur commun de l'ensemble des besoins, en le complétant par de traitements spécifiques aux divers usages (**Touati, 2002**).

4.2.Utilisation de l'eau en agriculture :

En agriculture, l'eau permet d'irriguer les cultures et de laver les produits avant la commercialisation (**Gisèle, 2007**).

L'eau d'irrigation a des effets sur la qualité des plantes et des sols : une eau salée déstabilise le sol, une eau chargée de résidus organiques ou métalliques nuit aux cultures (**Lothaire, 2000**).

4.3.Les usages liés aux loisirs :

La voile, le ski nautique, la plongée, la baignade, le canoë-kayak et la pêche, les piscines et stades nautiques, les bains d'eau chaude naturelle, les stations de ski en hiver et les patinoires.

4.4.Autres utilisations :

Outre l'industrie et l'agriculture, l'eau sert à plusieurs autres usages notamment (**Fig.2**).

- Les usages domestiques : boisson, bain, cuisine, vaisselle, lessive.
- Les usages pastoraux
- Les usages institutionnels (écoles, hôpitaux...).
- L'environnement (débit des fleuves, besoins pour la vie aquatique).
- L'hydroélectricité.
- L'élimination des déchets solides et liquides.
- La pêche.
- La récréation.
- La navigation. (**Gisèle, 2007**)



Figure 2 : Usage d'eau. (1)

5. Importance de l'eau

L'eau est une ressource naturelle indispensable pour la survie de l'humanité et de toute espèce animale ou végétale sur terre et pour l'environnement d'une façon générale.

Aucune substance liquide ne peut remplacer l'eau. En effet, elle a plusieurs particularités qui la rendent unique parmi les autres substances minérales. Dans sa phase liquide, elle a l'atout d'être un support des formes de vie. (Aouissi *et al.*, 2018).

C'est le dissolvant des composants qui transporte les molécules clés et active les réactions chimiques. On parle aussi de l'eau en tant que molécule polaires disposant de terminaison positive (Hydrogène) et une autre négative (Oxygène).

Ses atomes d'hydrogènes ont la capacité de tendre des liaisons avec d'autres molécules. Aucun autre liquide ne peut former un réseau aussi souple et résistant et agir comme solvant à autant de substances acides ou basiques (Aouissi *et al.*, 2018).

6. La pollution de l'eau

Pollution s'il est un mot couramment employé dès que l'on aborde les problèmes de l'eau c'est bien celui-là, mais encore faut-il s'entendre sur une définition.

Etymologiquement, polluer signifie profaner, souiller, salir, dégrader et ces termes sans ambiguïtés pourraient sembler suffisamment explicites. L'idée de la responsabilité de l'homme n'y est toutefois que sous-jacente et mérite d'être mise davantage en exergue. De nombreuses définitions ont été proposées :

- Selon l'UNESCO, la pollution marine est tout rejet à la mer direct ou indirect, de substances ou d'énergie d'origine humaine qui a un effet nuisible sur les organismes vivants, dangereuse pour la santé humaine, empêche l'utilisation de la mer, altère la qualité de l'eau de la mer ou qui réduit les possibilités d'utilisation aux fins de loisirs.

-De même, l'OMS définit la pollution comme étant toute modification des propriétés physiques, chimiques ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou à rendre cette eau dangereuse de préjudiciable du point de vue, soit de la santé, de la sécurité et du bien publique, soit de ses usagés destinés à des fins domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, récréatives et autres, soit de la faune sauvage et aquatique (**Kerdoud, 2006**).

-Le terme de "pollution classique désigne ici les perturbations des milieux aquatiques aboutissant, à terme, à un déficit au moins transitoire en oxygène dissous. Ceci est particulièrement le cas suite à un excès en éléments nutritifs du type phosphores ou nitrates (eutrophisation ou hypertrophisation) conduisant à un surdéveloppement algal (**Olivier, 2011**).

-À l'heure actuelle, l'eau est polluée de multiples manières. Même lorsqu'elle paraît « Claire comme de l'eau de coche », elle peut être malgré tout polluée par plusieurs facteurs, qu'ils soient chimiques, biologiques, radioactifs, électromagnétiques, mécaniques ou physiques (**Zerluth et al., 2006**).

Dans son acception la plus générale, le terme pollution désigne toute modification du milieu naturel qui s'exerce dans un sens le défavorable sous l'effet des activités humains (**Rabia et al., 2013**) la partie la plus importante, et comprend essentiellement des composés biodégradables. Ces composés sont de diverses origines (**Bechac et al., 1984**).

6.1.Origine des pollutions :

La pollution a de nombreuses origines en relation avec le cycle de l'eau. Et tout ou presque est source de pollution pour ce bien si fragile qu'est l'eau.

Quand elle ruisselle sur le sol, elle peut se charger de polluants provenant des routes, des jardins, des exploitations agricoles...etc.

Quand elle s'infiltré dans le sol, elle peut entrer en contact avec des polluants échappant de décharges de déchets, d'ordures abandonnées en pleine nature, de produits chimiques. Sans oublier la contamination par des polluants rejetés en rivière par des installations industrielles (**Bouid et al., 2008**).

6.1.1. La pollution domestique :

Les effluents (rejets d'eaux usées) contiennent : Des germes fécaux ; Des sels minéraux (d'azote et de potassium) ; Des détergent ; De fortes teneurs en matières organiques (**Fauri et al., 2012**).

6.1.2. La pollution industrielle :

Elle provient des usines et contient une grande diversité de produits ou sous-produits d l'activité humaine. On trouve : Des graisses et matières organiques ; Des hydrocarbures ;

De métaux ; Des produits chimiques divers ; Des matières radioactives ; De l'eau chaude (**Fauri et al., 2012**).

6.1.3. La pollution agricole :

Pour accroître les rendements des cultures, l'agriculture emploie des intrants et produit des effluents d'élevage. Ces activités sont source de pollution des eaux lorsque la capacité de prélèvement des végétaux et d'épuration naturelle des sols est dépassée. Différents phénomènes sont en cause :

- Le lessivage et l'érosion dans les parcelles cultivées des fertilisants épandus (effluents d'élevage et engrais de synthèse) et des produits phytosanitaires destinés à lutter contre les « ennemis » des cultures (insectes, maladie et plantes adventices).

- La non étanchéité des bâtiments d'élevage (fosse à purin, à lisier, effluents issus du lavag des installations...) (**Laurent et al., 2011**).

6.1.4. Les phénomènes naturels :

Les éruptions volcaniques, les hydrocarbures sous-marins, certains filons géologiques de métaux, des sources thermo minérales... Peuvent être des causes de pollution (**Fauri et al., 2012**).

6.2. Les différents types de pollution des eaux

On distingue : la pollution organique, la pollution chimique et la pollution biologique.

6.2.1. Pollution organique :

C'est celle qu'est créé essentiellement, dans les collecteurs ou le milieu récepteur,

Des égouts urbains ou des égouts particuliers raccordés directement au milieu récepteur (**vailent, 1974**).

Il en existe trois types de pollution organiques : Les pollutions organiques facilement biodégradables ; les pollutions organiques difficilement biodégradables et les pollutions organiques toxiques (**Gisèle, 2007**).

6.2.1.1. Les pollutions organiques facilement biodégradables :

Il s'agit de matières organiques provenant d'activités biologiques : matières fécales et urines, déchets de l'élevage et des industries agroalimentaires ; feuilles, plantes et animaux morts.

La nuisance qui en résulte est due aux germes pathogènes que peut contenir ces matières organiques ou due à une forte concentration de ces déchets qui annihileront le phénomène d'auto épuration naturelle.

Cette pollution est souvent la plus grave, du moins la plus répandue. (**Aouissi et al., 2018**).

6.2.1.2. Les pollutions organiques difficilement biodégradables :

Elles proviennent d'activités comme la fabrication de pâte à papier, de textiles, de cuirs et peau ; ce sont aussi les détergents qui produisent des mousses diminuant la capacité d'oxygénation du cours d'eau. La dégradation par le milieu naturel de cette pollution est plus lente. Du fait de la dégradation difficile de ce type de pollution, leur nuisance résulte de leur accumulation dans le milieu naturel (**Aouissi et al., 2018**).

6.2.1.3. Les pollutions organiques toxiques :

Elles proviennent des industries pétrochimiques et des raffineries qui rejettent dans leurs effluents des quantités importantes de phénols et d'hydrocarbures. Certains pesticides utilisés en agriculture sont d'origine organique et l'on sait que ce sont des produits toxiques particulièrement nuisant pour la faune aquatique

Ils peuvent atteindre l'homme par accumulation dans la chaîne alimentaire. Ce type de pollution gênera ou empêchera totalement les mécanismes d'épuration (**Gisèle, 2007**).

6.2.2. Pollution chimique :

Elle résulte essentiellement de la libération massive dans des eaux de divers métaux toxiques et de substances inorganiques telles les nitrates, les phosphates et autres sels minéraux nutritifs utilisés dans l'agriculture comme fertilisants (**Ramade, 2005**). La pollution chimique des eaux peut être chronique, accidentelle ou diffuse. Elle peut être due à :

-l'insuffisance de certaines stations d'épuration.

-l'absence de réseaux d'assainissement dans certaines zones.

-Le lessivage des sols, mais aussi des chaussées et des toits par les pluies.

-Le rejet d'effluents par les industries.

Cette forme de pollution issue de substances chimiques telles que les insecticides ou les désherbants provoque la destruction de la qualité des eaux de surface (cours d'eau, lacs et barrage...) et celle des eaux souterraines (**Melghit, 2009**).

6.2.3. Pollution biologique

6.2.3.1. Les micro-organismes polluants :

Les micro-organismes comprennent par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Ils proviennent dans leur immense majorité des matières fécales : on distingue alors la flore entérique normale et les micro-organismes pathogènes (**Boutin et al., 2009**). Cette pollution soulève dans bien des cas de sérieux problèmes d'hygiène publique et d'épidémiologie. Car, non traités, ces rejets contiennent des micro-organismes pathogènes viables qui sont alors transportés par les eaux et disséminés sur leurs parcours (**Madoui et al., 2011**).

6.3. Les principaux polluants :

6.3.1. Les métaux lourds :

Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine qui ont un fort impact toxicologique. Les métaux toxiques sont nombreux, mais on peut citer surtout l'arsenic, le cadmium, le plomb et le mercure. Ils ont des impacts sur les végétaux, les produits de consommation courante et sur l'homme (**Di Benedetto, 1997**). L'association des métaux lourds à la phase solide du sol fait que ceux-ci sont en règle générale très peu entraînés vers les nappes. Ils sont aussi faiblement entraînés vers les eaux de rivières, sauf en période de crue lorsque la charge en matière en suspension issue de l'érosion des sols s'accroissent.

Les transferts de métaux lourds ont été peu étudiés et peu de chiffres sont disponibles, la difficulté résidant notamment dans les différentes formes que prennent ces éléments traces, rendant complexe le suivi de leur évolution dans les sols et dans l'eau. Deux mécanismes principaux peuvent être mentionnés :

- Le transfert par érosion ou ruissellement pour les éléments métalliques associés aux particules solides.

- Le transfert vers l'eau suite à des modifications des conditions du milieu (oxydoréduction) (**Molénat et al., 2011**).

6.3.2. Les hydrocarbures :

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) majoritairement issus de la combustion incomplète par exemple de l'essence, des huiles ou du charbon, tiennent une place importante parmi les composés supposés cancérigènes dans les dépôts atmosphériques en zone urbaine. Les concentrations en HAP sont plus élevées dans les eaux de ruissellement (**Vialle, 2011**).

6.3.3. Les matières en suspension (MES) :

Les particules provenant des sols érodés ou des rues et aires de stationnement sont une composante commune du ruissellement urbain. Une quantité excessive de MES peut nuire à la vie aquatique en affectant la photosynthèse, la respiration, la croissance et la reproduction. Les particules transportent également d'autres polluants qui sont attachés à leurs surfaces, incluant les nutriments, les métaux et les hydrocarbures. Une turbidité élevée due aux sédiments augmente les coûts de traitement pour l'eau potable et réduit la valeur des eaux de surface pour des usages industriels ou récréatifs (**Osseyrane, 2006**).

6.3.4. Eléments nutritifs :

De très nombreux sels minéraux sont rejetés dans les eaux continentales ou marines par l'industrie et l'agriculture (engrais chimiques) (**Ramade, 2005**).

Les composés minéraux et organiques du phosphore et de l'azote constituent les éléments nutritifs les plus importants et sont généralement considérés comme les facteurs principaux de l'eutrophisation (**Vivier, 1976**).

- **Les nitrates (No_3^-) :**

Les nitrates sont des composés omniprésents dans l'environnement dans lequel, ils subissent un véritable cycle de transformation (**Vilaginés, 2003**).

Elles proviennent aussi bien de sources diffuses que de sources ponctuelles. La pollution des eaux superficielles et souterraines par les nitrates a pour principaux responsables l'agriculture et l'élevage intensif (**Lévêque, 1996**).

- **Les nitrites (No_2^-) :**

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes mais en quantité relativement faible. En général, dans les eaux de surface, leur teneur excède rarement 1 mg/l (**Petolon et al., 1998**).

• **Le phosphore :**

La civilisation moderne accrue la vitesse de circulation du phosphore. En effet, l'agriculture utilise comme engrais des tonnages considérables de divers phosphates (**Ramade, 2005**). Les phosphates sont les responsables de l'eutrophisation dans le monde (**Lévêque, 1996**).

6.4. Les conséquences de la pollution des eaux

6.4.1. Sur la santé :

Les conséquences sur la santé humaine sont différentes selon le mode de contamination qui peut être par l'ingestion, par contact ou par contamination intermédiaire, c'est-à-dire, la consommation des poissons contaminés par une eau polluée (**Carneval et al., 2006**). Les maladies à transmission hydrique sont nombreuses et répandues dans le tiers monde. Nous citons entre autres : le Choléra, Hépatite A, le Paludisme... etc. Les nitrites sont responsables d'une affection dite méthémoglobinémie.

Les nitrites, issues de la transformation des nitrates dans l'estomac, oxydent l'hémoglobine en méthémoglobine, inapte au transport de l'oxygène des poumons aux tissus. Cette maladie se manifeste par une cyanose (ou maladie bleue) et touche essentiellement les nourrissons (**Savary, 2003**).

6.4.2. Sur l'environnement :

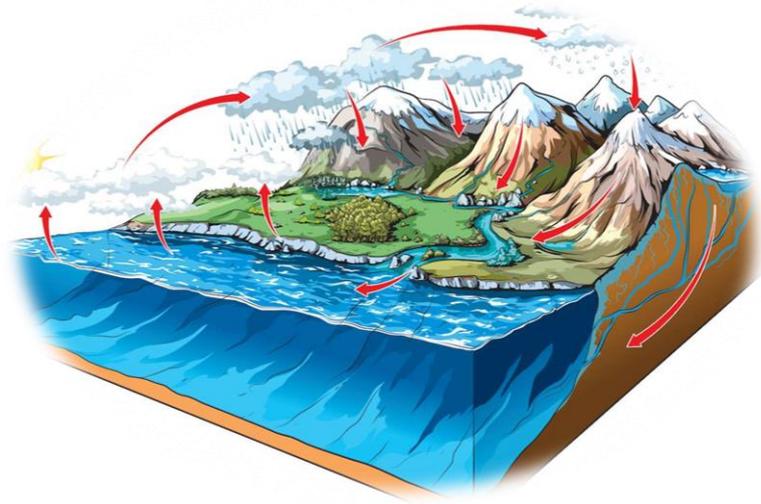
L'eutrophisation désigne un enrichissement des eaux en substances nutritives (azote, phosphore) (**Carneval et al., 2006**). Ces dernières proviennent principalement des rejets directs d'effluents domestiques, industriels et agricoles.

En outre, l'écoulement d'eaux de ruissellement contaminées, après leur passage sur des surfaces agricoles et non agricoles, provoque un développement accéléré des algues et des végétaux supérieurs, entraînent une dégradation de la qualité de l'eau. Ainsi qu'un appauvrissement de l'eau en oxygène, avec pour conséquence un risque accru de mortalité chez certains organismes aquatiques (**Carneval et al., 2006**).

Si les rejets sont importants, il en résulte souvent une hyper-eutrophisation encore appelée dystrophisation, qui peut s'effectuer en quelques décennies ou en quelques années alors que

l'eutrophisation naturelle requiert des durées séculaires voire millénaires ou encore plus longues (Ramade, 1998).

Partie 02 :
Les milieux aquatiques



1. Ecosystème aquatique

Les écosystèmes aquatiques recouvrent une grande diversité de milieux, tous caractérisés par l'omniprésence de l'eau (douce, salée, vive ou lente). Comme tout écosystème, ce sont des ensembles environnementaux structurés dans lesquels se produisent des échanges de matière et d'énergie dus aux interactions entre les organismes vivants (biocénose) et leur habitat (biotope).

La biocénose des écosystèmes aquatiques est très diverse puisque, au sein d'un même écosystème, différentes zones de peuplement apparaissent en lien étroit avec les conditions physiques du milieu (la profondeur et la luminosité dans les lacs, le courant dans les cours d'eau) (Chouteau, 2004).

2. Type des écosystèmes aquatiques

2.1. Ecosystèmes continentaux :

Ils sont répartis en deux domaines : les domaines lotique et les domaines lentique (ou limnique)

2.1.1. Les écosystèmes du domaine lotique :

Sont caractérisés par un écoulement apparent de l'eau, la plupart du temps permanent. Ils correspondent aux ruisselets, ruisseaux, torrents, rivières et fleuves.

En fonction de la topographie traversée ou façonnée par ces écoulements, les paramètres abiotiques structurant pour les communautés animales et végétales sont la vitesse du courant déterminant un équilibre entre érosion et sédimentation, le niveau d'oxygénation des eaux, l'apport d'énergie solaire et sa pénétration dans la colonne d'eau, la quantité de matière organique ou minérale en suspension. L'action de ces paramètres détermine tout au long de l'axe amont-aval un gradient d'habitats diversifiés au sein du continuum lotique (Drira, 2009).

2.1.2. Les écosystèmes du domaine lentique (ou limnique) :

Présentent des eaux stagnantes piégées dans des dépressions du sol. On peut distinguer : les lacs, les mares, étangs et les barrages (Bonnard *et al.*, 2003).

2.2. Les écosystèmes aquatiques marins :

Ils présentent une très grande diversité. Comme les lacs, l'exposition de la surface au rayonnement solaire conduit à une zonation verticale de la masse d'eau. On y distingue, jusqu'à 200 mètres (eau claire), une zone photique (ou système phytal) dans laquelle la photosynthèse est possible, et une zone aphotique (ou aphytal) (Boutiouta *et al.*, 2018).

On peut également séparer le domaine marin horizontalement, en fonction de l'éloignement à la cote, de la profondeur de la colonne d'eau et des relations d'échanges possibles entre le fond et les eaux de surface, en deux provinces :

2.2.1. Les provinces néritiques :

La province néritique recouvre le plateau continental ; les eaux y sont peu profondes, agitées, riches en substances dissoutes et en matériaux en suspension avec une productivité élevée (Boumediene, 2014).

2.2.2. Les provinces océaniques :

S'ouvrent au bord du plateau continental pour occuper l'ensemble des masses d'eau marines. La profondeur de la colonne d'eau s'étend de 200 m (bord du talus continental) à plus de 11000 m (fosse océanique) pour une profondeur moyenne mondiale d'environ 4000 m.

3. Les écosystèmes de transition : les écotones

Les écotones sont les zones de transition entre des écosystèmes fortement identifiés par la stabilité et l'homogénéité de leurs facteurs abiotiques dominants. Ces écotones s'établissent notamment entre les milieux terrestres et les milieux aquatiques, mais également entre différents systèmes es aquatiques (Boutiouta *et al.*, 2018).

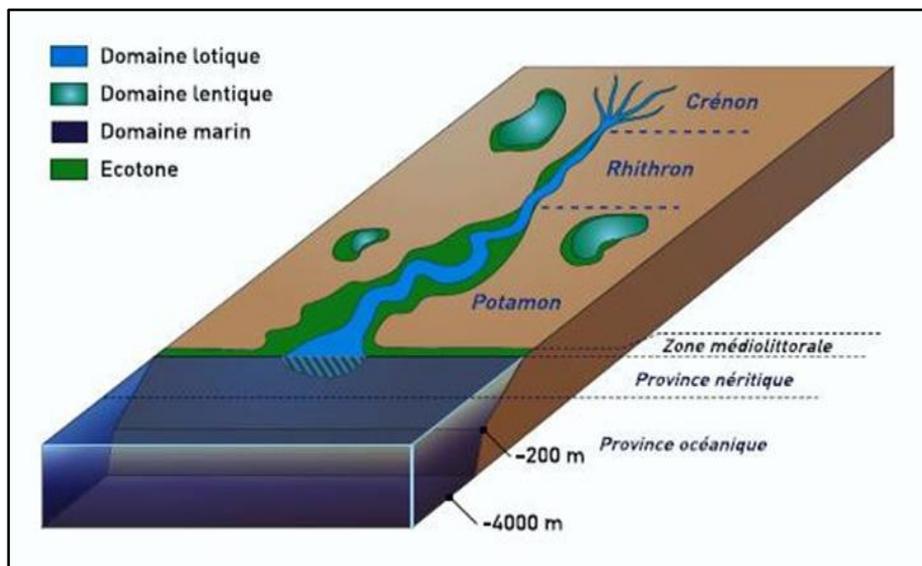


Figure 3 : Ecosystèmes aquatiques (les grands domaines) (Boutiouta *et al.*, 2018).

Chapitre II

Description de site

d'étude



1. Situations géographiques de la wilaya de Jijel :

La région de Jijel fait partie du Sahel littoral de l'Algérie, elle est située au Nord-Est entre les latitudes 36° 10' et 36° 50 Nord et les longitudes 5° 25 et 6° 30 Est. Le territoire de la wilaya dont la superficie s'élève à 2396 km² est bordé (Boutiouta *et al.*,2018) (Fig. 04) et (Fig.05) :

- Au Nord par la méditerranée.
- Au Sud par la wilaya de Mila.
- Au Sud-Est par la wilaya de Constantine.
- Au Sud-Ouest par la wilaya de Sétif.
- Au Ouest par la wilaya de Bejaia.
- Au L'Est est par la willaya de Skikda.



Figure 4: Carte d'Algérie. (2)

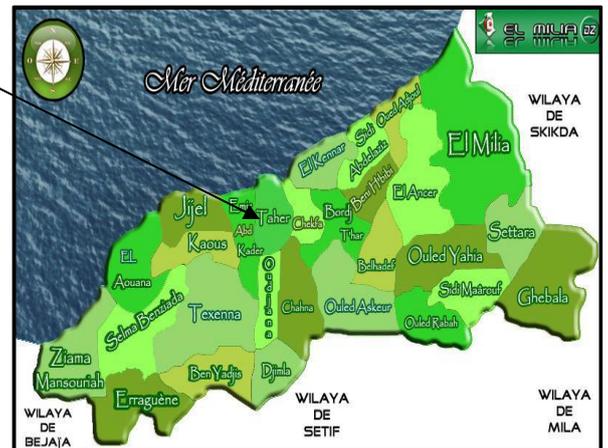


Figure 5 : Carte de la wilaya de Jijel (3)

2. Hydrographie

2.1 Réseau hydrographique

Selon Anonyme (1997), le réseau hydrographique de la région est très dense. Il est dominé par une direction Sud-Nord et des affluents de directions différentes favorisent l'écoulement des lames d'eau précipitées qui déversent généralement dans la mer. Les plus importants oueds sont :

-Oued El-Kébir : qui prend naissance de la jonction d'Oued Rhumel et Oued Endja, Traverse El-Milia et El-Ancer et se jette à la mer dans la région de Beni-Belaid.

-Oued Djen-Djen qui prend sa source au Babors (Erraguene) est constitué de trois étages Bioclimatiques (partie supérieure Erraguene barrage, partie centrale Oued Missa+ Taballout et partie maritime Azzaouane à Taher). (Boudjedjou, 2010)

3. Climat :

La région de Jijel est considérée parmi les régions les plus pluvieuses d'Algérie. Elle est caractérisée par un climat méditerranéen, pluvieux et froid en hiver, chaud et humide en été. Les températures varient entre 20C° et 35C° en été à 5C° à 15C° en hiver. La saison de pluie dure environs 06 mois.

3.1. Etude climatique :

L'étude climatologique est nécessaire pour toute étude hydrogéologique car elle facilite la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux superficielles et souterraines. L'évaluation du bilan hydrique exige la connaissance des paramètres de températures et de précipitations. Les données climatiques nécessaires à l'élaboration de la présente étude sont recueillies au niveau de la station météorologique Achouat l'aéroport de Jijel de la période qui s'étale entre **2006 -2015**.

Tableau 1: Récapitulatif des données climatiques de la région d Jijel 2006 / 2015

(Station Météorologique Achouat 2015)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aut	Sept	Oct	Nov	Déc
T (C°)	16.7	16.5	18.6	21.3	24.3	27.8	31.2	31.6	28.6	26.0	21.2	17.8
PP (mm)	121.3	149.31	122.0	66.6	49.4	13.1	1.7	21.5	71.4	118.0	169.0	152.8
Humidité %	77.3	75.4	76.3	76.4	76.0	72.6	71.7	71.6	73.5	75.2	75.5	76.0
Vent (m/s)	9.7	11.3	10.6	9.7	9.3	8.9	9.0	8.8	9.1	9.0	9.8	8.9

3.1.1. Température :

La température est le degré de chaleur ou le froid qui régné dans un lieu. On mesure la température (en degré Celsius) à l'aide d'un thermomètre enregistreur placé à 1.5m du sol à l'ombre et à abri du vent (**Dreux,1980**).

D'après les données climatiques (**Tab.01**). La température maximale est enregistrée durant le mois d'aout où elle atteint 31.6C° et tandis que Février est le mois le plus froid avec une température minimale 16.5C°.

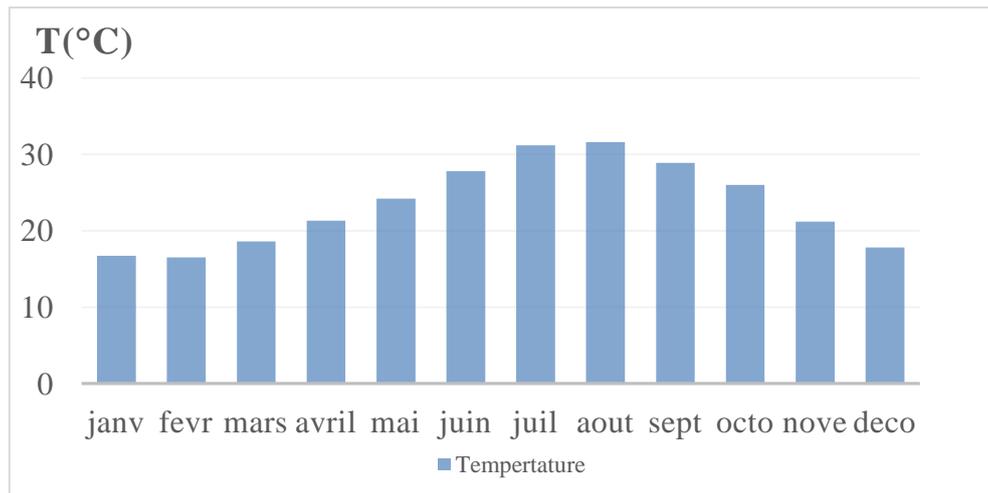


Figure 6: Variation de la moyenne de la température mensuelle dans la région d'étude Jijel (2006-2015)

3.1.2. La précipitation

La précipitation constitue évidemment, un paramètre climatique essentiel. Leur intensité, leur continuité et leur périodicité sont l'origine même de l'écoulement de sa localisation et de sa violence dans certaines régions, ou le régime des écoulements est fortement lié aux précipitations (kerdoud,2006)

D'après ces données, les précipitations moyennes annuelles dans la région de Jijel sont de 1055.6mm. Le mois le plus pluvieux est le mois de novembre avec 169.0 mm et le mois le plus sec c'est le mois de juillet avec des précipitations qui ne dépassent pas 12.16mm.

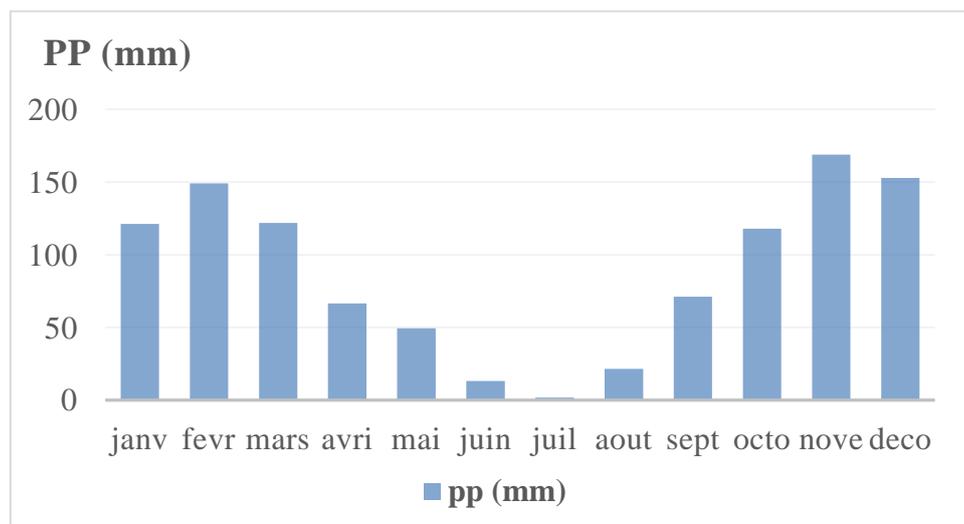


Figure 7: Variation de la moyenne de précipitation mensuelle dans la région d'étude Jijel (2006-2015).

3.1.3. L'humidité :

L'humidité de l'air joue un rôle important dans l'évaporation. Plus l'air est humide moins il est apte à absorber de l'humidité supplémentaire. L'humidité élevée atténue la sécheresse et conditionne favorablement le développement des plantes (**Beltrando, 1995**).

D'après les données climatiques le mois qui représente la plus forte humidité est celui de décembre avec 76.6 % et le mois qui représente la plus faible valeur est celui de juillet avec 71.7

3.1.4. Le vent :

Il constitue dans certaines conditions, un facteur écologique limitant par sa fréquence, sa température et son hygrométrie, le vent exerce une influence considérable sur la végétation (forte évapotranspiration), il joue un rôle fondamental dans le transport, la propagation et la dissémination des polluants de différentes tailles (**Malghite, 2009**).

3.2.Synthèse climatique

3.2.1. Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen

Le Diagramme Ombro-thermique de Gaussen et Bagnouls est la combinaison de deux Paramètres climatiques principaux, qui sont la température et la précipitation (**Bagnouls et al., 1957**).

Ce diagramme permet d'estimer les éléments du climat d'une région du point de vue Précipitations et températures pendant une période donnée et permet également de préciser les périodes sèches et humides. Pour ces deux auteurs un mois sec est celui où le total moyen des précipitations exprimé en (mm) est inférieur ou égal au double de la température ($P \text{ (mm)} \leq 2T^{\circ}\text{C}$). Cette relation permet d'établir un graphique sur le quel, les précipitations sont portées à l'échelle double des températures.

D'après la (**Fig.8**), la wilaya de Jijel, se caractérise par une période sèche de six mois qui s'étale du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre et une autre période humide étend sur six mois du début de janvier jusqu'au mois d'avril et la deuxième sur deux mois et du début de novembre jusqu'au mois de décembre.

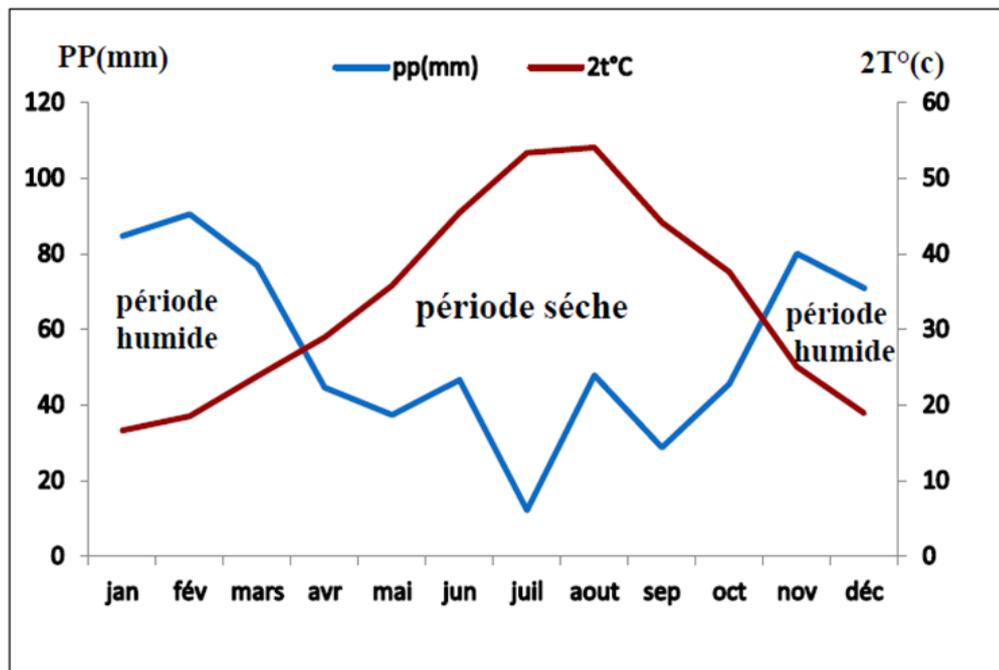


Figure 8: Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gausсен de la région d'étude Jijel (2006-2015).

3.2.2. Quotient pluviométrique d'Emberger :

Cet indice nous aide à définir les 5 types de climat méditerranéen en du plus aride jusqu'à celui de haute montagne (Emberger, 1955). Il se base sur le régime des précipitations et des températures et il s'exprime selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 \cdot P}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}}$$

- ✓ Q₂ = quotient pluviométrique d'Emberger
- ✓ P = Précipitation annuelle moyenne (mm)
- ✓ M = Températures maximale du mois le plus chaud (°K) ;
- ✓ m = Températures minimale du mois le plus froid (°K) ;
- ✓ Les températures sont exprimées en degrés absolus [T°K = T°C + 273,2] ;
- ✓ Q₂ = 175.32.(Fareh *et al.*, 2018)

Les données météorologiques de la région de Jijel pendant la période 2006/2015.

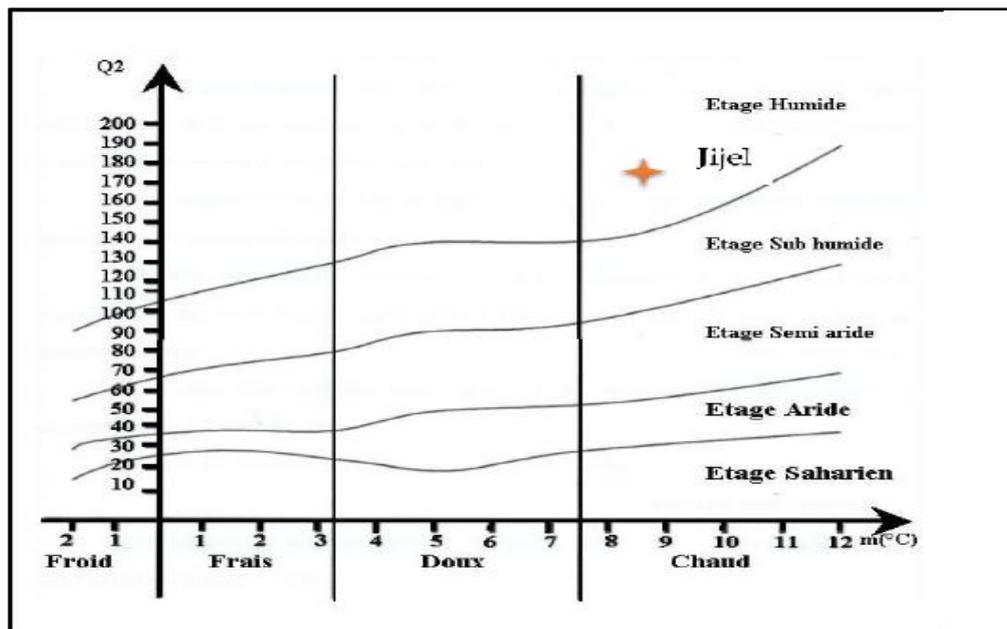


Figure 9: Courbe d'Emberger de la région Jijel (2006-2015).

4. Données Océanographiques

4.1. Les houles :

Les houles sont des ondulations de surface qui se propagent vers la cote mais ne déplacent pratiquement pas les masses d'eau. Les particules fluides parcourent des trajectoires en mouvements orbitaux. Au large, ces mouvements sont circulaires et diminuent rapidement avec la profondeur jusqu'à s'annuler avant d'atteindre le fond, et ce d'autant plus que la période est courte. Lorsque la profondeur diminue, les particules fluides sont mises en mouvement sur toute la colonne d'eau et décrivent des trajectoires elliptiques d'autant plus plates qu'elles sont près du fond... » (Le Hir *et al* ; 2001)

Les houles d'Ouest, Nord, Nord-Ouest, Est, et Nord-Est sont les plus observées dans la région de Jijel, les fréquences d'observation sur l'année des houles de directions Ouest et Est sont les plus importantes. On constate que la direction dominante est l'Ouest. La prépondérance de cette direction est plus nette pour le premier, deuxième et quatrième trimestre, par contre, on distingue une légère diminution pendant la période d'été durant laquelle les houles de directions Est et Nord-Est dominant.

4.2. La marée :

Les marées sont provoquées par les attractions de la lune et du soleil. Elles se traduisent par une variation de la surface libre qui se propage à travers l'océan en s'amplifiant sur les hauts fonds et près des côtes. Du fait de cette propagation de l'onde de marée des variations périodiques du niveau de l'eau vont se manifester, entraînant des courants importants près des côtes »

La marée en mer Méditerranée et en particulier sur les côtes Algériennes est relativement faible. Elle est de type semi-diurne avec inégalité entre pleine et basse mer, observées chaque jour. L'amplitude en eau-vive ne dépasse pas 0.40m (**Bouratba,2017**)

4.3. Les courants :

Sont des mouvements d'ensemble de l'eau sur des distances de plusieurs dizaines de mètres et bien au-delà ; ces mouvements ont des échelles de temps assez grandes, de quelques heures ou plus » (**Le Hir et al., 2001**)

- **Les courants généraux :**

La vitesse du courant général des eaux atlantiques, transitant par Gibraltar et se déplaçant vers l'Est, évolue généralement avec une vitesse de 0.5 m/s au large des côtes Algériennes. Ce courant crée dans la plupart des baies, un contre-courant littoral évoluant vers l'ouest.

- **Les courants côtiers :**

Les phénomènes hydrodynamiques, qui régissent les transferts sédimentaires le long des plages, en milieu maritime et dans la zone ressac, sont nombreux et parfois très complexes. Au contact des irrégularités du fond, les houles donnent lieu à des rouleaux qui en provoquant la mise en suspension des particules, favorisent leur déplacement.

- **Les courants de retour :**

Les courants de retour correspondent à une zone de flot de retour à partir du courant existant au lieu de déferlement de la houle. Ces courants possèdent une vitesse qui dépend de l'énergie de la houle et de la pente de la plage. Ces courants sont responsables de la dispersion d'une partie des sédiments côtiers vers le large (**Bouretba ,2017**).

- **Les courants de dérive littorale :** lorsque la houle arrive à proximité de la côte avec une incidence oblique, celle-ci donne naissance à un courant de dérive littorale. La vitesse de ce courant est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60 °.

La dérive littorale prend naissance au niveau de la zone de déferlement où l'énergie est maximale. Cette énergie permet la mise en suspension et le transport des particules sédimentaires le long de la côte. Dans le cas général de houle de petites et moyennes amplitudes, les courants ne sont significatifs que dans la zone de déferlement et n'affectent donc que le tri dans la répartition des sables et graviers de la frange littorale (fond -100m). Ils en assurent aussi le transport latéral par dérivé littorale ainsi que la dispersion. Par contre les houles de fortes amplitudes pourraient agir en fonction de leur amplitude jusqu'à des fonds pouvant atteindre -40 m à -60m.

5. Caractéristiques Géologiques :

La région Jijélienne fait partie d'une bande structurale et géologique caractérisant la région nord de l'Algérie. C'est un édifice constitué d'un socle métamorphique qui occupe la partie nord, une chaîne calcaire et un domaine de flysch dans le sens Nord-Sud.

L'échelle stratigraphique de ces terrains se répartit du Quaternaire au Primaire. L'ensemble sédimentaire d'âge Mésozoïque, Cénozoïque et Quaternaire couvre les terrains métamorphiques, donc la couverture tertiaire repose soit sur le socle Kabyle, soit sur les terrains crétacé appartenant à des séries de types flysch. Elle est constituée de sédiments littoraux, qui se sont déposés dans le bassin de Jijel nettement individualisés durant le Néogène ; c'est le bassin Sahélien de Jijel (**Le Hir et al.,2001**)

6. Milieu biologique Faune aquatique

Le Golfe de Jijel se caractérise par une diversité des crustacés, des amphipodes et les mollusques. Cette situation montre que la région est loin d'être sujette à quelconque pollution ou perturbation de son écosystème. (**Boutioua et al.,2018**)

Réserve écologique :

Le Parc national de Taza est situé sur la côte méditerranéenne de l'Algérie dans la région de Kabylie orientale, appelée communément Petite Kabylie. Le site naturel est caractérisé par des falaises impressionnantes, des plages, des montagnes et des vallées encaissées et par la présence du singe de Barbarie (*Macacasyllvanus*), espèce menacée et seul primate encore existant en Afrique du Nord.1(**Ghouli et al., 2017**).

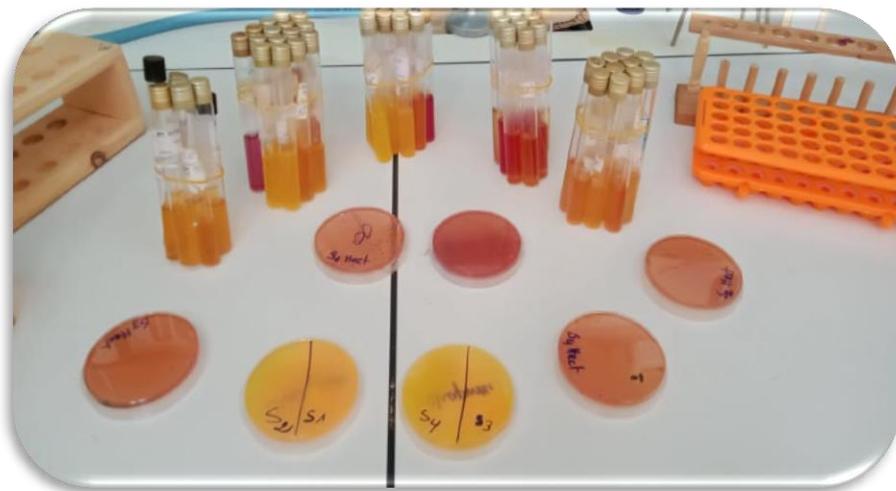
En général, l'écosystème est caractéristique d'une végétation forestière sempervirens et sclérophylle sur des terrains boisés ou dénudé, de type que l'on rencontre dans le littoral méditerranéen. Cependant, on trouve dans la forêt de Guerrouche, au coeur du parc, l'extension la plus importante du chêne zeen (*Quercus canariensis*Willd) en Algérie, et le seul oiseau rare

d'Afrique du Nord découvert depuis 1876, la sitelle Kabyle (Sittaledanti) endémique à la région des Babors et de l'Algérie. Le site attire ces dernières années un nombre de plus en plus important d'étudiants et de chercheurs du monde entier. La chênaie de zeen déborde au-delà du parc de Taza, avantage d'où l'on pourrait au futur dégager d'autres aires d'extension de la réserve.

Les forêts de chêne-liège (*Quercus suber*L) sont également des formations communes, et bien que n'étant pas une espèce rare en Algérie, revêtent une importance socio-économique dans l'économie de la wilaya de Jijel, le liège étant l'un des principaux produits d'exportation et de transformation. (**Ghouli *et al.*,2017**).

Chapitre III :

Matériel et méthodes.



L'eau est un élément essentiel de la vie et intervient dans les différentes activités humaines. Elle participe toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution.

Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies appelées « Les maladies à transmission hydriques ».

La présence de certains germes dans une eau limite parfois son aptitude à certains types d'utilisation, c'est pour cela la qualité microbiologique d'une eau est particulièrement importante.

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physicochimiques ainsi que sur des analyses microbiologiques : population bactérienne totale, le dénombrement et la recherche des germes tests de contamination fécale, la présence ou l'absence de microorganismes pathogènes (**Alain et al., 2004**).

Le principe général des techniques des analyses microbiologiques des eaux consiste à ensemercer une quantité connue d'eau à analyser sur un milieu de culture adapté, solide ou liquide.

On suppose que, pendant l'incubation, chaque microorganisme présent se développe pour donner soit une colonie visible sur un milieu solide, soit des changements d'apparence dans un milieu liquide, essentiellement un trouble de celui-ci. Le choix d'une technique d'ensemencement dépend de la nature des microorganismes recherchés, de celle de l'eau, et des raisons qui ont conduit à l'analyse (**Rejsek, 2002**).

Cependant, la chaîne prélèvement – échantillonnage – conservation – analyse doit être cohérente afin de maintenir l'intégrité de l'eau à étudier (**Alain et al., 2004**).

1. Descriptions la zone d'étude

Notre zone d'étude appartient à la commune de Jijel, elle est composée de deux site de la mer méditerranée le premier site est ; c'est la plage kotama qui est limitée :

- Au nord par la mer méditerranée
- Au Sud par casino
- A l'Est par la plage de terre rouge
- A l'Ouest par le port de pêche Boudis

La plage de Kotama s'étalant sur 570 mètres de long ; malgré sa négligence, s'abondance et la réputation douteuse de ses eaux où se jette l'Oued El Kantara, appelé aussi oued Boudis,

cette dernière collecte les rejets et l'assainissement d'El Mkasseb, village Moussa, El Akabi et Elchmayam et se diverse dans la plage kotama. La plage reste la première porte d'accueil des visiteurs de la ville de Jijel.

Le deuxième site et la Plage Beni Belaid : Le site de Beni-Belaid couvre toute la zone côtière, (6°8' E, 36°50' N), de la commune d Kheiri Oued Adjoul, une large plaine à l'est de la wilaya de Jijel. Il s'étend à l'Est de l'embouchure de l'Oued El Kébir (Fig.) ; Ce dernier n'est autre que l'Oued Rhumel enrichi, à la sortie de Grarem, des apports d'oueds et de chabas nés des massifs méridionaux. Ce complexe appartient à la commune d'El-Ancer, chef-lieu situé au Sud-Ouest du site, à proximité de la route N. 43 (Constantine-Jijel). La commune d'El Ancer dépend de la wilaya de Jijel. La dépression, occupée par le site humide, varie entre 2 et 5 m d'altitude. Elle s'inscrit approximativement dans un triangle isocèle d'une surface de 46 ha environ (**de Bélaïr et al., 2000 ; Khennouf et al., 2018**).

2. Echantillonnage :

En fonction de la nature des eaux analysées et de celle des microorganismes recherchés, les normes fixent des conditions à respecter. L'objectif est d'obtenir un échantillon aussi représentatif que possible de l'eau à examiner, sans contaminer ni modifier l'échantillon. Des précautions doivent être prises à trois niveaux :

- Le matériel de prélèvement ;
- Le mode de prélèvement ;
- Le transport et la conservation des échantillons (**Rejsek, 2002**).

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (**Rodier et al., 2009**).

L'échantillon destiné à l'analyse est le plus souvent prélevé de façon à représenter le plus exactement possible le milieu d'où il provient, la concentration étant supposée être la même dans le milieu d'origine et dans l'échantillon (**Rodier et al., 1996**).

2.1. Matériel d'échantillonnage :

Le prélèvement microbiologique de l'eau doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. (**Guiraud, 1998**). La verrerie destinée aux prélèvements d'eau doit être munis d'un

nettoyage avec un détergent puis rinçage avec l'eau propre (eau douce), puis un rinçage final avec l'eau distillée (**Lightfoot, 2002**).

Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vis métallique (**Rodier et al., 1996**) stérilisés soit à l'autoclave (120 °C) durant 15 minutes, soit au four Pasteur (170 °C) durant 1 heure (**Rodier et al., 2009**).

Le récipient utilisé doit assurer, une fois bouché, une protection totale contre toute contamination. Il ne doit pas céder à l'échantillon de substances toxiques vis-à-vis des bactéries.

Il est recommandé d'apposer une étiquette permettant d'inscrire ultérieurement l'identification du prélèvement. (**Rodier et al., 1996**).

Pour éviter les risques de contamination, les flacons choisis pour l'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement de l'eau et une fois l'opération est effectuée, ils doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse.

2.2.Méthode de prélèvement :

Nos prélèvements ont été effectués au niveau des eaux des plages Kotama et Beni Belaid wilaya de Jijel.

L'échantillonnage n'est pas simplement une procédure de prélèvement d'une petite portion pour l'analysé. Il vise à fournir une information sur les caractéristiques microbiennes et physico-chimiques de cette eau prélevée.

Une étude précise sur les courants, les marais ; les volumes, les types et les emplacements des rejets ainsi que sur les vents dominants aideront à déterminer les lieux d'échantillonnage. (**Merzoug, 2009**).

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) (**Rodier et al., 1996**).

Il convient d'être très attentif pour éviter toute contamination accidentelle de l'échantillon durant le prélèvement (**Rejsek, 2002**).

Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser.

Pour une eau de surface (eau superficielle), les flacons stériles sont plongés à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels ou artificiels (**Rodier et al., 1996**).

Le prélèvement de nos échantillons a été effectué manuellement sur des points de prélèvement fixes en utilisant des flacons stériles de 250 ml.

Rincés au moment de l'emploi avec l'eau à examiner, les flacons sont ouverts sous l'eau, goulot dirigé à contre-courant, ensuite le bouchon est également placé sous l'eau de telle façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport (**Rodier et al., 1996**).

Les récipients ne seront jamais remplis complètement. Toujours laisser un espace d'air d'au moins 2,5 cm entre la surface du liquide et le bouchon, ce qui facilite l'homogénéisation et un mélange correct de l'échantillon au moment de son analyse en laboratoire.

2.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons :

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs (**Rodier et al., 1996**).

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables.

Dans ces derniers, on doit noter avec précision : la date, l'heure, , un numéro et toutes circonstances anormales (**Lightfoot, 2002**).

2.4. Etiquetage Transport et conservation des échantillons avant l'analyse :

Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière contenant de la glace et transportés ensuite au laboratoire.

La teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans le flacon après le prélèvement. C'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible (**Rejsek, 2002**).

L'évolution est d'ailleurs assez difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs : température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau (**Rodier et al., 2009**).

À ce sujet la circulaire du 21 janvier 1960, relative aux méthodes d'analyse bactériologique des eaux d'alimentation spécifie : « si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10 °C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans ces conditions, l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon » (**Rodier et al., 2009**). Idéalement, l'intervalle de temps entre le prélèvement de l'échantillon et

le début de l'analyse ne devrait pas dépasser 24 heures, même si un intervalle de 48 heures peut être acceptable dans le cas des échantillons prélevés dans des endroits éloignés (Patoine, 2011).



Figure 10: Etiquetage et Transport des Prélèvements (Cliché personnelle avril 2021).

3. Choix des stations de prélèvement

L'échantillonnage sur le terrain a été effectué aux mois d'avril et Mai et juin, Quatre stations d'étude ont été choisi, deux au niveau de la plage Kotama, et deux au niveau de plage Beni Belaid, (fig.11) (fig.12)



Figure 11: Points de prélèvement plage Kotama (Google Earth,2021)



Figure 12: Points de prélèvement de la plage Beni Belaid (Google Earth, 2021).

Tableau 2: Présentation du point de prélèvement.

	Stations	Coordonnées géographiques
Plage Kotama	S1 (fig.11)	X = 36° 48' 43.91 N
		Y = 5° 46' 44.10 E
	S2 (fig.11)	X = 36° 48' 49.46 N
		Y = 5° 46' 35.89 " E
Plage Beni Belaid	S3 (fig.12)	X = 36° 51' 56.58 " N
		Y = 6° 04' 10.79 " E
	S4 (fig.12)	X = 36 ° 52' 6.97" N
		Y = 6° 04' 33.96 " E

4. Nature et période de prélèvement :

Nous sommes intéressés à la détermination de la qualité microbiologique et physicochimique des eaux des plages de Kotama et Beni Belaid pour cela on a effectué 03 prélèvements pendant 3 mois : avril mai et juin 2021.

La totalité de nos analyses microbiologiques ont été réalisés au niveau des laboratoires de département de biologie centre université du Abd Elhafid Boussof Mila, et les analyses physicochimiques au niveau de la station d'épuration Ain Beida Harriche Ferdijoua -Mila .

Tableau 3: Nature et période du prélèvement.

Stations	Nature de prélèvement	Les dates de prélèvement	Type des analyses effectuées
Kotama S1/S2	Eau	P1 : 25/04/2021	Analyse microbiologique et physicochimique
Beni Belaid		P2 : 16 /05/2021	
S3/S4		P3 : 15/06/2021	

5. Analyses physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques au niveau Des plages Kotama et Beni Belaide a été effectuée sur la détermination des paramètres qui sont : Température, pH, conductivité électrique CE, MES. Oxygène dissous, nitrate, nitrite,

5.1.La température :

Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. (**Rodier et al., 1996**).

En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz (**De Villers et al., 2005**), dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination de pH pour la connaissance de l'origine de l'eau (**Leclerc, 1996 ; Rodier et al., 1996**).

5.2.Le pH :

❖ Principe

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de plusieurs facteurs dont la température et l'origine de l'eau. Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène H^+ présent dans l'eau ou la solution (**Coulibaly, 2005**).

❖ Mode opératoire

- Etalonnage de l'appareil
- Allumer le pH mètre ;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Prendre dans un petit bécher, la solution tampon pH=7 ;
- Régler l'agitation a faible vitesse ;
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH=7 ;
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à l'affichage du standard ;

- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.

❖ **Dosage de l'échantillon**

- Prendre environ =100ml d'eau à analyser ;
- Mettre un agitateur avec une faible agitation ;
- Tremper l'électrode dans le bêcher ;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation (Coulibaly, 2005).



Figure 13: pH mètre (STEP, 2021)

5.3.La conductivité électrique :

❖ **Le principe :**

Mesurer la conductivité électrique de l'eau, c'est à dire sa capacité à transporter et à favoriser le passage du courant électrique. (Wilke *et al.*, 1999)

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution, et dépend de leur nature et leurs concentrations (Rejsek, 2002). Donc, Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (Rodier *et al.*, 1996).

❖ **Mode opératoire**

- Allumer le conductimètre et rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage de la constante de cellule.
- Tremper l'électrode avec les précautions habituelles dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment, puis noter la valeur de la conductivité affichée
- Le résultat est donné directement en $\mu\text{S} / \text{c}$



Figure 14: La Conductimètre (STE, 2021)

5.4. Matières en suspension (MES) :

❖ Principe

La détermination de la matière en suspension est mesurée par la méthode de filtration sur disque filtrant (Rodier *et al.*, 2009).

❖ Mode opératoire

- Nous débutons par le séchage du filtre dans une étuve à 105 °C pendant 15 minutes ;
- Refroidissement du filtre dans un dessiccateur, il est pesé sur une balance.
- Nous filtrons 250 ml d'eau à analyser sur ce filtre placé au préalable sur une rampe de filtration jusqu'à filtration complète ;
- Le filtre est ensuite séché dans une étuve à 105°C pendant une à deux heures ;
- Après refroidissement pendant 15 minutes, le filtre est pesé une seconde fois, ce qui nous permet d'estimer la part des matières en suspension, et ceci en soustrayant le poids initial du filtre de son poids après filtration (Rodier *et al.*, 2009).
- La teneur en matière en suspension est exprimée en milligramme par litre (mg/l) et donnée par la formule suivante :

$$\text{MES} = (p_2 - p_1) \times 1000.$$

5.5.L'oxygène dissous (OD) :

❖ Principe :

L'oxygène dissous est mesuré à l'aide d'un Multi paramètre HACH, La concentration en oxygène dissous varie avec la température, la salinité du milieu et la pression atmosphérique.

❖ Mode opératoire

- Allumer l'appareil et rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Puis rendre environ ≈ 500 ml d'eau à analyser.
- On trempe l'électrode dans le b cher en ont.
- Laisser stabiliser un moment puis on lit la concentration en mg/l.
- Expression des résultats

* La teneur en oxygène dissous s'exprime en mg /l

5.6.Nitrite NO_2^- :

❖ Principe

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoique qui après copulation avec le N1 Naphtyl thyl diamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm au spectrophotomètre (**Chermat et al., 2018**).

❖ Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif mixte
- Attendre 10 min.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .
- Expression des résultats
- Le résultat est donné directement en mg/l (**STE, 2021**).

5.7.Nitrates NO_3^- :

❖ Principe :

En présence de salicylate de sodium les nitrates donnent du paranitrosoylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique (**STEP,2021**).

❖ Mode opératoire :

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH   30%.

- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88°C. (Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml H₂SO₄ laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre
- Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 420 nm.

6. Les analyses microbiologiques

Dans la plupart des examens usuels, l'analyse bactériologique n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative (**Rodier et al., 2009**).

Elle fait appel à des diverses techniques de dénombrement basées pour la plupart sur l'obtention de culture à partir des cellules présentes dans le milieu. On oppose souvent analyse quantitative qui détermine un nombre du germe par « ml » ou par « g » de produit et analyse qualitative : test de présence et l'absence de microorganisme (**Guiraud, 1998**).

L'analyse pourra s'effectuer directement à partir de l'eau ou de ses dilutions. Dans le cas d'une eau peu chargée en microorganismes, on pratique une filtration ou une numération en milieu liquide à partir de l'eau brute ; dans le cas d'une eau chargée, on réalise des dilutions (eaux de rivière, eaux usées, etc.) (**Rodier et al., 2009**) pour pouvoir dénombrer les microorganismes présents (**Rejsek, 2002**).

Le choix des méthodes d'examen microbiologique des eaux dépendra de la nature de l'échantillon mais aussi de la sensibilité et de la précision souhaitées (**Rodier et al., 2009**).

La population microbienne qui se trouve dans l'eau peut avoir plusieurs origines ; soit elle est purement aquatique, terrestre (vient du sol, des végétaux au voisinage du cours d'eau...), ou bien d'origine humaine ou animale (contamination fécale).

6.1. Matériel de laboratoire :

On a utilisé le matériel classique d'un laboratoire de microbiologie : appareil de stérilisation (four Pasteur, autoclave), des appareils d'incubation (des étuves à 37°C, à 22 °C et à 44 °C), réfrigérateur, bec Bunsen.... Etc.

Les géloses employées sont : Chapman, Hektoen, GNAP, cetrimide et SS,

Pour le dénombrement des germes de contamination fécale on a utilisé les milieux liquides de dénombrement bouillon BCPL (le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol simple) , et bouillon ROTH (bouillon à l'azide de sodium simple concentration) milieux liquides de confirmation (bouillon Litsky, bouillon Schubert et/ou eau peptonée exempte d'indole).

Pour l'observation microscopique on a utilisé : un microscope optique, violet de gentiane, fuschine, Lugol, alcool, huile de cèdre, lames et lamelles, ruban adhésif... etc.

L'identification a été basée sur la galerie API20 systèmes Bio Mérieux. Ainsi, on a utilisé le matériel usuel de paillasse tel que les additifs, eau distillée, pipette Pasteur, anse de platine, boites de Pétrie, etc. (Abdellaoui *et al.*, 2012).

• **Précautions générales :**

- ❖ Avant d'effectuer une analyse microbiologique, il est nécessaire de travailler dans des conditions aseptiques c'est-à-dire : des conditions de stérilisation parfaite.
- ❖ On ferme la porte et les fenêtres et on porte la blouse (fermée) avant de commencer toutes manipulations.
- ❖ On désinfecte les mains avec l'eau de Javel et on rince avec l'eau de robinet.
- ❖ On allume le bec Bunsen en prenant soin d'obtenir une flamme bleue afin de stériliser l'air alentour dans un rayon de 10 cm².
- ❖ On désinfecte la paillasse avec l'eau de Javel.
- ❖ On met tout le matériel dont on a besoin autour du bec Bunsen en respectant la zone stérile pour éviter toutes contaminations.
- ❖ Flamber, avant et après manipulations, les pipettes Pasteur et les anses métalliques utilisées pour les prélèvements.

6.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d'*Escherichia coli* en milieu liquide (Méthode de NPP) :

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présences de sels biliaries et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37 °C (Carbonnelle, 1998 ; Camille, 2003).

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermos tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose et de produit l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température de 44°C ; et qui donne un résultat positif à l'essai au

rouge de méthyle. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*) (Roux, 2003 ; Lebres *et al.*, 2008).

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E. coli* ont été effectués par la technique de nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie.

Le principe de cette méthode se divise en deux étapes :

❖ Mode opératoire

• Test présomptif :

- Après avoir bien homogénéisé l'échantillon afin d'obtenir une répartition homogène des microorganismes, nous avons réalisé cinq dilutions décimales successives (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) avec trois répétitions par dilution. Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques (Fig.15) (Rejsek, 2002).
- Prélevez les tubes de BCPL (bouillon lactose au pourpre de bromocrésol, simple concentration) munis d'une cloche de Durham
- Prélever 1ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette gradué et la porte dans le premier tube de la série contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-1} .
- Prélever 1ml de la dilution 1/10 précédente et l'ajouter à un tube contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-2} .
- Transférer 1ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-3} et continué jusqu'à 10^{-5} .
- Refaire la technique pour 2 autres tubes de BCPL afin d'obtenir 5 tubes de BCPL, et refaire pour 2 autres séries (Délarras, 2008).

➤ Lecture :

Après incubation seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10^{ème} de la hauteur de la cloche)
- ✓ Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu) (Labres *et al.*, 2008).

On retient le nombre caractéristique constitué par les trois chiffres écrit dans l'ordre des dilutions croissantes en commençant par le nombre correspondant à la plus grande dilution pour laquelle tous les tubes sont positifs (Bourgeois *et al.*, 1980).

Ce nombre caractéristique obtenu correspond d'après la table de Mac Grady au nombre de bactéries présentes (NPP) dans le prélèvement correspondant à la plus faible dilution prise en compte. Le calcul de concentration cellulaire dans la suspension initiale se fait en tenant compte les dilutions effectuées (**Bourgeois, 1980 ; Leclerc, 1983**).

❖ **Test confirmatif :**

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermos tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli* (**Merzoug, 2009**).

Repiquer chaque tube de BCPL trouvé positif avec une anse bouclée ou une pipette Pasteur dans le (ou les) milieu(x) de confirmation (**Rodier et al., 2009**). Comme milieu de confirmation, on utilise dans le premier prélèvement : le milieu eau peptonee exempte d'indole.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 37 °C pendant 24 heures (**Labres et al., 2008**).

❖ **Lecture :**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant :

✓ Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs. (**Rejsek, 2002**).

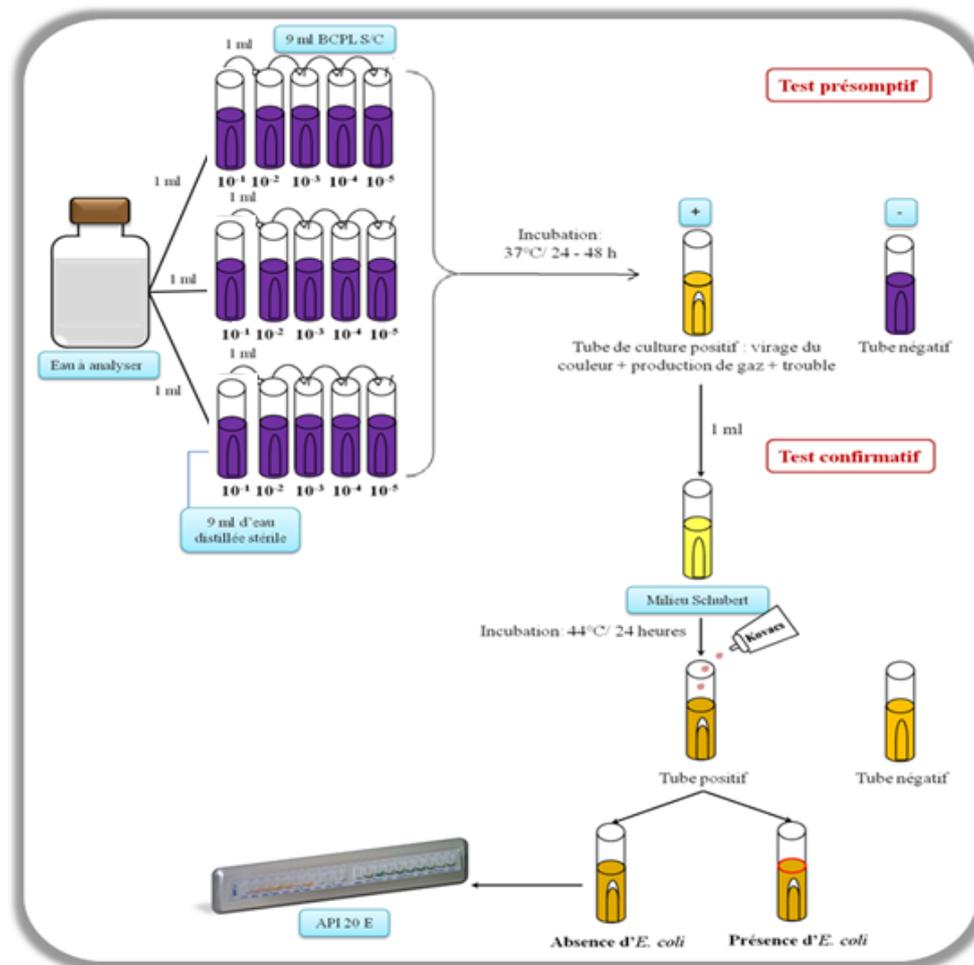


Figure 15: Protocole de recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification *E. coli* dans les eaux. (Méthode de NPP). (Abdellaoui *et al.*, 2012).

6.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Entérocoques) :

Cette méthode consiste à la recherche des streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe ; ce sont des coques à Gram (+), formant quand ils sont cultivés en milieu liquide des diplocoques et/ou des chainettes, de catalase (-) et possédant l'antigène de groupe D (Rejsek, 2002) immobile, anaérobie facultative, non sporulant (Gillespie *et al.*, 2006 ; Harvey *et al.*, 2007; Engelkirk, 2008).

La recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe D dans les eaux se fait aussi par la technique du NPP qui se fait en deux étapes consécutives (Fig.16).

❖ Mode opératoire :

• Test présumptif :

- A partir de l'eau à analyser, après homogénéisation, porter aseptiquement 1 ml dans un tube contenant 9 ml de milieu Roth S/C pour obtenir la dilution 10⁻¹.

- Prélever 1ml de tube précédent 10^{-1} et mettre dans le second tube Roth pour avoir la dilution 10^{-2} .
- Transférer 1ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9ml de milieu Roth S/C, pour obtenir la dilution 10^{-3} .
- Refaire la technique 5 fois pour avoir 5 tubes de Roth, et 2 autres séries. L'incubation se fait à 37 C° pendant 24 à 48 heures (**Rejsek, 2002 ; Delarras, 2008**).

➤ **Lecture :**

Après incubation, considérer comme positifs les tubes pour lesquels on observe un trouble du à une croissance microbienne. Ces tubes doivent absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu Eva Litsky dans le but de confirmation des streptocoques du groupe D (**Lebres *et al.*, 2008**).

• **Test confirmatif :**

Les tubes de Roth trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette pasteur ou une onse bouclée dans tube contenant le milieu Eva Litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C ; pendant 24 heures (**Lebres *et al.*, 2008**).

➤ **Lecture**

Sur le milieu de Eva Litsky, la présence de streptocoque du groupe D se caractérise par l'apparition d'un trouble dû au développement bactérien, avec ou sans dépôt violet. (**Rejsek , 2002**). La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP de Mac Grady

- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube, sous l'eau de robinet ;
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube ;
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose viande foie (VF), fondue puis refroidie à $47 \pm 1^\circ\text{C}$, (**Labres et al. 2008**), additionnée 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer (**Rodier et al., 2009**).
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air ;
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant 24 à 48 heures (**Labres et al., 2008**).

➤ **Lecture et interprétation :**

Considérer comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie blanc entourée d'un halo noir.

Il est indispensable de procéder à une lecture après 24 heures : en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme du tube et tout dénombrement devient impossible après 48 heures.

Par contre, s'il y a une faible quantité de colonies à la première lecture, et si les colonies sont petites, il peut y avoir un développement de nouvelles colonies dans les 24 heures suivantes (**Rodier et al., 2012**). Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser (**Labres et al., 2008**).

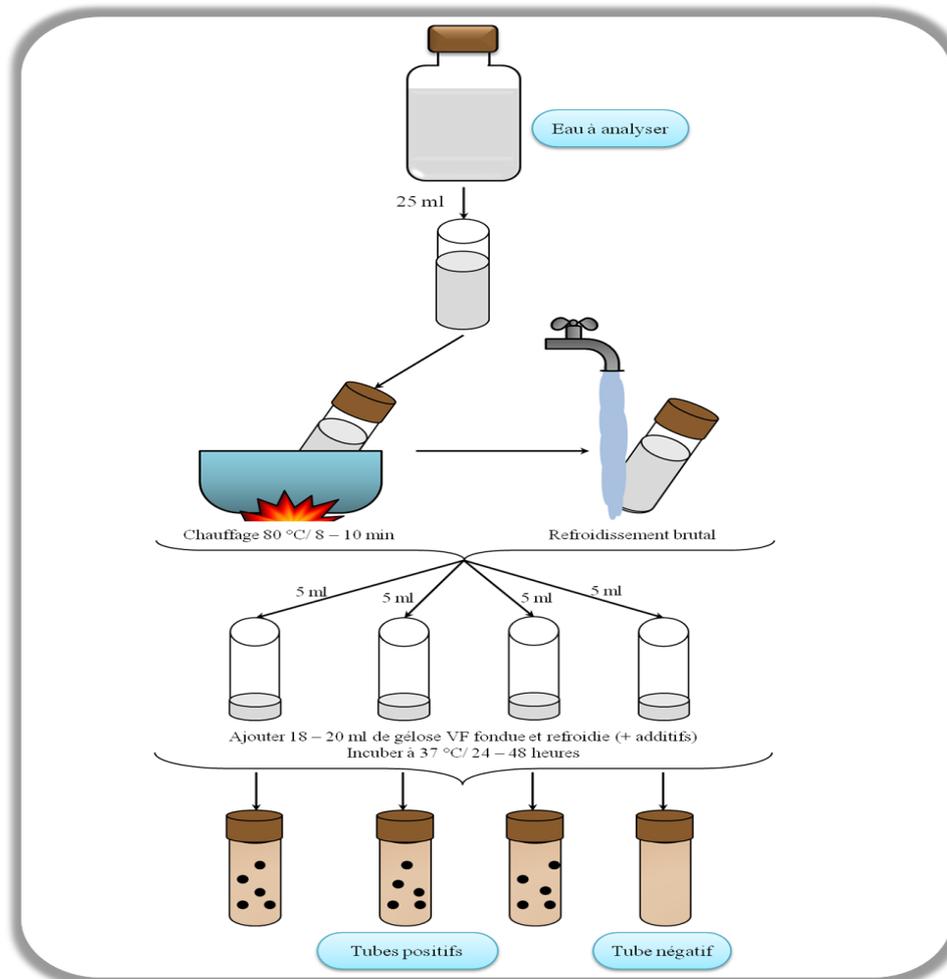


Figure 17: Protocole de la recherche et du dénombrement des Clostridium. Sulfito-réducteurs. (Abdellaoui *et al.*, 2012).

6.5. Recherche des germes pathogènes :

Il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme : *Campylobacter jejuni*, *Légionnelle pneumophila*, leptospires, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella*, *Shigella*, *staphylocoques pathogènes*, *Vibrio*, *Yersinia enterocolitica*. (Rodier *et al.*, 2009)

Le travail d'ensemencement des microorganismes se pratique sur une paillasse conforme à la réglementation autour de la flamme d'un bec Bunsen (Delarras, 2007). L'ensemencement par stries sur boîtes de Pétrie est pratiqué le plus souvent dans un but d'isolement. L'inoculum est prélevé directement à partir de l'eau à analyser est déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé par stries sur toute la surface (méthode des quadrants) (Aouissi, 2008). Un

isolement est effectué à l'aide d'une anse de platine, une pipette Pasteur ou d'un ensementer à usage unique stérile (Denis *et al.*, 2007).

6.5.1. Recherche des staphylocoques :

Ce sont des bactéries qui se présentent sous forme de Cocci à Gram positive, sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes de raisin, ils sont aérobies ou anaérobies facultatifs, possédant l'enzyme catalase. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 36 ± 2 °C sur un milieu sélectif Chapman au mannitol qui contient un inhibiteur : fortes concentrations en chlorure de sodium (Pechère *et al.*, 1982 ; Carbonnelle, 1988 ; Lebres *et al.*, 2008).

➤ Culture :

On prépare les boîtes Pétri avec le milieu Chapman (Rodier, 1996). A partir de l'eau à analyser, on porte aseptiquement 0.1 ml (2 gouttes) dans les boîtes de Pétri qu'on étale à l'aide d'une pipette Pasteur stérile. L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 heures (Fig.18) (Ait Kaci *et al.*, 2008).

➤ Identification :

Après la période d'incubation les staphylocoques apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc (Ait Kaci *et al.*, 2008 ; Rodier *et al.*, 2009).

L'identification des staphylocoques nécessite la mise en œuvre de réactions spéciales au genre :

- Etat frais et coloration de Gram ;
- Test à la catalase ;
- Les API 20 staph.

6.5.2. Recherche de *Shigella* :

Les Shigelles sont des *Enterobacteriaceae*, rencontrées exclusivement chez l'homme, elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif (**Beriche et al., 1988**) ; éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que peu de temps. Morphologiquement ce sont des bacilles Gram négatifs, immobiles ; dépourvus de spores et de capsules très proches d'E coli (**Pechère et al., 1982 ; Carbonnelle, 1988**).

➤ Culture :

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 0.1 ml (2 gouttes) et l'on étale à la surface de Gélose Mac Conkey, Gélose Salmonella Shigella (Gélose SS), et/ou Gélose Hectoèn, par la méthode des quadrants, puis les incubent à 36 ± 2 °C pendant 18 à 24 h (**Fig.18**)

➤ Identification :

Après un examen macroscopique et microscopique des colonies suspectes ; ils se déterminent l'identification sur ou miniaturisée pour *Enterobacteriaceae* avec laquelle elles se différencient par un ensemble de caractères négatifs.

6.5.3. Recherche de *Salmonella* :

Les salmonelles sont des bacilles Gram négatifs (BGN) (**Lebres, 2002**), anaérobies facultatives, mobiles pour la plupart avec des flagelles péri triches, ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H₂S (**Pechère et al., 1982 ; Carbonnelle et al., 1988 ; Lebres, 2002 ; Labres et al., 2008**).

➤ Culture :

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 0.1 ml et l'on étale à la surface de Gélose Hectoèn, SS et Mac Conkey, par la méthode des quatre quadrants, puis les incubent à 36 ± 2 °C pendant 18 à 24 h (**Lebres, 2002**).

➤ Identification :

- Etat frais et coloration de Gram (bacilles Gram négatifs) ;
- Ensemencement : ou d'une galerie biochimique API 20 E (**Lebres, 2002**).

6.5.4. Recherche de *Vibrio cholérique* :

Les *Vibrio* sont des bacilles à Gram négatif, droits ou incurvés, assez court, d'un diamètre compris entre 0,5 et 0,8 μm et une longueur comprise entre 1,4 et 2,6 μm (Cohen *et al.*, 2007), très mobiles grâce à une ciliature polaire, le plus souvent monotriche (Oliver *et al.*, 1997 ; Nauciel *et al.*, 2005 ; Denis *et al.*, 2007 ; Harvey *et al.*, 2007). Ils sont aéro-anaérobies facultatifs

➤ Identification morphologique et biochimique :

Sur GNAB, les colonies sont rondes, plates, bord réguliers, surface lisse brillante, translucides sous forme de goutte de rosée (Patrick *et al.*, 2009). Une identification morphologique et biochimique basée essentiellement sur :

- Etat frais et coloration de Gram ;
- Ensemencement d'une galerie biochimique API 20 E.

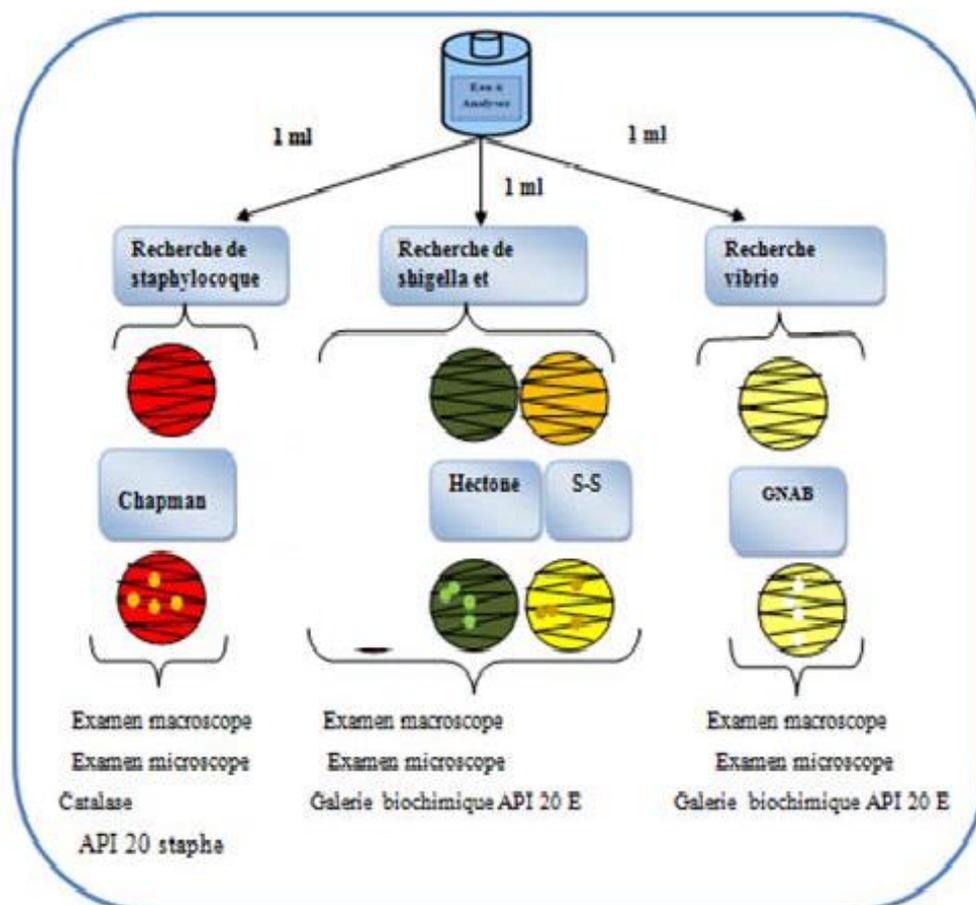


Figure 18: Protocole de recherche des germes pathogènes des eaux (Fareh *et al.*, 2017)

6.5.5. Recherche de *Pseudomonas aeruginosa* :

On entend par *Pseudomonas aeruginosa*, une bactérie qui se présente sous forme de bacille à Gram négatif possédant l'enzyme oxydase, et capable de produire de l'ammoniac à partir de l'acétamide et ne dégrade pas le lactose (Pechère et al., 1982 ; Pilet, 1987 ; Labres *et al.*, 2008).

➤ Culture

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement deux gouttes et l'on étale à la surface de gélose type Cétrimide, alors que les colonies de bactéries lactose positives sont bleu ou bleu vert, et se fait des stries par une pipette Pasteur fermé et stérile, puis les incubent à 37 °C pendant 24 à 48h (Fig.19) (Lebres *et al.*, 2008).

➤ Identification :

Considérer comme colonie caractéristique toute colonie présentant une fluorescence. Du fait de la sélectivité du milieu Cétrimide, on peut suspecter les colonies présentes d'être *Pseudomonas*. Dans tous les cas, il faudra réaliser une identification de l'espèce :

- Coloration de Gram.
- Examen direct entre lame et lamelle (état frais), il permet d'observer la mobilité des germes.
- Oxydase. (Fareh *et al.*, 2017)

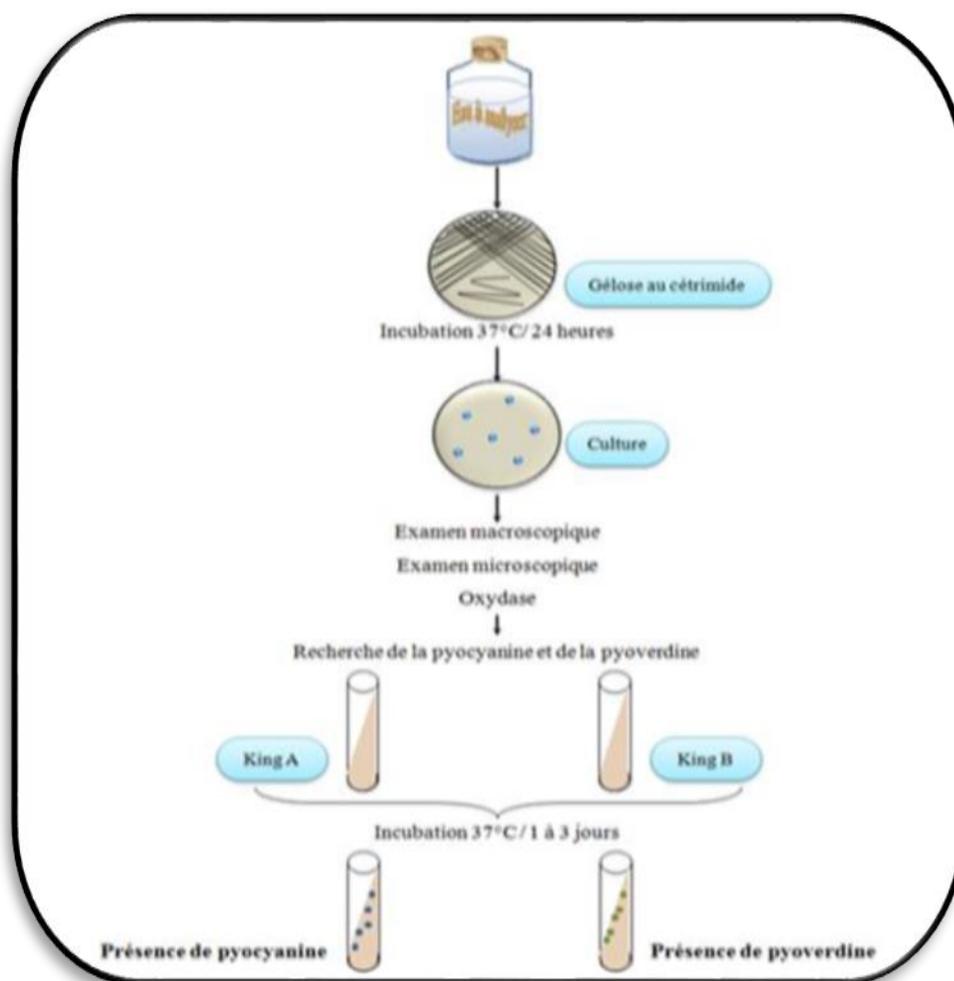


Figure 19: Protocole de recherche des *Pseudomonas* dans les eaux (Amiri *et al.*, 2014).

6.6. L'identification :

6.6.1. Examen macroscopique des caractères cultureux :

Dans les conditions données, chaque espèce bactérienne développe une colonie de taille, de forme, de couleur et de consistance caractéristiques (**Singleton, 1999**). L'aspect des colonies dépend du milieu et de l'incubation (Temps et température). Observer à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe binoculaire les colonies développées sur les milieux gélosés et noter les caractéristiques suivantes :

- La taille : colonies petites (< 1 mm), moyennes (1,5 à 3 mm), grosses (> 3 mm) ;
- La forme : Bombée, plate, ombiliquée, surélevée ;
- Le contour : à bords circulaire, irrégulières et parfois envahissantes, déchiquetées et parfois envahissantes ;
- Elévation de la colonie : convexe, légèrement convexe, plate ;
- L'opacité : opaque, translucide, transparente ;
- Pigmentation. (**Delarras, 2007**)
- Pour l'examen macroscopique des champignons, on note surtout :
 - La vitesse de pousse : rapide, lente ou très lente ;
 - La taille : colonies petites, étendues, envahissantes ;
 - L'aspect des colonies : les champignons levuriformes donnent des colonies lisses, glabres, humides, d'aspect brillant ou mat, parfois rugueuses. A l'opposé, les filamenteux ont une texture différente : duveteuse, laineuse, cotonneuse, veloutée, poudreuse ou granuleuse.
- Le relief des colonies : plates, plissées, cérébriformes ... ;
- La couleur recto verso : colonie blanche, noire, crème ou colorée (verte, brune, orangée, grise, violettes ...) ;
- Pigment : présence, absence, diffusible ou non (**Chabasse et al., 2002**).

6.6.2. Examen microscopique :

L'examen microscopique peut être effectué sans coloration de l'échantillon par observation directe entre lame et lamelle (technique de l'état frais) ou bien après coloration de l'échantillon ou encore après réaction d'immunofluorescence (**Denis et al., 2007**).

• L'examen direct (Etat frais) :

Une méthode rapide consiste à observer entre lame et lamelle une suspension bactérienne sans fixation préalable par la chaleur ou l'alcool (**Denis et al., 2007**). Il permet l'observation des bactéries vivantes et la détermination de leur morphologie, de leur mode de groupements, leur abondance et leur mobilité. (**Delarras, 2007 ; Delarras et al., 2003**)

L'examen direct proprement dit se réalise en déposant, sur la lame une goutte du liquide ou de la suspension microbienne à examiner. Cette goutte est recouverte d'une lamelle. Observer au microscope optique à l'objectif $\times 40$ (**Carbonnelle et al., 1988**)

• Coloration de Gram :

Les techniques les plus communément utilisées au laboratoire de bactériologie médicale font appel à des colorations. La préparation est fixée sur une lame puis colorée (bactéries tuées et colorées) (**Denis et al., 2007**) :

- A l'aide d'une boucle d'inoculation (ou pipette Pasteur), on dépose une goutte d'eau sur une lame propre, puis on ajoute à cette eau une colonie ;
- On étale cette suspension sur une surface d'un ou deux centimètres carrés et on laisse sécher, ce qui donne un frottis. Le frottis est ensuite fixé par des passages rapides dans la flamme d'un bec Bunsen (**Singleton, 2005**).
- La coloration de Gram est considérée comme une référence en bactériologie, elle distingue les bactéries à Gram positifs et Gram négatifs (**Murray et al., 2009 ; Denis et al., 2007**). Elle est réalisée comme suit :
 - Recouvrir la lame de violet de gentiane : 1 minute ;
 - Recouvrir de Lugol : 1.30 minute ;
 - La lame est tenue inclinée et décolorer à l'alcool pendant 10 secondes ;
 - Recouvrir la lame de fuchsine diluée, 30 secondes à 1 minute. Laver à l'eau ;
 - Sécher entre deux feuilles de papier filtre, puis à la chaleur ;
 - Recouvrir le frottis coloré par l'huile à l'immersion et observer au microscope optique à l'objectif $\times 100$. (**Denis et al., 2007**)
- Les bactéries à Gram positifs doivent apparaître colorées en violet et les bactéries à Gram négatifs en rose. (**Fig.20**) (**Denis et al., 2007**).

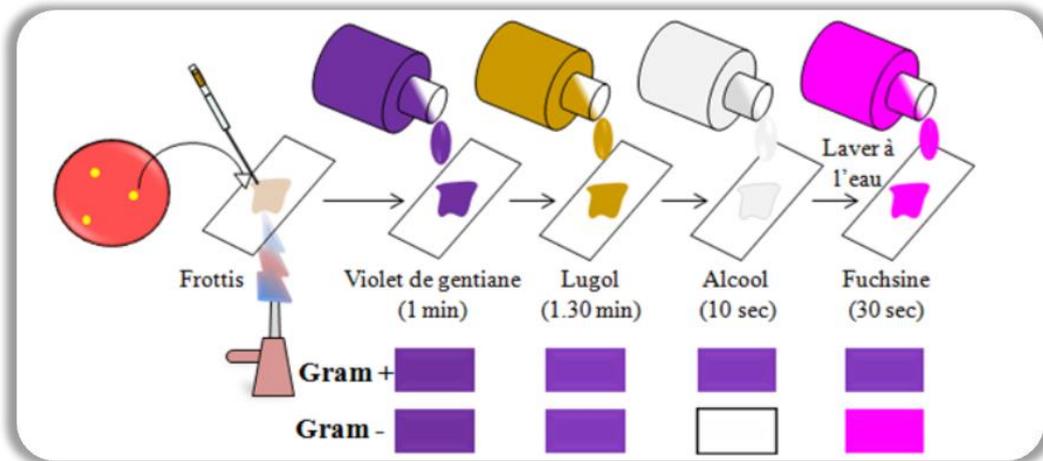


Figure 20: Procédure de la coloration de Gram. (Merzoug,2010).

6.6.3. Examens liés aux caractères biochimiques :

➤ Catalase :

La catalase est une enzyme qui décompose le peroxyde d'Oxygène ou l'eau oxygénée (H₂O₂) en eau et en Oxygène gazeux. La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on plonge ensuite dans un millilitre d'eau oxygénée à 10 volumes. Le dégagement de bulles gazeuses signe la présence de l'enzyme. (Fig.21) (Carbonnelle *et al.*, 1988).



Figure 21: Teste catalase positif (Cliché personnel).

➤ Test d'oxydase :

La recherche de l'oxydase s'effectue avec des disques prêts à l'emploi du commerce. Déposer le disque sur une lame porte-objet, l'humidifier avec deux gouttes d'eau distillée stérile et écraser la colonie testée sur le disque. Une réaction positive se traduit par un virage rapide du réactif de l'incolore au violet (Carbonnelle, 1988 ; Lebres, 2002).

6.7. L'API 20 E :

• Présentation :

API 20 E est un système standardisé pour l'identification des *Enterobacteriaceae* et autres bacilles à Gram négatif non fastidieux.

La galerie API 20 E comporte 20 microtubes contenant des substrats déshydratés. Les microtubes sont inoculés avec une suspension bactérienne qui reconstitue les tests. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs (**Fareh et al.,2017**).

• Mode opératoire :

- Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide.
 - Incrire la référence de la souche sur la languette latérale de la boîte.
 - Sortir la galerie de son emballage et la placer dans la boîte d'incubation.
 - Préparation de l'inoculum :
 - ❖ Utiliser un tube contenant 5 ml d'eau physiologique stérile ou d'eau distillée stérile.
 - ❖ A l'aide d'une pipette, prélever une seule colonie bien isolée sur milieu gélosé. Utiliser préférentiellement des cultures jeunes (18 – 24 heures).
 - ❖ Réaliser une suspension bactérienne en homogénéisant soigneusement les bactéries dans le milieu. Cette suspension doit être utilisée extemporanément.
 - Introduire la suspension bactérienne dans les tubes de la galerie :
 - ❖ Pour les tests |CIT|, |VP| et |GEL|, remplir tube et cupule,
 - ❖ Pour les autres tests, remplir uniquement les tubes (et non les cupules),
 - ❖ Pour les tests : ADH, LDC, ODC, H₂S, URE créer une anaérobiose en remplissant leur.
 - ❖ Refermer la boîte d'incubation. Incuber à 36 °C ± 2 °C pendant 18 – 24 heures.
- (**Abdellioui et al., 2012**).

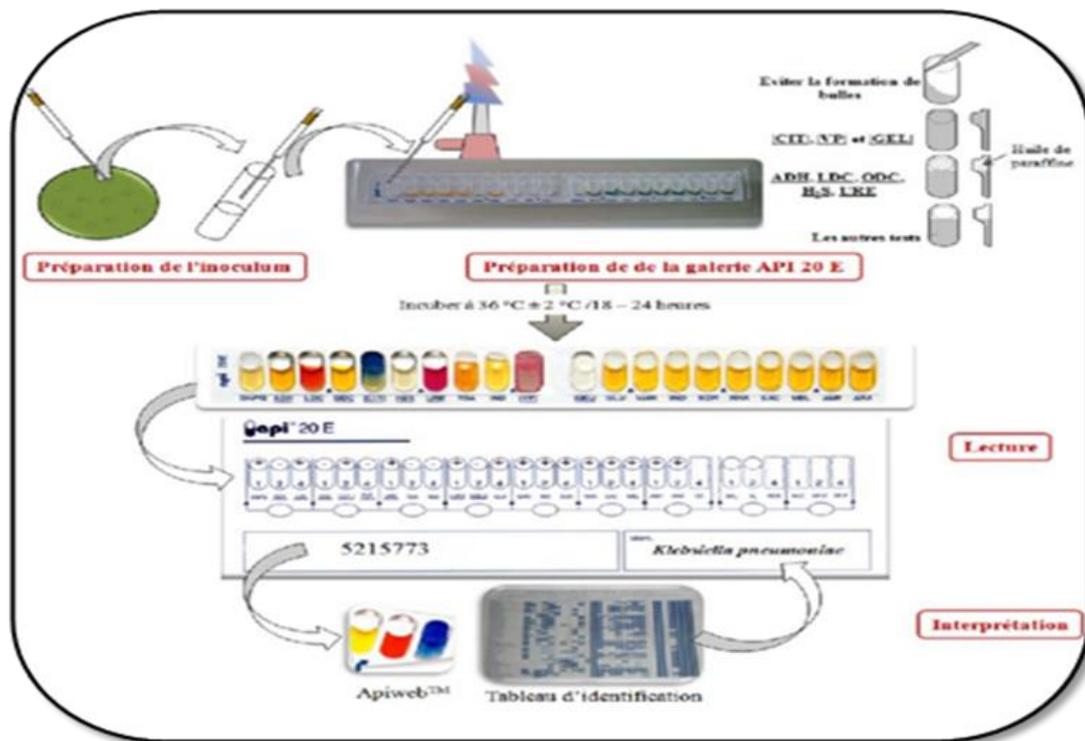


Figure 22: préparations d'API20E (Abdellioui *et al.*, 2012).

• **Lecture :**

Noter sur la fiche de résultat toutes réactions spontanées et révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs ;

- Test VP : ajouter une goutte de réactif VP1 et VP2. Attendre au minimum 10 minutes. Une couleur rose franche ou rouge indique une réaction positive ;
- Test TDA : ajouter une goutte de réactif TDA. Une couleur marron foncé indique une réaction positive ;
- Test IND : ajouter une goutte de réactif de Kowacs. Un anneau rouge obtenu en 2 minutes indique une réaction positive (Aouissi *et al.*, 2007 ; Merzoug, 2009 ; Rouaiguia, 2010).

La lecture de ces réactions se fait selon le profil numérique à l'aide du catalogue analytique API 20.

Chapitre IV

Résultats et Discussion



1. Résultats des analyses physico-chimiques

1.1. La température (T°) :

La température est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (**Ramade, 1993**). Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des espèces aquatiques (**Angelier, 2003**).

La figure (23) illustre les différents résultats obtenus durant notre période d'étude, La température des eaux varie d'une station à une autre en fonction du climat et l'heure de prélèvement.

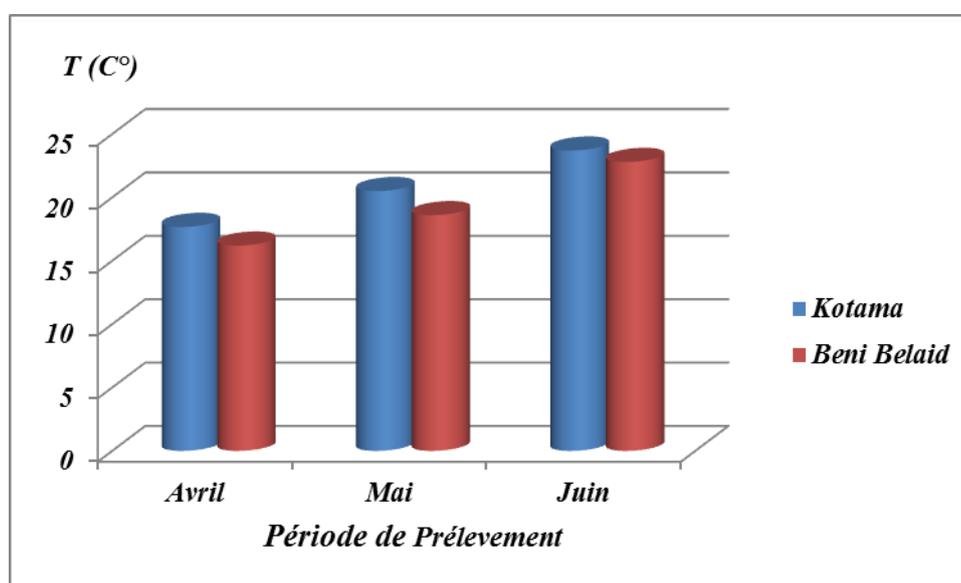


Figure 23: Variation de la température des eaux des plages Kotama et Beni Belaid (Avril – Juin 2021).

D'après les résultats obtenus (**Fig.23**), La valeur maximale pour les deux stations est 23.70 C° enregistré durant le mois de Juin (3^{ème} prélèvement) à la station (S1) ainsi la valeur minimale pour les deux stations est 16.20 C° notée pendant le mois de Avril (1^{er} prélèvement) à la station (S2).

Les faibles fluctuations de la température entre les deux stations constatées peuvent être expliquées par l'effet du couvert végétal et l'exposition au soleil, l'Oued contient une couverture végétale sur ces deux côtés par rapport à la mer qui est exposé directement au soleil.

Selon la grille d'appréciation de la qualité générale des eaux (**Masson, 1988**), (**Tab.04**) les eaux des plages Kotama et Beni Belaid sont de qualité normale.

Tableau 4: Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (Monod, 1989).

Température	Qualité	Classe
<20°C	Normal	1A
20°C – 22°C	Bonne	1B
22°C – 25°C	Moyenne	2
25°C – 30°C	Médiocre	3
> 30°C	Mauvaise	4

1.2. Le potentiel hydrique de l'eau (pH) :

Le pH de l'eau renseigne sur son acidité et son alcalinité (Dimane *et al.*, 2017). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques (Akil *et al.*, 2014). Selon Chapman, 1996, ses valeurs se situent entre 6 et 8.5 dans les eaux naturelles.

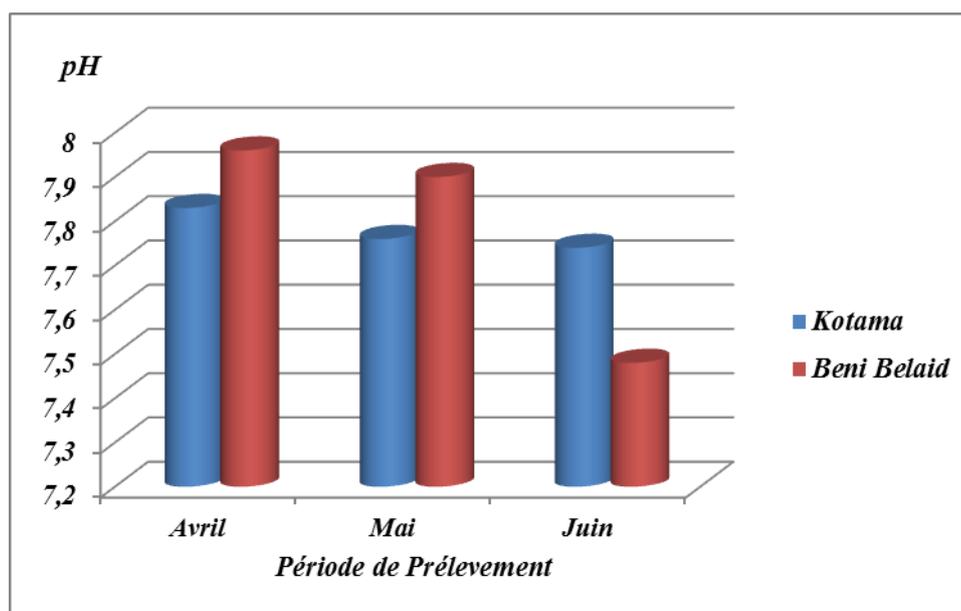


Figure 24: Variation de pH des eaux des plages Kotama et Beni Belaid (Avril – Juin 2021).

D'après les résultats obtenus (Fig. 24), toutes les stations de prélèvement ont des valeurs qui oscillent dans l'intervalle de neutralité,

Un pH compris entre 7 et 10 permet un développement à peu près correct de la faune et de la flore aquatique (Nisbet et Verneaux, 1970).

Le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés (Ayad, 2016). D'une façon générale le pH diminue en présence des teneurs élevées en

matière organique et augmente en période d'étiage lorsque l'évaporation est importante (Haddad *et al.*, 2014).

La grille d'appréciation de la qualité de l'eau (Ministère algérien des ressources en eau) (Tab.05), nous permet de conclure que la qualité des eaux des plages Kotama et Beni Belaid est de neutralité rapprochée (eau de surface).

Tableau 5: Grille d'estimation de la qualité de l'eau selon le pH (Benslimen, 2002).

pH	Qualité d'eau
pH<5	Acidité forte
pH = 7	Neutralité (eau pure)
7<pH<8	Neutralité rapproché (eau de surface)
5.5 <pH>8	Majorité des eaux souterraine
pH>8	Alcalinité, évaporations intense

1.3. Conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée révèle soit des pH a normaux, soit une salinité élevée (Rodier, 2005).

D'après les résultats (Fig.25), La valeur la plus faible est 4160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistrée au niveau de la station (S2) au mois d'avril, la plus élevée est 5120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistrée au niveau de la station (S1) au mois de Juin.

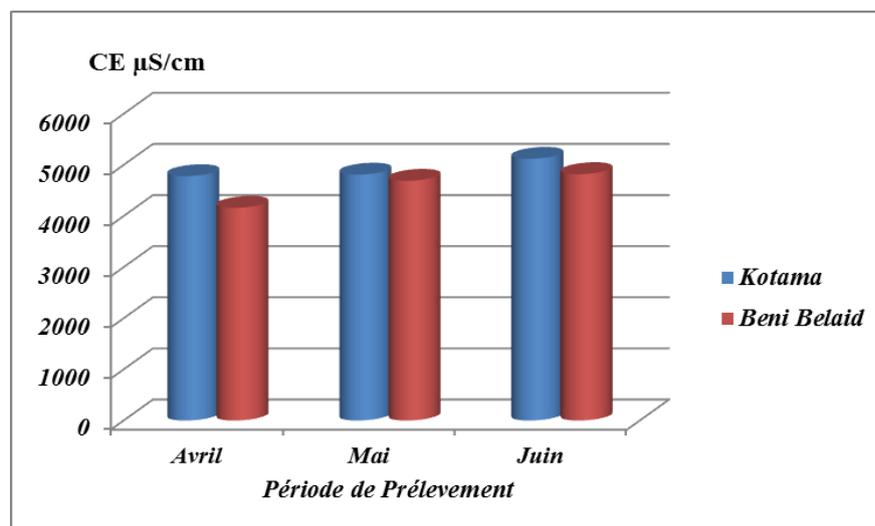


Figure 25: Les variations de la conductivité électrique des eaux des plages Kotama et Beni Belaid (Avril -Juin 2021).

(Rodier *et al.*, 2009) signalent que la variation de la conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend

de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{2+}), de sodium (Na^+), de chlorures (Cl^-), des bicarbonates (HCO_3^-) ...etc.

Généralement, la conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température (Ayad, 2016).

D'après les résultats obtenus des mesures de la conductivité la qualité de l'eau des plages de Kotama et Beni Belaid est bonne (CRE, 2009).

1.4. L'oxygène dissous :

L'oxygène constitue un excellent indicateur du fonctionnement du plan d'eau à différents titres : sur le plan physique comme indicateur de pollution ; et biologique comme vital aux organismes vivants (Sayad, 2008).

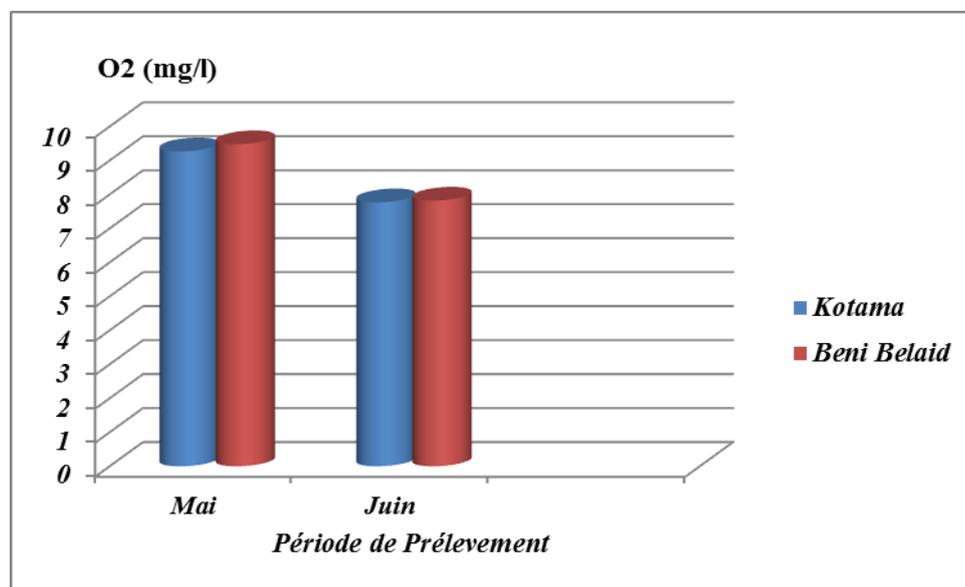


Figure 26: Variations d'oxygène dissous des eaux des plages Kotama et Beni Belaid (Avril-Juin 2021).

Selon les résultats enregistrés (Fig.26), la valeur minimale 7.77mg/l a été enregistrée à la station (S1) pendant le mois de Juin et la valeur maximale 9.48mg/l notée à la station (S2) durant le 2^{ème} Prélèvement (Mai).

L'oxygène représente environ 35% de gaz dissous dans l'eau. Il a une importance primordiale dans les eaux de surface puisqu'il conditionne les processus d'autoépuration et de préservation de la vie aquatiques (Gaujous, 1995).

La saturation en oxygène de l'eau est assurée par les échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère à travers l'interface air-eau. Plus la température de l'eau est faible, plus la solubilité de l'oxygène est importante (Leynaud, 1980).

D'après la grille d'évaluation SEQ-EAU (**Tab.07**), la qualité des eaux des plages est de très bonne qualité.

Tableau 6: Grilles d'évaluation SEQ EAU (Masson, 1988),

Classe de qualité d'oxygène dissous (mg/l)				
Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
8	6	4	3	
Bleu : très bonne – Vert : bonne – Jaune : passable – Orange : mauvaise – Rouge : très mauvaise				

1.5. Matières en suspension (MES) :

Toutes les eaux superficielles contiennent des matières en suspension avec des teneurs de quelques mg/l qui ne posent pas des problèmes majeurs. Leurs teneurs et leurs compositions minérales et organiques sont très variables (**Mebarki, 1982**).

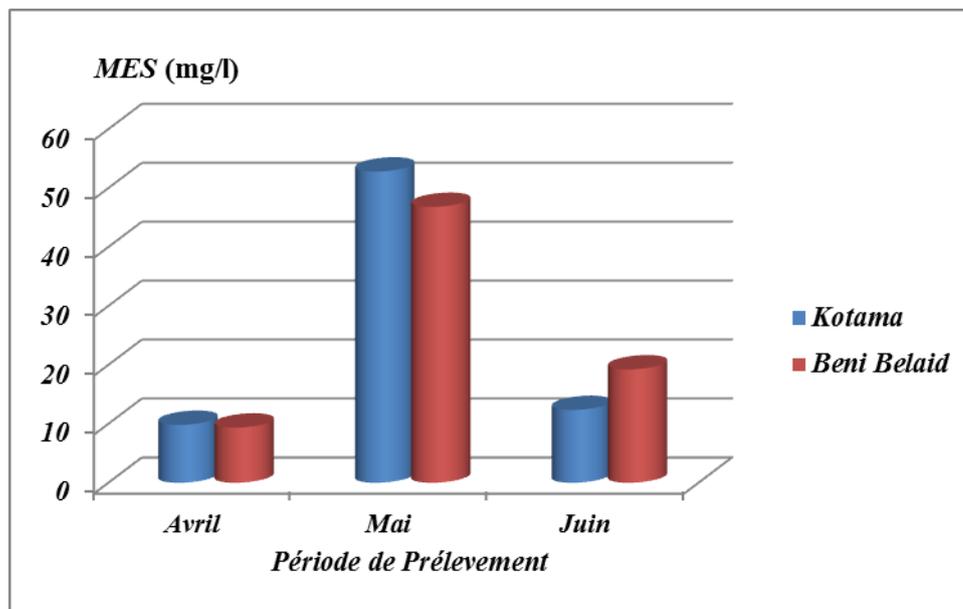


Figure 27: Variation de Matière en suspensions des eaux des plages Kotama et Beni Bealid (Avril -Juin 2021).

D'après les résultats obtenus (**Fig, 27**), la valeur minimale 9.36mg/l a été enregistrée à la station (S2) pendant le mois d'Avril et la valeur maximale 52.8mg/l notée à la station (S1) durant le 2ème Prélèvement (Mai).

Selon les normes de classification des eaux superficielles (SEQ-EAU) (**Masson, 1988**) (**Tab.08**), les eaux des plages Kotama et Beni Belaid sont de qualité Très Bonne à Bonne.

Tableau 7: Grilles d'évaluation SEQ EAU des Matières en suspension (Masson, 1988).

Qualité des Matières en suspension				
Très Bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Tres mauvaise
25	50	100	150	

1.6. Nitrate (NO_3^-) :

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau (Lakhili *et al.*, 2015). Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification (Akil *et al.*, 2014).

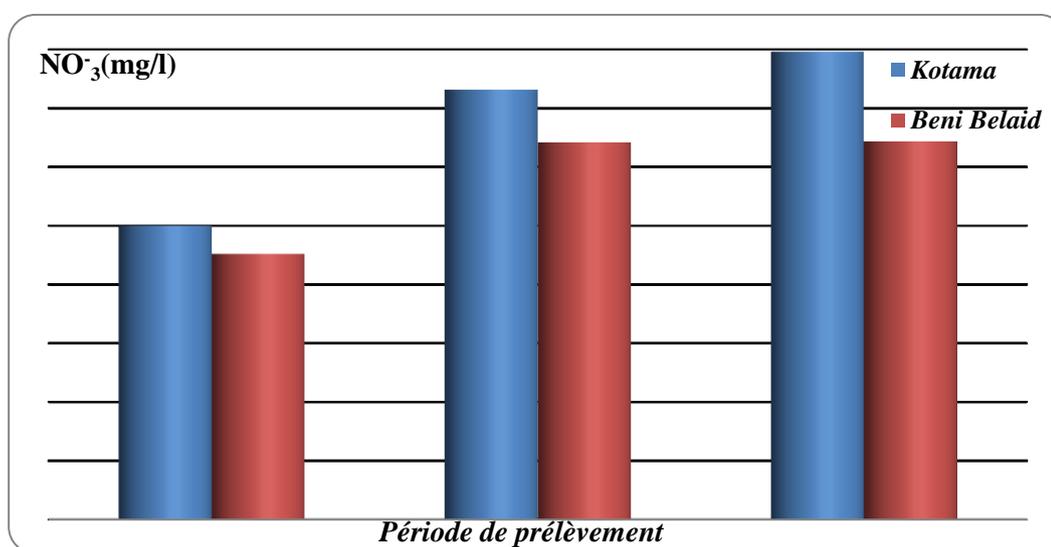


Figure 28: Les variations du nitrate des eaux des plages Kotama et Beni Belaid (Avril -Juin 2021).

Au niveau des deux stations, la concentration maximale en nitrates 0.398 mg/l a été enregistrée durant le mois de Juin à la station (S1). La minimale (0.226 mg/l) est relevée pendant le mois de Avril à la station (S2) (Fig.28).

En général, les eaux de surface ne sont pas chargées en nitrates à plus de 10 mg/l NO_3^- (Bontoux *et al.*, 1979). Nos valeurs sont largement inférieures à ces limites.

Selon la grille de la qualité des eaux en nitrates (ANRH, 2001) (Tab.09), les eaux de nos prélèvements sont de bonne qualité.

Tableau 8: Grille de qualité des eaux en nitrates. (ANRH, 2001).

Teneurs en nitrates (NO_3^-)	Qualités des eaux
<10	Bonne
$10 < \text{NO}_3^- < 20$	Moyenne avec signe de pollution
$20 < \text{NO}_3^- < 40$	Polluée avec une pollution nette
>40	La pollution est importante

1.7. Nitrite (NO_2^-) :

Les nitrites dans l'eau proviennent essentiellement soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (Rodier, 1996).

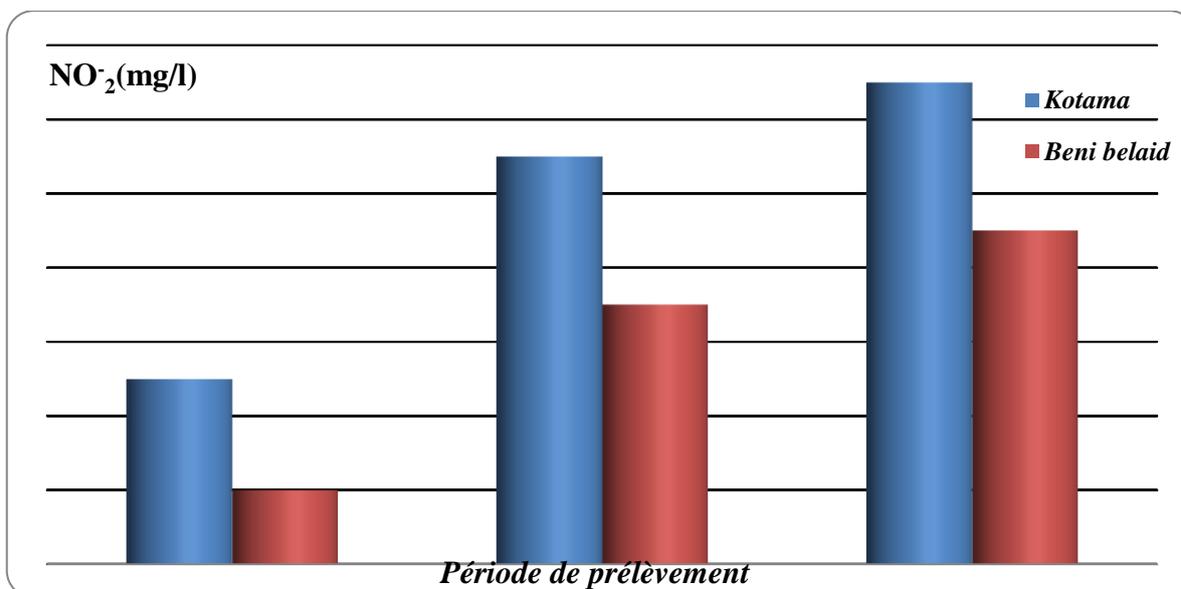


Figure 29: les variations du nitrite des eaux des plages Kotama et Beni Belaid (Avril -Juin 2021).

La figure (29) montre que la teneur la plus faible est de 0.002 mg/l mesurée pendant le mois d'Avril à la station (S2), et la plus élevée est de 0.013 mg/l, elle est enregistrée pendant le mois de Juin à la station (S1).

Selon la grille de la qualité des eaux naturelle appliquée par l'agence nationale des ressources hydriques (Tab.10) (ANRH, 2001). Les eaux des plages Kotama et Beni Belaid sont excellente.

Tableau 9: Grille de la qualité des eaux en nitrite (ANRH, 2001).

Teneurs en nitrites NO_2^- mg /1	Qualité des eaux
<0.1	Excellent
$0.1 < \text{NO}_2^- < 1$	Bonne
$0.3 < \text{NO}_2^- < 1$	Passable
$1 < \text{NO}_2^- < 2$	Médiocre
>2	Excessive

2. Résultats Les analyses microbiologiques :

Dans les milieux aquatiques, les micro-organismes tel que les bactéries, les moisissures, jouent un rôle important dans l'évolution de la qualité de l'eau. En dehors de toutes agressions, leur nombre est naturellement faible, mais peut être modifié sous l'influence de plusieurs facteurs tels que la température, l'enrichissement du milieu en substances nutritives...etc.

2.1.Recherche et dénombrement des coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (Leyral, *et al.*, 2002).

La présence de bactéries coliformes dans un milieu signifie forcément une contamination fécale (Camille *et al.*, 2003).



Figure 30: Dénombrement des coliformes totaux des eaux des plages Kotama et Beni Belaid
(Cliché personnel, Mai 2021).

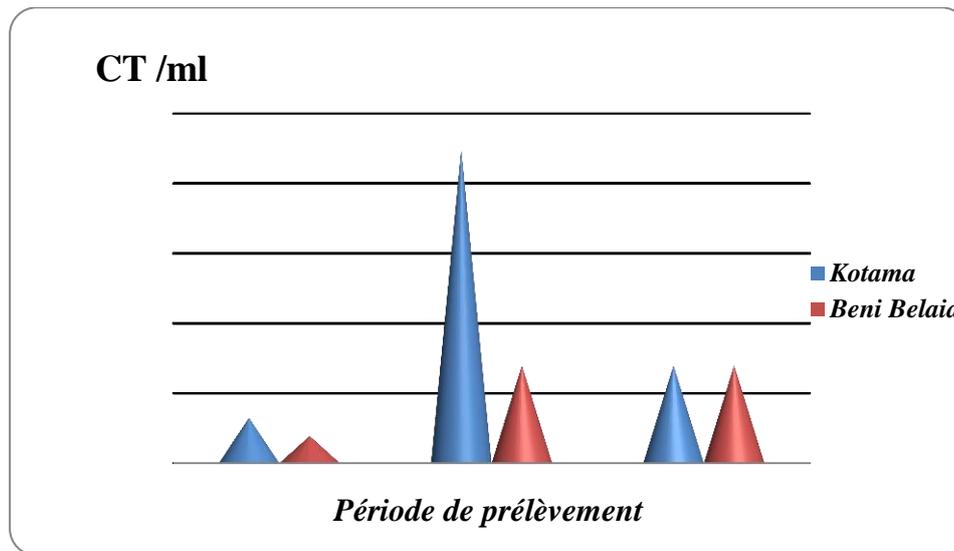


Figure 31: Estimation des coliformes totaux/ml des eaux des plages Kotama et Beni Belaid
(Avril -Juin 2021).

D'après le graphique ci-dessus, on observe que le nombre des coliformes totaux atteint sa valeur maximale au niveau des stations (S1) Kotama, pendant les deux mois Mai et Juin on peut traduire ces résultats par la présence des déjections animal (des oiseaux d'eau, et des animaux domestique...etc.), des décharges domestiques et des déchets de certains habitats situé au voisinage de ces sites. En outre, ces derniers sont alimentés par les eaux de l'Oued El kantara qui joue ainsi un rôle de vecteur de transmission des polluants et d'autre substance conduisant à la prolifération de ces germes. La valeur minimale est dénombrée au niveau de la station (S3) durant le mois de juin.

2.2.Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :



Figure 32: Dénombrement des streptocoques fécaux des eaux des plages Kotama Et Beni Belaid (Avril- Juin 2021).

Les résultats de dénombrement de ces derniers sont présentés dans la figure ci-dessous (Fig.34).

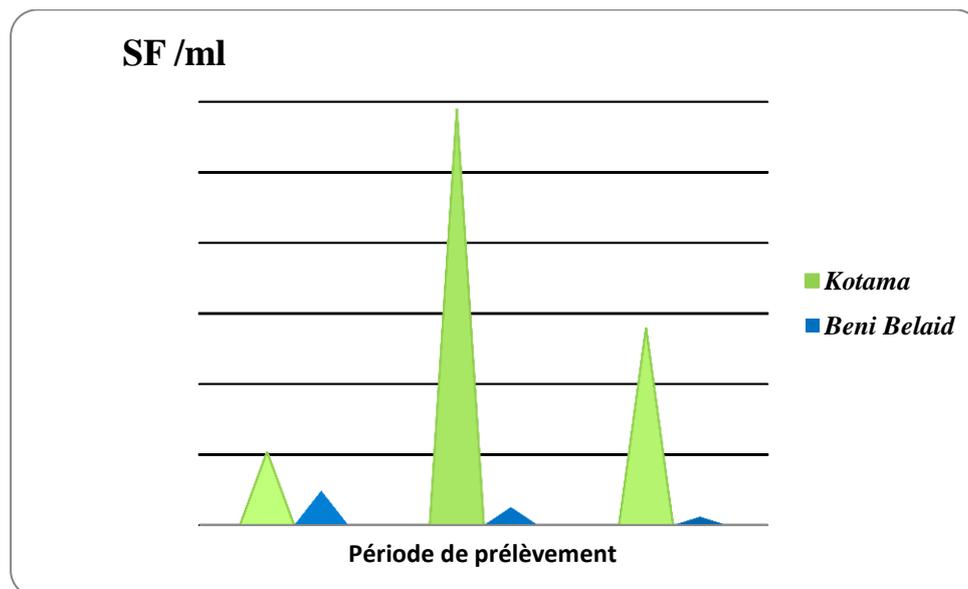


Figure 33: Estimations des streptocoques fécaux/ml des eaux des plages Kotama et Beni Belaid (Avril - Juin 2021).

D'après Le graphique (Fig.31), la valeur maximale des streptocoques fécaux caractérise la station (S1) durant le deuxième prélèvement (45000000 SF/ml) par contre la concentration la plus faible a été enregistrée au niveau de plages Beni Belaid durant le premier prélèvement (3900000 SF/ml).

La présence des streptocoques fécaux dans les eaux indique généralement une pollution fécale. L'utilisation des streptocoques fécaux comme indicateurs microbiologiques est admise vu

qu'ils se multiplient dans les effluents d'égouts. Par ailleurs ils sont considérés comme des indicateurs de pollution fécale beaucoup plus que les coliformes fécaux car, d'une part ils ne sont pas aussi ubiquitaires mais toujours présents dans les fèces d'animaux à sang chaud et d'autre part, leur disparition dans le milieu aquatique est moins rapide que les coliformes.

2.3. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) (*Clostridium*) :

Tableau 10: Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteur (ASR/20ml).

	Avril	Mai	Juin
Kotama	Indénombrable	Indénombrable	Indénombrable
Beni Belaid	06	02	02

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps, cela signifie qu'ils sont plus résistants que la forme végétative dans l'eau. Selon (**Godfrey et al., 2013**), la présence des spores des ASR dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale et en l'absence de bactéries coliformes, à une contamination ancienne, ils constituent aussi un bon indicateur de pollution (**Georges et al., 2002**).

Durant notre étude, le taux des ASR au niveau de la station (S1) est indénombrable pendant toute la période d'étude, car cette plage reçoit les effluents d'oued kantra qui sont chargé essentiellement par des rejets d'eaux usées et des déchets d'élevage.

2.4. Recherche et identification des germes bactériennes :

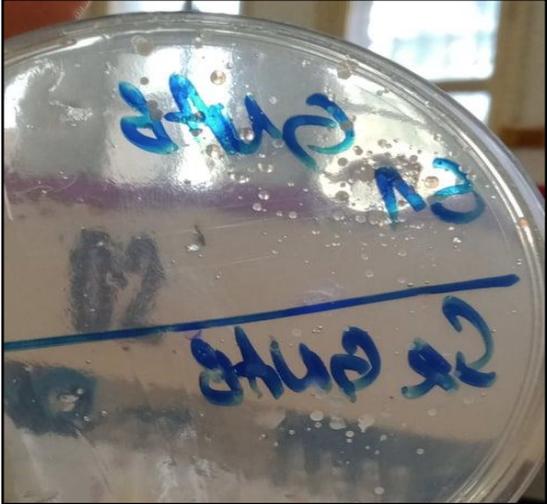
Les germes d'origine fécale peuvent être recherchés pour confirmer le danger mis en évidence par leur présence, ainsi que d'autre germes d'origine non fécale dont leur risque ne peut être mise en évidence que par la recherche des germes pathogène tel que : *staphylococcus aureus*, *salmonella*, *shigella*, *vibrio*...etc.

Ces germes sont souvent présentés en faible concentration dans l'eau et peuvent se développer en culture ; l'identification des colonies isolées est basée essentiellement sur l'observation macroscopique et microscopique des colonies ; l'identification biochimique par la galerie biochimique classique, les APi systèmes et d'autres tests. Les résultats sont résumés sous forme des tableaux et des figures ci-dessous :

2.4.1. Identification macroscopique des colonies :

Tableau 11: Aspects macroscopiques des colonies bactériennes isolées durant notre étude.

Milieux de culture	Observation macroscopique	
Hektoen	<p>-Colonies très petites (moins de 1mm de diamètres), verte, circulaires, bombées, lisses, translucides.</p> <p>-Colonies grandes, verte foncées, circulaires, bombées, lisse, opaques</p> <p>-Colonies petites de 1 mm de diamètre, verte avec centre noir, lisses, bombées, opaques.</p> <p>-Colonies très petites (moins 1 mm), jaune saumon, de contours irréguliers, plate, opaque, lisse (Fig.35)</p> <p>-Colonies petites, marron, avec centre foncées, irrégulières, bombées, lisses, opaques.</p>	 <p>Figure 34: Aspect des colonies sur le milieu Hektoen</p>

<p>Gélose <i>Salmonella-Shigella</i> (SS)</p>	<p>-Colonies petites, incolores, plates, transparentes, régulières, lisses.</p> <p>-Colonies moyennes, marrons, bombées, rondes, irrégulières, lisses opaques (Fig.36).</p> <p>-Colonies petites, noirs, bombées, rondes lisses, opaques.</p>	 <p>Figure 35: Aspect des colonies sur le milieu SS</p>
<p>Gélose Nutritif Alcaline Bilée. (GNAB)</p>	<p>-Colonies très petites (moins de 1 mm de diamètres), incolores, bombées, lisses, translucides.</p> <p>-Colonies moyennes, blanchâtres, rondes, lisses, transparentes (Fig.37).</p>	 <p>Figure 36: Aspect des colonies sur milieu GNAB</p>

<p>Gélose Chapman</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Colonies petites, jaunes dorés, rondes, lisses à contours réguliers, opaques. -Colonies petites, blanches, ronde, bombées, réguliers, opaques (Fig.38). -Colonies petites, jaunes, rondes,bombées, translucides. 	 <p>Figure 37: Aspect des colonies sur le milieu Chapman</p>
<p>Gélose Cétrimide</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Colonies petites, incolores, circulaires, bombées, lisses, transparentes (Fig.39). -Colonies moyennes, plates, lisses à contours réguliers, opaques, blanchâtres, crémeuses, avec dégagement d'odeur. -Colonies très petites, bleu-vertes, rondes, convexes, lisses et translucides. -Colonies grandes, plates, lisses à contours réguliers, opaques, blanchâtres, crémeuses avec dégagement d'odeur. 	 <p>Figure 38: Aspect des colonies sur le milieu cétrimide</p>

Gélose Viande fois (VF)	-colonies caractéristique qui sont de couleur blanche entouré d'une auréole noire. (Fig.40).	 <p>Figure 39: Aspect des colonies sur le milieu VF</p>
--------------------------------	--	--

2.4.2. L'identification microscopique des bactéries :

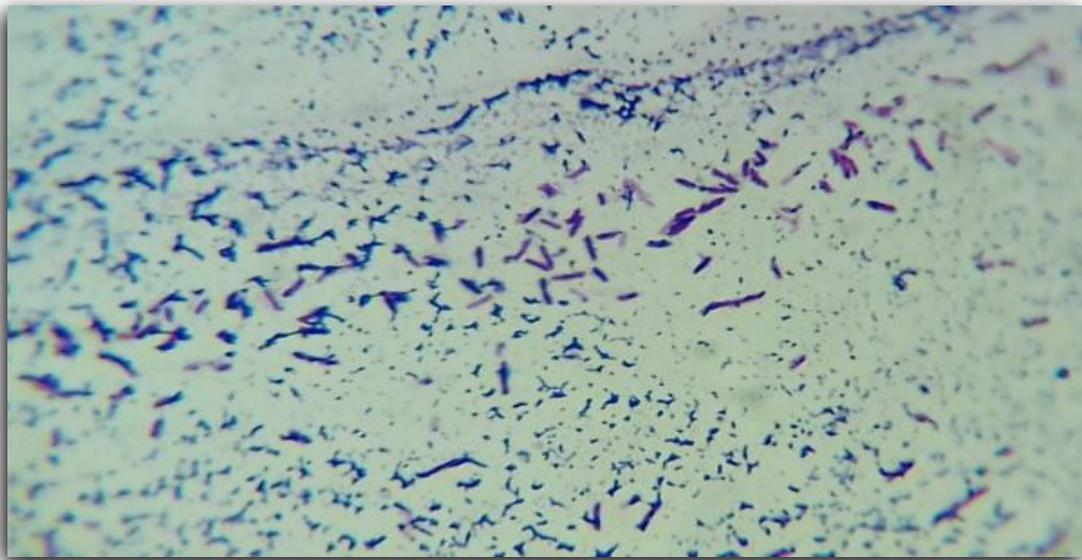


Figure 40: Bacilles, Gram négatif à partir du Hektoen (Grossissement $\times 100$)

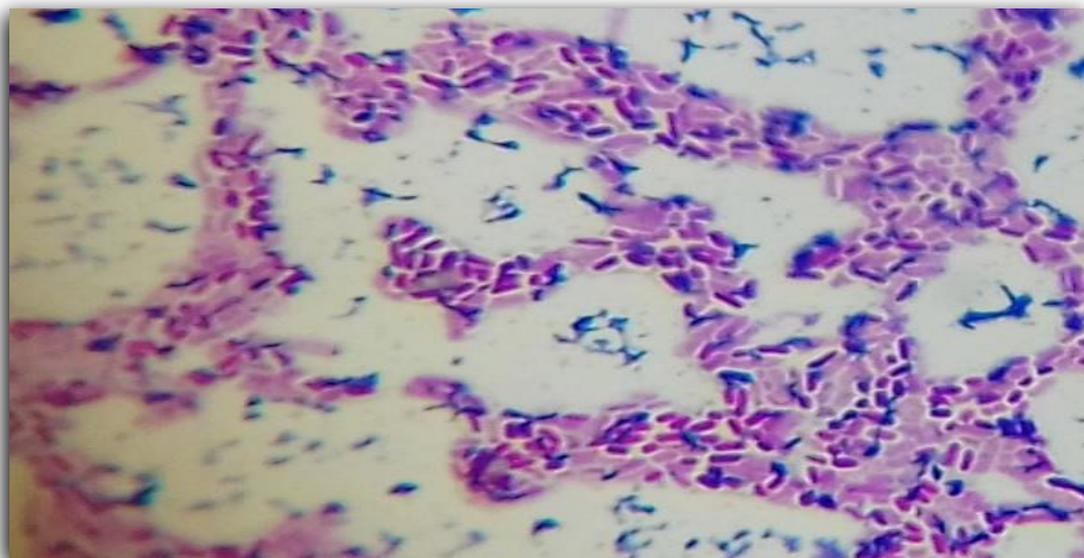


Figure 41: Coccobacille Gram négatif à partir de milieu BCPL (**Grossissement ×100**).

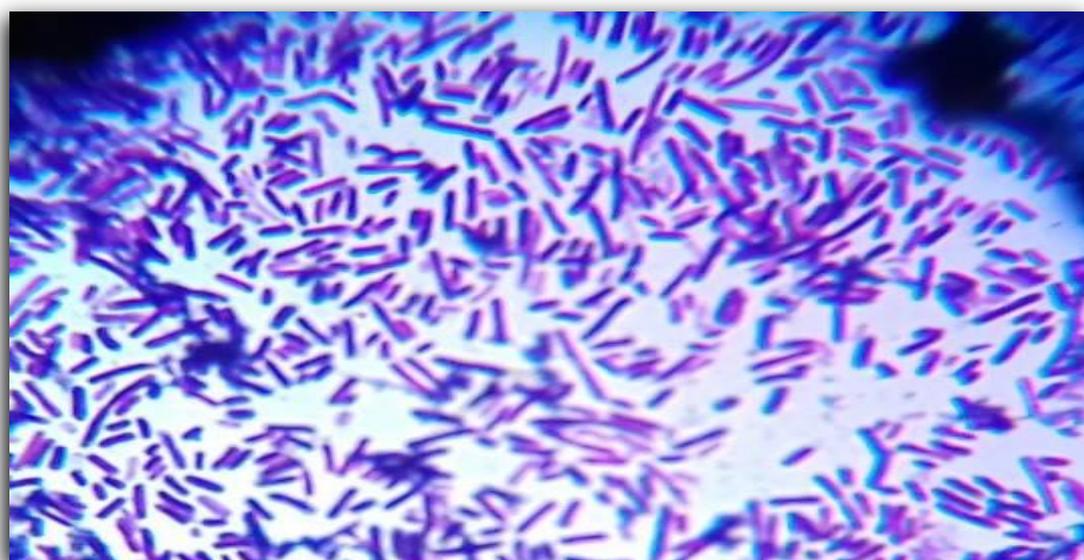


Figure 42: Bacille Gram négatif à partir du milieu VF (**Grossissement ×100**).

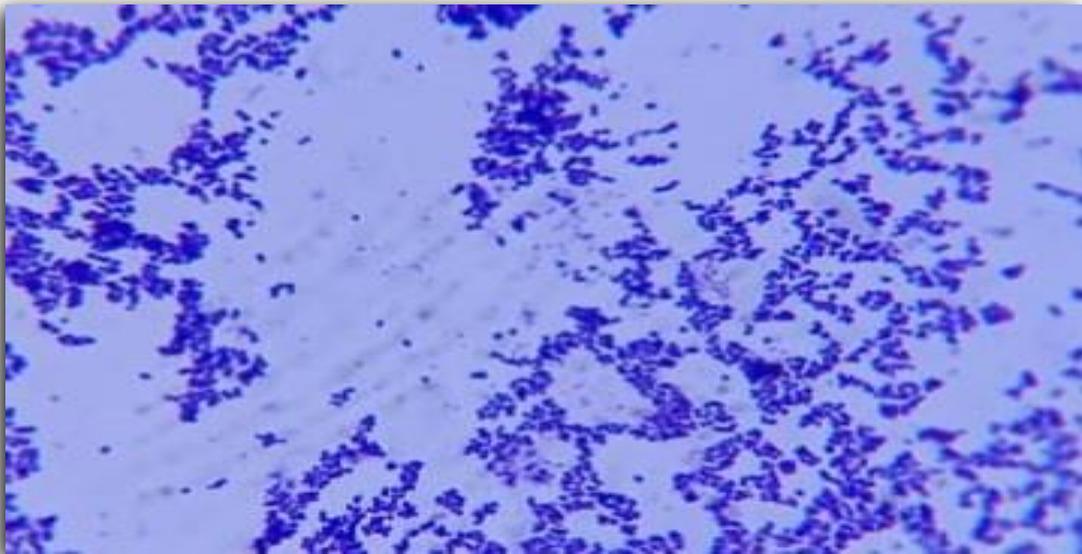


Figure 43: Cocci Gram positive à partir du milieu Chapman (**Grossissement ×100**).

2.5.L'identification Biochimique :

✚ L'API 20 E :

Les espèces bactériennes identités par les API systèmes sont résumées dans le tableau et les figures ci-dessus :

Tableau 12: Les espèces identifiées par L'API 20 E.

API système	Espèces bactériennes identifiées	Code	Milieus de culture
API 20 E	<i>Serratia odorifera</i> (Fig.45)	6306773	GNAP
	<i>Serratia odorifera</i> (Fig.46)	672773	Cetrimide
	<i>Enterobacter sakazakii</i> (Fig.47)	2346773	Hektoen /SS
	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (Fig.48)	0004773	BCPL



Figure 44: Profile biochimique de la souche *Serratia odorifera 1*



Figure 45: Profile Biochimique de la souche *Serratia odorifera 2*.

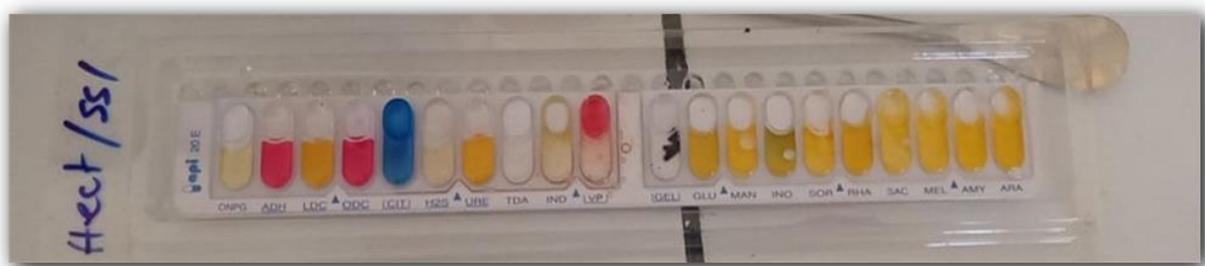


Figure 46: Profile Biochimique de la souche *Enterobacter sakazakii*.



Figure 47: Profile Biochimique de la souche *Klebsiella pneumonie*.

Conclusion et perspectives

Conclusion

L'objectif de notre étude est axé sur l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des plages de Kotama et Beni Belaid (Wilaya de Jijel), L'un est situé à proximité de la ville, et l'autre il est éloigné de 30km de la ville de Jijel. Notre étude a été réalisée durant trois mois consécutifs (avril, mai et juin). L'ensemble des analyses physico-chimiques effectuées ont été réalisées au niveau de la station d'épuration des eaux usées de Ferdijoua -Ain Baida Ahriche, tandis que les analyses bactériologiques ont été effectuées au sein de laboratoire de département de biologie au centre universitaire de Mila.

L'ensemble de nos résultats physico-chimiques ont montrés une qualité de bonne a excellente de nos eaux.

En ce qui concerne les résultats des analyses bactériologiques ; on a dénombré un taux élevé des bactéries indicatrice de contamination fécale (coliformes et streptocoque fécaux et les anaérobies sulfite-réducteurs) ainsi qu'une grande variété de germe pathogènes au niveau de la plage de Kotama, car ce dernier est située au voisinage des habitant de la ville ainsi que, cette plage reçoit les eaux d'oued El- Kantara qui sont chargé par des rejets domestique et autres effluents et qui sont versés directement sans aucune traitement préalable. Concernant la plage de Beni Belaid on peut dire qu'il est légèrement pollué.

De ce fait, un contrôle rigoureux des eaux de ces plages doit être réalise au cours de tout le cycle annule et par des gens spécialisées, ce qui permettra une bonne biosurveillance de ces écosystèmes. L'installation d'une station d'épuration des eaux ménagères et des eaux industrielles s'impose afin d'éviter tout risque de contagion et de pollution dont les conséquences sont souvent irréversibles, car la pollution des eaux de mer vient impacter directement la santé humaine.

Perspective

Dans les études d'évaluation des impacts de pollution sur les milieux aquatiques, il ne s'agit seulement de faire un constat de l'état dans lequel se trouvent les eaux du littoral, mais il faut également proposer des solutions en termes des perspectives d'avenir. Pour cette raison, il s'avère intéressant de :

1. Traiter préalablement les rejets industriels, avant leur évacuation.
2. Réaliser des investissements de dépollution ou d'économie de ressource et une introduction des dimensions environnementales dans l'activité des entreprises industrielles et artisanales.
3. Consolider les capacités des appliquant des lois par la mise en place des stations d'épurations et assurer leur gestion.
4. Renforcer la coordination entre les réseaux de surveillance locaux et nationaux pour un suivi continu et plus rigoureux.
5. Mettre en œuvre des plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme en réhabilitant la police des eaux et celle de l'urbanisme.
6. Mener ; avec rigueur ; les enquêtes de commando et d'incommode concernant tout implantation d'activité proche du littoral.
7. Mettre en place un système de classement des zones sensibles pour déterminer une (note santé publique), une (note biodiversité et habitat) et (une notre valeur socioéconomique), ce système est un moyen d'établir un ordre de priorité de ces zones et identification des interventions prioritaires.
8. Intégrer de différentes disciplines scientifiques et associer leurs résultats aux décisions des gestionnaires.

Références bibliographiques

- **Agrigon A., (2000).** Annuaires de la qualité des eaux et des sédiments. Dunod. Paris. 206 p
- **Alain A., Roger K., (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Ifremer. France. 336 p.
- **Abdellioui S, Boukhdim A, Hamzaoui H., (2012).** Qualité microbiologique d'un écosystème lotique cas de l'Oued El Kebir Ouest (Skikda, Nord – Est algérien).Diplôme de Master. Université de Guelma.88p.
- **Angelier E., (2000).** Ecologie des eaux courantes. TEC & DOC. Paris. 199 p
- **De Villers J., Squilbin M., Yourassowsky C., (2005).** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface : Cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE). 16 p.
- **Guiraud J. P., (1998).** Microbiologie alimentaire. Dunod. Paris. France. 651 p.
- **Hakmi A., (2002).** Traitement des eaux " analyse de l'eau de source Bousfer Oran. Mémoire de Magister. Université des sciences et de la technologie Oran. Algérie. 71 p.
- **Leclerc, (1996).** Microbiologie générale. Doin. France. 368 p
- **Lightfoot N. F., (2002).** Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité. France. 387 p.
- **Merzoug S., (2009).** Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, Wilaya Skikda). Mémoire de Magister. Université 08 Mai 1945 de Guelma. 79 p.
- **Monod T., (1989).** Méharées géographiques (N.A.N.I) normes Algérienne et normes international (2002). France loisir. 233 p.
- **Patoine M., (2011).** Influence de la densité animale sur la concentration des coliformes fécaux dans les cours d'eau du Québec méridional. Revues des Sciences de l'Eau. Vol. 24. N° 4. pp 421 – 435
- **Rejsek F., (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358 p.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (1996).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Dunod. Paris. 1383 p.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N., et coll., (2009).** L'Analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod. Paris. 1579 p.

- **Wilke M., Boutiere H., (1999).** Petit lexique des paramètres du suivi physicochimique dans l'eau. Parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée. 2 p.
- **Boutiouta A et Benoudina F., (2018).** Influence des rejets de l'Oued El Kantara sur la qualité des eaux de la plage kotama (Jijel). Mémoire de Master. Université Med-Seddik Benyahya-Jijel. 14p
- **Khenouf H., Chefrour A., Corcket E., Alard D., et Vêla E., (2018).** La végétation dunaire du littoral de Jijel (Algérie) : Proposition d'une nouvelle zone importante pour les plantes. Revue d'écologie (Terre Et Vie), Vol. 73 (3), 344-361p.
- **Coulibaly K., (2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de BAMAKO. Thèse doctorat. Faculté de Médecine de Pharmacie et D'Odonto- Stomatologie. P69.
- **Camille D., (2003).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses. Lavoisier : Tec et Doc. France. P156
- **Carbonnelle D., Kouyoumdjian S., Audurier A., (1988).** Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal. Inf. France 251
- **Délaras C., (2008).** Surveillance sanitaire Et Microbiologique des eaux : Règlements-Prélèvements-Analyses. TEC & DOC.P 269
- **Délaras C., (2007).** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Lavoisier : Tec & Doc. Paris. P463
- **Ghouli M, Bouhenni Z.,(2017)** . Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'irrigation de l'Oued Djendjen (Jijel) , Université Med-Seddik Benyahya- Jijel
- **Kherifi N. et Achi I., (2016).** Caractéristiques physico-chimiques d'un cours d'eau (cas de l'oued charef) dans la région de Guelma (Nord-est algérien), mémoire de master université 8 Mai 1945 Guelma.
- **Djamaa F. et Bengati N. Boudraa W., (2011).** Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau des plages de la ville d'Annaba, mémoire de master université 8 Mai 1945 Guelma.
- **Ayada M., (2003).** Caractères physico-chimique et impact des apports terrigènes et anthropiques sur la biomasse phytoplanctonique dans la baie d'Annaba. Mémoire de magister en science de la mer. Université Badji-Mokhtar, Annaba, algérie,71p.

- **Bechac J., Boutin P., (1988).** « Traitements des eaux usées », paris. P130.
- **Bosca C., (2002).** Groundwater law and administration of sustainable development, Méditerranéens Magazine, Science Training and Technology, N° 2. PP 13-17.
- **Panda U. et Sundray S. et Nayakn B. et Bhatta D., (2006).** Application of factor and cluster analysis for characterization of river and estuarine water systems – A case study : Mahanadi River (India), Journal of Hydrology, Volume 331.
- **Teixeira J. (2006).** Les mystères de l'eau. Dans : Techniques de l'ingénieur W1 : Technologie des eaux. Techniques de l'ingénieur. Chap. RE 53, pp : 1-8.
- **Hamed. (2012).** Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djofra-Tourba Bechar. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Biologie, Option : Contrôle de qualité et d'analyse, Université de Bechar, 134p.
- **Duvigneaud P. (1980).** La synthèse écologique, 2ème édition, Doin éditeurs, Paris. 380p.
- **Ngô C. et Regent A., (2004).** Déchets et pollution, impact sur l'environnement et la santé. Dunod, Paris. 134p.
- **Duvigneaud P., (1980).** La synthèse écologique, 2ème édition, Doin éditeurs, Paris. 38p.
- **Ngô C. et Regent A., (2004).** Déchets et pollution, impact sur l'environnement et la santé. Dunod, Paris. 134p.
- **Cardot Claude., (1999).** Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris .09p.
- **Aurèle P., (2009).** Géologie, bases pour l'ingénieur. 2ème édition, revue et augmentée Paris. 223 p.
- **Lounnas. A., (2008).** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi - Kroma de Skikda, Algérie. Mémoire de Magister. Université du 20 Août 1955 Skikda. 120 p.
- **Drissi S., (2008).** Qualité des eaux de quelques sources dans la région de Souk-Ahras. Mémoire de Magister. Centre Universitaire de Souk Ahras. 69 p.

- **Boeglin J.C., (2006).** Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Dans Techniques de l'ingénieur W1 : Technologie des eaux. Techniques de l'ingénieur. Chap.P4 210, pp : 1-24.
- **Sudhanshu, S.P., (2008).** Hydrological Cycle. Gainesville State College.
- **Touati M. (2002).** Consommation D'eau par Les Secteurs Industriels. Étude conduite par Planiste France pour le compte du Ministère de l'Écologie et du Développement durable Direction des Études et de l'Évaluation Environnementale Sous-directions des Politiques Environnementales. 97 p
- **Gisèle B. (2007).** Pollution des eaux des rivières et impact sur les populations riveraines. Université de Dschang, fasa, en gestion de l'eau. 6-117 p.
- **Lothaire Z. (2000).** Pollution et épuration des eaux. Texte de la 287e conférence de l'Université de tous les savoirs donnée le 13 octobre 2000. 11 p.
- **Aouissi., et Merabti. (2018).** Étude Physico-Chimique et Bactériologique Et Développement d'un Système de Traitement (membrane à Base de Charbon Actif). 04 P.
- **Kerdoud S, 2006.** Bassin versant Beni Haroun eau et pollution. Mémoire d Magistère en Aménagement du territoire. Université Mentouri– Constantine .7, 22, 55, 57 P.
- **Olivier A, 2011.** Bioindication de la qualité de l'eau pour les gammars : Concepts et applications, Presses universitaires de Franche-Comté, 197p.
- **Bechac. J et Boutin. P. 1984** Traitements des eaux usées. Edition EYROLLES Bd St Germain. P 121.
- **Rabia Y, dajmaa Y. 2013** Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du barrage Beni Haroun dans la région de Mila. Mémoire de master. Université Abdelhfid Boussouf Mila ,03P.
- **Zerluth J., Gienger M, 2006.** L'eau et ses secrets, éditions Déslris. 223 P
- **Melghit M. (2009).** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Mémoire de Magistère en Ecologie. Université Mentouri– Constantine.175p.

- **Touchart L. (2003).** Hydrologie : Mers, fleuves et lacs. Armand Colin. Vuief. 190 p.
- **Ramade, F. (2005).** Éléments d'écologie. Écologie appliquée. Dunod, Paris.
- **Vivier P. (1976).** L'eutrophisation des lacs : structure, fonctionnement et évolution des lacs. Dans : la pollution des eaux continentales ; incidences sur les biocénoses aquatiques. Pesson P. Bordas, Paris. 66-89 P.
- **Vilaginès R. (2003).** Eau, environnement et santé publique ; Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} édition. Tee & Doc, Lavoisier, Paris. 198 P.
- **Lévêque C. (1996).** Ecosystèmes aquatiques. Hachette, Paris. 159 P.
- **Potelon J.L. et Zysman K. (1998).** Le guide des analyses de l'eau potable. "La lettre du cadre territoriale". S.E.P.T Voiron, Cedex. 253 P.
- **Savary P., (2003).** Guide des analyses de la qualité de l'eau, Edition Techni Cités, France, 283 P.
- **Chouteau C. (2004).** Développement d'un biocapteur conductimétrique bienzymatique à cellules algales. Chimie, Procédés, Environnement. N° d'ordre : 04-ISAL-0066.
- **Drira, Z. 2009.** Contribution à la compréhension du fonctionnement du golfe de Gabés, 31 P.
- **Dreux, P.1980.** Précis d'écologie. Edition.Presse université. France.Paris 231-229 P.
- **Boumediou, F.Z ; Fekih, M. (2014).** Etude de la qualité de l'eau « Exquise » destinée à l'irrigation des terres de EL Fehoul. Master en agronomie. Université Tlemcen.
- **Bagnoul S. et Gaussen H., (1957).** Les climats Biologiques et leurs Classifications, Annaba. Géogr. Fr. 355 : PP193-220.
- [1] 13. Les écosystèmes aquatiques - e-Learn Université Ouargla.
- https://elearn2013.univ-ouargla.dz/.../cour_physico_chimie_et_dynamique_des_eaux.
- [2] (<http://www.elmoudjahid.com/fr/mobile/detail-article/id/46027>).
- [3] www.santemaghreb.com/algerie/documentations_pdf/docu_50.pdf.

- **Google earth, (2021).**

Annexes

Annexes 1

Tableau 13: Tableau de Mac GRADY (Mouffok, 2001).

<i>3 Tubes par dilution</i>					
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140
200	0.9	301	4.0		

Annexes 2

Tableau 14: Lecture de A'API20 E

Tests	Négatif	Positif
ONPG	incolore	Jaune
ADH	jaune	rouge /orange
LDC	jaune	rouge /orange
ODC	Jaune	rouge /orange
CIT	vert pâle/jaune	bleu –vert/ bleu
H₂S	incolore /grisâtre	dépôt noir/ fin liseré
URE	jaune	rouge /orange
TDA	jaune	marron-rougeâtre
IND	incolore vert pale /jaune	rose
VP	incolore /rose pale	rose /rouge
GEL	non diffusion	diffusion du pigment noir
GLU	bleu /bleu-vert	jaune /jaune gris
MAN	bleu /bleu –vert	jaune
INO	bleu /bleu –vert	jaune
SOR	bleu /bleu -vert	jaune
RHA	bleu/bleu-vert	jaune
SAC	bleu/bleu-vert	jaune
MEL	bleu/bleu-vert	jaune
AMY	bleu /bleu -vert	jaune
ARA	bleu/bleu-vert	jaune